**CECS CECS \*\*\*∶2020**

中国工程建设标准化协会标准

岩土与混凝土自锁锚固技术规程

**Technical specification for broaching self-locking anchor**

**of rock and concrete**

**征求意见稿**

中国工程建设标准化协会标准

岩土与混凝土自锁锚固技术规程

 **Technical specification for broaching self-locking anchor**

**of rock and concrete**

**CECS ×××: 2020**

主编单位：武大巨成结构股份有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期： 2020年\*月\*日

**中国计划出版社**

**2020 北 京**

**前** **言**

根据中国工程建设标准化协会文件建标协字[2018]015号文《关于印发<2018年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外标准，制定本规程。

本规程共分8章。主要内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.材料；5.岩石锚杆设计；6.混凝土锚杆设计；7.施工；8.工程质量检验与验收。

本规程由中国工程建设标准化协会砌体结构专业委员会CECS/TC3归口管理，由主编单位武大巨成结构股份有限公司（地址：武汉市东湖新技术开发区武大科技园一路4号巨成科研楼武大巨成结构股份有限公司，邮编：430223）负责解释。在使用过程中如发现需要修改或补充之处，请将意见、建议及资料寄送主编单位。

**主 编 单 位**：武大巨成结构股份有限公司

**参 编 单 位**：武汉大学

中国水利水电第八工程局有限公司

中南建筑设计院股份有限公司

中信建筑设计研究总院有限公司

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

长江勘测规划设计研究有限责任公司

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

湖北省电力勘测设计院有限公司

中铁第四勘察设计院集团有限公司

中国五环工程有限公司

中冶南方工程技术有限公司

中国建筑东北设计研究院有限公司

中国能源建设集团广东电力工程局有限公司

云南省建设投资控股集团有限公司

深圳市市政设计研究院有限公司

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

中国电建集团华中电力设计研究院有限公司

重庆市建筑科学研究院

深圳市建筑设计研究总院有限公司

中广核工程设计有限公司

中机国际工程设计研究院有限责任公司

云南奕辉建筑设计有限公司

云南工程勘察设计院有限公司

海南周华结构设计事务所有限公司

中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

南京金凌石化工程设计有限公司

沈阳铝镁设计研究院有限公司

华蓝设计（集团）有限公司

北京首钢国际工程技术有限公司

中交第四航务工程勘察设计院有限公司

深圳市东江水源工程管理处

深圳市勘察研究院有限公司

**主要起草人员：**高作平 高宗余 李 霆 丘建金 周剑波

何英明 陈明祥 卢亦焱 李北星 于永军

甘永辉 徐厚军 彭林立 李 治 张京街

王启文 陈守祥 吴德绪 马建华 彭孝雄

张 辉 彭夏军 王康柱 彭奕亮 谭瑞山

吴 群 谭光宇 周 华 赵卫忠 陈其春

孙红林 高 伟 李茂新 黄月年 叶 菲

刘 宏 李洪光 李 明 潘英杰 曹小武

陈良志 胡俞晨 胡俊杰 廖杰洪 张 畅

周志勇 吴 博 代艳辉

**主要审查人员：**

目 次

[1 总 则 1](#_Toc34567301)

[2 术语和符号 2](#_Toc34567302)

[2. 1 术 语 2](#_Toc34567303)

[2. 2 符 号 3](#_Toc34567304)

[3 基本规定 6](#_Toc34567305)

[3. 1 一般规定 6](#_Toc34567306)

[3. 2 设计原则 6](#_Toc34567307)

[3. 3 锚杆选型 8](#_Toc34567308)

[3. 4 基材 8](#_Toc34567309)

[4 材 料 10](#_Toc34567310)

[4. 1 一般规定 10](#_Toc34567311)

[4. 2 锚杆及锚头材料 10](#_Toc34567312)

[4. 3 锚杆孔注浆材料 11](#_Toc34567313)

[5 岩石自锁锚杆设计 13](#_Toc34567314)

[5. 1 一般规定 13](#_Toc34567315)

[5. 2 自锁锚杆承载力计算 15](#_Toc34567316)

[5. 3 构造规定 17](#_Toc34567317)

[5. 4 防护设计 17](#_Toc34567318)

[6 混凝土自锁锚杆设计 18](#_Toc34567319)

[6. 1 一般规定 18](#_Toc34567320)

[6. 2 自锁锚杆承载力计算 19](#_Toc34567321)

[6. 3 构造规定 22](#_Toc34567322)

[7 施 工 23](#_Toc34567323)

[7. 1 一般规定 23](#_Toc34567324)

[7. 2 岩石自锁锚杆安装 24](#_Toc34567325)

[7. 3 混凝土自锁锚杆安装 24](#_Toc34567326)

[7. 4 成品保护 25](#_Toc34567327)

[8 工程质量检验与验收 26](#_Toc34567328)

[8. 1 一般规定 26](#_Toc34567329)

[8. 2 工程质量检验 26](#_Toc34567330)

[8. 3 工程质量验收 27](#_Toc34567331)

[附录A 常用自锁锚杆性能指标 29](#_Toc34567332)

[附录B 扩孔钻头性能参数 30](#_Toc34567333)

[附录C 自锁锚杆连接型式 31](#_Toc34567334)

[附录D 岩石锚杆抗拔承载力现场检验方法 33](#_Toc34567335)

[附录E 混凝土锚杆抗拔承载力现场检验方法 36](#_Toc34567341)

[本规程用词说明 39](#_Toc34567347)

[引用标准名录 40](#_Toc34567348)

[条文说明 41](#_Toc34567349)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc24426)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc24474)

[2. 1 Terms 2](#_Toc30209)

[2. 2 Symbols 3](#_Toc23257)

[3 Basic Regulations 6](#_Toc11610)

[3. 1 General Provisions 6](#_Toc28006)

[3. 2 Design Principles 6](#_Toc1833)

[3. 3 Type Selection for Anchor 8](#_Toc18552)

[3. 4 Substrate Material 8](#_Toc4166)

[4 Materials 10](#_Toc28131)

[4. 1 General Provisions 10](#_Toc28006)

[4. 2 Anchor & Anchor Head 10](#_Toc16252)

[4. 3 Anchor Hole Grouting Materials 11](#_Toc19018)

[5 Design for Self-locking Anchor of Rock Substrate 13](#_Toc3552)

[5. 1 General Provisions 13](#_Toc8590)

[5. 2 Bearing Capacity Estimation for Self-locking Anchor 15](#_Toc23224)

[5. 3 Specifications for Construction 17](#_Toc19181)

[5. 4 Protective Design 17](#_Toc4511)

[6 Design for Self-locking Anchor of Concrete Substrate 18](#_Toc20291)

[6. 1 General Provisions 18](#_Toc6682)

[6. 2 Bearing Capacity Estimation for Self-locking Anchor 19](#_Toc10778)

[6. 3 Specifications for Construction 22](#_Toc3243)

[7 Construction 23](#_Toc19743)

[7. 1 General Provisions 23](#_Toc8968)

[7. 2 Installation for Self-locking Anchor of Rock Substrate 24](#_Toc4496)

[7. 3 Installation for Self-locking Anchor of Concrete Substrate 24](#_Toc4496)

[7. 4 Finished Product Protection 25](#_Toc13342)

[8 Engineering Quality Inspection and Acceptance 26](#_Toc1327)

[8. 1 General Provisions 26](#_Toc8968)

[8. 2 Engineering Quality Inspection 26](#_Toc7739)

[8. 3 Engineering Acceptance 27](#_Toc19210)

[Appendix A Performance Index of Common Self-locking Anchor Rod 29](#_Toc18103)

[Appendix B Performance Index of Counterbore Bit 30](#_Toc528)

[Appendix C Connected Type of Self-locking Anchor r 31](#_Toc801)

[Appendix D On-site Inspection Method for Uplift Bearing Capacity of Rock Anchor Rod 33](#_Toc28722)

[Appendix E On-site Inspection Method for Uplift Bearing Capacity of Concrete Anchor Rod 36](#_Toc26717)

[Diction Explanations of the Regulations 39](#_Toc20788)

[Quoted Standard Name 40](#_Toc13398)

[Items Explanations 41](#_Toc15599)

**1 总 则**

**1.0.1** 为使岩石与混凝土扩孔自锁锚杆的设计、施工做到安全适用、技术先进、经济合理、环保节能和确保质量，制定本规程。

**1.0.2**  本规程适用于以岩石或混凝土为基材的扩孔自锁锚杆的设计、施工、质量检验及验收。

**1.0.3** 扩孔自锁锚杆的设计、施工、质量检验及验收除应遵守本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语和符号**

**2. 1 术 语**

**2.1.1** 自锁锚固 self-locking anchor

利用自锁锚头与基材扩孔壁之间所形成的机械咬合作用的锚固方式。

**2.1.2** 扩孔自锁锚杆 broaching self-locking anchor

通过自锁锚固来提供锚固力的锚杆。本规程中的“锚杆”，均指“扩孔自锁锚杆”。对基材为岩石的扩孔自锁锚杆，简称“岩石锚杆”；对基材为混凝土的扩孔自锁锚杆，简称“混凝土锚杆”。

**2.1.3**  基材 substrate

承载锚杆的锚固材料，本规程指岩石或混凝土。

**2.1.4**  扩孔 broaching

 利用专用扩孔钻头将直孔底部或孔内某一部位扩大的施工工艺。

**2.1.5** 扩孔钻头 broaching drill bit

在直孔内能通过旋转加压使钻头刀片张开磨削或切割而形成局部扩大孔的钻头。

**2.1.6** 自锁锚头 self-locking anchor head

安装在扩大孔内，与基材孔壁咬合提供机械锚固力的部件。本规程自锁锚头也称为内锚头。

**2.1.7** 楔缝式内锚头slot and wedge inside anchorhead

锚杆端部沿轴向切槽分成多瓣，插入楔块使锚杆端部张开形成锁键的锚头。

**2.1.8** 套筒式内锚头 sleeve inside anchorhead

锚杆端部为正锥体，外套端部沿轴向切缝的套筒，套筒向端部挤压张开形成锁键的锚头。

**2.1.9** 楔块式内锚头 wedge inside anchorhead

由楔块座、楔块和张开装置组成，张开装置使楔块向外张开形成锁键的锚头。

**2.1.10** 浅孔扩孔自锁锚杆 shallowhole self-locking anchor

 埋植深度小于等于40d的自锁锚杆（d为杆体直径）。

**2.1.11**  深孔扩孔自锁锚杆 deep hole self-locking anchor

埋植深度大于40d的自锁锚杆（d为杆体直径）。

**2.1.12** 多层扩孔自锁锚杆 multilayer self-locking anchor

安装在多层扩孔内，由多层锁键锚固的自锁锚杆。多层扩孔自锁锚杆一般属于深孔扩孔自锁锚杆。

**2.1.13** 预应力自锁锚杆 prestressed self-locking anchor

对杆体施加预应力的自锁锚杆，由自锁锚头（内锚头）局部灌浆形成的锚固体、自由段和外锚头组成。

**2.1.14** 挂件式自锁锚杆 suspended self-locking anchor

用于各类管道支架、吊架、托架或设备的安装固定所用的一种自锁锚杆。

**2. 2 符 号**

**2.2.1** 材料性能

*E*s—锚杆杆体材料弹性模量；

*f*rk—岩石饱和单轴抗压强度；

*f*rt—岩石的单轴抗拉强度；

*f*ck—混凝土抗压强度标准值；

*f*c—混凝土抗压强度设计值；

*f*vk—混凝土抗剪强度标准值；

*f*v—混凝土抗剪强度设计值；

*f*yk、*f*pyk—普通钢筋、预应力钢筋屈服强度标准值；

*f*y、*f*py—普通钢筋、预应力钢筋强度设计值；

*f*mrk—注浆料与岩石或土层的粘结强度标准值；

*f*msk—注浆料与锚杆杆体的粘结强度标准值；

*f*ms—注浆料与锚杆杆体的粘结强度设计值；

*f*mck—注浆料与混凝土的粘结强度标准值；

*f*mc—注浆料与混凝土的粘结强度设计值。

**2.2.2** 几何参数

*A*s—锚杆杆体有效截面面积；

*H*—锚杆的基本锚固深度；

*h*—混凝土基材厚度；

*L*a—锚固体中的直孔段注浆体长度；

*A*ln—岩石或混凝土基材局部受压垂直投影面积；

*D*—锚杆直孔孔径；

*d*—锚杆杆体直径；

*D*u—最大扩孔直径；

*n*—锚杆杆体的根数；

*m*—内锚头个数；

*li*—锚杆第i个楔块座与第i+1个楔块座的组装间距；

*b*i—扩孔钻头由孔底开始的第i层扩孔与第i+1层扩孔间距；

*i*—由孔底开始的内锚头编号。

**2.2.3** 作用及效应

*N*tk—锚杆承受的轴向拉力标准值；

*N*t—锚杆承受的轴向拉力设计值；

*N*s—混凝土锚杆锚固体抗拉承载力设计值；

*N*us—锚杆杆体抗拉承载力设计值；

*N*u—混凝土锚杆承载力设计值；

*N*uc—混凝土基材承载力设计值；

*N*uak—岩石锚杆锚固体抗拉承载力标准值；

*P*t—锚杆预应力张拉值；

*R*t—锚杆受外荷载标准组合下拉力值；

*N*cRm—受检验锚杆极限抗拔力实测平均值；

*N*cRmin—受检验锚杆极限抗拔力实测最小值；

*N*t1k—锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力标准值；

*N*t2k—锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力标准值。

*N*t1—锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力设计值；

*N*t2—锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力设计值。

**2.2.4** 计算系数及其它

*K*r—岩石锚杆锚固体计算安全系数；

*K*r1—锚固体锥体破坏安全系数；

*α*l—岩石锚杆围压放大系数；

*α*c1—混凝土棱柱体抗压强度与立方体抗压强度之比值；

*α*c2—C40以上混凝土考虑脆性的强度折减系数；

*β*l—基体内部局部抗压强度提高系数；

*β*c—混凝土强度影响系数；

*ξ*s—锚杆杆体工作条件系数；

*Ψ*—锚固长度对粘结强度的影响系数；

*γ*0—锚杆重要性系数。

**3 基本规定**

**3. 1 一般规定**

**3.1.1** 扩孔自锁锚杆设计时，宜控制为杆体破坏。当杆体强度不起控制作用时，应充分考虑安全性。

**3.1.2** 扩孔自锁锚杆孔内应灌注注浆材料。

**3.1.3** 锚杆体的使用年限应根据结构物的使用年限、锚固型式等确定。

**3. 2 设计原则**

**3.2.1** 本规程采用以理论分析、试验研究和工程经验为依据，岩石锚杆锚固体采用安全系数为表达形式的极限状态设计法，岩石锚杆杆体采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，混凝土锚杆采用概率理论为基础的极限状态设计方法。

