



T/CECS xxxx-2025

中国工程建设标准化协会标准

长悬挑和吊挂钢结构技术规程

Technical specification for long-span cantilever and
hanging steel structures

（征求意见稿）

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

长悬挑和吊挂钢结构技术规程

Technical specification for long-span cantilever and hanging steel structures

T/CECS xxxx-2025

主编单位：清华大学

上海宝冶集团有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2025 年 x 月 x 日

中国计划出版社

2025 北 京

前 言

《长悬挑和吊挂钢结构技术规程》（以下简称规程）根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2024〕15 号）的要求进行编制。规程编制组经深入调研、分析和试验，认真总结实践经验，参考国内外相关技术标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 8 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、结构选型、设计、施工、监测与验收。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会钢结构专委会归口管理，由清华大学负责具体技术内容的解释。实施过程中如有意见或建议，请寄送至清华大学土木系（地址：北京市海淀区清华大学何善衡楼；邮政编码：100084）

主编单位 清华大学
 上海宝冶集团有限公司

参编单位 xxx

主要起草人 xxx

主要审查人 xxx

目次

1	总 则	1
2	术语和符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	结构选型	8
4.1	一般规定	8
4.2	长悬挑钢结构	8
4.3	吊挂钢结构	10
5	设 计	13
5.1	一般规定	13
5.2	抗风设计与要求	13
5.3	抗震设计与要求	18
5.4	舒适度设计与要求	23
5.5	连接、节点与构造要求	24
6	施 工	26
6.1	一般规定	26
6.2	安装方法	26
6.3	施工变形预调值计算与控制	29
7	监 测	31
7.1	一般规定	31
7.2	施工期间监测	31
7.3	使用期间监测	34
8	验 收	38
8.1	一般规定	38
8.2	整体工程验收	38
8.3	分部、分项工程验收	39
	用词说明	42
	引用标准名录	43
	附：条文说明	45

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and symbols.....	3
2.1	Terms.....	3
2.2	Symbols	3
3	Basic provisions	5
4	Structural selection	8
4.1	General requirements	8
4.2	Long cantilever steel structure.....	8
4.3	Hanging steel structures	10
5	Design	13
5.1	General requirements	13
5.2	Wind-resistant design and requirements	13
5.3	Seismic design and requirements.....	18
5.4	Vibration-control design and requirements.....	23
5.5	Connection, joints and construction requirements	24
6	Construction	26
6.1	General requirements	26
6.2	Installation methods.....	26
6.3	Calculation and control of construction deformation prestressing values	29
7	Monitoring.....	31
7.1	General requirements	31
7.2	Monitoring during construction	31
7.3	Monitoring during operation	36
8	Acceptance.....	38
8.1	General requirements	38
8.2	Acceptance of whole project.....	38
8.3	Acceptance of partial and itemized projects.....	39
	Explanation of wording	42
	List of quoted standards.....	43
	Appendix: Explanation of provisions	45

1 总 则

1.0.1 为规范长悬挑和吊挂钢结构的技术应用，提高工程质量，做到安全适用、技术先进、经济合理、施工方便，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建或改建等长悬挑和吊挂钢结构的设计、施工和验收。

1.0.3 长悬挑和吊挂钢结构的设计、施工和验收，除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

【条文说明】在高层建筑主体塔楼侧向悬伸出悬挑钢结构，其附着在主体塔楼一侧或两侧可提升人们的城市空间活动范围，增加城市与建筑的动感。在高层建筑中部分或全部采用吊挂钢结构也能扩大建筑空间的使用效率，其诸多工程实例丰富了城市景观，造就了多个新地标。但是，在这些新型建筑建设中，还存在诸多问题需要解决，本规程编制就是要规范这两类结构的设计、施工与验收。

长悬挑钢结构附着在高层塔楼的一侧或两侧，其重力荷载效应明显，要求结构具有较大的刚度与承载力，因而长悬挑钢结构大多采用巨型钢桁架、巨型斜撑或斜向预应力拉索组成的框架结构等。在长悬挑钢结构与塔楼连接的对应位置，为了有效传递悬伸结构的荷载作用，在塔楼内应设置伸臂桁架或者转换桁架。长悬挑钢结构主要承担结构自重、施工活荷载、风荷载与地震作用等，其中应重点关注竖向荷载效应。长悬挑钢结构的竖向荷载效应，包括重力荷载与地震竖向作用对长悬挑钢结构与塔楼连接处产生的较大弯矩，结构设计时应构造顺畅的传力路线。风荷载对长悬挑钢结构的侧向荷载效应明显，在悬挑标高较大及沿海区域不可忽视。在悬挑长度较大的情况下，长悬挑钢结构的刚度变弱，进而致使结构舒适度设计成为关注点之一，可采用改变结构体系以提升刚度或者设置 TMD 方法等予以解决。

吊挂钢结构是高层建筑的主要形式之一，其由竖向支承结构、顶部巨型桁架结构和吊挂楼层结构组成。最典型的多层吊挂钢结构建筑，如广东省博物馆，采用剪力墙核心筒竖向支承结构、屋盖顶部巨型平板钢网架以及吊挂楼层。深圳建滔大厦是高层建筑中最典型的吊挂钢结构实例，其建筑主体高度 230 米，沿高度布置四个巨型吊挂单元。每个吊挂单元由巨型桁架吊挂 9 个楼层组成，其巨型桁架均支承在巨型角柱上。吊挂钢结构的选型多种多样，竖向支承结构常选用矩形

钢柱、钢-混凝土组合柱和剪力墙核心筒等，顶部巨型桁架的弦杆、腹杆多采用 H 型钢和矩形钢管，吊柱整体穿过数个吊挂楼层，采用截面相对较小的高强度钢管。

高层建筑中的长悬挑和吊挂钢结构的施工方法也具有显著特点，可选用原位吊装施工、悬伸施工、整体提升施工等多种方式。考虑到长悬挑和吊挂钢结构组成复杂、传力路线曲折，要高度重视施工过程模拟计算与分析，建议采用施工过程结构一体化协同时变有限元分析与计算模型，能考虑施工过程的结构时变、荷载时变、边界条件时变、材料特性时变等多种因素的影响，且采用有限元生死技术能考虑施工过程结构变化的连续性，计算结果用于优选施工方案能确保结构施工过程满足强度、刚度与稳定性要求。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 长悬挑钢结构 long cantilever steel structures

在高层建筑塔楼主体结构侧向悬伸出去的悬挑钢结构。

2.1.2 吊挂钢结构 hanging steel structures

在多高层建筑中由竖向支承结构、顶部桁架及下挂楼层组成的钢结构形式。

2.1.3 钢结构连廊或连桥 Steel structure corridor or bridge

在高层建筑塔楼之间采用钢结构架设的连廊或连桥

2.1.4 斜拉索钢结构连廊或连桥 Cable-stayed steel structure corridor or bridge

在高层建筑塔楼之间采用斜拉索支承的钢结构连廊或连桥。

2.1.5 悬索钢结构连廊或连桥 Suspension steel structure corridor or bridge

在高层建筑塔楼之间采用悬索支承的钢结构连廊或连桥。

【条文说明】本节给出了长悬挑钢结构、吊挂钢结构、钢结构连廊或连桥、斜拉索钢结构连廊或连桥、悬索钢结构连廊或连桥的术语定义。

2.2 符号

2.2.1 材料性能

E ——钢材的弹性模量；

2.2.2 几何参数

L ——长悬挑或吊挂结构跨度；

2.2.3 计算指标

C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值；

F ——拉索的抗力设计值；

R_d ——构件承载力设计值；

R_k ——截面极限承载力；

S_d ——作用组合的效应设计值；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

S_{Ehk}^* ——水平地震作用标准值的构件内力；

S_{Evk}^* ——水平地震作用标准值的构件内力；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数；

γ_{G} ——重力荷载的分项系数；

γ_{Eh} ——水平地震作用的分项系数；

γ_{Ev} ——竖向地震作用的分项系数；

γ_{R} ——拉索的抗力分项系数；

γ_{pi} ——拉索的预应力分项系数。

2.2.4 风荷载

w_0 ——基本风压；

w_k ——风荷载标准值；

β_z ——高度 z 处的风振系数；

μ_s ——风荷载体型系数；

μ_z ——风压高度变化系数。

【条文说明】符号是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语标准》GB/T 50083 的规定制定的。

3 基本规定

3.0.1 长悬挑和吊挂钢结构的钢材选用应符合现行国家标准《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的有关规定，钢材的质量标准应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591的有关规定，且质量等级不应低于B级。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构中钢材的选用标准，是依据现行国家标准《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《碳素结构钢》GB/T 700和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591规定的，以确保钢材的基本性能达到设计要求。

3.0.2 长悬挑和吊挂钢结构处于外露环境且对耐腐蚀有特殊要求，或处于侵蚀性介质环境中，宜采用与本规程第3.0.1条中相应强度等级的耐候结构钢，且质量应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171的有关规定。

【条文说明】当长悬挑和吊挂钢结构处于外露环境或侵蚀性介质中，宜采用耐候结构钢，以保证结构的耐久性。所选钢材应符合强度等级匹配的要求，并满足现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171的相关规定。

3.0.3 长悬挑和吊挂钢结构中连接用螺栓的选用应符合下列规定：

1 根据使用要求的不同，连接螺栓可选用普通螺栓、高强度螺栓摩擦型连接和高强度螺栓承压型连接，螺栓选用应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82的有关规定；

2 承受反复荷载作用的螺栓不应采用膨胀自锁连接形式；

3 根据使用环境的不同，螺栓需做好相应的防腐设计和防腐构造措施。

【条文说明】根据连接的不同功能需求，螺栓可以选用普通螺栓、高强度螺栓摩擦型连接或高强度螺栓承压型连接。为确保螺栓的长期稳定性与可靠性，应明确螺栓的防腐设计和防腐构造措施。

3.0.4 焊接材料的选用应与结构主材相匹配，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。

【条文说明】焊接材料的选用应与结构主材相匹配，以保证焊接接头的质量和结构的承载能力。选用的焊接材料应符合《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

3.0.5 长悬挑和吊挂钢结构中的钢索可选用钢丝束、钢绞线、钢丝绳或钢拉杆，

钢索的性能与选用应符合现行行业标准《索结构技术规程》JGJ 257 的有关规定。

【条文说明】钢索的类型和性能应符合《索结构技术规程》JGJ 257 的相关规定，确保钢索具有足够的强度和韧性，适应不同荷载条件下的使用要求。钢丝绳束、钢绞线、钢丝绳和钢拉杆等不同类型的钢索应根据具体的设计需求和结构要求进行合理选用。

