

普通高等教育规划教材

JIANZHU GANGJIEGOU
ANZHUANG GONGYIXUE

建筑钢结构安装工艺学

周观根 赵 伟 等 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

普通高等教育规划教材

建筑钢结构安装工艺学

周观根 赵 伟 等 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

全书共分 10 章,包括:绪论、安装力学知识、起重吊装机具与设备、临时支撑结构设计、钢结构安装、钢结构安装测量、连接与涂装施工、典型工程安装实例、钢结构工程安装质量控制和钢结构工程安全生产及文明施工。每章末均附有复习思考题。书中较多典型钢结构安装实例,详细列出了常用钢结构工程的安装工艺方法,理论和实际并重,便于初学者掌握。

本书可作为高等院校土木工程有关专业本科的教学用书,经过一定的取舍,也可用作高职高专建筑钢结构工程技术专业和建筑工程技术等相关专业的教材,更可供相关工程技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

建筑钢结构安装工艺学 / 周观根等编著. — 北京 :
人民交通出版社股份有限公司, 2018.9

ISBN 978-7-114-14740-1

I. ①建… II. ①周… III. ①建筑结构—钢结构—建
筑安装—高等职业教育—教材 IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 203909 号

普通高等教育规划教材

书 名: 建筑钢结构安装工艺学

著 作 者: 周观根 赵 伟 等

责任编辑: 卢俊丽 卢 珊

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 30.75

字 数: 752 千

版 次: 2018 年 9 月 第 1 版

印 次: 2018 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14740-1

定 价: 69.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言

钢结构具有材料综合性能好、重量轻、抗震性能好、易实现高度工业化生产、安装周期短、绿色环保和可回收利用等优点,在建筑领域得到越来越广泛应用。

我国粗钢产量已保持连续 22 年居世界首位,2011 年已达 6.83 亿 t,2017 年为 8.32 亿 t。国家对钢材使用的政策也由原来的“节约用钢”发展到“积极用钢”,建筑钢结构事业蓬勃发展的大好时代已经来到。2016 年,国务院相继出台了三个文件推广建筑钢结构。相对于建筑钢结构的大发展,我国钢结构专业技术人员相对匮乏,钢结构人才培养问题突出,因此国内有关高等院校先后开设了建筑钢结构相关专业(方向),本书基于此背景立项编著。

本书共 10 章,第 1 章 绪论概述了建筑钢结构发展前景、部分典型建筑钢结构工程实例和建筑钢结构安装的特点与方法。第 2 章 安装力学知识介绍了在钢结构安装中用到的基本力学知识;通过本章学习,可以掌握钢构件重心、摩擦力和应力的基本计算方法。第 3 章 起重吊装机具与设备介绍了起重索具、吊具、滑车与滑车组、牵引设备、自行式起重机、桅杆式起重机、地锚和计算机控制液压千斤顶移位系统;通过本章学习,可以掌握各类起重吊装机具与设备的基本性能。第 4 章 临时支撑结构设计讲述了临时支撑结构基本概念、脚手架与支撑架基础知识、扣件式与碗扣式钢管脚手架设计、实腹式与格构式支撑架设计;通过本章学习,可以掌握脚手架与支撑架的计算方法和构造要求,并能独立完成脚手架与支架的设计。第 5 章 钢结构安装系统讲授从施工准备到钢结构拼装,再到钢构件

安装,直到常见钢结构工程的安装全过程安装工艺;通过本章学习,可以系统地掌握典型钢构件与常见结构的安装工艺。第6章 钢结构安装测量详细介绍了钢结构安装所需的测量仪器和施工控制网以及单层、多高层和大跨度空间钢结构的安装测量技术。第7章 连接与涂装施工重点介绍了建筑钢结构用高强度螺栓规格、性能以及施工工艺,钢结构防腐涂装与防火涂装的类型、性能及施工工艺。第8章 典型工程安装实例主要论述了单层重型钢结构厂房安装、多层钢结构安装、高层钢结构安装、网架结构安装、体育场罩棚钢结构安装和弦支网壳结构安装方案;本章是第2章到第7章知识的综合应用,通过本章的学习,可以锻炼利用安装知识解决真实复杂工程安装的能力。第9章 钢结构工程安装质量控制主要介绍了构件及辅材、机具与设备、现场安装、现场焊接、高强度螺栓施工和防腐涂装质量控制。第10章 钢结构工程安全生产及文明施工主要结合钢结构工程介绍了施工安全管理和安全生产教育的知识。