**3.2.2** 锚固对象和基材组成的锚固结构系统应能满足整体稳定性。

**3.2.3** 根据破坏后的危害程度，扩孔自锁锚杆划分为三个安全等级。设计时应按表3.2.3的规定，采用相应的安全等级，但不应低于被锚固工程的安全等级。

表3.2.3 扩孔自锁锚杆的安全等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安全等级 | 破坏后的危害程度 | 锚杆重要性 |
| 一级 | 危害大，会构成公共安全问题 | 重要的锚杆 |
| 二级 | 危害较大，但不致出现公共安全问题 | 一般的锚杆 |
| 三级 | 危害较轻，不构成公共安全问题 | 次要的锚杆 |

**3.2.4** 岩石锚杆锚固体承载力应按下式进行验算：

 *Kr N*tk ≤ *N*uak （3.2.4）

式中：*Kr*—岩石锚杆锚固体承载力计算安全系数。

*N*tk—锚杆承受的轴向拉力标准值，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定进行计算；当扩孔自锁锚杆用于抗浮工程时，*N*tk为浮力标准值；

*N*uak—锚杆锚固体抗拉承载力标准值。

**3.2.5** 岩石锚杆杆体承载力应按下式进行验算：

*N*t ≤ *N*us （3.2.5）

式中：*N*t—锚杆承受的轴向拉力设计值，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009计算；

*N*us—锚杆杆体抗拉承载力设计值。

**3.2.6** 混凝土锚杆承载力应按下式进行验算：

*γ*0*N*t ≤ *N*u （3.2.6）

式中：*N*t—锚杆承受的轴向拉力设计值，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009计算；

*N*u—混凝土锚杆承载力设计值。对锚杆杆体为Nus，对基材为Nuc；

*γ*0—重要性系数。安全等级为一、二、三级锚杆的重要性系数分别为1.1、1.0、0.9。

**3.2.7** 扩孔自锁锚杆的极限抗拔承载力，除应满足本规程的相关计算规定外，还应经过现场抗拔试验验证。

**3.2.8** 锚杆设计除应满足承载力要求外，尚应保证变形不影响结构的正常使用。

**3.2.9** 特殊使用环境下的锚杆，应根据工程的设计使用年限，采取专门的防护措施。

**3.2.10** 扩孔自锁锚杆用于预应力自锁锚固时，锚杆的锚固体、自由段、外锚头以及各种连接部件，应按等强度的原则进行设计。单根预应力锚杆的设计张拉力，应根据下列因素确定：

1 被锚固结构物安全运行需要的总锚固力；

2 锚固介质和胶结材料力学指标；

3 锚杆材料力学性能；

4 锚夹具的类型、张拉设备出力和施工场地条件。

**3.2.11** 扩孔自锁锚杆用于挂件式自锁锚杆时，挂件式锚杆中的锚固体、自由段、外锚头以及各种连接部件，应按等强度的原则进行设计，且内锚头所提供的自锁锚固力，应大于锚杆承载力的60%。挂件式自锁锚杆的设计承载力，应考虑下列因素：

1 锚固介质和胶结材料力学指标；

2 杆体材料力学性能；

3 锚杆所处使用环境；

4 对于存在振动荷载时，应适当加大锚固深度。

**3. 3 锚杆选型**

**3.3.1** 选用扩孔自锁锚杆的类型时，应根据工程要求、基材性质、锚杆承载力、锚杆长度、现场条件、施工方法等因素确定。常用自锁锚杆的设计可参考附录A选用，常规扩孔钻头性能可参考附录B选取，常规自锁锚杆连接型式可参考附录C。

**3.3.2** 浅孔自锁锚杆适用于混凝土锚杆；当采用自锁锚杆替代化学植筋锚固和挂件锚杆时，宜采用浅孔自锁锚杆。

**3.3.3** 深孔自锁锚杆适用于岩石锚杆；当采用自锁锚杆进行地下室抗浮设计时，宜采用深孔自锁锚杆。

**3.2.4** 对于大体积混凝土锚固工程，一般采用深孔自锁锚杆；对于超大吨位混凝土锚固工程，宜采用多层自锁锚杆。

**3. 4 基材**

**3.4.1** 扩孔自锁锚杆用于混凝土工程时，设计前应确定混凝土强度等级，进行包括锚杆锚入深度影响范围内混凝土是否有孔洞、疏松、破损、裂缝等缺陷以及钢筋的配置等方面的调查或检测。

**3.4.2** 严重裂损混凝土、不密实混凝土、结构抹灰层、装饰层等，均不应作为锚固基材。

**3.4.3** 混凝土基材强度等级不应低于C15，其指标及取值应根据现场实测结果按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定。当自锁锚杆作为后置式自锁锚杆使用时，混凝土强度等级不应低于C20。

**3.4.4** 扩孔自锁锚杆用于岩石工程时，除应查明岩层的工程地质条件和水文地质条件外，还应包括以下内容：

1 岩石的饱和单轴抗压强度、重力密度、抗剪强度等；

2 地下水分布情况和孔隙水压力；

3 岩石层的地质构造和裂隙；

4 岩石层和地下水对锚杆材料的腐蚀性。

**4 材 料**

**4. 1 一般规定**

**4.1.1**  锚杆和部件采用的材料应满足设计要求。其质量除本规程提出的专门要求外，尚应满足国家现行标准的有关规定。

**4.1.2**  锚杆杆体钢筋应符合下列规定：

1 普通钢筋的力学性能指标应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB 1499 和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014 的规定；预应力螺纹钢筋的力学性能指标应符合现行国家标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065的规定。

2 钢绞线的力学性能指标应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB／T 5224的规定。

3 无粘结预应力钢绞线的力学性能指标应符合现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》JG 161 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的规定；

4 锚杆杆体钢筋的强度指标按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定采用。

5 钢筋的连接部位应能承受杆体的极限抗拔承载力。

**4.1.3** 锚头可采用铸钢或铸铁，材质应符合对应牌号的国家标准。

**4.1.4** 预应力自锁锚杆材料可根据锚固工程的性质、锚固部位、工程规模，选择高强度、低松弛的预应力钢绞线、无粘结预应力筋、精轧螺纹钢筋或普通预应力钢筋。

**4. 2 锚杆及锚头材料**

**4.2.1** 杆体材料的选择应考虑锚杆的工作条件和特性。

**4.2.2** 楔缝式内锚头的锚杆杆体宜采用HRB400级及以上强度等级普通钢筋、精轧螺纹钢筋，也可采用碳素钢及合金钢；楔块宜采用铸钢ZG200~ZG400，也可采用铸铁HT250~HT350。

**4.2.3** 套筒式内锚头的锚杆杆体宜采用高强度预应力钢筋，也可采用HRB500或HRB400级钢筋；套筒宜采用Q355级钢；锚杆膨胀锥头可采用Q355级钢或铸钢ZG300~400。

**4.2.4**  楔块式内锚头的锚杆杆体宜采用高强度预应力螺纹钢筋，也可采用HRB500或HRB400级钢筋以及碳素钢及合金钢；楔块宜采用铸钢ZG200~ZG400，也可采用铸铁HT250~HT350；楔块座可采用Q355级钢或铸钢ZG300~ZG400。

**4.2.5** 当自锁锚杆用作后置式自锁锚杆时，杆体材料可按以下规定选用：

1 非设备自带锚杆材料宜按现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定选用，其等级不应低于Q355；

2 非设备自带的锚杆锚固段宜有全螺纹或刻槽；

3 锚杆螺纹的应力截面积应按现行国家标准《螺纹紧固件应力截面积和承载面积》GB/T 16823.1 的有关规定采用。

**4.2.6** 当自锁锚杆用作挂件式自锁锚杆时，杆体材料应符合以下规定：

1 杆体采用具有适应开裂混凝土性能的金属锚杆，扩孔型锚杆具有抗冲击性能和耐火性，并提供相应的测试报告；

2 锚杆钢材材质宜为不锈钢A4或热浸镀锌8.8级钢，锚杆应有抗腐蚀性能，热镀锌镀层厚度不小于45µm；

3 锚杆120分钟耐火极限下的承载力应不低于锚杆承载力设计值的20%；

4 单个支、吊架及锚杆系统应能在有振动状态下提供锚杆设计承载力的50%以上。

**4. 3 锚杆孔注浆材料**

**4.3.1** 岩石锚杆的注浆材料应采用水泥基注浆材料，混凝土锚杆的注浆材料可采用水泥基或改性环氧树脂基注浆材料。

**4.3.2** 水泥基注浆材料应采用可灌注性能好、不泌水、微膨胀、早强、高强特性的定型材料产品，其技术指标应符合表4.3.2的要求。

表4.3.2 水泥基灌浆材料的技术性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 技术指标 | 检验方法 |
| 骨料最大粒径/mm | ≤2.36 | JC/T 986 |
| 流动度 | 初始值/mm | ≥300 | GB/T 50448 |
| 30min保留值/mm | ≥270 |
| 泌水率/% | 0 | GB /T 50080 |
| 竖向膨胀率 | 3h/% | 0.1~2 | GB/T 50119 |
| 1d/% | 0.2~2 |
| 28d/% | 0.2~2 |
| 抗压强度 | 1d/MPa | ≥20 | GB/T 50448 |
| 3d/ MPa | ≥40 |
| 28d/MPa | ≥60 |
| 氯离子含量 | ≤0.1% | GB/T 8077 |
| 与钢筋 粘结强度 | 光圆钢筋，28d /MPa | ≥6.5 | DL/T 5150 |
| 螺纹钢筋，28d /MPa | ≥13.0 |

**4.3.3** 水泥基注浆材料拌和，加水量应按随货提供的产品合格证上的推荐用水量，水质应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63的规定，且pH值不低于6.5。

**4.3.4** 水泥基注浆材料在现场配制时，其性能应满足设计要求。当设计无要求时，应符合表4.3.2的规定。

**4.3.5** 改性环氧树脂基注浆材料的安全性能指标应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的规定。

**5 岩石自锁锚杆设计**

**5. 1 一般规定**

**5.1.1** 岩石锚杆的自锁锚头所在岩层应为完整或较完整的微风化岩或中风化岩，岩石承载力特征值不宜小于800kPa，当岩石承载力特征值低于800kPa时，应通过试验来确定内锚头的自锁锚固力。

**5.1.2** 锚固区域环境对锚杆体的腐蚀程度可划分为微腐蚀、弱腐蚀、中等腐蚀、强腐蚀，腐蚀程度依据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 或其他行业标准确定。

**5.1.3** 岩石基材在承受施工荷载和使用荷载作用时的安全系数*K*r，应根据锚杆的安全等级按表5.1.3采用。

表5.1.3 岩石自锁锚杆锚固体计算安全系数*K*r

|  |  |
| --- | --- |
| 安全等级 | 安全系数*K*r |
| 一 | 2.2 |
| 二、三 | 2.0 |

**5.1.4** 灌注水泥基注浆材料时，注浆料与锚杆杆体粘结强度标准值*f*msk可按表5.1.4确定。

表5.1.4 水泥基注浆材料与钢筋的粘结强度标准值*f*msk

|  |  |
| --- | --- |
| 粘结材料 | 粘结强度标准值(MPa) |
| 水泥砂浆或水泥结石体与钢绞线 | 3.0~4.0 |
| 水泥砂浆或水泥结石体与螺纹钢筋 | 2.0~3.0 |
| 水泥基注浆材料（定型产品）与螺纹钢筋 | 6.0~8.0 |

注：水泥砂浆或水泥结石体强度等级宜为M25～M40，M25取表中下限值，M40取表中上限值，中间可内插。

**5.1.5** 灌注水泥基注浆材料时，注浆料与岩石的粘结强度标准值*f*mrk可按表5.1.5确定。

表5.1.5 水泥基注浆料与岩石的粘结强度标准值*f*mrk

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 岩石类别 | 岩石单轴饱和抗压强度值(MPa) | 普通砂浆、水泥浆结石体与岩石粘结强度标准值(MPa) | 水泥基灌浆材料（定型产品）与岩石粘结强度标准值(MPa) |
| 极软岩 | <5 | 0.2～0.3 | 0.3~0.5 |
| 软岩 | 5～15 | 0.3～0.8 | 0.4~1.0 |
| 较软岩 | 15～30 | 0.8～1.2 | 1.0~1.5 |
| 较硬岩 | 30～60 | 1.2～1.6 | 1.5~2.0 |
| 硬岩 | >60 | 1.6～3.0 | 2.0~3.5 |

注：1 普通砂浆、水泥浆体的强度等级不应小于M30；

2 在岩体结构面发育时，粘结强度取表中下限值。

**5.1.6** 灌注水泥基注浆材料时，注浆料与土层的粘结强度标准值*f*mrk可按表5.1.6确定。

表5.1.6 水泥基注浆料与土层的粘结强度标准值*f*mrk

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土的种类 | 土的状态 | 普通砂浆、水泥浆结石体与土层粘结强度标准值(kPa) | 水泥基灌浆材料与土层粘结强度标准值(kPa) |
| 粘性土 | 软塑 | 30～50 | 35～60 |
| 可塑 | 50～65 | 65～80 |
| 硬塑 | 65～80 | 75～95 |
| 坚硬 | 80～100 | 95～115 |
| 粉土 | 中密 | 70～125 | 80～140 |
| 砂性土 | 松散 | 75～150 | 85～175 |
| 稍密 | 125～200 | 140～220 |
| 中密 | 150～250 | 170～280 |
| 密实 | 250～300 | 280～330 |
| 碎石土 | 稍密 | 150～250 | 170～280 |
| 中密 | 250～300 | 280～330 |
| 密实 | 300～350 | 330～380 |