3.0.6 长悬挑和吊挂钢结构中所采用的混凝土强度等级不宜低于 C30。混凝土强度等级应按 150 mm 的立方体试件且在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值确定。混凝土的强度设计值和弹性模量应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用。

【条文说明】混凝土强度等级不宜低于 C30，以确保结构的基本强度。混凝土的强度设计值应根据标准试验方法测得的抗压强度值，并应满足 95% 保证率要求。混凝土的强度设计值和弹性模量应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

3.0.7 长悬挑和吊挂钢结构的设计应确保在所有可能的荷载作用下的结构强度、刚度、稳定性和安全性，包括常规荷载、风荷载、雪荷载、振动荷载、地震荷载等。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构在设计过程中应考虑结构强度、刚度、稳定性和安全性，包括常规荷载、风荷载、雪荷载、振动荷载、地震荷载等多种荷载作用。设计过程中应进行严格的力学分析和验算，确保结构的整体性能，避免结构发生失效。

3.0.8 长悬挑和吊挂钢结构应进行舒适度设计。

【条文说明】对长悬挑和吊挂钢结构进行舒适度设计，可以确保结构的使用环境舒适性，特别是在振动、振幅控制等方面进行优化设计。

3.0.9 长悬挑钢结构应根据建筑物所在地区的气候条件、地震烈度等因素进行适当的设计和局部加强。

【条文说明】根据不同地区的自然环境条件，结合当地的气候、风力和地震等荷载作用进行合理设计，以确保长悬挑钢结构的安全性及稳定性。

3.0.10 长悬挑钢结构应与主体结构可靠连接，应具有防止倾覆的措施。

【条文说明】为了防止在长期使用过程中发生结构倾覆或不稳定的情况，设计时需要特别考虑结构的稳定性，保证长悬挑钢结构应与主体结构牢固连接。

3.0.11 长悬挑结构的悬挑长度不宜大于 40m；悬挑长度大于 40m 的长悬挑结构的抗震设计，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施。

【条文说明】悬挑长度大于 40m 的大跨度悬挑结构在抗震设计中应进行重点研究，确保抗震性能满足要求，并采取有效的措施提高结构的抗震能力。

3.0.12 吊挂钢结构的吊挂部分应与主体结构（如核心筒剪力墙或巨型支承角柱）有可靠连接。

3.0.13 吊挂钢结构的设计应充分考虑可能出现的吊挂点移位、受力不均等现象，并采取合理措施避免结构变形或损坏。

【条文说明】**3.0.12、3.0.13** 吊挂钢结构作为关键组成部分，必须确保与主体结构有稳固的连接。设计人员应通过合理的计算与分析，采取有效措施避免吊挂点移位、受力不均等问题导致的结构变形或损坏，确保结构在各种工作条件下的稳定性和安全性。

3.0.14 长悬挑和吊挂钢结构的施工成型态应与相应荷载条件下的结构设计受力状态相符合。

【条文说明】施工过程中应严格按照设计要求进行，确保施工过程中没有影响结构整体受力状态的操作，避免因施工误差导致结构性能下降。

4 结构选型

4.1 一般规定

4.1.1 长悬挑与吊挂钢结构应有明确的竖向及水平力传递路径，平面布置及规则性要求应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。抗震设防烈度为 8 度地区的建筑形体或构件布置宜平面规则。

【条文说明】长悬挑与吊挂钢结构要求受力明确、传力途径合理且传力路线不间断，使结构的抗震分析更符合结构在地震时的实际表现，对提高结构的抗震性能十分有利，是结构选型与布置结构抗侧力体系时首先考虑的因素之一。长悬挑与吊挂钢结构提倡平、立面简单对称。因为震害表明，简单、对称的建筑在地震时较不容易破坏。简单、对称的结构容易估计其地震时的反应，容易采取抗震构造措施和进行细部处理。“规则”包含了对建筑的平、立面外形尺寸，抗侧力构件布置、质量分布，直至承载力分布等诸多因素的综合要求。“规则”的具体界限，随着结构类型的不同而异，需要建筑师和结构工程师互相配合，才能设计出抗震性能良好的长悬挑与吊挂钢结构。

4.1.2 长悬挑与吊挂钢结构设计应综合考虑建筑的使用功能、环境条件、材料供应、制作安装、施工条件等因素，选用抗震和抗风性能好且经济合理的结构体系、构件形式、连接构造和平立面布置。

【条文说明】长悬挑与吊挂钢结构设计要通过综合分析，采用合理而经济的结构类型。结构的地震反应同场地的频谱特性有密切关系，场地的地面运动特性又同地震震源机制、震级大小、震中的远近有关；建筑的重要性、装修的水准对结构的侧向变形大小有所限制，从而对结构选型提出要求；结构的选型又受结构材料和施工条件的制约以及经济条件的许可等。这是一个综合的技术经济问题，应周密加以考虑。

4.2 长悬挑钢结构

4.2.1 长悬挑钢结构可采用核心筒或剪力墙主体结构与悬挑桁架组成，前者是后者的支承体系。

4.2.2 长悬挑钢结构在充分考虑其应用范围、工程类型以及荷载作用情况等条件

下，可采用下列结构型式或构件型式：

1 采用桁架的悬挑钢结构（图 4.2.2-1）；

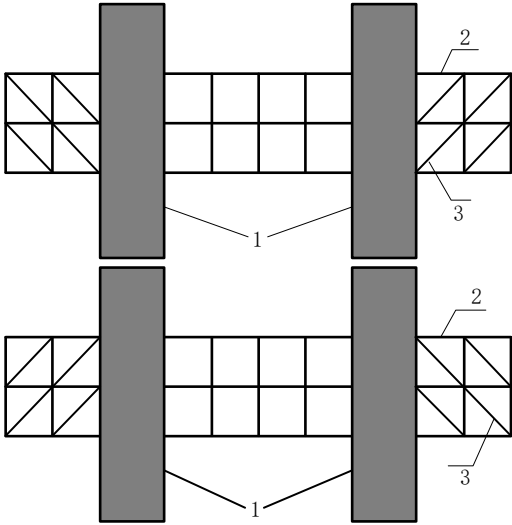


图 4.2.2-1 采用桁架的悬挑钢结构

1—塔楼；2—弦杆；3—斜腹杆

2 采用空腹桁架-斜支撑的悬挑钢结构（图 4.2.2-2）

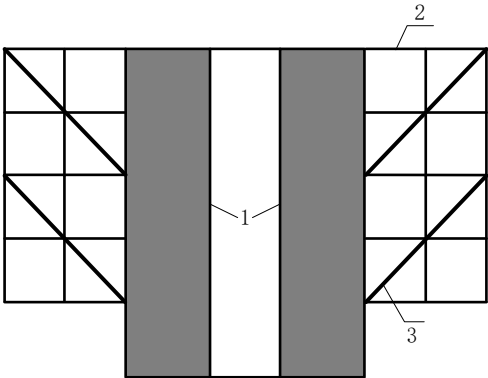


图 4.2.2-2 采用空腹桁架-斜支撑的悬挑钢结构

1—塔楼；2—空腹桁架；3—斜支撑

3 采用空腹桁架-斜拉索的悬挑钢结构（图 4.2.2-3）；

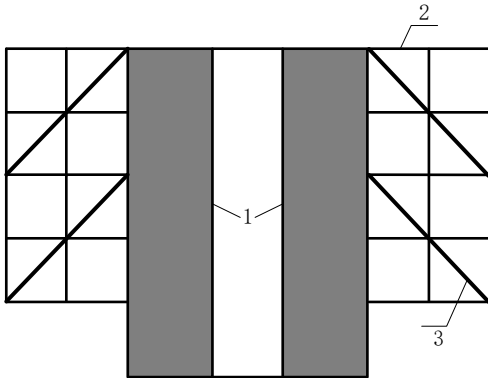


图 4.2.2-3 采用空腹桁架-斜拉索的悬挑钢结构

1—塔楼；2—空腹桁架；3—斜拉索

4 采用斜拉索-吊挂楼层的悬挑钢结构（图 4.2.2-4）；

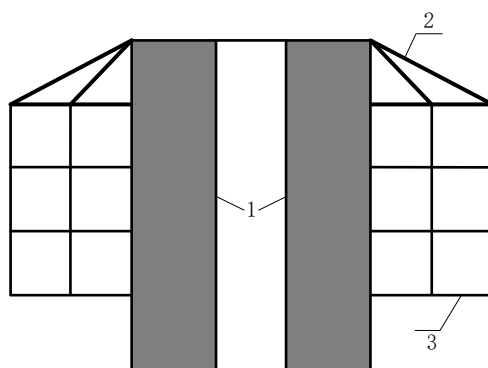


图 4.2.2-4 采用斜拉索-吊挂楼层的悬挑钢结构

1—塔楼；2—斜拉索；3—吊挂楼层

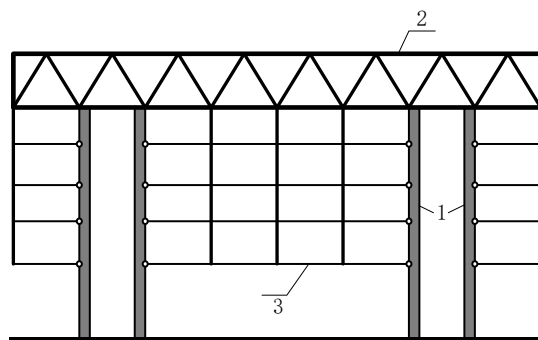
【条文说明】4.2.1、4.2.2 由于长悬挑钢结构的功能要求，其竖向重力荷载较大，因而必须具有较高承载力与刚度。框架结构由于竖向承载力与刚度较弱而不再适用，而桁架结构本身具有承载力与刚度大的受力特点，是首选的悬挑钢结构形式。有时考虑到通透的建筑效果，可采用斜拉索与空腹桁架组合或者巨型斜向支撑与空腹桁架组合而形成的悬挑钢结构，也能够实现高承载效率的悬挑钢结构。更有甚者，可采用斜拉索与吊挂楼层组合形成新颖的悬挑钢结构。

