

**T/CECS ×××-20××**

中国工程建设协会标准

**装配式幕墙工程技术规程**

**Technical specification for assembledcurtain**

**wallengineering**

（征求意见稿）

中国××出版社

**中国工程建设协会标准**

**装配式幕墙工程技术规程**

**Technical specification for assembled curtain**

**wallengineering**

T/CECS ×××-20××

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

江河创建集团股份有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20××年×月×日

中国××出版社

20××　北京

**前　言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2018]015号）的要求，经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程分为8章和1个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、材料、设计、加工制作、安装施工、工程验收、使用维护等。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议，请将有关意见和资料寄送解释单位（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013)，以供今后修订时参考。

**主编单位：**中国建筑科学研究院有限公司

江河创建集团股份有限公司

**参编单位：**国家建筑工程质量监督检验中心

深圳市科源建设集团有限公司

苏州金螳螂幕墙有限公司

中国建筑金属结构协会

深圳市建筑门窗幕墙学会

中国装饰股份有限公司

浙江亚厦幕墙有限公司

深圳市新山幕墙技术咨询有限公司

上海市建设工程监理咨询有限公司

深圳市三鑫科技发展有限公司

深圳市方大建科集团有限公司

深圳金粤幕墙装饰工程有限公司

同创金泰建筑技术（北京）有限公司

北京德沅门窗幕墙工程有限公司

北京华天幕墙工程有限公司

辽宁工程技术大学

杭州之江有机硅化工有限公司

广州集泰化工股份有限公司

广东合和建筑五金制品有限公司

中建科技集团有限公司

杭州美厦幕墙设计有限公司

中建深圳装饰有限公司

常泰建设集团有限公司

中建二局装饰工程有限公司

欧文斯斯科宁（中国）投资有限公司

天津市钢结构幕墙和门窗协会

**主要起草人：熊 伟 韩维池等**

**主要审查人：**

目　次

[1　总　则 15](#_Toc17474006)

[2　术语和符号 17](#_Toc17474007)

[2.1　术语 17](#_Toc17474008)

[2.2　符号 17](#_Toc17474008)

[3　基本规定 22](#_Toc17474009)

[4　材　料 24](#_Toc17474010)

[4.1　一般规定 24](#_Toc17474011)

[4.2　铝合金型材 26](#_Toc17474012)

[4.3　钢材 26](#_Toc17474013)

[4.4　玻璃 27](#_Toc17474014)

[4.5 石材 30](#_Toc17474015)

[4.6 金属板 31](#_Toc17474016)

[4.7 人造板材 32](#_Toc17474017)

[4.8 外挂墙板 33](#_Toc17474018)

[4.9　紧固件 34](#_Toc17474019)

[4.10　密封材料与粘结材料 34](#_Toc17474020)

[4.11　其他材料 37](#_Toc17474021)

[5　建筑设计 39](#_Toc17474022)

[5.1　一般规定 39](#_Toc17474023)

[5.2　性能设计 41](#_Toc17474024)

[5.3 幕墙的位移 49](#_Toc17474025)

[5.4 与建筑的结合 58](#_Toc17474026)

[5.5 开启扇设计 59](#_Toc17474027)

[5.6 防雷设计 62](#_Toc17474028)

[5.7 防火设计 63](#_Toc17474029)

[5.8 泛光照明 64](#_Toc17474025)

[5.9 清洗及维护系统 67](#_Toc17474026)

[5.10 装饰翼 68](#_Toc17474027)

[5.11 外遮阳系统 71](#_Toc17474028)

[5.12 室内窗帘 72](#_Toc17474029)

[6 结构设计 73](#_Toc17474030)

[6.1 一般规定 73](#_Toc17474031)

[6.2 荷载和作用 74](#_Toc17474032)

[6.3 蒙皮效应设计 77](#_Toc17474033)

[6.4 压板及扣盖 77](#_Toc17474034)

[6.5 结构胶 80](#_Toc17474035)

[6.6 隔热条 85](#_Toc17474036)

[6.7 紧固件连接 88](#_Toc17474037)

[6.8 与主体结构连接 95](#_Toc17474038)

[6.9 框架幕墙横梁立柱连接 97](#_Toc17474039)

[6.10 单元体幕墙横梁立柱连接 98](#_Toc17474040)

[6.11 带竖向装饰翼的幕墙设计 99](#_Toc17474041)

[6.12　支撑系统 101](#_Toc17474042)

[6.13 构件装配整体式幕墙支撑体系 102](#_Toc17474043)

[6.14 幕墙支撑系统 103](#_Toc17474044)

[7 面板及连接设计 105](#_Toc17474045)

[7.1 一般规定 105](#_Toc17474046)

[7.2 玻璃面板 105](#_Toc17474047)

[7.3 金属面板 111](#_Toc17474048)

[7.4 石材面板 117](#_Toc17474049)

[7.5　陶板 142](#_Toc17474050)

[7.6　玻璃纤维增强水泥板 143](#_Toc17474051)

[7.7　石材蜂窝板 146](#_Toc17474052)

[7.8 其他人造板 150](#_Toc17474053)

[7.9　外挂墙板 153](#_Toc17474054)

[8　防水设计 156](#_Toc17474055)

[8.1 一般规定 156](#_Toc17474056)

[8.2 雨幕设计 156](#_Toc17474057)

[8.3 硅酮耐候密封胶的密封设计 159](#_Toc17474058)

[9　单元式幕墙装配设计 163](#_Toc17474059)

[9.1 装配设计 163](#_Toc17474060)

[9.2 装卸、运输设计 164](#_Toc17474061)

[9.3 吊装设计 165](#_Toc17474062)

[10　加工制作 168](#_Toc17474063)

[10.1 一般规定 168](#_Toc17474064)

[10.2 铝型材构件 168](#_Toc17474065)

[10.3 钢构件 170](#_Toc17474066)

[10.4 玻璃 172](#_Toc17474047)

[10.5 金属板 173](#_Toc17474048)

[10.6 石材 175](#_Toc17474049)

[10.7 瓷板、陶板、微晶玻璃板 177](#_Toc17474067)

[10.8 石材蜂窝板 178](#_Toc17474068)

[10.9 木纤维板 179](#_Toc17474069)

[10.10 纤维水泥板 180](#_Toc17474070)

[10.11 外挂墙板 181](#_Toc17474071)

[10.12　组装 182](#_Toc17474072)

[10.13　结构密封胶和耐候密封胶工艺及质量控制 184](#_Toc17474073)

[10.14　检验 188](#_Toc17474074)

[10.15　存放、装卸及防护 189](#_Toc17474075)

[11　安装施工 191](#_Toc17474076)

[11.1　一般规定 191](#_Toc17474077)

[11.2　安装施工准备 191](#_Toc17474078)

[11.3 单元式墙体吊装 193](#_Toc17474079)

[11.4　吊装点核查 195](#_Toc17474080)

[11.5　幕墙密封 196](#_Toc17474081)

[11.6　安全规定 196](#_Toc17474082)

[12 工程验收 200](#_Toc17474083)

[12.1 一般规定 200](#_Toc17474084)

[12.2 玻璃幕墙工程 203](#_Toc17474085)

[12.3 金属幕墙工程 208](#_Toc17474086)

[12.4 石材幕墙工程 211](#_Toc17474087)

[12.5 人造板材幕墙工程 215](#_Toc17474088)

[12.6 单元式幕墙工程 219](#_Toc17474088)

[13 使用维护 224](#_Toc17474089)

[13.1 一般规定 224](#_Toc17474090)

[13.2 检查与维修 224](#_Toc17474091)

[13.3 清洗 227](#_Toc17474092)

[附录A 常用幕墙板块传热系数参考用表 228](#_Toc17474093)

[附录B玻璃幕墙系统热工性能的影响因素 230](#_Toc17474094)

[附录C硅酮结构胶宽度和厚度计算 233](#_Toc17474097)

[附录D 隔热条计算 235](#_Toc17474098)

[附录G 弹性板的弯矩系数和挠度系数 240](#_Toc17474099)

[G.1 四边简支板和四边简支加肋板 240](#_Toc17474100)

[G.2 四角支承板 246](#_Toc17474101)

[附录J双向板计算系数 248](#_Toc17474102)

[附录K石材蜂窝板等效弯曲刚度计算 252](#_Toc17474103)

[本规程用词说明 255](#_Toc17474104)

[引用标准名录 256](#_Toc17474105)

**Contents**

[1　 General Provisions 15](#_Toc17474006)

[2　 Terms and Symbols 17](#_Toc17474007)

[2.1 Terms 17](#_Toc17474008)

[2.2 Symbols 17](#_Toc17474008)

[3　 Basic Requirements 22](#_Toc17474009)

[4　 Materials 24](#_Toc17474010)

[4.1 General Requirements 24](#_Toc17474011)

[4.2 Aluminum Alloy Profiles 26](#_Toc17474012)

[4.3 Steel 26](#_Toc17474013)

[4.4 Glass 27](#_Toc17474014)

[4.5 Stone Panels 30](#_Toc17474015)

[4.6 Metal Panels 31](#_Toc17474016)

[4.7 Artificial Panels 32](#_Toc17474017)

[4.8 Facade Panels 33](#_Toc17474018)

[4.9 Fastener 34](#_Toc17474019)

[4.10 Sealing and Bonding materials 34](#_Toc17474020)

[4.11 Other materials 37](#_Toc17474021)

[5　 Construction Design 39](#_Toc17474022)

[5.1 General Requirements 39](#_Toc17474023)

[5.2 Performance Design 41](#_Toc17474024)

[5.3 Displacement of Curtain Wall 49](#_Toc17474025)

[5.4 Combination with Architectur 58](#_Toc17474026)

[5.5 Operable Windows Design 59](#_Toc17474027)

[5.6 Iightning Protection Design 62](#_Toc17474028)

[5.7 Fire Protection Design 63](#_Toc17474029)

[5.8 [Floodlighting](https://www.baidu.com/link?url=oEIS9rpqmPyHndnIMCay46jap2r1fzYJ3Z538qILmCqc0tq0I6b0sqzlpX2rMa0NW_m0vTJBY22G0cRWVXp7o9VIALfPJ0eNf_F8vznsoF7&wd=&eqid=da656e470002f071000000025d81a562) 64](#_Toc17474025)

[5.9 Cleaning and Maintenance Syste 67](#_Toc17474026)

[5.10 Decorative wing 68](#_Toc17474027)

[5.11 [Outside Shade System](https://www.baidu.com/link?url=KBeGhBAHlzfXtdpVFs3wEZLwGnJ2-qwtNiW4VHeF70fO-QFjfnHFn1eiVz5Z3rs7TCO6-iOCFAicsjHAJZexaOQTt5g0683PXZrhx6qjnKz5Ob_FUH3SeuJ6XH2APsCv&wd=&eqid=ff839a86000469a2000000025d81a619) 71](#_Toc17474028)

[5.12 Indoor Curtain 72](#_Toc17474029)

[6 Structure Design 73](#_Toc17474030)

[6.1 General Requirements 73](#_Toc17474031)

[6.2 Load and action 74](#_Toc17474032)

[6.3 [Diaphragm Effect](https://www.baidu.com/link?url=l0F43wOcT2iQAEOuzJDfeHq28P0ALK-msIyPkD2pC3lkOboZw0uNzPwfPx66y_WLqEaHTEEDcwbjbDRYnFnQ6NLP8eS5vpH07zjIBezhoTAzh7pHUfIb7t3xXsy1yAyg&wd=&eqid=fc2470460001dc29000000025d81a69f); Design 77](#_Toc17474033)

[6.4 Press Plate and Buckle Cap 77](#_Toc17474034)

[6.5 [Structural Adhesive](https://www.baidu.com/link?url=X_QrBxbuNpw6q4ZMin83q3GDe6boHAk_0iGyY6Uqfs06N5hxZ-YTmGUeO36HzV8c7An342x2bncalTslVdUyvotvABaynrHaQVNVaIwBBCwQv_ECwX0LYRsPr--aXspy&wd=&eqid=ebb04ea20005c894000000025d81a75c) 80](#_Toc17474035)

[6.6](#_Toc17474036) [[Heat Insulation Bar](#_Toc17474036)](https://www.baidu.com/link?url=zJLVICsEBNiH0lcIXj_Ocbc_hAp8cAIv4RuA2-BL6oW7WmVUw9Q5jE6gsY-c569T0fuKe90jglDfP8zjAb5YbYEo74I9XLfPq5wdXScRFsuHKgU9EZ6HIRiGdJtWO9mt&wd=&eqid=93de793100045ca7000000025d81a7a0) [85](#_Toc17474036)

|  |
| --- |
|  |

[6.7 Fastener Connection 88](#_Toc17474037)

[6.8 Connecting with the Main Structur 95](#_Toc17474038)

[6.9 Transom and Mullion connection of Frame Supporting Curtain Wall 97](#_Toc17474039)

[6.10 Transom and Mullion connection of unitized curtain wall 98](#_Toc17474040)

[6.11 Design of Curtain Wall with Vertical Decorative Wing 99](#_Toc17474041)

[6.12 [Supporting System](https://www.baidu.com/link?url=F5PYUQc2OgagEOqsAUoyJyjnc5rxOWaqORD3QAqv9JXvSHi_WuxR-mj5KECsu0EZOHGIKdo9onWaKW4LaDnbh0M--wNWJEr4lOVBOpul8U2qO8RTMOu3LQ1Cwo1AU5PJ&wd=&eqid=ffc994990000e8bc000000025d81bebe) 101](#_Toc17474042)

[6.13 Component Assembly Integral Curtain Wall Support System 102](#_Toc17474043)

[6.14 Curtain Wall [Supporting System](https://www.baidu.com/link?url=F5PYUQc2OgagEOqsAUoyJyjnc5rxOWaqORD3QAqv9JXvSHi_WuxR-mj5KECsu0EZOHGIKdo9onWaKW4LaDnbh0M--wNWJEr4lOVBOpul8U2qO8RTMOu3LQ1Cwo1AU5PJ&wd=&eqid=ffc994990000e8bc000000025d81bebe) 103](#_Toc17474044)

[7 Panel and Connection Design 105](#_Toc17474045)

[7.1 General Requirements 105](#_Toc17474046)

[7.2 Glass Panels 105](#_Toc17474047)

[7.3 Metal Panels 111](#_Toc17474048)

[7.4 Stone Panels 117](#_Toc17474049)

[7.5 Terra-cotta Panels 142](#_Toc17474050)

[7.6 Glassfiber-reinforced-cement Sheet 143](#_Toc17474051)

[7.7 Stone Honeycomb Composite Panel 146](#_Toc17474052)

[7.8 Other Artificial Panels 150](#_Toc17474053)

[7.9 Facade Panels 153](#_Toc17474054)

[8　 [Waterproof](https://www.baidu.com/link?url=HURK5ugLdhz52_BJri87tgmK2iVtws2GWYDQOf34Qdia8jX_RVi9YWWgOQItSEEHFK_NjQtmDgNd-ciisoxSkDU_OrPPcsoSJchxrRYyLZu&wd=&eqid=c1c8a47a00011f0b000000025d81c07c) Design 156](#_Toc17474055)

[8.1 General Requirements 156](#_Toc17474056)

[8.2 Rain Screen Design 156](#_Toc17474057)

[8.3 Sealing Design of Silicone Weatherproof Sealan 159](#_Toc17474058)

[9　Unitized Curtain Wall AssembledDesign 163](#_Toc17474059)

[9.1 AssembledDesign 163](#_Toc17474060)

[9.2 Handling and Transportation Desig 164](#_Toc17474061)

[9.3 Hoisting Design 165](#_Toc17474062)

[10　Processing and making 168](#_Toc17474063)

[10.1 General Requirements 168](#_Toc17474064)

[10.2 Aluminium alloy profile 168](#_Toc17474065)

[10.3 Steel members 170](#_Toc17474066)

[10.4 Glass 172](#_Toc17474047)

[10.5 Metal Panels 173](#_Toc17474048)

[10.6 Stone Panels 175](#_Toc17474049)

[10.7 Porcelain Plate, Terra-cotta Panel, Glass-ceramics 177](#_Toc17474067)

[10.8 Stone Honeycomb Composite Panel 178](#_Toc17474068)

[10.9 High-pressure laminates-sheets 179](#_Toc17474069)

[10.10 Fiber cement flat sheets 180](#_Toc17474070)

[10.11 External Wall Panels 181](#_Toc17474071)

[10.12 Assembling 182](#_Toc17474072)

[10.13 Technology and Quality Control of Structural Sealant and Weatherproof Sealan 184](#_Toc17474073)

[10.14 Inspection 188](#_Toc17474074)

[10.15 Storage, Handling and Protection 189](#_Toc17474075)

[11　Installation and Construction 191](#_Toc17474076)

[11.1 General Requirements 191](#_Toc17474077)

[11.2 Installation and constrution preparation 191](#_Toc17474078)

[11.3 Unit Wall Lifting 193](#_Toc17474079)

[11.4 Verification of Hoisting point 195](#_Toc17474080)

[11.5 Curtain Wall Seal 196](#_Toc17474081)

[11.6 Safety requirements 196](#_Toc17474082)

[12 Quality Acceptance of Engineering 200](#_Toc17474083)

[12.1 General Requirements 200](#_Toc17474084)

[12.2 Glass Curtain Wall Engineering 203](#_Toc17474085)

[12.3 Metal Curtain Wall Engineering 208](#_Toc17474086)

[12.4 Stone Curtain Wall Engineering 211](#_Toc17474087)

[12.5 Artificial Panel Curtain Wall Engineering 215](#_Toc17474088)

[12.6 Unitized Curtain Wall Engineering 219](#_Toc17474088)

[13 Maintenance 224](#_Toc17474089)

[13.1 General Requirements 224](#_Toc17474090)

[13.2 Inspection and Repair 224](#_Toc17474091)

[13.3 Cleaning 227](#_Toc17474092)

A[ppendix A Reference Table of Heat Reflecting Coated Curtain Wall 228](#_Toc17474093)

A[ppendix B Influencing Factors of Thermal Performance of Glass Curtain Wall Syste 230](#_Toc17474094)

[Appendix C Calculation of Width and Thickness of Silicone Structural Adhesive 233](#_Toc17474097)

|  |
| --- |
|  |
|  |

[Appendix D Calculation of Heat Insulation Bar](#_Toc17474098) . 235

[Appendix G Bending Moment Coefficient and Deflection Coefficient of Elastic Plate 240](#_Toc17474099)

[G.1 Simply Supported Plates on Four Sides and Simply Supported Ribbed Plates on Four Side 240](#_Toc17474100)

[G.2 Quadrangular Support Plate 246](#_Toc17474101)

[Appendix J Calculation Coefficient of Bidirectional Plate 248](#_Toc17474102)

[Appendix K Calculation of Equivalent Bending Stiffness of Stone Honeycomb Plate 252](#_Toc17474103)

List [of quoted standards 255](#_Toc17474104)

[Addition：Explanation of provisions 256](#_Toc17474105)

# 1　总　则

* + 1. 为保证装配式幕墙（简称幕墙）工程的质量，做到技术先进，经济合理，

安全可靠，特制定本规程。

【条文说明】我国鼓励装配式建筑的发展，而作为装配式建筑必不可少的维护结构墙体必须采用装配式墙体，尤其是主要通过工厂加工、现场安装的幕墙早已领先一步实现了装配化。装配式幕墙包括工厂加工面板、横梁、立柱等构件在主体结构上逐个安装的幕墙，这种分装配式散装幕墙以构件式幕墙为主，在现场安装立柱、横梁、面板时工人随意性很强，容易出现连接件缺失、偏位固定等工程质量问题，有必要借鉴国内外先进技术细化设计、施工、验收要求；单元式幕墙体现出装配式幕墙的先进水平，通过在工厂制成的完整幕墙结构基本单位直接安装在主体结构上，避免了工人在高空恶劣现场散装幕墙质量容易失控的问题，目前超高层建筑已经普遍采用这种整体装配式单元幕墙，由于单元幕墙要预先考虑各种影响因素进行设计、加工、组装、运输、吊装，技术水平要求特别高，现有的相关标准规范都是点到为止，没有完整、细化的要求，导致不同单位设计施工的单元式幕墙水平差异很大，渗漏水问题比较严重。

本规程将严格对幕墙玻璃的要求，解决玻璃破裂伤人毁物安全问题，借鉴国内外先进技术细化构件式幕墙设计、施工、验收要求，编制出完整、细化的整体装配式单元幕墙要求。

**1.0.2**　本规程适用于幕墙工程的材料选用、设计、施工及验收。

**1.0.3**　幕墙工程的设计、施工及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】幕墙国家现行有关标准主要有：《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑幕墙》 GB/T 21086、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133、《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336等。

# 2　术语和符号

2.1　术语

**2.1.1**装配式幕墙 **assembledcurtainwall**

由工厂加工的面板、支承构件在主体结构上安装，或在工厂制成完整幕墙结构基本单位直接安装在主体结构上，具有规定的承载能力、变形能力和适应主体结构位移能力，不分担主体结构所受作用的建筑外围护墙体结构或装饰性结构。

【条文说明】参考《建筑幕墙术语》GB/T 34327-2017、《建筑幕墙》GB/T 21086-2007、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133-2001、《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336-2016、《建筑幕墙工程技术规范》DGJ 08-56-2012、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016等编制。

# 2.2　符号

**2.2.1**材料力学性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C30 | —— | 立方体抗压强度标准值为30N/mm2的混凝土强度等级； |
| *E* | —— | 材料弹性模量； |
| *f* | —— | 材料抗拉、抗压和抗弯强度设计值； |
| *f*0 | —— | 材料强度标准差； |
| *f*ce | —— | 耐候钢和铸钢件端面承压强度设计值； |
| *f*cs | —— | 不锈钢型材和板材端面承压强度设计值； |
| *f*k | —— | 材料抗拉、抗压和抗弯强度标准值； |
| *f*m | —— | 材料强度平均值； |
| *f*v | —— | 材料抗剪强度设计值； |
| *R*eL | —— | 耐候钢的下限屈服强度； |
| *R*p0.2b | —— | 钢材的规定非比例延伸强度； |
| *σ*b | —— | 螺栓抗拉强度； |
| *τ* | —— | 面板材料剪应力设计值； |
| *τ*pk | —— | 挂件材料剪应力设计值。 |

**2.2.2** 作用和作用效应

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Gk* | —— | 重力荷载标准值； |
| *N* | —— | 点支承连接面板（背栓、预置螺母、背面和穿透支承连接）拉力设计值； |
| *N*Ek | —— | 点支承连接面板单个连接点在地震作用下的拉力标准值； |
| *N*wk | —— | 点支承连接面板单个连接点在风荷载作用下的拉力标准值； |
| *P* | —— | 点支承连接面板（背栓、预置螺母、背面和穿透支承连接）单个连接点受拉破坏力最小值； |
| *P*Ek | —— | 平行于幕墙平面的集中地震作用标准值； |
| *q*Ek | —— | 垂直于幕墙平面的水平地震作用标准值 |
| *Q* | —— | 空心陶板均布静态荷载弯曲试验的最小破坏荷载； |
| *q* | —— | 空心陶板承受的风荷载和地震作用组合的荷载设计值； |
| *q*k | —— | 垂直于面板板面方向的风荷载或地震作用标准值； |
| *q*E | —— | 垂直于幕墙平面的水平地震作用设计值； |
| *q*G | —— | 幕墙单位面积重力荷载设计值； |
| *R* | —— | 构件截面承载力设计值； |
| *S* | —— | 作用效应组合的设计值； |
| *S*E | —— | 地震作用效应设计值； |
| *S*Ek | —— | 地震作用效应标准值； |
| *S*Gk | —— | 永久荷载效应标准值； |
| *S*Wk | —— | 风荷载效应标准值； |
| *V* | —— | 剪力设计值； |
| *w* | —— | 风荷载设计值； |
| *w*o | —— | 基本风压； |
| *w*k | —— | 风荷载标准值； |
| *γ*gk | —— | 材料重力密度标准值； |
| ⊿*P* | —— | 水密性能风压力差值； |
| *σ* | —— | 面板材料承受的弯曲应力设计值。 |

**2.2.3** 参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *A* | —— | 构件截面面积或毛截面面积；幕墙平面面积； |
| *A*p | —— | 单个挂件挂钩的受剪截面面积 |
| *a* | —— | 矩形面板的短边边长； |
| *a*0 | —— | 4点支承矩形面板，支承点之间较短的距离； |
| *b* | —— | 矩形面板的长边边长； |
| *b*0 | —— | 4点支承矩形面板，支承点之间较大的距离； |
| *c* | —— | 面板槽口宽度； |
| *c*1 | —— | 开缝式板缝竖向接缝宽度； |
| *c*2 | —— | 开缝式板缝横向接缝宽度； |
| *D* | —— | 面板刚度；面板材料密度； |
| *D*e | —— | 石材蜂窝板的等效弯曲刚度； |
| *h* | —— | 面板槽口受力一侧的深度；石材蜂窝板总厚度； |
| *l* | —— | 跨度； |
| *l*1 | —— | 矩形面板竖向边长； |
| *l*2 | —— | 矩形面板横向边长； |
| *n* | —— | 面板连接件（挂件或挂钩、背栓、预置螺母、抽芯铆钉、螺钉等）数量； |
| *n*1 | —— | 承受面板自重荷载的支承连接件数量； |
| *s* | —— | 面板槽口剪切面总长度； |
| *t* | —— | 面板厚度；型材截面厚度；表面处理层厚度； |
| *t*e | —— | 面板计算厚度； |
| *t*p | —— | 挂件或挂钩厚度； |
| *t*v | —— | 面板槽口受剪面厚度； |
| *W*e | —— | 石材蜂窝板等效截面模量； |
| *ν* | —— | 材料的泊松比。 |

**2.2.4** 系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *g*R | —— | 面板连接承载力分项系数； |
| *m* | —— | 弯矩系数； |
| *α* | —— | 材料线膨胀系数； |
| *α*max | —— | 水平地震影响系数最大值； |
| *β* | —— | 应力集中系数； |
| *β*E | —— | 地震作用动力放大系数； |
| *β*gz | —— | 阵风系数； |
| *γ*0 | —— | 结构构件重要性系数； |
| *γ*E | —— | 地震作用分项系数； |
| *γ*G | —— | 永久荷载分项系数； |
| *γ*r | —— | 材料性能分项系数； |
| *γ*w | —— | 风荷载分项系数； |
| *η* | —— | 折减系数； |
| *μ* | —— | 挠度系数； |
| *μ*s1 | —— | 局部风压体型系数； |
| *μ*z | —— | 风压风压高度变化系数； |
| *ψ*E | —— | 地震作用效应的组合值系数； |
| *ψ*w | —— | 风荷载作用效应的组合值系数。 |

**2.2.5** 其他

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *d*f,lim | —— | 构件的挠度限值； |
| *u*lim | —— | 由主体结构层间位移引起的分格框的变形限值； |
| *θ* | —— | 参数； |
| [*θ*e] | —— | 主体结构的楼层弹性层间位移角限值。 |

# 3　基本规定

**3.0.1**幕墙应综合考虑建筑类别的使用功能、高度、所在地的地理气候、环境等因素，合理选择幕墙的形式；并应满足抗风压、水密性、气密性、保温、隔热、隔声、防火、防雷、耐撞击、光学等性能要求。

**3.0.2** 建筑幕墙与主体结构的连接构造应有足够的强度、刚度和适应相对位移的能力，且应便于制作安装、维护保养及局部更换面板或构部件。

**3.0.3** 幕墙连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值，锚固件应设置在主体结构件上，不应设置在填充砌体中。

**3.0.4** 位于建筑主要出入口上方的幕墙应设置水平防护装置。

**3.0.5** 幕墙应采用系统集成的方法统筹设计、加工制作、安装施工，实现全过程的协调。

【条文说明】幕墙工程涉及到不同材质的面板和支承构件的选择、加工、组装，要对幕墙的造型、构造、性能等预先设计，要考虑安装施工及维护，这些密切相关的环节在实施过程中要协调一致，避免互相冲突。

**3.0.6** 幕墙宜采用建筑信息模型（BIM）技术，实现全专业、全过程的信息化管理。

【条文说明】幕墙工程涉及幕墙设计，涉及面板及支承构件加工、组装，涉及幕墙安装施工、验收及维护，这些密切相关的不同专业在实施过程中需要协调一致，避免互相冲突，采用建筑信息模型（BIM）技术，可以直观有效的实现不同专业、不同复杂过程的信息化管理。

**3.0.7** 幕墙设计应按照通用化、模数化、标准化的要求，以少规格、多组合的原则，实现建筑及部品部件的系列化和多样化。

【条文说明】幕墙在工厂进行面板及支承构件加工、组装，不同规格越多加工越难、造价越高、质量控制和管理越容易出问题，因此，幕墙设计应尽可能实现通用化、模数化、标准化，减少不同规格，采用不同组合实现建筑及部品部件的系列化和多样化。

**3.0.8** 部品部件的工厂化生产应建立完善的生产质量管理体系，设置产品标识，保证产品质量。

**3.0.9** 幕墙应综合协调建筑、结构、装饰装修等专业，制定相互协同的施工组织方案，保证工程质量，提高工作效率。

**3.0.10** 幕墙应进行策划，应对选型、技术、经济可行性和可造性进行评估，应科学合理的确定建造目标与实施方案。

**3.0.11** 幕墙应经济、适用，应满足环境性能、安全性能、耐久性能等要求，并应采用绿色建材和性能优良的部品部件。

【条文说明】单元式幕墙是在工厂加工组装成的完整幕墙结构基本单位，整体直接安装在主体结构上，由于幕墙部品部件在条件优越的工厂安装，能有效保证产品质量优良，避免了工人在高空恶劣现场散装幕墙质量容易失控的问题，还可以缩短了现场施工工期，体现出装配式幕墙的最先进水平，是绿色建筑、绿色施工的典范。

# 4　材　料

## 4.1　一般规定

**4.1.1**幕墙所选用的材料应符合现行国家标准、行业标准的规定，尚无相应标准的材料应符合设计要求，并经专项技术论证。

**4.1.2**  幕墙材料应满足安全性、耐久性、环境保护和防火要求。

**4.1.3**  建筑幕墙不应采用在燃烧或高温环境下产生有毒有害气体的材料。

**4.1.4** 积极采用鉴定合格的环保、节约资源及可循环利用的新材料。

**4.1.5**  幕墙材料应具有产品合格证、质量保证书及相关性能检测报告。进口材料应符合国家商检规定。

**4.1.6** 幕墙应选用耐气候性材料。除不锈钢外，钢材的外露表面应进行表面热浸镀锌处理、无机富锌涂料处理或采取其他有效的防腐措施；铝合金材料应进行表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂或氟碳漆喷涂处理。

**4.1.7** 幕墙所用支承结构、连接件应采用不燃或难燃材料；保温和外墙装饰材料的燃烧性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

【条文说明】幕墙系统不可避免要使用双面胶带、填充棒、密封胶、橡胶条等易燃材料。为保持幕墙结构的耐火极限，其支承结构、连接件、保温材料、饰面板等主要材料应满足防火要求。

**4.1.8** 幕墙所用连接件，应满足装配式安装、维修要求。

【条文说明】幕墙是在施工现场通过构件之间的拼装采用螺纹、沟槽或其他不对连接件造成损伤、材质发生化学变化等机械连接方式组合而成。应满足现场施工的时效性、可操作性、维修更换的要求。

**4.1.9** 与金属、镀膜玻璃、夹层玻璃、中空玻璃以及中性硅酮结构密封胶接触的建筑密封胶，应使用中性硅酮密封胶。

**4.1.10** 硅酮结构密封胶和建筑密封胶必须在有效期内使用；建筑密封胶不得作为硅酮结构密封胶使用。

**4.1.11** 与石材接触的粘接、密封材料不应对石材产生污染，并应提供符合要求的耐污染性试验报告。

【条文说明】因石材是多孔材料，容易吸收硅油，会对石材表面造成污染，应使用石材专用密封胶。

**4.1.12** 密封胶的粘结性能和耐久性应满足设计要求，应具有适用于幕墙面板基材和接缝尺寸及变位量的类型和位移能力。硅酮耐候密封胶位移能力不宜低于35级、改性硅酮密封胶不宜低于25级，与所接触的有机材料相容，且不应污染所粘结材料。

【条文说明】幕墙工程中所选用的密封胶，应与被粘材料具有持久的粘结性能，并具有与主体结构变形相适应的能力，确保幕墙设计性能。

密封胶在使用前，应与其相接触的有机材料如间隔条、密封垫、泡沫棒、定位块等进行相容性试验。如果使用了与密封胶不相容的材料，可能会导致密封胶的粘结性能的下降或丧失，留下的质量或安全隐患。

石材、人造板中的陶板、石材蜂窝板、纤维水泥板等都为多孔性材料，面板与建筑密封胶接触，胶中的增塑剂等非反应性物质会渗入面板孔隙中，污染面板，因此，使用前必须进行污染性试验。

## 4.2　铝合金型材

**4.2.1**铝合金材料的牌号所对应的化学成分应符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190的规定；铝合金型材的质量要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存等应符合现行国家标准《铝合金建筑型材》GB/T 5237.1～GB/T 5237.6的规定，型材尺寸允许偏差应达到高精级或超高精级。

**4.2.2** 铝合金型材应经表面阳极氧化、电泳涂漆、喷粉或喷漆处理，表面处理层的厚度应符合现行国家标准《铝合金建筑型材》GB/T 5237的规定。

**4.2.3** 用穿条工艺生产隔热铝型材，其隔热材料应使用PA66GF25（聚酰胺66+25%玻璃纤维），不得采用[聚氯乙烯](http://baike.baidu.com/view/93589.htm)材料 ，并应符合现行国家标准《铝合金建筑型材用隔热材料　第1部分：聚酰胺型材》GB/T 23615.1的规定。

用浇注工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应使用聚醚型聚氨酯材料，不得采用聚酯型聚氨酯，并应符合现行国家标准《铝合金建筑型材用隔热材料第2部分：聚氨酯隔热胶》GB/T23615.2中II级隔热胶的规定。

**4.2.4** 隔热铝合金型材外观质量、力学性能应符合国家现行标准《铝合金建筑型材 第6部分：隔热型材》GB/T 5237.6和《建筑用隔热铝合金型材》JG175的规定。

**4.2.5** 与幕墙配套用铝合金门窗型材的外观质量、性能要求应符合现行铝合金门窗相关标准规定。

## 4.3　钢材

**4.3.1** 幕墙结构用钢材应采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017规定的钢材，并应根据使用条件进行有效的防腐处理。

【条文说明】1 当现场实际需要采用非《钢结构设计标准》GB50017-2017指定的钢材时，应满足国家现行标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》GB/T 912、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274、《结构用无缝钢管》GB/T 8162和《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389等；

2 当采用热浸镀锌防腐蚀处理时，锌膜厚度应符合现行国家标准《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定；当采用防腐涂料进行表面处理时，除密闭的闭口型材内表面外，涂层应覆盖钢材表面，其厚度应符合防腐要求。

**4.3.2** 幕墙结构室外条件下使用的钢材，宜采用奥氏体不锈钢或耐候钢。

【条文说明】奥氏体型不锈钢或耐候钢应符合现行国家标准《不锈钢和耐热钢牌号及化学成份》GB/T 20878 的规定。奥氏体型不锈钢的铬、镍总含量不应低于25%，其中含镍量不应低于8%。并应同时符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226、《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《不锈钢和耐热钢冷轧钢带》GB/T 4239、《一般用途耐蚀钢铸件》GB/T 2100（这个应该是避免冷脆，或者说非承力构件）和《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975 的规定。采用耐候结构钢时，其质量和性能应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的规定。

**4.3.3** 幕墙结构采用镀锌钢板应符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518的规定。

## 4.4　玻璃

**4.4.1** 幕墙玻璃的外观质量和性能应符合下列国家现行标准的规定：

**1** 《平板玻璃》GB 11614；

**2** 《建筑用安全玻璃第1部分：防火玻璃》GB 15763.1；

**3** 《建筑用安全玻璃第2部分：钢化玻璃》GB 15763.2；

**4** 《建筑用安全玻璃第3部分：夹层玻璃》GB 15763.3；

**5** 《建筑用安全玻璃第4部分：均质钢化玻璃》GB 15763.4；

**6** 《半钢化玻璃》GB/T 17841；

**7** 《中空玻璃》GB/T 11944；

**8** 《镀膜玻璃第1部分阳光控制镀膜玻璃》GB/T 18915.1；

**9** 《镀膜玻璃第2部分低辐射镀膜玻璃》GB/T 18915.2；

**10** 《真空玻璃》JC/T 1079；

**11** 《超白浮法玻璃》JC/T 2128；

**12** 《釉面钢化玻璃与釉面半钢化玻璃》JC/T 1006；

**13** 《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T 455。

**4.4.2** 用于幕墙的钢化玻璃除应符合现行行业标准《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T 455的规定外，其表面应力不应大于115MPa。

**4.4.3** 幕墙玻璃应进行机械三边细磨或三边抛光，其倒棱宽度不得小于1mm。

【条文说明】玻璃是脆性材料，在加工过程中边部会产生许多微裂纹，极易造成玻璃损坏。边部必须经过细磨或抛光工艺加工，才能消除这些微裂纹。

**4.4.4** 幕墙采用镀膜玻璃时，离线法生产的镀膜玻璃应采用真空磁控溅射法生产工艺；在线法生产的镀膜玻璃应采用热喷涂法生产工艺。

**4.4.5** 幕墙采用中空玻璃时，除应符合现行国家标准《中空玻璃》GB/T 11944的规定外，尚应符合下列要求：

**1** 中空玻璃气体层厚度不应小于9mm；

**2** 中空玻璃应采用槽铝式双道密封或热塑隔条（TPS）双道密封。槽铝式双道密封第一道密封应采用丁基热熔密封胶，其性能应符合现行行业标准《中空玻璃用丁基热熔密封胶》JC/T 914的规定。点支式、隐框、半隐框玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶，其性能应符合现行国家标准《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB 24266的规定；

**3** 中空玻璃的间隔框可采用金属间隔框或金属与高分子材料复合间隔框，间隔框可连续折弯或插角成型，不得使用热熔型间隔胶条。间隔框中的干燥剂宜采用专用设备装填。

**4** 中空玻璃钻孔时应采用大、小孔相对的方式，孔边倒角应细磨，合片时孔位应采取多道密封措施。

**5** 中空玻璃合片加工时，应采取措施防止玻璃表面产生凹凸变形。

**6** 中空玻璃的单片玻璃厚度应不小于6mm，两片玻璃厚度差应不大于3mm。

**4.4.6** 幕墙采用夹层玻璃时，宜采用干法加工合成，其胶片宜采用聚乙烯醇缩丁醛（PVB）胶片或离子性中间层胶片。

玻璃幕墙采用夹层玻璃时，夹层玻璃的单片玻璃厚度应不小于5mm，两片玻璃厚度差应不大于3mm。夹层玻璃宜采用PVB或离子性中间层胶片干法加工合成技术，采用PVB胶片厚度应不小于0.76mm，采用离子性中间层胶片厚度应不小于0.89mm。夹层玻璃的技术性能要求应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB 15763.3的规定。夹层玻璃钻孔时应采用大、小孔相对的方式，合片时应防止两层玻璃间出现气泡。采用PVB中间膜的夹层玻璃应封边处理。

【条文说明】聚乙烯醇缩丁醛材料本身具有吸潮特性，有造成夹层玻璃脱胶的可能性。

**4.4.7** 幕墙采用单片低辐射镀膜玻璃时，应使用在线热喷涂低辐射镀膜玻璃。

**4.4.8** 要求防火功能的幕墙玻璃，应根据防火等级要求采用防火玻璃及其制品。

【条文说明】不同配置及制作工艺的防火玻璃及其制品，其耐火极限不一样。应根据防火幕墙的等级要求选用合适的玻璃及其制品。

## 4.5 石材

**4.5.1** 石材的外观质量和性能应符合下列国家现行标准的规定：

1. 《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601；

**2** 《天然大理石建筑板材》GB/T 19766；

**3** 《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452；

**4** 《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453。

**4.5.2** 石材宜采用花岗岩，吸水率应小于0.8%。并应进行表面防护处理。

【条文说明】石材种类繁多，强度和耐候性差异较大。用于室外的幕墙石材，宜选用强度高、耐候性好的花岗岩。

**4.5.3** 用于严寒地区和寒冷地区的石材，其冻融系数不宜小于0.8。

**4.5.4** 烧毛板和天然粗糙表面的石材，其最小厚度应比光面板增加3mm。

## 4.6 金属板

**4.6.1** 单层铝板宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，并应符合国家现行标准《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880.1～3、《变形铝及铝合金牌号表示方法》GB/T 16474、《变形铝及铝合金状态代号》GB/T 16475、《铝幕墙板板基》YS/T 429.1、《铝幕墙板氟碳喷漆铝单板》YS/T 429.2、《建筑幕墙用氟碳铝单板制品》JG/T331的规定。

**4.6.2** 单层铝板的基材厚度不应小于2.5mm。应选用铝锰合金板、铝镁合金板，不得选用纯铝板。

【条文说明】铝板设计除满足强度、挠度变形外，还应保持外观平整度。小于2.5mm厚的铝板，平整度较难保证。《铝合金技术标准》GB/T3880-2006，1 000系列纯铝板铝含量在99%以上，由于不含有其他元素，所以生产过程比较单一，价格相对比较便宜，性能比3000系列[铝锰合金](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%93%9D%E9%95%81%E5%90%88%E9%87%91&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao)、5000系列[铝镁合金](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%93%9D%E9%95%81%E5%90%88%E9%87%91&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao)差很多。

**4.6.3** 铝蜂窝板除应符合现行行业标准《建筑外墙用铝蜂窝复合板》JG/T334的规定外，尚应符合下列要求：

**1** 芯材应采用铝蜂窝，板基宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，板基的厚度允许偏差应取正值；

**2** 外露表面应采用氟碳涂处理，并符合本规程第6.3.2条的要求。

**4.6.4** 不锈钢板宜采用奥氏体型且应符合现行国家标准《不锈钢及耐热钢牌号及化学成份》GB/T 20878的要求。奥氏体型不锈钢的铬、镍总含量不宜低于25%，其中镍含量不宜低于8%。

不锈钢面板为平板时，其厚度不宜小于2.0mm；当为波纹板时，其截面厚度不宜小于1.0mm。

海边或严重腐蚀地区，可采用双相不锈钢、高耐蚀性能的铁素体不锈钢、单面涂层或双面涂层的不锈钢板，涂层厚度不宜小于35μm。

**4.6.5** 彩色涂层钢板应符合现行国家标准《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754的规定。基材钢板宜镀锌，板厚不宜小于1.5mm，并应具有适合室外使用的氟碳涂层、聚酯涂层或丙烯酸涂层。

**4.6.6** 铝塑复合板应符合现行国家标准《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748的规定。

## 4.7 人造板材

**4.7.1** 幕墙用瓷板应符合现行行业标准《建筑幕墙用瓷板》JG／T 217的规定。

**4.7.2** 幕墙用陶板应符合现行行业标准《建筑幕墙用陶板》JG／T 324的规定。

**4.7.3** 幕墙用微晶玻璃应符合现行行业标准《建筑装饰用微晶玻璃》JC／T 872中外墙装饰用微晶玻璃的规定，公称厚度不应小于20mm。在进行抗急冷急热试验时，尚应在试样表面均匀涂抹一层墨水，等待5min后，用干净抹布将表面擦拭干净，不应有目视可见的微裂纹。

**4.7.4** 幕墙用石材蜂窝板应符合现行行业标准《建筑装饰用石材蜂窝复合板》JG／T 328的规定。面板石材为亚光面或镜面时，石材厚度宜为3mm～5mm；面板石材为粗面时，石材厚度宜为5mm～8mm。石材表面应涂刷符合现行行业标准《建筑装饰用天然石材防护剂》JC／T 973规定的一等品及以上要求的饰面型石材防护剂，其耐碱性、耐酸性宜大于80％。

**4.7.5** 幕墙用纤维水泥板应采用符合现行行业标准《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG／T 396规定的外墙用涂装板，在未经表面防水处理和涂装处理状态下，板材的表观密度D不宜小于1．5g／cm3，吸水率不应大于20％，强度等级不宜低于Ⅲ级(饱水状态抗折强度不宜小于18MPa)。

**4.7.6** 幕墙用木纤维板应符合现行行业标准《建筑幕墙用高压热固化木纤维板》JG／T 260阻燃型的规定。

## 4.8 外挂墙板

**4.8.1** 混凝土、钢筋、预埋件的材料性能要求应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《预制混凝土外挂墙板工程技术规程》JGJ/T 458的规定。

**4.8.2** 预制混凝土外挂墙板的混凝土强度等级不应低于C30，且宜采用轻骨料混凝土。当采用轻骨料混凝土时，混凝土强度等级不应低于LC30。当外挂墙板采用清水混凝土时，混凝土强度等级不宜低于C40。

**4.8.3** 钢筋焊接网应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114的规定。

**4.8.4** 预制混凝土外挂墙板块材饰面应采用耐久性好、不易污染的材料；当采用饰面砖时，应采用反打工艺在工厂内完成，饰面砖的燕尾槽深度不宜小于2mm。

饰面砖的粘结强度应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110的规定。

**4.8.5** 预制混凝土外挂墙板夹芯保温材料的燃烧性能等级为B1或B2级时，墙板内、外表面均应采用厚度不小于50mm的不燃材料。

**4.8.6** 预制混凝土外挂墙板饰面质量应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的规定。

## 4.9　紧固件

**4.9.1** 螺栓、螺钉的材质和机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB／T 3098．6、《紧固件机械性能不锈钢螺母》GB／T 3098．15等的规定。

**4.9.2** 不锈钢宜选用A2组别；当使用在与室外空气接触或沿海地区时，宜选用A4组别。

**4.9.3** 抽芯铆钉宜符合《封闭型平圆头抽芯铆钉 11级》 GB/T12615.1、《封闭型沉头抽芯铆钉 11级》 GB/T 12616.1、《开口型平圆头抽芯铆钉10、11级》GB/T 12618.1、《开口型沉头抽芯铆钉 10、11级》 GB/T12617.1、《开口型平圆头抽芯铆钉10、12级》 GB/T 12618.3或《开口型沉头抽芯铆钉 12级》 GB/T 12617.3的要求。

## 4.10　密封材料与粘结材料

**4.10.1**硅酮结构密封胶的性能应符合国家现行标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776和《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T475的规定，中空玻璃用硅酮结构密封胶应符合现行国家标准《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB 24266的规定。

幕墙用硅酮建筑密封胶和硅酮结构密封胶，应经国家认定的检测机构进行与其相接触的有机材料的相容性试验；对硅酮结构密封胶，尚应进行与其被粘结材料的剥离粘接性试验以及其邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能试验。

硅酮结构密封胶生产商应提供其结构胶拉伸试验的应力应变曲线和质量保证书。

【条文说明】硅酮结构密封胶是影响玻璃幕墙安全的重要因素。2015年住房与城乡建设部根据欧盟ETAG 002 《结构密封胶装配体系（SSGS） 欧洲技术认证指南》中的硅酮结构密封胶部分的要求制定的，对结构胶在老化后的变化率明确规定不超过75%。

用于中空玻璃的硅酮结构密封胶与用于粘结副框的硅酮结构密封胶在性能要求上有所不同，因此，2009年又制订了国家标准《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB24266。

硅酮建筑密封胶和硅酮结构密封胶在使用前，应进行与其相接触材料间隔条、密封垫、定位块及其他有机材料的相容性试验。如果使用了与密封胶不相容的材料，可能会导致密封胶的粘结性能的下降或丧失，留下的质量或安全隐患。由于硅酮结构密封胶是结构连接用材料，关乎玻璃幕墙结构安全，因此尚应进行与面板、金属框架等接触材料的剥离粘结性试验，以及拉伸粘接性试验、邵氏硬度试验。

**4.10.2** 多孔性幕墙板缝用耐候密封胶应符合现行国家标准《石材用建筑密封胶》GB/T 23261的规定。

【条文说明】符合国家标准《石材用建筑密封胶》GB/T 23261-2009性能要求的密封胶有硅酮、改性硅酮或聚氨酯三类，该标准的规范附录A“石材用建筑密封胶与接触材料的污染小试验方法”适用于所有弹性密封胶和任何多孔性基材，使用中应根据不同的面板材料选用合适的密封胶材料，并通过密封胶与接触材料的污染性试验。