注：本表适用于一次注浆；当采用二次高压劈裂注浆（压力＞3.5MPa）加固锚固体周边地层时，表中粘结强度可提高30%。

**5.1.7** 岩石锚杆锚固设计时，除锚杆抗拉承载力应满足设计要求外，还应验算锚杆所锚固的结构物、锚杆和岩层基材组成的锚固结构体系的整体稳定性。

**5. 2 自锁锚杆承载力计算**

**5.2.1** 锚杆杆体抗拉承载力应按下式计算：

*Nt*≤ *N*us （5.2.1-1）

*N*us = *A*s*fyξs* （5.2.1-2）

式中 : *N*t—荷载效应基本组合下锚杆拉力设计值（N），其中*N*t = 1.35 *R*t；

*N*us—锚杆杆体抗拉承载力设计值；

*R*t—锚杆受外荷载标准组合下拉力标准值（N）；

 *f*y—锚杆杆体材料抗拉强度设计值（N/mm2）；

 *A*s—锚杆杆体有效截面面积（mm2）；

*ξs*—锚杆杆体工作条件系数，按安全等级，一级取0.6，二级取0.69，三级取0.75。

**5.2.2**锚杆杆体基本锚固深度按下列公式计算：

在均质岩石中，单根锚杆所需的基本锚固深度*H*（图5.2.2）可下式计算：

 （5.2.2）

式中：*H*—锚杆单元的基本锚固深度（mm）；

 *frk*—饱和单轴抗压强度标准值（MPa）；

 *N*tk—锚杆承受的轴向拉力标准值（N）；

 *Kr1*—锚固体锥体破坏安全系数，可取3.0~5.0。



图5.2.2 均质岩层中单根锚杆形成的锚固单元的压应力传递形式

**5.2.3** 扩孔自锁锚杆的锚固体抗拔承载力应通过基本试验确定，初步设计时应按下式计算：

*Kr**N*tk ≤ *N*uak （5.2.3-1）

*N*uak ≤ *N*t1k + *N*t2k （5.2.3-2）

式中：*Kr*—岩石自锁锚杆锚固体承载力计算安全系数；

*N*tk—锚杆承受的轴向拉力标准值（N），其中，*N*tk =1.0 *R*t；

*N*uak—岩石锚杆锚固体的抗拉承载力标准值（N）；

*N*t1k—锚杆锚固体中直孔段注浆体的粘结锚固承载力标准值（N）；

*N*t2k—锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固承载力标准值（N）。

锚杆锚固体中直孔段注浆提的粘结锚固力标准值按下式计算：

*N*t1k *= π D f*mrk *Ψ L*a （5.2.3-3）

锚杆锚固体中内锚头的自锁锚固力标准值按下式计算：

*N*t2k *= αl βl π f*rk *Aln* （5.2.3-4）

式中，*D*—锚杆钻孔直径（mm）；

*f*mrk—锚固体中注浆体与岩石间的粘结强度标准值（MPa）；

*Ψ*—锚固长度对粘结强度的影响系数，对于岩石锚杆，按5.2.4条规定取值；

*L*a—锚固体中的直孔段注浆体长度（mm）；

*α*l—岩石锚杆围压放大系数，取2.6；

*A*ln—岩石局部净受压垂直投影面积（mm2），*A*ln=π *D*u2/4-π *D*2/4，*D*u为

扩孔最大直径（mm）；

*β*l—局部受压时的强度提高系数，取3；

*f*rk—饱和单轴抗压强度标准值（MPa）。

**5.2.4** 锚固长度对粘结强度的影响系数*Ψ*应由试验确定，无试验资料时，*Ψ*值可按表5.2.4取值。

表5.2.4 锚固长度对粘结强度的影响系数*Ψ*建议值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 锚固地层 | 土层 | 软岩或极软岩 |
| 锚固体长度（m） | 13~16 | 10~13 | 10 | 10~6 | 6~3 | 9~12 | 6~9 | 6 | 6~4 | 4~2 |
| *Ψ*取值 | 0.8~0.6 | 1.0~0.8 | 1.0 | 1.0~1.3 | 1.3~1.6 | 0.8~0.6 | 1.0~0.8 | 1.0 | 1.0~1.3 | 1.3~1.6 |

**5.2.5** 按第5.2.3条计算的岩石锚杆抗拔承载力应通过抗拔锚杆基本试验确定，试验数量不应少于一组，每组不少于3根。

**5. 3 构造规定**

**5.3.1** 岩石锚杆的自锁锚头进入岩层深度不宜低于1.5m，并应考虑岩石的分类、锚杆承载力大小等因素分级区别对待，自锁锚头进入岩层的深度还应通过基本试验确定。

**5.3.2** 岩石锚杆的间距不宜小于1.5m，不应发生三角锥重叠。

**5.3.3** 岩石锚杆的钻孔直径与杆体直径的差值，穿过岩层时不宜小于12mm，穿过土层时不宜小于60mm。

**5.3.4** 深孔锚杆杆体直径大于32 mm时，杆体应居中布置。

**5.3.5** 锚杆需要接长时，HRB400级或HRB500级钢筋锚杆应采用焊接或套筒连接，螺纹钢筋锚杆应采用机械式套筒连接。连接强度不得低于锚杆抗拉强度。

**5.3.6** 预应力螺纹钢筋锚杆的外锚头与被连接件可采用螺栓连接或机械式套筒连接， HRB400级及以上强度等级普通钢筋非预应力锚杆与焊接性能较好的被连接件可采用焊接连接、套筒连接或螺栓连接。连接强度不得低于锚杆抗拉强度。

**5.3.7**  对于有防水要求的地下结构工程，锚杆与主体结构连接部位应参考《地下工程防水技术规范》GB 50108的规定和要求采取防水构造措施。

**5. 4 防护设计**

**5.4.1** 在一般环境下，锚杆的防护可不进行设计。

**5.4.2** 在特殊环境下，锚杆的防护应根据其腐蚀程度进行设计，并宜按表5.4.2的规定执行。锚杆体各部件的防护材料应在组装和安装过程中不发生损坏。

表5.4.2 锚杆的防护措施

|  |  |
| --- | --- |
| 腐蚀程度 | 防护措施 |
| 微腐蚀或弱腐蚀 | 锚杆与岩石之间灌注水泥。 |
| 中等腐蚀 | 锚杆杆体与岩石之间灌注水泥基注浆料，杆体注浆材料保护层厚度不宜小于20mm。 |
| 强腐蚀 | 锚杆杆体和锚头表面涂以防腐材料；锚杆与岩石之间灌注水泥基注浆料，根据腐蚀的介质情况，添加相应的外加剂；杆体注浆材料保护层厚度不宜小于35mm。 |

**6 混凝土自锁锚杆设计**

**6. 1 一般规定**

**6.1.1** 抗震验算时，混凝土锚杆承载力设计值应除以承载力抗震调整系数0.8。

**6.1.2** 灌注水泥基或合成树脂基注浆料，锚杆在锚固段的粘结强度标准值*f*mck可按表6.1.2-1确定，锚杆在锚固段的粘结强度设计值*f*mc可按表6.1.2-2确定：

表6.1.2-1 注浆料与混凝土的粘结强度标准值*f*mck

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基体混凝土强度等级 | C15 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 普通水泥砂浆或水泥浆体 (MPa) | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.85 | 2.85 | 2.85 | 2.85 | 2.85 |
| 水泥基注浆材料定型产品(MPa) | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.85 | 3.20 | 3.50 | 3.50 | 3.50 |
| 环氧树脂基注浆材料 (MPa) | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.85 | 3.20 | 3.50 | 3.80 | 3.90 |

注：1 表中普通水泥砂浆或水泥浆体强度等级不应低于M30；环氧树脂基注浆料抗压强度为70MPa。

2 当注浆料的粘结强度大于混凝土抗剪强度时，混凝土破坏，粘结强度标准值取混凝土抗剪强度标准值。

表6.1.2-2 注浆料与混凝土的粘结强度标准值*f*mc

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基体混凝土强度等级 | C15 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 普通水泥砂浆或水泥浆体 (MPa) | 0.85 | 1.05 | 1.25 | 1.43 | 1.43 | 1.43 | 1.43 | 1.43 |
| 水泥基注浆材料定型产品(MPa) | 0.85 | 1.05 | 1.25 | 1.43 | 1.60 | 1.75 | 1.75 | 1.75 |
| 环氧树脂基注浆材料 (MPa) | 0.85 | 1.05 | 1.25 | 1.43 | 1.60 | 1.75 | 1.90 | 1.95 |

注：当注浆料的粘结强度大于混凝土抗剪强度时，混凝土破坏，粘结强度设计值取混凝土抗剪强度设计值。

**6.1.3** 灌注水泥基注浆材料时，注浆料与锚杆粘结强度标准值*f*msk可按表6.1.3-1确定，注浆料与锚杆粘结强度设计值*f*ms可按表6.1.3-2确定。

表6.1.3-1 水泥基注浆材料与钢筋的粘结强度标准值***f*msk**

|  |  |
| --- | --- |
| 粘结材料 | 粘结强度标准值(MPa) |
| 普通水泥砂浆或水泥结石体与钢绞线 | 3.0~4.0 |
| 普通水泥砂浆或水泥结石体与螺纹钢筋 | 2.0~3.0 |
| 水泥基注浆材料（定型产品）与螺纹钢筋 | 6.0~8.0 |

注：水泥砂浆或水泥结石体强度等级为M30～M40，M30取表中下限值，M40取表中上限值，中间可内插。

表6.1.3-2 水泥基注浆材料与钢筋的粘结强度设计值***f*ms**

|  |  |
| --- | --- |
| 粘结材料 | 粘结强度设计值(MPa) |
| 普通水泥砂浆或水泥结石体与钢绞线 | 1.5~2.0 |
| 普通水泥砂浆或水泥结石体与螺纹钢筋 | 1.0~1.5 |
| 水泥基注浆材料（定型产品）与螺纹钢筋 | 3.0~4.0 |

**6.1.4**  混凝土的抗剪强度标准值*f*vk可按表6.1.4-1确定，混凝土的抗剪强度设计值*f*v可按表6.1.4-2确定：

表6.1.4-1 混凝土的抗剪强度标准值***f*vk**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | C15 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 抗剪强度标准值(MPa) | 1.70 | 2.10 | 2.50 | 2.85 | 3.20 | 3.50 | 3.80 | 3.90 |

表6.1.4-2 混凝土的抗剪强度设计值***f*v**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | C15 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 抗剪强度设计值(MPa) | 1.26 | 1.76 | 1.80 | 2.10 | 2.36 | 2.60 | 2.80 | 2.90 |

**6. 2 自锁锚杆承载力计算**

**6.2.1** 锚杆杆体抗拉承载力应按下式计算：

*γ*0*N*t ≤ *N*s (6.2.1-1)

*N*s = *A*s *f*y (6.2.1-2)

式中 *N*t—荷载效应基本组合下锚杆拉力设计值（N）；

*N*s —锚杆抗拉承载力设计值（N）；

*f*y—锚杆杆体材料抗拉强度设计值（N/mm2），

*A*s—锚杆杆体有效截面面积（mm2）；

*γ*0—重要性系数。安全等级为一、二、三级锚杆的重要性系数分别为1.1、1.0、0.9。

**6.2.2** 锚杆杆体基本锚固深度按下列公式计算：

混凝土锚杆的基本锚固深度*H*为：

 （6.2.2）

式中：*H*—锚杆单元的基本锚固深度（mm）；

*α*c1—混凝土棱柱体抗压强度与立方体抗压强度之比值：对于C50及以下普通混凝土取0.76，对高强混凝土C80取0.82，中间线性插值；

*α*c2—C40以上混凝土考虑脆性的强度折减系数：对于C40取1.00，对高强混凝土C80取0.87，中间线性插值；

*N*s—锚杆抗拉承载力设计值（N）；

*f*c—混凝土轴心抗压强度设计值（MPa），当*f*c >32 MPa时，应乘以降低系数0.95。

**6.2.3** 扩孔自锁锚杆的锚固体抗拉承载力应按下式计算：

*N*s ≤ *N*t1 + *N*t2 （6.2.3-1）

式中：*N*s—锚杆抗拉承载力设计值（N）；

*N*t1—锚固体中直孔段注浆料的粘结锚固承载力设计值（N）；

*N*t2—锚固体中内锚头的自锁锚固承载力设计值（N）。

锚固体中直孔段注浆料的粘结锚固力设计值为公式（6.2.3-2）和公式（6.2.3-3）中的较小值：

 （6.2.3-2）

  （6.2.3-3）

锚固体中内锚头的自锁锚固承载力设计值为：

 （6.2.3-4）

式中：*d*—锚杆杆体直径（mm）；

*D*—锚杆钻孔直径（mm）；

*n*—锚杆杆体的根数；

*f*mc—锚固体中注浆体与混凝土的粘结强度设计值（MPa）；

*f*ms—注浆料与锚杆杆体的粘结强度设计值（MPa）；

*Ψ*—锚固长度对粘结强度的影响系数，对于混凝土锚杆，*Ψ*值可取1；

*L*a—锚固体中的直孔段注浆体长度（mm）；

*A*ln—混凝土局部净受压垂直投影面积（mm2），*A*ln=*πD*u2/4-*πD2*/4，*D*u为扩孔最大直径（mm）；

*β*l—局部受压时的强度提高系数，取3；

*β*c—混凝土锚杆强度影响系数，当混凝土强度等级不超过C30时，取1.0；当混凝土强度等级为C60时，取0.6；其间采用线性内插法确定；

*f*ck—混凝土轴心抗压强度标准值（N/mm2）。

**6.2.4** 混凝土自锁锚杆群锚时，应将群锚范围内锚杆的总面积等效为单支锚杆的有效面积，再按照6.2.2及6.2.3条公式计算基本锚固深度及锚固力大小，也可以参考现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 进行计算。