4.3 吊挂钢结构

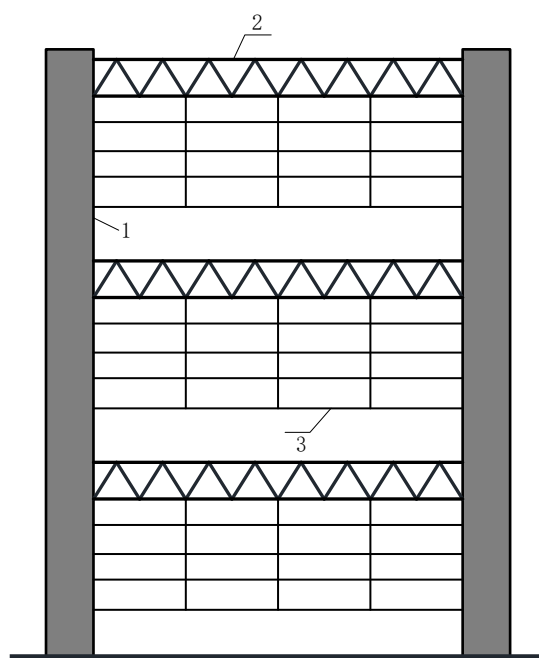
4.3.1 吊挂钢结构可采用核心筒剪力墙或巨型支承角柱、上部巨型桁架、吊挂楼层组成，而吊挂楼层由设置的通高吊柱、楼面钢梁和楼承板组成。

4.3.2 吊挂钢结构在充分考虑其应用范围、工程类型以及荷载作用情况等条件下，可采用下列结构型式或构件型式：

1 巨型桁架+吊挂楼层钢结构（图 4.3.2-1）；



(1) 多层建筑



(2) 高层建筑

图 4.3.2-1 采用巨型桁架的吊挂钢结构

1—支承柱或核心筒；2—巨型桁架；3—吊挂楼层

2 巨型斜撑+吊挂楼层钢结构（图 4.3.2-2）；

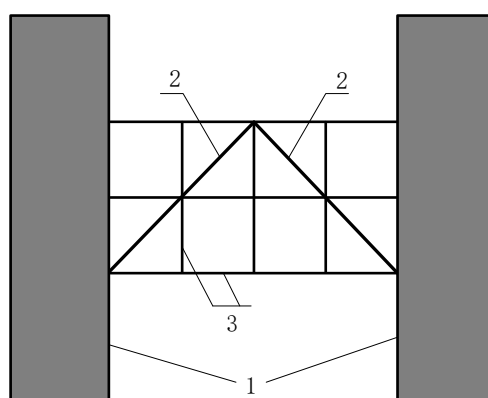


图 4.3.2-2 采用巨型斜撑的吊挂钢结构

1—塔楼；2—巨型斜撑；3—吊挂楼层

3 悬索+吊挂楼层钢结构（图 4.3.2-3）；

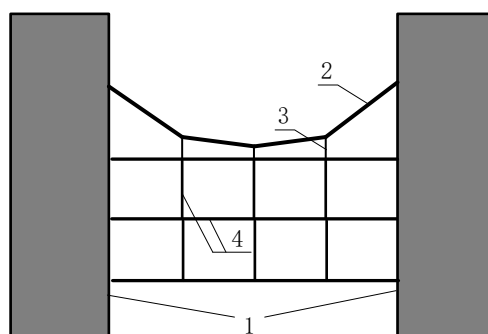


图 4.3.2-3 采用悬索的吊挂钢结构

1—塔楼；2—悬索；3—吊索；4—吊挂楼层

4 斜拉索+吊挂楼层钢结构（图 4.3.2-4）；

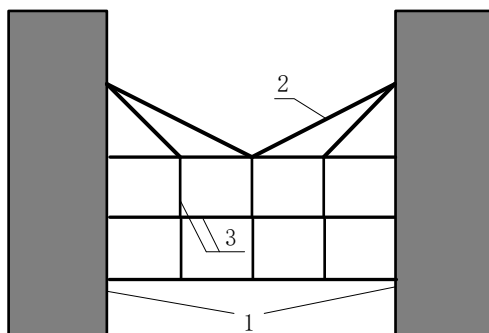


图 4.3.2-4 采用斜拉索的吊挂钢结构

1—塔楼；2—斜拉索；3—吊挂楼层

【条文说明】4.3.1、4.3.2 考虑到吊挂钢结构的组成特点，顶部巨型桁架与吊挂楼层组成的结构形式最为普遍，也常常在多层建筑与高层建筑工程建设中采用，最典型的工程实例是广东省博物馆和深圳建涛大厦。此外，在诸多高层建筑的塔楼之间，为了营造通透的建筑效果，近期也有采用悬索或者斜拉索与吊挂楼层组成的高位或低位连廊或连桥钢结构，既为城市增添了美景，也为塔楼之间的人行交通提供了便利。

5 设 计

5.1 一般规定

5.1.1 本章规定了长悬挑与吊挂钢结构的设计方法，包括抗风设计、抗震设计、舒适度设计与连接节点设计。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构设计的基本方法，涵盖了抗风、抗震、舒适度以及连接节点等关键方面的设计要求。长悬挑和吊挂钢结构由于其特殊的结构形式，受力和环境因素复杂，因此需要综合考虑多方面的设计因素。旨在确保这些结构在安全、稳定、舒适的前提下，能够满足实际使用需求。抗风设计和抗震设计确保结构能够应对外部自然力的作用，避免因强风或地震引发的结构破坏；舒适度设计则考虑到使用者的舒适性，特别是在长悬挑和吊挂钢结构中，结构的振动和变形对舒适度的影响；连接节点设计则确保结构连接部位的强度、刚度和可靠性，以保证整体结构的安全性。

5.1.2 长悬挑与吊挂钢结构的设计，除符合本规程外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

5.1.3 荷载、地震作用及荷载效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

5.1.4 长悬挑与吊挂钢结构的焊接与螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的相关规定。

【条文说明】**5.1.2~5.1.4** 在进行长悬挑与吊挂钢结构设计时，除了遵循本规程的相关规定外，还应符合国家现行的《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《钢结构设计标准》GB50017 等相关设计标准的要求。这样可以确保结构在荷载、地震作用以及焊接和螺栓连接方面的安全性与可靠性。

5.2 抗风设计与要求

5.2.1 垂直作用于长悬挑和吊挂钢结构表面的风荷载标准值，应按下式计算：

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 \quad (5.2.1)$$

式中： w_k ——风荷载标准值（kN/m²）；

β_z ——高度 z 处的风振系数；

μ_s ——高度 z 处的体型系数；

μ_z ——风压高度变化系数；

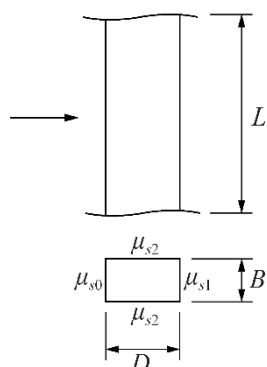
w_0 ——基本风压 (kN/m^2)。

5.2.2 基本风压应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定，但不得小于 0.3 kN/m^2 。对于高层建筑中的长悬挑和吊挂钢结构，基本风压的取值应适当提高，并应符合有关结构设计规范的规定。

5.2.3 风压高度变化系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定采用。

5.2.4 当长悬挑和吊挂钢结构与表 5.2.4 中的矩形截面结构体型类同时，风荷载体型系数可按表 5.2.4 的规定采用。

表 5.2.4 矩形截面长悬挑和吊挂钢结构体型系数



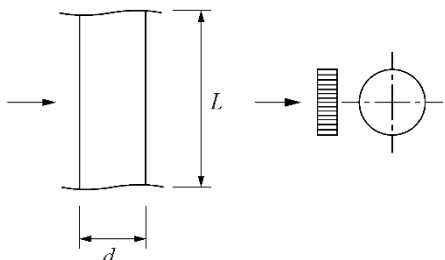
D/B	≤ 1	1.2	2	≥ 4
μ_{s0}	0.8			
μ_{s1}	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3
μ_{s2}	-0.7			

注：中间值按线性插值法计算。

注：表中 μ_{s0} 、 μ_{s1} 及 μ_{s2} 分别为迎风面、背风面以及侧面的体型系数，其中间值按线性插值法计算。

5.2.5 当长悬挑和吊挂钢结构与表 5.2.5 中的圆形截面结构体型类同时，风荷载体型系数可按表 5.2.5 的规定采用。

表 5.2.5 圆形截面长悬挑和吊挂钢结构体型系数



$\mu_z w_0 d^2$	表面情况	$L/d \geq 25$	$L/d = 7$	$L/d = 1$
-----------------	------	---------------	-----------	-----------

	$\Delta \approx 0$	0.6	0.5	0.5
≥ 0.015	$\Delta = 0.02d$	0.9	0.8	0.7
	$\Delta = 0.08d$	1.2	1.0	0.8
≤ 0.002		1.2	0.8	0.7

注：表中 w_0 以 kN/m^2 计， d 以 m 计；中间值按线性插值法计算； L 为结构跨度； Δ 为表面凸出度。

5.2.6 当长悬挑和吊挂钢结构与图 5.2.6 中桁架结构体型类同时，风荷载体形系数可按下列规定采用：

1 对图 5.2.6(a)中的单榀桁架，按下式计算：

$$\mu_{st} = \phi \mu_s \quad (5.2.6-1)$$

式中： $\phi = A_n / A$ ——桁架的挡风系数；

μ_s ——桁架构件的体型系数，对型钢杆件取 1.3，对圆管杆件按表

5.2.5 采用；

A_n ——桁架构件和节点挡风的净投影面积；

$A = hL$ ——桁架的轮廓面积。

2 对图 5.2.6(b)中的多榀桁架，按下式计算：

$$\mu_{stw} = \mu_{st} \frac{1 - \eta^n}{1 - \eta} \quad (5.2.6-2)$$

式中： μ_{st} ——单榀桁架的体型系数，按公式(5.2.6-1)计算；

n ——多榀桁架的榀数；

η ——系数，按表 5.2.6 采用。

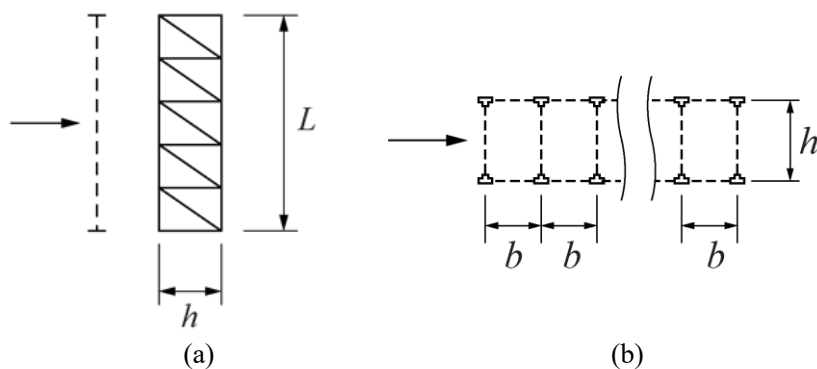


图 5.2.6 单榀和多榀桁架结构

表 5.2.6 多榀桁架结构体型系数计算 η 系数取值

η \ b/h	≤ 1	2	4	6
≤ 0.1	1.00	1.00	1.00	1.00
0.2	0.85	0.90	0.93	0.97
0.3	0.66	0.75	0.80	0.85
0.4	0.53	0.60	0.67	0.73
0.5	0.33	0.45	0.53	0.62
0.6	0.15	0.30	0.40	0.50