**4.10.3** 非多孔性幕墙板缝用耐候密封胶应符合现行国家标准《硅酮和硅酮改性建筑密封胶》GB/T 14683中Gw类的规定。

【条文说明】铝板、瓷板、微晶玻璃、玻璃幕墙的耐候密封胶应采用中性硅酮类耐候密封胶，因为硅酮密封胶耐紫外线性能极好且与硅酮结构密封胶有良好的相容性。

硅酮耐候密封胶如果填充矿物油，由于矿物油容易从胶体中渗出和挥发，会导致胶体收缩或开裂，使密封性能下降，造成漏水等问题，与中空玻璃接触时会导致中空玻璃过早失效，因此应避免使用填充矿物油的硅酮密封胶。

有害的增塑剂指非硅物质的增塑剂。在《硅酮和硅酮改性建筑密封胶》GB/T 14683中Gw类的规定中明确不允许添加。

**4.10.4** 幕墙中的建筑接缝和干缩位移接缝用改性硅酮建筑密封胶性能应符合现行国家标准《硅酮和硅酮改性建筑密封胶》GB/T14683的规定。

【条文说明】 改性硅酮密封胶（MS）作为预制构件间接缝的主要密封材料，是以端硅烷基聚醚为主要成分制得的，与目前市场上的传统密封材料硅酮密封胶相比，该产品具有可涂刷性及对基材无污染等优点，特别适用于预制混凝土建筑等建筑装饰工程的接缝密封，能够很好兼顾装配式幕墙与现行的混凝土装配式建筑上的密封要求。性能符合国家现行标准《硅酮和硅酮改性建筑密封胶》GB/T14683改性硅酮类的规定。

**4.10.5** 外挂墙板幕墙接缝处的密封材料应符合下列规定：

1建筑密封胶应选用耐候性密封胶，密封胶应与混凝土具有相容性，以及规定的抗剪切和伸缩变形能力；密封胶尚应具有防霉、防水、防火、耐候等性能；密封胶不应含有污染饰面材料、金属材料的不利添加物。

2接缝密封胶应符合现行行业标准《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T 881的规定。

外挂墙板接缝处的止水胶条性能指标应满足现行国家标准《高分子防水材料第二部分止水带》GB 18173.2中J型止水带的相关性能要求。

**4.10.6** 幕墙用密封胶条宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶、热塑性弹性体及硅橡胶制品，并应符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498的规定。

【条文说明】幕墙用胶条，应当具有耐紫外线、耐老化、耐污染、弹性好、永久变形小等特性。如果不对胶条的材质进行控制，会出现老化开裂甚至脱落等严重问题，影响幕墙的气密性能和水密性能。应对胶条的材质进行控制，并符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498的规定。

采用三元乙丙橡胶和硅橡胶制品时，要采取适当措施，保证胶条的连续性，以免接头位置脱开，降低幕墙的气密性能和水密性能。

**4.10.7** 石材幕墙中石材挂件可采用环氧树脂胶粘剂，性能应符合现行行业标准《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887的规定；不得采用不饱和聚酯树脂胶。

【条文说明】石材挂件的粘结剂一般要注入孔、槽、缝内；普通环氧树脂具有脆性，缺乏弹性变形性能。目前性能较好的、符合标准《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887规定的环氧树脂胶粘剂已批量生产并在工程中推广应用。不饱和聚酯树脂胶是用于石材定位、修补等非结构承载粘接用途的云石胶，该种产品符合现行行业标准《非结构承载用石材粘接剂》JC/T 989的有关规定，在石材幕墙中石材挂件结构承载粘接不适用。

## 4.11　其他材料

**4.11.1** 幕墙宜采用聚乙烯泡沫棒作为板块之间缝隙的填充材料，其密度不宜大于37kg/m3。

**4.11.2** 楼板与幕墙之间的缝隙封堵岩棉的容重不应低于80kg/m3，熔点不应小于1000℃。岩棉的阻火性能应根据现行国家标准《防火封堵材料》（GB/T23864）进行耐火极限的测试确定，且耐火极限不应低于楼板。

**4.11.3** 幕墙用绝热材料应采用岩棉、玻璃棉等A级不燃材料，其25°C导热系数不应低于0.036W/(m•K)，其他性能应符合现行国家标准《建筑用岩棉绝热制品》（GB/T19686）或《建筑用玻璃棉制品》（GB/T17795）的规定。

隔汽层使用的矿物棉与贴面复合制品应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》（GB/T8624）规定的B1级要求。

**4.11.4** 与玻璃幕墙配套用门窗五金件、附件及紧固件应符合国家现行标准《紧固件螺栓和螺钉》GB/T 5277、《建筑门窗五金件通用要求》JG/T 212的规定。

【条文说明】幕墙用门窗五金件为易损材料。应采用标准件，满足维修更换需要。

**4.11.5** 幕墙构件断热构造所采用的隔热衬垫，其形状和尺寸应经计算确定，内外型材之间应可靠连接并满足设计要求。隔热衬垫宜采用聚酰胺、聚氨酯胶、未增塑聚氯乙烯等耐候性好、导热系数低的材料制作。

【条文说明】幕墙构件断热构造连接应进行强度和热工计算；并首先满足强度要求；其次再考虑热工性。

# 5　建筑设计

## 5.1　一般规定

**5.1.1**幕墙设计使用年限不应小于25年,其支承结构的设计使用年限不应小于50年。

**5.1.2** 幕墙应满足下列规定：

**1** 幕墙抗风承载能力设计应考虑建筑物造型和周边环境对风荷载取值的最不利的影响因素，幕墙的抗风压性能应按规范计算确定，且风荷载标准值不应小于 1.0kN/m2；在风荷载标准值作用下，幕墙不应发生任何损坏；

**2** 幕墙应根据建筑物所在地的地震设防烈度进行抗震设计，平面内变形性能应按多遇地震标准值作用下主体结构弹性层间位移角限值的3倍进行设计；

**3** 在多雨地区应有较强的防水性能，水密性要求较高时可对幕墙进行现场淋水检验，不应发生渗漏现象。

**4** 幕墙的气密性能、传热系数、遮阳系数应满足相关节能标准要求；

**5** 幕墙的隔声性能应满足室内声环境要求；

**6** 有采光功能要求的幕墙，其透光折减系数不应低于0.45；

**7** 当玻璃幕墙可能产生对周边道路、建筑有害的光反射时，玻璃的室外可见光反射率不应大于30%。

**8** 人员流动密度大或青少年、幼儿活动的公共建筑幕墙，耐撞击性能指标室内不应低于900 N·m 、室外不应低于700 N·m；

**9** 幕墙应能承受自重各种附件的重量，并能可靠地传递到主体结构；

**10** 幕墙应与主体结构可靠连接。

**5.1.3**玻璃幕墙应符合下列规定：

1 幕墙的玻璃可见光反射率不应大于 0.20。其中，下列区域幕墙用玻璃的可见光反射率 不应大于 0.16，且应满足下列规定：

1）城市道路红线宽度大于 30m 的，其道路两侧建筑物 20m 以下立面；其余路段两侧建筑物 10m以下立面；

2）城市立交桥、高架桥两侧相邻建筑；

3）十字路口或多路交叉口处的建筑；

4）周边对光污染敏感区域。

2 建筑高度大于100m 时的隐框玻璃幕墙应在面板和支承结构之间采取除硅硐结构胶以外的防面板脱落构造措施。

**3** 水平或倾斜倒挂式玻璃幕墙不应采用隐框形式。

**4** 玻璃幕墙与地面夹角小于75度时，不应采用平面单索体系。

**5**人员密集、流动性大的重要公共建筑，且可能造成人身伤害、财产损失的幕墙玻璃面板，倾斜或倒挂的幕墙玻璃必须采用夹层玻璃。

6安装在易于受到人体或物体碰撞部位的玻璃面板，应采取防护措施，并设置警示标识。

**5.1.4** 石材幕墙应符合下列规定：

1 当石材幕墙确为水平或倾斜倒挂式构造时，应在板背设置防止石材坠落的安全措施；

2 石材幕墙外装饰线条应采用可靠的机械锚固连接。

**5.1.5** 单个幕墙外开窗的开启面积不应大于1.8m2，外平开窗单扇面积不应大于 1.0m2，幕墙采用外平开窗、外平推窗和下悬外开窗时，应有防窗扇坠落措施。

**5.1.6** 幕墙开启扇应设置安全限位装置，采用自动启闭方式时，应设置安全锁闭装置。

**5.1.7** 采用钢化玻璃的消防逃生救援窗，钢化玻璃应采取均质处理，在建筑下方应设置玻璃意外破碎后直接坠落的防护设施或隔离带。

**5.1.8** 高度超过50m的幕墙工程应设置满足幕墙清洗、更换和维护要求的装置。

## 5.2　性能设计

**5.2.1** 幕墙气密性能应符合下列要求：

**1** 幕墙可开启部分关闭时，幕墙整体应具备阻止空气渗透的气密性能。

**2** 幕墙气密性能应结合当地气候、节能要求等进行设计。

**3** 幕墙气密性能检测应按现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227的规定进行；幕墙试件的气密性能是检测幕墙在100Pa压力差作用下可开启部分的单位缝长空气渗透量和整体幕墙试件（含紧闭状态的开启部分）单位面积空气渗透量。

**5.2.2** 幕墙水密性能应符合下列要求：

**1** 幕墙可开启部分关闭时，幕墙整体应具备阻止雨水渗漏的水密性能。其评价指标为，幕墙在发生渗漏时，幕墙内外的最大压力差。

**2**幕墙水密性能应结合当地气候，风压及雨水条件进行设计，水密性能指标应根据如下方法进行确定：

1. 幕墙水密性能不应低于当地气象记录的动态雨风压。动态雨风压指的是当地在下雨时，位于地面以上10米高度位置，平均10分钟风压的峰值。

考虑高度的影响， …………… （**5.2.2-1**）

式中：z——建筑物高度；

α——地面粗糙度系数，见表5.2.2-1.

**表5.2.2-1 地面粗糙度系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地面类型 | 描述 | 地面粗糙度系数 |
| A. | 乡村：平坦的地形或开阔的水域，几乎没有障碍物，只有分散的建筑物，树木或洞穴障碍物 | 0.14 |
| B. | 郊区：城市地区，树木繁茂的地形或小城镇的中心 | 0.25 |
| C. | 市中心：大型城市中心，高层建筑集中，至少有一半超过4层 | 0.36 |

|  |  |
| --- | --- |
| 建筑物高度 | E:\5 Standard\2019\20190328 装配式幕墙\地面粗糙度.png |
|  | A乡村 B郊区 C市中心 |

图5.2.2 动态防雨风压

**2）**对于缺乏气象资料的，现行国家标准《建筑气候区划标准》GB50178中，ⅢA和ⅣA地区，即热带风暴和台风多发地区可按按式**5.2.2-2**计算，且固定部分不宜小于1000Pa，可开启部分宜与固定部分同级。

P=1000μzμcω0 ……………… （**5.2.2-2**）

式中：P——水密性能指标，单位：Pa；

μz——风压高度变化系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的规定采用；

μc——风力系数，可取1.2；

ω0——基本风压，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用。

3）对于缺乏气象资料的其他地区可按2）条计算值得75%进行设计，且固定部分取值不低于500Pa，可开启部分宜与固定部分同级。

**3** 有水密性能要求的建筑幕墙，现场淋水实验不宜发生漏水现象。如发生漏水现象，幕墙承包商应分析漏水原因并提出质量保证措施避免工程漏水。

【条文说明】引进此参数意义在于，之前按照建筑结构设计风压为基准进行幕墙水密性能取值的方法存在局限性。因为设计风压发生时，并不总是伴随着下雨，并且建筑的朝向和外形对风压和刮风时幕墙面的落雨量有显著地影响。因此如有此项参数条件的地区，幕墙水密性指标应参考动态雨风压确定。

**5.2.3** 幕墙热工性能应符合下列要求：

**1** 环境条件的规定

设计或评价维护结构定型产品的热工性能时，应统一采用行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008第10.1条规定的的标准环境条件进行计算。

实际的工程使用时，按照实际工程节能设计标准规定的室内计算条件，室外计算条件可以通过当地的建筑气象数据来确定。

**2** 公共建筑热工性能限值的规定

根据建筑热工设计的气候分区，甲类公共建筑的维护结构热工性能应符合国家标准《公共建筑热工设计规范》GB 50189-2015表3.3.1-1～表3.3.1-6的规定。当不满足以上规定时，应依据《公共建筑热工设计规范》GB 50189-2015 第3.4节的规定。

乙类公共建筑的维护结构热工性能应符合《公共建筑热工设计规范》GB 50189-2015表3.3.2-1和表3.3.2-2的规定。

**3** 预制混凝土外挂墙板的热工设计应满足以下要求：

**1）**应采用预制外墙主断面的平均传热阻值或传热系数作为其热工设计值。

**2）**应满足墙体保温隔热性能和防结露性能要求，

**3）**在严寒地区时，墙板设计应尽可能减少混凝土肋、金属件等热桥影响，避免内墙面或墙体内部结露。

**4）**装饰外挂墙板可与保温材料、空气层组合形成复合墙体外保温构造。

**5）**夹心保温外挂墙板是由内外混凝土层和内置的保温层通过连接件组合。

**6）**预制混凝土外挂墙板采用内保温墙身构造时，挂板内侧与梁柱、楼板的**间隙**中应连续敷设保温材料，避免产生热桥影响。

**7）**预制混凝土外挂墙板的保温层厚度应根据工程所在地节能设计要求确定。

**8）**有采暖、空气调节要求的外墙，其气密性能应符合建筑节能设计要求。

**4** 结露

维护结构中的热桥部分应进行表面结露验算，并应采取保温措施，确保热桥表面温度高于房间空气露点温度。

维护结构热桥部位表面结露验算应符合国家标准《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016第7.2节的规定。

维护结构结露计算应符合行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008 第5章的规定。

门窗、幕墙抗结露验算应按冬季计算参数下门窗、幕墙型材和玻璃内表面温度是否低于露点温度作为判定依据。

各个热工气候区建筑内对热环境有要求的房间，其外门窗、透光幕墙、采光顶的冬季的抗结露验算应符合国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176-2016表**5.3.1**的规定。严寒地区、寒冷A区、温和地区门窗、透光幕墙、采光顶的冬季综合遮阳系数不宜小于0.37。

**表5.2.3 建筑外门窗、透光幕墙、采光顶抗结露验算要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 气候区 | 抗结露验算要求 |
| 严寒A区 | 验算 |
| 严寒B区 | 验算 |
| 严寒C区 | 验算 |
| 寒冷A区 | 验算 |
| 寒冷B区 | 验算 |
| 夏热冬冷A区 | 验算 |
| 夏热冬冷B区 | 不验算 |
| 夏热冬暖地区 | 不验算 |
| 温和A区 | 验算 |
| 温和B区 | 不验算 |

**5** 遮阳

当设置外遮阳构件时，透光幕墙的太阳能得热系数应为透光幕墙本身的太阳得热系数与外遮阳构件的遮阳系数的乘积。透光幕墙本身的太阳得热系数和外遮阳构件的遮阳系数应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB50176的规定计算。带有室外遮阳的幕墙的遮阳系数技术应参照现行行业标准《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237计算。

夏热冬暖、夏热冬冷、温和地区的建筑个朝向透光幕墙均应采取遮阳措施；寒冷地区的建筑宜采取遮阳措施。当设置外遮阳时应符合下列规定：

**1）**东西向宜设置活动外遮阳，南向宜设置水平外遮阳；

**2）**建筑外遮阳装置应兼顾通风及冬季日照。

**3)** 窗墙比的要求

严寒地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于0.60：其他地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于0.70。

**6**热工性能计算方法应符合行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008的规定。

单幅幕墙的传热系数Ucw应按下式计算：

（**5.2.3**）



式中：*Ucw*——单幅幕墙的传热系数[W/(m2•K)]；

*Ag*——玻璃或透明面板面积(m2)；

*lg*——玻璃或透明面板边缘长度(m)；

*Ug*——玻璃或透明面板传热系数[W/(m2•K)]；

*lg*——玻璃或透明面板边缘长度(m)；

[*ψ*](https://baike.baidu.com/item/%E5%B8%8C%E8%85%8A%E5%AD%97%E6%AF%8D/4428067?fr=aladdin#3_23)*g*——玻璃或透明面板边缘的线传热系数[W/(m•K)]；

*Ap*——非透明面板面积(m2)；

*lp*——非透明面板边缘长度(m)；

*Up*——非透明面板传热系数[W/(m2•K)]；

[*ψ*](https://baike.baidu.com/item/%E5%B8%8C%E8%85%8A%E5%AD%97%E6%AF%8D/4428067?fr=aladdin#3_23)*p*——非透明面板边缘的线传热系数[W/(m•K)]；

*Af*——框面积(m2)；

*Uf*——框的传热系数[W/(m2•K)]。

计算节点的热工性能时，宜按照《Thermal performance of curtain walling-Calculation of thermal transmittance》ISO 12631的计算方法考虑连通室内外型材等间距布置的螺钉冷桥影响，宜考虑幕墙区域的装饰翼支臂的冷桥效果。

**5.2.4** 幕墙的平面变形性能应符合以下规定：

**1** 平面内水平变形性能，非抗震设计时，应按照主体结构弹性层间位移角限值进行设计；抗震设计时，应按主体结构弹性层间位移角限值的3倍进行设计。当主体结构为复杂结构或者为超限结构时，应由主体结构设计单位提供相应的弹性层间位移角限值。

**2** 平面内竖向位移变形性能，应按照主体结构在幕墙安装完成后荷载作用下的最不利层间竖向位移组合值为限值进行设计，当主体结构必须考虑竖向地震时，幕墙设计亦应满足竖向地震产生的层间竖向位移要求。

【条文说明】幕墙作为支撑在主体结构的外围护结构，应具有适应主体结构变形的能力，根据是否抗震设计，给出不同的要求。地震作用下取本地区设防地震（中震）作用下主体结构水平变形为控制指标，即取弹性层间位移限值的3倍，参照4.7.1条。对于复杂结构，如错层结构，连体结构等特殊结构及超限经专家论证的结构应以主体结构设计单位提供的限值为准。

幕墙作为外围护结构，在正常使用极限状态及多遇地震作用下（如主体结构已考虑竖向地震，则应计入），幕墙安装完毕后主体结构在荷载作用下产生的竖向变形不应引起幕墙各项性能的降低。当主体结构柱距较大或者为钢结构时应更加重视本条的规定。幕墙系统设计应以主体结构设计单位提供的竖向变形最不利组合值为前提进行。当主体结构竖向变形值过大而超过幕墙的设计范围时，应协调增加主体结构的竖向刚度。当主体结构考虑竖向地震时，设防地震竖向位移作用下，幕墙经修复后应仍可使用，在罕遇地震竖向位移作用下，幕墙骨架不得脱落。

## 5.3 幕墙的位移

**5.3.1** 水平位移的确定

幕墙水平位移量应根据主体结构类型按照表5.3.1查取弹性层间相对位移△ue与层高h之比的限值。考虑地震作用时，多遇地震取与弹性层间位移一致，本地区设防地震（中震）取弹性层间相对位移限值的3倍且不小于风荷载标准值引起的变形量。当表5.3.1与主体结构设计不一致时，应以主体结构设计提供数值为设计依据。当主体结构为复杂结构或为超限结构时，应由主体结构设计提供相应数值。

**表5.3.1 楼层层间最大位移与层高之比的限值**

|  |  |
| --- | --- |
| 结构类型 | △ue/h限值 |
| 钢筋混凝土框架，装配整体式框架结构 | 1/550 |
| 钢筋混凝土框架-剪力墙、板柱-剪力墙、框架-核心筒  装配整体式框架-现浇剪力墙结构、钢框架-钢筋混凝土核心筒、型钢（钢管）混凝土框架-钢筋混凝土核心筒 | 1/800 |
| 钢筋混凝土剪力墙、筒中筒、钢筋混凝土框支层、装配整体式剪力墙结构、装配整体式部分框支剪力墙结构、钢外筒-钢筋混凝土核心筒、型钢（钢管）混凝土外筒-钢筋混凝土核心筒 | 1/1000 |
| 多层装配式剪力墙结构 | 1/1200 |
| 多、高层钢结构，多高层装配式钢结构（非住宅类） | 1/250 |
| 多高层装配式钢结构（住宅类） | 1/300 |

钢筋混凝土结构弹性层间相对位移△ue与层高h之比的限值取值如下：

**1）**高度不大于150m的高层建筑，按照上表取值；

**2）**高度不小于250m的高层建筑，△ue/h不大于1/500；

**3）**高度在150m～250m之间的高层建筑，按照1)款和2)款的限值线性插入取用。

【条文说明】主体结构弹性层间水平相对位移限值根据国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016修订版）、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232-2016和行业现行标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010相关条文确定。中震作用下的主体结构位移一般为多遇地震作用下的2.81~3.0倍，本规程近似取3倍。对于高度大于150m的钢筋混凝土结构，弹性层间位移角限值与行业现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010保持一致。

**5.3.2** 竖向位移量的确定

**1** 无地震作用效应组合时，应按下式进行：

 (5.3.2-1)

式中：——幕墙安装完毕后层间竖向相对位移组合值，为正负两个方向；

——幕墙自重及幕墙安装完毕后的楼层附加恒荷载产生的层间相对位移值；

——楼层可变荷载作用（包含采光顶风荷载）产生的竖向层间相对变形、风荷载产生的竖向层间变形、幕墙层间温度变形、幕墙竖向施工偏差、层间压缩变形、高层、超高层混凝土结构在幕墙安装后产生的混凝土徐变，混凝土收缩变形；

——可变荷载组合系数，按照国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012中相应的活荷载类型取值；对于竖向施工偏差，取1.0；混凝土层间压缩变形取1.0；混凝土徐变、收缩变形取1.0。

**2** 地震作用效应组合时，应按照下式进行：

 (5.3.2-2)

式中：——地震作用时，幕墙安装完毕后层间竖向相对位移组合值，为正负两个方向；

——主体结构考虑竖向地震时，由竖向地震产生的层间竖向相对位移值；

——竖向地震作用组合系数，取1.0；

——竖向地震作用时活荷载组合系数，按照表5.3.2 取值。

**表5.3.2 竖向地震作用时活荷载组合系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 可变荷载种类 | | 组合值系数 |
| 雪荷载 | | 0.5 |
| 屋面活荷载 | | 不计入 |
| 按实际情况计算的楼面活荷载 | | 1.0 |
| 按等效均布荷载计算的楼面活荷载 | 藏书库、档案库 | 0.8 |
| 其他民用建筑 | 0.5 |
| 风荷载 | | 0.2 |

【条文说明】幕墙设计考虑的主体结构层间竖向相对位移为向上和向下两个方向，需对主体结构提要求。由于主体结构规范对于竖向位移限值未考虑对幕墙体系的影响，所以按照其规定的竖向位移限值进行幕墙系统设计往往是不可行的，因此在附加恒荷载、可变荷载、竖向地震下的主体结构弹性层间竖向相对位移值和层间压缩变形应由主体结构工程师按照结构模型计算实际数据提供，幕墙设计应结合相关数据进行按照规范公式进行轮换组合，并按照组合后的最不利值进行设计工作。对于高层、超高层应考虑混凝土徐变、收缩变形，混凝土徐变和收缩变形一般在混凝土结构施工完毕后的6个月可完成大部分变形，国外相关资料采用0.5mm/3000mm，设计院应提供相应的混凝土徐变和收缩变形数值。但需要注意，建筑的所有此项变形都会集中幕墙的下收口，所以幕墙下收口的相对位移设计应充分考虑此项的影响，也可以在建筑设计中加以考虑。

竖向地震作用时可变荷载组合值系数按照国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016修订版）和行业现行标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014相关条文确定。

**5.3.3** 明框玻璃幕墙的玻璃板块与框架构件的配合尺寸宜符合表X中空玻璃与槽口的配合尺寸的要求：

**1** 对于中空玻璃，a不宜小于5mm，对于其他玻璃，尺寸a不应小于3mm。



图**5.3.3** 明框玻璃幕墙的玻璃板块与框架构件的配合尺寸

**表5.3.3 玻璃与槽口的配合尺寸**（mm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 玻璃厚度（mm） |  | | 玻璃长边尺寸L（mm） | | |
| L≤1000 | 1<L≤2500 | 2500<L≤4500 |
| 5≤d≤10 | b | | 11 | 13 | 15 |
| c | 上边 | 4 | 5 | 5 |
| 下边 | 3 | 3 | 4 |
| 侧边 | 3.5 | 4 | 5 |
| 10<d<24 | b |  | 11.5 | 13 | 15.5 |
| c | 上边 | 5 | 5 | 5 |
| 下边 | 3 | 3 | 4 |
| 侧边 | 4 | 4.5 | 5 |
| 24≤d≤28 | b | | 12 | 13.5 | 16 |
| c | 上边 | 5 | 5 | 5 |
| 下边 | 3 | 4 | 4 |
| 侧边 | 4 | 5 | 5 |
| d>28 | b | | 12.5 | 14 | 16.5 |
| c | 上边 | 5 | 5 | 5 |
| 下边 | 3 | 4 | 4 |
| 侧边 | 4 | 5 | 5 |

注：1 .如果采用夹胶玻璃，表中数值c应增加至少1mm

2 当玻璃底部的槽口空间作为排水、通风通道时，应设计足够的空间确保排水通风顺畅，同时底边的C不应小于6mm(不与上条累加)。

【条文说明】此条的计算依据欧盟标准prEN 12488 《Glass in buildings - Glazing recommendations – Assembly principles for vertical and sloping glazing》。

**5.3.4** 明框玻璃幕墙的玻璃板块与框架构件的配合尺寸应考虑以下因素：

**1** 玻璃加工误差；

**2** 框架的加工、安装误差；

**3** 风荷载下玻璃缩短（玻璃变形成为弧形以后，有脱槽的趋势；

1. 其他荷载的影响；
2. 主体建筑结构位移；
3. 建筑的震动、摆动；
4. 框架安装以后非矩形影响；
5. 玻璃和框架热膨胀位移差；

**9** 其它气候影响。

**5.3.5** 明框玻璃幕墙玻璃板块与玻璃槽口配合尺寸应宜满足下列公式要求：

 (5.3.5-1)

 (5.3.5-2)

 (5.3.5-3)

式中： △u——主体结构层间位移引起的相应于玻璃板块框架的允许水平位移量（mm），非抗震设计时，应根据主体结构弹性层间位移角限值确定；抗震设计时，应根据主体结构层间位移角限值的3倍确定；

——考虑安装偏差、温度变形后的玻璃与左右，上下框架的平均间隙（mm），当为层间玻璃板块时应考虑或的影响；

，——玻璃与左右，上下框架的平均设计间隙（mm）；

——温差组合系数，非抗震设计时取1.0，抗震设计时取0.6；

，——玻璃与框架在温差作用下的相对变形值（mm）；

，——玻璃板块的高度，宽度（mm）。

【条文说明】嵌入框架的玻璃与框架同时变形时，当框架变形后顶点之间的对

角线最短长度等于玻璃对角线长度时，对玻璃便会产生作用力导致玻璃破碎。

基于上述对角线原理，根据玻璃入槽及玻璃与槽之间的缝隙尺寸根据公式可得

出该构造可以适应的最大的框架水平位移。公式推导过程如下图。

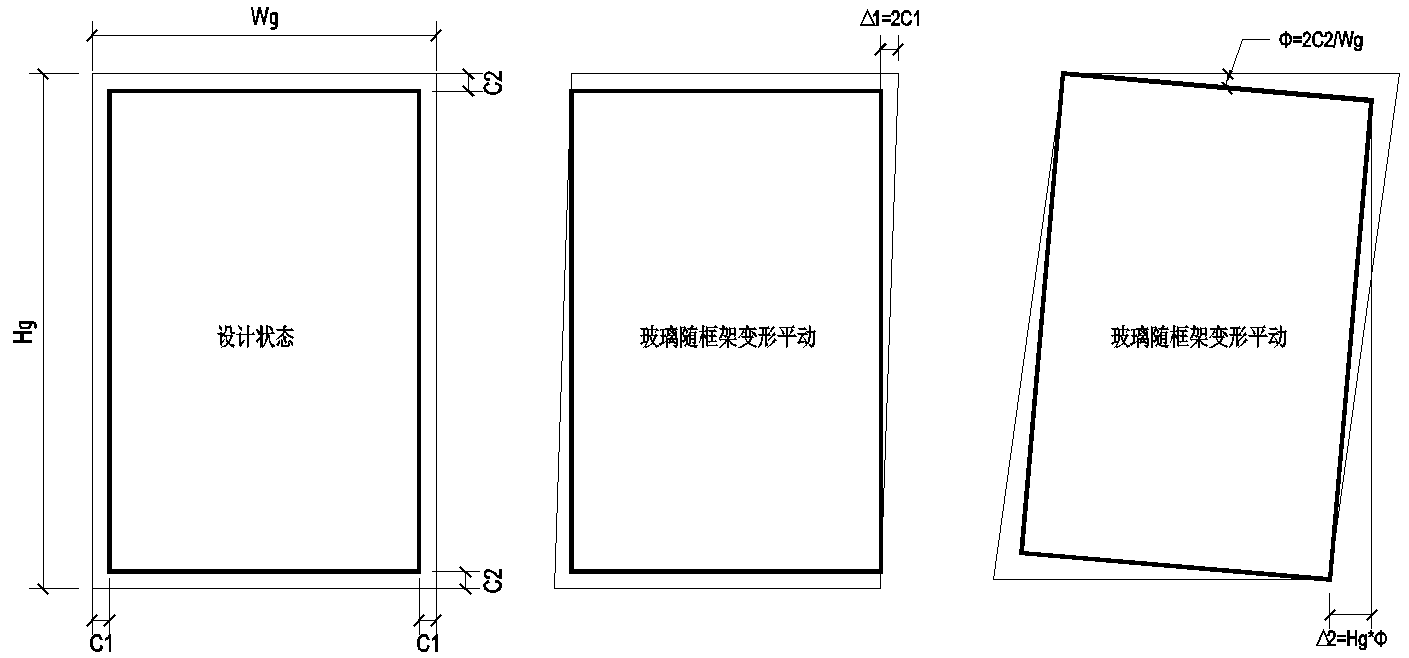


图1 玻璃与框层间变形过程

**5.3.6** 幕墙应满足以下要求：

**1** 幕墙层间上下立柱之间的连接应考虑层间竖向相对位移的影响，根据位移量确定插接缝隙尺寸，立柱插芯的上下插接长度应不小于245mm，芯柱与立柱应紧密配合，上端或下端应与立柱机械连接；明框幕墙前部压板在立柱插接位置应断开，上下压板缝隙应与立柱插接缝隙相等；立柱装饰扣盖应采取有效措施根据竖向位移量在层间及接地位置释放变形，严禁由于竖向变形而产生的扣盖脱落。

**2** 隐框幕墙层间玻璃（或其他面材）之间的横向胶缝应考虑层间竖向相对位移的影响，应根据位移量选择密封胶的级别，确定胶缝的宽度并且不小于10mm。

**3** 幕墙表面与周边之间的封修应考虑平面内水平、竖向，平面外水平三向位移影响，采取有效措施保证在正常使用及多遇地震条件下幕墙各项性能不降低。

【条文说明】幕墙立柱在上下层之间采用滑动连接，以适应主体结构的侧移要求，同时上下立柱间隙应满足竖向位移的要求。明框幕墙前部的压板和扣盖与立柱连接，具有相同的位移，因此应与立柱要求相同。

幕墙层间玻璃上侧构造应考虑主体结构竖向相对层间位移的要求，防止玻璃上边受压压碎，或者上边脱槽改变玻璃在水平荷载作用下的设计受力模型。隐框幕墙的胶缝也应考虑这一要求，通过胶缝宽度和密封胶的变形能力释放主体结构的竖向变形。

 (**1**)

式中：——胶缝最小宽度；

——幕墙安装完毕后层间竖向相对位移组合值，为正负两个方向（mm）；

——硅酮密封胶的允许变位能力。

幕墙与主体结构周边之间的交接部位密封线应保持封闭，交接部部位应考虑三向相对位移的影响，避免由于相对位移破坏气密密封、防火密封甚至引起玻璃破裂。

**5.3.7** 单元式幕墙应满足以下要求：

**1** 楼板竖向荷载作用变形时，墙板之间的接缝宽度应使左右及上下不发生碰撞。

**2** 墙板横向、竖向插接部位之间应有一定的搭接长度，楼板竖向荷载作用变形时，墙板之间不应完全脱开影响水平荷载作用下受力性能和幕墙的水密、气密性能；立柱的横向搭接长度不宜小于10mm,横梁的竖向搭接长度不应小于15mm，且应满足图5.3.6和下列公式要求：

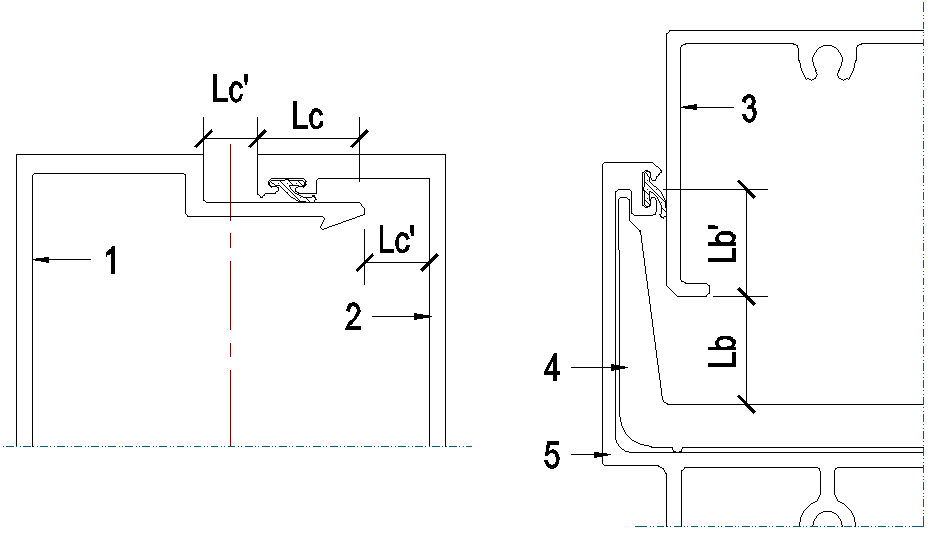


图5.3.6 搭接示意图

1. 公立柱；2—母立柱；3—底横梁；4—过桥型材；5—顶横梁

 (**5.3.7-1**)

 (**5.3.7-2**)

 (**5.3.7-3**)

式中：——墙板之间竖缝宽度（mm）；

——立柱的横向搭接长度（mm）；

——计算横梁的长度（mm）；

——幕墙的年温度变化（K），为幕墙安装后与室内最不利温度差值；

——施工偏差（mm）；

H——墙板竖向尺寸（mm）；

——楼板在竖向荷载变形下，两个单元体之间的夹角（rad）；

——墙体顶底横梁之间的插接长度（mm）；

——墙体顶底横梁之间的有效间隙（mm）；

——幕墙安装完毕后层间竖向相对位移组合值(考虑竖向地震作用),（mm）。

【条文说明】楼板或边梁竖向变形时，单元板块两侧转接件因楼板变形作用产生高差并在重力的偏心作用下沿面内扭转，即产生如图所示的板块沿面内的变形状态。如果在楼板变形使两个板块挂点之间产生山峰式的反向斜率，则板块下侧之间竖向缝宽减小，反之亦然。如果缝宽小于两个相邻板块下部的位移之和，板块下侧就会发生碰撞，因此应设计时应据此考虑竖向胶缝的最小宽度。

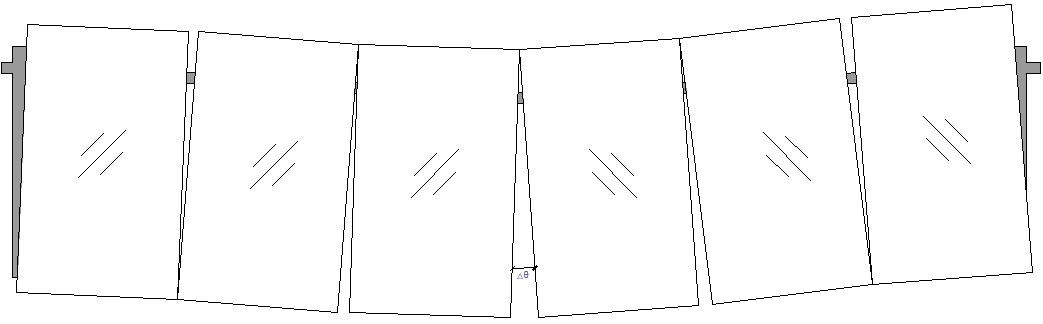


图2 板块在楼板变形下的状态

## 与建筑的结合

**5.4.1** 应遵循标准化设计和模数协调的原则，在建筑设计阶段将幕墙系统与结构系统、设备与管线系统和内装系统进行一体化集成设计，提高集成度、施工精度和效率。

**5.4.2** 幕墙立面设计应符合建筑的构成条件、装饰颜色与材料质感等设计要求。

**5.4.3** 幕墙系统应采用模数来协调与其相关的结构构件、内装部品、设备与管线之间的尺寸关系，减少和优化幕墙部件的种类和尺寸，并满足建筑立面效果、制作工艺、运输及施工安装的条件。

**5.4.4** 应根据不同的建筑类型及结构形式选择适宜的幕墙系统，幕墙板块可采用内嵌式、外挂式、嵌挂结合等形式，并宜分层悬挂或承托。

**5.4.5** 幕墙系统应具有适应主体结构层间变形的能力；主体结构中连接幕墙的预埋件、锚固件应能承受幕墙传递的荷载和作用，连接件与主体结构的锚固极限承载力应大于连接件本身的全塑性承载力。

**5.4.6** 幕墙系统的接缝应根据当地气候条件合理选用构造防水、材料防水或构造与材料防水相结合的防排水措施，密封接缝的宽度应满足主体结构的层间位移、密封材料的变形能力、施工误差、温差引起变形等要求。

## 5.5 开启扇设计

**5.5.1** 开启扇应根据建筑性质、使用功能、通风换气、热工设计等要求选型和设置。开启窗的布置和面积应符合建筑设计要求。

【条文说明】开启扇可引入自然界的新风实现自然通风，是幕墙重要的部分。开启扇要增加额外的框、扇、使用五金件和各种构造实现开启，这导致：

1 降低隔热性能（K值），对于设置玻璃护边的开启扇问题尤为严重；

2 空气污染情况下无法使用；

3 降低气密性；

4 容易损坏，增加维护成本；

5 有脱落风险，造成安全隐患；

6 增加造价 。

**5.5.2** 当幕墙受K值和气密性等限制无法设置开启扇时，应设置通风换气装置。

【条文说明】《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015的3.2.8条：单一立面外窗（包括透光幕墙）的有效通风换气面积应符合下列规定：

甲类公共建筑外窗（包括透光幕墙）应设可开启窗扇，其有效通风换气面积不宜小于所在房间外墙面积的10%；当透光幕墙受条件限制无法设置可开启窗扇时，应设置通风换气装置。

**5.5.4** 外开上悬开启扇没有扣盖支撑的玻璃不应采用聚硫胶作为中空玻璃二道密封胶。

**5.5.5** 有隔热要求的外开上悬开启扇不宜采用玻璃护边。

**5.5.6** 外开上悬开启扇防坠落应符合下列要求：

##### **1**应避免选用超大、超重开启扇。

##### **2** 框架幕墙宜使用铰链式开启扇（图5.5.6-1）；单元幕墙可使用挂钩

##### 式开启扇（图5.5.6-2）。这两种形式无法使用的特殊情况下可采用销轴式开启

##### 扇（图5.5.6-3）。



图5.5.6-1 铰链式开启扇构造示意图

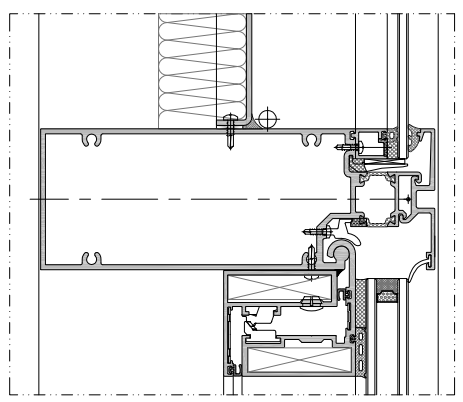


图5.5.6-2 挂钩式开启扇构造示意图

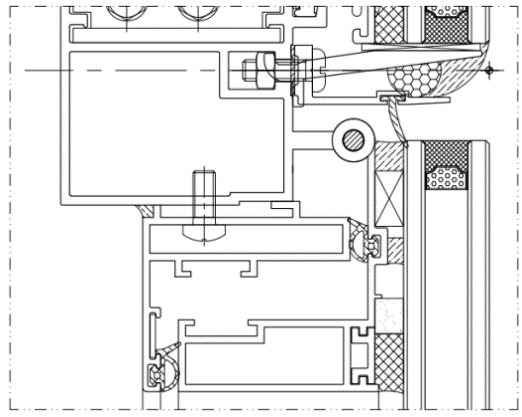


图5.5.6-3 销轴式开启扇构造示意图

##### **3** 尺寸超过2m2或风压较大的挂钩和销轴式开启扇，

##### 应采用连杆式防掉风撑，并可在开启扇上面两个角部使用自钻自攻钉把扇料与

##### 组角角码固定在一起以提高组角承载能力。

##### **4** 自攻钉具备防松功能，不易松脱，是风撑和铰链等反复受力五金件优先选

##### 用的紧固件。使用机制螺钉和铆螺母时应使用防松胶，避免螺纹联接松脱。

##### **5** 铰链和伸缩臂应使用ST4.8系列自攻钉固定,也可使用M5沉头不锈钢铆螺

##### 母+不锈钢机制螺钉（涂抹防松胶）。

**6** 自攻钉固定位置应采取局部加厚措施：对6063 T6型材,局部加厚应不低于

3.25mm, 对6063 T5型材,局部加厚应不低于4mm。

##### **7** 锁点较多时,单向传动执手的反复使用，会造成扇料侧向变形以及风撑不

##### 同步。锁点大于8个时宜采用双拨叉双向传动执手或采取其他减小锁闭力的措

##### 施（减少传动阻力，成本略有上升）。对于高度较大的开启扇，大于7个锁点

##### 时就宜采取以上措施。

##### **8** 伸缩臂选型时，应计算在6级风的天气情况下，开启扇处于开启状态时伸

##### 缩臂的约束反力，来校核承载力，以满足其安全性的要求。

##### **9**对掉扇风险较高、危害较大的开启扇宜增加防坠措施，防止在风撑损坏

##### 时发生开启扇掉落事故的发生，为维修开启扇五金争取时间。

##### **10** 安装完毕后应对开启扇玻璃托块进行100%检查，不得遗漏。

##### **11** 框架幕墙开启扇的风撑应现场安装，避免搬运过程中损坏。

##### **12** 现场应检查锁座，确保锁座与锁点位置对正，中心偏差不宜大于3mm。

##### 对于安装不当或者失效的锁座进行调整或者更换。制造工厂应对每樘单元体开启扇锁点及锁座等关键位置进行严格的检查，保证出厂的单元体开启扇质量符合要求。

##### **13** 使用要求如下：6级以上风力时，应保证开启扇处于关闭状态；风撑

##### 等五金应保持完好，如有损坏及时更换；掉扇风险较大的开启扇，应配置可拆

##### 卸执手，统一管理。

## 5.6 防雷设计

**5.6.1** 幕墙的防雷设计应按照建筑物的重要性、使用性质、发生雷电的可能性和后果确定系统防雷的类型，并选用相应的防雷措施。防雷设计应符合国家现行标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057和《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的有关规定。

5.6.2　幕墙的金属框料应与主体结构的防雷系统可靠连接。对有防雷击电磁脉冲屏蔽要求的建筑，幕墙应采取将其自身金属结构连接构成具有防雷击电磁脉冲的屏蔽措施。

5.6.3 单元式幕墙单元板块的插口拼装连接和与主体结构连接处应按本规程第8.3.2条的规定形成防雷电气通路。对幕墙横、竖两方向单元板块之间橡胶接缝连接处，应采用等电位金属材料跨接，形成良好的电气通路。

5.6.4 金属幕墙的外露金属面板或金属部件应与支承结构形成良好的电气通路，支承结构应与主体结构防雷体系连通。

* + 1. 高度超过200m或构造复杂的幕墙，宜在设计初期进行雷击风险评估。

## 5.7 防火设计

**5.7.1** 幕墙层间防火构造应符合《建筑幕墙防火性能分级及试验方法》对应的分级要求并且同类构造应通过其测试。

**5.7.2** 建筑幕墙的层间封堵应符合下列规定：

**1** 幕墙与建筑外墙之间的空腔应在外墙上开口的上、下沿处分别采用岩棉等背衬材料填塞且填塞高度均不应小于200mm，岩棉自然状态下压缩30%后塞入空腔内；在岩棉与基材墙体、楼板间应使用防火密封胶并在岩棉下面设置承托板做封烟处理；

**2**承托板应采用钢质承托板，且承托板的厚度不应小于1.5mm。承托板与幕墙、建筑外墙之间及承托板之间的缝隙，应采用防火密封胶封堵；

**3** 防火漆的湿膜厚度不应小于3mm，干膜厚度不应小于1.5mm，与两侧搭接不应小于25mm。

**5.7.3** 达到以上要求确有困难时，幕墙层间防火应根据具体构造特点进行防火封堵，并进行耐火极限的实际工况测试，但仍应符合以下基本要求：

**1** 空腔内背衬材料应使用耐火岩棉，并作防烟处理；

**2** 封堵节点耐火极限不宜低于楼板。当建筑高度大于100m时，耐火极限不低于1.5h；当建筑高度大于200m时，耐火极限不低于2h；超高层建筑耐火极限不低于2.5h。

5.8 泛光照明

**5.8.1** 幕墙的泛光照明应符合国家现行有关标准的规定，并结合专业厂家进行施工设计。

【条文说明】幕墙的泛光照明应满足相关国家标准规定：《建筑照明设计标准》GB 50034、《城市夜景照明设计规范》JGJ-T 163及其他相关国家、行业内标准，各地工程还需符合地方性标准。同时，现阶段泛光照明设计已经专业化，需要由专业的厂家配合完成。

**5.8.2** 幕墙的泛光照明应与建筑设计、幕墙设计进行一体化设计。

【条文说明】泛光照明体现了建筑整体的灯光艺术效果及照明的功能性，在相关灯具的安装、预留孔、管线敷设等方面均需要与幕墙、建筑设计全面配合。

**5.8.3** 泛光照明不得影响幕墙的相关功能性，不得影响幕墙的气密、水密、结构安全及外观要求。

【条文说明】泛光照明管线不得直接穿越板块的伸缩缝，以免影响幕墙气密性，应选在具有内衬板的位置；预埋管的敷设应保持内高外低的方式，防止雨水倒灌，预留管穿越外幕墙的孔与管间的防水封堵均需采用耐候型中性硅酮胶进行封堵，外幕墙管线敷设工艺要进行测试，需要检测“空气渗透性能”“雨水渗透性能”，建议与幕墙的四性实验同步进行；预留孔的开孔不得影响幕墙龙骨的局部及整体强度、稳定性，幕墙结构也需考虑灯具重量等因素带来的影响；同时预留管敷设不得破坏外幕墙的完整性及美观性，对于可视部位要进行外观处理。相关构造措施如下图所示：