**6.2.5** 混凝土浅孔扩孔自锁锚杆受剪承载力，可参照现行国家标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 进行计算。

**6.2.6** 对预应力多层扩孔自锁锚杆，要求由各层内锚头均摊锚杆锚固力时，相邻楔块式内锚头的间距*li*由下式确定：

 （6.2.6-1）

 （6.2.6-2）

式中 *li*—锚杆第i个楔块座与第i+1个楔块座的组装间距，i=1~m-1；

*i*—由孔底开始的内锚头编号，i=1~m；

*m*—内锚头个数，*P*t/*N*t2 小数部分向上圆整到整数；

*P*t—锚杆预应力张拉值（N）；

*N*t2—单层内锚头锚固力设计值（N），由试验确定或由（6.2.3-4）式确定；

*b*i—扩孔钻头由孔底开始的第i层扩孔与第i+1层扩孔间距，i=1~m-1；

*n*—锚杆杆体根数；

*E*s—锚杆杆体弹性模量（N/mm2）；

*A*s—锚杆杆体有效截面面积（mm2）。

**6. 3 构造规定**

**6.3.1** 混凝土自锁锚杆的基材厚度*h*宜满足*h*≥1.5*H*且*h*≥300mm。

**6.3.2** 钢筋混凝土基材上的群锚锚杆最小间距值不宜小于6*d*，锚杆离混凝土基材边缘的最小边距值不宜小于50mm。锚杆位置应在受力主筋以内。

**6.3.3** 自锁锚杆用作后置式自锁锚杆时，锚头底部距基底的距离不应小于100mm，锚杆中心距混凝土基材边缘的距离不应小于6*d*且不应小于200mm，群锚中心间距不宜小于6*d*。

**6.3.4** 自锁锚杆用作深孔预应力锚杆时，应进行专项设计。

**7 施 工**

**7. 1 一般规定**

**7.1.1**  自锁锚杆的类别、原材料规格、型号和材质以及锚杆各部件质量和性能指标等应符合设计要求，施工设备和机具技术性能等应符合施工要求，并根据产品使用说明书和标准的有关规定进行验收和组织施工。

**7.1.2** 基材强度应满足设计要求。

**7.1.3** 钻孔前，应根据设计要求和基材表面情况，定出孔位，做出记号；钻孔、扩孔完成后，应将孔内碎渣、粉屑清理干净。锚杆布置形式及孔位、孔径、孔深应符合设计或第7.1.4条要求

**7.1.4**  岩石锚杆成孔质量应满足设计要求。当无具体要求时，应符合表7.1.4-1和表7.1.4-2的要求。

表7.1.4-1 岩石锚杆成孔质量要求

|  |  |
| --- | --- |
| 深度允许偏差(mm) | 垂直度允许偏差(°) |
| +50 | 5 |

表7.1.4-2 岩石锚杆扩孔直径允许偏差(mm)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 扩孔最大直径 | 72～120 | 125～200 |
| 成孔直径偏差 | ≤+5.0 | ≤+8.0 |

**7.1.5**  混凝土锚杆成孔质量应满足设计要求。当无具体要求时，应符合表7.1.5-1和表7.1.5-2的要求。

表7.1.5-1 混凝土锚杆成孔质量要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 锚杆种类 | 深度允许偏差(mm) | 垂直度允许偏差(°) |
| 混凝土浅孔锚杆 | +10 | 5 |
| 混凝土深孔锚杆 | +50 | 5 |

表7.1.5-2 混凝土锚杆扩孔直径允许偏差(mm)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 扩孔最大直径 | 10～30 | 32～70 | 72～120 | 125～200 |
| 成孔直径偏差 | ≤+2.0 | ≤+3.0 | ≤+5.0 | ≤+8.0 |

**7. 2 岩石自锁锚杆安装**

**7.2.1**  钻孔：钻孔定位，钻直孔至设计深度。成孔过程中注意校准钻孔角度；

**7.2.2** 清孔与扩孔：用清孔设备清孔后，根据设计要求进行扩孔，使扩孔钻头行程满足规定要求。扩孔后再清孔；

**7.2.3** 锚杆组装：将锚杆杆体与锚头连接，并绑扎注浆管；

**7.2.4** 安装：将表面处理干净的锚杆插入孔底。在锚杆顶做好标记，在锚杆外露端锤击加压，使锚杆行程到达要求；

**7.2.5** 注浆：通过注浆管注浆；

**7.2.6** 养护。

**7. 3 混凝土自锁锚杆安装**

**7.3.1** 浅孔自锁锚杆的安装工艺：

 1 钻直孔：混凝土表面处理，钻孔定位。根据孔径的不同，选用电锤、风镐或水钻钻直孔至设计深度；

 2 清孔与扩孔：用清孔设备清孔后，根据设计要求进行扩孔，使扩孔钻头行程满足规定要求。扩孔后再清孔；

 3 检测：用测孔仪器测量扩孔直径并记录。若不满足要求继续扩孔；

4 注浆：灌注注浆料至约三分之二孔深；

5 安装：尽快将表面处理干净的锚杆插入孔底，做好标记，在锚杆外露端锤击加压，使锚杆行程到达要求；

 6 养护。

**7.3.2**  深孔自锁锚杆的安装工艺：

 1 钻孔：钻孔定位，钻直孔至设计深度。成孔过程中注意校准钻孔角度；

 2 清孔与扩孔：用清孔设备清孔后，根据设计要求进行扩孔，使扩孔钻头行程满足规定要求。扩孔后再清孔；

3 锚杆组装：将锚杆杆体与锚头连接。根据锚杆安装孔仰角、倾角的不同分别绑扎排气管或注浆管；

4 安装：将表面处理干净的锚杆插入孔底。在锚杆顶做好标记，在锚杆外露端锤击加压，使锚杆行程到达要求；

 5 注浆：若锚孔上仰，孔口埋入灌浆嘴并封闭孔口后注浆；若锚孔下倾，直接由注浆管注浆；

6 养护。

**7.3.3** 多层扩孔自锁锚杆的安装工艺：

1 钻直孔：钻直孔至设计深度。成孔过程中应注意校准钻孔角度；

2 组装钻头：根据设计的直孔直径、锚头数量、间距，组装相应的倒锥形扩孔钻头；

3 清孔与扩孔：用清孔设备清孔后，在直孔内锚固段扩出多层倒锥孔，扩孔钻头行程应满足规定要求；扩孔完毕后再清孔；

4 锚杆组装：根据设计要求组装配套的多层楔块式内锚头锚杆，锚头间距应以扩孔后的钻头间距为基准，根据锚杆安装孔仰角、倾角的不同分别安装排气管或注浆管；

5 安装：先插入装有多层锚头的锚杆，接长锚杆至锚杆插入到孔底；

6 施加预应力：若单孔内有多根杆体，宜在组装锚杆时在每根杆体上贴应变片，锚杆安装后做初步张拉，测量各杆体的应变，若各杆体受力不同步，需分别调整螺母，直至各杆体同步受力，然后连续张拉至设计预拉力值；

7 锚固：拧紧锚固螺母；

8 注浆与养护：锚孔内注浆，养护。

**7. 4 成品保护**

**7.4.1** 锚杆安装后，注浆材料达到设计强度前，杆体不得受到扰动。

**7.4.2** 自锁锚杆安装完成后应根据使用环境、锚杆的具体类型、灌注材料的特性和其他特定要求作适当辅助保护措施。正常使用后即可与锚固体采用同样的维护措施，以保证其使用安全。

**8 工程质量检验与验收**

**8. 1 一般规定**

**8.1.1**  岩石锚杆工程竣工后，应按设计要求和质量合格条件验收。

**8.1.2**  岩石锚杆工程应进行质量检验和验收试验。

**8.1.3**  混凝土锚杆产品进场时，应按照合同核对其型号、规格、数量等。

**8.1.4**  混凝土锚杆及注浆料的类别和规格应符合设计要求。

**8.1.5**  混凝土锚杆和注浆料应有产品制造商提供的产品合格证书、使用说明书、检测报告或认证报告。

**8. 2 工程质量检验**

**8.2.1**  锚杆原材料的质量检验应包括下列内容：

1 原材料出厂合格证；

2 材料现场抽检试验报告和代用材料试验报告；

3 锚杆注浆材料强度等级检验报告等；

4 锚杆、注浆料的类别、规格、材质；

5 锚杆的位置；

6 成孔质量和数量；

7 锚固施工质量。

**8.2.2**  岩石锚杆抗拔力检验应按本规程附录D验收试验的规定进行。

**8.2.3**  岩石锚杆工程质量检验应符合表8.2.3的规定。

表8.2.3 岩石锚杆工程质量检验标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | 允许偏差或允许值 | 检查方法 |
| 1 | 锚杆杆体长度（mm） | +100-30 | 用钢尺测量 |
| 2 | 锚杆拉力设计值 | 设计要求 | 现场抗拔试验 |
| 3 | 锚杆布置（mm） | ±100 | 用钢尺测量 |
| 4 | 钻孔倾斜度 | ±5 | 测斜仪等 |
| 5 | 浆体强度 | 设计要求 | 试验送检 |
| 6 | 注浆量 | 大于理论设计注浆量 | 检查计量数据 |
| 7 | 杆体插入长度 | 全长粘接型锚杆 | 不小于设计长度的95% | 用钢尺测量 |
| 预应力锚杆 | 不小于设计长度的95% |

注：取样数量和方法按附录D进行。

**8.2.4**  混凝土锚杆抗拔力检验应按本规程附录E验收试验的规定进行。

**8.2.5**  混凝土锚杆工程质量检验应符合表8.2.5的规定。

表8.2.5 混凝土锚杆工程质量检验标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | 允许偏差或允许值 | 检查方法 |
| 1 | 锚孔深度（mm） | 100 | 用钢尺或探针测量 |
| 2 | 锚孔直径（mm） | ±2 | 用游标卡尺测量 |
| 3 | 扩孔直径（mm） | 50 | 用测孔仪测量 |
| 4 | 浆体强度 | 设计要求 | 试验送检 |
| 5 | 注浆量 | 大于理论设计注浆量 | 检查计量数据 |
| 6 | 锚杆拉力设计值 | 设计要求 | 现场抗拔试验 |

注：取样数量按和方法按附录E进行。

**8. 3 工程质量验收**

**8.3.1**  岩石锚杆工程验收应提供下列文件：

1 原材料出厂合格证，材料现场抽检试验报告，代用材料试验报告，水泥浆（砂浆）试块抗压强度等级试验报告；

2 锚杆工程施工记录；

3 锚杆验收实验报告；

4 隐蔽工程检查验收记录；

5 设计变更报告；

6 竣工图。

**8.3.2**  岩石锚杆工程验收时，尚应提供下列监测资料：

1 实际测点布置图；

2 锚杆拉力测量原始记录和拉力-时间曲线；

3 变形测量时态曲线。

**8.3.3**  混凝土锚杆工程验收应提供下列文件：

1 设计文件；

2 锚杆和注浆料的产品质量证明书或出厂合格证、产品说明书及检测报告或认证报告，产品的进场见证复验报告；

3 锚杆安装工程施工记录；

4 锚固工程质量检查记录表；

5 锚固承载力现场检验报告；

6 锚固分项工程质量验收记录；

7 工程重大问题处理记录；

8 竣工图及其他有关文件记录。

**8.3.4**  混凝土锚杆锚固工程质量不合格时，应由施工单位制定补救措施，经设计单位确认后实施，并重新检查、验收。

**附录A 常用自锁锚杆性能指标**

**A.0.1** 杆体钢材5.8级扩孔自锁锚杆性能参数见表A.0.1。

表A.0.1 浅孔自锁锚杆（5.8级）性能参数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆外径(mm) | 标准埋深(mm) | 锚杆长度(mm) | 抗拉力kN | 抗剪力kN |
| 标准值 | 设计值 | 标准值 | 设计值 |
| 16 | 240 | 288 | 62.80  | 48.31  | 25.12  | 19.32  |
| 18 | 270 | 324 | 76.80  | 59.08  | 30.72  | 23.63  |
| 20 | 300 | 360 | 98.00  | 75.38  | 39.20  | 30.15  |
| 25 | 375 | 450 | 141.20  | 108.62  | 56.48  | 43.45  |

**A.0.2** 杆体钢材8.8级扩孔自锁锚杆性能参数见表A.0.2。

表A.0.2 浅孔自锁锚杆（8.8级）性能参数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆外径(mm) | 标准埋深(mm) | 锚杆长度(mm) | 抗拉力kN | 抗剪力kN |
| 标准值 | 设计值 | 标准值 | 设计值 |
| 16 | 288 | 336 | 100.48 | 77.29 | 40.19 | 30.92 |
| 18 | 324 | 378 | 122.88 | 94.52 | 49.15 | 37.81 |
| 20 | 360 | 420 | 156.8 | 120.62 | 62.72 | 48.25 |
| 25 | 450 | 504 | 225.92 | 173.78 | 90.37 | 69.51 |

**A.0.3**  杆体精轧螺纹钢（PSB930级）套筒式内锚头锚杆性能参数见表A.0.3。

表A.0.3 套筒式内锚头锚杆精轧螺纹钢（PSB930级）性能参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆外径(mm) | 孔直径(mm) | 埋深(m) | 锚固段长度(m) | 锚杆极限拉拔力（kN） | 施加预应力（kN） | 安装后的预应力损失% |
| 32 | 76 | 14 | 0.9 | 1080 | 800 | 15～18 |

注：该性能通过试验总结得出。

**附录B 扩孔钻头性能参数**

**B.0.1** 浅孔自锁锚杆配套扩孔钻头性能参数见表B.0.1。

表B.0.1 浅孔自锁锚杆扩孔钻头性能参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 锚杆外径（mm） | 扩张前钻头外径（mm） | 扩张后钻头最大外径（mm） | 充分扩展所需行程（mm） |
| 12 | 14.5 | 22 | 7 |
| 14 | 16 | 26 | 8 |
| 16 | 18.5 | 30 | 12 |
| 18 | 20.5 | 34 | 13 |
| 20 | 20.5 | 38 | 13 |
| 22 | 24 | 42 | 14 |
| 25 | 26 | 48 | 16 |
| 28 | 30 | 54 | 17 |
| 32 | 32 | 62 | 22 |
| 36 | 38 | 70 | 23 |

注：1 适用于混凝土锚杆；

2 其他规格可根据设计要求进行定向开发。

**B.0.2**  深孔自锁锚杆配套扩孔钻头性能参数见表B.0.2。

表B.0.2 深孔自锁锚杆配套扩孔钻头性能参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 扩张前钻头外径（mm） | 扩张后钻头外径（mm） | 适用钻孔深度（m） | 充分扩展所需行程（mm） |
| 70 | 110 | >2 | 44 |
| 95 | 150 | >2 | 52 |
| 160 | 290 | >2 | 60 |

注：1 适用于岩石和混凝土；

2 可根据需要组装成多层扩孔钻头。

**附录C 自锁锚杆连接型式**

**C.0.1**  自锁锚杆用于粘钢、包钢加固中锚固钢板或型钢的连接型式一（适用于普通情况下）下见图C.0.1。



图C.0.1 自锁锚杆用于粘钢、包钢加固中锚固钢板或型钢的连接型式一

1—六角螺母；2—钢垫块（圆形或方形）；3—自锁锚杆；

4—钢板或型钢；5—混凝土构件；6—点焊固定

**C.0.2**  自锁锚杆用于粘钢、包钢加固中锚固钢板或型钢的连接型式二（适用于对加固后构件外表面平整度要求高的情况下）见图C.0.2。



图C.0.2 自锁锚杆用于粘钢、包钢加固中锚固钢板或型钢的连接型式二

1—自锁锚杆；2—钢板或型钢；3—塞焊；4—混凝土构件

**C.0.3**  自锁锚杆用于粘钢、包钢加固中锚固钢板或型钢的连接型式三（适用于锚固力高或锚杆受拉的拉力较大的情况下）见图C.0.3。



图C.0.3 自锁锚杆用于粘钢、包钢加固中锚固钢板或型钢的连接型式三

1—六角螺母和钢垫板合二为一的异形丝扣锚头；2—自锁锚杆；

 3—钢板或型钢；4—混凝土构件；5—点焊固定

**C.0.4**  自锁锚杆或钢筋接长的连接型式见图C.0.4。

 