注：中间值按线性插值法计算。

【条文说明】5.2.4~5.2.6 矩形截面及圆形截面结构的风荷载体型系数一般适用于使用状态的封闭式长悬挑和吊挂钢结构；桁架结构的风荷载体型系数一般适用于施工中尚未封闭的长悬挑和吊挂钢结构。一般来说，由于迎风面积较小，长悬挑和吊挂钢结构整体在未封闭时所受风荷载相较封闭后更小，但其单个构件可能会在局部风荷载作用下发生失稳，设计时应予以注意。

5.2.7 对体型较为复杂的长悬挑和吊挂钢结构，在无风荷载体型系数资料采用时，宜由风洞试验或数值风洞计算确定。

【条文说明】5.2.7 风荷载体型系数是指风作用在构筑物表面一定面积范围内所引起的平均压力（或吸力）同来流风的速度压的比值，主要与构筑物的体型和尺度有关，也与周围环境和地面粗糙度有关。必须说明的是，5.2.4~5.2.6 条给出的系数是有局限性的，风洞试验任或数值风洞计算任然应作为抗风设计重要的辅助工具，尤其对于体型较为复杂的情况。

5.2.8 长悬挑和吊挂钢结构所受风荷载宜考虑其主体建筑以及周围间距较近的建筑物引起的相互干扰效应；一般可将长悬挑和吊挂钢结构的体型系数 μ_s 乘以相互干扰系数。相互干扰系数可按下列规定确定：

1 对矩形截面的长悬挑和吊挂钢结构，其主体建筑或单个距离较近的建筑的施扰效应，对顺风向风荷载可在 1.00~1.10 范围内选取，对横风向风荷载可在 1.00~1.20 范围内选取。

2 其他情况可比照类似条件的风洞试验资料确定，必要时宜通过风洞试验或者数值风洞计算确定。

【条文说明】5.2.8 对于建筑群尤其是高层建筑群中的长悬挑和吊挂钢结构，当相互间距较近时，由于漩涡的相互干扰，结构某些部位的局部风压会显著增大，设计时应予以注意。

5.2.9 对于跨度大于 20m 且基本自振周期 T_1 大于 0.25s 的长悬挑和吊挂钢结构, 应考虑风压脉动对结构产生的顺风向风振的影响。可仅考虑结构第一振型的影响, 并按下式计算高度 z 处的风振系数:

$$\beta_z = 1 + 2gI_{10}B_z\sqrt{1+R^2} \quad (5.2.9)$$

式中: g ——峰值因子, 可取 2.5;

I_{10} ——10m 高度名义湍流强度, 对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度, 可分别取 0.12、0.14、0.23 和 0.39;

R ——脉动风荷载的共振分量因子, 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定;

B_z ——脉动风荷载的背景分量因子, 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

【条文说明】5.2.9 相关研究表明, 对于跨度大于 20 m 的长悬挑和吊挂钢结构, 由于频谱比较稀疏, 第一振型起到绝对作用, 此时可以仅考虑结构的第一振型。结构基本自振周期可采用有限元模型计算, 或按照有关结构设计规范进行估算。

5.2.10 对于横向风振作用效应明显的长悬挑和吊挂钢结构, 宜考虑横向风振的影响。

5.2.11 横向风振的等效风荷载可按下列规定采用:

1 对平面或立面体型较复杂的长悬挑和吊挂钢结构, 其横风向风振的等效风荷载 w_{LK} 宜通过风洞试验或者数值风洞计算确定, 也可比照有关资料确定。

2 对于圆形截面或者矩形截面及凹角或削角矩形截面的长悬挑和吊挂钢结构, 其横风向风振的等效风荷载 w_{LK} 可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

【条文说明】5.2.10、5.2.11 判断长悬挑和吊挂钢结构是否需要考虑横向风振的影响这一问题比较复杂, 一般要综合考虑构筑物的长度、长宽比、结构自振频率及阻尼比等多种因素, 并需借鉴工程经验及有关资料来判断。一般来说, 构筑物的长度越大、长宽比越大, 其横风向风振效应越明显。

5.3 抗震设计与要求

5.3.1 长悬挑和吊挂钢结构中构件在地震设计状况下的承载力应满足下列公式要求：

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (5.3.1-1)$$

式中： S_d ——作用组合的效应设计值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定计算；

R_d ——构件承载力设计值；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数。结构构件和连接强度计算时取 0.75；柱和支撑稳定计算时取 0.8；当计算竖向地震作用时取 1.0。

【条文说明】本条与现行国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 保持一致。

5.3.2 长悬挑和吊挂钢结构应按下列要求进行水平地震作用计算和内力调整，并应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施：

1 平面规则的长悬挑和吊挂钢结构，应采用空间结构计算模型，侧向刚度不规则、竖向抗侧力构件不连续、楼层承载力突变的楼层，其对应于地震作用标准值的剪力应乘以不小于 1.15 的增大系数，应按本规程有关规定进行弹塑性变形分析并应符合下列规定：

- 1) 竖向抗侧力构件不连续时，该构件传递给水平转换构件的地震内力应根据烈度高低和水平转换构件的类型受力情况、几何尺寸等，乘以 1.25~2.0 的增大系数；
- 2) 侧向刚度不规则时，本层与相邻上层的侧向刚度比值不宜小于 0.9；当本层层高大于相邻上层层高的 1.5 倍时，该比值不宜小于 1.1。
- 3) 楼层承载力突变时，薄弱层抗侧力结构的受剪承载力不应小于相邻上一楼层的 65%。

2 平面不规则的长悬挑和吊挂钢结构，应根据不规则类型的数量和程度，有针对性地采取不低于本条第 1 款要求的各项抗震措施。特别不规则时，应经专门研究，采取更有效的加强措施或对薄弱部位采用相应的抗震性能化设计方法。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构属于竖向不规则结构。按不规则类型的数

量和程度，采取了不同的抗震措施。不规则的程度和设计的上限控制，可根据设防烈度的高低适当调整。对于特别不规则的进行专门研究。本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 保持一致。

5.3.3 长悬挑和吊挂钢结构的抗震性能化设计应根据结构方案的特殊性、选用适宜的结构抗震性能目标，并采取满足预期的抗震性能目标的措施。结构抗震性能目标应综合考虑抗震设防类别、设防烈度、场地条件、结构的特殊性、建造费用、震后损失和修复难易程度等各项因素选定。结构抗震性能目标可分为 A、B、C、D 四个等级，结构抗震性能可分为 1、2、3、4、5 五个水准，每个性能目标均与一组在指定地震地面运动下的结构抗震性能水准相对应，具体情况可按表 5.3.3 划分。

表 5.3.3 结构抗震性能目标

性能目标 性能水准 地震水准	A	B	C	D
多遇地震	1	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	4
预估的罕遇地震	2	3	4	5

5.3.4 长悬挑和吊挂钢结构抗震性能水准可按表 5.3.4 进行宏观判别。

表 5.3.4 结构抗震性能目标

结构抗震 性能水准	宏观损坏 程度	损坏部位			继续使用的 可能性
		关键构件	普通竖向构件	耗能构件	
第 1 水准	完好、 无损坏	无损坏	无损坏	无损坏	一般不需修理 即可继续使用
第 2 水准	基本完好、 轻微损坏	无损坏	无损坏	轻微损坏	稍加修理即可 继续使用
第 3 水准	轻度损坏	轻微损坏	轻微损坏	轻度损坏、部分 中度损坏	一般修理后才 可继续使用
第 4 水准	中度损坏	轻度损坏	部分构件中度 损坏	中度损坏、部分 比较严重损坏	修复或加固后 才可继续使用
第 5 水准	比较严重 损坏	中度损坏	部分构件比较 严重损坏	比较严重损坏	需排险大修

注：关键构件是指该构件的失效可能引起结构的连续破坏或危及生命安全的严重破坏，如：长悬挑结构的主桁架、封边桁架、转换桁架，长悬挑结构根部的竖向支撑结构等；普通竖向构件是指关键构件之外的竖向构件；耗能构件包括框架梁、消能梁段等。

5.3.5 不同抗震性能水准的结构可按下列规定进行设计：

1 第 1 性能水准的结构，应满足弹性设计要求。在多遇地震作用下，其承

承载力和变形应符合本规程的有关规定；在设防烈度地震作用下，结构构件的抗震承载力应符合下式规定：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk}^* + \gamma_{Ev} S_{Evk}^* \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (5.3.5-1)$$

式中： R_d 、 γ_{RE} ——分别为构件承载力设计值和承载力抗震调整系数，按本规程第 5.3.1 条规定取值；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

S_{Ehk}^* ——水平地震作用标准值的构件内力，不需考虑与抗震等级有关的增大系数；

S_{Evk}^* ——竖向地震作用标准值的构件内力，不需考虑与抗震等级有关的增大系数；

γ_G 、 γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为上述荷载或作用的分项系数。

2 第 2 性能水准的结构，在设防烈度地震或预估的罕遇地震作用下，关键构件及普通竖向构件的抗震承载力宜符合式（5.3.5-1）的规定：耗能构件的抗震承载力应符合下式规定：

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* + 0.4 S_{Evk}^* \leq R_k \quad (5.3.5-2)$$

式中： R_k ——截面极限承载力，按钢材的屈服强度计算。

3 第 3 性能水准的结构应进行弹塑性计算分析，在设防烈度地震或预估的罕遇地震作用下，普通竖向构件的抗震承载力应符合式（5.3.5-2）的规定，关键构件的抗震承载力除应符合式（5.3.5-2）的规定外，尚应符合式（5.3.5-3）的规定；部分耗能构件进入屈服阶段，但不允许发生破坏。在预估的罕遇地震作用下，结构薄弱部位的最大层间位移不应大于层高的 1/50。

$$S_{GE} + 0.4 S_{Ehk}^* + S_{Evk}^* \leq R_k \quad (5.3.5-3)$$

4 第 4 性能水准的结构应进行弹塑性计算分析，在设防烈度地震或预估的罕遇地震作用下，关键构件的抗震承载力应符合式（5.3.5-2）和（5.3.5-3）的规定；允许部分竖向构件以及大部分耗能构件进入屈服阶段，但不允许发生破坏，在预估的罕遇地震作用下，结构薄弱部位的最大层间位移不应大于层高的 1/50。