图4 外观处理示意（颜色一致，工艺孔封闭）

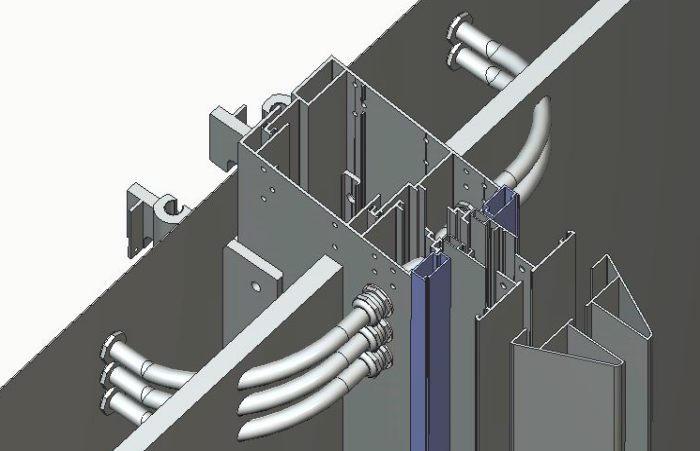


图5 开孔接触位置抹胶封堵示意

5.8**.**4 泛光照明管线与幕墙龙骨之间的接触不得产生化学腐蚀现象。

【条文说明】穿越外幕墙的保护管建议采用铝合金或不锈钢材质，不同材质接触面应采用硅胶垫圈或三元乙丙垫圈进行隔离，防止电化学腐蚀现象发生，如下图所示：

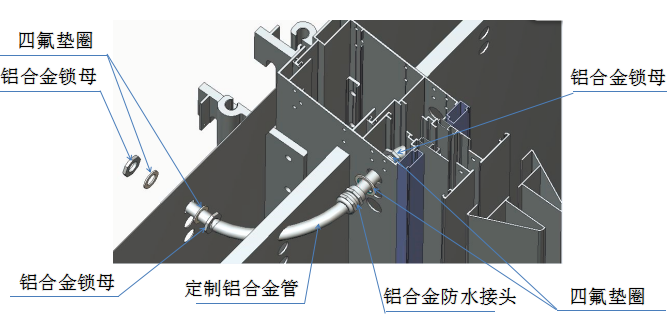


图6 连接示意

**5.8.5** 泛光照明灯具固定应进行结构设计。

【条文说明】泛光照明预埋管或灯具固定件安装应牢固，并具有防松动的技术处理措施，防止板块在运输及吊装过程中由于颠簸等原因导致预埋管或灯具固定件松动。相关固定方式需要进行结构设计，满足结构安全要求。

**5.8.6** 泛光照明应配合幕墙的安装编制专项安装方案，幕墙设计时应预留灯具安装槽，灯具安装宜与幕墙同步工厂化组装。

【条文说明】幕墙板块的组装工序中增加泛光照明预留管的安装及灯具固定件的安装等相关工序，使得幕墙板块生产与泛光照明的预埋同步进行。幕墙对泛光照明预留有特定的安装槽，灯具可以完全隐蔽安装，且不影响幕墙板块安装时，灯具可以考虑在幕墙组装车间进行安装，否则应在幕墙板块安装完毕后再组织安装。预留灯槽如下图所示：

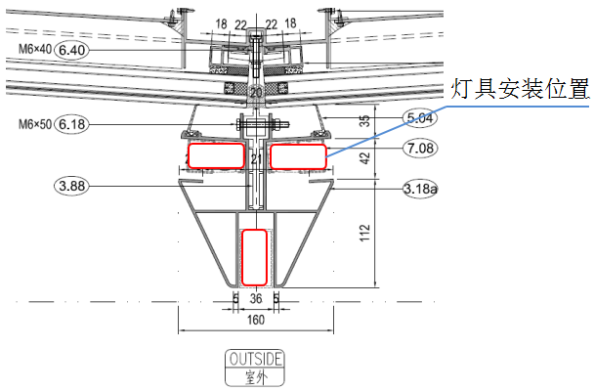


图7 预留灯槽示意

5.9 清洗及维护系统

**5.9.1** 幕墙的清洗维护应符合国家现行有关标准的规定，并结合专业厂家产品进行设计、施工。

【条文说明】幕墙的清洗维护应满足相关国家标准规定：《建筑外墙清洗维护技术规程》JGJ 168、《建筑物清洗维护质量要求》 GBT 25030、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210及其他相关国家、行业内标准，各地工程还需符合地方性标准。同时，现阶段清洗维护已经专业化，需要由专业的厂家配合完成。

**5.9.2** 幕墙每个工程完工之后都应编写相应的《幕墙清洗及维护手册》 。

【条文说明】《幕墙清洗及维护手册》应包括（不限于）以下内容：售后服务内容及质量保证措施、幕墙清洗方案、幕墙使用维护计划及措施、工程回访计划等。

**5.9.3** 幕墙的清洗方案应由具有相应专业资质的厂家负责，幕墙公司应负责审核和监督，并报业主、监理及总包单位批准。

【条文说明】幕墙清洗属于高空作业，应由专业资质厂家操作，清洗人员具有相应高空特种作业证，每个清洗工程进场前应进行相关安全教育培训，幕墙公司应进行监督管理并报监理、业主。

**5.9.4** 幕墙的清洗宜采用专业擦窗机设备进行，清洗所需的荷载大小应通过计算而且满足擦窗机的允许荷载要求。

【条文说明】幕墙清洗用的擦窗机应由具有专业资质的擦窗机厂家提供，擦窗机一般固定在主体结构顶部，相关的锚固承载力、结构承载力应能承受清洗所需要的荷载大小。清洗所需的连接销钉应在幕墙龙骨上预留，并满足结构设计要求。

**5.9.5** 幕墙应设计为可更换的结构形式，便于后期的维护。

【条文说明】依据《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068和《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102的规定，幕墙属于易于替换的结构形式，幕墙设计使用年限属二类，其设计使用年限为25年。后期的维护涉及到更换构件的可能，因此单元体板块除了整体可以更换以外，还需要满足零部件能更换的设计要求。

**5.9.6** 应注重台风地区幕墙的维护。

【条文说明】近年来台风对幕墙的损害越来越多，每次台风过后均需要对幕墙进行全面的检查，并视损坏程度进行维修加固。

**5.9.7** 幕墙应定期维护，在灾后应立即进行维护，并查找受灾原因，做好补救加固措施。

【条文说明】定期维护主要涉及定期的检查及维修，保修期内，如有不符合质量要求以及不能正常运行之处，工程承包单位有义务将其修复。因人为损坏及自然性灾害、意外灾害而造成损害的，不在保修范围之内。在保修期内，使用单位应会同幕墙工程承包单位每年进行一次全面性的检查。使用十年后，对耐老化最不利位置的硅酮结构胶进行粘结性检验。相关的检查项目应齐全，做到各种构件、连接件功能正常运行。

若遇到自然灾害或意外灾害，根据不同的灾害情况进行全面的评估，并对损害程度提出修复或加固方案，同时通过相关部门批准，经专业幕墙施工队伍进行施工。

5.10 装饰翼

**5.10.1** 所有外带装饰翼的幕墙，都应该充分考虑装饰翼的设计、加工、运输、安装、维护等问题。

【条文说明】幕墙装饰翼对于单元体板块属于平面外构件，过程中应注意设计时如何考虑连接的简洁性、安全性、传力的合理性，不宜过于复杂的连接，同时应有合理的防水构造措施，且加工工艺简单，通用性强；安装中防止偏位、不在一条直线上，不得野蛮安装造成配合间隙误差过大产生晃动、噪音；运输过程中需考虑增加空间使用率以及后期更换易操作性等问题。

**5.10.2** 装饰翼的材质应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】目前常用的装饰翼材质如铝合金、铝板、不锈钢板、石材、陶土板等，其材料质量应满足国家规范《建筑幕墙》GB/T 21086中对材料的相关规定。

**5.10.3** 装饰翼的外形设计在满足美学等前提下，还需满足相关功能性要求。

【条文说明】装饰翼的外形设计至关重要，在方案初期应与建筑师重点沟通并解释说明。

**5.10.4** 所有外带装饰翼的幕墙中，包括横向装饰翼及竖向装饰翼，均需考虑其对主受力龙骨的扭转影响。

【条文说明】横向装饰翼荷载一般传递到横梁上再传递至立柱，竖向装饰翼荷载直接传递到立柱再到挂接支座，横梁、立柱需要考虑扭转影响，相关的连接位置也需进行扭转校核。

**5.10.5** 装饰翼充当立柱的作用时，应考虑侧向稳定的问题。

【条文说明】目前大多装饰翼均通过连接板连接至横梁或立柱上，有时装饰翼还充当单元体主要龙骨承载作用，此时应按双弯结构进行设计校核，并且保证侧向不至于变形过大导致整体板块稳定性的降低。侧向变形的风压体型系数不得低于2。

**5.10.6** 对装饰翼紧贴玻璃的情况，应评估其侧向变形对玻璃挤压的影响，对带扣盖的应采取相应的防脱落措施。

【条文说明】目前有些装饰翼设计为直接压住玻璃，中间只垫了一层胶条，在平面外荷载作用下应注意胶条对玻璃的挤压问题，应保证胶条的压缩质量，同时接触玻璃的扣盖应注意防脱措施，侧向风压时容易脱落，如下图所示：

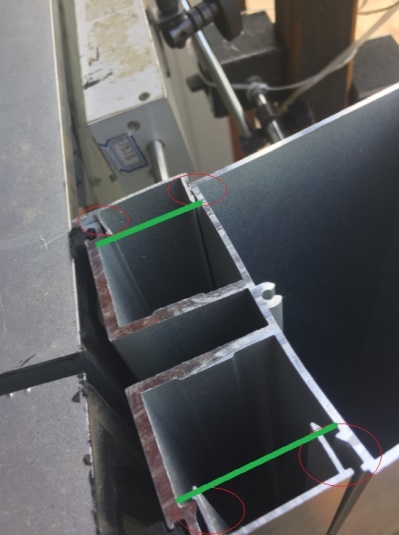


图8 接触玻璃的装饰翼在侧向荷载下有脱落危险

**5.10.7** 风压较大的固定大装饰翼的单元体横梁或立柱不得采用全开腔形式的截面进行设计。

【条文说明】单元体主龙骨承受装饰翼的扭转荷载作用，全开腔抗扭性能差，大装饰翼建议采用闭腔截面或半开腔截面。

**5.10.8** 单元体挂接支座位置应采取防侧向变形约束，单元体挂接系统及埋件应考虑装饰翼所产生的荷载作用。

【条文说明】装饰翼的荷载最终均传递至支座位置，特别是竖向装饰翼，挂接支座需要有足够的侧向约束力来约束装饰翼传来的侧向荷载

**5.10.9** 装饰翼的安装应有明确的施工方案，不得出现撞击等外力因素导致提前变形、损伤。

【条文说明】装饰翼的安装需要有明确的安装方案，特别是分开运输现场安装的装饰翼更需要对现场的安装条件进行评估，保证装饰翼的安装质量。

5.11 外遮阳系统

**5.11.1** 外遮阳系统应符合国家现行有关标准的规定，并由专业厂家进行设计、施工。

【条文说明】外遮阳系统应符合国家现行有关标准的规定：《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237、《建筑遮阳通用要求》JG∕T 274及其他相关国家、行业内标准，各地工程还需符合地方性标准。遮阳性能的相关指标如操作力性能、机械耐久性能、抗风压性能、水密性能、气密性能、隔声性能、遮阳系数、传热系数、耐雪荷载性能等均要满足相关规范规定。同时，现阶段遮阳设计已经专业化，需要由专业的遮阳厂家配合完成。

**5.11.2** 外遮阳应与建筑立面的整体艺术表现力相结合。

【条文说明】遮阳设施作为建筑围护结构的一个部分，对建筑的整体造型起着重要作用。筑师在做立面设计时应将建筑遮阳设施作为建筑物的一个有机组成部分来加建以考虑，注重遮阳构件或设施与建筑整体风格的融合与统一。

**5.11.3** 应考虑外遮阳与建筑排烟、消防联动的有机结合。

【条文说明】遮阳设计需要处理好非常时期（如火灾时）遮阳设施与建筑防排烟、消防联动等方面的关系，使遮阳设施不影响火灾时的建筑排烟和人员疏散，做到平时与紧急时两种状态的顺利转换。

**5.11.4** 遮阳构件和设施与幕墙的连接部位应进行合理的构造设计。

【条文说明】遮阳设施与幕墙结构的各组成部分的连接部位往往是节能设计的重点部位，处理不当则极易在这些部位形成建筑节能的薄弱环节。因此，精心、合理的遮阳构造设计是建筑节能的保障。

**5.11.5** 不同气候条件下的遮阳系统应区别进行设计。

【条文说明】南方太阳辐射强烈，建筑遮阳对建筑节能及室内舒适度的贡献较大。在北方寒冷及严寒地区，采用遮阳设施的同时要考虑到冬季太阳能的利用，遮阳设计应综合考虑夏季遮阳与冬季利用太阳辐射得热两者的关系。北方寒冷及严寒地区更适宜采用可活动式遮阳设施，如活动遮阳百叶、遮阳卷帘等。

**5.11.6** 应对外遮阳设施进行结构设计。

【条文说明】遮阳设计应充分考虑遮阳设施的结构安全，应通过结构设计、计算满足，以保证在台风或暴风雨等极端恶劣天气下遮阳设施仍然具备足够的安全性。

**5.11.7** 外遮阳应与生态节能工程师密切配合。

【条文说明】通过相关计算软件对建筑内部、外部环境进行模拟计算后，确定最适合的遮阳形式，通过精细化设计,以求达到建筑遮阳的最佳效果。

5.12 室内窗帘

**5.12.1** 室内窗帘应按内遮阳系统进行设计并符合国家现行有关标准的规定，并结合专业厂家进行施工设计。

【条文说明】室内窗帘属于内遮阳，内遮阳系统应符合国家现行有关标准的规定：《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237、《建筑遮阳通用要求》JG∕T 274及其他相关国家、行业内标准，各地工程还需符合地方性标准。同时，现阶段遮阳设计已经专业化，需要由专业的遮阳厂家配合完成。

**5.12.2** 室内窗帘应满足相应的材料及节能要求。

【条文说明】室内窗帘属于内遮阳，相比外遮阳，遮阳效果较差，面向室外侧宜采用能反射太阳辐射的材料，并能调节角度和位置。当窗帘采用布质材料时，其保温、透气、透光、甲醛含量等需符合国家相关规范规定。

**5.12.3** 室内窗帘应有相应的活动操作装置。

【条文说明】内遮阳装置的开启、关闭，伸展、收回应易于操作，过程平稳。

**5.12.4** 室内窗帘的窗帘盒宜与幕墙系统进行一体化设计。

# 6 结构设计

## 6.1 一般规定

**6.1.1**幕墙的结构设计应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《铝合金结构设计规范》GB 50429、《钢结构设计标准》GB 50017和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定。

**6.1.2**对于形状复杂的幕墙构件截面，可采用直接强度法进行计算，计算方法应符合相关标准要求。对于形状复杂的幕墙构件截面，可采用直接强度法进行计算，计算方法应符合相关标准要求。直接强度法计算的主受力的铝合金构件的最小壁厚要求可减小0.5mm，钢构件的最小壁厚要求可减小1mm。

【条文说明】直接强度法可以精确求得截面的实际强度避免了其他计算方法带来的各种误差，是结构计算的发展方向。国外已经在厚度仅有0.5mm的冷弯薄壁型钢结构和铝结构上应用此算法，国内也有比较多的研究。在结构安全角度，直接强度法计算的截面没有必要规定最小厚度。为了照顾现有标准还是保留最小壁厚概念，但是要求放宽，充分发挥新技术的优势。

**6.1.3** 主体结构中连接幕墙的预埋件、锚固件应能承受幕墙传递的荷载和作用。建筑幕墙与主体结构间的连接构造应有足够的强度、刚度和相对位移的能力，且应便于制作安装、维护保养及局部更换面板或构部件。

**6.1.4** 钢铝组合截面(钢型材及铝合金型材组合的截面)应符合下列要求：

**1** 钢铝组合截面应考虑钢铝温度膨胀系数差异；

**2** 钢铝组合截面应保证在荷载作用下变形协调；

**3** 钢铝结合截面应按照刚度分配原则进行各个截面的荷载分配，并分别计算截面强度。

1. 钢铝结合截面的刚度应取参与荷载分配的各截面刚度之和。

**6.1.5** 组合截面刚度分配可按下列公式计算：

（6.1.5-1）

（6.1.5-2）

式中：q——组合截面上的荷载；

q1、q2 ——分配到截面1、截面2上的荷载；

I1、I2——截面1、截面2沿计算方向的截面惯性矩。

**6.1.6** 钢铝共同受力的叠合截面，可按不同材料组成的一个截面计算其强度和刚度。应按计算要求设置抗剪螺栓、螺钉等构造上不存在连接间隙的抗剪连接。

【条文说明】微小的间隙也会严重影响共同受力截面的剪力传递，必须完全消除连接间隙才能符合共同受力计算假定。

## 6.2 荷载和作用

**6.2.1**幕墙设计时，荷载的标准值、荷载分项系数、荷载组合值系数等应按现行国家《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用；地震作用应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011确定。

**6.2.2** 计算幕墙构件承载力极限状态时，其作用或效应的组合应符合下列规定：

**1** 无地震作用时，应按下式进行：

 （6.2.2-1）

**2** 有地震作用时，应按下式进行：

 （6.2.2-2）

式中：*Sd*——作用效应组合的设计值；

——永久荷载效应标准值；

——风荷载效应标准值；

——地震作用效应标准值；

*Stk*——温度作用效应的标准值，对变形不受约束的支承结构及构件，取

0；

——永久荷载分项系数；

——风荷载分项系数；

——地震作用分项系数；

γt——温度作用分项系数；

——风荷载的组合值系数；

——地震作用的组合值系数；

Ψt——温度作用的组合值系数。

**6.2.3** 幕墙构件承载力设计时，作用(效应)分项系数按下列规定取值：

**1** 永久荷载分项系数γG取1.3；当永久荷载的效应对构件有利时取值应不大于1.0。

**2** 风荷载、地震作用、温度作用的分项系数γw、γE、γt分别取1.5、1.3和1.5。

**6.2.4** 可变作用的组合值系数按下列规定采用：

**1** 风荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ΨW应取1.0，温度荷载组合值系数Ψt取0.6；

**2** 温度荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ΨW应取0.6，温度荷载组合值系数Ψt取1.0；

**3** 永久荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ΨW和温度荷载组合值系数Ψt均应取0.6；

**4** 地震设计状况时，地震作用的组合值系数应取1.0，风荷载组合值系数ΨW应取0.2。

**6.2.5** 幕墙结构构件承载力设计中，理论上可考虑下列典型组合工况：

**1** 无地震作用组合时：

1. 1.3G+1.0×1.5W+0.6×1.5T
2. 1.0G+1.0×1.5W+0.6×1.5T
3. 1.3G+0.6×1.5W+0.6×1.5T
4. 1.0G+0.6×1.5W+0.6×1.5T

**2** 有地震作用组合时：

1. 1.3G+1.0×1.3E +0.2×1.5W
2. 1.0G+1.0×1.3E +0.2×1.5W

以上组合工况中，G 、W 、E 、T 分别代表重力荷载、风荷载、地震作用、温度作用标准值产生的应力或内力。风荷载、地震、温度作用均可正可负，作用效应组合时应按实际可能的情况考虑，并使组合的效应值最为不利。预应力作用的分项系数取值可按现行行业标准《索结构技术规程》JGJ 257 的规定采用。

**6.2.6**在组合荷载标准值作用下，幕墙面板、构件挠度宜满足表6.2.6-1和表6.2.6-2要求。

**表6.2.6-1 幕墙面板挠度要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 支承结构类型 | 面板种类 | 支承形式 | 挠度 |
| 玻璃幕墙 | 玻璃面板 | 四边支承 | 短边距/60 |
| 玻璃幕墙 | 光伏玻璃面板 | 四边支承 | 短边距/120 |
| 玻璃幕墙 | 玻璃面板 | 对边支承 | 跨距/60 |
| 点支承玻璃幕墙 | 玻璃面板 | 四点支承 | 长边孔距/60 |
| 金属板幕墙 | 金属面板 | 四边支承 | 短边距/60 |
| 人造板材幕墙 | 玻璃纤维增强水泥板 | 对边支承 | 跨距/200 |

**表6.2.6-2 幕墙构件挠度要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 构件 | 材质 | 支承形式 | 挠度限值 |
| 型材 | 金属 | — | 当L<=4500， L/180；  当4500<L，L/250+7 |
| 金属板加劲肋 | 金属 | — | 跨距/120 |

注：跨距L，悬臂构件可取挑出长度的2倍。

**6.2.7** 在自重标准值作用下，水平受力构件在单块玻璃两端跨距内的最大挠度不宜超过该面板两端跨距的1/500，且不宜超过3mm。

## 6.3 蒙皮效应设计

**6.3.1** 幕墙的蒙皮效应，可采用非线性有限元法来分析。

**6.3.2** 考虑幕墙蒙皮效应的设计，宜进行相关试验验证，并进行专家论证。

【条文说明】幕墙蒙皮效应是指围护结构因自身平面内的抗剪能力，而加强结构整体工作性能的效应，这种效应大大加强了结构的空间整体性。

## 6.4 压板及扣盖

**6.4.1** 压板、压块及其连接应符合下列规定：

**1** 明框幕墙压板应通长设置。

**2** 压板受力分析时应考虑钉孔对截面的削弱。应按照多跨连续梁模型进行结构分析以便考虑紧固件连接位置的应力集中和紧固件之间的变形。

**3** 压块受力分析时应考虑钉孔对截面的削弱。单边受力压块校核撬力引起的螺钉拔出的受拉承载力。

**6.4.2** 扣盖应符合下列规定：

**1** 扣盖分类

扣盖是建筑幕墙外装饰线条。按照连接形式不同分为悬挑压紧型扣盖（图**6.4.2-1**）和咬合型扣盖（图**6.4.2-2**）。



图6.4.2-1 悬挑型扣盖图6.4.2-2咬合型扣盖

**2** 咬合型扣盖设计要点

**1）**有结构性要求的扣盖，需满足受力要求。

**2）**起装饰作用的扣盖需考虑刚度，确保外观上扣盖不易变形。

**3）**咬合型扣盖悬臂端尺寸设计见图6.4.2-3：



图6.4.2-3咬合型扣盖悬臂端尺寸

Lb—悬臂长度；Tb—壁面处的梁厚度；α—插入面角度；

β—保持面角度；Y—根切深度

**4）**工程现场安装前应开模试穿。

**5）**槽口无预变形或者悬挑长度超过100mm的扣盖应在扣盖两端设置防掉机械连接。

**3** 悬臂压紧型扣盖设计应满足下列要点要求：

**1)** 应避免图6.4.2-4和图6.4.2-5的不良设计：



图6.4.2-4 支臂无止退凸起或支撑面尺寸过小图



6.4.2-5 咬合型扣盖的悬臂段过长

**2）**对于隔热型材，应考虑隔热条尤其是O形隔热条受弯强度和抗弯刚度。隔热条的抗弯强度和刚度应通过试验确定。

【条文说明】图**6.4.2-4**支臂无止退凸起或支撑面尺寸过小，运输、安装等过程中容易发生变形，安装后不能抵住型材，造成扣盖缺少支点而脱落。图**6.4.2-5**咬合型扣盖的悬臂段过长，容易因外力造成扣盖脱落。

隔热条抗弯刚度和强度远小于铝型材，对连接的承载能力和正常使用极限状态的影响都比较大。

## 6.5 结构胶

**6.5.1** 幕墙结构胶连接节点设计应注意的事项如下：

**1**应避免热量积聚导致温度过高，而造成玻璃的破损；

**2**应考虑中空玻璃制造现场与施工现场之间的气压差产生的不利影响；应防止水在结构胶附近积聚，避免结构胶受积水的影响；

应考虑人活动的影响，比如坠落物体、人为的静态负荷或动态冲击。

**3**有机涂层或无涂层的玻璃、阳极氧化的铝、不锈钢材料可以用结构胶粘接。

**4**幕墙节点的粘接类型分为表6.5.1和图6.5.1中的四种。中空玻璃或夹层玻璃应采用I型或II型的机械支承。III型和IV型仅适用于单层面板。

**表6.5.1 幕墙节点的粘接类型**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 幕墙节点的粘接类型 | | 是否有机械支承 | 粘接失效后，是否有安全设置 |
| I类 | 是 | | 是 |
| II类 | 是 | | 否 |
| III类 | 否 | | 是 |
| IV类 | 否 | | 否 |



I类 II类 III 类 IV类

图6.5.1 幕墙节点的粘接类型

1.面板；2.结构胶的支撑结构；3.机械支承；4.粘接失效后的安全设置

**6.5.2** 硅酮结构密封胶使用的注意事项如下：

**1**结构密封胶宜在工厂使用；

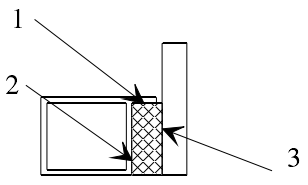
1. 结构密封胶宜连续使用；设计中可能存在不连续的情况，但不应有完全

自由的边；部分边可以采用机械约束。

**3** 中空玻璃间隔条的粘接不应视为结构粘接。

**4** 结构密封胶不宜长期承受剪力；

**5** 结构密封胶不允许三向粘接，如图**5.5.2**所示。



图**6.5.2** 结构胶不应同时粘接到三个面上

**6.5.3** 硅酮结构密封胶的粘接宽度和粘接厚度应经计算确定；粘接宽度hc应不小于6mm，且应不大于20mm；粘接厚度e应不小于4mm，不宜小于6mm。粘接宽度与粘接厚度宜满足e≤hc≤3e。

**6.5.4** 结构胶强度设计值应按下列公式计算：

（**6.5.3-1**）

（**6.5.4-2**）

（**6.5.4-3**）

式中： Ru.5——拉伸率为12.5%时结构胶的破坏应力特征值，表征75%置信区间95%的试验结果高于该值。

σdes——结构胶抗拉强度设计值；

Γdes——可变荷载作用下的结构胶抗剪强度设计值；

Γ∞——永久荷载作用下的结构胶抗剪强度设计值；

γtot——总安全系数，可取6；

γc——长期剪切和循环拉伸载荷下的蠕变系数，不小于10；

**6.5.5** 隐框、半隐框玻璃幕墙中,玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度,应根据受力情况按下列公式计算并取最大值。

**1** 在可变荷载作用下，粘接宽度应按下式计算：

（6.5.5-1）

1. 在永久荷载作用下，粘接宽度应按下式计算(假定荷载由玻璃竖边的结

构胶承受)：

（6.5.5-2）

式中：hc——硅酮结构密封胶的粘接宽度；

q1——作用在计算单元上的可变荷载作用设计值；

q2——作用在计算单元上的永久荷载作用设计值；

a——矩形玻璃板的短边长度；

b——矩形玻璃板的长边长度；

hv——矩形玻璃板的高度，取a或b。

**6.5.6**中空玻璃结构胶粘接宽度, 应按下式计算：

（6.5.6-1）

式中：r——中空玻璃的中空层的结构胶宽度（mm），mm；

β——中空玻璃的外片承受可变荷载的分配系数；如果外片厚度小于等于内片厚度，可取β=1/2；如果外片厚度大于内片厚度，可取β=1。

**6.5.7** 硅酮结构密封胶的粘接厚度应按下式计算：

（6.5.7）

式中：e——硅酮结构密封胶的粘接厚度；

G——硅酮结构胶的剪切刚度，G=E/3；

E——硅酮结构胶的拉伸弹性模量，根据EN ISO 527-3试验测得；

Δ——硅酮结构密封胶的热膨胀位移。

**6.5.8** 幕墙面板通过硅酮结构密封胶与型材粘接时，应按下式计算：

（6.5.8）

式中：αc ——金属框的线膨胀系数，1/ ºC；

αv ——面板的线膨胀系数，1/ ºC；

T0——结构胶施工时的环境温度，ºC；

Tc——金属框的温度，ºC；

Tv——面板的温度，ºC；

a——支撑边长度；

b——竖直边长度。

注：1在通常情况下，表面温度极限为-20℃~80℃。夏季环境可考虑，冬季环境可考虑；

2当密封胶支撑框架四周完全与外部环境相连时，可采用，这更能代表某些具体情况。

3在面临特定的玻璃或外部环境时，也可修正ΔT。例如：幕墙为透明装配，最高温度取Tv=80℃；幕墙为不透明装配，最高温度取Tv=100℃。

**6.5.9** 隐框玻璃幕墙中面板通过硅酮结构密封胶直接粘接于横梁或立柱，需要通过结构胶变形吸收层间位移时，硅酮结构胶的粘接厚度（图6.5.9）应符合公式（6.5.9-1）的要求：



图6.5.9结构硅酮密封胶变形示意

1—玻璃面板；2—双面胶条；3—结构硅酮密封胶；4—铝合金框

 （6.5.9-1）

 （6.5.9-2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | —— 硅酮结构密封胶的粘接厚度（mm）； |
|  | —— 幕墙玻璃面板相对于铝合金框的位移（mm），即硅酮结构密封胶沿厚度方向产生的剪切位移； |
|  | —— 位移折减系数。当玻璃面板宽度不大于高度时，取0.4；玻璃面板宽度大于高度时，取0.5； |
|  | —— 风荷载或多遇烈度地震标准值作用下主体结构的楼层弹性层间位移角限值（rad）； |
|  | —— 玻璃面板高度（mm）。 |

**6.5.10** 结构胶供应商应提供以下信息：

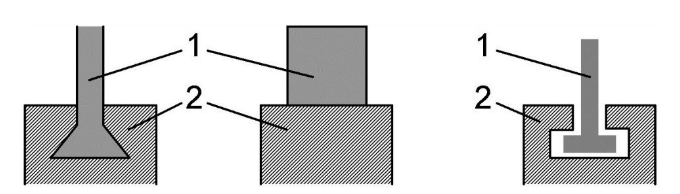
1. 使用与低温相关的类别（如果相关）；
2. 设计拉伸强度：σdes；
3. 动态设计剪切强度：σdes；
4. 拉伸或压缩弹性模量：E0；
5. 剪切弹性模量：G0；
6. 工作时间（25°C，50％湿度）；
7. 修整时间（25°C，50％湿度）；
8. 表干时间（25°C，50％湿度）；
9. 粘接框架的可搬运的时间；
10. 结构胶的识别特征，包括单组分或双组分、重量、硬度A、热重分析、颜色。

## 6.6 隔热条

**6.6.1** 铝合金隔热型材按照机械连接方式分类，可分为图**6.6.1**中A型、B型和O型。

A型设计用于传递剪切强度,剪切强度失效不会影响横向抗拉强度。B型设计用于传递剪切强度,剪切强度失效会导致横向抗拉强度的失效。O型设计用于不传递剪切强度给隔热材或剪切强度不够的金属型材。

A 型具有固有安全性，其剪切强度和横向抗拉强度可以分开单独考虑，B型要求两种荷载同时考虑才有效。A型和O型的横向抗拉强度在模拟剪切力失效后确定。对于O型，只要求确定横向抗拉强度，不要求给出剪切强度和剪切弹性常数。

‘

A型 B型 O型

图6.6.1隔热型材

**6.6.2** 铝合金隔热型材可按照是否对称进行分类。

1类：荷载对称或接近对称的型材（图6.6.2-1），其荷载偏心率a/b≤5；

2类：荷载非对称的型材（图6.6.2-2），除了1类以外的所有型材。

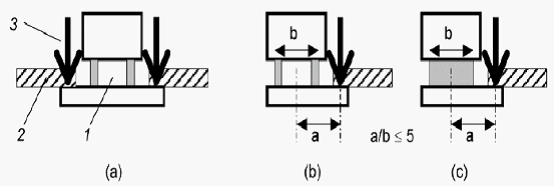


图6.6.2-1 荷载对称或接近对称的型材

1-隔热型材；2-玻璃等面板；3-线性荷载

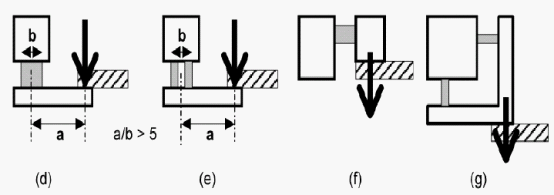


图6.6.2-2 荷载非对称的型材

**6.6.3** 隔热铝合金型材外观质量、力学性能应符合国家现行标准《铝合金建筑型材第6部分：隔热型材》GB/T 5237.6和《建筑用隔热铝合金型材》JG 175的规定。

**6.6.4** 隔热铝合金型材应根据荷载组合及与特征值有关的环境温度，对铝合金型材与隔热材料组合界面进行承载力验算，在荷载组合中应考虑冬季及夏季环境温差，取最不利条件作为验算依据。

条件1：冬季,取全部风荷载和温差θ= 25℃；

条件2：夏季, 一半风荷载和温差θ= 35℃。

**6.6.5** 幕墙用铝合金隔热型材的隔热条横向抗拉强度应满足下式要求：

（6.6.5）

式中：SQ——拉伸荷载效应（重力荷载、风荷载、地震作用和温度作用）组合的设计值(N/mm)；

QC——隔热型材横向抗拉性能要求值(N/mm)；

KC——材料强度安全系数，取2.0。

**6.6.6** 隔热铝合金型材隔热条在承受风荷载及温度变化引起的剪切力时应满足下式要求：

（6.6.6）

式中：SQ——最不利组合时的剪切力设计值(N/mm)；

TC——隔热型材纵向抗剪强度性能要求值 (N/mm)；

KC——材料强度安全系数，取2.0。

**6.6.7** 穿条式隔热铝合金型材的铝合金与隔热条复合后的组合弹性值*c*，应依据铝合金型材与隔热条的断面组合，通过实际检测获得。

**6.6.8** 隔热型材的截面抗弯模量W、穿条式隔热型材的有效惯性矩Ief等截面参数可参照《铝合金型材截面几何参数算法及计算机程序要求》YS/T 437计算方法计算得出**。**

**6.6.9** 隔热型材等效惯性矩可按照附录A进行计算。

## 6.7 紧固件连接

**6.7.1** 螺栓、螺钉和铆钉连接的结构计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018、《铝合金结构设计规范》GB 50429的要求。

**6.7.2** 自攻螺钉应满足现行《自攻螺钉用螺纹》GB/T5280的规定。其抗拉承载力为单个螺钉与铝基材的抗拉承载力、自攻螺钉钉帽从钉孔中脱出破坏承载力、自攻螺钉螺杆（取净截面积计算）拉断破坏承载力中的最小值。

**6.7.3** 单个螺钉与铝基材的抗拉承载力设计值可按下列公式计算：

**1** 自攻螺钉通过合适的底孔或自钻自攻螺钉直接与铝材连接时：

当1mm≤＜2mm

(6.7.3-1)

当2mm≤＜2P

(6.7.3-2)

当2P＜＜4P

(6.7.3-3)

当4P≤≤8

(6.7.3-4)

式中：——螺钉与铝基材的抗拉承载力设计值（N）；

——螺钉与铝材的完整螺纹咬合深度（mm）；

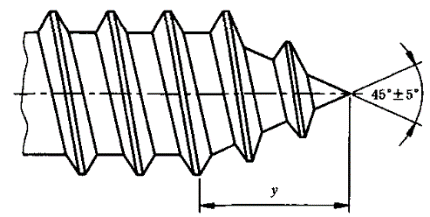


——螺钉的公称直径（mm）；

——螺钉的螺纹间距（mm）。



**2** 自攻螺钉与型材的完整螺纹咬合深度等于自攻螺钉与型材的咬合深度减去自攻螺钉不完整螺纹的长度。自攻螺钉不完整螺纹的长度可参考《自攻螺钉用螺纹》GB/T5280的相关规定。



y=不完整螺纹的长度

图6.7.3-1不完整螺纹长度

**3** 自攻螺钉或自钻自攻螺钉攻入铝材的长圆孔或U型自攻螺钉槽（图6.7.3.2）时：

(6.7.3-5)

 （6.7.3-6)

式中：——螺钉与长圆孔或U型自攻螺钉槽连接的抗拉承载力设计值（N）；

——螺钉的螺纹有效参与面积比，计算结果大于0.35时取0.35；



——螺钉的螺纹大径的一半（mm）



——螺钉的螺纹小径和U型自攻螺钉槽宽度（或长圆孔宽度）的较大值的一半（mm）





图6.7.3-2 U型自攻螺钉槽示意图

（对于ST5.5自攻螺钉，可取d=4mm）

**4** 自攻螺钉或自钻自攻螺钉攻入铝材的自攻螺钉槽（图10.2.7）且螺钉与铝材的完整螺纹咬合深度大于等于2倍螺钉的公称直径时，抗拉承载力设计值可按下式计算：

(6.7.3-7)

【条文说明】6.7.3之1 采用了AA ADM 2010的相关公式。总体安全系数为3.0。本条抗拉承载力指的是自攻螺钉外螺纹与型材的咬合承载力，对应的破坏状态是螺钉螺纹从铝型材中拔出(Pullout Resistance)。

6.7.3之3采用了《Design Guide for Metal Cladding Fasteners》AAMA TIR A9-2014的相关公式.

若自攻螺钉或自钻自攻螺钉攻入型材的长圆孔或型材的U型自攻螺钉槽，每圈完整的螺纹实际参与的面积应折减。螺纹实际参与面积如下图。

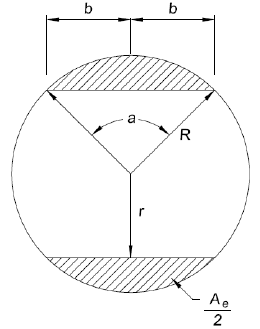


图9 长圆孔或U型自攻螺钉槽螺纹参与面积折减

自攻螺钉的抗剪强度可按《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》JGJ 227附录A的试验方法确定。

**6.7.4**自攻螺钉钉帽从钉孔中脱出破坏承载力设计值（仅包含圆孔）可按以下规定计算：

**1** 非沉头螺钉可按下式计算：

(6.7.4-1)

式中：——钉帽从钉孔中脱出破坏承载力设计值

——见表6.7.4

——与螺帽接触的铝材厚度；

——垫圈直径和螺帽直径的大值，且不大于16mm。这里垫圈直径不小于8mm，厚度不小于1.3mm

——螺帽下的孔径

**表6.7.4 薄壁铝合金构件的紧固件位置调整系数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 翼缘接触支撑 | | | | | | 无接触 | |
| 节点 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1.0 |  | 0.7 | 0.9 | 0.7 0.7 | 1.0 | 0.9 |

282°～90°沉头螺钉可按下式计算：

(6.7.4-1)

式中：适用于1.5mm≤<5mm和≤1.1。如果＞1.1，取=1.1。

**3** 非沉头螺钉的钉帽从钉孔中脱出破坏承载力不应低于沉头螺钉的承载力。

**6.7.5**机制螺钉从钉孔（仅限完整的圆孔）中拔出破坏承载力设计值可按以下规定计算：

当1.5mm≤＜2mm

(6.7.5-1)

当2mm≤≤3

(6.7.5-2)

当3mm＜＜6.3mm

(6.7.5-3)

当6.3mm≤≤10mm

(6.7.5-4)

式中：——每个内螺纹的螺纹剥落面积，对符合《六角头螺栓》GB/T 5782和《普通螺纹公差》GBT 197规定的公差带为外螺纹6g，内螺纹6H螺钉，其数值如表6.7.5。

**表6.7.5 每个内螺纹的螺纹剥落面积 mm2**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| M5 | M6 | M8 | M10 | M12 | M16 | M20 |
| 8.00 | 12.19 | 21.03 | 32.22 | 45.70 | 71.14 | 113.46 |

**6.7.6** 本标准的抽芯铆钉计算方法适用于直径在2.6mm-6.4mm、孔径不大于抽芯铆钉直径0.1mm、冷成型薄板连接的抽芯铆钉。抽芯铆钉应进行抗剪承载力和抗拉承载力验算。

**6.7.7** 抗剪承载力

1 抽芯铆钉抗剪承载力为钉体抗剪承载力、板件孔壁承压和板件净截面抗剪承载力的较小值。

2 孔壁承压承载力

当：

(6.7.7-1)

且(6.7.7-2)

式中： ——抽芯铆钉孔壁承压抗剪承载力设计值；

——支撑抽芯铆钉的构件的厚度；

d——抽芯铆钉直径。

当：

(6.7.7-3)

式中：时，取。

【条文说明】6.7.7抽芯铆钉钉体抗剪承载力不可直接使用产品标准里面的抗剪承载力，需要考虑材料分项系数等

**6.7.8** 抗拉承载力

**1** 抽芯铆钉钉帽从钉孔中脱出破坏承载力.

当

(6.7.8-1)

式中：时，取。

**2**抽芯铆钉从钉孔中拔出破坏的承载力设计值

当支撑材料为钢时：

(6.7.8-2)

当支撑材料为铝时：

(6.7.8-3)

公式适用条件：

/mm2 N/mm2不应考虑（每一项都需满足）

-钉孔必须满足相关要求

**3**钉体拉断破坏承载力

d的单位为mm (6.7.8-4)

**6.7.9** 采用自攻螺钉连接幕墙组件框时，拧入螺钉槽深度不应小于25mm。横梁立柱连接自攻钉规格不宜小于ST5.5。按式6.7.3-7计算时，铝材的自攻螺钉槽应满足以下要求：

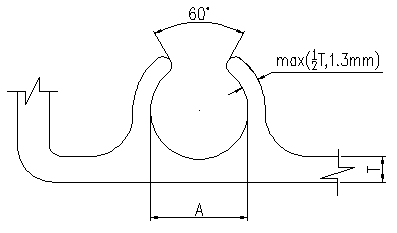


图6.7.9螺钉槽

表6.7.9自攻螺钉规格和自攻螺钉槽内径对应表

|  |  |
| --- | --- |
| 自攻螺钉规格 | A |
| ST4.2 | 3.7mm±0.18mm |
| ST4.8 | 4.3mm±0.18mm |
| ST5.5 | 4.8mm±0.18mm |
| ST6.3 | 5.8mm±0.18mm |

**6.7.10** 自攻螺钉底孔的尺寸要求与铝材厚度和自攻螺钉直径相适应。

表6.7.10自攻螺钉底孔标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ST4.2 | 铝材厚度 | 0.76 | 0.91 | 1.22 | 1.52 | 1.91 | 2.67 | 3.18 | 3.43 | 4.11~9.53 |
| 底孔直径 | 2.95 | 3.05 | 3.25 | 3.45 | 3.56 | 3.73 | 3.73 | 3.78 | 3.86 |
| ST4.8 | 铝材厚度 | 0.91 | 1.22 | 1.52 | 1.91 | 2.67 | 3.18 | 3.43 | 4.17 | 5.08~9.53 |
| 底孔直径 | 3.66 | 3.66 | 3.66 | 3.73 | 3.73 | 3.91 | 3.91 | 4.04 | 4.22 |
| ST5.5 | 铝材厚度 | 1.22 | 1.52 | 1.91 | 2.67 | 3.18 | 3.43 | 4.17 |  | 5.08~9.53 |
| 底孔直径 | 4.09 | 4.22 | 4.39 | 4.57 | 4.62 | 4.62 | 4.80 |  | 4.98 |
| ST6.3 | 铝材厚度 | 1.52 | 1.91 | 2.67 | 3.18 | 3.43 | 4.17 | 4.75 | 4.93 | 5.08~9.53 |
| 底孔直径 | 5.05 | 5.11 | 5.18 | 5.31 | 5.31 | 5.41 | 5.41 | 5.61 | 5.79 |

6.7.11 自攻螺钉、自钻自攻螺钉和抽芯铆钉用于冷成型薄板连接时，其孔间距和孔边距应符合下图要求，图中a为荷载作用方向。

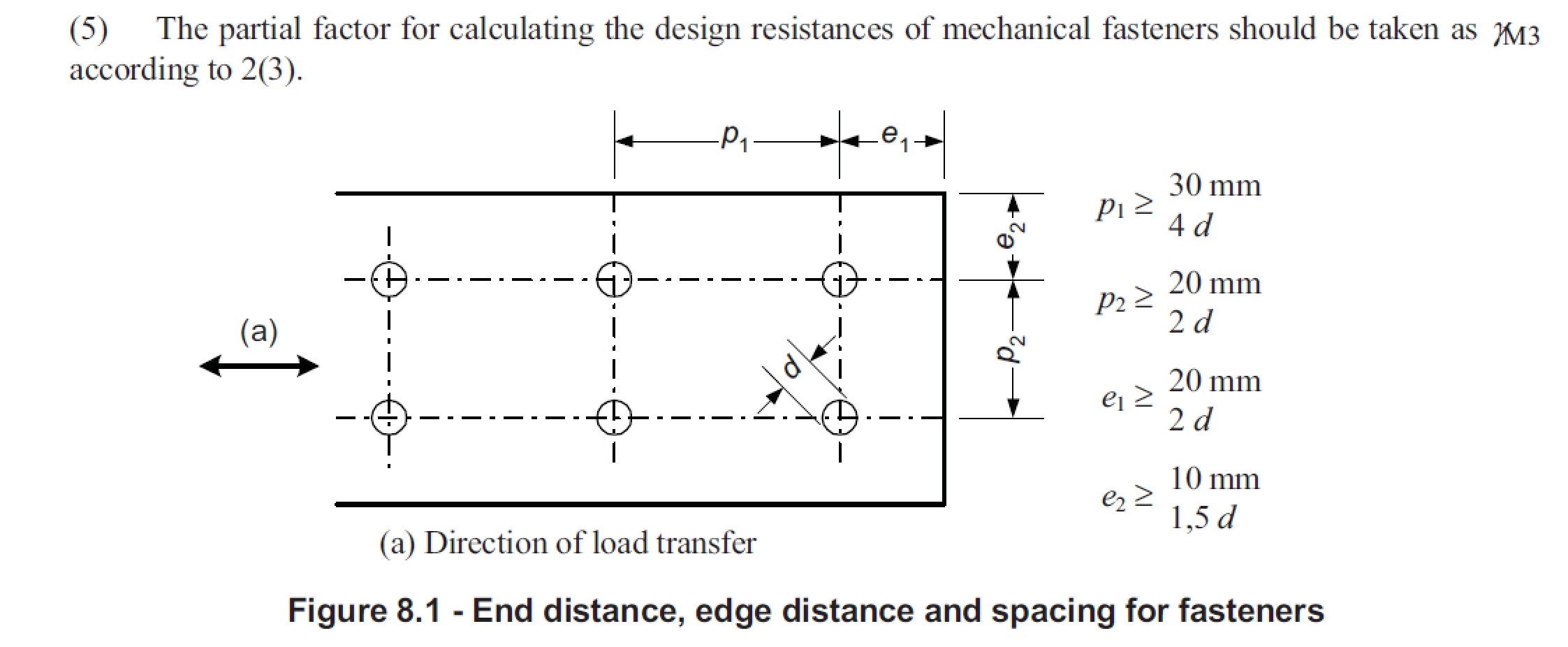
****

图6.7.11 螺钉边距及间距

**6.7.12**不锈钢螺栓的紧固扭矩和破坏扭矩宜按下表取值。

**表6.7.12性能等级为50和70的不锈钢螺栓的紧固扭矩和破坏扭矩**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺纹规格 | 紧固扭矩(N·m) | | 破坏扭矩(N·m) | |
| A2/A4-50 | A2/A4-70 | A2/A4-50 | A2/A4-70 |
| M4 | 0.9 | 1.9 | 2.7 | 3.8 |
| M5 | 1.8 | 3.9 | 5.5 | 7.8 |
| M6 | 3.0 | 6.7 | 9.3 | 13 |
| M8 | 7.4 | 17.0 | 23 | 32 |
| M10 | 14.6 | 33.1 | 46 | 65 |
| M12 | 25.5 | 57.6 | 80 | 110 |
| M16 | 63.3 | 140.7 | 210 | 290 |

**6.7.13**机制螺钉钉孔的制备及精度应符合现行国家标准《普通螺纹公差》GB/T 197和《普通螺纹中等精度、优选系列的极限尺寸》GB/T 9145的要求。机制螺钉受拉连接时应严格按照国标控制螺钉及螺纹的质量。

**6.7.14**承受较大拉力的连接节点、承受较大风荷载的悬挑构件、端部连接处存在较大撬力等受力状态复杂的构件或节点，应采用螺栓连接。

**6.7.15**用于压型钢板连接或压型钢板与冷弯型钢构件连接的自攻螺钉，其承载力可按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018规定计算。

## 6.8 与主体结构连接

**6.8.1**幕墙对主体结构应符合下列要求：

**1**主体结构应能有效承受幕墙结构传递的荷载和作用。幕墙和主体结构的连接构造除满足幕墙的荷载传递外，还应满足主体结构和幕墙间的相互变形要求。必要时可会同主体结构设计校核主体结构对幕墙体系的影响。

**2**幕墙结构与砌体结构连接时，宜在连接部位的主体结构上增设钢筋混凝土或钢结构梁、柱。幕墙的支承结构不应直接支承在轻质填充墙上。

**3**幕墙与主体钢结构连接，应在主体钢结构加工前提出连接的设计要求，并在加工时完成连接构造。未经主体结构设计同意，现场不得在钢结构柱及主梁上焊接各类转接件。

**4**主体结构变形缝部位的幕墙构造，应能满足幕墙变形的要求，且与主体结构变形相协调。

**5**幕墙构件和连接的计算分析应有明确的计算模型。应力和变形计算应考虑面板自重偏心和其他连接偏心产生的附加影响。

**6.8.2** 预埋件连接应符合下列要求：

**1**幕墙结构连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件的实际承载力设计值。与主体结构或埋板直接连接的连接件厚度应不小于6mm。重要连接件或主要受力构件不宜与埋件仰焊连接。