 (a)钢套筒连接 (b)焊接(单面焊10d，双面焊5d)

图C.0.4 自锁锚杆或钢筋接长的连接型式

1—接头车丝后的自锁锚杆或钢筋；2—截面外形为正六边形带丝扣的连接钢套筒

**附录D**  **岩石锚杆抗拔承载力现场检验方法**

**D. 1 一般规定**

**D.1.1** 岩石锚杆的最大试验荷载不宜超过锚杆杆体极限承载力的0.8倍。

**D.1.2** 试验用的计量仪表（压力表、测力计、位移计）应满足测试要求的精度。

**D.1.3**  试验用的加荷装置（千斤顶、油泵）的额定压力必须大于试验压力。

**D.1.4** 荷载分散型锚杆的试验宜采用等荷载法；也可以根据具体工程情况制定相应的试验规则和验收标准。可参考《岩土（索）技术规程》（CECS：22）。

**D. 2 试样选取**

**D.2.1** 锚杆抗拔承载力基本试验按试验要求执行，验收试验可采用随机抽样办法取样。

**D.2.2**  基本试验时，岩石锚杆极限抗拔试验采用的地层条件、杆体材料、锚杆参数和施工工艺必须与工程锚杆相同，且试验数量不应少于3根。

**D.2.3**  验收试验时，同规格、同型号、基本相同部位的锚杆组成一个检验批。每个检验批抽取数量不得少于一组，每组不少于3根。对于有特殊要求的工程，可按设计要求增加验收锚杆的数量。

**D. 3 仪器设备要求**

**D.3.1**  现场检验用的仪器、设备，如拉拔仪、x-y记录仪、电子荷载位移测量仪等，应在标定有效期内。

**D.3.2** 加荷设备应能按规定的速度加荷，测力系统整机误差不应超过全量程的±2％。

**D.3.3** 加荷设备应能保证所施加的拉伸荷载始终与锚杆的轴线一致。

**D.3.4** 位移测量记录仪宜能连续记录。当不能连续记录荷载位移曲线时，可分阶段记录，在到达荷载峰值前，记录点应在10点以上。位移测量误差不应超过0.05mm。

**D.3.5** 位移仪应保证能够测量出锚杆相对于岩石表面的垂直位移，直至锚固破坏。

**D. 4 基本试验**

**D.4.1** 岩石锚杆施工前应进行抗拔承载力的基本试验。岩石锚杆极限抗拔试验应采用分级循环加载，加荷等级和位移观测时间应符合表D.4.1的规定。

表D.4.1 岩石锚杆极限抗拔试验的加荷等级和观测时间

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 加荷增量*A*s*f*ptk(%) | 初始荷载 | — | — | — | 10 | — | — | — |
| 第一次循环 | 10 | — | — | 30 | — | — | 10 |
| 第二次循环 | 10 | 30 |  | 40 |  | 30 | 10 |
| 第三次循环 | 10 | 30 | 40 | 50 | 40 | 30 | 10 |
| 第四次循环 | 10 | 30 | 50 | 60 | 50 | 30 | 10 |
| 第五次循环 | 10 | 30 | 60 | 70 | 60 | 30 | 10 |
| 第六次循环 | 10 | 30 | 60 | 80 | 60 | 30 | 10 |
| 观测时间 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

注：1 第五循环前加载速率为100kN/min，第六循环的加载速率为50kN/min；

2 在每级加荷等级观测时间内，测读位移不应少于3次；

3 在每级加荷等级观测时间内，锚头位移增量小于0.1mm时，可施加下一级荷载，否则应延长观测时间，直至锚头位移增量在2h内小于2.0mm，方可施加下一级荷载。

**D.4.2** 岩石锚杆极限抗拔试验出现下列情况之一时，可判定锚杆破坏：

1 后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的2倍；

2 锚头位移持续增长；

3 锚杆杆体破坏。

**D.4.3** 岩石锚杆极限抗拔试验结果宜按荷载与对应的锚头位移列表整理，并绘制锚杆荷载-位移（P-S）曲线、锚杆荷载-弹性位移（P-Se）曲线和锚杆荷载-塑性位移（P-Sp），具体可参考《岩土（索）技术规程》（CECS：22）。

**D.4.4** 岩石锚杆极限承载力应取破坏荷载的前一级荷载。在最大试验荷载下未达到第D.4.2条规定的破坏标准时，锚杆的极限承载力应取最大试验荷载。

**D.4.5** 对于岩石锚杆，当每组试验锚杆极限承载力的最大差值不大于30%时，应取最小值作为锚杆的极限承载力。当最大差值大于30%时，应增加试验锚杆的数量，且按95%保证概率计算锚杆的极限承载力。

**D. 5 验收试验**

**D.5.1** 对于岩石锚杆验收试验，当受检锚杆满足基材无裂缝、锚杆无滑移等宏观裂损现象，荷载大于1.5倍的锚杆承载力设计取值并持荷2min期间荷载降低不大于5%且变形不超过10mm，可判为合格。当出现不合格锚杆时，应增加锚杆的抽检量。增加的抽检量应为不合格锚杆的3倍。

**D.5.2** 岩石锚杆验收试验应分级加载，初始荷载宜取锚杆承载力设计取值的0.1倍，分级加荷值宜取锚杆承载力设计取值的0.50、0.75、1.00、1.20、1.33、1.50倍。

**D.5.3** 岩石锚杆验收试验中，每级荷载均应稳定5min~10min，并记录位移增量。最后一级试验荷载应维持10min。如果在1min~10min内锚头位移增量超过1.0mm，则该级荷载应再维持50min，并在15min、20min、25min、30min、45min和60min时记录锚头位移增量。

**D.5.4** 岩石锚杆验收试验中，每级荷载均应稳定5min~10min，并记录位移增量。最后一级试验荷载应维持10min。如果在1min~10min内锚头位移增量超过1.0mm，则该级荷载应再维持50min，并在15min、20min、25min、30min、45min和60min时记录锚头位移增量。

**D.5.5** 当试验结果不满足D.5.1条相应规定时，应会同有关部门依据试验结果，研究采取专门措施处理。

**附录E 混凝土锚杆抗拔承载力现场检验方法**

**E. 1 一般规定**

**E.1.1** 试验用的计量仪表（压力表、测力计、位移计）应满足测试要求的精度。

**E.1.2**  试验用的加荷装置（千斤顶、油泵）的额定压力必须大于试验压力。

**E.1.3** 混凝土锚杆应进行抗拔承载力现场非破损检验，满足下列条件之一时，还应进行破坏性检验：

1 安全等级为一级的混凝土后锚固构件；

2 悬挑结构和构件；

3 对后锚固设计参数有疑问；

4 对该工程锚固质量有怀疑。

**E.1.4** 受现场条件限制无法进行原位破坏性检验时，可在工程施工的同时，现场浇筑同条件的混凝土块体作为基材安装锚固件，并应按规定的时间进行破坏性检验，且应事先征得设计和监理单位的书面同意，并在现场见证试验。

**E. 2 试样选取**

**E.2.1** 锚固质量现场检验抽样时，应以同品种、同规格、同强度等级的锚杆安装于锚固部位基本相同的同类构件为一检验批，并应从每一检验批所含的锚杆中进行抽样。

**E.2.2** 现场破坏性检验宜选择锚固区以外的同条件位置，应取每一检验批锚杆总数的0.1%且不少于5件进行检验。锚杆数量不超过100件时，可取3件进行检验。

**E.2.3** 现场非破损检验的抽样数量，应符合下列规定：

1 对重要结构构件及生命线工程的非结构构件，应取每一检验批锚杆总数的3%且不少于5件进行检验；

2 对一般结构构件，应取每一检验批锚杆总数的1%且不少于3件进行检验；

**E.2.4**  胶粘的锚杆锚固件，其检验宜在锚固胶达到其产品说明书标示的固化时间的当天进行。若因故需推迟抽样与检验日期，除应征得监理单位同意外，推迟不应超过3d。

**E. 3 仪器设备要求**

**E.3.1** 现场检测用的加荷设备，可采用专门的拉拔仪，应符合下列规定：

1 设备的加荷能力应比预计的检验荷载值至少大20%，且不大于检验荷载的2.5倍，应能连续、平稳、速度可控的运行；

2 加载设备应能够按照规定的速度加载，测力系统整机允许偏差为全量程的±2%；

3 设备的液压加荷系统持荷时间不超过5min时，其降荷值不应大于5%；

4 加载设备应能够保证所施加的拉伸荷载始终与后锚固构件的轴线一致；

5 加载设备支撑环内径或反力梁间距不应小于4H。

**E.3.2** 当委托方要求检测重要结构锚固件连接的荷载-位移曲线时，现场测量位移的装置应符合下列规定：

1 仪表的量程不应小于50mm；其测量的允许偏差应为±0.02mm；

2 测量位移装置应能与测力系统同步工作，连续记录，测出锚固件相对于混凝土表面的垂直位移，并绘制荷载-位移的全程曲线。

**E.3.3** 现场检验用的仪器设备应定期由法定计量检定机构进行检定。遇到下列情况之一时，还应重新检定：

1 读数出现异常；

2 拆卸检查或更换零部件后。

**E. 4 加载方式**

**E.4.1** 检验锚杆拉拔承载力的加载方式可为连续加载或分级加载，可根据实际条件选用。

**E.4.2** 进行非破损检验时，施加荷载应符合下列规定：

1 连续加载时，应以均匀速率在2min～3min时间内加载至设定的检验荷载，并持荷2min；

2 分级加载时，应将设定的检验荷载均分为10级，每级持荷1min，直至设定的检验荷载，并持荷2min；

3 荷载检验值应取0.9ƒykAs。

**E.4.3**  进行破坏性检验时，施加荷载应符合下列规定：

1 连续加载时，应以均匀速率在2min～3min时间内加荷至锚固破坏；

2 分级加载时，前8级，每级荷载增量应取为0.1*N*u，且每级持荷1min～1.5min；自第9级起，每级荷载增量应取为0.05*N*u，且每级持荷30s，直至锚固破坏。*N*u为计算的破坏荷载值。

**E. 5 检验结果评定**

**E.5.1**  非破损检验的评定，应按下列规定进行；

1 试样在持荷期间，锚固件无滑移、基材混凝土无裂纹或其他局部损坏迹象出现，且加载装置的荷载示值在2min内无下降或下降幅度不超过5%的检验荷载时，应评定为合格；

2 一个检验批所抽取的试样全部合格时，该检验批应评定为合格检验批；

3 一个检验批中不合格的试样不超过5%时，应另抽3根试样进行破坏性检验，若检验结果全部合格，该检验批仍可评定为合格检验批；

4 一个检验批中不合格的试样超过5%时，该检验批应评定为不合格，且不应重做检验。

**E.5.2** 锚杆破坏性检验结果满足下列要求时，其锚固质量应评定为合格：

*N*cRm ≥ 1.45*ƒ*y*A*s

*N*cRmin ≥ 1.25*ƒ*y*A*s

式中：*N*cRm—受检验锚杆极限抗拔力实测平均值（N）；

*N*cRmin—受检验锚杆极限抗拔力实测最小值（N）；

*ƒ*y—锚杆的抗拉强度设计值（N/mm2）；

*A*s—锚杆有效截面面积（mm2）。

**E.5.3** 当检验结果不满足第E.5.1条及第E.5.2条的规定时，应判定该检验批后锚固连接不合格，并应会同有关部门根据检验结果，研究采取专门措施处理。

**本规程用词说明**

**1** 为了便于在执行本规程条文时区别对待，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，在正常情况下均应这样做的：

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** 规程中指明应按其他有关标准执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**引 用 标 准 名 录**

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086

《建筑边坡工程技术规范》GB 50330

《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《碳素结构钢》GB/T 700

《结构用无缝钢管》GB/T 8162

《钢结构焊接规范》GB 50661

《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065

《[预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224](http://www.baidu.com/link?url=T6cEX-EYAX-Ptf1AhllH_N8eF7zCFFM7KI0G28emmF83aWzwNBVShnZlzB6BHjhKcYPGQ_ydWnVZw8T3vVikBK)

《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《螺纹紧固件应力截面积和承载面积》GB/T 16823.1

《一般工程用铸造碳钢件》GB 11352

《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

《钢结构高强螺栓连接技术规程》JGJ 82

《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

《无粘结预应力混凝土结构技术规程》[JGJ 92](https://www.baidu.com/link?url=mBc34sb6k4p33glh5IdXc6ljKK8o4km-w4Ysy12-9dURHvrLo_kFUfaCw9Nk2frP&wd=JGJ%2092&issp=1&f=8&ie=utf-8&rqlang=cn&tn=baiduhome_pg&oq=GB%252FT5224&inputT=1125&prefixsug=JGJ%252092&rsp=0)

《水工混凝土试验规程》DL/T 5150

《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22

《岩石与混凝土自锁锚固技术规程》DB42/T 1488

**中国工程建设标准化协会标准**

岩土与混凝土自锁锚固技术规程

**Technical specification for broaching self-locking anchor of rock and concrete**

**CECS \*\*\* ∶ 2020**

**条文说明**

目 次

[1 总则 44](#_Toc34573205)

[2 术语、符号 45](#_Toc34573206)

[2. 1 术 语 45](#_Toc34573207)

[2. 2 符 号 51](#_Toc34573207)

[3 基本规定 51](#_Toc34573208)

[3. 1 一般规定 51](#_Toc34573209)

[3. 2 设计原则 52](#_Toc34573210)

[3. 3 锚杆选型 53](#_Toc34573211)

[3. 4 基材 55](#_Toc34573212)

[4 材料 56](#_Toc34573213)

[4. 1 一般规定 56](#_Toc34573214)

[4. 2 锚杆及锚头材料 56](#_Toc34573215)

[4. 3 锚杆孔注浆材料 56](#_Toc34573216)

[5 岩石自锁锚杆设计 58](#_Toc34573217)