5 第 5 性能水准的结构应进行弹塑性计算分析，在预估的罕遇地震作用下，关键构件的抗震承载力宜符合式（5.3.5-2）的规定；较多的竖向构件进入屈服阶

段,但不允许发生破坏且同一楼层的竖向构件不宜全部屈服;允许部分耗能构件发生比较严重的破坏;结构薄弱部位的层间位移不应大于层高的 1/50。

【条文说明】5.3.3~5.3.5 是参照现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的相关规定,结合长悬挑和吊挂钢结构的特点拟定的。

5.3.6 长悬挑和吊挂钢结构宜进行罕遇地震作用下的弹塑性变形分析;具有明显薄弱部位的长悬挑和吊挂钢结构应进行罕遇地震作用下的弹塑性变形分析。此时,可根据结构特点采用静力弹塑性分析或弹塑性时程分析方法。

【条文说明】震害表明,结构如果存在薄弱层,在强烈地震作用下,结构薄弱部位将产生较大的弹塑性变形,会引起结构严重破坏甚至倒塌。长悬挑和吊挂钢结构宜进行弹塑性变形验算;当结构有明显薄弱部位时,应进行弹塑性变形验算。本规程推荐了两种非线性分析方法:静力非线性分析和动力的非线性分析(弹塑性时程分析)。

5.3.7 长悬挑和吊挂钢结构的抗震验算应符合下列规定:

1 一般情况下,应至少在两个主轴方向分别计算长悬挑和吊挂钢结构的水平地震作用,各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担。

2 当长悬挑和吊挂钢结构的质量和刚度分布明显不对称时,应计入双向水平地震作用下的扭转影响;其它情况,应允许采用调整地震作用效应的方法计入扭转影响。

3 抗震设防烈度在 7 度(0.15g)及以上的地区,抗震设计时应计入竖向地震作用。

【条文说明】本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 以及现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定基本一致。

5.3.8 长悬挑和吊挂钢结构在多遇地震作用下的抗震效应计算,应采用考虑扭转耦联振动影响的振型分解反应谱法;对于体型复杂或重要的结构,应采用时程分析法进行补充计算。

5.3.9 当采用振型分解反应谱法进行地震效应分析时,宜至少取前 10~15 个振型,以进行效应组合;对于体型复杂或重要的结构需要取更多振型进行效应组合。

【条文说明】为设计人员使用简便,本条参考《空间网格结构技术规程》JGJ 7 给出振型分解反应谱法所需至少考虑的振型数。此外,振型数还需要满足振型参与质量达到总质量 90%。

5.3.10 当采用弹塑性时程分析法进行结构分析时，应符合下列规定：

- 1 宜采用双向或三向地震输入；
- 2 地震波的选取应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

【条文说明】在各国抗震规范中，不同结构应采用不同的分析方法。振型分解反应谱法仍是基本的分析方法，而时程分析法作为补充，主要适用于特别不规则或特别重要的长悬挑和吊挂钢结构。建议采用双向或三向地震输入，以全面模拟地震对结构的影响，避免忽略不同方向上地震作用对结构安全性的影响。由于不同地震波输入会导致时程分析结果有所不同，本条规定建议根据小样本容量下的计算结果估算地震效应值。通过对大量地震加速度记录的统计分析，如果选用不少于两组实际记录和一组人工模拟的地震波时，计算的平均地震效应值应能保证至少 85% 的概率接近大样本容量的平均值，且一般不会偏大。若使用更多组地震波（如 5 组实际记录和 2 组人工模拟），则保证率会更高。

5.3.11 长悬挑结构在重力荷载代表值和多遇竖向地震作用标准值下的组合挠度值不宜超过悬挑跨度的 1/125。

【条文说明】长悬挑结构在重力荷载代表值和多遇竖向地震作用标准值下的组合挠度限值参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的相关规定。

5.3.12 进行竖向地震作用计算时，结构竖向地震作用效应标准值宜采用时程分析法或振型分解反应谱法进行计算。时程分析计算时输入的地震加速度最大值可按规定的水平输入最大值的 65% 采用，反应谱分析时结构竖向地震影响系数最大值可按水平地震影响系数最大值的 65% 采用，设计地震分组可按第一组采用。

【条文说明】反应谱采用水平反应谱的 65%，包括最大值和形状参数，但认为竖向反应谱的特征周期与水平反应谱相比，尤其在远离震中时，明显小于水平反应谱，故本条规定，现行特征周期均按第一组采用。对处于发震断裂 10km 以内的场地，其最大值可能接近水平反应谱，特征周期小于水平谱。

5.3.13 结构的竖向地震作用标准值不宜小于结构或构件承受的重力荷载代表值与表 5.3.13 规定的竖向地震作用系数的乘积。

表 5.3.13 竖向地震作用系数

设防烈度	7 度	8 度		9 度
设计基本地震加速度	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
竖向地震作用系数	0.08	0.10	0.15	0.20

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构的竖向地震作用大小与其所处的位置以及支承结构的刚度都有一定关系。因此，建议采用本规程第 5.3.12 条的规定进行竖向地震作用计算，并且计算结果不宜小于本条规定。

为了简化计算，跨度小于 24 米或悬挑长度小于 5m 的结构，可直接按本条规定的地震作用系数乘以相应的重力荷载代表值作为竖向地震作用标准值。

5.4 舒适度设计与要求

5.4.1 当进行振动舒适度设计时，结构应满足国家现行有关标准的承载力、正常使用状态要求。

【条文说明】本标准适用于新建、扩建和改建的长悬挑和吊挂钢结构舒适度设计。新建和扩建的长悬挑和吊挂钢结构，应根据结构专业相关标准进行结构设计，当结构自振频率较低时应进行结构振动舒适度设计，或者根据业主要求进行舒适度设计；对于改建的长悬挑和吊挂钢结构，舒适度设计前应验算结构是否满足国家现行有关标准的承载力、正常使用状态要求。

5.4.2 为提高结构振动舒适度，可采用提高刚度、增加阻尼、调整振源位置或采取减振、隔振措施等方法。

5.4.3 结构的竖向自振频率宜采用有限元分析计算。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构属于复杂结构，故应采用有限元方法计算其前几阶自振频率。一般可取前三阶步行频率采用有限元法计算结构的振动加速度。

5.4.4 结构的竖向振动加速度可按现行行业标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441 的有关规定计算。

5.4.5 结构应具有适宜的舒适度。长悬挑和吊挂钢结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应大于表 5.4.4 的限值。

表 5.4.4 竖向振动加速度限值

人员活动环境	峰值加速度限值（m/s ² ）	
	竖向自振频率不大于 2Hz	竖向自振频率不小于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

注：结构的竖向自振频率为 2Hz~4Hz 时，峰值加速度限值可按现象插值选取。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构舒适度控制是其设计的重要工作内容。一

般情况下,结构竖向频率不宜小于 3Hz,以保证结构具有适宜的舒适度,避免跳跃时周围人群的不舒适。一般住宅、办公、商业建筑中长悬挑和吊挂钢结构的竖向频率小于 3Hz 时,需验算竖向振动加速度。

5.4.6 当长悬挑和吊挂部分用作连廊或室内天桥时,其第一阶横向自振频率不宜小于 1.2Hz。

【条文说明】当连廊和室内天桥的第一阶竖向自振频率小于 3Hz、横向自振频率小于 1.2Hz 时,需要采取减振措施。本条参照《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441 对连廊和室内天桥的规定。

5.5 连接、节点与构造要求

5.5.1 长悬挑和吊挂钢结构的连接,非抗震设计的结构应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的有关规定。抗震设计时,构件按多遇地震作用下内力组合设计值选取截面;连接设计应符合构造措施要求,按弹塑性设计,连接的极限承载力应大于构件的全塑性承载力。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构的连接,包括长悬挑和吊挂部分与主体结构的连接、拉索与钢支承构件的连接、梁与柱的连接、支撑与框架的连接以及构件拼接等。

5.5.2 长悬挑构件与主体结构之间的连接,在释放吊挂楼层重力荷载后可采用铰接连接或刚接连接。

5.5.3 长悬挑和吊挂部分与主体结构采用刚性连接时,重要受拉构件的拼接均应采用一级全熔透焊缝,其他全熔透焊缝为二级。非熔透的角焊缝和部分熔透的对接与角接组合焊缝的外观质量标准应为二级。现场一级焊缝宜采用气体保护焊。

焊缝的坡口形式和尺寸,宜根据板厚和施工条件,按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求选用。

【条文说明】长悬挑和吊挂部分与主体结构刚性连接的全熔透对接焊缝,属于关键性焊缝,其焊接要求参照现象国家标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99,对于通常处于封闭式房屋中温度保持在 10℃或稍高的结构,其焊缝金属应具有-20℃时 27J 的夏比冲击韧性。

5.5.4 钢索的锚固节点应采取可靠、有效的构造措施,保证传力可靠、减少预应力损失及施工便利;应保证锚固区的局部承压强度及刚度。

5.5.5 拉索与钢支承构件的连接宜通过加肋钢板将拉索锚固,通过端部的螺母与螺杆调整拉索拉力。

5.5.6 可张拉的拉索锚具与支座的连接应保证张拉区有足够的施工空间,便于张拉施工操作。

【条文说明】对于张拉节点,设计时应根据可能出现的节点预应力超张拉情况,验算节点承载力。可张拉节点应具有可靠的防松措施。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 长悬挑和吊挂钢结构施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的有关规定。

6.1.2 长悬挑和吊挂钢结构安装过程应满足结构或构件的强度、稳定和刚度要求。

6.1.3 施工过程中在不能满足本规程 6.1.2 条情况下，应对结构或构件的强度、稳定和刚度采取必要增强措施，或增加附加构件或增大原构件的截面尺寸等。

6.1.4 长悬挑和吊挂钢结构的施工成型态与在相应荷载作用下的设计受力状态存在较大差异且导致在使用期间的结构强度、刚度与稳定计算不满足《钢结构设计标准》GB50017 时，应符合以下规定之一：

1 施工单位要综合考虑现场施工条件、施工设备及施工成本等因素，重新优化施工方案，确保结构施工成型态与结构设计受力状态一致。

2 设计单位认可当前的施工方案，但必须考虑实际施工加载顺序对结构施工成型态的不利影响，对结构强度、刚度与稳定进行复核计算，并满足《钢结构设计标准》GB50017 的规定。