**2**幕墙结构与主体混凝土结构应通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入，预埋件的位置应准确。主体结构应能满足埋件的结构受力需要，并经主体结构设计单位确认。

**3**由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定设计。

**6.8.3** 建筑幕墙应避免使用后置埋件。使用后置埋件应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的要求，选择合适的锚栓类型，保证连接的可靠性，并符合下列规定：

**1** 后置埋件用锚栓可选用膨胀螺栓、自扩底锚栓、模扩底锚栓、化学锚栓。普通化学锚栓不宜用于主要受力构件的构造连接。

**2** 锚栓直径和数量应经计算确定。

**3** 就位后需焊接作业的后置埋件宜使用机械锚栓。如采用化学锚栓，焊接时应采取措施防止化学锚栓受热失效，并应有焊接高温后抗拉承载力检验报告。

## 6.9 框架幕墙横梁立柱连接

**6.9.1**框架幕墙的横梁截面优先选用闭腔形式，对于采用开腔形式的横梁要进行抗扭转校核。

**6.9.2**立柱和横梁搭接连接可有效解决横梁扭转问题。采用搭接连接时横梁和立柱应紧密连接，对有气密或水密要求的情况，应在横梁立柱搭接位置进行密封（图6.9.2）。



图6.9.2 立柱和横梁搭接连接密封示意图

**6.9.3**搭接连接横梁前端和立柱可通过自攻螺钉连接（图6.9.3），横梁后端和立柱可通过弹簧销连接，螺钉和弹簧销按照螺钉群受扭考虑受力，扭转中心可假定为螺钉群中心。应分别校核弹簧销和相应槽口的承载力。计算假定应通过试验验证。



图6.9.3 搭接连接横梁前端和立柱螺钉连接示意图

## 6.10 单元式幕墙横梁立柱连接

**6.10.1**横梁和立柱的自攻螺钉群连接的平面内刚度一般属于半刚接连接，平面外刚度一般按刚接考虑。当横梁立柱连接平面内采用刚接连接计算假定时，应通过试验验证节点刚度是否符合刚接假定。

**6.10.2** 单元式幕墙，横梁和立柱通过螺钉群连接时，螺钉群受扭，扭转中心可假定为螺钉群中心或根据试验情况取实际的扭转中心。对于新设计工程，可以参考相似程度较高的构造的试验结果。



图6.10.1-1 螺钉群扭转中心

1. 扭转中心、螺栓群中心



图6.10.1-2 螺钉群扭转中心

1．螺栓群中心；2.某型材截面试验得螺栓群扭转中心

**6.10.3** 横梁和立柱节点的承载力以型材上的自攻钉槽口的承载能力为准，不可依据螺钉自身的承载力。应根据试验结果取自攻钉槽口承载力标准值。

## 6.11 带竖向装饰翼的幕墙设计

**6.11.1**竖向装饰翼设计立柱时，应考虑装饰翼传递的侧向荷载。计算侧向荷载作用时，根据下列不同工况进行：

**1**对于玻璃与铝型材之间采用结构胶粘接的幕墙，可按照6.3条文规定，考虑横梁立柱和玻璃面板构成一个整体刚度较好的体系，考虑面板和横梁的支撑作用，同时校核玻璃和横梁立柱之间的结构胶在侧向荷载效应下的强度和变形。

**2**玻璃面板和横梁立柱之间仅通过压板或者仅通过压块连接时，仅考虑横梁对立柱的侧向支撑。

**6.11.2** 转角位置第一根装饰翼的侧向风荷载体形系数应取值2.0，其余装饰翼的风荷载体型系数可适当折减。

【条文说明】对于迎风面第一根以后的横向和竖向装饰翼，一般情况下风荷载较小，远远小于大面风荷载，尤其是间距较密的情况下。只有气流再附区域的风荷载会有所增加，但一般也会明显小于第一根装饰翼。对于立面上密布的装饰翼宜采用流体力学程序模拟风荷载环境确定其体型系数，或进行风洞试验。在没有分析计算及试验依据的情况下，转角位置的第一根竖向装饰翼和最上面一根横向装饰翼的体型系数为-2.0。其他的密布装饰翼上的风荷载较小，可适当折减。

**6.11.3** 校核装饰翼时，应同时校核装饰翼及其支臂整体的侧向挠度。

**6.11.4**装饰翼的连接支臂设计应满足计算要求，支臂截面校核考虑螺栓孔的削弱作用。

装饰翼支臂和型材之间可采用螺栓、机制螺钉或自攻钉连接。当使用螺栓和机制螺钉时应采取有效的防松措施。

**6.11.5** 装饰翼支臂和型材之间的连接可采用支臂一端与型材卡接，一端采用栓接或者螺钉连接的连接（图6.11.5）；或者两端卡接并使用紧固件等承担重力荷载；不宜采用两端同时紧固件连接的方式。

竖向装饰翼连接设计应充分考虑型材挤压公差等各种公差，确保在公差带范围内竖向装饰翼在外力作用下不会有明显的晃动变形。



图**6.11.5** 装饰翼支臂和型材之间连接示意图

## 6.12　支撑系统

**6.12.1**钢型材与铝型材组合形成的横梁、立柱，当两者变形协调时，荷载和地震作用可按两者的弯曲刚度比例分配后分别进行计算和设计。

**6.12.2**横梁、立柱可采用铝合金型材、钢型材或铝合金型材和钢型材的组合形式。型材应采取有效的防腐措施。

**6.12.3**幕墙支撑系统及相配套的装置和部件应在工厂内加工并完成组装。非受力的装饰构件或受到运输等因素制约时，可在现场完成组装。

【条文说明】构件装配整体式幕墙系统，应将幕墙构件在工厂内安装到装配式墙板上，随同墙板一起运输和吊装，在现场吊装、固定到位后，进行幕墙单元之间密封。

**6.12.4**幕墙支撑系统及其部件应有良好的整体刚度和结构牢固性，在组装、运输和安装过程中龙骨系统不应有变形、松动及移位情况，对于异型板块宜采用钢架胎模配合进行组装、运输和安装，对于构件装配整体式幕墙宜采用临时固定或者限位措施。

【条文说明】单元式幕墙系统，要求整个单元在工厂进行加工及组装，组装成幕墙单元后，在后续的各环节，包括幕墙单元的翻转、运输、吊装和安装等过程，都可能导致龙骨系统松动、散架、移位等等，首先应确保其自身有足够的连接强度，其次对于构件式安装的幕墙单元或者异型的单元式幕墙板块，宜用钢架胎膜进行整体的临时固定，或者采用钢架局部进行临时固定或者临时限位，待吊装或者安装到位后，拆除临时措施。

**6.12.5**墙板上宜预先埋设预埋件，幕墙龙骨通过支撑系统与墙板上的预埋件固定。

## 6.13 构件装配整体式幕墙支撑体系

**Ⅰ** 横梁设计

**6.13.1** 横梁截面主要受力部位的厚度应符合下列要求：

**1**截面的宽厚比应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷

弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018和《铝合金结构设计规范》GB 50429的有关规定；

**2** 铝合金型材截面主要受力部位的厚度不应小于2.0mm。铝合金型材的螺

纹连接处壁厚小于螺钉直径时，应按6.7的相关规定进行计算校核。。

**3** 热轧钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于2.5mm。冷成型薄壁型钢材截面主要受力部位的厚度不应小于2.0mm。螺纹连接处的壁厚小于螺钉直径时，应按相关标准进行结构计算校核。

**6.13.2** 应根据板材在横梁上的支承状况决定横梁的荷载，并计算横梁承受的弯矩和剪力。采用大跨度开口截面横梁或横梁承受的扭矩较大时，应考虑约束扭转产生的双力矩，并采取相应的构造措施。

**6.13.3**横梁截面受弯承载力和受剪承载力应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018和《铝合金结构设计规范》GB 50429的有关规定。

**6.13.4** 当有扭转作用时还应考虑扭转作用产生的变形对幕墙的影响。

**6.13.5**钢铝组合截面(钢型材及铝合金型材组合的截面)横梁的构造应符合本规程4.5.2.2条第10条的要求，并应按本规程4.5.2.2条第11条的规定进行强度验算。

**Ⅱ** 立柱设计

**6.13.6**立柱截面主要受力部位的厚度，应符合下列要求：

**1** 铝合金型材截面开口部位的厚度不应小于3.0mm，闭口部位的厚度不

应小于2.5mm；

**2** 铝合金型材螺纹连接处的型材局部加厚部位的壁厚6063 T5型材不应

小于4mm，6063 T6型材不应小于3.25mm。

**3** 热轧钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于3.0mm，冷成型薄壁型

钢材截面主要受力部位的厚度不应小于2.5mm；

**6.13.7**构件装配整体式幕墙立柱宜设上下两个支承点，上支承点宜采用圆孔，下支承点宜采用长圆孔。

**1** 斜幕墙立柱应按立柱的实际受力状况进行承载力和变形验算。

**2**在建筑物平面转角或突变处的立柱，应考虑最不利荷载和作用的组合，对立柱截面最小抵抗矩和最小惯性矩方向作补充验算和校核，满足相应极限状态的要求。

## 6.14 幕墙支撑系统

* + 1. 支撑系统的构造设计应符合下列要求：

**1**幕墙板块龙骨系统的插接部位，应按等压腔原理和雨幕原理进行防水构造设计，插接构件宜选用有2个或2个以上腔体的型材。立柱单元组件插接后，其左、右腔体的前腔中的水不应排入顶、底横梁组件腔体的后腔内。

**2**幕墙板块龙骨系统间的对插部位，铝型材应有导插构造，对插时不应出现铝合金型材上配置的密封胶条移位或造成损坏等现象。

**3**幕墙龙骨系统连接处应有防雨水渗漏和防松脱措施；构件连接的螺钉、螺栓应有防雨水渗漏和防松脱措施。

**4**板块采用吊装系统起吊安装的，应在板块上设置可靠的吊装用临时吊点，并复核吊点的安全性，吊点或者起吊过程不应损伤幕墙单元板块的防水系统。

**5**板块与主体结构的连接部位，应有防止板块滑动和脱落的措施。各连接件或转接件均能承受最不利荷载及作用，并满足构造要求。

**6**板块间的水槽插芯长度宜不小于150mm，并使用硅酮密封胶密封。单元板块转角插接位置，板块顶横梁上转角两侧分离式的水槽插芯宜用刚性构件连接，横滑块拼接缝宜不小于5mm，并使用硅酮密封胶密封拼接缝。

**7**板块外部带有大装饰翼时，单元式板块的挂接系统及埋件应有保证承受侧向荷载的措施。

**8**板块间的水槽插芯应计算上下左右单元在荷载传递时，其强度及刚度满足要求。

**6.14.2** 支撑系统的结构设计应符合下列要求：

**1**板块插接构件有确保协同变形的构造措施，受力能同步变形时，在协同变形的方向上，按刚度分配原则进行荷载分配后按各自承担的荷载及作用分别计算。

**2**单元插接构件间无确保协同变形的构造措施时，应根据各自承担的荷载及作用分别进行计算。

**6.14.3** 支撑系统的连接设计应符合下列要求：

**1** 幕墙支撑系统与主体结构连接的组件应可三维调节，三个方向的调节量应能适应主体结构一定范围内的结构误差，且不宜小于25mm。

**2** 幕墙支撑系统上的挂件与主体结构上的支座间宜采用挂接方式固定，宜设置成绕水平轴可相对转动的构造形式。幕墙单元挂接后应有限制单元平面内水平方向移动的措施，同时设置消除板块自身在地震作用、温差等因素引起的组件伸缩或位移的措施。

**3** 幕墙系统的连接挂件、支座及锚固连接件等应经计算确定。

# 7面板及连接设计

## 7.1 一般规定

7.1.1 幕墙面板及其支承连接设计应根据建筑立面设计及技术经济指标，选择幕墙面板材料和构造形式。

7.1.2 面板的色泽、肌理应符合建筑设计，并与相邻建筑及周边环境相协调。

7.1.3 面板与幕墙支承结构的连接，应能满足荷载、地震和温度作用所产生的幕墙平面内和平面外的变形要求。

7.1.4 面板设计应符合材质性能、加工制作、运输安装和维护更换的要求。

7.1.5 面板设计应满足拆卸或更换时不损坏其相邻部位构件或结构的要求。

7.1.6 幕墙保温材料可与金属面板、石材面板等非玻璃面板结合，制作幕墙板块。和面板 结合的保温材料与主体结构外表面之间，应有不小于50mm的空气层。

## 7.2 玻璃面板

7.2.1　幕墙用开孔玻璃面板应选用钢化玻璃及其制品。

7.2.2　点支承玻璃幕墙单片玻璃采用浮头式连接件时，玻璃厚度不应小于6mm；采用沉头式连接件时，玻璃厚度不应小于8mm。

7.2.3　点支承玻璃支承孔周边应进行可靠的密封。点支承玻璃为中空玻璃时，其支承孔周边的支承环与两片玻璃间应采取多道密封措施。

7.2.4　强制冷弯安装的幕墙玻璃，玻璃面板的翘度不应大于短跨度的1/200。

7.2.5　四边支承单片玻璃的刚度可按下式计算：

 （7.2.5）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | D— | 玻璃的刚度（N•mm）； |
|  | E— | 玻璃的弹性模量（N/mm2）； |
|  | t— | 玻璃的厚度（mm）； |
|  | *v*— | 泊松比，可按0.20取值。 |

7.2.6　四边支承的单片玻璃在垂直于幕墙平面的荷载作用下，玻璃最大应力和最大挠度应符合下列规定：

**1**最大应力设计值宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

 （7.2.6-1）

 （7.2.6-2）

**2** 最大挠度宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

 （7.2.6-3）

 （7.2.6-4）

式中：*q、**q*k——垂直于幕墙平面的荷载设计值、标准值（N/mm2）；

σ——荷载作用下玻璃截面的最大应力设计值（N/mm2）；

θ、θk——参数；

——在风荷载标准值作用下挠度最大值（mm）；

——矩形玻璃板材短边边长（mm）；

——玻璃的厚度（mm）；

*E*——玻璃的弹性模量（N/mm2）；

m——四边支承玻璃板的弯矩系数，可由玻璃板短边与长边边长之比/按表7.2.6-1的规定采用；

*η、ηk*——折减系数，可由参数、k按表7.2.6-2的规定采用；

*μ*——四边支承玻璃板的挠度系数，可由玻璃板短边与长边边长之比/按表7.2.6-3的规定采用；

*D*——玻璃的刚度，可按本规程公式（7.2.5）计算（N•mm）。

**表7.2.6-1 四边支承玻璃板的弯矩系数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| / | 0.00 | 0.25 | 0.33 | 0.40 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 |
|  | 0.1250 | 0.1230 | 0.1180 | 0.1115 | 0.1000 | 0.0934 | 0.0868 | 0.0804 |
| / | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.80 | 0.95 | 1.00 | — |
|  | 0.0742 | 0.0683 | 0.0628 | 0.0576 | 0.0528 | 0.0483 | 0.0442 | — |

**表7.2.6-2 折减系数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *θ* | ≦5.0 | 10.0 | 20.0 | 40.0 | 60.0 | 80.0 | 100.0 |
| *η* | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.81 | 0.74 | 0.69 | 0.64 |
| *θ* | 120.0 | 150.0 | 200.0 | 250.0 | 300.0 | 350.0 | ≧400.0 |
| *η* | 0.59 | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.43 | 0.41 | 0.40 |

**表7.2.6-3 四边支承玻璃板的挠度系数**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| / | 0.00 | 0.20 | 0.25 | 0.33 | 0.50 |
| *μ* | 0.01302 | 0.01297 | 0.01282 | 0.01223 | 0.01013 |
| / | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
| *μ* | 0.00940 | 0.00867 | 0.00796 | 0.00727 | 0.00663 |
| / | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| *μ* | 0.00603 | 0.00547 | 0.00496 | 0.00449 | 0.00406 |

**3** 玻璃面板最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值ƒg。

7.2.7　四点支承的单片玻璃面板在垂直于幕墙平面的风荷载、地震作用下，玻璃截面最大应力和最大挠度应符合下列要求：

**1**最大应力设计值宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

 （7.2.7-1）

 （7.2.7-2）

**2** 最大挠度宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

 （7.2.7-3）

 （7.2.7-4）

式中：*q、**q*k——垂直于幕墙平面的荷载设计值、标准值（N/mm2）；

σ——荷载作用下玻璃截面的最大应力设计值（N/mm2）；

θ、θk——参数；

——在风荷载标准值作用下挠度最大值（mm）；

b——点支承间玻璃面板长边边长（mm）；

——玻璃的厚度（mm）；

——玻璃的弹性模量（N/mm2）；

——四点支承玻璃板的弯矩系数，可由支承点间玻璃板短边与长边边长之比/按表7**.**2.7-1的规定采用；

*η、ηk*——折减系数，可由参数、K按表7.2.6-2的规定采用；

*μ*——四点支承玻璃板的挠度系数，可由支承点间玻璃板短边与长边边长之比/按表7.2.7-2的规定采用；

——玻璃的刚度，可按本规程公式（7.2.5）计算（N•mm）。

**表**7.2.7**-1 四点支承玻璃板的弯矩系数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| / | 0.00 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 |
|  | 0.125 | 0.126 | 0.127 | 0.129 | 0.130 | 0.132 | 0.134 | 0.136 |
| / | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | — |
|  | 0.138 | 0.140 | 0.142 | 0.145 | 0.148 | 0.151 | 0.154 | — |

注：为支承点之间的短边边长。

**表**7.2.7-**2 四点支承玻璃板的挠度系数**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| / | 0.00 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 |
| μ | 0.01302 | 0.01317 | 0.01335 | 0.01367 | 0.01417 |
| / | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
| μ | 0.01451 | 0.01496 | 0.01555 | 0.01630 | 0.01725 |
| / | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| μ | 0.01842 | 0.01984 | 0.02157 | 0.02363 | 0.02603 |

注：为支承点之间的短边边长。

**3**　玻璃面板最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值。

7.2.8　夹层玻璃的最大应力和最大挠度可按下列规定进行计算：

**1**　利用等效厚度计算夹层玻璃的应力和挠度时，荷载均应取夹层玻璃承受的全部荷载；夹层玻璃的等效厚度可通过试验确定；

**2**　夹层玻璃的挠度可按本规程第7.2.6条、第7.2.7条的规定进行计算，但在计算玻璃刚度时，应采用等效厚度。可按下式计算，计算出的值不宜大于玻璃厚度之和：

 （7.2.8-1）

**3**　夹层玻璃夹胶层两侧单片玻璃的应力可按本规程第7.2.7条、第7.2.8条单片玻璃的规定进行计算，各自的等效厚度、也可按下列公式计算：

 （7.2.8-2）

 （7.2.8-3）

 （7.2.8-4）

 （7.2.8-5）

 （7.2.8-6）

 （7.2.8-7）

Г= （7.2.8-8）

式中：Г——夹层玻璃中间层胶片的剪力传递系数。当采用聚乙烯醇缩丁醛胶片（PVB胶片）时可取0；

——与温度、持荷时间相关的夹层玻璃中间层胶片的剪切模量（N/mm²）；

、、——分别为双片玻璃夹层玻璃中第1片、第2片和中间层胶片的厚度（mm）；

——夹层玻璃的短边长度（mm）；

——玻璃的弹性模量（N/mm²）。

7.2.9　中空玻璃的最大应力和最大挠度可按下列规定进行计算：

**1**　作用于中空玻璃上的风荷载标准值可按下列公式分配至两片玻璃上：

**1）**直接承受风荷载作用的单片玻璃：

（7.2.9-1）

**2）**不直接承受风荷载作用的单片玻璃：

 （7.2.9-2）

**2**作用于中空玻璃上的地震作用标准值、，可根据各单片玻璃的自重，按照本规程第××条的规定计算。

**3**　两片玻璃可分别按本规程第7.2.6条和第7.2.7条的规定进行应力计算。

**4**　中空玻璃的挠度可按本规程第7.2.6条和第7.2.7条的规定进行计算，但计算玻璃刚度时，应采用等效厚度，可按下式计算：

 （7.2.9-3）

式中：——中空玻璃的等效厚度（mm）。

**5**　隐框、半隐框和点支承玻璃幕墙中空玻璃二道密封胶的宽度应符合本规程第××条密封胶设计的规定。

7.2.10　中空玻璃采用夹层玻璃作为前后玻璃时，先分别按本规程第7.2.8条的规定计算其等效厚度等效为单片玻璃，再按本规程第7.2.9条的规定进行计算。

## 7.3 金属面板

7.3.1　金属面板可选用铝合金板、不锈钢板、涂层钢板、耐候钢板、铜合金板、锌合金板、钛合金板、穿孔金属板、铝合金拉网板、铝塑复合板、蜂窝铝板等。金属板材质、规格、表面处理、性能要求应符合本规程第4.6节的规定。铝塑复合板的芯材燃烧热值不应大于12MJ/kg，芯材燃烧后烟气毒性等级应达到t0级。

7.3.2　金属面板可采用金属平板、弧形金属板、压型金属板、异型金属板等板材形式。

7.3.3　弧形及异型板的厚度宜采用有限元方法计算确定。单层铝合金板厚度不应小于2.5mm，蜂窝铝板的厚度不宜小于10mm，穿孔铝板的厚度不宜小于3mm，单层不锈钢板不应小于1.5mm，单层铜板厚度不应小于2.0mm，彩色钢板和合金板厚度不应小于0.9mm。

7.3.4　穿孔铝板的开孔率不宜大于60%。

7.3.5　单层金属板和铝塑复合板宜四周折边；蜂窝铝板可折边或将面板弯折后包封板边。不折边的铝塑复合板和蜂窝铝板均应采取封边措施。

7.3.6　金属板可根据受力要求设置加强肋，并应符合下列规定：

**1**　加强肋可采用金属方管、槽形或角形型材制作，加强肋的截面高度宜与折边高度一致，厚度不应小于1.5mm ；

**2**　加强肋宜平行于短边布置；

**3**　加强肋应与面板可靠连结，并应采取防腐措施；

**4**　采用硅酮结构密封胶连接加强肋和面板时，胶缝宽度、厚度和质量应符合结构胶缝要求；

**5**　铝塑复合板折边处应设置边肋，折边部位可采用铝铆钉连接；

**6**　支承金属板的中肋应与边肋、单层铝板的折边可靠连接；

**7**　面板采用角码与支撑结构连接时，加强肋宜与挂耳对齐或接近。

**7**.3.7　单层金属板应力及挠度计算应符合下列规定：

**1**　边和肋所形成的矩形面板区格，板材边缘支承可按简支边考虑，中肋支承可按固定边考虑；

**2** 最大应力设计值宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算；

 （7.3.7-1）

 （7.3.7-2）

**3**最大挠度宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

 （7.3.7-3）

 （7.3.7-4）

式中：*q、**q*k——垂直于幕墙平面的荷载设计值、标准值（N/mm2）；

σ——荷载作用下玻璃截面的最大应力设计值（N/mm2）；

θ、θk——参数；

——在风荷载标准值作用下挠度最大值（mm）；

——面板区格短边边长（mm）；

——面板的厚度（mm）；

*E*——面板的弹性模量（N/mm2）；

m——面板的弯矩系数（根据边界条件按本规范附录×表×××采用）；

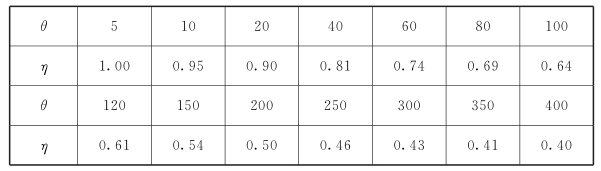
*η、ηk*——折减系数，可由参数、k按表7.3.7的规定采用；

*μ*——面板的挠度系数，可由面板短边与长边边长之比/按附录G规定采用；

*D*——面板的刚度，可按本规程公式（7.2.5）计算（N•mm）

**4** 中肋支承线上的弯曲应力标准值，取板格两侧固端弯矩的平均值计算。

**表**7.3.**7　折减系数η**



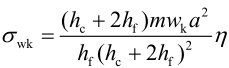
**5**面板最大应力设计值应不超过面板的强度设计值。各种金属面板的强度设计值见本规程×××条。

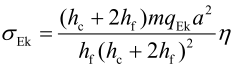
7.3.8　铝塑复合板和蜂窝铝板的应力计算除应符合本规程第7.3.7条1、2、3、4、5的规定外，尚应符合下列规定：

**1**  垂直于面板的风荷载、地震作用下，铝塑复合板和蜂窝铝板的最大弯曲应力标准值宜采用几何非线性的有限元方法计算；

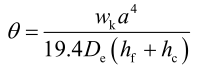
**2**  采用几何非线性的有限元方法计算铝塑复合板和蜂窝铝板的最大弯曲应力时，宜按双层铝板及中间夹芯层的分层复合板模型考虑，芯材可等效为各项同性的均质连续材料；

**3** 铝塑复合板和蜂窝铝板符合平截面假定时，矩形区格面板外层铝板外表面的最大弯曲应力标准值也可按下列公式计算：

 （7.3.8-1）

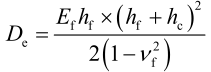
 （7.3.8-2）

持久设计状况、短暂设计状况：

 （7.3.8-3）

地震设计状况：

C:\Users\Lenovo\AppData\Roaming\Tencent\Users\1500086998\QQ\WinTemp\RichOle\M(8ZN6BNR~1[G]$U%GSKTGP.png （7.3.8-4）

 （7.3.8-5）

式中：t——铝塑复合板或蜂窝铝板的板材总厚度（mm）；

hf——铝塑复合板或蜂窝铝板中的单层铝板厚度（mm）；

hc——铝塑复合板或蜂窝铝板中夹芯层厚度，取t-2hf；

νf——铝塑复合板或蜂窝铝板中金属铝板的泊松比，可按本规程第×××条采用；

Ef——铝塑复合板或蜂窝铝板的金属铝板的弹性模量（N﹒mm）；

De——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效弯曲刚度（N﹒mm）。

**4** 铝塑复合板或蜂窝铝板的等效弯曲刚度也可通过试验方法确定。

7.3.9　在垂直于面板的风荷载作用下，金属板的挠度应符合下列规定：

**1**　单层金属板每个矩形区格的跨中挠度宜采用考虑几何非线性的有限元方法计算，也可简化计算：

**2**铝塑复合板和蜂窝铝板的跨中挠度宜按考虑几何非线性的有限元方法计算；计算时，宜按双层铝板及中间夹芯层的分层复合板模型考虑，芯材可等效为各项异性的均质连续材料。铝塑复合板和蜂窝铝板符合平截面假定时，矩形区格面板的跨中挠度最大值也可按下式计算：

 （7.3.9）

式中：De——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效弯曲刚度（N・mm）。

**3**　在风荷载标准值作用下，面板挠度限值*d*f,lim宜取其区格短边边长a的1/90。

7.3.10　方形或矩形面板上作用的荷载可按三角形或梯形分布传递到板肋上，其它多边形可按对角线原则分配荷载（图7.3.10）。板肋上作用的荷载按等弯矩原则简化为等效均布荷载。

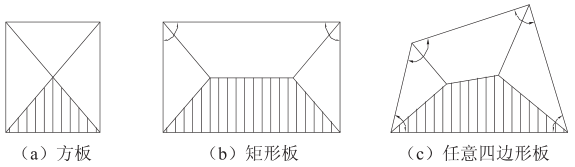


图7.3.10　荷载分布图

7.3.11　四边支承面板的边肋截面尺寸可按构造要求设计计算。单跨中肋按简支梁计算。

7.3.12　面板应与支承结构可靠连接。可采用沿金属板周边安装好的挂耳用螺钉将面板固定于支承构件，也可以采用挂钩将面板固定于支承构件。挂耳和非通长挂钩的中心间距不宜大于300mm。应设计防止挂钩脱落的措施。固定铝板的螺钉应符合下列规定：

**1** 机制螺钉规格不宜小于M5，自攻螺丝规格不宜小于ST4.2，数量应根据金属板所承受的风荷载、地震作用由计算确定；

**2** 当采用机制螺钉或螺栓时应有不锈钢弹簧垫圈或其它可靠的防松措施；

7.3.13　金属面板之间的板缝构造规定：

**1** 板缝宽度应根据面板的温度变形、荷载作用下变形和地震变形等计算后确定，且不小于 10mm。

**2** 注胶式板缝：板缝不应三面粘结，底部嵌垫泡沫条，泡沫条直径应大于接缝宽度20%。硅酮建筑密封胶缝厚度宜不小于3.5mm，宽度不小于厚度的2倍。

7.3.14　开放式板缝宜在面板的背面空间设置防水构造或在主体结构上设置防水层，可采用镀锌钢板、铝板作为防水衬板，并应设置可靠的导排水系统和通风除湿构造措施。

7.3.15　在幕墙面板后部设置保温构造时，保温材料应有可靠的支承；易潮湿的保温材料不应直接暴露在外部环境之中。

## 7.4 石材面板

7.4.1 石材面板受各种荷载和作用应按本规程第6.2节的规定组合，最大应力设计值不超过面板强度设计值。

7.4.2 外部垂直、光滑、平面的石材面板的最小厚度宜符合下列要求：

**1** 第一类，30mm，用于花岗岩、板岩、高密度石灰岩、A组大理石；

**2** 第二类，50mm，用于粗粒砂岩、低密度石灰岩；

**3** 烧毛板和天然粗糙表面的石板，其最小厚度应按以上数值增加3mm采用。

石材的最小厚度应考虑石材类型，面板尺寸，面板位置和建筑物的方向，外露情况和预期的使用寿命，连接类型和布置，加工或运输等。当出现下列情况时，宜修改石材最小厚度：

**1)**如果面板小于0.75m2，可减小厚度，但第一类最小厚度不应小于25mm，第二类最小厚度不应小于40mm。

**2)**如果面板大于1.5m2或存在高风压环境，宜增加厚度；

**3)**如果面板是顶盖，拱腹，檐口，门槛，悬垂或衬砌块，宜增加厚度；

**4)**如果石材预期使用寿命超过40年，宜增加厚度；

**5)**如果不能改进锚固件与面板尺寸的支撑和布置以减少低于允许的应力，宜增加厚度。连接件与石材连接所需的槽、凹口、孔等会影响整个面板厚度。

**6)**如果石材正面需要精加工，宜增加厚度。假接口也会降低面板的有效结构性能或耐久性。

**7)**火烧板厚度应为计算厚度加3mm。

**7.4.3** 石材的强度应由法定检测机构检测，并应满足表7.3.3中的规定。抗弯强度标准值应由石材弯曲强度试验确定，并按下列公式计算。

 （7.4.3-1）

 （7.4.3-2）

 （7.4.3-3）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中 ： | ——石材面板抗弯强度标准值()； |
|  | ——第i个石材试件的抗弯强度实测值； |
| n | ——石材试件的数量； |
| k | ——置信相关系数，按表7.4.3取值； |
| fln | ——石材面板抗弯强度试验平均值()； |
| sln | ——石材面板抗弯强度试验的标准差()。 |

**表7.4.3 置信相关系数*k*取值**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | ∞ |
| k | 3.15 | 2.68 | 2.46 | 2.34 | 2.25 | 2.19 | 2.14 | 2.10 | 1.99 | 1.93 | 1.87 | 1.83 | 1.81 | 1.64 |

**7.4.4** 石材面板的抗弯、抗剪强度设计值可根据其弯曲强度试验的平均值fgm并按照表7.3.5所规定的安全系数计算得出。石材抗弯强度设计值、抗剪强度设计值应按下列公式计算：

*fg1=frk/Kbm* （7.4.4-1）

*fg2=0.5fg1* （7.4.4-2）

*式中：frk*——石材面板抗弯强度标准值()；

*fg1*—— 石材面板抗弯强度设计值（N/mm2）；

*fg2*—— 石材面板抗剪强度设计值（N/mm2）；

*Kbm*—— 石材抗弯设计材料强度安全系数。

**7.4.5** 石材的安全系数取值，应考虑不同石材的特点和工程经验。表7.4.5为目前普遍接受的安全系数（基于20%变异系数）。

**表7.4.5 石材的安全系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 石材面板类型 | 总安全系数Kb | 材料抗弯强度安全系数Kbm |
| 花岗岩 | 3 | 2 |
| 大理石 | 5 | 3.33 |
| 石灰石、砂岩 | 6 | 4 |

【条文说明】为了设计石材面板连接系统，应当知晓材料的变异性并加以补偿。这通过对石材、石材面板连接和龙骨采取合适的安全系数来实现。

如果石材，锚和支撑系统的长期性能无法通过良好的样本进行验证，则可以修改安全系数。

出现下列情况时，可修改安全系数：

1. 关键材料强度试验表明变异性增加;
2. 项目预期寿命超过四十年;
3. 石材随着时间的推移会丧失的强度较多;
4. 在设计面板连接位置时；
5. 石材面板连接承载能力试验表明变异性增加;
6. 石材面板连接处在最终位置时无法检查；
7. 石材面板连接需要不同的安装技术或者用在不同的位置（情形）；
8. 面板用于高风险位置，如吊顶、头顶、线条、在现场安装前组装到龙骨骨架上或其他类似情形。

**7.4.6** 天然饰面石材检测应符合现行国家标准《天然饰面石材试验方法》GB/T 9966.1～9966.8的规定。

**7.4.7** 面板宜作六面防护处理，即对石材的6个面(这是对矩形而言，对异形石材,面的数量就更多)涂抹化学防护剂以达到防护的目地。正面(装饰面)使用的防护剂应使用以水为介质、中性、无味、无毒的水性防护剂为主，有硅机、含氟树脂均可。

**7.4.8** 石材背网能够对石材面板形成类似复合材料的效应。能够提高正风压方向的强度和抗冲击性能。但是绝大多数工程都是负风压控制，不应考虑背网对石材幕墙的强度提高。背网只能作为石材幕墙的防断裂措施和辅助安全措施。

**7.4.9** 石材面板计算应满足下列要求：

**1** 四点支承板最大弯曲应力设计值，应按下式计算：

 （7.4.9-1）

式中：σ——面板的最大应力设计值（N/mm2）；

q——垂直于板面方向的荷载设计值（N/mm2）；

b——矩形面板长边计算边长（mm）；

——面板厚度（mm）；

*m*——均布荷载作用下的最大弯矩系数（按表7.4.9-1采用）。



图7.4.9　四点支承矩形石板

**表7.4.9-1 四点支承矩形石板弯矩系数（= 0.125）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 计算边长a0/b0 | mac | mbc | ma0 | mb0 |
| 0.50  0.55  0.60  0.65  0.70 | 0.0180  0.0236  0.0301  0.0373  0.0453 | 0.1221  0.1212  0.1202  0.1189  0.1177 | 0.0608  0.0682  0.0759  0.0841  0.0928 | 0.1303  0.1320  0.1338  0.1360  0.1383 |
| 0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.0540  0.0634  0.0735  0.0845  0.0961  0.1083 | 0.1163  0.1149  0.1133  0.1117  0.1100  0.1083 | 0.1020  0.1117  0.1220  0.1327  0.1440  0.1559 | 0.1408  0.1435  0.1463  0.1494  0.1526  0.1559 |

**2** 对边简支板最大弯曲应力设计值值，应按下式计算：

 （7.4.9-2）

式中：σ——面板的最大应力标准值（N/mm2）；

q——垂直于板面方向的荷载标准值（N/mm2）；

——面板计算跨度（mm）；

——面板厚度（mm）。

**3** 四边简支板最大弯曲应力设计值，应按下式计算：

 （7.4.9-3）

式中：σ——面板的最大应力设计值（N/mm2）；

q——垂直于板面方向的荷载设计值（N/mm2）；

——矩形面板短边边长（mm）；

——面板厚度（mm）；

——跨中弯矩系数，按表7.4.9-2采用。

**表7.4.9-2 四边简支面板的跨中弯矩系数（=0.125）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| a/b | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
| m | 0.0987 | 0.0918 | 0.0850 | 0.0784 | 0.0720 | 0.0660 |
| a/b | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | — |
| m | 0.0603 | 0.0550 | 0.0501 | 0.0456 | 0.0414 | — |

**7.4.10** 石材面板连接设计应满足下列要求：

**1** 选择石材、石材面板连接和龙骨系统时，应核查下列因素：

**1)** 石材在相似条件的现有建筑物中是否使用良好；

**2）**在相似条件的现有建筑物中，所考虑的各种不同的石材面板连接和龙骨系统是否表现良好；

**3）**安装等程序对石材面板连接和连接的咬合、搭接关系有何影响；

**4）**位移和不均匀沉降等对龙骨、石材面板连接与龙骨的连接以及龙骨与建筑结构的连接的性能和外观有何影响；

**5）**通过标准试验测量的石材的物理特性是否表明材料具有结构限制；哪些物理属性对工程应用是重要的，哪些测试方法可测量这些属性及其离散性；

**6）**没有用标准测试方法测量物理特性的石材，是否有长期耐久性问题的可能性；其他性质，包括（但不限于）抗化学侵蚀性、与气候有关的强度降低、尺寸变化，可以通过旨在获得模拟条件下的数据的特殊的实验室测试来评估。

**7）**项目的位置或建筑的形状是否产生额外的风或地震荷载；

**8）**石材面板连接和龙骨系统是否适应由风、地震和温度作用、蠕变和收缩以及它们的综合影响引起的建筑物尺寸变化；

**9）**窗及支撑系统、其他幕墙、外墙清洗、维护设施等邻接的立面构件，是否会影响石材面板、石材面板连接或龙骨系统；

**10）**石材面板连接或龙骨系统是否穿透防水层，造成内部积水、墙体保温层渗水或形成通风空腔；

**11）**所用材料是否能抵抗腐蚀、电化学反应和化学反应。

**2** 有助于石材面板连接的设计要点如下所示：

**1)** 最简单的连接通常是最好的；

**2)** 用最少的零件制成连接件；

**3)** 在任何特定项目中使用尽可能少的石材面板连接类型；

**4)** 连接应有可调节性，以适应材料和结构的公差；

**5)** 尽可能在不超过两个连接点处分配石材或面板系统的重量；

**6)** 使安装人员便于接近石材面板连接位置；

**7)** 与负载方向平行的长圆孔采用摩擦连接时，应采用合适的槽孔尺寸、螺栓、垫圈和螺栓安装程序。

**3** 石材面板与支承结构的连接，应能满足荷载、地震和温度作用所产生的

幕墙平面内和平面外的变形要求。支承结构提供足够的强度和刚度，能承载面板传递的荷载和作用，及其带来的应力集中。

**4** 在石材面板连接件和支承结构之间可放置垫片，以适应成品石材面板与支撑件之间的位置偏差。垫片必须具有足以传递荷载的永久结构特性，同时抵抗石材面板连接件和支承结构的旋转和位移，这可能损害石材面板连接或紧固件的位移能力。不具有足够结构性能的绝缘层和防水层的，不应用作垫片，也不应夹在石材面板连接件之间。应防止挂件处的意外滑动，可采用焊接垫圈，互锁锯齿面或其他机械装置。

**5** 与石材接触的金属应注意下列事项：

**1)** 与石材接触的金属应为不锈钢S30408（06Cr19Ni10）或 S31608（06Cr17Ni12Mo2），青铜，涂有环氧涂料或等效涂层的铝。

**2)** 磨光或阳极氧化铝可与花岗岩一起使用。当项目暴露于氯化物时，应使用316不锈钢。

**3)** 与石材接触、不与外界大气接触的金属应为铝或不锈钢、镀锌钢富锌涂层或环氧涂层钢。

**4)** 厚度小于6mm的不锈钢部件不宜焊接。如需要焊接，则应使用低碳的不锈钢S30403（022Cr19Ni10），S31603（022Cr17Ni12Mo2）。

**6** 石材接缝密封胶的注意事项：

**1)** 石材之间的接缝应考虑下列因素：石材尺寸公差；安装容差；由于温度变化，滞后和潮湿等原因造成的石材尺寸变化；建筑物移动，如柱缩短和伸长，结构位移和扭曲和窗间墙偏转；蠕变或塑性流动造成的长期影响；转接件；密封胶。

**2)** 水平接头通常比垂直接头吸收更多的尺寸变化。

**3)** 施加在面层运动方向的约束可能导致应力超限和最终破坏。柔软的开放的接头可以防止这种破坏。

**4)** 每块石材单独定位，软接头可阻止相邻石材板块传递荷载，使用的

密封材料通常尺寸为预期运动的2至4倍。例如，对于预期的4.8mm

移动，使用9.5mm至19.1mm的接头宽度。

**5)** 为实现软接缝处的自由变形，应考虑接缝处密封胶的特性。

**6)** 在设置过程中应小心，以防止在软接缝处中包含硬质材料。在约束点处产生的应力集中可导致结石的剥落或连接件的失效。

**7** 挑檐、吊顶、线条、造型等情况等风险较高部位的石材应当采取措施提高石材幕墙的安全性。

**8** 石材面板危险部位应满足下列安全措施：

**1）**可采用穿透式连接或者设置金属边框连接；

**2）**分格尺寸不应超过900mm；

**3）**可采用高质量的背网, 确保石材即使破裂，碎块不会掉落；

**4）**背栓石材可在石材面板中间增加一个背栓连接，并用钢丝或者钢丝绳固定到龙骨上，作为连接失效以后的辅助安全措施。

**7.4.11** 通槽连接应满足下列要求：



图**7.4.11-1** 通槽/短槽连接示例

1.石材；2.槽口；3.挂件；4.胀栓

**1** 槽口的设计参数如下所示，详见图7.4.11-2：

Hf——槽口受力一侧的深度

tf——槽口受力一侧的槽壁厚度

Lanc——挂件长度

c——槽口受力点的力矩

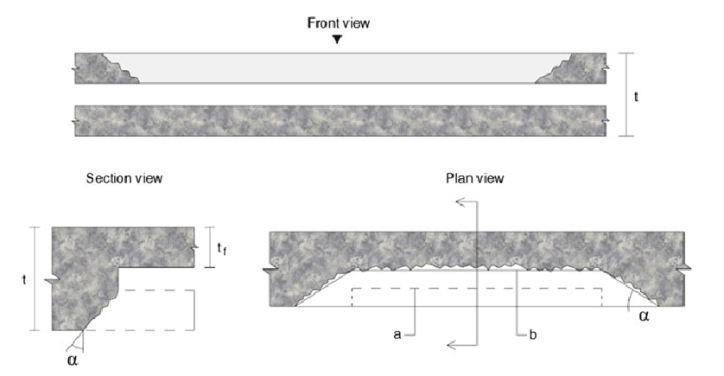
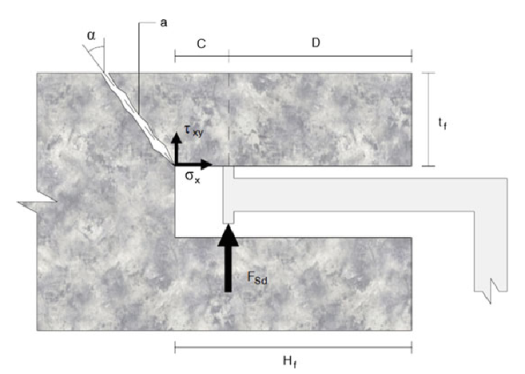
α——石材扩散角，按表7.4.11-1采用。

**表7.4.11 石材扩散角α**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 石材类型 | 花岗岩 | 大理石 | 石灰岩 | 砂岩 |
| 石材扩散角 | 35º-40º | 40º-45º | 13º-20º | 17º-35º |

deff——槽口有效计算厚度

Beff——槽口有效计算长度



图**7.4.11-2** 槽口

**2** 在垂直于板面方向的荷载作用下，槽口处最大弯曲应力标准值，按下列公式计算：

（**7.4. 11-1**）

（**7.4. 11-2**）

（**7.4. 11-3**）

（**7.4. 11-4**）

（**7.4. 11-5**）

式中：σmax——槽口处最大弯曲应力标准值（N/mm2）；

σprin——槽口处弯曲应力标准值（N/mm2）；

c——槽口受力点的力矩；

Fsd——槽口承受垂直于板面方向的荷载标准值（N）；

Keff——槽口应力放大系数，按表7.4.11-2采用。

**表7.4. 11-2 槽口应力放大系数Keff**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 石材类型 | 花岗岩 | 大理石 | 石灰岩 | 砂岩 |
| 石材扩散角 | 2.9 | 3.2 | 2.1 | 2.4 |

**3** 面板槽口处最大弯曲应力设计值σmax满足下式要求：

σmax≤*f* （**7.4. 11-6**）

式中：σmax——槽口处最大弯曲应力设计值（N/mm2）；

——面板抗弯强度设计值（N/mm2）。

**4** 通槽槽口承受垂直于板面方向的荷载标准值，按下式计算：

（**7.4. 11-7**）

式中：Fsd——槽口承受垂直于板面方向的荷载标准值（N）

qk——垂直于板面方向的荷载标准值（N/mm2）

a——面板短边边长（mm）

b——面板长边边长（mm）

**5** 通槽连接构造应符合下列规定：

**1)** 挂件及其连接应经计算确定。铝合金挂件材质宜采用6061T6。

**2)** 挂件应采用不锈钢螺栓固定，螺栓数量和直径和间距经计算确定，规格不小于M5，强度级别应为50或70。

**3)** 石板开槽后不得有损坏或崩裂现象。

**7.4.12** 短槽连接应满足下列要求：

**1** 在垂直于板面方向的荷载作用下，短槽槽口处最大弯曲应力标准值可

依据7.4.12）公式计算，短槽槽口处最大弯曲应力设计值应满足7.4.12）公式的判别要求。

**2** 短槽槽口承受垂直于板面方向的荷载标准值，按下式计算

对边短槽连接时 （**7.4. 12-1**）

式中：Fsd——槽口承受垂直于板面方向的荷载标准值（N）；

qk——垂直于板面方向的荷载标准值（N/mm2）；

a——面板短边边长（mm）；

b——面板长边边长（mm）。

**3** 短槽连接构造应符合下列规定：

**1)**每个石材板块宜不少于4个挂件，螺栓应为不锈钢。

**2)**石板开槽后不得有损坏或崩裂现象。

**4** 短槽连接注意事项：

**1)** 挂件的厚度、高度的设计，应能承受设计荷载，确保变形不会引起撬动或降低其承载能力。

**2)** 放置垫片以承重，并调整其高度以保持间隙，并避免出现意外的应力或传力路径。

**3）**最小化槽口深度，以提高挂件的承载能力。槽口不应承受建筑物的层间变形。挂件深入槽口最小值为10mm。增加挂件与石材的结合深度，可能不会增加挂件承载力。

**4）**设置转接件的尺寸，以满足公差、间隙、设计位移的要求。.

**5）**除非幕墙系统为堆叠设计，在顶部石材和底部挂件之间留出间隙，以避免接触和传递石材重力。间隙应满足差动行程，包括热变化，蠕变，地震和水平位移，制造和安装公差；

**6）**规定石材内边缘的距离（从槽口到石材背面的石材厚度），能够承载负风压向外的作用，以及石材重量。即使石材是最小总厚度也应满足该距离。还应规定石材外边缘的距离（从切口到石材正面的石材厚度），能够承载正压向内的作用，维持该尺寸不变可使安装人员在安装期间对齐面板正面。