[5. 1 一般规定 58](#_Toc34573218)

[5. 2 自锁锚杆承载力计算 59](#_Toc34573219)

[5. 3 构造规定 60](#_Toc34573220)

[6 混凝土自锁锚杆设计 61](#_Toc34573221)

[6. 1 一般规定 61](#_Toc34573222)

[6. 2 自锁锚杆承载力计算 61](#_Toc34573223)

[6. 3 构造规定 62](#_Toc34573224)

[7 施 工 64](#_Toc34573225)

[7. 1 一般规定 64](#_Toc34573226)

[7. 2 岩石自锁锚杆安装 64](#_Toc34573227)

[7. 3 混凝土自锁锚杆安装 65](#_Toc34573228)

[7. 4 成品保护 65](#_Toc34573229)

[8 工程质量检验与验收 66](#_Toc34573230)

[8. 1 一般规定 66](#_Toc34573231)

[8. 2 工程质量检验 66](#_Toc34573231)

[8. 3 工程质量验收 66](#_Toc34573231)

[附录A 67](#_Toc34573232)

[附录B 67](#_Toc34573233)

[附录C 67](#_Toc34573233)

[附录D 68](#_Toc34573233)

[附录E 70](#_Toc34573238)

**1 总则**

**1.0.1** 自锁锚固技术的核心部分是扩孔自锁锚杆。扩孔自锁锚杆的施工工艺和锚固原理是：将基材（岩石或混凝土）上所钻的直孔底部，用特制的扩孔钻头扩成倒锥面或正锥面，然后将一端安装有未张开锚头的锚杆插入孔底，轴向加压使锚头张开与孔底锥面贴紧，利用锚头与孔壁的机械咬合力（即“自锁”）和锚杆锚固段注浆后的沿程摩阻力来提供锚固力。采用扩孔自锁锚杆，使被锚固体与基材连为整体，能充分发挥锚固力大的优势，减小锚固段长度，且锚固可靠。自锁锚固技术开发十多年来，在地下工程抗浮、桥台锚固、铁轨锚固、水工结构、风电基础等很多领域得到应用。对于增加建（构）筑物安全，缩短工期，救灾抢险，节省投资起到了很好的作用。作为全国首部涉及扩孔自锁锚杆技术的工程建设协会规程，本规程旨在为设计人员提供根据工程要求、混凝土或岩石材料性质、锚杆长度及承载力大小、现场条件和施工方法等因素选择锚杆类型的原则，给出计算扩孔自锁锚杆承载力的相关参数和计算公式；为施工人员给出操作性强的施工工艺及质量控制要求；为检测人员提供质量检查和验收的项目内容、方法、合格标准等，使设计、施工、质量检验和验收各环节都在本规程的指导下进行，确保自锁锚杆工程质量。为配合规程的编制，主编和参编单位在进行充分的理论研究的基础上，在混凝土基材和岩层承载力特征值800kPa、1000kPa、1500kPa、4000kPa的不同工程现场作自锁锚杆抗拔试验，所得到的抗拔力均达到设计值的1.5倍~3倍，试验结果均满足设计要求。

**1.0.2、1.0.3** 自2000年扩孔自锁锚固技术问世以来，扩孔自锁锚杆在岩石与混凝土的锚固工程中得到了广泛应用，但到目前为止，还没有适合于扩孔自锁锚杆设计和施工的规范规程，设计、施工人员无章可循，给该项技术的推广应用带来不便。编制组历经十多年的试验研究，掌握了扩孔自锁锚杆材料、型式、制造、安装等一整套技术资料和试验数据，为本规程的编制和扩孔自锁锚固技术的推广应用创造了条件。扩孔自锁锚杆应针对工程问题，选择合适类型的锚杆，综合考虑自锁锚杆的使用环境、荷载类型、工程的安全等级及现场的施工条件等因素。

**2 术语、符号**

**2. 1 术 语**

**2.1.1、2.1.2** 本规程所指的扩孔自锁锚杆，要求内锚头的锁键与岩石或混凝土扩孔壁实现真正的咬合，以机械咬合作用来提供锚固力。相应的扩孔自锁锚杆的破坏模式只有锚杆拔断和基材破坏，不存在其它的锚固方法中还有锚杆从基材中被拔出的破坏方式。与同样的基材、同样的锚固深度、孔内灌注相同注浆料的直孔型锚杆相比，本规程的扩孔自锁锚杆的可靠性明显要高于直孔内的化学植筋。特别是遇到高温、高湿的环境，化学植筋因植筋胶的使用环境要求而不再适用。如果采用扩孔自锁锚杆锚固并在孔内灌注水泥基注浆料，既能适应特殊环境条件，又能达到化学植筋的强度要求。将扩孔自锁锚固与注浆粘结锚固相结合，可形成一种适应性强、锚固强度高、锚固性能可靠的锚固体系。

《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145中也提到了一种扩孔型锚栓，拉拔破坏类型分为锚栓钢材破坏、基材混凝土破坏或锚栓拔出破坏。该规程中的扩孔型锚栓也分为预扩孔和自扩孔两种，从自扩孔锚栓的构造、安装方式和试验结果看，锚固力主要还是由摩擦阻力提供。

为了使扩孔自锁锚杆更好地服务于社会，又不被工程界混用留下隐患，有必要特别强调扩孔自锁锚固与所谓的扩孔锚固机理是不同的。如前面所述扩孔自锁锚固要求内锚头的锁键与基材扩孔壁实现真正的咬合，实现以机械咬合力来提供锚固力。不难理解，当锚杆埋植足够深度确保基材不发生锥体拔出破坏时，这种真正实现了机械咬合作用的扩孔自锁锚固是非常可靠的。因此现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中规定，在地震区承重结构中应采用加长型后扩底锚栓。

本规程为简单起见，将锚固在岩石中的扩孔自锁锚杆简称为“岩石锚杆”；将锚固在混凝土中的扩孔自锁锚杆简称为“混凝土锚杆”。

**2.1.3～2.1.6** 利用专用扩孔钻头扩孔，安装自锁锚头以实现机械锚固是扩孔自锁锚杆与传统直锚杆的根本区别，也是该产品锚固性能可靠的关键所在。

扩孔钻头的端部装有可自由收缩的活动刀片，刀片收起时可自由出入普通钻头钻好的直孔，当扩孔钻头进入到直孔底部后，略加压旋转，刀片即可慢慢张开，将直孔底部扩大成一个锥型的空间见图1。根据需要，扩孔钻头可在直孔内生成底端大的正锥孔、顶端大的倒锥孔，见图2（a）、（b）。也可在直孔内沿深度方向一次生成多个扩孔（称多层扩孔），见图2（c）。多层扩孔也可为正锥孔或倒锥孔。

自锁锚头也称为内锚头（见图3），安装在锚杆的扩大孔内，提供“自锁”锚固力。自锁锚头分为楔缝式内锚头、套筒式内锚头和楔块式内锚头。

锚杆、扩孔钻头与自锁锚头应配套使用。部分锚杆及相应的扩孔钻头见表1及附录D。



图1 典型扩孔钻头



图2 扩孔示意图



图3 典型自锁锚头

表1 部分锚杆性能表（杆体精轧螺纹钢PSB930级）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚杆公称直径（mm） | 轴向锚固力（kN） | 钻孔直径*d*（mm） | 扩孔钻头型号 | 扩孔钻头示意图 |
| 极限值 | 特征值 |
| 25 | 450 | 225 | 76/110 | JCZ-120/ JCZ-150 |  |
| 25 | 530 | 265 | 76/110 | JCZ-120/ JCZ-150 |
| 32 | 660 | 330 | 76/110 | JCZ-120/ JCZ-150 |
| 32 | 750 | 375 | 76/110 | JCZ-120/ JCZ-150 |
| 32 | 870 | 435 | 76/110 | JCZ-120/ JCZ-150 |
| 40 | 1100 | 550 | 76/110 | JCZ-120/ JCZ-150 |

**2.1.7～2.1.9** 楔缝式内锚头、套筒式内锚头和楔块式内锚头的构造如图4(a)、(b)、(c)所示。图中*d*表示锚杆杆体直径。



图4 内锚头构造

（a）楔缝式内锚头：楔缝式内锚头由端部沿轴向切槽的锚杆杆端和用来撑开杆端切槽的楔头组成。锚杆杆体采用圆钢棒材；楔头为金属构件，楔头外形有横截面是一字形或十字形的尖锥体。

楔缝式内锚头对应的直孔径一般比锚杆切槽端直径大2～8mm，孔径大取大值，孔径小取小值，在不影响锚杆安装的前提下直径相差越小锚固效果越好。选用的扩孔钻头外径与内锚头直径基本相同。锚杆安装时，将楔头装在杆体切槽端与锚杆一同插入扩孔内至孔底，在锚杆外露端沿轴向加压，使锚杆内锚头的锁键压入扩孔内。楔缝式内锚头的安装质量通过行程控制。

(b) 套筒式内锚头：套筒式内锚头由端部墩粗或端部装有圆形锥台的锚杆杆端和切缝套筒组成。锚杆杆体采用圆钢棒材或其它棒材；圆形锥台为金属构件，与锚杆端可以焊接连接或机加工连接；切缝套筒采用一小节钢管，钢管内径略大于杆体直径，沿钢管轴向切缝，切缝后的钢管留有一段完整圆管。

套筒式内锚头对应的直孔径一般比套筒直径大3～12mm，孔径大取大值，孔径小取小值，在不影响锚杆安装的前提下直径相差越小锚固效果越好。选用的扩孔钻头外径与套筒外直径基本相同。锚杆安装时，将切缝套筒套在锚杆上随锚杆一同插入扩孔内至孔底，再往锚杆孔内插入加压套管与切缝套筒顶紧，在加压套管外露端沿轴向加压，使锚杆内锚头的切缝套筒锁键压入扩孔内，最后抽出加压套管。套筒式内锚头的锚杆在孔内不能用连接器来加长杆体，否则难以用加压套管安装内锚头。

另外一种套筒式内锚头的构造见图4（d），锚杆端头的圆锥台与锚杆断开，而外套筒直接与锚杆杆体相连。锚杆杆体可采用棒材或管材，该种套筒式内锚头的锚杆安装工艺同图4（a）楔缝式内锚头的锚杆安装工艺，比图4（b）套筒式内锚头锚杆的安装工艺简单。

(c) 楔块式内锚头：楔块式内锚头由楔块座、楔块和张开装置组成。锚杆杆体采用圆钢棒材或其它棒材；楔块座为一圆形金属块件，楔块座与杆体采用焊接连接或机加工连接；楔块也为金属块件，布置在杆体周边与楔块座铰接；张开装置为弹簧或其它形式的构造，使楔块不受约束时能自动张开。

楔块式内锚头对应的直孔径一般比锚头楔块座直径大3～16mm，孔径大取大值，孔径小取小值，在不影响锚杆安装的前提下直径相差越小锚固效果越好。锚杆杆体可以是一根钢筋，也可以是多根钢筋；可以带一个内锚头，也可以分段带多个内锚头。锚杆安装时，将装有一层锚头（多层锚头）的锚杆插入一层扩孔（多层扩孔）内，当锚头遇到扩孔时，在锚头张开装置作用下楔块会自动张开，使楔块锁键装入扩孔内，一层锚头的锚杆即安装完毕；若是多层锚头的锚杆，锚杆还需要继续往里插入，刚装入扩孔内的锚头楔块被孔壁收拢，故锚杆可以继续插入，直到各层锚头楔块锁键均装入相应扩孔内，锚杆才算安装完毕。楔块式内锚头适用于倒锥形扩孔，锚杆在孔内可以用连接器加长杆体，对安装施工无影响。

**2.1.10、2.1.11** 将扩孔锚杆按锚杆埋深进行浅孔、深孔划分是相对而言的。一般来说用来安装设备或构件起锚固作用，或者对新、老结构交接面起连接加强作用的锚杆称为浅孔锚杆。用来加固岩体及洞室周边、边坡支护的锚杆，或用于大体积混凝土加固、结构基础与基材拉结抗浮的锚杆称为深孔锚杆。浅孔锚杆的安装和注浆相对深孔锚杆容易一些。

**2.1.12** 当基材强度低而单层内锚头难以满足锚固强度要求时，或在重要的锚固工程中需要提高锚杆的可靠性时，可以考虑采用多层扩孔锚杆。多层扩孔锚杆采用楔块式内锚头。多层扩孔锚杆是在直孔内用多层扩孔钻头生成多层扩孔后，将与之配套组装的多层内锚头锚杆插入扩孔内，使各层锚头均锁入扩孔内，利用多层锚头与多层扩孔之间的机械咬合力来提供锚固力。

为了在各个锚头间能均摊锚固力，需对多层扩孔钻头与多层锚头进行匹配设计，且多层扩孔锚杆必须是预应力锚杆，通过锚杆张拉使内锚头先后锁入扩孔中来分摊锚固力。锚杆张拉后可以再注浆，提高锚杆的可靠性和耐久性。

**2.1.13** 预应力锚杆是施加预应力时具有一定长度自由段，通过自由段的弹性伸长来对对杆体施加预拉应力的锚杆。有时为了控制锚固对象的变形，需要在锚杆上施加预紧力，如果锚杆中没有自由段，则不属于预应力锚杆。

**2. 2 符 号**

**2.1.1～2.1.4** 本规程所采用的符号及其意义，尽可能与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367及现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145相一致，以便于在加固设计、计算中应用其公式，只有在遇到公式中必须给出专用符号时，才另行制定，即使这样，在制定过程中仍然遵循了下列原则：

1 对主体复核及其上、下标的选取，应符合现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132的符号用字及其构成原则；

2 当必须采用通用符合，但又必须与新建工程使用的该符号有区别时，可以在符号的释义中加上定语。

**3 基本规定**

**3. 1 一般规定**

**3.1.1**  根据锚固段长度和基材性质不同，扩孔自锁锚杆的可能破坏模式有以下三种：

1 锚杆破坏：当基材坚硬完整，锚头锚入深度较大时可能发生杆体拉断的破坏。

2 基材锥体破坏：当基材较差，锚头锚入深度较小时可能发生基材呈锥形被拔出的破坏（如图5所示）。

****

图5 基材锥形破坏示意图

3 锚固体破坏：锚杆拉力较大，基材强度较低，锚头锚入深度较大但锚固段注浆长度较短时，可能发生

基材扩孔锥面处的局部挤压破坏和锚固体注浆料的粘结破坏。

4 锚固在较坚硬完整的基材中的扩孔锚头有较强的自锁能力，对扩孔自锁锚杆而言，一般不会发生直锚杆中的锚杆拔出破坏模式，包括CECS 22《岩土锚杆（索）技术规程》中杆体钢筋从锚固段灌浆体砂浆或混凝土中拔出的破坏模式。因此扩孔自锁锚杆有三种破坏模式，分别是锚杆破坏、基材锥体破坏和锚固体基材局部压坏。基材锥体破坏发生时无征兆很突然，因此对I、II级安全等级的锚杆设计时要严加控制，应通过增加锚头埋深来控制此类破坏不会发生。