【条文说明】在大多数长悬挑和吊挂钢结构工程中，要求结构在其自重作用下的施工成型态与在相应荷载作用下的设计计算结果完全符合。但对于一些复杂长悬挑和吊挂钢结构，施工单位会采取更加符合现场条件的施工方案，此时会由于施工顺序的变化或荷载加载顺序的变化致使施工过程结构荷载效应叠加不能满足结构设计计算要求时，必须对施工过程和服役期间承载力不足的结构或构件进行补强设计。

6.2 安装方法

6.2.1 长悬挑和吊挂钢结构的施工方法应依据结构类型、结构组成、现场施工条件、吊装设备情况、工期要求、施工与结构安全等综合考虑确定。

6.2.2 长悬挑和吊挂钢结构安装施工宜采用如下方法：

- 1 原位胎架支撑安装施工方法；
- 2 整体提升或整体累积提升施工方法；

3 悬伸安装施工方法；

4 其他施工方法。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构形式多种多样，其对应的施工方法也不尽相同，施工单位应该基于现场施工条件、起重设备能力等，在保证施工过程结构安全的情况下，选用合适的施工安装方法。对于低位悬挑钢结构和低位吊挂钢结构，应优先选用原位支撑胎架的施工方法，可节约施工周期、节约施工成本。对于高位长悬挑钢结构，除了采用塔吊吊装及悬伸安装方法外，宜采用整体提升或整体累积提升施工方法。对于高位吊挂钢结构或塔楼之间的连廊钢结构，宜选用整体提升或整体累积提升施工方法。

6.2.3 长悬挑和吊挂钢结构采用整体提升或整体累积提升施工方法时，应符合如下规定：

1 提升施工过程，拼装胎架、提升索、提升架、提升结构必须满足强度、刚度与稳定性要求；

2 不均匀提升施工计算时，其索力增大系数可用于设计提升索强度、提升架和提升结构的强度、刚度与稳定性；

3 提升施工过程，应考虑现场环境温度变化影响，进行提升结构位形变化的温度效应分析，确定后补构件尺寸和合拢温度；

4 提升施工过程，应进行提升结构体系的抗风计算，用于确定合适的抗风缆索设置方案或合适的应对措施；

5 提升到结构设计位置后，后补构件合拢与提升索卸载顺序极大地影响提升结构的内力和位移分布，施工合拢顺序要获得设计单位同意后方可实施。

6 提升结构地面或低位拼装时，可能存在提升结构重心与提升索合力不平衡情况，此时要对提升结构进行起提阶段脱离拼装胎架计算及其新平衡位置的计算，计算结果用于检查提升结构磕碰情况。

【条文说明】对于长悬挑和吊挂钢结构或者塔楼之间的连廊钢结构，当采用整体提升或者整体累积提升施工方法时，一个合理、完整的提升方案的确定需要进行诸多提升过程模拟分析，计算结果能为施工方法设计提升依据。计算内容主要包括：（1）首先需要建立施工过程提升系统一体化协同时变有限元分析模型，其中主要包括提升结构、提升索、提升架、补强构件、后补合拢构件、附加虚拟侧向约束构件等，提升过程整个系统的运动通过给提升索施加连续的负温差实

现。提升施工过程结构一体化协同时变有限元模型，主要用于提升过程分析、不均匀提升分析、温度效应影响分析、后补构件合拢分析、提升过程抗风分析、提升结构逐步脱离支撑胎架及其找新平衡位形分析等；(2) 不均匀提升计算结果可用于穿心式千斤顶、提升索选用，以及提升结构、提升架承载力设计。(3) 提升就位合拢时，要考虑现场环境温度变化以及后补构件合拢与提升索卸载之间的施工顺序的影响。前者影响后补构件的下料尺寸及合拢时机的选取，后者影响结构提升成型态的内力与变形变化情况。(4) 提升过程抗风分析，要正确确定有限元模型和风荷载取值。前者需要解决有限元数值分析过程中出现的结构刚体位移，否则数值计算会不收敛。对此，可在提升结构风荷载作用的一侧施加水平虚拟约束，通过在结构分析软件中设置只压不拉单元实现。

6.2.4 在长悬挑和吊挂钢结构采用预应力设计下，宜采用如下拉索张力成型的施工方法。

- 1 在刚性结构安装完成后再进行拉索预应力张拉施工；
- 2 去除临时胎架支撑的过程，可充分利用悬挑或吊挂刚性结构自身自重的释放获得拉索预应力值。

【条文说明】在长悬挑和吊挂钢结构中设置预应力拉索，一般采用两类拉索张拉成型施工方法。其一，在刚性结构设置预变形且安装完成后进行拉索预应力张拉施工，此时拉索（或拉杆）张拉施工引起的结构内力变化与位移分布要满足索结构预应力态与荷载态的要求。其二，可充分利用刚性悬挑结构或刚性吊挂结构的自重释放进而获得拉索预应力值。针对这类拉索张拉成型施工方法，一般在安装刚性结构时需要设置临时支撑构件，待刚性结构安装就位后再去除临时支撑构件，此时刚性结构自重的释放作用会使得拉索（或拉杆）自动进入张拉受力状态。后一种方法在满足预应力态的情况下，因省去了常规的张拉作业因而具有较好的经济效益。

6.2.5 长悬挑和吊挂钢结构有巨型斜撑杆时，施工时宜先安装斜撑杆及其与斜撑杆连接的水平构件，再安装其他梁、柱及楼承板等构件。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构有巨型斜撑杆时，施工时可先安装巨型斜撑及其与斜撑连接的水平受力构件，此时已经形成较大的支承结构体系。之后，可安装其他钢构件与混凝土楼板浇筑等。

6.2.6 对长悬挑和吊挂钢结构的施工模拟计算，应建立施工过程结构一体化协同

时变有限元计算模型进行施工模拟分析,计算结果应能正确揭示施工过程结构的力变与形变行为。

【条文说明】长悬挑和吊挂钢结构组成复杂,传力路线曲折,因而确定技术先进、经济合理的施工方案具有挑战性。对此,需要采用施工过程结构一体化协同时变有限元模型进行施工过程力变与形变的模拟计算,其主要优点是能够考虑施工过程结构或构件组成的连续变化、临时支撑构件的加入和撤出作业、边界条件的变化或转变、结构或构件之间变形、受力协同等。

6.3 施工变形预调值计算与控制

6.3.1 长悬挑和吊挂钢结构施工应设置结构施工变形预调值,施工变形预调值计算值取决于施工过程胎架支撑方案及其支撑方法。

6.3.2 长悬挑钢结构施工变形预调值的设置,当采用悬伸施工法从悬伸根部构件逐步向外侧安装时,其水平构件端点的竖向挠曲变形预调值要能保证最终悬伸结构施工成型态满足设计规定的线形控制要求。

【条文说明】长悬挑钢结构要重视竖向挠曲变形预调值的设置,特别采用无支撑胎架的悬伸施工技术时,水平构件安装变形预调值与悬伸施工步密切相关,往往第 i 步安装的挠度变形预调值既与 $i-1$ 前的施工步关联,也与后期 $i+1$ 到最后第 n 步安装的结构类型及其自重关联。

6.3.3 吊挂钢结构施工变形预调值设置,无论采用支撑胎架从下往上逐步安装构件还是采用上部桁架吊挂楼层重量且从上往下逐步安装的施工顺序,其竖向构件轴向变形预调值在临时支撑胎架去除后要最终满足吊挂钢结构楼层设计标高的控制要求,其中要考虑上部桁架竖向挠曲变形对竖向构件轴向变形预调值的影响效应。

【条文说明】吊挂钢结构一般由顶层桁架与之下的吊挂楼层组成,顶层桁架支承在刚度更大的巨型角柱上,一般跨度较大,吊挂楼层由吊柱、楼面梁和楼承板组成。安装过程,要重视顶层桁架挠曲变形预调值的设置,需要考虑所有吊挂楼层的传力路线及其重力荷载影响;吊柱轴向缩短变形预调值的设置,其第 i 吊柱的轴向变形预调值必然受顶层桁架向下挠曲位移的影响,也受其上 $n-i$ 个楼层重力荷载的影响及其下 i 个楼层重力荷载的影响。

6.4 施工过程结构应力、刚度计算与控制

6.4.1 长悬挑和吊挂钢结构施工过程中,钢结构内力与混凝土楼板开裂应力控制应结合结构类型、施工加载顺序及其施工方案综合确定。

6.4.2 对于长悬挑与吊挂组合钢结构,施工过程楼板应力控制主要依赖于施工方案与施工加载顺序。在施工过程,宜采用附加配重等方法降低混凝土楼板开裂应力幅值。

【条文说明】在长悬挑和吊挂钢结构施工时,浇筑混凝土楼板时可同时施加附加配重,待混凝土硬化后可去除附加配重。这种施加配重的方法,尽管可极大地降低混凝土楼板施工开裂应力幅值,但其配重荷载转移到钢结构水平构件后,又使其钢构件应力与挠度增大,因而实施时需要综合考虑其两类构件内力与位移的转换变化。

6.4.3 对于在长悬挑和吊挂钢结构设计中采用斜拉索或斜撑的情况,除了施工过程需要控制构件应力外,也应控制其与主体结构的连接节点应力,要求斜拉索或斜撑与主体结构节点连接可靠、传力路线顺畅。

6.4.4 吊挂钢结构施工时,如采用支撑胎架从下往上逐步安装施工,当吊挂楼层高度较大且横向刚度不足时,应计算施工过程吊挂结构的整体侧向稳定性。否则,应采取提高侧向稳定承载力的对应加强措施。

【条文说明】因吊挂钢结构采用高强度钢材,其吊柱截面较小。在采用支撑胎架从下往上逐步安装施工时所形成的框架结构,因其柱承担压力,与设计状态受拉相反,因而框架结构的侧向整体刚度较弱。当吊挂钢结构楼层施工高度较大且侧向刚度不足时,容易发生侧向失稳,因而需要施工时加强整体稳定性计算并采取提升侧向稳定性的应对措施。

7 监 测

7.1 一般规定

- 7.1.1** 长悬挑和吊挂钢结构监测应符合现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB50982 的有关规定。
- 7.1.2** 长悬挑和吊挂钢结构监测应分为施工期间监测和使用期间监测。
- 7.1.3** 监测宜采用自动数据采集和无线传输数据监测系统，宜尽量少布线，布线尽量减少对施工及使用的影响。
- 7.1.4** 测点安装完成后应及时现场标识。监测期间应进行测点牢固程度和线路保护措施的巡视检查和数据采集传输系统维护。
- 7.1.5** 施工监测期间所用临时电源需要保证专线专用，定期维护，保证监测正常进行。数据无线传输应选用足够带宽的无线运营商或性能稳定局域网。
- 7.1.6** 定期检查施工期间监测内容和测点布置宜与使用期间监测统筹考虑。
- 7.1.7** 监测前应根据各方的监测要求与设计文件明确监测目的，结合工程结构特点、施工方案、使用要求、现场及周边环境条件等因素，制定监测方案。
- 7.1.8** 对长悬挑和吊挂钢结构，根据需要在设计阶段或者施工阶段提出监测要求，并应设定监测预警值。