**7）**采用非冲击锯来切槽口。将切口定位在面板厚度的三分之一处。最小化切口宽度以最大化承载能力。优化切槽口宽度，以达到挂件尖端的最小间隙。

**8）**用可压缩和非吸收性材料填充槽口，如低模量密封胶或闭孔泡沫，以防止积水。填充物还可以在缓冲挂件尖端的支撑，从而最大限度地减少应力集中。可在挂件尖端上缠绕胶带以允许在不需要粘合的地方滑动，并且仅需要小的滑动。

**7.4.13** 背栓连接

**1** 背栓螺栓水平拉力标准值按下式计算：

 （**7.4. 13-1**）

式中：——背栓螺栓受到水平拉力标准值（N）；

——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm2）；

，——面板长边及短边边长（mm）；

n——每块面板上背栓螺栓数量；

——应力调整系数。

**2** 背栓抗拉断裂承载力按下列公式计算：

（**7.4. 13-2**）

（**7.4. 13-3**）

（**7.4. 13-4**）

式中：——背栓抗拉断裂承载力设计值（N）；

——石材抗拉强度标准值；

——石材抗拉强度设计值；

——底孔直径，可取13mm~16mm；

——最大剥落厚度,即,可取；

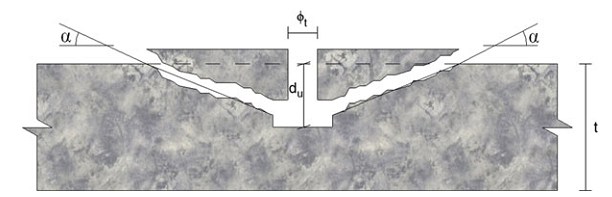
——石材面板计算厚度；

——锥形破坏面的投影面积（图7.4.13-1）；

——石材材料的部分安全系数，见表7.4.13-1；

——老化因子，见表7.4.13-2；

——底孔的应力集中系数，见表7.4.13-3。



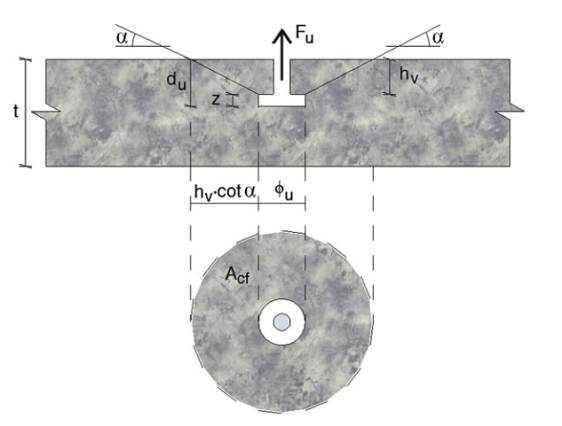


图7.4.13-1 锥形破坏面的投影面积示意图

**表7.4.13-1 石材材料的部分安全系数**

|  |  |
| --- | --- |
| 石材材质变异系数VR | 石材材料的部分安全系数（CC1级） |
| <0.1 | 1.50 |
| 0.1~0.2 | 2.40 |
| 0.2~0.25 | 2.90 |
| 0.25~0.3 | 3.80 |
| 0.3~0.35 | 4.80 |
| 0.35~0.4 | 6.10 |

注：变异系数,为标准差与平均值之比。

**表7.4.13-2 规格石材的老化因子**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 石材类型 | 环境（预期寿命30年） | |
| 潮湿环境，无霜冻 | 潮湿环境，霜冻，除冰盐 |
| 花岗岩 | 1.0 | 0.95 |
| 石灰岩 | 0.90 | 0.85 |
| 大理石 | 0.85 | 0.75 |

**表7.4.13-3 剥落角度α及应力集中系数ku**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 石材材质 | 剥落角度α | 应力集中系数ku |
| 细到中等粒度的花岗岩 | 19°~20° | 4.9 |
| 中等至粗粒度的花岗岩 | 16°~18° | 4.6 |
| 石灰岩 | 19°~20° | 6.9 |
| 大理石 | 15°~16° | 9.0 |

**3** 背栓连接构造应符合下列规定：

**1）**背栓应与石材可靠连接。

**2）**除条状板材及小尺寸板块外，每块石材板块上背栓应不小于M6，数量应不少于4个。

**3）**背栓的边距宜不大于200mm（图7.4.13-2），背栓之间的距离不宜大于800mm。对于矩形石材面板，从承载力角度看，背栓的理想布置位置为边长的1/5位置处。



图7.4.13-2 背栓边距

**4）** 背栓孔切入的有效深度宜不小于面板厚度的0.4倍，孔底至板面的剩余厚度应不小于10mm，孔底应扩孔。

**5）** 背栓的螺杆直径不小于6.0 mm。锚固深度不宜小于石材厚度的1/2，也不宜大于石材厚度的2/3；

6） 石材入场，应对孔直径、孔位置、孔深以及扩孔质量进行检测。背栓安装前应清孔。

7）幕墙石材用背栓可采用压入扩张或旋转扩张的背栓，但应控制背栓的扩张程度，防止扩张不足或扩张过度；

8）背栓与背栓孔间宜采用尼龙等间隔材料，防止硬性接触；

9）背栓孔中心与石材边的距离宜大于该边与对边距离的1/5，并宜小于该边与对边距离的1/4，背栓孔之间的距离不宜大于1200mm。

**5** 背栓式石材面板连接的安全措施：

**1）**对于高风险位置的背栓开孔要使用测孔器进行100%检测合格以后才能安装背栓，背栓的安装要严格按照工艺要求进行并确保背栓完全胀开以后才能上墙安装，要有书面检测记录；

**2）**双切面背栓要在石材背面磨掉一部分石头来实现石材厚度偏差调整，因此使用背网的石材不得使用双切面背栓；

**3）**旋入式背栓承载能力较低，不宜用于高风压和高危区域；

**4）**双扣式石材背栓连接件在单面板6个挂点及以上时安装困难，工地经常有漏装情况造成安全隐患，双扣式石材背栓连接件不应在单块面板6个及以上挂点连接时使用。

**5）**石材线条、造型厚度超过背栓使用范围的，可采用自切式锚栓连接或钢销衬垫式连接。

**7.4.14** 钢销连接应满足下列要求：



图7.4.14-1 钢销连接的石材面板

1.石材；2.钢销孔；3.钢销；4.胀栓

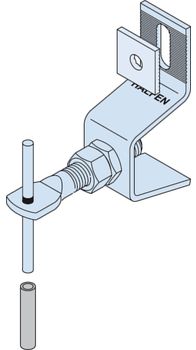
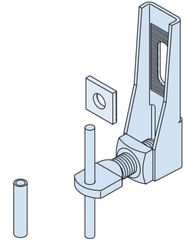
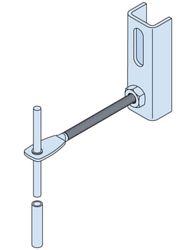
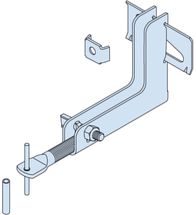
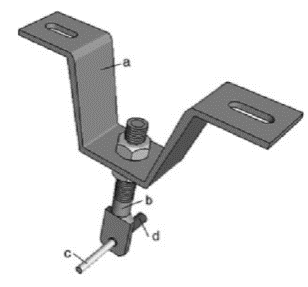


图7.4.14-2 钢销连接示例

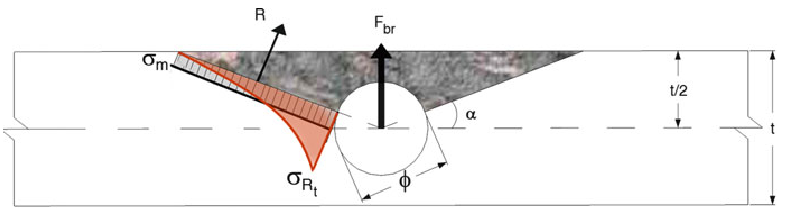


图7.4.14-3 钢销处受力分析

**1** 四点支承的钢销承受垂直于板面方向的荷载标准值，按下式计算

（**7.4. 14-1**）

式中：Fsd——钢销承受垂直于板面方向的荷载标准值（N）；

qk——垂直于板面方向的荷载标准值（N/mm2）；

a——面板短边边长（mm）；

b——面板长边边长（mm）。

**2** 面板钢销处的抗裂强度设计值的按下列公式计算：

（**7.4. 14-2**）

（**7.4. 14-3**）

（**7.4. 14-4**）

式中：Fbr——在销钉孔处破坏载荷设计值；

R——单侧石材剥落的设计值；

A——单侧石材剥落的投影面积；

σRt——石材的抗拉强度特征值；

t——石材的厚度；

φ——钻孔直径；

ld——接触销深度；

K1——应力不均匀系数，以表示最大应力与平均应力的比值，取3；

K2——应力放大系数，以考虑由弹性套筒引起的附加撬动作用，按表7.4.14-1采用；

α——面板的扩散角，按表7.4.14-1采用；

γM——石材的安全分项系数，按表7.4.14-2采用；

η——石材的强度损失系数，以考虑老化因素，按表7.4.14-3采用。

**表7.4.14-1 扩散角α、应力放大系数K2**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 石材 | 花岗岩 | 石灰岩 | 大理石 | 砂岩 |
| 扩散角α | 30º | 21º | 19º | 22º |
| 应力集中放大系数K2 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.6 |

**表7.4.14-2 石材的安全分项系数**

|  |  |
| --- | --- |
| 石材性能变异系数VR | 石材安全分析系数 |
| <0.1 | 1.50 |
| 0.1–0.2 | 2.40 |
| 0.2–0.25 | 2.90 |
| 0.25–0.30 | 3.80 |
| 0.30–0.35 | 4.80 |
| 0.35–0.40 | 6.10 |

注：石材性能变异系数VR可通过石材面板实验数据计算得到。

**表7.4.14-3 石材的强度损失系数η**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 石材类型 | 暴露条件（预期寿命周期为30年） | |
| 湿润环境，无霜冻 | 霜冻盐湿环境 |
| 花岗岩 | 1.0 | 0.95 |
| 石灰岩 | 0.9 | 0.85 |
| 大理石 | 0.85 | 0.75 |

**3** 钢销连接构造应符合下列规定：

**1）** 钢销材质宜选用不锈钢S30403（022Cr19Ni10），S30408(06Cr19Ni10)，S31603（022Cr17Ni12Mo2）,S31608（06Cr17Ni12Mo2）。

**2）**钢销的孔位应根据石板的大小而定。

**3）**石板的钢销孔的深度宜为 22～33mm，钢销长度宜为 20～30mm，钢销与石材孔的接触深度不宜小于10mm。钢销孔的直径宜为 7，钢销直径宜为 5。

**4）**石板的钢销孔处不得有损坏或崩裂现象，孔内应光滑、洁净。

**5）** 两端都与石材连接的钢销应有中间局部加粗设计，防止钢销位置下滑，如图7.4.14-4所示：

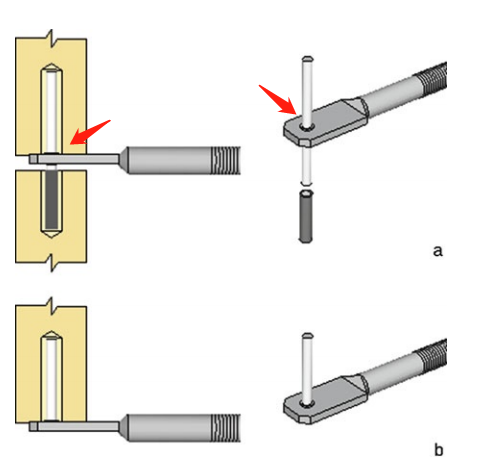


图7.4.14-4 插销节点

**4** 钢销连接应注意下列事项：

**1）**挂件的厚度、高度的设计，应能承受设计荷载，确保变形不会引起撬动或降低其承载能力。

**2）**放置垫片以承重，并调整其高度以保持间隙，并避免出现意外的应力或传力路径。

1. 宜最小化孔深度，以提高销钉的承载能力。孔不应承受建筑物的层间变形。销钉入孔深度最小值为10mm。增加挂件与石材的结合深度，可能不会增加挂件承载力。
2. 设置转接件的尺寸，以满足公差、间隙、设计位移的要求。
3. 在顶部石材和底部挂件之间留出间隙，以避免接触和传递石材重力，
4. 除非幕墙系统为堆叠设计。间隙应适应位移要求，位移应包括热变化，蠕变，地震和水平位移，制造和安装公差。
5. 石材内边缘的距离（从孔边到石材背面的石材厚度），能够承载正压向内的作用，以及石材重量，除非挂件只承受水平荷载。即使石材是最小总厚度也应满足该距离。石材内边缘的距离（从孔边到石材前面的石材厚度），能够承载负压向外的作用，维持该尺寸不变可使安装人员在安装期间对齐面板正面。
6. 销钉孔设置在面板厚度的中心三分之一处。宜最小化孔直径，用以最大化其承载能力。优化孔直径，并满足销钉的最小间隙要求。
7. 用可压缩和非吸收性材料填充孔，如低模量密封胶或闭孔泡沫，以防止积水。填充物在孔的侧面缓冲销钉的轴承，以减少应力集中。销钉可在不需要粘合的地方滑动，并且仅需要小的滑动。

**7.4.15** 预制连接应满足下列要求：

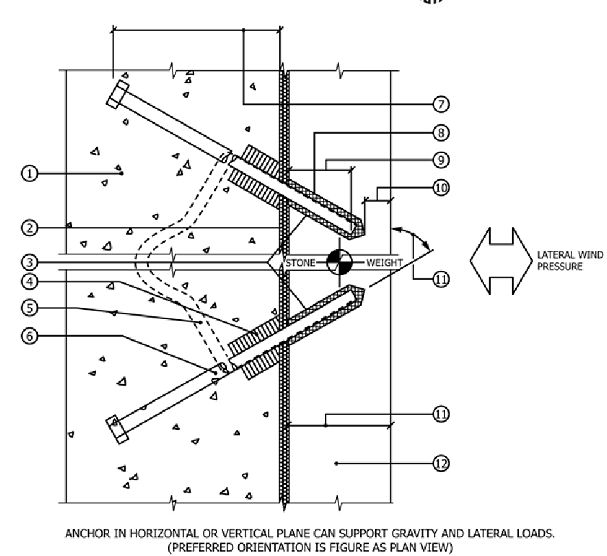


图7.4.16 预制连接示意图

**1**销钉，螺纹杆或螺栓可用作石材面板连接件，将石材面板连接到预制混凝土板上。粘合剂应与石材相容，并与锚杆组合使用。不应仅依靠粘合剂来支撑石材。

**2**石材面板连接件的数量由分析和测试确定，每个面板应至少为两个。可依据GB/T 9966.7《天然饰面石材试验方法第7部分：检测板材挂件组合单元挂装强度试验方法》中规定的石材面板连接强度试验检测方法，来确定所需的石材面板连接件数量。

**3**石材背面的锚固嵌入深度宜为19.1mm。在石材背面钻两个相对的孔，与背面平面成45°。这些孔彼此成角度或者彼此远离，取决于锚固构造。锚的直腿插入孔中，锚的形状用于保持腿接合。锚孔底部与石材成品面之间的建议最小距离为9.5mm。

**4**销钉直径不宜小于4.8mm。销钉嵌入预制混凝土应不小于64mm。销钉应至少嵌入石材厚度的2/3。

**5**预制板刚度必须比石板大，使得相同的载荷条件下变形小于石板。

**6**应在石材面板和预制支撑件之间设置垫层。

**7**当面板处于最终安装位置时，石材面板连接件应在30°和45°之间倾斜进入石材背面，而不要指向下方。同一面板中的单独锚应指向相反方向，以将面板锁定在预制件上。尽可能在垂直于重力荷载的方向来定位锚点。在锚固拱腹石时应特别小心，以确保所有锚都张开并有效抵抗垂直和侧向载荷。

**7.4.16** 石材面板的衬垫连接应满足下列要求：

**1**衬垫是贴在石材面板背面的石块或金属片。它们的功能是将负载从石材面板转移到石材面板转接件。

**2**衬垫和石材面板之间的连接是通过机械连接。粘合剂仅用于促进衬垫与石材的连接。机械连接应由衬管和不锈钢紧固件组成，从衬垫背面向上和向下设置为30或450°角度。在衬垫粘合剂凝固后安装紧固件。衬垫可以切割为矩形切口，也可以切割成槽口形态，用以承接石材面板连接件。衬垫应由经验丰富的车间技师进行车间安装，最好采用受控检查。

**3**紧固件应预先切割成设计长度，这样当完全插入设计的孔中时，它们的端部在衬垫的表面上是可见的,以验证紧固件是否就位并完全插入。

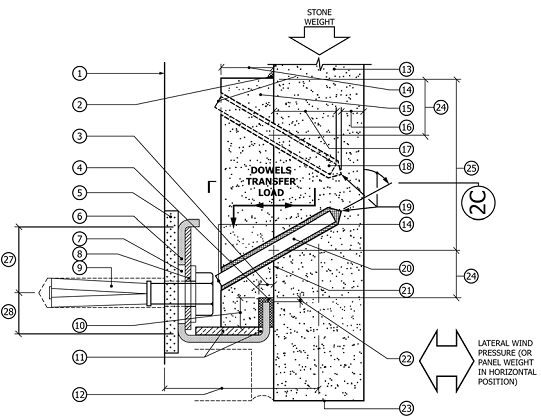


图7.4.16-1 石材面板的衬垫

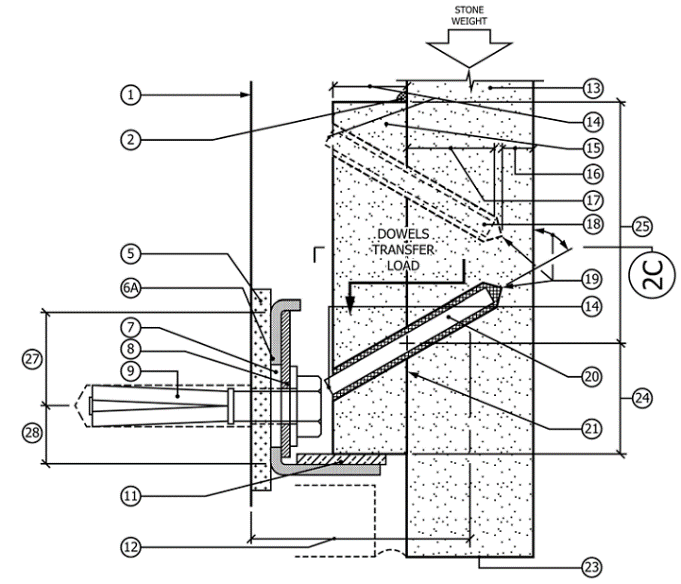


图7.4.16-2 石材面板的衬垫

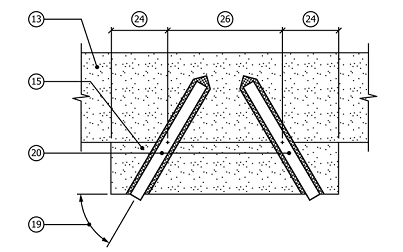


图7.4.16-3 石材面板的衬垫

## 7.5　陶板

**7.5.1**　陶板幕墙宜采用开放式板缝。

**7.5.2**　陶板可采用短挂件连接。

**7.5.3**　陶板挂件与支承构件之间应采用不锈钢螺栓或不锈钢自钻自攻螺钉连接。螺栓的螺纹规格不应小于M6，自钻自攻螺钉的螺纹规格不应小于ST5.5并采取防松脱和滑移措施。

**7.5.4**　陶板短挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于1.5mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于2.0mm；通长挂件用铝合金型材的截面厚度不宜小于1.5mm；定位弹簧片的截面厚度不宜小于0.5mm。

**7.5.5**　挂件与陶板面板的连接构造设计应符合下列规定：

**1**挂件与面板的连接，不应使面板产生附加局部挤压应力和重力传递现象；

**2**挂件为L形且全部采用挂装方式安装时，其自重宜由陶板下部挂件的挂钩承受；

**3**上部采用插口式挂件，且陶板自重由下部挂件承受时，应采取防陶板断裂下坠措施，承重处挂件与陶板挂槽内竖向的接触部位不应留有间隙；

**4**挂件与陶板挂槽前后之间的空隙宜填充聚氨酯密封胶或设置弹性垫片，

采用橡胶垫片时，其厚度不宜小于1.0mm；

**5**挂件插入陶板槽口的深度不宜小于6mm；短挂件中心线与面板边缘的距离宜为板长的1/5，且不宜小于50mm；

**6**陶板两端宜设置定位弹性垫片；

**7**陶板与支承构件采用镶嵌式挂件时，应防止挂件跳动、滑移。

**7.5.6**　陶板为脆性材料，当陶板安装有坠落风险时（外倾或水平悬挂），应采取穿通韧性材料等加固措施。

**7.5.7**　面板计算应满足下列要求：

**1**　空心陶板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算，也可通过均布静态荷载弯曲试验确定其受弯承载能力，并应符合下式规定：

 （**7.5.7**）

式中：Q——空心陶板均布静态荷载弯曲试验的最小破坏荷载（N/mm2）；

      q——垂直于空心陶板板面方向荷载设计值（N/mm2）；

      γr——陶板的材料性能分项系数，可取1.8。

**2**　空心陶板采用板宽方向通长固定时，可将板简化为近似工字截面进行验算；

**3**　面板承受荷载设计值的弯曲应力设计值σ不应大于面板材料的抗弯强度设计值f。

## 7.6　玻璃纤维增强水泥板

**7.6.1**　玻璃纤维增强水泥板宜采用穿透支承连接或背栓支承连接，也可采用通长挂件连接；穿透连接的基板厚度不应小于8mm；背栓连接的基板厚度不应小于12mm；通长挂件连接的基板厚度不应小于15mm。

**7.6.2**　面板挂件与支承构件之间应采用不锈钢螺栓或不锈钢自钻自攻螺钉连接。螺栓的螺纹规格不应小于M6，自钻自攻螺钉的螺纹规格不应小于ST5.5并采取防松脱和滑移措施；穿透支承连接的面板应采用不锈钢螺钉、螺栓、不锈钢开口型平圆头抽芯铆钉或钉芯材为不锈钢的开口型平圆头抽芯铆钉固定。螺栓、螺钉和抽芯铆钉的直径不应小于5mm。

**7.6.3**　玻璃纤维增强水泥板通长挂件用不锈钢材料和铝合金型材的截面厚度均不宜小于1.5mm。

**7.6.4**　玻璃纤维增强水泥板的连接构造设计应符合下列规定：

**1**宜采用只承受一块面板自重荷载的挂件；

**2**玻璃纤维增强水泥板的自重应由面板下部挂槽的顶部承受；

**3**挂件在承托面板处宜设置弹性垫片，垫片厚度不宜小于2.0mm；

**4**短挂件外侧边与面板边缘的距离不宜小于板厚的3倍，且不宜小于50mm；通长挂件外端与面板边缘的距离不宜小于20mm，且不宜大于50mm；

**5**挂件安装槽口中心线宜以外表面为基准定位，并宜位于面板计算厚度的中心；

**6**玻璃纤维增强水泥板挂件插入槽口的深度不宜小于10mm，也不宜大于

15mm；

**7**挂件与面板之间的空隙应填充胶粘剂，且不得污染面板。

**7.6.5**　与面板背面连接点直接连接的支承连接件宜采用铝合金型材，其截面厚度不应小于2.0mm。  
**7.6.6**　面板设计时，正面、背面均为平整面时，按基材的公称厚度采用；正面有装饰花纹时，还应减去装饰花纹的凸起高度或凹下深度。

**7.6.7**　面板计算应满足下列要求：

**1** 面板设计采用四点支承时, 可按四点支承板计算。

面板采用对边通槽连接时, 可按对边简支板计算。

面板采用四边通槽或四边框接时, 可按四边简支板计算。

最大弯曲应力设计值不超过面材抗弯强度设计值, 剪应力设计值不大于抗剪强度设计值。

其中，m——弯矩系数，可由支承点间的距离比a0/b0和材料的泊松比v，按本规程表×××查取；  
     η——折减系数，木纤维板可由参数θ按表7.6.7-1采用，玻璃纤维增强水泥板取1.0。

**表*7.6*.7-1 折减系数η**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| θ | ≤0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| η | 0.98 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.76 | 0.72 |
| θ | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | ≥7 |
| η | 0.68 | 0.65 | 0.62 | 0.60 | 0.58 | 0.55 | 0.50 |

**2** 通长挂件支承连接的玻璃纤维增强水泥板参看×××节内容。

**3** 背栓支承连接的玻璃纤维增强水泥板参看×××节内容。

**4**穿透支承连接的玻璃纤维增强水泥板支承连接设计应符合下列规定：

**1）**板边缘连接点的位置，平行于支撑框架方向到板边的距离不宜小于80mm，垂直于支撑框架方向到板边的距离不宜小于30mm，且不宜大于160mm。

**2）**支承连接点应分为紧固点和滑动点，紧固点和滑动点的设置应满足板材变形的要求；8mm厚玻璃纤维增强水泥板的连接点间距不宜大于800mm；12mm厚玻璃纤维增强水泥板的连接点间距不宜大于1000mm；

**3）**玻璃纤维增强水泥板穿透连接的抗拉设计,在垂直于面板平面的荷载设计值作用下，单个连接点的拉力设计值宜采用有限元方法分析计算。按周边对称布置的矩形面板，可按下式计算：

 （7.6.7-6）

式中：N——垂直于面板的荷载作用下单个连接点的拉力设计值（N）；  
      q——分别为垂直于面板平面的荷载作用设计值（N/mm2）；  
     n——连接点数量；  
     a、b——分别为矩形面板短边和长边的边长；  
     β——应力调整系数，可按表7.6.7-2采用。

**表7.6.7-2 玻璃纤维增强水泥板穿透连接的应力调整系数β**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 每块板材固定点数 | 4 | 6 | ≥8 |
| β | 1.25 | 1.53 | 1.78 |

**4）**穿透连接的拉力设计值不应大于连接的受拉承载力设计值。

**5）**穿透连接点的受拉承载力应经试验确定，并符合下式规定：

 （7.6.7-8）

式中： N——按本规程第×××条规定计算得到的单个连接点的拉力设计值（N）；  
 P——实测所得单个连接点的受拉破坏力最小值（N）；  
 gR——穿透连接受拉承载力分项系数，可取2.15。

## 7.7　石材蜂窝板

**7.7.1**　石材蜂窝板宜通过板材背面预置螺母连接。

**7.7.2**　面板挂件与支承构件之间应采用不锈钢螺栓或不锈钢自钻自攻螺钉连接。螺栓的螺纹规格不应小于M6，自钻自攻螺钉的螺纹规格不应小于ST5.5并采取防松脱和滑移措施。

**7.7.3**　与面板背面连接点直接连接的支承连接件宜采用铝合金型材，其截面厚度不应小于2.0mm。

**7.7.4**　石材蜂窝板块单边边长不宜大于2.0m，单块最大面积不宜大于2.0m2；超大规格石材蜂窝板宜在石材面留伸缩缝。

**7.7.5**　面板计算

**1**　石材蜂窝板面板计算按蜂窝板执行；四边简支的计算按×××执行。

**2**　石材蜂窝板幕墙宜采用蜂窝板粘结预置连接螺母的固定方式；预置连接螺母应在工厂制作时埋入，禁止现场临时埋设；

**3**　在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，确定石材面板的最大弯曲应力时，应对正、负风荷载作用下产生的弯曲应力分别进行计算，所得的最大弯曲应力设计值不应大于石材面板的抗弯强度设计值f；

**4**　四点支承的矩形石材蜂窝板石材面板最大弯曲应力标准值可采用下列公式计算：

 （**7.7.5**-1）

**** （**7.7.5**-2）

式中：σ——为垂直于面板的荷载作用下产生的最大弯曲应力设计值（N/mm2）；

q——为垂直于面板方向的荷载作用设计值（N/mm2）

a0、b0——四点支承面板支承点（预置螺母中心线）之间的距离（mm），

a0≤b0；m——四点支承面板在均布荷载作用下的最大弯矩系数，可根据支承点间的距离比a0/b0和材料的泊松比v，按本规范表×××查取；

we——石材蜂窝板的等效截面模量（mm2）；

De——石材蜂窝板的等效弯曲刚度（N/mm），由整板的弯曲性能试验所得，也可按本规程附录×的计算方法确定；

E——石材面板的弹性模量（N/mm2）；

l——石材蜂窝板中性轴距石材面板表面的距离（mm），计算方法可按本规程附录×执行。

**5**　石材蜂窝板在垂直于面板的风荷载标准值作用下的挠度应符合下列规定：

四点支承的矩形石材蜂窝板的挠度可按下式计算：

 （**7.7.5**-3）

式中：df——在风荷载标准值作用下的最大挠度值（mm）；  
    　  μ——挠度系数，可按表7.7.5-1选用；  
   　   qk——垂直作用于面板的荷载标准值（N/mm2）；  
     a0、b0——四点支承面板支承点（预置螺母中心线）之间的距离（mm），

a0≤b0；  
    　  De——石材蜂窝板的等效弯曲刚度（N/mm），由整板的弯曲性能试验所得，也可按本规范附录×的计算方法确定。

**表7.7.5-1 四点支承石材蜂窝板挠度系数μ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| a0/b0 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| μ | 0.0151 | 0.0147 | 0.0151 | 0.0157 | 0.0162 | 0.0171 | 0.0182 | 0.0195 | 0.0212 | 0.0232 | 0.0255 |

**6**　在风荷载标准值作用下，石材蜂窝板的挠度限值df,lim（mm），不宜大于表7.7.5-2的规定。

**表7.7.5-2 石材蜂窝板的挠度限值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 背部衬板类别 | 铝蜂窝板 | 钢蜂窝板 | 玻纤蜂窝板 |
| 相对挠度值df,lim | L/120 | | L/180 |

    注：L为板的长边长度。  
　　**7**　在风荷载或垂直于面板方向地震作用下，预置螺母连接抗拉设计可按本规程第×××条的规定计算。  
　　**8**　在面板自重作用下，预置螺母连接的剪力设计值可按本规程第×××条的规定计算。  
　　**9**　预置螺母连接的受拉承载力和受剪承载力应经试验确定，并符合下列规定：

**1）**预制螺母连接的受拉承载力应符合下式规定：

**** （**7.7.5**-4）

**2）**预制螺母连接的受剪承载力应符合下式规定：

**** （**7.7.5**-5）

式中：N——按本规程第×××条规定计算，并按本规程第×××条规定进行组合的预置螺母连接的拉力设计值（N）；

   V——按本规程第×××条规定计算得到的预置螺母连接的剪力设计值（N）；

     P——实测所得预置螺母连接受拉破坏力最小值（N）；

  gR——预置螺母连接承载力分项系数，可取2.15。

## 7.8 其他人造板

**7.8.1**其他人造板包括幕墙用瓷板、实心陶板、微晶玻璃板、（非穿透支承）纤维水泥板等材料；

**7.8.2**　面板外倾或水平悬挂时，各相应连接部位应予加强，应有防碎裂坠落措施；

**7.8.3**　其他人造板材幕墙板缝可采用封闭式或开放式板缝；

**7.8.4**　其他人造板材宜采用短挂件连接、通长挂件连接和背栓连接；

**7.8.5**　面板挂件与支承构件之间应采用不锈钢螺栓或不锈钢自钻自攻螺钉连接。螺栓的螺纹规格不应小于M6，自钻自攻螺钉的螺纹规格不应小于ST5.5并采取防松脱和滑移措施。  
**7.8.6**　其他人造板材短挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于3.0mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于4.0mm；通长挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于2.0mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于3.0mm。短挂件的长度不宜小于40mm。

**7.8.7**　挂件与面板的连接构造设计应符合下列规定：

**1** 宜采用只承受一块面板自重荷载的挂件；

**2**自重宜由面板下部挂槽的顶部承受；

**3** 挂件在承托面板处宜设置弹性垫片，垫片厚度不宜小于2.0mm；

**4** 短挂件外侧边与面板边缘的距离不宜小于板厚的3倍，且不宜小于

50mm；通长挂件外端与面板边缘的距离不宜小于20mm，且不宜大于50mm；

**5**挂件安装槽口中心线宜以外表面为基准定位，并宜位于面板计算厚

度的中心；

6 瓷板、陶板挂件插入槽口的深度不宜小于8mm，也不宜大于12mm；

微晶玻璃板、纤维水泥板挂件插入槽口的深度不宜小于10mm，也不宜大于15mm；

**7**挂件与面板之间的空隙应填充胶粘剂，且不得污染面板。

**7.8.8**　与面板背面连接点直接连接的支承连接件宜采用铝合金型材，其截面厚度不应小于2.0mm。  
**7.8.9**　面板设计时，面板截面的计算厚度te应按下列规定确定：

**1**瓷板：正面平整时，按公称厚度（总厚度）减去背纹厚度采用正面有装饰花纹时，还应减去装饰花纹的凸起高度或凹下深度；

**2**微晶玻璃板：正面、背面均为平整面时，按公称厚度（总厚度）采用；背面较粗糙时，应减去背面粗糙层厚度；

**3**实心陶板：正面平整时，按公称厚度（总厚度）减去挂槽和挂钩宽度采用；正面有装饰条纹时，还应减去装饰条纹的凸起高度或非高应力区的小尺寸凹下深度；

**4**纤维水泥板：正面、背面均为平整面时，按基材的公称厚度采用；正面有装饰花纹时，还应减去装饰花纹的凸起高度或非高应力区的小尺寸凹下深度。

**7.8.10**面板计算应满足下列要求：

1 面板设计采用四点支承时, 可按四点支承板计算。

面板采用对边通槽连接时, 可按对边简支板计算。

面板采用四边通槽或四边框接时, 可按四边简支板计算。

抗弯设计和抗剪设计根据面板材质和支承形式, 可按本规范XXXX的条款计算, 最大弯曲应力设计值不超过面材抗弯强度设计值, 剪应力设计值不大于抗剪强度设计值。

**2**背栓支承连接的瓷(陶)板、微晶玻璃板、纤维水泥板；背栓的数量应根据面板的形状、大小和所在位置并经过计算确定。背栓中心线与面板端部的距离不应小于50mm，且不宜大于边长的20％。采用2个背栓连接的面板，应采取附加固定措施，防止面板滑移、偏斜.。

**3**背栓支承连接的纤维水泥板，在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，可按下列公式计算：

1. 背栓支承连接时，单个背栓连接的拉力设计值：

 （7.8.10-14）

式中：N——单个背栓连接在垂直于板面方向荷载作用下的拉力设计值（N）；  
     q——分别为风荷载、地震作用标准值（N/mm2）；  
      a、b——矩形面板的边长（mm）；  
      β——应力调整系数，可按本规程表×××采用。

1. 背栓连接的拉力标准值应按本规程第×××条规定进行组合，组合后的拉力设计值不应大于背栓连接的受拉承载力设计值。

**4** 在面板自重作用下，背栓连接的剪力设计值应按下式计算：

 （7.8.10-18）

式中：V——单个背栓承受的剪力设计值（N）；  
     Gk——面板的自重标准值（N）；  
     n1——承受面板自重荷载的背栓数量；  
     β——应力调整系数,背栓数为2时，取1.00；背栓数为4时，取1.25。

**5**背栓连接的受拉承载力和受剪承载力应经试验确定，并符合下列规定：

1) 背栓连接的受拉承载力设计值应符合下式规定：

**** （**7.8.10**-19）

2) 背栓连接的受剪承载力设计值应符合下式规定：

**** （**7.8.10**-20）

式中：N——按本规范第×××条规定计算，并按本规程第×××条规定进行组合得到的单个背栓连接的拉力设计值（N）；

V——按本规程第×××条规定计算得到的单个背栓连接的剪力设计值（N）；

 P——实测所得背栓连接受拉破坏力最小值（N）；  
         gR——背栓连接承载力分项系数，可取2.15。

## 7.9　外挂墙板

**7.9.1** 预制混凝土外挂墙板的选型和布置应根据建筑立面造型、主体结构层间变形要求、楼层高度、节点连接形式、温度变化、接缝构造、运输限制条件和现场起吊能力等因素综合确定。板间接缝宽度应根据计算确定且不宜小于10mm；当计算缝宽大于30mm时，宜调整外挂墙板的形式或连接方式。

**7.9.2** 外挂墙板的内力及变形分析可采用弹性方法，其计算简图应符合实际受力状态。

**7.9.3** 外挂墙板与主体结构的连接节点应具有足够的承载力和适应主体结构变形的能力。外挂墙板和连接节点的结构分析、承载力计算和构造要求应符合国家现行《混凝土结构设计规范》GB50010和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1的有关规定。

**7.9.4** 预制混凝土外挂墙板饰面应采用耐久性好、不易污染的饰面材料，并满足以下要求：

**1**陶瓷砖饰面的外挂墙板应采用反打成型工艺制作，陶瓷砖的背面应设置燕尾槽，其粘结强度应符合《建筑工程饰面砖粘结强度试验标准》JGJ/T 110的规定。

**2** 石材饰面的外挂墙板应采用反打成型工艺制作，石材的厚度应不小于25mm，石材背面应采用不锈钢卡件与混凝土进行机械锚固。

**3** 涂料饰面的外挂墙板应采用耐久性好的涂料。

**4** 装饰混凝土饰面的外挂墙板设计时应要求生产企业制作样板，确认其表面颜色、质感、图案及表面防护要求等。

**7.9.5** 预制混凝土外挂墙板的板缝、板与主体结构层间缝、门窗接缝等应符合下列规定：

**1**接缝位置宜与建筑立面分格相对应；

**2** 板缝宽度应根据立面分格、极限温度变形、风荷载及地震作用下的层间位移、密封材料最大拉伸-压缩变形量及施工安装误差等因素设计计算，并宜满足板缝宽度在10~30mm范围，当计算缝宽大于30mm时，宜调整外挂墙板的板型或节点连接形式。密封胶的厚度应按缝宽的1/2且不小于8mm设计。

**3** 竖缝宜采用平口或槽口构造，水平缝宜采用企口构造；

**4** 接缝处所用的密封材料应选用耐候性密封胶，其技术性能应符合现行国家标准《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T881的规定；密封胶与混凝土的相容性、低温柔性、最大伸缩变形量、剪切变形性、防霉性及耐水性等均应满足设计要求，且应满足外饰面防污和环保要求。外挂墙板在正常使用时，密封胶不应破坏；

**5** 应根据建筑使用环境和使用年限要求，接缝处合理选用构造防水、材料防水及缝导管排水相结合的防排水设计；

**6** 接缝处应设置防止形成热桥的构造措施。

**7**接缝宜避免跨越防火分区；当接缝跨越防火分区时，接缝室内侧应采用耐火材料封堵。

**7.9.6** 预制混凝土外挂墙板的防排水设计应满足以下要求：

**1**应采用不少于一道材料防水和构造防水相结合的做法。建筑高度在50m以下建筑外挂板板缝可采用一道材料防水和构造防水结合做法；50m以上的建筑外挂板板缝应采用两道材料防水和构造防水结合做法。

**2**装饰板采用开缝设计时，挂板内侧应设置完整的防水层。并在可能渗入雨水或形成冷凝水的部位应设置导、排水装置或构造。

**3**当板缝空腔需设置导水管排水时，板缝内侧应增设气密条密封构造 。

# 8　防水设计

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 幕墙设计时，宜采用雨幕原理、等压原理，并结合有效的排水设计等设计理念来实现防水。

**8.1.2** 幕墙的水密和气密线的设计应遵循连续、完整、有效的原则。

**8.1.3** 建筑物体型设计时，应注重建筑物角部的朝向，以及屋顶和转角等位置的平滑过度，避免因体型导致的局部风压过高。

**8.1.4** 在建筑物顶部设置屋檐和挑檐等构造，将雨水导流到墙外，可有效降低外墙漏水的可能性。

【条文说明】水源，缝隙，驱动力是幕墙漏水产生的三大必要条件，密封设计就是要通过合理控制这三个要素达到提升幕墙密封性能的目的。研究表明，屋檐位置的雨量约为墙角的20倍，在建筑物顶部设置屋檐和挑檐等构造，可把雨水导流到墙外，能够大大降低建筑物水源。

**8.1.5** 在水平构件和朝天面的位置，应设置合理的批水构造，避免积水。批水设计时，应保证足够的坡度，减少接头，保证批水的连续性和致密性。

## 8.2 雨幕设计

**8.2.1** 面板拼缝设计，应保证设置足够大的缝隙或者避位，避免产生毛细作用。

**8.2.2** 应避免或者大幅降低到达气密线上的水量，同时降低作用在气密线上的压力。等压腔设计时，气密线构造应能抵抗100%设计风压。密封性要求：在75Pa压差时，漏气量不大于0.2L/s/m2。

**8.2.3** 雨幕上应留有足够的通风面积；雨幕透气率应为气密线透气率的5倍以上。

【条文说明】要确保雨幕上留有足够的通风面积，雨幕透气率为气密线透气率的10倍及以上时，我们可以称它为等压系统。实际上此比例若达到5倍以上，内外压差已经能够保持在95%的平衡，属于正态分布的合理范围，一般作为推荐设计标准。

当认为风压持续一致时，穿过阻隔物两侧的压差为：

δP=CdρV2

式中：ρ——空气密度；

V——空气速度；

Cd——系数。

Cd 和ρ对于气密及水密是一样的，流量计算采用以下公式：

C:\Users\Administrator\AppData\Roaming\Tencent\Users\296862688\QQ\WinTemp\RichOle\B`ZI$I}KY}{O75D`YCVCZGS.png和C:\Users\Administrator\AppData\Roaming\Tencent\Users\296862688\QQ\WinTemp\RichOle\3~O{F]8LT{5S3]N6`1DE5_4.png

式中：Ai——气密线中的缝隙面积；

Ao——雨幕中的缝隙面积；

Pc——腔体内压力；

Pi——室内压力；

Pe——室外压力。

**表8.2.3 不同雨幕透气率与气密线透气率之比对应的内外压力平衡度**

|  |  |
| --- | --- |
| 雨幕缝隙面积/气密线缝隙面积 | 腔体压力/室外压力 |
| 10.0 | 99.0% |
| 8.0 | 98.4% |
| 6.0 | 97.3% |
| 4.0 | 94.1% |
| 2.0 | 80.0% |

**8.2.4** 沿着等压腔空间内宜合理设置分隔和封边；腔体内容积与透气面积的比率宜小于80m。

【条文说明】对于雨幕设计来说，沿着等压腔空间内设置分隔和封边是非常重要的，这样可以最小化前体内空气流动，降低雨幕内外压差。同时可以控制腔体内容积与透气面积的比率，这个比率小于80m时，两侧的压力接近平衡，这也是幕墙等压原理的先决条件。

**表8.2.4 不同腔体容积与透气面积之比下的压力平衡率**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 腔体容积/透气面积 | 板块内外压力差 | 压力平衡率 |
| 661m | 40-45% | 55-60% |
| 459m | 28-34% | 66-72% |
| 165m | 16-22% | 78-84% |
| 118m | 9-18% | 82-91% |

**8.2.5** 建筑外墙雨幕内部腔体划分可根据计算确定，也可在每个楼层高度，水平方向每6米处和转角6米区域内的每个不大于1.5m间距处设置。如图8.2.5。

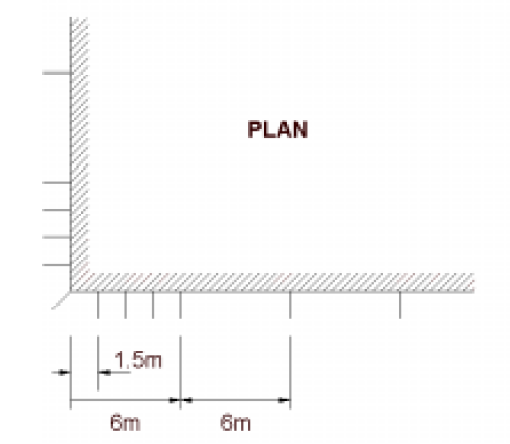


图8.2.5 建筑外墙雨幕内部腔体划分

## 8.3 硅酮耐候密封胶的密封设计

**8.3.1** 硅酮耐候密封胶的热膨胀位移量应符合下式要求：

ut=α×ΔT×L (8.3.1)

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：ut | ——受温度变化影响，幕墙面板平面膨胀位移值（mm）； |
| α | ——幕墙面板材料热膨胀系数（mm/mm℃）； |
| ΔT | ——建筑所处环境一年内冬季、夏季最大温差（℃）； |
| L | ——面板长度（mm），取其边长或。 |

**8.3.2** 风荷载和地震作用下的层间位移应符合下式要求：

us=*θ* (8.3.2)

|  |  |
| --- | --- |
| 式中us | ——主体结构侧移影响下，幕墙面板平面内或垂直面板的剪切位移值（mm）； |
| *θ* | ——风荷载或多遇烈度地震标准值作用下主体结构的楼层弹性层间位移角限值（rad）； |
|  | ——面板高度（mm），取其边长或； |

**8.3.3** 伸缩接缝宽度计算应符合下式要求：

cn=(ut+us)/δ (8.3.3)

|  |  |
| --- | --- |
| 式中cn | ——伸缩接缝宽度（mm）； |
| δ | ——密封胶的位移能力(%)。 |

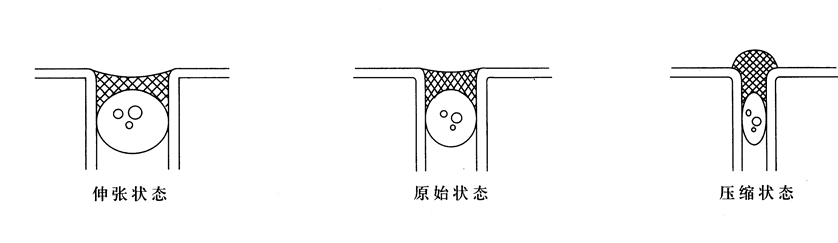


图8.3.3 密封胶接缝

**8.3.4** 受剪变形接缝宽度计算应符合下式要求：

a=(ut+us)/[δ(2+δ）]1/2 (8.3.4)

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：a | ——受剪变形接缝宽度（mm）； |
| δ | ——密封胶的位移能力(%)； |

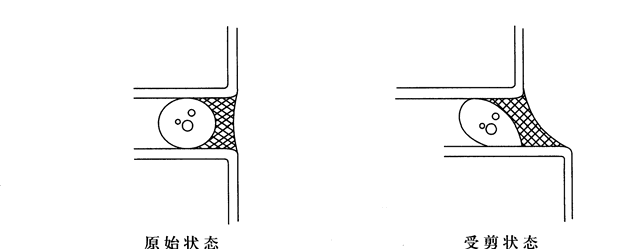
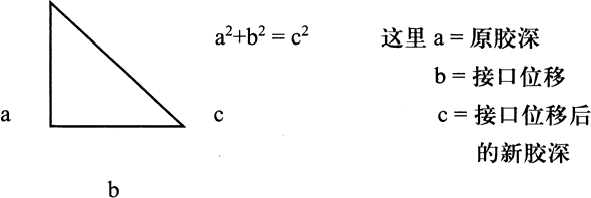


图8.3.4 密封胶接缝

**8.3.5**接缝设计时应满足下列要求：

**1** 接缝宽度至少6mm；

**2** 耐候胶对耐候接缝密封粘结时严禁三面粘结；

**3** 密封胶接口胶宽和深（两侧粘接位置）比宜为2:1；胶缝中间处胶深可适当减小，但不应小于3.5mm；

**4** 在实际应用中，当密封胶宽度大于25mm时，胶施打的深度不宜超过12mm。

【条文说明】1、幕墙接缝的变化，主要是由于材料受环境温度影响的膨胀、收缩以及风荷载和地震作用下的引起的主体结构层间位移产生的。还有其他一些影响因素例如一些材料干湿引起材料收缩、膨胀；主体结构沉降引起的缝隙变化变化等。作为建筑幕墙的面板之间的耐候接缝，环境温度以及动荷载引起的主体层间位移使得接缝变化影响远远大于其他因素，所以考虑热膨胀位移和风荷载与地震作用下的层间位移量计算确定，可以满足接缝设计的安全性。不过在建筑底层一些缝隙密封处理时，建筑沉降影响因素不可忽视。

2、伸缩接缝变形，其变形量考虑到最不利的影响取(ut+us)，等于设计的接缝尺寸（原始尺寸cn）乘以选定的密封胶位移能力(δ),即(ut+us)=cnδ,推导出cn=(ut+us)/δ.由于还要考虑安装误差(k),计算结果为：接缝宽度：cn=(ut+us)/δ+k；

3、受剪力时发生变形的接缝，硅酮密封胶可以承受较大的接口剪力位移量。通过已知接口允许位移（b），计算出所要求的接口宽度（a）。已知其中c=a(1+δ）;实际状况往往是膨胀引起的位移ut发生在面板平面内，us位移在垂直面板方向。便于计算并考虑最不利的影响，将ut和us的变化都取向于垂直面板方向，取b=ut+us。

以勾股定理可得：a2+(ut+us)2=[(1+δ）a]2推导得出：接缝宽度（a）=(ut+us)/[δ(2+δ）]1/2

由于还要考虑安装误差，计算结果为：接缝宽度a=(ut+us)/[δ(2+δ）]1/2+k。

4、太小的接缝宽度不利于施工，同时对缝隙位移变化的调节能力不够。对于石材等类型的幕墙，由于板块较小，接缝一般在6～10mm；玻璃、金属板等类型幕墙，由于每个单元板块较大，接缝一般不小于15mm。