而锚杆破坏和锚固体基材局部压坏会伴随变形的发生，因而是一种延性的锚固失效方式，设计时通过承载力计算来保证此类破坏模式的安全性。

**3.1.2** 由注浆料与孔壁的粘结力和自锁锚头与扩孔的机械咬合力一道来提供锚固力，可使自锁扩孔锚杆的锚固性能更加可靠，同时注浆料对锚杆的金属杆体还能起到防护作用，因此一般要求在锚孔内灌注注浆料。对预应力锚杆，应在预应力张拉后再注浆。

**3. 2 设计原则**

**3.2.1** 岩石锚杆锚固体的抗拔承载力除与锚头锚固体基材的力学指标有关外，对岩石锚杆还与岩层产状、节理裂隙等诸多因素有关，故采用单一安全系数表示的设计原则。安全系数的取值以试验研究数据和工程经验为依据，并参考了相关规程的规定。

**3.2.4** 岩石锚杆锚固体的抗拔承载力计算采用单一安全系数表示的设计原则，确定了岩石锚杆锚固体承载力表达式，要求锚杆承受的拉力作用值乘以岩石锚杆锚固体承载力计算安全系数后，不得大于锚杆锚固体的的承载力标准值或特征值。

**3.2.5** 岩石锚杆杆体的抗拔承载力，仅与杆体材质相关，采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。

**3.2.6** 混凝土锚杆杆体的抗拔承载力，采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。包括结构重要性系数、材料分项系数（有时候以材料的强度设计值表达）等，参考现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50007 和《混凝土结构设计规范》GB 50010等。

**3.2.7** 岩石或混凝土的内部质量等因素难以在地质勘探或现场检测时准确确定，按相应公式计算的承载力值与实际情况可能有较大的出入，因此应通过基本试验验证锚杆的抗拔能力，必要时应修改设计。

**3.2.8** 锚杆产生抗拔力时总是伴随位移发生，过大的位移量对结构是不允许的，因此锚杆应满足位移控制条件。

**3.2.9** 当锚杆处于腐蚀性等环境时，要采取针对性的防腐措施，以满足锚固体系的耐久性要求。

**3. 3 锚杆选型**

**3.3.1～3.3.4** 浅孔自锁锚杆、深孔自锁锚杆、自扩孔自锁锚杆的常用构造形式见图6～图9。

1 浅孔自锁锚杆

1）浅孔自锁锚杆一般为非预应力锚杆。

2）锚杆杆体采用普通热轧钢筋，内锚头多采用楔缝式，基材内扩孔为正锥孔。

3）浅孔锚杆灌注注浆料可提高锚杆的可靠性和耐久性。当采用水泥基注浆料时，扩孔锚杆可用于高温、高湿环境的锚固。



图6 浅孔自锁锚杆



图7 深孔自锁锚杆

 

图8 多层扩孔自锁锚杆



图9 自扩孔自锁锚杆

2 深孔自锁锚杆

1） 根据工程需要深孔自锁锚杆可以是预应力锚杆，也可以是非预应力锚杆。

2） 锚杆杆体宜采用精轧螺纹钢筋、钢绞线，也可采用普通热轧钢筋。内锚头多采用套筒式或楔块式，相应基材内扩孔为正锥孔或倒锥孔。

3） 深孔锚杆应灌注注浆料，作为预应力锚杆使用时，可采取在锚固段先注浆，张拉预应力后，在自由段再注浆；也可采取锚杆安装、张拉预应力后，一次注浆。

4） 深孔锚杆一般选用水泥基注浆材料。

3 多层扩孔自锁锚杆

1） 多层扩孔自锁锚杆一般用于深孔锚杆锚固，锚杆杆体宜采用精轧螺纹钢筋，内锚头采用楔块式，扩孔为多层倒锥孔。

2） 当基材强度较低而单根锚杆要求有较大的锚固力，或对安全等级要求较高的锚固工程，可考虑采用多层扩孔自锁锚杆。

3） 多层扩孔自锁锚杆要求注浆。

扩孔自锁锚杆因其特有的锚固机理和可靠性高而应用广泛。只要基材较为坚硬完整，均可采用扩孔自锁锚固技术。扩孔锚杆是采用机械咬合力来提供锚固力的，但并不排斥与其它的锚固方式共同作用。一般在锚孔内灌注注浆料，由注浆料的粘结力和扩孔的机械咬合力一道来提供锚固力，使锚固更加可靠，同时注浆料对锚杆的金属杆体还能起到防护作用。

根据近年来的工程实践，扩孔自锁锚杆可以细分成许多类型。为了设计方便，这里只根据锚杆的使用条件和使用要求不同分成四个种类，即根据使用条件来选择岩石锚杆或混凝土锚杆；根据使用的目的和要求来选择浅孔锚杆或深孔锚杆。除此之外还可根据以下不同情况进行细分，如某些锚杆可以注浆，也可以不注浆；可以在安装前注浆，也可以在安装后注浆，或在安装时某个阶段注浆等。锚杆可以是预应力锚杆，也可以是非预应力锚杆。预应力锚杆的预应力可以在锚固段注浆前施加，也可以在锚固段注浆后施加，也可以分步施加等等。

总之，锚杆类型的选用应根据工程要求、岩石性质、锚杆承载能力、锚杆长度、现场条件、施工方法等因素综合确定。

**3. 4 基材**

**3.4.2** 严重裂损混凝土、不密实混凝土、结构抹灰层、装饰层等，均不得作为锚固基材。

**3.4.3** 混凝土基材强度指标及取值应根据现场实测结果按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定。

**4 材料**

**4. 1 一般规定**

**4.1.1、4.1.2**  锚杆杆体材料要求具有较高的强度，能提供较大的锚固力；同时要求具有良好的可焊性，连接方便。对抗拔力要求不高的普通锚杆和预加力值不大的预应力锚杆，可采用普通热轧钢筋；对抗拔力要求高的锚杆可采用强度高、连接构造简单、锚固性能可靠的预应力螺纹钢筋或钢绞线。钢筋的力学性能指标应符合现行国家标准的规定，设计强度指标可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用。

**4.1.3**  锚头采用抗压性能较好的铸铁或铸钢铸造而成，其材质应符合对应牌号的国家标准，并满足现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB 11352 的技术要求。

**4. 2 锚杆及锚头材料**

**4.2.2**  考虑到楔缝式锚杆安装时，锚头局部有塑性变形，因此楔缝式锚杆的杆体推荐采用塑性性能好的钢筋。楔块为受压件可采用铸钢或铸铁。

**4.2.3**  套筒式锚杆的套筒安装时有塑性变形，推荐采用塑性性能好的钢材。为充分发挥单根锚杆的承载力，杆体推荐采用高强度钢筋。锚杆膨胀锥头可机加工或铸造。

**4.2.4** 对楔块式锚头的锚杆，为充分发挥单根锚杆的承载力，杆体推荐采用高强度钢筋。楔块为受压件可采用铸钢或铸铁。楔块座受力复杂，推荐采用高强钢材。

**4. 3 锚杆孔注浆材料**

**4.3.1、4.3.2** 水泥基灌浆材料定型产品由水泥、高强集料（或不含集料）、外加剂、矿物掺合料等原材料组成，按设计配比与性能要求在工厂预拌而成干混料， 其特点是加入适量的水拌合后，具有可关的流动性、微膨胀、高的早期强度和后期强度、不泌水等特性，可以将锚杆有效地锚固于岩石或混凝土内。灌浆料的制备除了硬化中后期具有微膨胀性能以补偿水泥的化学收缩外，更为重要的是要求在早期就具有微膨胀性能，以补偿高流动性浆体从可流动直至凝结期间的塑性沉降和自收缩，所以分别设置了3h、1d和28d竖向膨胀率指标。

**4.3.3** 对于硫酸盐腐蚀地层和地下水环境的工况，可采用抗硫酸盐水泥；有早强要求时，宜采用早强硅酸盐水泥；由于铝酸盐水泥水化热高、硬化快，不利于稳定注浆，浆体易开裂，不利于抗腐蚀，故只可用于短期试验锚杆。

根据现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63规定，水的pH值不得小于5.0，不溶物应小于2000mg/L，可溶物应小于2000mg/L，氯化物(以Cl离子计)应小于350mL/L，硫酸盐(以SO4计)应小于600mL/L，硫化物（以S2计)应小于100mg/L。采用待拌检验水与蒸馏水配制的浆体，28d抗压强度比不得低于90%。

外加剂使用时必须慎重，应充分考虑地层和地下水成分，以及水泥特性及其适应性。水泥浆中氯化物、硫酸盐、硝酸盐总量不得超过外加剂重量的0.1％。采用外加剂还必须通过试验确认，不得影响浆体的强度和粘结性能，以及杆体的耐久性。同时使用两种以上外加剂时，应进行外加剂兼容性试验。

**5 岩石自锁锚杆设计**

**5. 1 一般规定**

**5.1.1** 锚头所在岩层的坚硬程度决定了锚杆的自锁锚固力。岩体的完整程度反映了它的裂隙性，破碎岩石的强度和稳定性较完整岩石会大大削弱。强风化岩石裂隙发育，物理力学性能显著降低，不能充分发挥自锁锚杆的优势。因此本条对锚头所在岩层的强度、完整性、风化程度提出了要求。具体岩层的定义及划分参考《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

**5.1.3** 岩石锚杆锚固体计算安全系数取值考虑了控制锚杆的失效方式。根据岩石锚杆的使用目的及因锚杆损坏所带来的危害轻重程度分为不同的安全等级。安全系数的取值等参考了现行《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22的相关规定。

**5.2.4～5.2.6**  注浆料与锚杆粘结强度、注浆料与岩石或土层的粘结强度宜由试验确定，当不具备试验条件时，可参考本规程取值，其中水泥砂浆或水泥结石体注浆料粘结强度的取值参考了现行《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22的相关规定，水泥基灌浆材料（定型产品）的粘结强度是依据武汉大学、武汉理工大学的研究成果提出来的。

**5.1.7** 当岩石锚杆用于抗浮锚杆设计时，应进行整体抗浮稳定验算，抗浮稳定安全系数可按下式计算（图10为抗浮锚杆整体稳定性计算示意图）：



式中：*W*—基础下抗浮锚杆范围内总的土体重量（kN），计算时采用浮重度；

*G*—结构自重及其他永久荷载标准值之和（kN）；

*F*f—地下水浮力标准值（kN）；

*K*—抗浮稳定安全性系数，应满足国家现行有关标准的规定，无特殊说明时，*K* = 1.05。



图10 抗浮锚杆整体稳定性计算示意图

**5. 2 自锁锚杆承载力计算**

**5.2.1** 岩石锚杆杆体抗拉承载力计算公式中*f*y为锚杆杆体轴向抗拉强度设计值，取值见现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010。*A*s为锚杆有效截面面积。单孔内有多根杆体时，*A*s为所有杆体截面面积之和的0.9倍。*ξs*为锚杆杆体工作条件系数，是为了反映构件的工作条件、施工条件等因素对对承载力的影响所采用的数据。

**5.2.2** 在岩石锚杆计算中，岩石锚杆用于基础抗浮锚固时，所计算的*H*应是埋入岩层的深度。岩层上有覆土层时，可考虑覆土层重量对阻止岩层发生锥体破坏的有利影响。

抵抗锚固体的抗力取决于岩层的抗剪强度τ，一般坚硬岩层的抗剪强度约等于抗压强度的1/10。公式 是通过计算所得。当岩层为强风化时*K*r1取5，微风化时*K*r1取3，具体情况可结合岩层的完整性在3.0~5.0范围内进行取值。*N*tk是通过公式（5.2.3-1）取值得到。

**5.2.3** 对于岩石锚杆，*N*t1k应在 *πDf*mrk*ΨL*a 和 *nπξdf*mrk*ΨL*a 计算值之间取较小值，在大量的工程实践中发现，一般都是*πDf*mrk*ΨL*a偏小，故采用公式 *N*t1k = *Df*mrk*ψL*a作为锚固体中的直孔段注浆料的粘结锚固力标准值。

如基材抗压强度较低，内锚头的锚固承载力低于杆体抗拉承载力时，自锁锚杆的抗拔力将由岩石局部受压破坏确定，这是不经济的，此时可在锚杆底端一定长度范围内注浆。锚杆锚固体中的直孔内注浆后，锚固体的锚固力为直孔段注浆材料的粘结力与内锚头的自锁锚固力之和。内锚头的自锁锚固力计算公式则是结合大量试验数据综合分析而得到。

**5.2.4**  影响系数*Ψ*宜经试验确定。当无试验资料时，*Ψ*建议暂时按表5.2.4取用。表5.2.4是综合国内外一些工程锚杆粘接强度（表面摩阻力）的实测结果得出的。

**5.2.5** 由于岩石锚杆与岩层产状、节理裂隙等诸多因素有关，其破坏模式的多样性和计算参数的近似性决定了其极限抗拔承载力的不确定性，因此应进行锚杆基本性能试验来检验。此处明确了最小试验数量，当现场条件复杂时，还应增加试验根数。

**5. 3 构造规定**

**5.3.1** 中风化岩层物理力学性能有所降低，沿节理裂隙面出现次生、风化矿物，对锚杆可靠性有一定的影响，因此本条对锚头进入中风化岩层深度的最小深度做出了限制。

**5.3.2** 规定岩石锚杆的最小间距一方面是避免锚杆安装时或减小锚杆受力时岩石劈裂破坏的可能性，另一方面在于减小群锚效应。有条件时，其值宜通过基本试验分析后确定。

**5.3.4、5.3.5** 要求锚杆孔径大于杆体直径和使杆体居中，是为了能有足够厚度且均匀的注浆材料包裹杆体，对杆体提供保护和增强锚固效果。

**5.3.6、5.3.7** 钢筋接头的传力性能(强度、变形、恢复力、破坏状态等)均不如直接传力的整根钢筋，因此当锚杆长度不大于钢筋的交货长度时，不宜采用带接头的锚杆。当锚杆长度大于钢筋交货长度时，应根据锚杆性质和用途采用相适应的连接方法。锚杆杆体的机械连接质量应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定；锚杆杆体的焊接工艺、质量应符合《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的有关规定。