【条文说明】此条在《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB50982-2014 中为强条。

- 7.1.9** 未经委托单位许可，监测实施单位不得改变约定的测点位置、数量和监测设备的功能参数。

7.2 施工期间监测

- 7.2.1** 长悬挑和吊挂钢结构施工期间监测项目可包括结构相关的应变监测、变形与裂缝监测、环境及效应监测。变形监测可包括基础沉降监测、结构竖向变形监测及水平变形监测；环境及效应监测可包括风及风致响应监测、温湿度监测及振动监测。

【条文说明】本条文中所述的结构不仅包含原设计结构，还包含施工过程的临时结构。

- 7.2.2** 长悬挑和吊挂钢结构施工期间监测，宜重点监测结构中重要受力构件、节

点及内力变化显著的杆件。重要部位应适量增加测点。

【条文说明】本条文中所述的构件与节点不仅包含原设计结构中的构件与节点，还包含施工过程的临时结构与支撑中的构件及节点。

7.2.3 施工期间监测前应对结构、构件和节点进行施工力学分析，结构分析应符合下列规定：

1 内力验算宜按荷载效应的基本组合计算，结构分析计算值与应变实测值对比应按荷载效应的标准组合计算，变形验算应按荷载效应的标准组合计算；

2 应考虑恒荷载、活荷载等重力荷载，可根据工程实际需要计入地基沉降、温度作用、风荷载作用；

3 施工全过程结构分析应以实际施工方案为准。

【条文说明】结构分析包含内力验算与变形分析。内力验算包含结构、构件和节点承载力验算。与整个结构的服役期相比，施工过程相对较短，偶然荷载出现的概率很低，因此在承载力验算时未提及偶然荷载作用，变形验算时也不涉及准永久荷载组合。

7.2.4 施工期间的监测预警应根据安全控制与质量控制的不同目标，宜按“分区、分级、分阶段”的原则，结合施工过程结构分析结果，对监测的构件或节点，提出相应的限值要求和不同危急程度的预警值，预警值应满足相关现行施工质量验收规范的要求。

【条文说明】分区：是指依据结构的不同形式，采用不同的控制指标；分级：根据结构危险程度将结构统一划分为不同的保护等级；分阶段：是指将施工过程划分为几个主要的施工阶段，对于每个阶段，提出阶段控制指标。对分区、分级、分阶段的详细说明应根据结构特点、环境条件等进行综合分析。施工期间监测预警值应根据施工过程结构分析结果设定，根据预警等级不同，可采用结构分析结果的 50%、70%和 90%进行预警；但监测值应满足相应施工质量验收规范的要求。

7.2.5 长悬挑和吊挂钢结构的施工期间的监测频次应符合下列规定：

1 关键施工过程应进行施工期间监测；

2 由监测数据指导设计与施工的工程应根据结构应力或变形变化速率实时调整监测频次；

3 监测频次应根据工程结构形式、支撑布置、变形特征、监测精度、卸载方式、卸载历程和数据存储与传输能力等因素综合确定；

4 停工时和复工时应分别进行一次监测并对结构模型、内力和变形进行重新标定。

7.2.6 当出现下列情况，应提高监测频次：

- 1 监测数据达到或超过预警值，或数据出现异常波动；
- 2 结构受到地震、洪水、台风、爆破、交通事故等异常情况影响；
- 3 结构现场、周边建(构)筑物的结构部分及其地面出现可能发展的变形裂缝或较严重的突发裂缝等可能影响工程安全的异常情况。

7.2.7 监测数据应进行处理分析，关键性数据宜实时进行分析判断，异常数据应及时进行核查确认。

7.2.8 施工期间监测应按施工进度进行巡视检查。

7.2.9 施工期间监测工作程序，可按图 7.2.9 的流程实施。

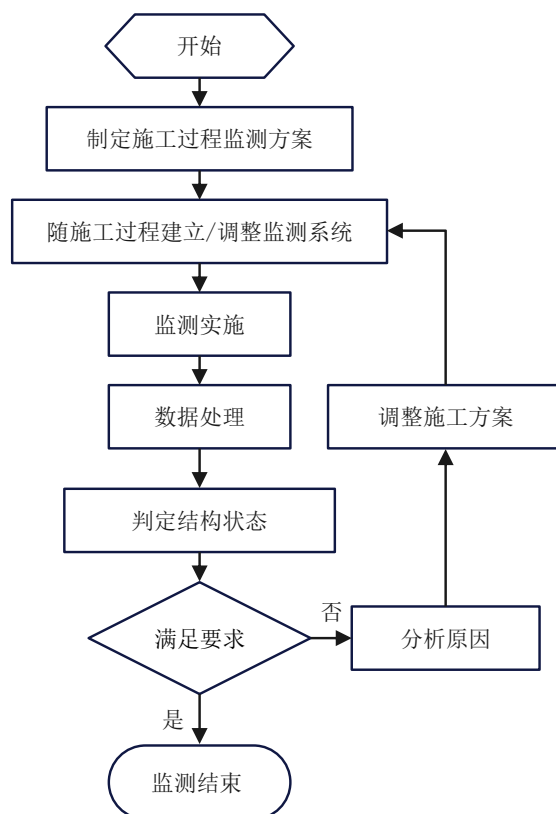


图 7.2.9 施工期间监测流程图

7.2.10 施工期间的监测报告宜分为阶段性报告和总结性报告。阶段性报告应在监测期间定期提交，总结性报告应在监测结束后提交。监测报告应为施工期间工程结构性能的评价提供真实、可靠、有效的监测数据和结论。

7.2.11 阶段性监测报告应包括下列内容：

- 1 项目及施工阶段概况；
- 2 监测方法和依据，包括：监测依据的技术标准，监测期和频次，监测参数，采用的监测设备及设备主要参数，测点布置，施工过程结构分析结果及预警值；
- 3 监测结果，包括：监测期间各测点监测参数的监测结果，与结构分析结果的对比情况，预警情况及评估结果，测点的变化情况，对监测期间异常情况的处理记录；
- 4 监测结论与建议；
- 5 预警报告、处理结果及相关附件。

7.2.12 总结性监测报告应反映整个监测期内的监测情况，报告内容应包括各阶段监测报告的主要内容。

7.2.13 监测记录应在监测现场或监测系统中完成，记录的数据、文字及图表应真实、准确、清晰、完整，不得随意涂改。

7.2.14 监测方案、监测报告、原始记录应进行归档，原始记录中应包括施工过程结构分析的计算书、结构变形及应变监测的监测记录 and 对比分析结果，对异常情况的处理记录，预警报告及处理结果。

7.3 使用期间监测

7.3.1 长悬挑和吊挂钢结构使用期间监测应为结构在使用期间的安全使用性、结构设计验证、结构模型校验与修正、结构损伤识别、结构养护与维修以及新方法新技术的发展与应用提供技术支持。

7.3.2 使用期间监测项目可包括变形与裂缝监测、应变监测、索力监测和环境及效应监测，变形监测可包括基础沉降监测、结构竖向及水平变形监测；环境及效应监测可包括风及风致响应监测、温湿度监测、地震动及地震响应监测与腐蚀监测。

7.3.3 使用期间的监测宜为长期实时监测。

7.3.4 重要结构使用期间监测宜进行结构分析模型修正，修正后模型应反映结构现状。

【条文说明】是指依本规范中的重要结构安全等级为一级的结构。

结构分析模型修正时可首先与设计基准结构模型进行核对，首先修正施工阶

段由于重力及安装工艺形成的安装成型结构与设计基准结构的差别,然后考虑结构日常使用(温度、设备、风及振动等)、加固改造及突发事件(如地震、台风、雪灾、爆炸)对模型参数的影响,可利用监测、检测的结果对结构模型进行修正。修正后的模型可在后续监测期间进行验证。

7.3.5 使用期间的监测预警应根据结构性能,并结合长期数据积累提出与结构安全性、适用性和耐久性相应的限值要求和不同的预警值,预警值应满足国家现行相关结构设计标准的要求。

7.3.6 使用期间监测系统应能不间断工作,宜具备自动生成数据备份和监测报表功能。

【条文说明】支持监测数据热备份和手动故障恢复功能。数据热备份是指在系统正常运行的状态下,对数据进行实时备份的方式。特点是备份过程中,数据仍可被正常读取和修改,不影响系统的正常业务运作。具备形成监测报表功能的目的是在监测系统由监测单位交付业主自行管理后,业主可根据报表结果进行预警与分析。

7.3.7 当监测数据异常或报警时,应及时对监测系统软硬件及结构进行及时检查或检测。

7.3.8 使用期间监测应定期进行巡视检查和系统维护。

【条文说明】使用期间监测通常为长期监测,因此定期对监测系统进行巡视检查和系统维护非常必要。监测期间,当发生强风、强雷电、暴雨、地震等异常环境情况应进行巡视检查。

7.3.9 使用期间监测工作程序,可按图 7.3.9 的流程实施。

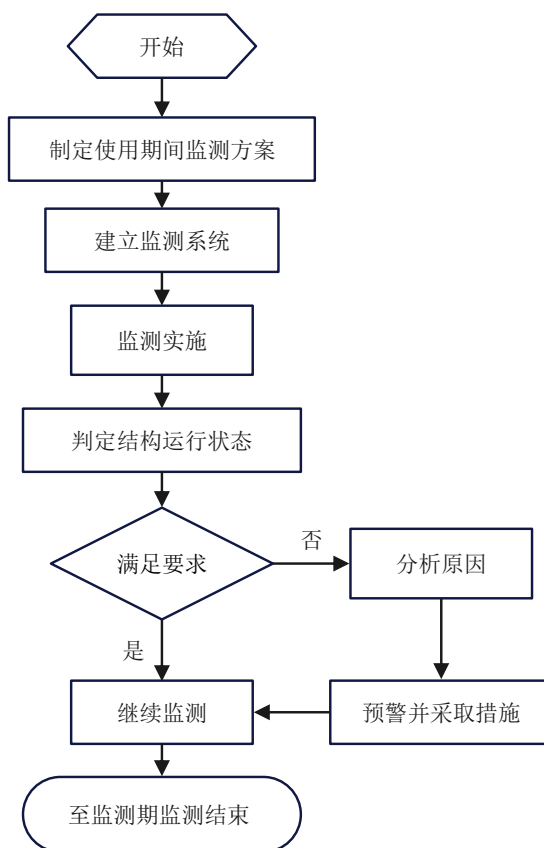


图 7.3.9 使用期间监测流程图

7.3.10 使用期间的监测报告可分为监测系统报告和监测报表，监测系统报告应在监测系统完成时提交，监测报表应在监测期间由监测系统自动生成且备份。

7.3.11 监测系统报告应包括项目概况、施工过程、监测方法和依据、监测项目及监测系统操作指南。

【条文说明】使用期间监测系统报告一般包括项目概况、监测方法和依据、监测项目及系统操作指南。监测方法中应包括监测期、监测频次、测点分布、数据处理方法等，监测项目包括监测参数、采用的监测设备及其检校情况。系统操作指南为监测系统移交后供使用方掌握监测系统的使用方法说明文件。