三面粘结会限制密封胶原来未撕裂情况下可接受的位移量。三面粘结的情况可用防粘胶带或者背衬材来避免。当三面粘结现象发生时，密封胶可承受的位移量会被限制在原设计位移量的±15%以内。

比厚的密封接口（宽深比为1.5:1或1:1）有更大的位移量，当接口刮成沙漏状时,密封胶变形后对粘结面的应力小，有利于密封耐久性，能发挥最佳的位移表现。

密封胶的深度大于12mm，首先深度固化有影响，其次接缝发生位移变化时对粘结界面的应力较大，不利于密封耐久性。

# 9　单元式幕墙装配设计

## 9.1 装配设计

**9.1.1** 受储存、倒运、运输等因素制约，不能在工厂完成全装配的幕墙，可在工厂完成组件装配，运到现场后进行二次拼装形成幕墙板块，再整体安装在主体结构上。

**9.1.2** 幕墙组件应根据拆分需要、运输条件、现场拼装条件等进行设计，可分为面板组件、框架组件、其他构件、临时支撑、辅助吊装构件等。

**9.1.3** 现场拼装后的幕墙板块，各拼装组件或构件之间的连接，应满足强度和刚度要求。

**9.1.4** 对于含有石材蜂窝面板、石材面板等脆性易碎、或厚度较厚面板的幕墙板块，拼接应牢固可靠，不宜采用粘接方式；拼接前，可对面板进行倒角，但应避免出现崩边、缺棱缺陷，且不得损伤装饰面层；拼接部位应平整，无明显缝隙和缺角；拼接后，应保证装饰面层的色泽、纹路一致。

**9.1.5** 在组件上安装附件，其连接强度、功能和外观应符合设计要求。

**9.1.6** 现场拼装后的幕墙板块及其连接挂件、与主体结构锚固连接件等，应符合7.1.1条要求。

**9.1.7** 现场拼装后的幕墙板块及其连接挂件、与主体结构的连接方式等设计和构造措施，尚应符合相应的现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133、《人造板材材幕墙工程技术规范》JGJ336的规定。

## 9.2 装卸、运输设计

**9.2.1** 倒运、运输作业人员必须是经过培训考核合格的专业人员。熟知幕墙板块单元、部品及相关材料规格、重量、重心、起吊方向、起吊点、承托位置等技术参数。

**9.2.2**对超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应编制专门的方案。

**9.2.3**选用的起重、倒运的机械、机具的载重量、起重重量、行程、提升高度、稳定性应满足安全要求。

**9.2.4** 选用的运输车辆应满足部品部件的尺寸、重量等要求。

**9.2.5** 装卸与运输时应符合下列规定：装卸时，应采取保证车体平衡的措施，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施。运输时应采取防止部品部件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处宜设置保护衬垫。

**9.2.6** 单元式板块宜采用组合托架运输，分层叠放，板块与托架接触处应采用柔性隔离，板面朝上，与托架捆绑牢固，避免相对移动。组合托架的强度、刚度、稳定性应满足存放、倒运、运输的要求，运输时应与车体连接牢固。

**9.2.7** 框架部品可以采用组合托架、插放架或叠层平放运输，应采取防止产生损坏的措施。

**9.2.8** 面板材料可根据材料特性，采用靠放架、插放架、叠层平放或装箱等运输；当采用靠放架堆放或运输时，靠放架应具有足够的承载力和刚度，与地面倾斜角度宜大于80度；面板宜对称放置且外饰面朝外，面板上部宜采用木垫块隔开；运输时应固定牢固。当采用插放架直立堆放或运输时，宜采取直立方式运输；插放架应有足够的承载力和刚度，并应支垫稳固。采用叠层平放的方式堆放或运输时，应采取防止产生损坏的措施。

**9.2.9** 现场运输道路和存放场地应坚实平整，并应有排水措施；施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度；存放库区宜实行分区管理和信息化台帐管理；应按照产品品种、规格型号、检验状态分类存放，产品标识应明确、耐久，预埋吊件应朝上，标识应向外；应合理设置垫块支点位置，确保预制构件存放稳定，支点宜与起吊点位置一致。

**9.2.10** 框架式部品需工地组装的，应有专门指定区域，便于集中管理。其场地、设施、人员配备应满足工程质量与安全需要。

**9.2.**11根据工程施工需求，幕墙板块需要进入相应楼层的，板块垂直运输及楼层间的摆放等应制定专项方案，审批通过后实施。

## 9.3 吊装设计

**9.3.1** 装配式板块吊装宜与主体结构同步进行，可在安装部位的主体结构验收合格后进行。

**9.3.2** 吊装作业应根据工程特点编制专项施工方案。

**9.3.3** 吊装作业前，应对吊装设备、吊具如伸臂吊、环形轨道吊及电动葫芦、电动吊篮、定型工具式支撑、支架等进行验收，验收合格才能使用。

**9.3.4** 吊装作业人员应具备起重吊装的基础知识和技能，施工单位应对管理人员、施工人员进行质量安全技术交底。

**9.3.5** 吊装前，应对安装部位的主体结构及预埋件进行测量放线，测量放线应符合现行国家标准《工程测量规范》GB50026的有关规定。

**9.3.6** 吊装前，应对埋件位置、精度、转接件连接质量及位置精度进行复核，埋件偏差较大应采取后锚固加固措施，且应满足《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的要求，连接件连接质量不满足技术要求应及时整改。

**9.3.7** 吊装作业前，应复核吊装设备的吊装能力，应符合《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33的有关规定。

**9.3.8** 吊装作业开始前，应对安装作业区进行围护并做出明显的标识，拉警戒线，严禁与安装作业无关的人员进入。

**9.3.9** 吊装前应复核板块单元技术参数，如尺寸、重量、重心、吊点、起吊方向、安装位置等要素是否符合吊装作业要求。对吊装过程中，容易变形和容易侧移部件应采取加固和捆绑等临时措施，临时措施应满足吊装受力及安全要求。

**9.3.10** 应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊装过程应通过揽风绳保持稳定，不得出现摇摆和扭转现象，严禁吊装单元长时间悬停在空中。

**9.3.11** 板块离安装位置距离较近时，应控制板块下降速度，调整板块位置、水平与垂直精度，将板块挂码对准支座连接，板块竖向构造相互对接，缓慢下降，直至安装板块到达安装位置。

**9.3.12** 检查安装板块连接件是否牢固，安装板块水平及竖直搭接量是否满足要求。确定板块安装稳固、吊绳不再受力，可将起吊吊钩撤离。吊钩撤离后拆除加固和捆绑措施。

**9.3.13** 检查安装板块位置、标高、水平度、垂直度是否符合安装要求。板块安装符合技术要求后，进行板块间密封作业和其它安装，验收合格后，可进行下一板块吊装。

**9.3.14** 吊装作业使用中应对吊装设备、吊具如伸臂吊、环形轨道吊、电动葫芦、电动吊篮、定型工具式支撑、支架等应进行定期、不定期检查，确保其安全状态。

**9.3.15** 遇到雨、雪、雾天气，或者风力大于5级时，不得进行吊装作业。

# 10　加工制作

## 10.1 一般规定

**10.1.1**　幕墙在加工制作前，应与建筑、结构施工图进行核对，对已建主体结构进行复测，并应按实测结果对幕墙设计进行必要的调整。

**10.1.2** 幕墙的加工制作应在工厂完成。

**10.1.3** 幕墙的单元组件、幕墙开启扇组件均应在工厂加工组装。

**10.1.4** 采用硅酮结构密封胶粘结固定幕墙构件时，应在洁净、通风的室内环境进行，且环境温度、湿度条件应符合相应结构密封胶产品的规定，胶缝的宽度、厚度应符合设计要求。

## 10.2 铝型材构件

**10.2.1** 铝合金型材构件的加工应符合下列要求：

**1** 横梁长度允许偏差为±0.5mm，立柱长度允许偏差为±1.0mm，端头斜度的允许偏差为0′，-15′（图10.2.1-1、10.2.1-2）；



图10.2.1-1 直角截料 图10.2.1-2 斜角截料

*α*—端面角度；L—构件长度 *α*—端面角度；L—构件长度

**2** 截料端头不应有加工变形，并应去除毛刺；

**3**孔位的允许偏差为±0.5mm，孔距的允许偏差为±0.5mm，累计偏差为±1.0mm；

**4** 铆钉的通孔尺寸偏差应符合现行国家标准《紧固件铆钉用通孔》GB152.1的规定；

**5** 沉头螺钉的沉孔尺寸偏差应符合现行国家标准《紧固件沉头螺钉用沉孔》GB152.2的规定；

**6**圆柱头、螺栓的沉孔尺寸应符合现行国家标准《紧固件圆柱头用沉孔》GB152.3的规定；

1. 螺纹孔的加工应符合设计要求。

**10.2.2** 铝合金型材构件中槽、豁、榫的加工应符合下列规定：

**1** 铝合金型材构件槽口尺寸（图10.2.2-1）允许偏差应符合表10.2.2-1的规定；

**表10.2.2-1 槽口尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 |  |  |  |
| 允许偏差 | 0.5  0 | 0.5  0 | ±0.5 |

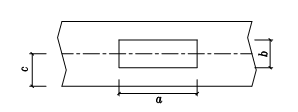
****

图10.2.2-1 槽口尺寸示意

α—槽口长度；b—槽口宽度；c—槽口中心位置尺寸

**2** 铝合金型材构件豁口尺寸（图10.2.2-2）允许偏差应符合表10.2.2-2的规定；

**表10.3.2-2 豁口尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | *a* | *b* | *c* |
| 允许偏差 | 0.5  0 | 0.5  0 | ±0.5 |

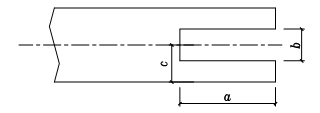
****

图10.2.2-2 豁口尺寸示意

α—豁口长度；b—豁口宽度；c—豁口中心位置尺寸

**3**铝合金型材构件榫头尺寸（图10.2.2-3）允许偏差应符合表10.2.2-3的规定。.

**表10.2.2-3 榫头尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | *a* | *b* | *c* |
| 允许偏差 | 0  -0.5 | 0  -0.5 | ±0.5 |

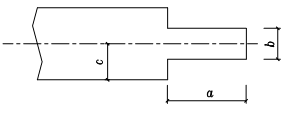


图10.2.2-3 榫头示意图

α—榫头长度；b—榫头宽度；c—榫头中心位置尺寸

**10.2.3** 铝合金型材构件弯加工应符合下列规定：

1 铝合金型材构件宜采用拉弯设备进行弯加工；

2 弯加工后的型材构件表面应光滑，不得有皱折、凹凸、裂纹、表面处理层脱落、裂口、严重擦伤等缺陷。

## 钢构件

**10.3.1** 平板式预埋件加工精度应符合下列规定：

**1**  锚板边长允许偏差应为±5mm；

**2** 一般锚筋长度的允许偏差应为0,+10mm；两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度的允许偏差应为-5mm,0；

**3** 圆锚筋的中心线允许偏差应为为±5mm；

**4** 锚筋与锚板面的垂直度允许偏差应为*l*s /30（*l*s为锚固钢筋长度，单位为mm）。

**10.3.2** 碳素钢槽式预埋件表面及槽内应进行防腐处理，其加工允许偏差应符合表10.3.2的规定。

**表10.3.2 碳素钢槽式预埋件加工尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 项目 | 允许偏差 |
| 长度 | +10  0 | 锚筋（锚爪）长度 | +5  0 |
| 宽度和厚度 | +2  0 | 锚筋（锚爪）中心距 | ±1.5 |
| 槽口宽度 | +1.5  0 | 锚筋（锚爪）与锚板的垂直度 | *l*s/30 |

注：*l*s为锚固钢筋或锚爪的长度

**10.3.3** 幕墙构件连接件、支承件的加工精度应符合下列规定：

**1** 连接件、支承件外观应平整，不得有裂纹、毛刺、凹凸、翘曲、变形等缺陷；

**2** 连接件、支承件加工尺寸（图10.3.3）允许偏差应符合表10.3.3的规定。



图10.3.3 连接件、支承件尺寸示意

α—连接件高度；b—连接件长度；c—孔间距；d—孔宽度；

e—孔边距；t—壁厚；*α*—弯曲角度

**表10.3.3 连接件、支承件尺寸允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 项目 | 允许偏差 |
| 连接件高度a | +5.0mm  -2.0mm | 孔边距*e* | +1.0mm  0 |
| 连接件长度*b* | +5.0mm  -2.0mm | 壁厚*t* | +0.5mm  -0.2mm |
| 孔间距*c* | ±1.0mm | 弯曲角度*α* | ±2° |
| 孔宽度*d* | +1.0mm  0 |  |  |

**10.3.4** 钢构件的加工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的有关规定。

**10.3.5** 钢构件焊接、螺栓连接应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018及《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

10.4 玻璃

**10.4.1** 单片玻璃、夹层玻璃、中空玻璃的加工精度应符合下列规定：

1. 单片玻璃尺寸允许偏差应符合表10.4.2-1的规定；

**表10.4.2-1 单片玻璃尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 玻璃厚度（mm） | 玻璃边长≤2000 | 玻璃边长>2000 |
| 边长 | 6，8，10，12 | ±1.5 | ±2.0 |
| 15，19 | ±2.0 | ±3.0 |
| 对角线差 | 6，8，10，12 | ≤2.0 | ≤3.0 |
| 15，19 | ≤3.0 | ≤3.5 |

**2**  中空玻璃尺寸允许偏差应符合表10.4.2-2的规定；

**表10.4.2-2 中空玻璃尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差 |
| 边长 | 边长< 1000 | ±2.0 |
| 1000≤边长< 2000 | +2.0，-3.0 |
| 边长≥2000 | ±3.0 |
| 对角线差 | 边长 ≤2000 | ≤2.5 |
| 边长>2000 | ≤3.5 |
| 厚度 | 厚度< 17 | ±1.0 |
| 17≤厚度< 22 | ±1.5 |
| 厚度≥22 | ±2.0 |
| 叠差 | 边长< 1000 | ±2.0 |
| 1000≤边长< 2000 | ±3.0 |
| 2000≤边长< 4000 | ±4.0 |
| 边长≥4000 | ±6.0 |

**3** 夹层玻璃尺寸允许偏差应符合表10.4.2-3的规定。

**表10.4.2-3 夹层玻璃尺寸允许偏差**（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差 |
| 边长 | 边长≤2000 | ±2.0 |
| 边长>2000 | ±2.5 |
| 对角线差 | 边长≤2000 | ≤2.5 |
| 边长>2000 | ≤3.5 |
| 叠差 | 边长< 1000 | ±2.0 |
| 1000≤边长< 2000 | ±3.0 |
| 2000≤边长< 4000 | ±4.0 |
| 边长≥4000 | ±6.0 |

**10.4.3** 玻璃弯加工后，其每米弦长内拱高的允许偏差为±3.0mm，且玻璃的曲边应顺滑一致；玻璃直边的弯曲度，拱形时不应超过0.5%，波形时不应超过0.3%。

**10.4.4** 全玻幕墙的玻璃加工应符合下列规定：

**1** 玻璃边缘应倒棱并细磨，外露玻璃的边缘应抛光磨；

**2** 采用钻孔安装时，孔边缘应进行倒角处理，并不应出现崩边。

**10.4.5** 点支承玻璃加工应符合下列规定：

**1** 玻璃面板及其孔洞边缘均应倒棱和磨边，倒棱宽度不宜小于1mm，磨边宜细磨；

**2** 玻璃切角、钻孔、磨边应在钢化前进行；

**3** 玻璃加工的允许偏差应符合表10.4.5的规定；

**表10.4.5 点支承玻璃加工允许偏差**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 边长尺寸 | 对角线差 | 钻孔位置 | 孔距 | 孔轴与玻璃平面垂直度 |
| 允许偏差 | ±1.0mm | ≤2.0mm | ±0.8mm | ±1.0mm | ±12′ |

**4** 中空玻璃开孔后，开孔处应采取多道密封措施；

**5** 夹层玻璃、中空玻璃的钻孔可采用大、小孔相对的方式。

**10.4.6** 中空玻璃合片加工时，应考虑制作处和安装处不同气压的影响，采取防止玻璃大面变形的措施。

10.5 金属板

**10.5.1** 金属板材的品种、规格及色泽应符合设计要求；金属板材表面涂层类型和厚度应符合本规范第3章的有关规定及设计要求。

**10.5.2** 金属板材加工允许偏差应符合表10.5**.**2的规定。

**表10.5.2 金属板材加工允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差（mm） |
| 边长（mm） | 边长≤2000 | ±2.0 |
| 边长＞2000 | ±2.5 |
| 对边长度差 | 边长≤2000mm | 2.5 |
| 边长＞2000mm | 3.0 |
| 对角线长度差 | 长度≤2000mm | 2.5 |
| 长度＞2000mm | 3.0 |
| 折弯高度 | | +1.0，0 |
| 平面度 | | 2/1000 |
| 孔的中心距 | | ±1.5 |

**10.5.3** 单层铝板加工应符合下列规定：

1单层铝板折弯加工时，折弯外圆弧半径不应小于板厚的1.5倍；采用开槽折弯时，应控制刻槽深度，保留的铝材厚度不应小于1.0mm，并在开槽部位采取加强措施；

2单层铝板加强肋的固定可采用电焊接栓钉，但应确保铝板外表面不变形、不褪色，固定应牢固；

3单层铝板的固定耳板应符合设计要求。固定耳板可采用焊接、铆接或在铝板边上直接冲压而成。耳板应位置准确、调整方便、固定牢固；

4单层铝板构件四周边可采用铆接、螺栓、粘胶和机械连接相结合的形式固定，并应固定牢固；

5单层铝板折边的角部宜相互连接；作为面板支承的加强肋，其端部与面板折边相交处应连接牢固。

**10.5.4** 铝复合板的加工应符合下列规定：

1应采用机械刻槽。在切割铝复合板内层铝板和芯材时，不得划伤外层铝板的内表面；当铝复合板阴角转折时，刻槽宜在内侧；

2打孔、切口等外露的芯材及角缝，应采用中性密封胶密封；

3在加工过程中，应保持加工环境清洁、干燥，不得与水接触；

4加工后的铝复合板，不得堆放在潮湿环境中。

**10.5.5** 蜂窝铝板的加工应符合下列规定：

1应根据组装要求决定切口的尺寸和形状，应采用机械刻槽。当采用面板不刻槽弯折方式时，槽底不得触及外层铝板的内表面；当采用面板刻槽弯折方式时，不得划伤外层铝板的内表面；

2 折角部位应加强，角缝应采用中性密封胶密封；

**10.5.6** 不锈钢板加工时应符合下列要求：

1折弯加工时，折弯外圆弧半径不应小于板厚的2倍；采用开槽折弯时，应严格控制刻槽深度并在开槽部位采取加强措施；

2加强肋的固定可采用电栓钉，但应采取措施使不锈钢板外表面不变形、不变色，并且可靠固定；

3 不锈钢板加强肋端部与面板折边相交处应连接牢固。

10.6 石材

10.6.1 天然石材应符合下列规定：

1 石材的品种、外形尺寸、色泽、纹理应符合设计要求；

2石材尺寸偏差应符合现行国家标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》GB/T 19766、《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452和《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453一等品或优等品的规定；

3 石材宜采用先磨后切工艺进行加工；

4镜面石材的光泽度应符合现行国家标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》GB/T 19766的规定。同一工程中镜面石材光泽度的差异应符合设计要求；

5 火烧板应按样板检查火烧后的均匀程度，不得有暗纹、崩裂。

6 石材应无暗裂缺陷、连接部位无崩裂。外侧不得有崩边、缺角现象；内侧非连接部位崩边不大于 5mm×20mm，缺角不大于 20mm。

7石材表面应采用机械加工，加工后的表面应清理干净，严禁采用溶剂型的化学清洁剂清洗。

8石板应六面防护处理。

9石板的槽口宽度、深度尺寸按设计要求加工。无设计要求时，深度宜按支承五金件的插入尺寸加3mm。

**10.6.2** 石材的边部加工应符合下列规定：

1 石材连接部位不得有破损、崩裂等缺陷；石材外边不得有崩边或缺角，内侧非连接部位崩边应不大于5mm×20mm，缺角应不大于20mm；

2 石材外边宜采用倒角处理；

3 加工后的石材表面清理干净后应进行六面防护处理，不得采用溶剂型化学清洁剂清洗。

**10.6.3** 石材的开槽、打孔应符合下列规定：

1 石材外面和上边应作为开槽、开孔的基准面；

2 石材开槽、打孔后不得有破损或崩裂现象；

3 石材开槽、打孔后，应将孔壁、槽口清理干净；

**10.6.4** 短槽、通槽连接的石材加工应符合下列规定：

1 石材幕墙开缝时宜采用06Cr17Ni12Mo2(316)材质的连接挂件，石材幕墙密缝时宜采用06Cr19Ni10 (304)材质的连接挂件；

2 槽口尺寸和位置应符合本规程第6.3.12条、6.3.13条的规定；

3 槽口内注环氧胶应应饱满；

1. 金属挂件安装到石材槽口内，在石材胶固化前应将挂件做临时固定；

5 应采用机械开槽，开槽锯片的直径不宜大于350mm，宜采用水平推进方式开槽；

6 石板槽口加工的允许偏差应符合表10.6.4的规定；

**表10.6.4 石板开槽加工允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 槽口类型  项目 | 弧形短槽 | 通槽 |
| 1 | 槽口中心深度 | ±1.5 | ±1.5 |
| 2 | 槽口有效长度 | ±2.0 | — |
| 3 | 槽口宽度 | ±0.5 | ±0.5 |
| 4 | 相邻槽口中心距 | ±2.0 | — |

7 短槽的槽口长度不宜大于连接件长度10mm；

8 通槽的连接挂件长度宜小于槽口长度5mm；

9 连接挂件入槽深度宜比槽口深度小4mm。

**10.6.5** 背栓式连接的石材加工应符合下列规定：

1. 背栓孔的尺寸和位置应符合本规程第6.3.12条的规定；

石材幕墙采用开缝体系时宜采用06Cr17Ni12Mo2(316)材质的背栓；胶缝密封时宜采用不低于06Cr19Ni10 (304)材质的背栓；

1. 背栓的螺纹应符合GB/T192、GB/T193、GB/T196、GB/T197标准的要求；
2. 背栓使用的不锈钢螺母应符合GB/T3098、GB/T15标准的要求；

4背栓孔宜采用专用钻孔机械成孔及专用测孔器检查，背栓孔允许偏差应符合背栓供应商的要求

5石材用背栓可采用压入扩张或旋转扩张的背栓，但应控制背栓的扩张程度，防止扩张不足或扩张过度；

**10.6.6** 石材转角组拼宜符合下列规定：

1石材转角组拼宜采用钢销加环氧胶粘剂相结合的连接方式；

2较大尺寸的石材转角应在组拼的石材背面阴角或阳角处加设不锈钢或铝合金型材支承件并用背栓组装固定，并应符合下列规定：

1）支撑件的截面厚度不应小于2mm

2）支撑组件的间距不宜大于500mm，支撑组件的数量不宜少于3个。

**10.6.7** 石材的防护应符合下列规定：

1 应根据石材的种类、污染源的类型合理选用石材防护剂，防护剂的质量应符合现行行业标准《建筑装饰用天然石材防护剂标准》JC/T973的规定；

2 石材防护处理宜在工厂洁净环境中进行；

3 涂防护剂前，石材应加工完成后充分自然干燥，应确保石材表面洁净；

4 石材防护处理养护期前不得接触水。

**10.6.8** 石材面板出厂前应进行编号和检查。

【条文说明】加工前将石材进行预拼，对纹、选色、排开色差后进行编号。出厂前检查石材的尺寸、形状、花纹图案、色泽等均应符合设计要求，花纹图案和色泽应按样板检查，单板及排版后的石材感观效果不宜有明显的色差。

**10.6.9** 石材的修补应符合下列规定：

1 开槽、打孔受力部位不应进行修补；

2 修补后的石材外面不得有明显的痕迹；

3 天然大理石宜采用同种石粉加胶进行粘接修补；

4 石材修补应避免水湿和粉尘污染。

**10.6.10** 加工好的石材面板应立放于通风良好的仓库内，其与水平面夹角不宜小于85°。

10.7 瓷板、陶板、微晶玻璃板

**10.7.1** 瓷板、陶板、微晶玻璃板的切割加工应符合下列规定：

**1**加工过程中所使用的润滑剂、冷却剂和清洁剂，应采用对面板材料无污染的水性溶剂进行冷却和润滑，不得采用有机溶剂型清洁剂。成品板应放置通风处自然干燥；

2成品面板的形状、尺寸应符合设计要求，加工允许偏差应符合表**10.7.**1的规定。

**表10.7.1 瓷板、陶板、微晶玻璃板加工允许偏差**（mm）

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 |
| 长度 | ±1.0 |
| 对角线差 | ≤2.0 |

**10.7.2** 瓷板、微晶玻璃板的槽口加工除应符合本规程第10.7.1条的规定外，尚应符合下列规定：

**1** 槽口加工宜采用专用设备，不宜采用手持机械；

2 槽口的宽度、长度、位置应符合设计要求；

3 槽口侧面不得有损坏或崩裂现象，槽口内壁应光滑、洁净，不得有目视可见的阶梯；

4 槽口连接部位应无爆边、裂纹等缺陷；

5 槽口加工允许偏差应符合表10.7**.**2的规定。

**表10.7.2 瓷板、微晶玻璃板槽口加工允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 宽度 | 长度 | 深度 | 槽端到板端边距离 | 槽中心线到正面的距离 |
| 允许偏差 | +0.5  0 | 短槽：+10.0  0 | +1.0  0 | 短槽：+10.0  0 | +0.5  0 |

注：允许将瓷板、微晶玻璃板短挂件连接用槽口加工成通槽。

10.8 石材蜂窝板

**10.8.1**石材蜂窝板的切割加工应符合下列规定：

**1**加工过程中所使用的润滑剂、冷却剂和清洁剂，应采用对面板材料无污染的水性溶剂进行冷却和润滑，不得采用有机溶剂型清洁剂。成品板应放置通风处自然干燥；

2成品面板的形状、尺寸应符合设计要求，加工允许偏差应符合表**10.8.**1的规定。

**表10.8.**1 **石材铝蜂窝板加工允许偏差**(mm)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 要求 | |
| 亚光面、镜面板 | 粗面板 |
| 边 长 | | 0  －1.0 | |
| 对边长度差 | ≤1000 | ≤2.0 | |
| ＞1000 | ≤3.0 | |
| 厚 度 | | ±1.0 | +2.0  －1.0 |
| 对角线差 | | ≤2.0 | |
| 边直度 | 每米长度 | ≤1.0 | |
| 平整度 | 每米长度 | ≤1.0 | ≤2.0 |

**10.8.2**石材蜂窝板面板拼接加工应符合下列要求：

1板块可按照设计要求进行不同角度的拼接；拼接后的面板，应保证石材装饰面层的色泽、纹路一致；

2拼接前，可对板块进行倒角，但应避免出现崩边、缺棱缺陷，且不得损伤表面石材；

1. 拼接部位应平整，无明显缝隙和缺角。

10.9 木纤维板

**10.9.1**木纤维板的加工应符合下列规定：

**1**加工工作台应选用木质台面，加工时应及时清理加工台面上的金属颗粒及板材颗粒；

**2**板材切割加工前应将刀具高度调节至合适位置，切割时板材应匀速推进；

**3**加工槽口、豁口、榫头时，应防止划伤非加工表面；

**4**加工盲孔、凹槽时，应调节刀具高度并采取限位措施，防止深度尺寸超差；

**5**现场进行加工时，应采取可靠措施将板材固定牢靠；

**6**宽度小于200mm的转角板板材，应在安装前与主面板可靠连接。

**10.9.2**成品面板的形状、尺寸应符合设计要求，加工允许偏差应符合表10.9.2的规定。

**表10.9.2 木纤维板加工允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 单位 | 允许偏差 |
| 边长 | | mm | +2.0  0 |
| 对角线 | | mm | ≤对角线长度值的1% |
| 边缘直度 | | mm/m | ≤1.0 |
| 翘曲度 | 5.0mm≤*t*＜12.0mm | % | ≤0.4 |
| 12.0mm≤*t*＜16.0mm | % | ≤0.2 |
| 转角板角度 | |  | +1°30′，  -30′ |
| 转角板翘曲度 | | mm | ≤3.0 |
| 转角边直边翘曲度 | | % | ≤0.5 |
| 盲孔直径 | | mm | 0  -0.1 |
| 凹槽深度 | | mm | +0.2  0 |
| 装饰面划痕、压痕 | |  | 不允许 |
| 装饰面边角缺陷 | |  | 不允许 |
| 钻孔位置 | | mm | ≤0.5 |
| 孔距 | | mm | ≤1.0 |
| 孔轴与板面的垂直度 | |  | ≤12′ |

10.10 纤维水泥板

**10.10.1** 纤维水泥板应存放在干燥、通风、防雨的环境中。

**10.10.2**纤维水泥板的加工应符合下列规定：

**1**纤维水泥板的加工宜采用专用设备，并在干燥的环境中进行；

**2**加工过程中，应做好必要的防护措施和除尘措施；

**3**槽口侧面不得有损坏或崩裂现象，内壁应光滑、洁净，不得有目视可见的阶梯；

**4**槽口加工允许偏差应符合表10.10**.**2-1的规定；

**5**纤维水泥板加工允许偏差应符合表10.10.2-2的规定；

**6**切割、开槽、钻孔后的纤维水泥板加工表面，应立即用干燥的压缩空气进行清洁处理，并进行边缘密封防护处理。

**表10.10.2-1 纤维水泥板槽口加工允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 宽度 | 深度 | 槽中心线到正面的距离 |
| 允许偏差 | +0.5  0 | +1.0  0 | +0.5  0 |

**表10.10.2-2 纤维水泥板加工允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差 |
| 边长*a*  （mm） | *a*≤1000 | ±1.5 |
| *a*＞1000 | ±2.0 |
| 厚度*t*  （mm） | 6＜*t*≤20 | ±0.1*t* |
| *t*＞20 | ±2.0 |
| 边直度(mm/m) | | ≤1.0 |
| 对角线差（mm） | | ≤2.0 |
| 孔中心距（mm） | | ±1.5 |

10.11 外挂墙板

**10.11.1** 带陶瓷砖饰面的外挂墙板宜采用反打一次成型工艺制作，确保外挂墙板饰面的装饰效果和制作质量满足设计要求。

**10.11.2** 夹心保温外挂墙板宜采用水平浇筑方式成型，并应符合下列规定：

**1** 拉结件的数量和位置应符合设计要求；应保证拉结件的受力状态准确，

锚固可靠；

**2**应保证保温材料间拼缝严密或使用粘接材料密封处理；

**3**在上层混凝土浇筑完成之前，下层混凝土不得初凝；

**4**浇筑并夯实混凝土保证混凝土的均匀与密实性，使用振捣棒时应注意不

要损伤预埋件。

**10.11.3** 固定在模具上的预埋件、预留孔和预留洞的规格型号、数量应符合设计要求，且应安装牢固、位置准确。

## 10.12　组装

**10.12.1** 幕墙应按加工图和工艺要求加工组装，组装的幕墙板应编号，并应注明安装方向和安装顺序。

【条文说明】工厂全装配幕墙是指幕墙面板、支承框架以及相配套的部件均在工厂内加工并完成组装、制成不小于一个楼层高度的幕墙结构基本单位,直接安装在主体结构上形成的幕墙，可包括玻璃幕墙、金属幕墙、石材幕墙、人造板材幕墙以及上述面板的组合幕墙。

**10.12.2**幕墙组件组装质量应符合表 10.12.8 的规定。

**表10.12.8 幕墙组件组装允许偏差**（mm）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | | 允许偏差 | 检查方法 |
| 1 | 组件长度、宽度(mm) | ≤2000 | ±1.5 | 钢尺 |
| >2000 | ±2.0 |
| 2 | 组件对角线长度差(mm) | ≤2000 | ≤2.5 | 钢尺 |
| >2000 | ≤3.5 |
| 3 | 接缝高低差 | | ≤0.5 | 游标深度尺 |
| 4 | 接缝间隙 | | ≤0.5 | 塞片 |
| 5 | 框面划伤 | | ≤3处且总长≤100 | 钢尺 |
| 6 | 框料擦伤 | | ≤3处且总面积≤200mm2 | 钢尺 |
| 7 | 胶缝宽度 | | +1.0 | 卡尺或钢直尺 |
| 8 | 胶缝厚度 | | +0.5  0 | 卡尺或钢直尺 |
| 9 | 各搭接量（与设计值比） | | +1.0  0 | 钢直尺 |
| 10 | 幕墙板平整度 | | ≤1.5 | 1m靠尺和塞尺 |
| 11 | 组件内镶板间接缝宽度  （与设计值比） | | ±1.0 | 塞尺 |
| 12 | 连接构件竖向中轴线距组件外表面（与设计值比） | | ±1.0 | 钢尺 |
| 13 | 连接构件水平轴线距组件竖向对插中心线 | | ±1.0 （可上、下调节时±2.0） | 钢尺 |
| 14 | 连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线 | | ±1.0 | 钢尺 |
| 15 | 两连接构件中心线水平距离 | | ±1.0 | 钢尺 |
| 16 | 两连接构件上、下端水平距离差 | | ±0.5 | 钢尺 |
| 17 | 两连接构件上、下端对角线差 | | ±1.0 | 钢尺 |

**10.12.3** 幕墙组件的框架之间宜采用自攻螺钉连接，每处螺钉不应少于3个，直径不宜少于5mm，拧入深度不应小于25 mm，不应采用沉头或半沉头螺钉；螺钉连接部位应采用硅酮建筑密封胶做好密封处理。

**10.12.4** 在组件上有门或窗时，其加工应分别符合现行国家标准《铝合金门窗》GB/T 8478的规定。

**10.12.5** 幕墙板块内面材与面材之间、面材与框架构件之间的连接应经计算确定。

**10.12.6** 幕墙框架构件之间的连接应牢固可靠，确保在组装、安装和使用过程中不应变形和松动；构件连接处的缝隙应采用硅酮建筑密封胶密封。

**10.12.7** 幕墙框架构件之间的连接处和螺钉、螺栓部位应有防雨水渗漏和防松脱措施。

**10.12.8** 幕墙板块组装完成后，通气孔及排水孔应畅通。

**10.12.9** 幕墙板块的面材与面材、面材与框架以及框架与框架连接处，应有可靠的密封措施。

**10.12.10** 幕墙板块与主体结构连接的构造节点，应按荷载传递途径建立计算模型进行强度校核，构造上应满足4.7节要求。

**10.12.11** 螺钉直接与立柱截面连接时,立柱截面连接处的壁厚应经强度验算,必要时可局部加厚。壁厚小于螺钉直径时,应校核螺纹受力,并有防松脱措施。

**10.12.12** 幕墙板块及其连接挂件、与主体结构的连接方式等设计和构造措施，尚应符合相应的现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133、《人造板材材幕墙工程技术规范》JGJ 336的规定。

## 10.13　结构密封胶和耐候密封胶工艺及质量控制

**10.13.1** 结构密封胶工艺及质量控制应符合下列规定：

**1** 对半隐框、隐框幕墙中，对玻璃面板及铝框的结构胶粘结工艺应按符合下列要求进行清洁：

**1）**玻璃和铝框粘结表面的尘埃、油渍和其他污物，应采取“二块抹布”清洁法,分别使用干净的带溶剂的擦布和干擦布清除干净；

**2）**应在清洁后一小时内进行注胶；注胶前再度污染时，应重新清洁；

**3）**每清洁一个构件或一块玻璃，应更换清洁的干擦布。

**2** 使用溶剂清洁时，应符合下列要求：

**1）**不应将擦布浸泡在溶剂里，应将溶剂倾倒在擦布上；

**2）**使用和贮存溶剂，应采用干净的容器；

**3）**使用溶剂的场所严禁烟火；

**4）**应遵守所用溶剂标签或包装上标明的注意事项。

**3**硅酮结构密封胶注胶前，与其相接触的衬垫等有机材料应做相容性检验并合格，与被粘的玻璃、铝型材等无机材料进行粘结性检验，必要时应加底涂解决粘结性问题；

**4**注胶和固化环境洁净、适当封闭，保持一定的温度、湿度；

**5**双组份硅酮结构密封胶应检查混合均匀性（蝴蝶试验）和混合后的固化速度（拉断试验）；

**6** 硅酮结构密封胶组件在固化并达到足够承载力前不应搬动；

**7**隐框玻璃幕墙装配组件的注胶必须饱满，不得出现气泡，胶缝表面应平整光滑；收胶缝的余胶不得重复使用，用遮蔽胶带粘在接口四周避免过多的底涂液和密封胶弄赃其它表面；

**8**硅酮结构密封胶完全固化后，密封胶的尺寸偏差应为[+2mm,0]；

**9** 硅酮结构密封胶完全固化后，必须进行粘结性检验，合格后幕墙板块方可使用。

【条文说明】半隐框、隐框幕墙制作中，对玻璃和支撑框的清洁工作，是关系到幕墙构件加工成败的关键步骤之一，要十分重视和认真按规范规定进行操作。如清洗不干净，将对构件的质量与安全留下隐患。一定要坚持二块布清洗的方法，一块布只用一次，不许重复使用；在溶剂完全挥发之前，用第二块干净的布将表面擦干；应将用过的布洗净晾干后再行使用；要坚持把用于清洗的溶剂倒在干净的布上，避免污物进入溶剂不允许将布浸入溶剂中；玻璃槽口可用干净的布包裹油灰刀进行清洗。清洗工作最好二人一组进行，一个用溶剂清洗玻璃及其支承构件，另一人用干净的布在溶剂未完全干燥前，将表面的溶剂、松散物、尘埃、油渍和其他污物清除干净。

硅酮结构密封胶的相容性要求同本规范第3.6.1条的解释。

硅酮结构密封胶固化时受环境温度影响大，尤其单组分硅酮结构密封胶还受环境湿度影响很大，温度、湿度低时需要更长的时间才会建立起粘结性，所用硅酮结构密封胶不适合在冬季时没有暖气设施的工厂内使用。一般要求环境温度12～35℃、相对湿度45～70%为宜。硅酮结构密封胶在长期重力荷载作用下承载力很低（强度设计值仅为0.01MPa），固化前强度更低，而且硅酮结构密封胶在重力作用下会产生明显的变形。若使硅酮结构密封胶在固化期间处于受力较大的状态，会造成幕墙的安全隐患。因此，在加工组装过程中应采取措施减小结构胶所承受的应力。注胶时须注满整个接口，并且紧紧粘住需要与之接触的表面才能获得良好的粘结力，否则结构密封胶的性能就会降低。注胶后的隐框幕墙板块可采用周转架分块安置；如直接叠放时，要求放置垫块直接传力，并且叠放层数不宜过多。

硅酮结构胶的应用中，必须完全地、充分地固化且与基材产生良好的粘结力，才能承担起设计的荷载力。检验粘结性对硅酮结构胶的应用至关重要。在工厂可采取使用的有代表性的基材进行粘结性测试作为检验实际生产单元粘结性，同时还要结合实际幕墙板块的割胶检验其粘结性、尺寸以及注胶饱满等。

**10.13.2** 耐候密封胶工艺及质量控制应符合下列规定：

**1**接缝被粘结材料表面必须干净、干燥；

**2**耐候密封胶注胶前，与其相接触的衬垫、泡沫棒等有机材料应做相容性检验以及与多孔性材料的污染性检验并合格，与被粘面板材料等无机材料进行粘结性检验，必要时应加底涂解决粘结性问题；

**3** 现场施工时，严禁雨天、五级风以上、黑天打胶；

**4** 打胶步骤应符合下列规定：

**1）**采用遮蔽胶带以避免多余的硅胶污染接口的表面四周；

**2）**使用打胶枪或打胶机以连续操作的方式打胶。应使用足够的正压力使胶注满整个接口空隙，可以采用枪嘴“推压”密封胶来完成。必须小心确保胶缝填满；

**3）**在胶表面结皮前进行修正，挤压填满空隙，并使表面平整光滑；

**4）**在胶结皮之前除去遮蔽条。

**5** 密封胶完全固化后，应进行粘结性检验。

【条文说明】 被粘结材料表面必须干净、干燥是耐候密封胶形成良好粘结前提，才能保证有效密封性能。由于幕墙面板材料多样性，包括多孔性材料如陶板、石材蜂窝板、纤维水泥板、石材等和非多孔性材料如铝板、瓷板、微晶玻璃、玻璃，同时面板粘结面的污物不同，采取的清洁处理方法有差异：一般用50%的异丙醇，100%的异丙醇或75%的酒精就可清除干净；油性的污垢和薄膜，需用脱脂溶剂如甲苯、二甲苯清除；某些多孔性材料在清洁过程中会吸收溶剂或底涂液，在施打胶前，必须等其挥发完毕。

要求同本规范第3.1.2条的解释。选择背衬材泡沫棒是为了控制密封胶以达到设计的深度。

耐候胶打胶步骤的要求就是为了保证打胶密实、无气泡、表面美观。胶表面结皮时间一般在20分钟，应在结皮前修正和除去遮蔽条。现场施工时雨天、大风天和黑夜无法保证打胶质量。由于耐候密封胶为单组分密封胶，其固化受温度、湿度影响很大，不同季节对密封胶的使用效果会产生影响，例如在春、秋季节一天温度变化大的，幕墙的金属面板会由于膨胀位移大，密封胶尚未固化，接缝的变形引起密封胶皱褶俗称起泡，此现象与密封胶的质量无关，所以现场施工时也应将季节因素考虑进去。

粘结性是保证有效密封性能的前提，固化完全后一般在7～21天，然后进行检测，工厂内对装配式板块检验与结构胶粘结检验相同；现场检验建议开始300米做5次测试，以后每300米做一次或每一楼层每一立面做一次测试。 检测粘结性的具体方法为：用刀沿水平方向将胶从接口一边割至另一边，在接口两边各垂直割大约75mm长，在胶上25mm处做一记号，抓住50mm长的胶条，向后90°用力拉超过25mm的标项处，检查胶的粘结性。

## 10.14　检验

**10.14.1** 幕墙构件或组件的外观和尺寸应全数进行检验，检验合格后方可出厂。

**10.14.2**幕墙构件或组件应符合设计要求和本规程的规定，外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。外观质量和尺寸偏差应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的规定。

**10.14.3**预制混凝土外挂墙板反打陶瓷砖的粘结强度应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110的规定。

**10.14.4** 外挂墙板、预埋件、预留孔洞的尺寸偏差应符合表10.14.4的规定。

**表10.14.4 尺寸允许偏差及检验方法**



## 10.15　存放、装卸及防护

**10.15.1** 幕墙构件存放应符合下列要求：

**1** 宜设置专用堆放场地，并应有安全保护措施。短期露天存放时应采取防水、防火和遮阳防护措施；

**2** 宜存放在专用周转架上；

**3** 应依照安装顺序先出后进的原则按编号排列放置；

**4** 不应直接叠层堆放；

**5** 不宜频繁搬动。

**10.15.2**幕墙构件运输及防护应符合下列要求：

**1**做好成品保护，并按照加工顺序号进行装车，板块的摆放方向应符合板块规定的运输方向；摆放平稳，固定牢靠，减小板块或型材变形；

**2** 装卸及运输过程中，应采用有足够承载力和刚度的周转架、衬垫或弹性垫，使构件之间相互隔开并相对固定，防止划伤、相互挤压和串动；

**3** 异形板块和超过运输允许尺寸的单元板块，应采取特殊措施；

**4** 运输过程中，应采取措施减小颠簸并做好防止天气变化的准备措施，

**5** 楼层上设置的接料平台应进行专门设计，接料平台的承载能力应大于板

块、周转架的最大自重以及搬运人员体重和其他施工荷载的组合设计值。同时，能承受承料台所承受水平荷载的分力。接料平台的周边应设置防护栏杆。

**10.15.3**外挂墙板构件在运输过程中应做好安全和成品防护，避免开裂、破损及变形等，并应符合下列规定：

**1** 应根据预制构件种类采取可靠的固定措施；

**2**对于超高、超宽、形状特殊的大型预制构件的运输和存放应制定专门的质量安全保证措施；运输时应规划合理的运输路径，符合当地的交通法律规定；

**3** 运输时宜采取如下防护措施：

**1）**设置柔性垫片避免预制外挂墙板边角部位或链索接触处的混凝土损伤。

**2）**用塑料薄膜包裹垫块避免预制外挂墙板构件外观污染。

**3）**装箱运输时，箱内四周采用木材或柔性垫片填实，支撑牢固。

**4**托架、靠放架、插放架应进行专门设计。

**【**条文说明**】**当预制外挂墙板运输时，需要注意考虑平面外附加应力的构造配筋，该附加应力包括自重应力和运输时车辆振动产生的外力，该应力会造成墙面开裂；此外，垫片会造成墙面污染，故宜采用柔性垫片并采用塑料薄膜包裹。

# 11　安装施工

## 11.1　一般规定

**11.1.1**幕墙应结合设计、生产、装配一体化进行整体策划，协同建筑、结构、装饰装修、机电等专业要求，制订相应的施工组织设计和专项施工方案。

**11.1.2**幕墙的安装施工应单独编制施工组织设计，并应符合现行国家标准《施工组织设计规范》GB/T50502的规定，且应包括下列内容：

**1** 施工方案应包括：施工测量方案、预埋件及后置埋件施工方案、单元板块的运输及装卸方案、单元板块吊装方案、与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案；

**2**施工方案中应包含：安装顺序及嵌缝收口要求，安装方法及允许偏差要求，关键部位、重点、难点施工部位安装方法应单独标出；

**3** 构件、组件和成品的现场保护方法；

**4** 质量要求及检查验收计划；

**5** 安全措施及劳动保护计划。

**11.1.3**施工单位应根据幕墙工程特点配置项目部的机构和人员。施工操作人员应具备各自岗位需要的基础知识和技能，施工单位应对管理人员、施工作业人员进行质量安全技术交底。

**11.1.4**幕墙建筑施工宜采用建筑信息模型技术对施工全过程及关键工艺进行信息化模拟。

## 11.2　安装施工准备

**11.2.1** 施工单位在幕墙施工前，应引入施工首样评审制度，选择有代表性的单元板块进行试安装，并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案。

**11.2.2**幕墙的施工测量应符合下列要求：

**1** 幕墙分格轴线的测量应与主体结构测量相配合，及时调整、分配、消化主体结构偏差，不得积累；

**2** 幕墙施工，应对主体结构施工过程中的垂直度和楼层外廓进行测量、监控；

**3** 应定期对幕墙的安装定位基准进行校核；

**4** 对高层建筑幕墙的测量，应在风力不大于4级时进行。

**11.2.3** 幕墙的施工现场应根据施工平面规划设置运输通道和存放场地，并应符合下列规定：

**1** 现场幕墙板块的运输道路和存放场地应坚实平整，并有排水措施；

**2** 施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度；

**3** 幕墙板块运送到施工现场后，应按使用部位、吊装顺序分别设置存放场地，减少施工现场内二次搬运。

**4** 幕墙板块装卸、吊装工作范围内不应有障碍物，并应有满足幕墙板块周转使用的场地。

**5** 幕墙板块应存放在保证安全、利于保护，便于检验、易于吊运的专用存放架内，存放架应具有足够抗倾覆稳定性能。若存放在楼层内，应考虑楼板承重能力，通过计算确定幕墙板块存放数量及位置。

**11.2.4** 幕墙材料、工具及配件等应进行进场验收，未经检验或不合格的产品不得使用。

**11.2.5** 安装施工前，应熟悉施工设计图纸，收集有关测量资料，明确施工要求，制定施工测量和安装定位标识方案，测量方案应符合现行国家标准《工程测量规范》 GB 50026 的有关规定。

**11.2.6** 安装施工前，应制定经济合理的垂直运输方案，根据运输任务和特点，科学配置垂直运输设备，并结合场地进行合理布置，细化并优化垂直运输设备与结构及构件的附着方式。

**11.2.7** 根据工程施工需求，幕墙板块需要进入相应楼层的，板块垂直运输及楼层间的摆放等应制定专项方案，审批通过后实施。

**11.2.8** 幕墙的吊装设备准备应符合下列规定：

1 安装板块的吊装机具应进行专门设计，吊装机具的承载能力应大于板

块吊装施工中各种荷载和作用组合的设计值。

2 应对吊装机具安装位置的主体结构承载能力进行校核；吊装机具应与

主体结构可靠连接，并应采取限位、防止脱轨、防倾覆设施。

3 应采取减小板块在垂直运输和吊装过程中摆动的有效措施。

4 吊装机具上宜设置防止板块坠落的保护设施、行程开关。

5 吊装机具运行速度应可控制，并应有安全保护措施。

6 吊装前，应对吊装机具进行全面的质量、安全检验，并应进行空载试

运转。

7 应定期对吊挂用钢丝绳进行检查，发现断股应及时更换。

8定期对吊装机具进行检查、保养，发现问题立即停工并进行修理，严

禁吊装机具带病作业。

9吊装机具操作人员应经培训并考核合格。

10应采取吊装机具的防潮、防雨和防尘措施。

**11.2.9** 定型起重设备应由具有安装资质的单位安装并自检验收合格，投入使用前应由幕墙专业分包单位、总承包单位、监理单位共同验收合格。

**11.2.10** 吊装设备安装前，应对吊装设备安装位置的主体结构承载能力进行校核。吊装设备应与主体结构可靠连接，并有防止脱轨或限位、防倾覆设施。

**11.2.11** 安装施工前，应复核吊装设备的吊装能力。应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33 的有关规定，检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，并核实现场环境、天气、道路状况等满足吊装施工要求。