锚杆与外锚头的连接强度均不得低于锚杆抗拉强度。

**6 混凝土自锁锚杆设计**

**6. 1 一般规定**

**6.1.1** 地震作用的时间很短，抗震计算的安全度可以适当降低，参考其它结构利用承载力抗震调整系数来考虑这些影响。取自锁锚杆承载力抗震调整系数为0.8。

**6.1.2～6.1.3**  注浆料与锚杆粘结强度、注浆料与混凝土的粘结强度宜由试验确定，当不具备试验条件时，可参考本规程取值，其中普通水泥砂浆或水泥浆体料粘结强度的取值参考有关规程，水泥基注浆材料（定型产品）的粘结强度是依据武汉大学、武汉理工大学的研究成果提出来的。

**6.1.4** 无特殊说明时，混凝土抗剪强度可参考本规程取值。

**6. 2 自锁锚杆承载力计算**

**6.2.1** 混凝土锚杆杆体破坏的安全系数取值考虑了控制锚杆的失效方式。根据混凝土锚杆所使用结构部位的不同，将锚杆分为非结构构件部位的锚杆和结构构件部位的锚杆；并根据锚杆发生破坏时的征兆不同取不同的安全系数。安全系数和材料强度的取值部分参考了《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 和《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的相关规定。重要性系数取值参考现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068。

**6.2.2** 混凝土锚杆基本锚固深度计算参考了现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145中混凝土产生锥体破坏时的锚固强度计算公式以及对混凝土锚杆拉拔试验结果进行回归分析综合得出的公式，后通过运算得到公式（6.2.2）。该公式反应了混凝土锚杆拉拔发生锥体破坏时锚杆埋植深度、拉拔力以及混凝土强度之间的关系。

**6.2.3** 自锁锚杆锚固体中内锚头的锚固承载力计算公式参考了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于混凝土局部受压的计算公式，并结合大量试验数据综合分析而得到。

*β*l为混凝土局部受压时的强度提高系数，；*A*l为混凝土局部受压面积，*A*b为局部受压的计算底面积，可由局部受压面积与计算底面积按同心、对称的原则确定，见图11，由此得*β*l = 3 。



图11 局部受压计算底面积

*β*c为混凝土锚杆强度影响系数，当混凝土强度等级不超过C30时，取1.0；当混凝土强度等级为C60时，取0.6；其间采用线性内插法确定。注意与《混凝土结构设计规范》GB 50010进行区分。

*A*ln混凝土局部受压净面积，*A*ln=*πD*u2/4-*πD2*/4，Du为扩孔最大直径，*A*ln计算时扩孔直径不应低于（2d-2）mm，d为锚杆杆体直径。

**6.2.5** 根据混凝土锚杆的抗剪试验研究，混凝土浅孔锚杆受剪性能具有以下特点：用多杆锚杆抗剪，锚杆的总截面积一样时，粗锚杆组合比细锚杆组合的抗剪刚度大；同直径的锚杆埋植浅的比埋植深的抗剪刚度大；锚杆安装后施加预紧力可提高抗剪刚度；抗剪锚杆杆体破坏均表现为拉剪破坏。

考虑群锚效应，混凝土锚杆的抗剪承载力设计值*N*v=0.8×0.5×*N*s；对于断后伸长率不大于8%的锚杆，抗震设计时应乘以0.8的降低系数。

**6.2.6** 要求由多层扩孔锚头均摊锚杆锚固力时，多个楔块式内锚头的组装应按（6.2.6）式确定楔块座的组装间距。考虑到多层扩孔锚杆一般是应用在大体积结构工程中，与锚杆杆体的拉压刚度比较，大体积基材的刚度要大得多，故组装公式中未考虑基材的变形。

**6. 3 构造规定**

**6.3.1~6.3.3**  对混凝土锚杆的基材厚度、锚杆最小间距、锚杆最小边距等做出规定，一方面是避免锚杆安装时减小锚杆受力时基材混凝土劈裂破坏的可能性，另一方面在于增强锚固连接基材破坏时的承载能力和安全可靠性。有条件时，其值宜通过基本试验分析后确定。

**7 施 工**

**7. 1 一般规定**

**7.1.1** 为确保自锁锚杆施工质量，在施工前一定要对锚杆类型、锚杆及部件原材料型号及规格、主要性能指标、施工设备等进行检查，包括杆体、自锁内锚头、外锚头、扩孔刀具、注浆和防腐材料等。当发现与设计要求不符时，应及时采取补救措施或进行更换调整。

**7.1.2** 扩孔自锁锚杆对基材（岩石或混凝土）有较高的要求，由于勘察或检测仪器设备、技术手段、测试范围等的局限性，锚固体基材状况可能与设计不符。当施工人员、现场监理、设计代表通过钻孔扩孔难易程度、钻孔芯样或碎渣表观状态等判断基材状况与设计要求明显不符或有疑问时，应及时通知设计方，以便及时采取补救措施或做出设计修改。

**7.1.3** 孔底和钻孔内若残存有积水、碎渣、粉屑或其他杂物，会影响注浆质量和妨碍杆体插入，也影响锚固效果。因此，锚杆安装前，必须清除孔内积水和粉屑等杂物。

**7.1.4、7.1.5** 为了确保自锁锚杆的锚固效果，在锚杆安装前一定要对钻孔和扩孔质量进行检查，如发现与设计要求不符，就要及时采取补救措施，如加深锚杆孔或重新钻孔扩孔(当偏斜角或孔位偏离设计要求太大时)等。当无特殊要求时，岩石锚杆成孔质量可按本规程7.1.4条执行，混凝土锚杆成孔质量可按本规程7.1.5条执行。

**7. 2 岩石自锁锚杆安装**

**7.2.1** 岩石锚杆钻孔可采用地质钻或潜孔钻进行，对于不稳定的地层或地层扰动会引起水土流失、塌孔，危及临近建（构）筑物安全使用时，应采用套管护壁钻孔。

**7.2.2** 采用专用扩孔钻头进行扩孔，扩孔应按其最大张开量与轴向伸长量的关系进行控制。

**7.2.3** 锚杆组装前，应预先调直、除油、除锈，以满足杆体与注浆料的有效粘接。精轧螺纹钢筋和中空棒材的接长应采用等强度连接器，钢筋接长可采用对接、双面焊接。必要时可沿杆体轴线方向设置对中支架，主要是为了使杆体处于钻孔中心，并保证杆体保护层厚度满足设计要求。

**7.2.4** 常规岩石锚杆，可采用锤击加压方式使底部扩张，通过杆体行程来控制扩张程度；对于倒锥形自锁锚头，当锚头达到指定位置时，通过提拉方式使倒锥锚头打开安装至倒锥孔内，形成自锁。

**7.2.5** 水泥浆或水泥砂浆的配合比直接影响浆体的强度、密实性和注浆作业的顺利进行，应严格相关按规程要求进行配比，也可以使用水泥基注浆料定型产品。

**7. 3 混凝土自锁锚杆安装**

**7.3.1** 混凝土浅孔自锁锚杆应采用专用设备钻孔、扩孔、清孔后，测量直孔孔深、孔径及扩孔孔径，合格后进行注浆及锚杆安装。

**7.3.2** 混凝土深孔自锁锚杆要注意校核钻孔角度。对于大体积混凝土深孔自锁锚杆，应在锚杆安装时预埋注浆管，以保证锚孔注浆密实度。

**7.3 3** 多层扩孔自锁锚杆一般为预应力锚杆，预应力张拉和锁定可参考《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22进行。多层扩孔自锁锚杆内锚头一般为倒锥形，施工时应严格按设计要求在不同深度进行扩孔，锚杆组装时应绑扎注浆管，必要时可采用吊车对锚杆吊装入孔安装。

**7. 4 成品保护**

**7.4.1、7.4.2** 自锁锚杆安装后，在注浆材料未达到设计强度前，杆体受到扰动将影响注浆材料与杆体和注浆材料与孔壁的粘结强度，降低锚杆的锚固力，影响锚杆质量，必要时应做适当辅助保护措施。

**8 工程质量检验与验收**

**8. 1 一般规定**

**8.1.1、8.1.2**  对岩石锚杆的质量检验和验收做了规定。

**8.1.3～8.1.5**  对混凝土锚杆的质量检验和验收做了规定。

**8. 2 工程质量检验**

**8.2.1～8.1.6**  规定了岩石锚杆和混凝土锚杆工程质量检验的内容及标准。岩石锚杆工程主要参考《岩土锚杆（索）技术规程》CECS 22的有关规定，混凝土锚杆工程主要参考《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定。

**8. 3 工程质量验收**

**8.3.1～8.3.3**  规定了岩石锚杆和混凝土锚杆工程质量验收应提供的文件、资料。

**8.3.4**  混凝土锚杆工程质量不合格时，应进行补救，并重新检查、验收。

**附录A～附录C**

列出了一批研究和工程应用比较成熟的锚杆、扩孔钻头以及外锚头连接型式，供设计和使用单位参考。其它型号的锚杆和扩孔钻头及锚杆连接型式可以根据工程具体要求进行专门的设计和制作。

**附录 D**

**D. 1 基本规定**

**D.1.1** 锚杆试验的主要目的是确定锚杆设计参数并验证锚杆施工工艺的合理性，因而锚杆的破坏应控制在锚固体与岩体间。本条规定是为了避免锚杆的破坏由预应力筋极限拉力不足引起。通常，预应力筋的设计是可控因素，视具体试验目的不同，可适当增加预应力筋的截面面积。

**D.1.2** 锚杆试验一般采用油压表读数或专用测力计计量荷载，采用百分表、千分表或位移传感器计量位移，采用秒表记录时间。所选用计量仪器的精度，必须满足试验要求。

**D.1.3** 锚杆试验和加荷装置一般采用电动高压油泵和空心千斤顶，加荷装置的额定压力和精度应满足试验要求和保证安全。

**D. 2 试样选取**

**D.2.2** 鉴于岩层条件的多变性，为了准确地确定锚杆的极限承载力，本条对试验锚杆的数量以及结构参数和施工工艺作了规定。但需指出，这是对同一种地层而言的，若同一工程有不同的地层条件，则应相应地增加基本试验锚杆组数。美国、德国、英国有关标准规定的锚杆基本试验数量为3根。

**D. 3 仪器设备要求**

**D.2.1～D.2.5** 给出了现场检验用的仪器、设备等要求。

**D. 4 基本试验**

**D.4.1** 岩石锚杆基本试验是锚杆性能的全面试验，目的是确定锚杆的极限承载力和锚杆参数的合理性，为锚杆设计、施工提供依据。新型锚杆或已有锚杆用于未曾应用过的地层时，由于没有任何可参考或借鉴的资料，规定均应进行基本试验。只有用于有较多锚杆特性资料或锚固经验的地层时，才可以不做基本试验。

**D.4.2** 基本试验对锚杆施加循环荷载是为了区分锚杆在不同等级荷载作用下的弹性位移和塑性位移，以判断锚杆参数的合理性和确定锚杆的极限拉力。

锚杆破坏指锚固体与周围岩土体发生不容许的相对位移或锚杆杆体破坏等，锚杆丧失承载力的现象。当设计对锚杆总位移有限制时，还应满足总位移的要求。

**D.4.3** 试验报告应将试验得出的荷载-位移值绘制成曲线。其他国家的锚杆规范对此都作了同样的规定。同时，报告应详细描述岩土层性状、注浆材料和配合比、注浆压力、锚杆参数、施工工艺、试验荷载、锚头位移和试验中出现的情况。

**D. 5 验收试验**

**D.5.1** 锚杆验收试验是对锚杆施加大于设计轴向拉力值的短期荷载，以验证工程锚杆是否具有与设计要求相近的安全系数。

**D.5.1～D.5.4** 验收试验的加荷等级和各等级荷载下的观测时间，是参照国外锚杆规范和我国工程实践制定的。

**附录 E**

**E. 1 基本规定**

**E.1.1** 锚杆试验一般采用油压表读数或专用测力计计量荷载，采用百分表、千分表或位移传感器计量位移，采用秒表记录时间。所选用计量仪器的精度，必须满足试验要求。

**E.1.2** 锚杆试验和加荷装置一般采用电动高压油泵和空心千斤顶，加荷装置的额定压力和精度应满足试验要求和保证安全。

**E.1.3** 规定了后锚固承载力现场检验方法的分类和选择要求。

**E.1.4** 根据调查发现，有些锚固工程，本应采用破坏性检验，但因限于现场条件或结构构造条件，无法进行原位破坏性检验的操作。对于这种情况，如果能在事前考虑到，则允许以专门浇注的混凝土块材，种植同品种、同规格的锚固件，作同条件下的破坏性检验，但应强调的是：这项检验必须事先征得设计和监理负责人书面同意，并始终在场见证、签字，才能被认定有效。

**E. 2 试样选取**

**E.2.1～E.2.3** 较完整地给出了抽样规则。

**E.2.4** 国内外标准在制定检验合格指标时，均是以胶粘剂产品说明书标示的固化期为准所取得的试验结果为依据确定的；因此，对实际工程中胶粘的锚固件，其检验日期也应以此为准，才能如实反映其胶粘质量状况。倘若时间拖久了，将会使本来固化不良的胶粘剂，其强度有所增长，甚至能达到合格要求，但并不能改善其安全性和耐久性能。

**E. 3 仪器设备要求**

**E.3.1** 现场检测设备较为简单。配置时，应注意的是加荷设备的支承点与锚杆之间的净间距，应能保证基材混凝土的破坏不受约束，以避免影响检测的结果。**E.3.2、E.3.3** 对现场测量位移的装置提出了具体要求，并且对现场检测设备用的仪器设备的检定进行了强调。现场测量位移受条件限制时，允许采用百分表，以手工操作进行分段记录，此时，在试样到达荷载峰值前，其位移记录点应在12点以上。

**E. 4 加载方式**

**E.4.1** 非破损检验采用的荷载检验值取0．9ƒykAs，主要考虑的是防止钢材屈服。

**E. 5 检验结果评定**

检验结果的评定，是参考《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145制定的。

非破损检验结果评定时，一个检验批中不合格的试样不超过5％时，应另抽3根试样进行破坏性检验，若检验结果全部合格，该检验批仍可评定为合格检验批。计算限值5％时，不足一根，按一根计。