7.3.12 监测报表应包括下列内容：

- 1 监测结果及对比情况，包括：规定时间段内的监测结果及与结构分析结果的对比，预警值等；
- 2 监测结论。

7.3.13 监测报表、原始记录应进行归档。

【条文说明】原始记录应包括对监测系统的定期巡视检查情况、对异常情况

的处理记录及结果；归档应符合国家和地方相关主管部门制定的归档文件要求。

8 验 收

8.1 一般规定

8.1.1 长悬挑与吊挂钢结构的结构工程验收除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 及《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定外，尚应符合本节的相关规定。

【条文说明】为加强建筑工程质量管理，统一长悬挑与吊挂钢结构的结构工程验收标准，特制定本条。

8.1.2 长悬挑与吊挂钢结构工程施工质量的验收应在施工单位自检合格的基础上，按照检验批的划分，进行各分项工程验收。

8.1.3 长悬挑与吊挂钢结构分项工程竣工验收应由建设单位组织实施，勘察单位、设计单位、监理单位、施工单位应共同参与。参加验收的各方人员应具备规定的资格。

【条文说明】本条规定了工程验收的组织程序，这是验收工作的组织保证。

8.1.4 钢结构工程计量应以设计单位出具的或由设计单位确认的钢结构施工详图及设计变更等设计文件为依据。钢结构工程计量方法应遵守合同文件的规定，当合同文件没有明确规定时，可参考现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的相关规定。

8.1.5 钢材的品种、规格、性能等应符合国家现行产品标准和设计要求，并具有质量合格证明文件。钢材的抽样复验应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的相关规定。

8.1.6 长悬挑与吊挂钢结构验收宜采用钢尺、经纬仪、全站仪等，钢尺在使用时拉力应一致。测量器具必须经计量检验部门检定合格。

【条文说明】长悬挑与吊挂钢结构控制几何尺寸精度的难度较大，要求高，故所用的测量器具应经计量检验合格。

8.2 整体工程验收

8.2.1 长悬挑与吊挂钢结构整体工程合格质量标准应符合下列规定：

- 1 所含分部工程的质量均应验收合格；

- 2 质量控制资料应完整；
- 3 所含分部工程中有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的检验资料应完整；
- 4 主要使用功能的抽查结果应符合相关专业验收规范的规定；
- 5 观感质量应符合要求。

【条文说明】长悬挑与吊挂钢结构整体工程质量验收是其投入使用前最重要的一次验收,其验收合格的条件参考《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300中关于单位工程质量验收的标准。

8.2.2 整体工程完工后,施工单位应组织有关人员进行自检。总监理工程师应组织各专业监理工程师对工程质量进行竣工预验收。存在施工质量问题时,应由施工单位整改。整改完毕后,由施工单位向建设单位提交工程竣工报告,申请工程竣工验收。

【条文说明】整体工程完成后,施工单位应首先依据验收规范、设计图纸等组织有关人员进行自检,对检查发现的问题进行必要的整改。监理单位应根据本标准和《建设工程监理规范》GB/T 50319的要求对工程进行竣工预验收。符合规定后由施工单位向建设单位提交工程竣工报告和完整的质量控制资料,申请建设单位组织竣工验收。

8.2.3 长悬挑与吊挂钢结构的允许偏差应符合下列规定:

- 1 各边长度的允许偏差应为边长的 $1/2000$ 且不应大于 40mm;
- 2 长悬挑与吊挂钢结构与主体结构连接支座的允许水平和竖向偏差应为偏移方向相邻支座间距的 $1/3000$, 且不应大于 30mm;
- 3 吊挂钢结构中吊柱与巨型桁架相邻连接节点支座高差的允许偏差应为相邻间距的 $1/800$, 且不应大于 30mm; 支座最大高差的允许偏差不应大于 30mm。

【条文说明】长悬挑与吊挂钢结构与主体结构连接支座的水平与竖向偏差如超过允许值,应由设计、监理、施工单位共同研究解决方法;如吊挂钢结构中吊柱与巨型桁架相邻连接节点支座标高产生偏差,可用钢板垫平垫实。

8.3 分部、分项工程验收

8.3.1 长悬挑与吊挂钢结构分部工程合格质量标准应符合下列规定:

- 1 各分项工程质量均应符合合格质量标准;

- 2 质量控制资料 and 文件应完整；
- 3 有关安全及功能的检验和见证检测结果应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的相关规定；
- 4 有关观感质量应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的相关规定。

【条文说明】分部工程的验收是以所含各分项工程验收为基础进行的。首先，组成分部工程的各分项工程已验收合格且相应的质量控制资料齐全、完整。此外，分部工程尚须进行以下两类检查项目：

- 1 涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的主体结构分部工程应进行有关的见证检验或抽样检验。
- 2 以观察、触摸或简单量测的方式进行观感质量验收，并结合验收人的主观判断，检查结果并不给出“合格”或“不合格”的结论，而是综合给出“好”“一般”、“差”的质量评价结果。对于“差”的检查点应进行返修处理。

8.3.2 长悬挑与吊挂钢结构分部工程竣工验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程竣工图纸及相关设计文件；
- 2 施工现场质量管理检查记录；
- 3 有关安全及功能的检验和见证检测项目检查记录；
- 4 有关观感质量检验项目检查记录；
- 5 分部工程所含各分项工程质量验收记录；
- 6 分项工程所含各检验批质量验收记录；
- 7 强制性条文检验项目检查记录及证明文件；
- 8 隐蔽工程检验项目检查验收记录；
- 9 原材料、成品质量合格证明文件，中文产品标志及性能检测报告；
- 10 不合格项的处理记录及验收记录；
- 11 重大质量、技术问题实施方案及验收记录；
- 12 其他有关文件和记录。

【条文说明】本条规定了长悬挑与吊挂钢结构分部工程竣工验收时应提供的文件和记录内容。

8.3.3 长悬挑与吊挂钢结构的制作和安装的每道工序完成后均应进行检查，凡未经检查，不得进行下一工序的施工，每道工序的检查均应作出记录，并汇总存档。

结构安装完成后必须进行交工验收。

8.3.4 长悬挑与吊挂钢结构分项工程验收应在各检验批均合格的基础上,进行质量控制资料检查、材料性能复验资料检查、观感质量现场检查。各项检查均应资料完整、质量合格。

【条文说明】本条规定了长悬挑与吊挂钢结构分项工程验收合格的基本要求。

8.3.5 长悬挑与吊挂钢结构分项工程施工质量控制资料应包括材料和证明文件、材料实验报告、焊缝质量检测报告、各检验批记录等,并应符合设计文件的规定。

【条文说明】本条规定了长悬挑与吊挂钢结构分项工程施工质量控制资料应包含的内容和合格的基本要求。

8.3.6 长悬挑与吊挂钢结构分项工程施工材料复验资料应包括涉及结构安全性能的原材料及成品的见证取样复验报告。

【条文说明】本条规定了施工材料复验资料的内容和要求。

8.3.7 长悬挑与吊挂钢结构分项工程施工质量现场检查应包括涂层防护外观质量检查、外形观感检验。

【条文说明】本条规定了施工材料复验资料的内容和要求。

8.3.8 长悬挑与吊挂钢结构分项工程竣工验收时,应提供下列文件和记录:

- 1 设计图纸和相关设计文件;
- 2 施工现场管理记录;
- 3 有关安全及功能的检验和见证检测记录;
- 4 各检验批检验记录;
- 5 原材料成品质量合格证明文件,中文标志性检验报告;
- 6 不合格检验批的处理报告;
- 7 其他有关文件和记录。

【条文说明】本条规定了长悬挑与吊挂钢结构分项工程竣工验收时应提供的文件和记录内容。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，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”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《工程结构通用规范》GB 55001
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《钢结构通用规范》GB 55006
- 《钢结构设计标准》GB 50017
- 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046
- 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 《耐候结构钢》GB/T 4171
- 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》GB/T 18365
- 《钢丝绳通用技术条件》GB/T 20118
- 《钢拉杆》GB/T 20934
- 《建筑结构用高强度钢绞线》GB/T 33026

《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T 251
《索结构技术规程》 JGJ 257
《建筑工程风洞试验方法标准》 JGJ/T 338
《预应力混凝土管桩技术标准》 JGJ/T 406
《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》 JGJ/T 441
《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》 YB/T 152
《建筑工程用锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢绞线》 YB/T 4542
《密封钢丝绳》 YB/T 5295

中国工程建设标准化协会标准

长悬挑和吊挂钢结构技术规程

T/CECS xxxx-2025

条 文 说 明

制定说明

本规程制定过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，对长悬挑和吊挂钢结构的风致效应、地震作用、楼层人行荷载制振效应以及施工过程力变与形变的计算与控等进行了深入研究，总结了我国长悬挑和吊挂钢结构工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《长悬挑和吊挂钢结构技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目次

1	总 则.....
2	术语和符号.....
2.1	术语.....
2.2	符号.....
3	基本规定.....
4	结构选型.....
4.1	一般规定.....
4.2	长悬挑钢结构.....
4.3	吊挂钢结构.....
5	设 计.....
5.1	一般规定.....
5.2	抗风设计与要求.....
5.3	抗震设计与要求.....
5.4	舒适度设计与要求.....
5.5	连接、节点与构造要求.....
6	施 工.....
6.1	一般规定.....
6.2	安装方法.....
6.3	施工变形预调值计算与控制.....
7	监 测.....
7.1	一般规定.....
7.2	施工期间监测.....
7.3	使用期间监测.....
8	验 收.....
8.1	一般规定.....
8.2	整体工程验收.....
8.3	分部、分项工程验收.....

1 总 则

为了便于专家评阅方便，暂时把条文说明置于正文之后，待征求意见稿完成后单列。