## 11.3 单元式墙体吊装

**11.3.1** 单元式幕墙板的吊挂件、支撑件应具备可调整范围，并应采用不锈钢螺栓将吊挂件与立柱固定牢固，固定螺栓不得少于2个。

**11.3.2** 幕墙板起吊和就位应符合下列规定：

**1**单元幕墙板上的吊挂点位置、数量应根据板块的形状和重心设计，吊点和挂点应符合设计要求，吊点不应少于2个；

**2** 起吊板块的重量不应超过吊具起重量和接料平台的承载能力，并应进行试吊。板块试吊高度应距地面0.5m，经检查挂钩、吊绳、吊装设备及吊装现场安全后，方可进行上下起吊试验。板块上升6m，下降5.5m往返三次安全无异常后，方可进行正式施工吊运。

**3** 起吊板块时，应使各吊点均匀受力，起吊过程应保持板块平稳；

**4** 吊装升降和平移过程中应保持板块不摆动、不撞击其他物体；

**5** 吊装过程应采取保证装饰面不受磨损和挤压的措施；

**6** 板块就位时，应先将其挂到主体结构的挂点上并进行校准和固定，再进

行其他工序。

**7** 幕墙连接件安装调整完毕后，应及时进行防腐处理。连接件的安

装允许偏差和检验方法应符合表11.3.2的规定。

**表11.3.2 连接件安装允许偏差和检验方法**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 标高 | ±1.0；  可上下调节时取±2.0 | 用水准仪检查 |
| 连接件两端点平行度 | 1.0 | 用钢尺检查 |
| 距安装轴线水平距离 | ±1.0 | 用钢尺检查 |
| 垂直偏差（上、下两端点与垂线偏差） | 1.0 | 用钢尺检查 |
| 两连接件连接点中心水平距离 | ±1.0 | 用钢尺检查 |
| 上、下对角的两连接件的对角线长度差 | 1.0 | 用钢尺检查 |
| 相邻三连接件（上下、左右）偏差 | ±1.0 | 用钢尺检查 |

**11.3.3** 幕墙板安装应按下列规定进行：

**1** 幕墙板块安装前，应对下一层幕墙板块的上横框型材进行清理，并检查板块接口之间的防水装置、密封措施是否符合设计要求；

**2** 安装施工中，不得用铁锤等敲击板块；

**3** 每一板块安装后应进行测量，使幕墙的水平度和垂直度偏差不大于板块相应边长的1/1000。

**11.3.4** 幕墙板校正及固定应按下列规定进行：

**1** 幕墙板块就位后，应及时调整、校正；

**2** 幕墙板调整、校正后，应及时安装防松脱、防双向滑移和防倾覆装置。采用焊接施工时，应及时对焊接部位进行防腐处理；

**3** 幕墙板固定完成后，应及时清洁板上部型材槽口，并按设计要求完成板接口之间的防水密封处理；

**4** 按设计要求安装防雷装置、保温层、防火层。防火层应平整，拼接处不留缝隙，完成后应进行隐蔽工程验收。

**5** 单元式幕墙安装固定后的偏差应符合表11.4.4的规定。

**表11.3.4 单元式幕墙安装允许偏差**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | | | 允许偏差（mm） | 检查方法 |
| 1 | 竖缝及墙面垂直度 | 幕墙高度H（m） | | ≤10 | 激光经纬仪  或经纬仪 |
| H≤30 | |
| 30<H≤60 | | ≤15 |
| 60<H≤90 | | ≤20 |
| H＞90 | | ≤25 |
| 2 | 幕墙平整度 | | | ≤2.5 | 2m靠尺、钢板尺 |
| 3 | 缝直线度 | | | ≤2.5 | 2m靠尺、钢板尺 |
| 4 | 缝宽度（与设计值比） | | | ±2 | 卡尺 |
| 5 | 耐候胶缝直线度 | L≤20m | | 1 | 钢尺 |
| 20m< L≤60m | | 3 |
| 60m< L≤100m | | 6 |
| L >100m | | 10 |
| 6 | 两相邻面板之间接缝高低差 | | | ≤1.0 | 深度尺 |
| 7 | 同层单元组件标高 | | 宽度不大于35m | ≤3.0 | 激光经纬仪或经纬仪 |
| 宽度大于35m | ≤5.0 |
| 8 | 相邻两组件面板表面高低差 | | | ≤1.0 | 深度尺 |
| 9 | 两组件对插件接缝搭接长度  (与设计值比) | | | ±1.0 | 卡尺 |
| 10 | 两组件对插件距槽底距离(与设计值比) | | | ±1.0 | 卡尺 |

**11.3.5** 施工中如果暂停安装，应对幕墙板块对插槽口等部位进行保护；施工过程中应对安装完毕的幕墙板块应及时进行成品保护。

## 11.4　吊装点核查

**11.4.1** 固定于主体结构上的连接件（挂座）安装，应符合下列要求：

**1** 连接件调整完毕后，应及时进行防腐处理；

**2** 连接件安装允许偏差应符合表11.3.2的规定。

**11.4.2**吊装前，应对安装部位的主体结构及预埋件进行测量放线，测量放线应符合现行国家标准《工程测量规范》GB50026的有关规定。

**11.4.3**由于主体结构施工偏差或变更，使幕墙预埋件位置偏差过大或主体结构未埋设预埋件时，应制订补救措施或可靠连接方案，经与业主、设计、施工单位洽商后并在幕墙安装前实施。

## 11.5　幕墙密封

**11.5.1** 幕墙接缝防水施工前，应将板缝空腔清理干净，应按设计要求填塞背衬材料。。

**11.5.2** 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度应符合设计要求；

**11.5.3** 粘贴止水条粘贴前，应先清扫混凝土表面灰尘，粘贴止水条作业时，粘贴面应为干燥状态；

**11.5.4** 应在混凝土面和止水条粘贴面均匀涂刷粘结剂，涂上专用粘结剂后，压入止水条；

**11.5.5** 预制外墙板侧止水条应采用专用粘贴剂粘贴，止水条与相邻的幕墙板块应压紧、密实；

**11.5.6** 接缝处防水胶带粘贴宽度、厚度应符合设计要求，防水胶带应在幕墙板块校核固定后粘贴；

**11.5.7** 连接接缝采用防水胶带施工前，粘结面应清理干净，并涂刷界面剂；

**11.5.8** 防水胶带应与幕墙板块粘接牢固，不得虚粘。

## 11.6　安全规定

**11.6.1**幕墙施工应执行国家、地方、行业和企业的安全生产法规和规章制度，落实各级各类人员的三级安全教育制度和安全生产责任制。

**11.6.2**幕墙应落实安全措施，并应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46 等的有关规定。

**11.6.3**施工企业应根据工程施工特点对重大危险源进行分析并予以公示，并制定相对应的安全生产应急预案。

**11.6.4**施工单位应对从事幕墙吊装作业及相关人员进行安全培训与交底，识别预制构件进场、卸车、存放、吊装、就位各环节的作业风险，并制订防控措施。

**11.6.5**安装作业开始前，应对安装作业区进行围护并做出明显的标识，拉警戒线，根据危险源级别安排进行旁站，严禁与安装作业无关的人员进入。

**11.6.6**安装作业使用专用吊具、吊索等，施工使用的定型工具式支撑、支架等，应进行安全验算，使用中进行定期、不定期进行检查，确保其安全状态。

**11.6.7**幕墙板块吊装、超大玻璃板块吊装、幕墙支撑结构吊装应编制安全专项施工方案，超过一定规模的危险性较大的施工方案或者超常规吊装风险大的施工方案，应经过专家论证通过后方可实施。

**11.6.8** 幕墙吊装施工严禁违章作业，禁止施工吊装超载；吊运时严禁斜拉斜吊，严禁在群体建筑中跨建筑盲吊。

**11.6.9** 幕墙安装施工期间，应严格控制噪声和遵守现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523 的规定。

**11.6.10** 夜间施工时，应防止光污染对周边居民的影响。

**11.6.11** 幕墙安装过程中废弃物等应进行分类回收。施工中产生的粘接剂、稀释剂等易燃易爆废弃物应及时收集送至指定储存器内并按规定回收，严禁丢弃未经处理的废弃物。

**11.6.12** 安装施工机具在使用前，应进行全面检查、检修；使用中，应定期进行安全检查。手持电动工具应进行绝缘电压试验；手持玻璃吸盘及玻璃吸盘机应进行吸附重量和吸附持续时间试验。开工前，应进行试运转。

**11.6.13** 采用外脚手架施工时，脚手架应经过设计，并应与主体结构可靠连接。悬挂式脚手架宜为3层层高；落地式钢管脚手架应为双排布置。

**11.6.14** 当幕墙安装与主体结构施工交叉作业时，在主体结构的施工层下方应设置防护设施；在距离地面约3m高度处，应设置挑出宽度不小于6m的水平防护设施。

**11.6.15** 采用吊篮施工时，应符合下列要求：

**1** 施工吊篮应进行设计，使用前应进行严格的安全检查，符合要求方可使用；

**2** 安装吊篮的场地应平整，并能承受吊篮自重和各种施工荷载的组合设计值；

**3** 吊篮用配重与吊篮应可靠连接；

**4** 每次使用前应进行空载运转并检查安全锁是否有效。进行安全锁试验时，吊篮离地面高度不得超过1.0米，并只能进行单侧试验；

**5** 施工人员应经过培训，熟练操作施工吊篮；

**6** 施工吊篮不应作为竖向运输工具，并不得超载；

**7** 不应在空中进行施工吊篮检修；

**8** 施工吊篮上的施工工人必须戴安全帽、配系安全带，安全带必须系在保险绳上并与主体结构有效连接；

**9** 吊篮上不得放置电焊机，也不得将吊篮和钢丝绳作为焊接地线，收工后，吊篮应降至地面，并切断吊篮电源；

**10** 收工后，吊篮及吊篮钢丝绳应固定牢靠，并做好电器防雨、防潮和防尘措施。长期停用，应对钢丝绳的采取有效的防锈措施。

**11.6.16** 现场焊接作业时，应采取可靠的防火措施。

**11.6.17** 施工过程中，每完成一道施工工序后，应及时清理施工现场遗留的杂物。施工过程中，不得在窗台、栏杆上放置施工工具。在脚手架和吊篮上施工时，不得随意抛掷物品。

# 12 工程验收

## 12.1 一般规定

**12.1.1** 幕墙工程验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的规定。

**12.1.2** 幕墙工程验收时应检查下列文件和记录：

**1**幕墙工程的施工图、结构计算书、热工性能计算书、设计变更文件、设计说明及其他设计文件；

**2**建筑设计单位对幕墙工程设计的确认文件；

**3**幕墙工程所用材料、构件、组件、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检验报告、进场验收记录和复验报告；

**4**幕墙工程所用硅酮结构胶的抽查合格证明；国家批准的检测机构出具的硅酮结构胶相容性和剥离粘结性检验报告；石材用密封胶的耐污染性检验报告；

**5** 后置埋件和槽式预埋件的现场拉拔力检验报告；

**6**封闭式幕墙的气密性能、水密性能、抗风压性能及层间变形性能检验报告；

**7**注胶、养护环境的温度、湿度记录；双组份硅酮结构胶的混匀性试验记录及拉断试验记录；

**8**幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；

**9**隐蔽工程验收记录；

**10**幕墙构件、组件和面板的加工制作检验记录；

**11**幕墙安装施工记录；

**12**现场淋水检验记录。

**12.1.3**幕墙工程应对下列材料及其性能指标进行复验：

**1**铝塑复合板的剥离强度；

**2**石材、瓷板、陶板、微晶玻璃板、木纤维板、纤维水泥板和石材蜂窝板的抗弯强度；严寒、寒冷地区石材、瓷板、陶板、纤维水泥板和石材蜂窝板的抗冻性；室内用花岗石的放射性；

**3**幕墙用结构胶的邵氏硬度、标准条件拉伸粘结强度、相容性试验、剥离粘结性试验；石材用密封胶的污染性；

**4** 中空玻璃的密封性能；

**5** 防火、保温材料的燃烧性能；

**6**铝材、钢材主受力杆件的抗拉强度；

**7**封闭式幕墙的气密性能、水密性能、抗风压性能及层间变形性能；

**8** 后置埋件和槽式预埋件的现场拉拔力；

**9**饰面砖粘结强度。

**12.1.4**幕墙工程应对下列隐蔽工程项目进行验收：

**1** 埋件、锚栓及连接件；

**2** 构件的连接节点；

**3** 幕墙四周、幕墙内表面与主体结构之间的封堵；

**4** 伸缩缝、沉降缝、防震缝及墙面转角节点；

**5** 隐框玻璃板块的固定；

**6** 幕墙防雷连接节点；

**7** 幕墙防火、隔烟节点；

**8** 单元式幕墙的封口节点。

**12.1.5** 各分项工程的检验批应按下列规定划分：

**1**相同设计、材料、工艺和施工条件的幕墙工程每1000m2应划分为一个检验批，不足1000 m2也应划分为一个检验批；

**2**同一单位工程不连续的幕墙工程应单独划分检验批；

**3**对于异形或有特殊要求的幕墙，检验批的划分应根据幕墙的结构、工艺特点及幕墙工程规模，由监理单位（或建设单位）和施工单位协商确定。

**12.1.6** 幕墙及其连接件应具有足够的承载力、刚度和相对于主体结构的位移能力。当幕墙构架立柱的连接金属角码与其他连接件采用螺栓连接时，应有防松动措施。

**12.1.7** 玻璃幕墙采用中性硅酮结构密封胶时，其性能应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB16776的规定；硅酮结构密封胶应在有效期内使用。

**12.1.8** 可能产生电化学腐蚀的不同金属材料接触时应采用绝缘垫片分隔。

**12.1.9** 硅酮结构密封胶的注胶应在洁净的专用注胶室进行，且养护环境、温度、湿度条件应符合结构胶产品的使用规定。

**12.1.10** 幕墙的防火应符合设计要求和现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定。

**12.1.11** 幕墙与主体结构连接的各种埋件，其数量、规格、位置和防腐处理应符合设计要求。

**12.1.12** 幕墙的变形缝等部位处理应保证缝的使用功能和饰面的完整性。

## 12.2玻璃幕墙工程

I 主控项目

**12.2.1** 玻璃幕墙工程所用材料、构件和组件应符合设计要求和国家现行标准《建筑幕墙》 GB/T 21086、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102的规定。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、性能检验报告、进场验收记录和材料的复验报告。

**12.2.2** 玻璃幕墙的造型和立面分格应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**12.2.3** 主体结构的预埋件和后置埋件位置、数量、规格尺寸及后置埋件、槽式预埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；检查后置埋件和槽式预埋件的现场拉拔检验报告。

**12.2.4** 玻璃幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、玻璃面板的安装应符合设计要求，安装应牢固。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**12.2.5** 隐框或半隐框玻璃幕墙，每块玻璃下端应设置两个铝合金或不锈钢托条，其长度不应小于100mm，厚度不应小于2mm，托条外端应低于玻璃外表面2mm。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.2.6** 吊挂在主体结构上的全玻璃幕墙吊夹具应符合设计要求，玻璃与玻璃，玻璃与玻璃肋之间的缝隙，应采用硅酮结构密封胶填嵌严密。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.2.7** 玻璃幕墙节点、各种变形缝、墙角的连接点应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.2.8** 玻璃幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

**12.2.9** 玻璃幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水检验记录。

**12.2.10** 金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**11.2.11** 玻璃幕墙开启窗的配件应齐全，安装应牢固，安装位置和开启方向、角度应正确；开启应灵活，关闭应严密。

检验方法：观察；手扳检查；开启和关闭检查。

**12.2.12**玻璃幕墙的金属构架应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

Ⅱ 一般项目

**12.2.13**玻璃幕墙表面应平整、洁净；整幅玻璃的色泽应均匀一致；不得有污染和镀膜损坏。

检验方法：观察。

**11.2.14**每平方米玻璃的表面质量要求和检验方法应符合表12.2.14的规定。

**表12.2.14 每平方米玻璃的表面质量要求和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 明显划伤和长度＞100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 长度≤100mm的轻微划伤 | ≤8条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

**12.2.15**一个分格铝合金型材的表面质量要求和检验方法应符合表12.2.1**5**的规定。

**表12.2.15 一个分格铝合金型材的表面质量要求和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项    目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 明显划伤和长度＞100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 长度≤100mm的轻微划伤 | ≤2条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

**12.2.16** 明框玻璃幕墙的外露框或压条应横平竖直，颜色、规格应符合设计要求，压条安装应牢固。单元玻璃幕墙的单元拼缝或隐框玻璃幕墙的分格玻璃拼缝应横平竖直、均匀一致。

检验方法：观察；手扳检查；检查进场验收记录。

**12.2.17** 玻璃幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**12.2.18** 玻璃幕墙隐蔽节点的遮封装修应牢固、整齐、美观。

检验方法：观察；手扳检查。

**12.2.19**明框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.2.19的规定。

**表12.2.19 明框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项    目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤60m | 15 |
| 60m＜幕墙高度≤90m | 20 |
| 90m＜幕墙高度≤150m | 25 |
| 幕墙高度＞150m | 30 |
| 2 | 幕墙横向构件水平度 | 幕墙幅宽≤35m | 5 | 用水平仪检查 |
| 幕墙幅宽＞35m | 7 |
| 3 | 构件直线度 | | 2 | 用2m靠尺和塞尺检查 |
| 4 | 构件水平度 | 构件长度≤2m | 2 | 用水平仪检查 |
| 构件长度＞2m | 3 |
| 5 | 相邻构件错位 | | 1 | 用钢直尺检查 |
| 6 | 分格框对角线长度差 | 对角线长度≤2m | 3 | 用钢尺检查 |
| 对角线长度＞2m | 4 |

**12.2.20**隐框、半隐框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.2.20的规定。

**表12.2.20 隐框、半隐框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差（mm） | 检 验 方 法 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤60m | 15 |
| 60m＜幕墙高度≤90m | 20 |
| 90m＜幕墙高度≤150m | 25 |
| 幕墙高度＞150m | 30 |
| 2 | 幕墙横向构件水平度 | 幕墙幅宽≤35m | 5 | 用水平仪检查 |
| 幕墙幅宽＞35m | 7 |
| 3 | 幕墙表面平整度 | | 2 | 用2 m靠尺和塞尺检查 |
| 4 | 板材立面垂直度 | | 2 | 用1 m垂直检测尺检查 |
| 5 | 板材上沿水平度 | | 2 | 用1m水平尺和钢直尺检查 |
| 6 | 相邻板材板角错位 | | 1 | 用钢直尺检查 |
| 7 | 阳角方正 | | ±2 | 用200mm直角检测尺检查 |
| 8 | 接缝直线度 | | 3 | 拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查 |
| 9 | 接缝高低差 | | 1 | 用钢直尺和塞尺检查 |
| 10 | 接缝宽度 | | ±1 | 用钢直尺或卡尺检查 |

**12.2.21** 点支承玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.2.21的规定。

**表12.2.21点支承玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差  （mm） | 检验方法 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤50m | 15 |
| 2 | 幕墙表面平整度 | | 2.5 | 用2m靠尺和塞尺检查 |
| 3 | 接缝直线度 | | 2.5 | 拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查 |
| 4 | 接缝高低差 | | 1 | 用钢直尺和塞尺检查 |
| 5 | 接缝宽度 | | ±2 | 用钢直尺或卡尺检查 |

**12.2.22**单元式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.2.22的规定。

**表12.2.22 单元式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤60m | 15 |
| 60m＜幕墙高度≤90m | 20 |
| 90m＜幕墙高度≤150m | 25 |
| 幕墙高度＞150m | 30 |
| 2 | 幕墙表面平整度 | | 2.5 | 用2m靠尺和塞尺检查 |
| 3 | 接缝直线度 | | 2.5 | 拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查 |
| 4 | 相邻两单元接缝高低差 | | 1 | 用钢直尺和塞尺检查 |
| 5 | 单元之间接缝宽度（与设计值比） | | ±2 | 用钢直尺或卡尺检查 |
| 6 | 单元对插配合间隙（与设计值比） | | +1，0 | 用钢直尺检查 |
| 7 | 单元对插搭接宽度 | | ±1 | 用钢直尺检查 |

## 12.3金属幕墙工程

Ⅰ 主控项目

**12.3.1**金属幕墙工程所用材料和配件应符合设计要求和国家现行标准《建筑幕墙》 GB/T 21086、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133的规定。

检验方法：检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**12.3.2**金属幕墙的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**12.3.3** 金属幕墙主体结构的预埋件和后置埋件位置、数量、规格尺寸及后置埋件、槽式预埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；检查后置埋件和槽式预埋件的现场拉拔检验报告。

**12.3.4**金属幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、金属面板的安装应符合设计要求，安装应牢固。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**12.3.5**金属幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**12.3.6**金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.3.7**金属幕墙的金属构架应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**12.3.8** 变形缝、墙角的连接节点应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

**12.3.9**金属幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水检验记录。

Ⅱ 一般项目

**12.3.10**金属板表面应平整、洁净、色泽一致。

检验方法：观察。

**12.3.11**金属幕墙的压条应平直、洁净、接口严密、安装牢固。

检验方法：观察；手扳检查。

**12.3.12**金属幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**12.3.13**金属幕墙流水坡向应正确，滴水线应顺直。

检验方法：观察；用水平尺检查。

**12.3.14**每平方米金属板的表面质量要求和检验方法应符合表12.3.14的规定。

**表12.3.14 每平方米金属板的表面质量要求和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 明显划伤和长度＞100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 长度≤100mm的轻微划伤 | ≤8条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

**12.3.15**金属幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.3.15的规定。

**表12.3.15 金属幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤60m | 15 |
| 60m＜幕墙高度≤90m | 20 |
| 90m＜幕墙高度≤150m | 25 |
| 幕墙高度＞150m | 30 |
| 2 | 幕墙横向构件水平度 | 幕墙幅宽≤35m | 5 | 用水平仪检查 |
| 幕墙幅宽＞35m | 7 |
| 3 | 幕墙表面平整度 | | 2 | 用2 m靠尺和塞尺检查 |
| 4 | 板材立面垂直度 | | 3 | 用1 m垂直检测尺检查 |
| 5 | 板材上沿水平度 | | 2 | 用1m水平尺和钢直尺检查 |
| 6 | 相邻板材板角错位 | | 1 | 用钢直尺检查 |
| 7 | 阳角方正 | | ±2 | 用200mm直角检测尺检查 |
| 8 | 接缝直线度 | | 3 | 拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查 |
| 9 | 接缝高低差 | | 1 | 用钢直尺和塞尺检查 |
| 10 | 接缝宽度 | | ±1 | 用钢直尺或卡尺检查 |

# 11.4石材幕墙工程

Ⅰ 主控项目

**12.4.1**石材幕墙工程所用材料的品种、规格、性能等级，应符合设计要求和国家现行标准《建筑幕墙》 GB/T 21086、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133的规定。

检验方法：观察；尺量检查；检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**12.4.2**石材幕墙的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合设计要求。

检验方法：观察。

**12.4.3**石材孔、槽的数量、深度、位置、尺寸应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录或施工记录。

**12.4.4**石材幕墙主体结构的预埋件和后置埋件位置、数量、规格尺寸及后置埋件、槽式预埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；检查后置埋件和槽式预埋件的现场拉拔检验报告。

**12.4.5** 石材幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、石材面板的安装应符合设计要求，安装应牢固。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**11.4.6**金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**12.4.7**石材幕墙的金属构架应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.4.8**石材幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**12.4.9** 变形缝、墙角的连接节点应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.4.10**石材表面和板缝的处理应符合设计要求。

检验方法：观察。

**12.4.11**有防水要求的石材幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水检验记录。

Ⅱ 一般项目

**12.4.12**石材幕墙表面应平整、洁净、无污染，不得有缺损和裂痕。颜色和花纹应协调一致、无明显色差、无明显修痕。

检验方法：观察。

**12.4.13**石材幕墙的压条应平直、洁净、接口严密、安装牢固。

检验方法：观察；手扳检查。

**12.4.14**石材接缝应横平竖直、宽窄均匀；阴阳角石板压向应正确，板边合缝应顺直；凸凹线出墙厚度应一致，上下口应平直；石材面板上洞口、槽边应套割吻合，边缘应整齐。

检验方法：观察；尺量检查。

**12.4.15**石材幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**12.4.16**石材幕墙流水坡向应正确，滴水线应顺直。

检验方法：观察；用水平尺检查。

**12.4.17**每平方米石材的表面质量要求和检验方法应符合表12.4.17的规定。

**表12.4.17 每平方米石材的表面质量要求和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 裂痕、明显划伤和长度＞100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 长度≤100mm的轻微划伤 | ≤8条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

**12.4.18**石材幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.4.18的规定。

**表12.4.18 石材幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项     目 | | 允许偏差（mm） | | 检验方法 |
| 光面 | 麻面 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤60m | 15 | |
| 60m＜幕墙高度≤90m | 20 | |
| 90m＜幕墙高度≤150m | 25 | |
| 幕墙高度＞150m | 30 | |
| 2 | 幕墙横向构件水平度 | 幕墙幅宽≤35m | 5 | | 用水平仪检查 |
| 幕墙幅宽＞35m | 7 | |
| 3 | 板材立面垂直度 | | 3 | | 用1 m垂直检测尺检查 |
| 4 | 板材上沿水平度 | | 2 | | 用1m水平尺和钢直尺检查 |
| 5 | 相邻板材板角错位 | | 1 | | 用钢直尺检查 |
| 6 | 幕墙表面平整度 | | 2 | 3 | 用2m靠尺和塞尺检查 |
| 7 | 阳角方正 | | ±2 | ±4 | 用200mm直角检测尺检查 |
| 8 | 接缝直线度 | | 3 | 4 | 拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查 |
| 9 | 接缝高低差 | | 1 | — | 用钢直尺和塞尺检查 |
| 10 | 接缝宽度 | | ±1 | ±2 | 用钢直尺或卡尺检查 |

# 12.5 人造板材幕墙工程

Ⅰ 主控项目

**12.5.1**人造板材幕墙工程所用的材料、构件和组件应符合设计要求和国家现行行业标准《建筑幕墙》 GB/T 21086、《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336的规定。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、进场验收记录和复验报告。

**12.5.2** 人造板材幕墙工程的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**12.5.3**主体结构上的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及后置埋件、槽式预埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；检查槽式预埋件、后置埋件的现场拉拔检验报告。

**12.5.4**幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、面板的安装应符合设计要求，安装应牢固。

检验方法：手搬检查；检查隐蔽工程验收记录。

**12.5.5**幕墙面板挂件的位置、数量、规格应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录或施工记录。

**12.5.6**幕墙面板连接用背栓、预置螺母、抽芯铆钉、连接螺钉的位置、数量、规格尺寸，以及拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、施工记录以及连接点的拉拔力检测报告。

**12.5.7**金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**12.5.8**幕墙的金属构架应与主体防雷装置可靠接通，并符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

**12.5.9**变形缝、墙角的连接节点应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.5.10**幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

**12.5.11**有防水要求的人造板材幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水检验记录。

Ⅱ 一般项目

**12.5.12**幕墙表面应平整、洁净、无污染、色泽一致，不得有缺角、开裂、斑痕等缺陷。瓷板、陶板的施釉表面不得有裂纹。

检验方法：观察。

**12.5.13**幕墙板缝应横平竖直、宽窄均匀。注胶板缝应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；胶条板缝应连续、均匀、牢固。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**12.5.**14转角部位面板边缘应整齐、合缝顺直，压向应符合设计要求。

检验方法：观察。

**12.5.15** 幕墙流水坡向应正确，滴水线应宽窄均匀、光滑顺直。

检验方法：观察。

**12.5.16**幕墙隐蔽节点的遮封装修应整齐美观。

检验方法：观察。

**12.5.17**幕墙面板的表面质量和检验方法应符合表12.5.17-1～12.5.17-4的规定。

表**12.5.17**-1 单块瓷板、陶板、微晶玻璃幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | | | 检验方法 |
| 瓷板 | 陶板 | 微晶玻璃 |
| 1 | 缺棱：长度≤10mm，宽度≤1mm  (长度≤5 mm不计) 。每块板允许处数 | 1 | 1 | 1 | 用钢直尺检查 |
| 2 | 缺角：长度≤5 mm，宽度≤2 mm  (长度≤2 mm，宽度≤2 mm不计)。每块板允许处数 | 1 | 2 | 1 | 用钢直尺检查 |
| 3 | 裂纹（包括隐裂、釉面龟裂） | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 观察 |
| 4 | 窝坑（毛面除外） | 不明显 | 不明显 | 不明显 | 观察 |
| 5 | 明显擦伤、划伤 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 观察 |
| 6 | 轻微划伤 | 不明显 | | | 观察 |
|  | | | | | |

表**12.5.17**-2 每平方米石材蜂窝板幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 缺棱：长度≤8mm，宽度≤1mm，每米长允许处数  （长度＜5mm，宽度＜1mm不计） | 1 | 用钢直尺检查 |
| 2 | 缺角：长度≤4mm，宽度≤2mm，每块板允许处数  （长度＜2mm，宽度＜2mm不计） | 1 | 用钢直尺检查 |
| 3 | 裂纹 | 不允许 | 观察 |
| 4 | 划伤 | 不明显 | 观察 |
| 5 | 擦伤 | 不明显 | 观察 |
|  | | | |

表**12.5.17**-3 单块木纤维板幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 缺棱、缺角 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 裂纹 | 不允许 | 观察 |
| 3 | 表面划痕：长度≤10mm，宽度≤1mm每块板允许处数 | 2 | 用钢直尺检查 |
| 4 | 轻微擦痕：长度≤5mm，宽度≤2mm每块板允许处数 | 1 | 观察 |
|  | | | |

表**12.5.17**-4纤维水泥板幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 缺棱：长度≤10mm，宽度≤3mm  (长度＜5mm不计) 每块板允许处数 | | 2 | 用钢直尺检查 |
| 2 | 缺角：长边≤6mm，短边≤3mm  (长边≤2mm，短边≤2mm不计)允许处数 | | 2 | 用钢直尺检查 |
| 3 | 裂纹、明显划伤、长度大于100mm的轻微划伤 | | 不允许 | 目测观察 |
| 4 | 轻微划伤长度≤100mm， | | 每平方米≤8条 | 用钢直尺检查 |
| 5 | 擦伤总面积 | | 每平方米≤500 mm2 | 用钢直尺检查 |
| 6 | 窝坑  （背面除外） | 光面板 | 不明显 | 观察 |
| 有表面质感等特殊装饰效果板 | 符合设计要求 | 观察 |
|  | | | | |

10.2.18幕墙的安装质量检验应在风力小于4级时进行，幕墙的安装质量和检验方法应符合表12.5.18的规定：

表**12.5.18** 人造板材幕墙安装质量和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 尺寸范围 | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 相邻立柱间距尺寸（固定端） | — | ±2 | 用钢直尺检查 |
| 2 | 相邻两横梁间距尺寸（mm） | ≤2000 | ±1.5 | 用钢直尺检查 |
| ＞2000 | ±2 | 用钢直尺检查 |
| 3 | 单个分格对角线长度差 | 长边边长≤2000 | 3 | 用钢卷尺或伸缩尺检查 |
| 长边边长＞2000 | 3.5 | 用钢卷尺或伸缩尺检查 |
| 4 | 立柱、竖缝及墙面的垂直度 | 幕墙总高度≤30m | 10 | 激光仪或经纬仪 |
| 幕墙总高度≤60m | 15 |
| 幕墙总高度≤90m | 20 |
| 幕墙总高度≤150m | 25 |
| 幕墙总高度＞150m | 30 |
| 5 | 立柱、竖缝直线度 | — | 2 | 2.0m靠尺、塞尺 |
| 6 | 立柱、墙面的平面度 | 相邻两墙面 | 2 | 激光仪或经纬仪 |
| 一幅幕墙总宽度≤20m | 5 |
| 一幅幕墙总宽度≤40m | 7 |
| 一幅幕墙总宽度≤60m | 9 |
| 一幅幕墙总宽度＞80m | 10 |
| 7 | 横梁水平度 | 横梁长度≤2000 | 1 | 水平仪或水平尺 |
| 横梁长度＞2000 | 2 |
| 8 | 同一标高横梁、横缝的高度差 | 相邻两横梁、面板 | 1 | 钢直尺、塞尺  或水平仪 |
| 一幅幕墙幅宽≤35m | 5 |
| 一幅幕墙幅宽＞35m | 7 |
| 9 | 缝宽度（与设计值比较） | — | ±2 | 游标卡尺 |
| 注：一幅幕墙是指立面位置或平面位置不在一条直线或连续弧线上的幕墙。 | | | | |

12.6 单元式幕墙工程

Ⅰ 主控项目

**12.6.1**单元式幕墙工程所用材料、构件和组件应符合设计要求和国家现行行业标准《建筑幕墙》 GB/T 21086《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133、《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336的规定。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、性能检验报告、进场验收记录和材料的复验报告。

**12.6.2**单元式幕墙的造型和立面分格应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**12.6.3** 主体结构上的预埋件位置、数量、规格尺寸应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录。

**12.6.4** 幕墙单元体与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、面板的安装应符合设计要求，安装应牢固。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**12.6.5**单元式幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

**12.6.6**单元式幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水检验记录。

**12.6.7**金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**12.6.8**单元式幕墙开启窗的配件应齐全，安装应牢固，安装位置和开启方向、角度应正确；开启应灵活，关闭应严密。

检验方法：观察；手扳检查；开启和关闭检查。

**12.6.9**单元式幕墙的金属构架应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

Ⅱ 一般项目

**12.6.10**单元式幕墙表面应平整、洁净；色泽应均匀一致；不得有污染和损坏。

检验方法：观察。

**12.6.11**幕墙面板的表面质量和检验方法应符合下列规定：

1. 玻璃的表面质量和检验方法应符合表12.6.11-1的规定。

**表12.6.11-1 每平方米玻璃的表面质量和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 明显划伤和长度＞100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 长度≤100mm的轻微划伤 | ≤8条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

2 金属板的表面质量和检验方法应符合表12.6.11-2的规定；

**表12.6.11-2 每平方米金属板的表面质量和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 质量要求 | | 检验方法 | |
| 宽度0.1mm～0.3mm的划伤 | 总长度小于100mm且不多于8条 | | 观察、用钢尺检查 | |
| 擦伤 | 不大于500mm2，且不多于2处 | | 观察、用钢尺检查 | |
|  | |  | |

3 石材的表面质量和检验方法应符合12.6.11-3的规定。

**表12.6.11-3 每平方米石材的表面质量和检验方法**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 宽度0.1mm～0.3mm的划伤 | 每条长度小于100mm且不多于2条 | 观察、用钢尺检查 |
| 缺棱、缺角 | 缺损深度小于5mm且不多于2处 | 观察、用钢尺检查 |

4人造板材面板的表面质量和检验方法应符合表12.6.11-4、表12.6.11-5、表12.6.11-6和表12.6.11-7的规定。

表12.6.11-4 单块瓷板、陶板、微晶玻璃幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项 目 | 质量要求 | | | 检验方法 |
| 瓷 板 | 陶 板 | 微晶玻璃 |
| 1 | 缺棱：长度×宽度不大于10 mm×1 mm  (长度小于5 mm不计) 周边允许（处） | 1 | 1 | 1 | 用钢尺检查 |
| 2 | 缺角：边长不大于5 mm×2 mm  (边长小于2 mm×2 mm不计)（处） | 1 | 2 | 1 | 用钢尺检查 |
| 3 | 裂纹（包括隐裂、釉面龟裂） | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 观察 |
| 4 | 窝坑（毛面除外） | 不明显 | 不明显 | 不明显 | 观察 |
| 5 | 明显擦伤、划伤 | 不允许 | 不允许 | 不允许 | 观察 |
| 6 | 轻微划伤 | 不明显 | | | 观察 |

表12.6.11-5 每平方米石材蜂窝板幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 缺棱：最大长度≤8mm，最大宽度≤1mm，周边每米长允许  （处）（长度＜5mm，宽度＜1.0mm不计） | 1 | 用钢尺检查 |
| 2 | 缺角：最大长度≤4mm，最大宽度≤2mm，每块板允许（处）  （长度、宽度＜2mm，不计） | 1 | 用钢尺检查 |
| 3 | 裂纹 | 不允许 | 观察 |
| 4 | 划伤 | 不明显 | 观察 |
| 5 | 擦伤 | 不明显 | 观察 |

表12.6.11-6 单块木纤维板幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项 目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 缺棱、缺角 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 裂纹 | 不允许 | 观察 |
| 3 | 表面划痕：长度不大于10mm，宽度不大于1mm每块板允许（处） | 2 | 用钢尺检查 |
| 4 | 轻微擦痕：长度不大于5mm，宽度不大于2mm 每块板允许（处） | 1 | 观察 |

表12.3.2-7 纤维水泥板幕墙面板的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项 目 | | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 缺棱：长度×宽度不大于10 mm×3 mm  (长度小于5 mm不计) 周边允许（处） | | 2 | 用钢尺检查 |
| 2 | 缺角：边长6 mm×3 mm  (边长2 mm×2 mm不计)允许（处） | | 2 | 用钢尺检查 |
| 3 | 裂纹、明显划伤、长度大于100mm的轻微划伤 | | 不允许 | 观察 |
| 4 | 长度≤100mm | | 每平方米≤8条 | 用钢尺检查 |
| 5 | 擦伤总面积 | | 每平方米≤500 mm2 | 用钢尺检查 |
| 6 | 窝坑  （背面除外） | 光面板 | 不明显 | 观察 |
| 有表面质感等特殊装饰效果板 | 符合设计要求 | 观察 |

**12.6.12**一个分格铝合金型材的表面质量要求和检验方法应符合表**12.6.12**的规定。

**表12.6.12 一个分格铝合金型材的表面质量要求和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 明显划伤和长度＞100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 长度≤100mm的轻微划伤 | ≤2条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

**12.6.13**单元式幕墙的拼缝应横平竖直、均匀一致。

检验方法：观察。

**12.6.14**单元式幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**12.6.15**单元式幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表12.3.7的规定。

**表12.6.15 单元式幕墙安装的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 幕墙垂直度 | 幕墙高度≤30m | 10 | 用经纬仪检查 |
| 30m＜幕墙高度≤60m | 15 |
| 60m＜幕墙高度≤90m | 20 |
| 90m＜幕墙高度≤150m | 25 |
| 幕墙高度＞150m | 30 |
| 2 | 幕墙表面平整度 | | 2.5 | 用2m靠尺和塞尺检查 |
| 3 | 接缝直线度 | | 2.5 | 拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查 |
| 4 | 相邻两单元接缝高低差 | | 1 | 用钢直尺和塞尺检查 |
| 5 | 单元之间接缝宽度（与设计值比） | | ±2 | 用钢直尺或卡尺检查 |
| 6 | 单元对插配合间隙（与设计值比） | | +1，0 | 用钢直尺检查 |
| 7 | 单元对插搭接宽度 | | ±1 | 用钢直尺检查 |

## 13使用维护

## 13.1一般规定

**13.1.1**幕墙工程竣工验收时，承包商应向业主提供《幕墙使用维护说明书》。《幕墙使用维护说明书》应包括下列内容：

**1** 幕墙的设计依据、主要特点和性能参数，以及幕墙结构的设计使用年限；

**2** 使用过程中的注意事项；

3 特殊开启形式窗的使用与维护要求；在开启窗明显部位设置的使用警示标志和说明；

4 环境条件变化可能对幕墙使用产生的影响；

5 日常与定期的维护、保养及清洁要求；

6 幕墙的主要结构特点及易损零部件更换方法；

7备品、备料清单及主要易损件的名称、规格；

8 承包商的保修责任、保修年限。

**13.1.2**幕墙交付使用后，应及时制定幕墙的检查、维修、保养计划与制度。幕墙的保养和维护应符合现行行业标准《建筑外墙清洗维护规程》JGJ168的规定。并应做好周边环境的安全保护措施。

## 13.2检查与维修

**13.2.1**日常维护和保养应符合下列规定：

1 保持幕墙表面整洁，避免锐器及腐蚀性气体和液体与幕墙表面接触；

2 保持幕墙排水系统的畅通，发现堵塞及时疏通；

3 保持开缝式幕墙防水系统和排水系统的有效性和完好性，发现堵塞及时疏通；

4 发现门、窗启闭不灵或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；

5 发现密封胶或密封胶条脱落或损坏时，应及时进行修补与更换；

6 发现幕墙构件或附件的螺栓、螺钉松动或锈蚀时，应及时拧紧或更换；

7 发现幕墙面板挂件、背栓等连接部件松动或脱落时，应及时修补或更换；

8 发现幕墙构件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施；

9 对破损的板材应及时进行更换。

**13.2.2** 定期检查和维护应符合下列规定：

1 在幕墙工程竣工验收后一年时，应对幕墙工程进行一次全面检查，此后每五年应检查一次。定期检查和维护项目应包括：

1）幕墙整体有无变形、错位、松动，当发现上述情况，则应对该部位对应的隐蔽结构进行进一步检查；

2）幕墙的主要承力件、连接件和连接螺栓等有无锈蚀、损坏，连接是否可靠；

3）幕墙面板有无松动、开裂和损坏；

4）密封胶有无脱胶、开裂、起泡，密封胶条有无脱落、老化等损坏现象；

5）幕墙排水系统是否通畅，开缝幕墙的防水系统是否损坏或失效；

6）背栓连接幕墙的连接装置是否松动、损坏；

2 石材蜂窝板幕墙工程使用十年后，应对石材铝蜂窝板进行抽样检查；此后每三年宜检查一次。

**13.2.3**应注重台风地区的幕墙的维护。

【条文说明】近年来台风对幕墙的损害越来越多，每次台风过后均需要对幕墙进行全面的检查，并视损坏程度进行维修加固。

**13.2.4**幕墙应定期维护，在灾后应立即进行维护，并查找受灾原因，做好补救加固措施。

【条文说明】定期维护主要涉及定期的检查及维修，保修期内，如有不符合质量要求以及不能正常运行之处，工程承包单位有义务将其修复。因人为损坏及自然性灾害、意外灾害而造成损害的，不在保修范围之内。在保修期内，使用单位应会同幕墙工程承包单位每年进行一次全面性的检查。使用十年后，对耐老化最不利位置的硅酮结构胶进行粘结性检验。相关的检查项目应齐全，做到各种构件、连接件功能正常运行。

若遇到自然灾害或意外灾害，根据不同的灾害情况进行全面的评估，并对损害程度提出修复或加固方案，同时通过相关部门批准，经专业幕墙施工队伍进行施工。

**13.2.5** 灾后检查和维修应符合下列规定：

1 当幕墙遭遇强风袭击后，应及时对幕墙进行全面检查，修复或更换损坏的构件；发现损坏情况较严重时，应及时通知有关单位，制定维修方案，进行维修；

1. 当幕墙遭遇地震、火灾等灾害后，应由专业技术人员对幕墙进行全面的检查，并根据损坏程度制定处理方案和维修方案，进行维修。

## 13.3清洗

**13.3.1** 业主应根据幕墙表面的积灰污染程度，确定其清洗次数，但每年不应少于一次。

**13.3.2**清洗幕墙时，应符合现行行业标准《建筑外墙清洗维护规程》JGJ168的规定，并符合下列规定：

1 宜采用专用清洗设备进行清洗；

2 清洗方法和清洗工具应与幕墙面板材料相适应，不得污染、腐蚀和损伤面板、幕墙构件、密封材料或嵌缝材料；

3清洗材料宜选用清水。幕墙局部污染严重，可采用pH值为6.0～8.0的中性清洗剂或其他对幕墙面板、构件无污染、无损害的措施进行局部清洗，并及时采用清水冲洗；

4 清洗开放式幕墙时，应制定施工作业方案并对水流量进行控制，防止清洗用水大量渗入幕墙背面；

5 清洗应至上而下进行，喷水嘴与幕墙立面宜成60°斜角，并对水压进行控制；

6幕墙的清洗应由经过培训合格的人员进行；

7 雨天、雾天、气温高于35℃或低于5℃时，不得进行幕墙清洗；风力超过5级时，不得进行高空作业；

8 作业面下方地面，应进行围挡并做好警戒、警示标志，并派专人监护。

# 附录A 常用幕墙板块传热系数参考用表

**A.0.1** 幕墙板块的传热系数应在《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008第10.1节规定的标准环境条件下进行计算。

**A.0.2** 玻璃面板标准环境条件下的传热系数(Ug)对应典型玻璃，配合特定的不同支撑框，透明幕墙板块的传热系数（Ut）可按表A.0.2-1～表A.0.2-4进行估算。

**表A.0.2-1： 全明框单元体系统板块传热系数参考值**（W/m2K)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型  Ug | 口字型  （中横梁，底横梁，立柱） | | 日字型  （中横梁，中横梁，底横梁，立柱） | |
| 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m | 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m |
| 1.4 | 1.968 | 1.894 | 2.106 | 2.035 |
| 1.5 | 2.052 | 1.981 | 2.186 | 2.117 |
| 1.6 | 2.137 | 2.067 | 2.267 | 2.200 |
| 1.7 | 2.221 | 2.154 | 2.347 | 2.282 |
| 1.8 | 2.306 | 2.240 | 2.428 | 2.365 |
| 1.9 | 2.390 | 2.327 | 2.508 | 2.447 |
| 2.0 | 2.475 | 2.413 | 2.589 | 2.530 |

注：单元体横梁立柱模型以江河创建集团的U80标准系统为例，玻璃面板采用6+12A+6的中空玻璃。

**表A.0.2-2：全隐框单元体系统板块传热系数参考值**（W/m2K)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型  Ug | 口字型  （中横梁，底横梁，立柱） | | 日字型  （中横梁，中横梁，底横梁，立柱） | |
| 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m | 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m |
| 1.4 | 2.248 | 2.151 | 2.477 | 2.38 |
| 1.5 | 2.334 | 2.239 | 2.559 | 2.47 |
| 1.6 | 2.419 | 2.327 | 2.641 | 2.553 |
| 1.7 | 2.505 | 2.414 | 2.723 | 2.637 |
| 1.8 | 2.591 | 2.502 | 2.805 | 2.721 |
| 1.9 | 2.676 | 2.589 | 2.887 | 2.805 |
| 2.0 | 2.762 | 2.667 | 2.969 | 2.889 |

注：单元体横梁立柱模型以江河创建集团的U80标准系统为例，玻璃面板采用6+12A+6的中空玻璃。

**表A.0.2-3：全明框框架系统板块传热系数参考值**（W/m2K)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型  Ug | 口字型（横梁，立柱） | | 日字型（横梁，中横梁，立柱） | |
| 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m | 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m |
| 1.4 | 1.718 | 1.673 | 1.803 | 1.759 |
| 1.5 | 1.807 | 1.764 | 1.889 | 1.847 |
| 1.6 | 1.896 | 1.855 | 1.975 | 1.935 |
| 1.7 | 1.986 | 1.945 | 2.061 | 2.022 |
| 1.8 | 2.075 | 2.036 | 2.147 | 2.11 |
| 1.9 | 2.164 | 2.127 | 2.233 | 2.198 |
| 2.0 | 2.253 | 2.217 | 2.319 | 2.285 |

注：横梁立柱模型以江河创建集团的S60标准系统为例，玻璃面板采用6+16A+6的中空玻璃。

**表A.0.2-4：全隐框框架系统板块传热系数参考值**（W/m2K)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型  Ug | 口字型（横梁，立柱） | | 日字型（横梁，中横梁，立柱） | |
| 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m | 宽1.2m×高3m | 宽1.5m×高3m |
| 1.4 | 1.838 | 1.776 | 1.951 | 1.891 |
| 1.5 | 1.925 | 1.864 | 2.034 | 1.976 |
| 1.6 | 2.011 | 1.952 | 2.117 | 2.06 |
| 1.7 | 2.098 | 2.041 | 2.2 | 2.145 |
| 1.8 | 2.184 | 2.129 | 2.282 | 2.229 |
| 1.9 | 2.271 | 2.217 | 2.365 | 2.314 |
| 2.0 | 2.762 | 2.667 | 2.969 | 2.889 |

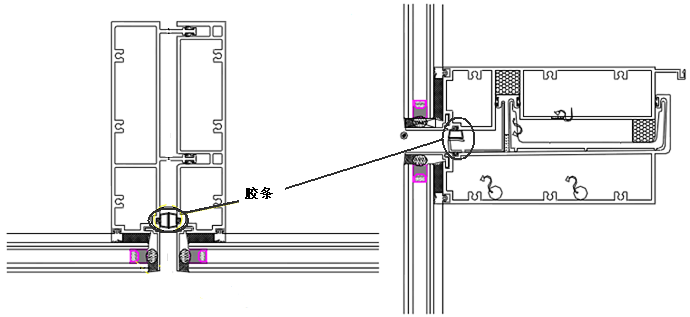
注：横梁立柱模型以江河创建集团的S60标准系统为例，玻璃面板采用6+16A+6的中空玻璃。

# 附录B 玻璃幕墙系统热工性能的影响因素

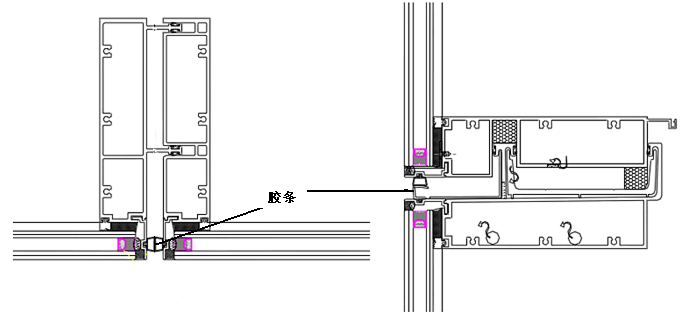
**B.0.1**单元体玻璃幕墙等压胶条位置靠近室内侧（图**B.0.1-1**）或靠近室外侧（图**B.0.1-2**）时，节点热工性能U值如表B.0.1所示。

**表B.0.1 单元体玻璃幕墙等压胶条不同位置节点U值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 胶条位置 | 横梁节点U值 | 立柱节点U值 |
| 靠近室内侧 | 11.19 | 9.93 |
| 靠近室外侧 | 7.96 | 7.07 |



图B.0.1-1 等压胶条靠近室内侧示意图

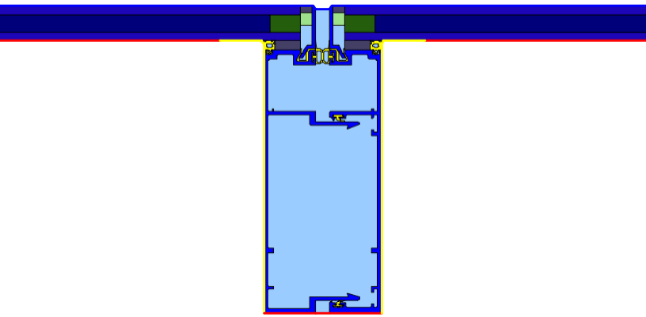


图B.0.1-2等压胶条靠近室外侧示意图

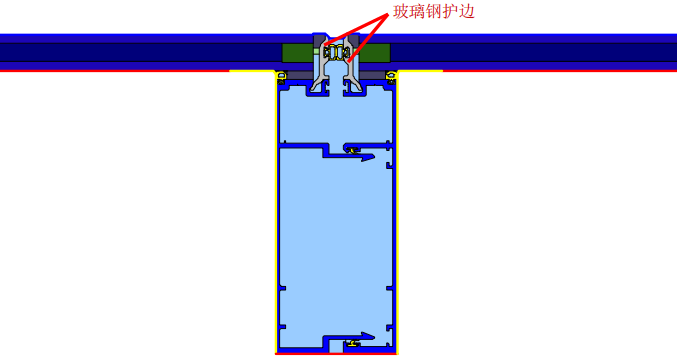
**B.0.2** 单元体玻璃幕墙玻璃护边材质为铝（图**B.0.2-1**）或玻璃钢（图**B.0.2-2**）时，节点热工性能U值如表B.0.2所示。

**表B.0.2 单元体玻璃幕墙玻璃护边材质不同的节点U值**

|  |  |
| --- | --- |
| 玻璃护边材质 | 立柱节点U值 |
| 铝 | 9.95 |
| 玻璃钢 | 7.01 |



图B.0.2-1 铝材质玻璃护边示意图



图B.0.2-2 玻璃钢材质玻璃护边示意图

## B.2 框架玻璃幕墙系统热工性能提高的途径

**B.0.3** 框架玻璃幕墙可采用尼龙垫块断热（图**B.0.3-1**）或软硬共挤隔热断热（图**B.0.3-2**）设计，节点热工性能U值如表B.0.3所示。

**表B.0.3** 框架玻璃幕墙**不同断热的节点U值**

|  |  |
| --- | --- |
| 节点做法 | 节点U值 |
| 尼龙垫块断热 | 6.7995 |
| 软硬共挤隔热断热 | 4.6982 |



图B.0.3-1 尼龙垫块断热示意图



图B.0.3-2 软硬共挤隔热示意图

# 附录C 硅酮结构胶宽度和厚度计算

**C.0.1**硅酮结构胶（图C.0.1）宽度可按以下方法计算：

已知矩形玻璃面板短边长a=1000mm，长边长b=1500mm，风荷载设计值

q1=3kPa，某结构胶抗拉强度设计值，求所需的结构胶宽度。

玻璃结构胶粘接宽度最小值

并满足

因此，该玻璃面板的结构胶粘接宽度可选11mm。

图C.0.1 竖剖示意图

C.0.2 硅酮结构胶厚度可按以下方法计算：

已知矩形玻璃面板宽a=1500mm，高b=2500mm；结构胶施工时的环境温度

20ºC；夏季环境中玻璃面板温度为55ºC、铝框的温度为80ºC；玻璃的线膨胀系数取0.91×10-5/ ºC，铝框的线膨胀系数2.4×10-5/ ºC；某结构胶(以道康宁993为例)弹性模量E=1.4 MPa，剪切强度最大值Γdes=0.105MPa；求玻璃面板的结构胶厚度。

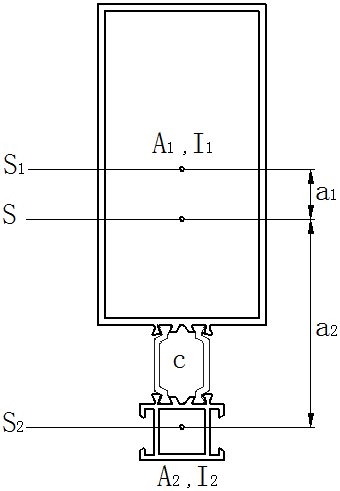
硅酮结构胶的热膨胀位移

硅酮结构胶的粘接厚度

如果选用道康宁895，弹性模量0.9MPa，抗剪强度0.14MPa，则计算厚度为6.2mm。由此可见应根据不同的结构胶接缝要求选择不同性能的结构胶。

# 附录D 隔热条计算

**D.0.1** 根据铝合金型材（如图所示的穿条式隔热铝合金型材Ⅰ区、Ⅱ区）与隔料材料的组合形式计算穿条式隔热铝合金型材的截面几何参数,并参照YS/T437计算其他组合截面的几何参数。



图D.0.1 穿条式隔热铝合金型材截面

*A*1—铝型材1区的截面积（主截面）；*A*2—铝型材2区的截面积（次截面）；

S1—铝型材1区的形心；S2——铝型材2区的形心；S—隔热铝合金型材的形心；*I*1—1区型材惯性矩；*I*2—2区型材惯性矩；*α*1—1区形心到隔热铝合金型材形心的距离；*α*2—2区形心到隔热铝合金型材形心的距离

**D.0.2** 穿条式隔热铝合金型材的等效惯性矩Ief按下列公式计算：

 (D.0.2-1)

 (D.0.2-2)

 (D.0.2-3)

 (D.0.2-4)

 (D.0.2-5)

 (D.0.2-6)

式中: *Is*——刚性惯性矩；

*v*——作用参数；

*β*——组合参数；

λ——几何形状参数；

*L* ——隔热型材的承载间距（横梁或立柱的计算跨度，单位mm）；

——1区形心与2区形心间距（mm）；

*E* ——铝合金的弹性模量，取E=70000N/mm2；

*c*——组合弹性值，是在常温20℃环境条件下，纵向抗剪试验中负荷~位移曲线的弹性变形范围内的纵 向剪切力增量*△F*与相对应的两侧铝合金型材出现的相对位移增量*△δ*和试样长度*l*乘积的比值；

*△F* ——负荷-位移曲线上弹性变形范围内的纵向剪切力增量，单位为牛顿（N）；

*△δ*——负荷-位移曲线上弹性变形范围内的纵向剪切力增量相对应的两侧铝合金型材的位移增量（mm）；

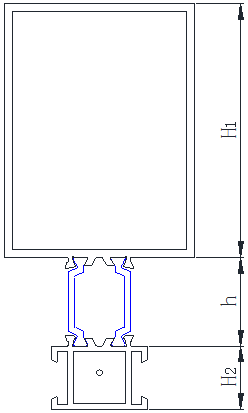
*l* ——试样长度（mm）。

**D.0.3** 穿条式隔热铝合金型材等效惯性矩*Ief*按下式计算：

*Ief* =*μ*·*Is* (D.0.3)

式中: *μ*——等效惯性矩相对于刚性惯性矩的折减系数；

*Is*——刚性惯性矩。



**图D.0.3 穿条式隔热型材截面参数**

**D.0.4** 折减系数*μ*根据隔热铝合金型材的截面形状、承载间距、弹性常数C、隔热材料截面高度等参数，查表D.0.4-1和表D.0.4-2取值。

**表D.0.4-1 惯性矩折减系数*μ*取值表1** (弹性常数c=50N/mm2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 隔热材料截面高度h | 隔热型材承载间距L | 大铝材与小铝材截面高度比值H1：H2 | | | | | | |
| 1：1 | 2：1 | 3：1 | 4：1 | 5：1 | 6：1 | 7：1 |
| h=H2 | 1.5m | 0.62 | 0.67 | 0.72 | 0.75 | 0.77 | 0.79 | 0.80 |
| 2m | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.82 | 0.83 | 0.85 | 0.86 |
| 2.5m | 0.81 | 0.83 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.89 |
| 3m | 0.86 | 0.87 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.91 | 0.92 |
| 3.5m | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 0.94 |
| 4m | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 |
| 4.5m | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 |
| h=1.5 H2 | 1.5m | 0.60 | 0.64 | 0.69 | 0.72 | 0.74 | 0.77 | 0.78 |
| 2m | 0.72 | 0.75 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.83 | 0.84 |
| 2.5m | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.88 | 0.88 |
| 3m | 0.85 | 0.86 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.91 |
| 3.5m | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.93 |
| 4m | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 |
| 4.5m | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.96 |
| h=2 H2 | 1.5m | 0.58 | 0.61 | 0.65 | 0.68 | 0.71 | 0.74 | 0.76 |
| 2m | 0.71 | 0.73 | 0.75 | 0.77 | 0.79 | 0.81 | 0.82 |
| 2.5m | 0.79 | 0.80 | 0.82 | 0.83 | 0.85 | 0.86 | 0.87 |
| 3m | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 |
| 3.5m | 0.88 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.92 |
| 4m | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 0.94 |
| 4.5m | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 |

**表D.0.4-2 惯性矩折减系数*μ*取值表2** (弹性常数c=80N/mm2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 隔热材料截面高度 h | 隔热型材承载间距L | 大铝材与小铝材截面高度比值H1：H2 | | | | | | |
| 1：1 | 2：1 | 3：1 | 4：1 | 5：1 | 6：1 | 7：1 |
| h= H2 | 1.5m | 0.72 | 0.75 | 0.78 | 0.81 | 0.82 | 0.84 | 0.85 |
| 2m | 0.81 | 0.83 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 |
| 2.5m | 0.87 | 0.88 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.93 |
| 3m | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 |
| 3.5m | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 |
| 4m | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 |
| 4.5m | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| h=1.5 H2 | 1.5m | 0.70 | 0.73 | 0.76 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.83 |
| 2m | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.89 |
| 2.5m | 0.86 | 0.87 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.91 | 0.92 |
| 3m | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 |
| 3.5m | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| 4m | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| 4.5m | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| h=2 H2 | 1.5m | 0.68 | 0.71 | 0.73 | 0.76 | 0.78 | 0.80 | 0.81 |
| 2m | 0.79 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.87 |
| 2.5m | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.91 |
| 3m | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.93 |
| 3.5m | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.95 |
| 4m | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 |
| 4.5m | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 |

# 附录G 弹性板的弯矩系数和挠度系数

## G.1 四边简支板和四边简支加肋板

**G.1.1** 不同加肋方式的面板类型如图G.1.1所示。图中，（a）为四边简支板，（b）、（c）、（d）、（e）为不同加肋方式的四边简支板，字母A、B、C、D、E、F代表不同边界条件的区格。



(a) (b) (c) (d) (e)

图G.1.1 板块类型

**G.1.2** 不同区格均承受垂直于板面的均布荷载作用，其量值为*q*。不同区格的边界条件应按表G.1.2采用。计算边长*l*取*l*x与*l*y中的较小边长。

表G.1.2 不同区格的边界条件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 区格类型 | A | B | C |
| 边界条件 |  |  |  |
| 区格类型 | D | E | F |
| 边界条件 |  |  |  |

**G.1.3** 不同区格的跨中弯矩系数*m*和固端弯矩系数或依据其类型和泊松比，分别按照表G.1.3-1~G.1.3-7采用。

**表 G.1.3-1 材料泊松比**

|  |  |
| --- | --- |
| 材料 | 泊松比 |
| 花岗岩板、陶板 | 0.125 |
| 玻璃、玻璃纤维增强水泥板、高压热固化木纤维板 | 0.200 |
| 蜂窝铝板、铝塑复合板、搪瓷板(复合)、微晶玻璃、瓷板 | 0.250 |
| 钢材、不锈钢、搪瓷板(单体) | 0.300 |
| 铝合金、单层铝板 | 0.333 |

表G.1.3-2 区格A

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 0.125 | 0.200 | 0.250 | 0.300 | 0.333 |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |
| 0.50  0.55  0.60  0.65  0.70  0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.01013  0.00940  0.00867  0.00796  0.00727  0.00663  0.00603  0.00547  0.00496  0.00449  0.00406 | 0.09868  0.09183  0.08503  0.07839  0.07200  0.06596  0.06028  0.05495  0.05008  0.04555  0.04140 | 0.09998  0.09340  0.08684  0.08042  0.07422  0.06834  0.06278  0.05756  0.05276  0.04828  0.04416 | 0.10085  0.09445  0.08805  0.08178  0.07570  0.06993  0.06445  0.05930  0.05455  0.05010  0.04600 | 0.10172  0.09550  0.08926  0.08313  0.07718  0.07151  0.06612  0.06104  0.05634  0.05192  0.04784 | 0.10224  0.09613  0.08999  0.08394  0.07807  0.07246  0.06712  0.06208  0.05741  0.05301  0.04894 |

表G.1.3-3 区格B

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 0.125 | 0.200 | 0.250 | 0.300 | 0.333 | —— |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |
| 0.50  0.55  0.60  0.65  0.70  0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.00504  0.00492  0.00472  0.00448  0.00422  0.00399  0.00376  0.00352  0.00329  0.00306  0.00285 | 0.08203  0.07736  0.07266  0.06798  0.06341  0.05887  0.05449  0.05034  0.04645  0.04272  0.03926 | 0.08292  0.07847  0.07398  0.06949  0.06510  0.06071  0.05647  0.05244  0.04864  0.04498  0.04157 | 0.08351  0.07921  0.07486  0.07050  0.06623  0.06194  0.05779  0.05384  0.05010  0.04649  0.04311 | 0.08411  0.07996  0.07575  0.07151  0.06735  0.06317  0.05911  0.05524  0.05156  0.04800  0.04466 | 0.08446  0.08040  0.07627  0.07212  0.06803  0.06390  0.05990  0.05607  0.05244  0.04890  0.04558 | -0.1212  -0.1187  -0.1158  -0.1124  -0.1087  -0.1048  -0.1007  -0.0965  -0.0922  -0.0880  -0.0839 |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |
| 1.00  0.95  0.90  0.85  0.80  0.75  0.70  0.65  0.60  0.55  0.50 | 0.00285  0.00324  0.00368  0.00417  0.00473  0.00536  0.00605  0.00680  0.00762  0.00848  0.00935 | 0.03926  0.04182  0.04445  0.04719  0.04999  0.05282  0.05566  0.05848  0.06144  0.06447  0.06734 | 0.04157  0.04426  0.04703  0.04991  0.05287  0.05586  0.05888  0.06188  0.06504  0.06826  0.07132 | 0.04311  0.04589  0.04875  0.05173  0.05479  0.05789  0.06103  0.06415  0.06744  0.07079  0.07398 | 0.04466  0.04752  0.05047  0.05354  0.05671  0.05992  0.06317  0.06642  0.06984  0.07332  0.07663 | 0.04558  0.04849  0.05150  0.05643  0.05786  0.06113  0.06446  0.06778  0.07172  0.07483  0.07822 | -0.0839  -0.0882  -0.0926  -0.0970  -0.1014  -0.1056  -0.1096  -0.1133  -0.1166  -0.1193  -0.1215 |

表G.1.3-4 区格C

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 0.125 | 0.200 | 0.250 | 0.300 | 0.333 | —— |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |
| 0.50  0.55  0.60  0.65  0.70  0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.00261  0.00259  0.00255  0.00250  0.00243  0.00236  0.00228  0.00220  0.00211  000201.  0.00192 | 0.07024  0.06659  0.06288  0.05915  0.05540  0.05183  0.04833  0.04496  0.04182  0.03879  0.03594 | 0.07096  0.06748  0.06394  0.06083  0.05678  0.05335  0.04997  0.04671  0.04366  0.04070  0.03791 | 0.07144  0.06808  0.06465  0.06120  0.05770  0.05436  0.05106  0.04788  0.04489  0.04198  0.03923 | 0.07192  0.06867  0.06536  0.06202  0.05862  0.05538  0.05216  0.04904  0.04612  0.04325  0.04054 | 0.07220  0.06903  0.06579  0.06251  0.,05917  0.05598  0.05281  0.04974  0.04685  0.04402  0.04133 | -0.0843  -0.0840  0.0834  -0.0826  -0.0814  -0.0799  -0.0782  -0.0763  -0.0743  -0.0721  -0.0698 |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |
| 1.00  0.95  0.90  0.85  0.80  0.75  0.70  0.65  0.60  0.55  0.50 | 0.00912  0.00223  0.00260  0.00303  0.00354  0.00413  0.00482  0.00560  0.00647  0.00743  0.00844 | 0.03594  0.03876  0.04174  0.04484  0.04806  0.05137  0.05466  0.05783  0.06089  0.06363  0.06603 | 0.03791  0.04083  0.04392  0.04714  0.05050  0.05396  0.05742  0.06079  0.06406  0.06703  0.06967 | 0.03923  0.04221  0.04538  0.04868  0.05213  0.05569  0.05926  0.06276  0.06618  0.06930  0.07210 | 0.04054  0.04360  0.04683  0.05021  0.05375  0.05742  0.06111  0.06474  0.06829  0.07157  0.07453 | 0.04133  0.04442  0.04770  0.05113  0.05473  0.05845  0.06221  0.06592  0.06956  0.07293  0.07599 | -0.0698  -0.0746  -0.0797  -0.0850  -0.0904  -0.0959  -0.1013  -0.1066  -0.1114  -0.1156  -0.1191 |

表G.1.3-5 区格D

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 0.125 | 0.200 | 0.250 | 0.300 | 0.333 | —— | |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |  |
| 0.50  0.55  0.60  0.65  0.70  0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.00471  0.00454  0.00429  0.00399  0.00368  0.00340  0.00313  0.00286  0.00261  0.00237  0.00215 | 0.07828  0.07337  0.06847  0.06359  0.05882  0.05407  0.04955  0.04531  0.04138  0.03765  0.03426 | 0.07944  0.07473  0.07001  0.06529  0.06066  0.05603  0.05162  0.04747  0.04361  0.03993  0.03657 | 0.08021  0.07564  0.07104  0.06643  0.06189  0.05734  0.05300  0.04891  0.04510  0.04145  0.03811 | 0.08099  0.07655  0.07027  0.06756  0.06312  0.05865  0.05438  0.05036  0.04659  0.04297  0.03966 | 0.08145  0.07709  0.07268  0.06824  0.06385  0.05943  0.05521  0.05122  0.04748  0.04388  0.04058 | -0.1179  -0.1140  -0.1095  -0.1045  -0.0992  -0.0938  -0.0883  -0.0829  -0.0776  -0.0726  -0.0677 | -0.0786  -0.0785  -0.0782  -0.0777  -0.0770  -0.0760  -0.0748  -0.0733  -0.0716  -0.0698  -0.0677 |

表G.1.3-6 区格E

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 0.125 | 0.200 | 0.250 | 0.300 | 0.333 | —— | |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |  |
| 0.50  0.55  0.60  0.65  0.70  0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.0258  0.0255  0.0249  0.0240  0.0229  0.0219  0.0208  0.0196  0.0184  0.0172  0.0160 | 0.07034  0.06644  0.06247  0.05847  0.05449  0.05059  0.04676  0.04309  0.03971  0.03645  0.03338 | 0.07133  0.06758  0.06377  0.05992  0.05608  0.05229  0.04856  0.04498  0.04166  0.03846  0.03543 | 0.07199  0.06834  0.06464  0.06089  0.05714  0.05343  0.04976  0.04624  0.04296  0.03980  0.03680 | 0.07265  0.06910  0.06551  0.06186  0.05820  0.05456  0.05097  0.04750  0.04427  0.04114  0.03817 | 0.07304  0.06955  0.06603  0.06244  0.05883  0.05524  0.05169  0.04825  0.04505  0.04194  0.03899 | -0.0836  -0.0827  -0.0814  -0.0796  -0.0774  -0.0750  -0.0722  -0.0693  -0.0663  -0.0631  -0.0600 | -0.0569  -0.0570  -0.0571  -0.0572  -0.0572  -0.0572  -0.0570  -0.0567  -0.0563  -0.0558  -0.0550 |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |  |
| 1.00  0.95  0.90  0.85  0.80  0.75  0.70  0.65  0.60  0.55  0.50 | 0.00160  0.00182  0.00206  0.00233  0.00262  0.00294  0.00327  0.00365  0.00403  0.00437  0.00463 | 0.03338  0.03577  0.03823  0.04073  0.04328  0.04589  0.04850  0.05108  0.05359  0.05594  0.05816 | 0.03543  0.03791  0.04046  0.04306  0.04570  0.04841  0.05111  0.05377  0.05635  0.05876  0.06102 | 0.03680  0.03934  0.04195  0.04461  0.04731  0.05009  0.05285  0.05556  0.05819  0.06064  0.06293 | 0.03817  0.04077  0.04344  0.04617  0.04893  0.05177  0.05459  0.05736  0.06003  0.06252  0.06483 | 0.03899  0.04162  0.04433  0.04710  0.04989  0.05277  0.05563  0.05843  0.06113  0.06364  0.06597 | -0.0600  -0.0629  -0.0656  -0.0683  -0.0707  -0.0729  -0.0748  -0.0762  -0.0773  -0.0780  -0.0784 | -0.0550  -0.0599  -0.0653  -0.0711  -0.0772  -0.0837  -0.0903  -0.0970  -0.1033  -0.1093  -0.1146 |

表G.1.3-7 区格F

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 0.125 | 0.200 | 0.250 | 0.300 | 0.333 | —— | |
| *l*x/*l*y |  |  | | | | |  |  |
| 0.50  0.55  0.60  065  0.70  0.75  0.80  0.85  0.90  0.95  1.00 | 0.00253  0.00246  0.00236  0.00224  0.00211  0.00197  0.00182  0.00168  0.00153  0.00140  0.00127 | 0.06958  0.06551  0.06134  0.05704  0.05276  0.04859  0.04459  0.04075  0.03712  0.03375  0.03060 | 0.07037  0.06651  0.06253  0.05841  0.05429  0.05027  0.04638  0.04264  0.03908  0.03576  0.03264 | 0.07090  0.06718  0.06333  0.05933  0.05531  0.05139  0.04758  0.04390  0.04039  0.03710  0.03400 | 0.07143  0.06784  0.06412  0.06024  0.05634  0.05251  0.04877  0.04516  0.04170  0.03844  0.03536 | 0.07175  0.06824  0.06460  0.06079  0.05695  0.05318  0.04949  0.04592  0.04248  0.03924  0.03618 | -0.0829  -0.0814  -0.0793  -0.0766  -0.0735  -0.0701  -0.0664  -0.0626  -0.0588  -0.0550  -0.0513 | -0.0570  -0.0571  -0.0571  -0.0571  -0.0569  -0.0565  -0.0559  -0.0551  -0.0541  -0.0528  -0.0513 |

## G.2 四角支承板

**G.2.1** 四角支承板的计算简图可按图G.2.1采用，其计算跨度应取长边边长。



图G.2.1 四角支承板的计算简图

**G.2.2** 四角支承板的跨中弯矩系数、以及自由边中点弯矩系数、，可依据其泊松比，按照表G.2.2采用。

表G.2.2 四角支承板的弯矩系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | | |  | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.50 | 0.0153 | 0.0180 | 0.0189 | 0.0196 | 0.0214 | 0.1221 | 0.1221 | 0.1221 | 0.1221 | 0.1223 |
| 0.55 | 0.0209 | 0.0236 | 0.0245 | 0.0252 | 0.0271 | 0.1210 | 0.1211 | 0.1212 | 0.1213 | 0.1216 |
| 0.60 | 0.0272 | 0.0301 | 0.0310 | 0.0317 | 0.0337 | 0.1198 | 0.1202 | 0.1203 | 0.1204 | 0.1208 |
| 0.65 | 0.0344 | 0.0373 | 0.0382 | 0.0389 | 0.0410 | 0.1184 | 0.1189 | 0.1191 | 0.1193 | 0.1199 |
| 0.70 | 0.0424 | 0.0453 | 0.0462 | 0.0469 | 0.0490 | 0.1169 | 0.1176 | 0.1179 | 0.1181 | 0.1189 |
| 075 | 0.0512 | 0.0540 | 0.0549 | 0.0556 | 0.0577 | 0.1153 | 0.1163 | 0.1166 | 0.1169 | 0.1178 |
| 0.80 | 0.0607 | 0.0634 | 0.0643 | 0.0650 | 0.0671 | 0.1136 | 0.1149 | 0.1153 | 0.1156 | 0.1167 |
| 0.85 | 0.0709 | 0.0736 | 0.0745 | 0.0752 | 0.0772 | 0.1118 | 0.1133 | 0.1138 | 0.1142 | 0.1155 |
| 0.90 | 0.0818 | 0.0845 | 0.0880 | 0.0861 | 0.0881 | 0.1099 | 0.1117 | 0.1123 | 0.1128 | 0.1143 |
| 0.95 | 0.0935 | 0.0961 | 0.0969 | 0.0976 | 0.0996 | 0.1079 | 0.1100 | 0.1107 | 0.1113 | 0.1130 |
| 1.00 | 0.1058 | 0.1083 | 0.1091 | 0.1098 | 0.1117 | 0.1058 | 0.1083 | 0.1091 | 0.1098 | 0.1117 |
|  |  | | | | |  | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.50 | 0.0654 | 0.0607 | 0.0592 | 0.0580 | 0.0544 | 0.1302 | 0.1304 | 0.1304 | 0.1304 | 0.1301 |
| 0.55 | 0.0728 | 0.0681 | 0.0666 | 0.0654 | 0.0618 | 0.1321 | 0.1320 | 0.1319 | 0.1318 | 0.1314 |
| 0.60 | 0.0805 | 0.0759 | 0.0744 | 0.0732 | 0.0695 | 0.1342 | 0.1339 | 0.1337 | 0.1336 | 0.1330 |
| 0.65 | 0.0887 | 0.0841 | 0.0826 | 0.0814 | 0.0778 | 0.1366 | 0.1361 | 0.1358 | 0.1356 | 0.1347 |
| 0.70 | 0.0973 | 0.0928 | 0.0913 | 0.0901 | 0.0865 | 0.1393 | 0.1384 | 0.1380 | 0.1377 | 0.1365 |
| 075 | 0.1063 | 0.1021 | 0.1006 | 0.0994 | 0.0958 | 0.1421 | 0.1408 | 0.1403 | 0.1399 | 0.1385 |
| 0.80 | 0.1159 | 0.1117 | 0.1103 | 0.1091 | 0.1056 | 0.1452 | 0.1435 | 0.1429 | 0.1424 | 0.1407 |
| 0.85 | 0.1260 | 0.1220 | 0.1206 | 0.1195 | 0.1160 | 0.1485 | 0.1464 | 0.1456 | 0.1450 | 0.1429 |
| 0.90 | 0.1366 | 0.1327 | 0.1314 | 0.1303 | 0.1269 | 0.1520 | 0.1494 | 0.1485 | 0.1477 | 0.1453 |
| 0.95 | 0.1478 | 0.1440 | 0.1427 | 0.1416 | 0.1384 | 0.1557 | 0.1526 | 0.1515 | 0.1506 | 0.1479 |
| 1.00 | 0.1595 | 0.1559 | 0.1547 | 0.1537 | 0.1505 | 0.1595 | 0.1559 | 0.1547 | 0.1537 | 0.1505 |

# 附录J 双向板计算系数

**J.0.1**双向板挠度和弯矩应按下列公式计算：

 （J.0.1-1）

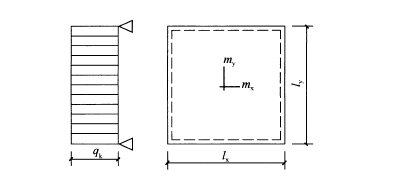
 （J.0.1-2）

 （J.0.1-3）

 （J.0.1-4）

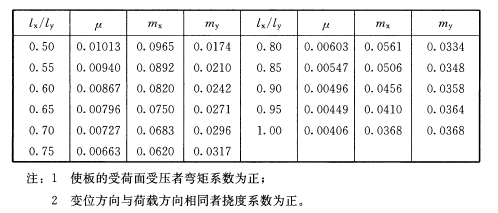
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | — | 双向板挠度(mm)； |
|  | — | 垂直于双向板平面的荷载标准值（）； |
|  | — | 双向板弯矩（N・mm）； |
|  | — | 双向板板区格短边边长（mm）； |
|  | — | 面板的弯曲刚度； |
|  | — | 面板弹性模量()； |
|  | — | 面板的厚度； |
|  | — | 面板泊松比； |
|  | — | 弯矩系数； |
|  | — | 板中心点的挠度系数； |
|  | — | 短边板跨中心点处的弯矩系数； |
|  | — | 长边板跨中心点处的弯矩系数。 |

**J.0.2** 当四边简支时（图J.0.2），挠度系数和弯矩系数应按表J.0.2取值。

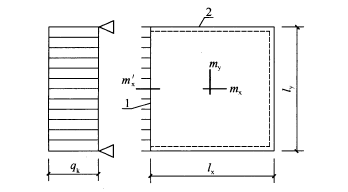


图J.0.2 四边简支计算简图

**表J.0.2 四边简支挠度系数和弯矩系数**



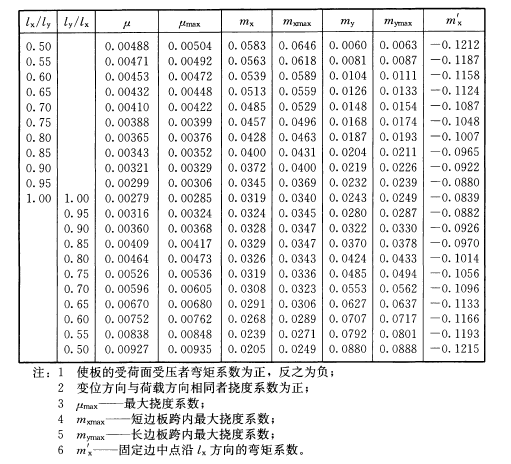
**J.0.3**当三边简支、一边固定时（J.0.3），挠度系数和弯矩系数应按表J.0.3取值。



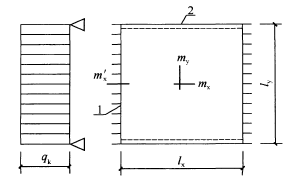
图J.0.3 三边简支、一边固定计算简图

1. 固定边；2-简支边

**表J.0.3 三边简支、一边固定挠度系数和弯矩系数**



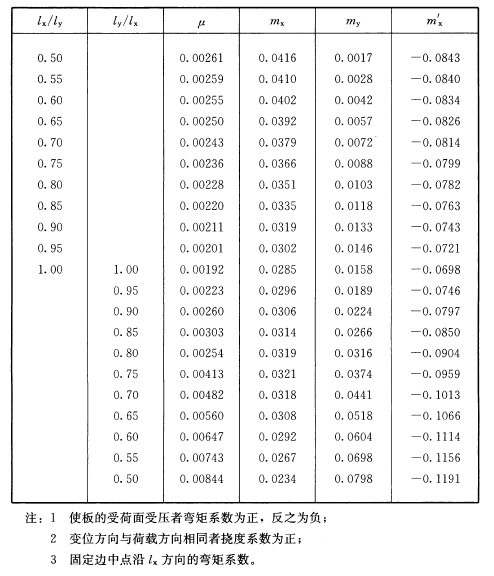
**J.0.4**当对边简支、对边固定时（J.0.4），挠度系数和弯矩系数应按表J.0.4取值。



图J.0.4 对边简支、对边固定计算简图

1-固定边；2-简支边

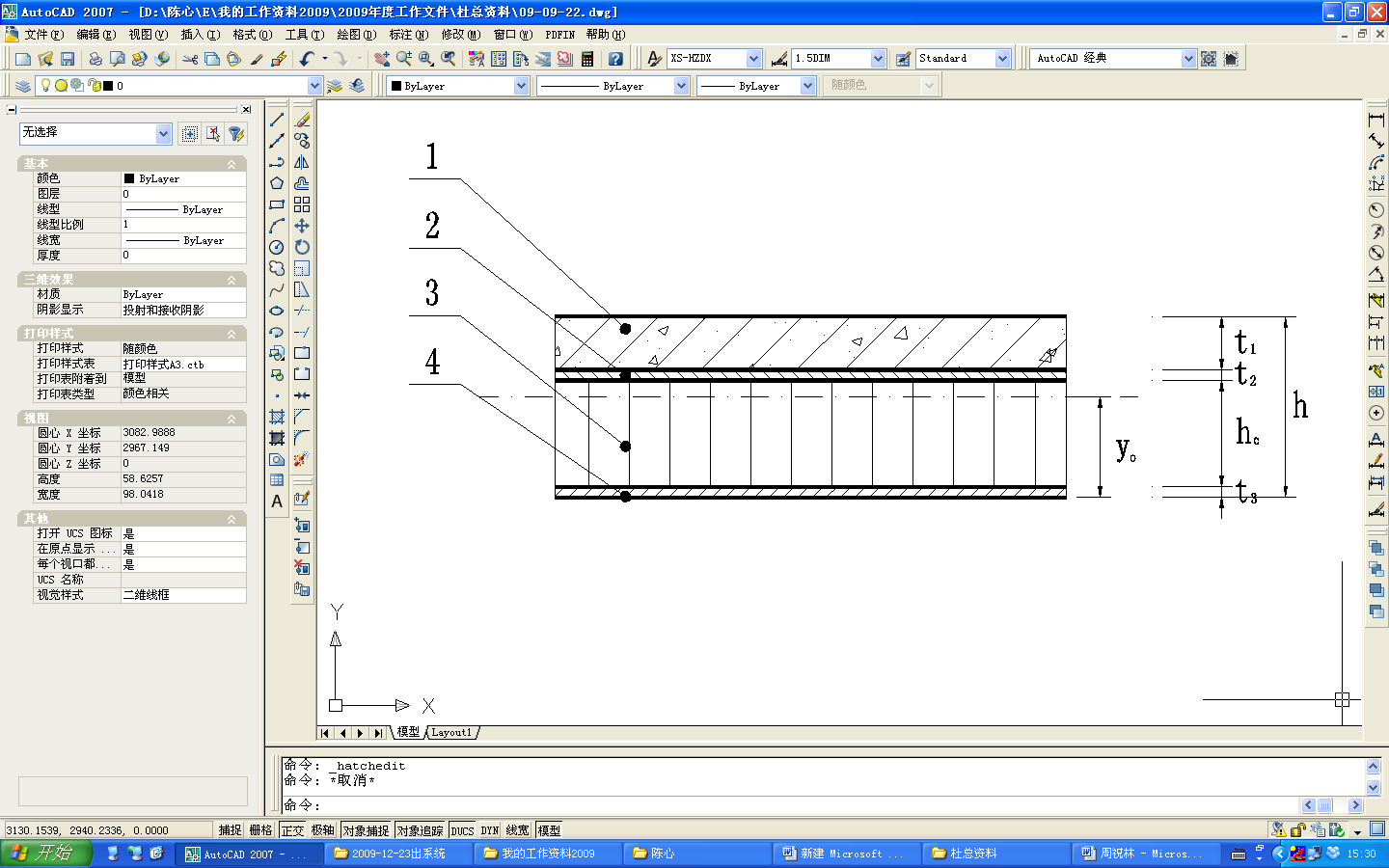
**表J.0.4 对边简支、对边固定挠度系数和弯矩系数**



**附录K 石材蜂窝板等效弯曲刚度计算**

**K.0.1** 石材蜂窝板中性轴计算应符合下列规定：

**1** 石材面板位置在上侧的石材蜂窝板中性轴位置见图K.0.1-1。

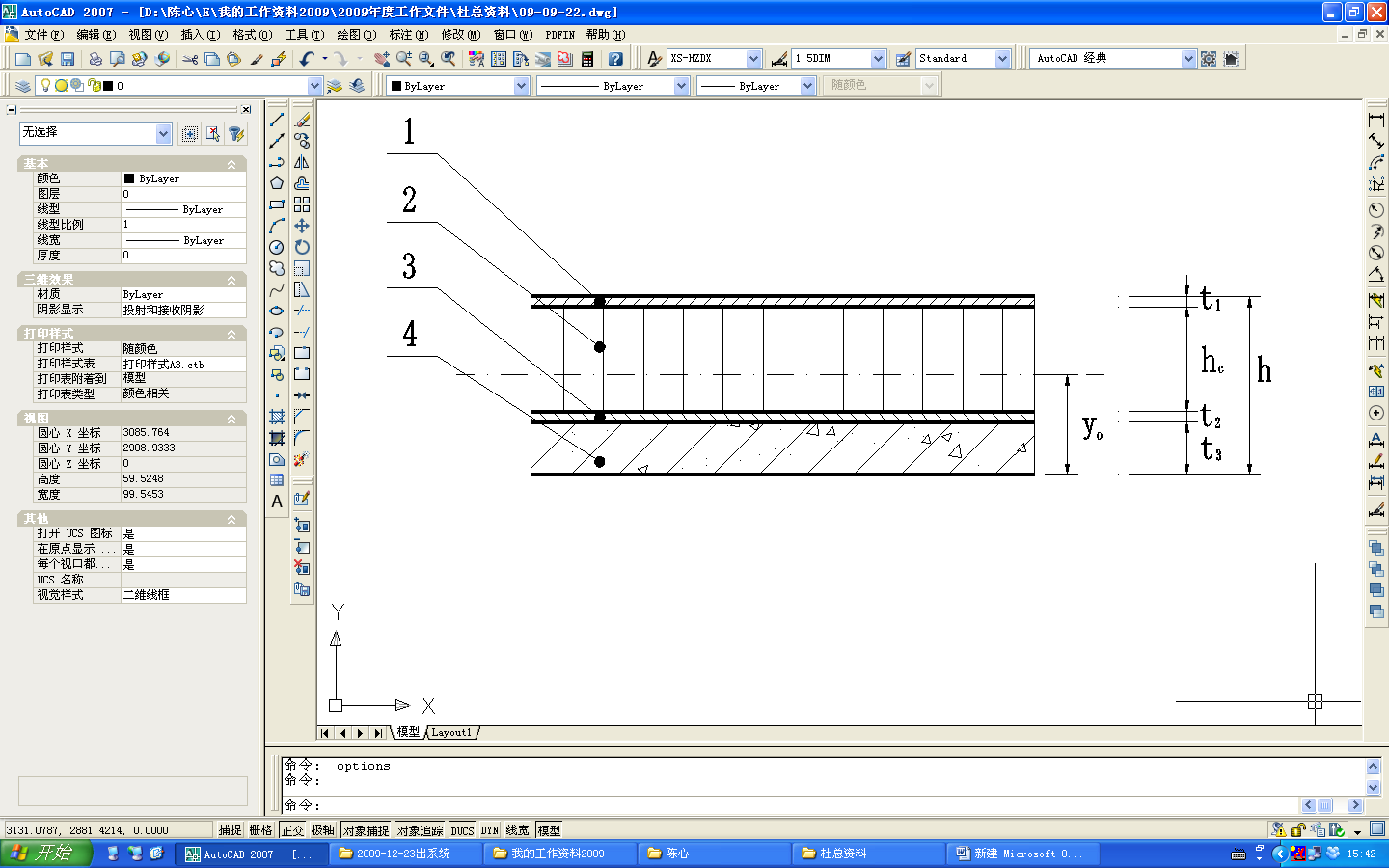


图K.0.1-1石材面板位置在上侧的石材蜂窝板中性轴位置

1 — 石材面板，厚度为； 2 — 与石材面板粘结的背板内面板，厚度为；

3 — 铝蜂窝芯，厚度为； 4 — 背板外面板，厚度为。

**2** 石材面板位置在下侧的石材蜂窝板中性轴位置见图K.0.1-2。



图K.0.1-2 石材面板位置在下侧的石材蜂窝板中性轴位置

1 — 背板外面板，厚度为；2 — 铝蜂窝芯，厚度为；

3 — 与石材面板粘结的背板内面板，厚度为； 4 — 石材面板，厚度为。

**3** 以下侧板（图K.0.1-1中背板外面板、图K.0.1-2中石材面板）的下表面为计算坐标原点，石材蜂窝板中性轴的位置可按下式计算：

 （K.0.1-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：、 | — | 背板内、外面材料的弹性模量（）； |
|  | — | 石材面板的弹性模量（）； |
|  | — | 铝蜂窝芯的弹性模量（）； |

**4** 当不考虑铝蜂窝芯层的弹性模量时，石材蜂窝板中性轴的位置也可按下式计算：

 (K.0.1-2)

注：由于铝蜂窝芯的弹性模量远远小于其他材料的弹性模量，因而有项的计算可取为零值。

**5** 石材面板位置在上侧（图K.0.1-1）的石材蜂窝板中性轴距石材面板表面的距离可按下式计算：

 (K.0.1-3)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | — | 石材蜂窝板中性轴距石材面板表面的距离（mm）； |
|  | — | 石材蜂窝板整板厚度（mm）。 |

**6** 石材面板位置在下侧（图K.0.1-2）的石材铝蜂窝复合板中性轴距石材面板表面的距离应按下式计算：

 (K.0.1-4)

**K.0.2** 石材蜂窝板等效弯曲刚度计算应符合下列规定：

**1** 当风荷载方向为垂直向下作用于板（图K.0.1-1中石材面板或图K.0.1-2中背板外面板）的表面时，石材铝蜂窝复合板的等效弯曲刚度可按下列公式计算：



** (K.0.2-1)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | — | 石材蜂窝板的等效弯曲刚度（）； |

2 当不考虑铝蜂窝芯层的刚度时，石材蜂窝板等效弯曲刚度也可按下式计算：

** (K.0.2-2)

**K.0.3** 石材面板位置在上侧（图K.0.1-1）时计算的结果应代表石材蜂窝板受正风荷载、石材面板表面受压时，整板的弯曲刚度；石材面板位置在下侧（图K.0.1-2）时计算的结果应代表石材蜂窝板板材受负风荷载、石材面板表面受拉时，整板的弯曲刚度。

# 本规程用词说明

**1**　为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1）**表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2）**表示严格，在正常情况下应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3）**表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4）**表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2**　条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合......的规定”或“应按......执行”。

# 引用标准名录

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《建筑设计防火规范》GB 50016

《钢结构设计标准》GB 50017

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018

《工程测量规范》GB 50026

《建筑物防雷设计规范》GB 50057

《民用建筑热工设计规范》GB 50176-2016

《建筑气候区划标准》GB 50178

《公共建筑热工设计规范》GB 50189-2015

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《铝合金结构设计规范》GB 50429

《施工组织设计规范》GB/T 50502

《钢结构焊接规范》GB 50661

《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231

《紧固件》GB 152

《普通螺纹公差》GB/T 197

《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518

《紧固件机械性能》GB／T 3098

《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190

《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880.1～3

《铝合金建筑型材》GB/T 5237

《紧固件 螺栓和螺钉》GB/T 5277

《自攻螺钉用螺纹》GB/T 5280

《铝合金门窗》GB/T 8478

《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624

《普通螺纹中等精度、优选系列的极限尺寸》GB/T 9145

《平板玻璃》GB 11614

《中空玻璃》GB/T 11944

《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523

《开口型平圆头抽芯铆钉》GB／T 12618

《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754

《硅酮和硅酮改性建筑密封胶》GB/T 14683

《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227

《建筑用安全玻璃》GB 15763

《变形铝及铝合金牌号表示方法》GB/T 16474

《变形铝及铝合金状态代号》GB/T 16475

《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776

《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748

《半钢化玻璃》GB/T 17841

《高分子防水材料》GB 18173

《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601

《镀膜玻璃》GB/T 18915

《天然大理石建筑板材》GB/T 19766

《不锈钢及耐热钢 牌号及化学成份》GB/T 20878

《建筑幕墙》 GB/T 21086

《石材用建筑密封胶》GB/T 23261

《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452

《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453

《铝合金建筑型材用隔热材料 》GB/T 23615

《防火封堵材料》GB 23864

《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB 24266

《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498

《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1

《民用建筑电气设计规范》JGJ 16

《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33

《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46

《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102

《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110

《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114

《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133

《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145

《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008

《建筑遮阳工程技术规范》JGJ/T 237-2011

《索结构技术规程》JGJ 257

《人造板材材幕墙工程技术规范》JGJ 336

《预制混凝土外挂墙板工程技术规程》JGJ/T 458

《建筑用隔热铝合金型材》JG 175

《建筑门窗五金件 通用要求》JG/T 212

《建筑幕墙用瓷板》JG／T 217

《建筑幕墙用高压热固化木纤维板》JG／T 260

《建筑幕墙用陶板》JG／T 324

《建筑装饰用石材蜂窝复合板》JG／T 328

《建筑幕墙用氟碳铝单板制品》JG/T 331

《建筑外墙用铝蜂窝复合板》JG/T 334

《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG／T 396

《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T 455

《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T 475

《天然大理石荒料》JC/T 202

《天然花岗石荒料》JC/T 204

《建筑装饰用微晶玻璃》JC／T 872

《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T 881

《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887

《中空玻璃用丁基热熔密封胶》JC/T 914

《建筑装饰用天然石材防护剂》JC／T 973

《釉面钢化玻璃与釉面半钢化玻璃》JC/T 1006

《真空玻璃》JC/T 1079

《超白浮法玻璃》JC/T 2128

《铝幕墙板》YS/T 429

《铝合金型材截面几何参数算法及计算机程序要求》YS/T 437