本书第1章由周观根撰写,第2章由赵伟、赵剑丽、杭振园、陆森强撰写,第3章由周观根、万敬新、郑孝谨撰写,第4章由周观根、游桂模、赵伟撰写,第5章由周观根、游桂模、万敬新撰写,第6章由周观根、刘贵旺、潘俊撰写,第7章由周观根、刘贵旺、赵伟撰写,第8章由周观根、何挺、程志敏、严永忠撰写,第9章由周观根、王永梅撰写,第10章由周观根、王永梅撰写。全书由周观根修改审定。配套图书的ppt课件由秦希和赵剑丽制作。

在本书的编著过程中,得到了浙江东南网架股份有限公司和浙江交通职业技术学院的大力支持和帮助,书中部分内容引用了同行业专家论著中的成果,在此表示衷心感谢。

本书力求注重理论与实际相结合,通过典型构件、结构与真实安装案例,图文并茂地介绍了建筑钢结构安装工艺技术。但随着现代建筑钢结构的快速发展和钢结构安装设备的不断创新,新的安装工艺将不断涌现,因此,书中不能完全覆盖所有的安装技术,同时限于作者水平,书中错误之处难免存在,在此真诚地希望读者发现后能够转告我们,以便今后改进。

周观根

2018年8月于杭州

目录

CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 建筑钢结构安装特点与方法	4
复习思考题	8
第2章 安装力学知识	9
2.1 平衡力系	9
2.2 物体重心	11
2.3 摩擦力	13
2.4 惯性力	15
2.5 应力基本概念	15
2.6 构件基本变形形式	17
2.7 内力图画法	26
2.8 压杆稳定	31
复习思考题	38
第3章 起重吊装机具与设备	39
3.1 起重索具	39
3.2 吊具	48
3.3 滑车与滑车组	63
3.4 牵引设备	70
3.5 自行式起重机	86

3.6 桅杆式起重机·····	96
3.7 地锚·····	111
3.8 计算机控制液压千斤顶移位系统·····	121
复习思考题·····	123
第4章 临时支撑结构设计·····	125
4.1 临时支撑结构基本概念·····	125
4.2 脚手架基础知识·····	127
4.3 支撑架基础知识·····	132
4.4 扣件式钢管脚手架设计·····	134
4.5 碗扣式钢管脚手架设计·····	148
4.6 实腹式支撑架和格构式支撑架设计·····	160
4.7 支撑架卸载·····	163
4.8 临时支撑结构设计计算实例·····	167
复习思考题·····	173
第5章 钢结构安装·····	175
5.1 施工准备·····	175
5.2 钢结构拼装·····	177
5.3 钢柱安装·····	180
5.4 钢梁安装·····	184
5.5 钢屋架安装·····	188
5.6 单层钢结构安装·····	190
5.7 多层钢结构安装·····	192
5.8 高层及超高层钢结构安装·····	194
5.9 空间网格结构安装·····	212
5.10 钢管桁架结构安装·····	221
5.11 预应力钢结构安装·····	225
5.12 膜结构安装·····	232
5.13 开合屋盖结构安装·····	240
5.14 施工控制技术·····	255
复习思考题·····	263
第6章 钢结构安装测量·····	264
6.1 安装测量仪器·····	264

6.2 施工控制网 269

6.3 单层钢结构安装测量 275

6.4 多层钢结构安装测量 280

6.5 高层及超高层钢结构安装测量 283

6.6 大跨度空间钢结构安装测量 291

复习思考题..... 297

第7章 连接与涂装施工..... 298

7.1 螺栓连接施工 298

7.2 施工现场焊接 310

7.3 涂装施工 326

复习思考题..... 332

第8章 典型工程安装实例..... 333

8.1 某单层重钢结构厂房安装 333

8.2 某多层钢结构安装 351

8.3 某超高层钢结构安装 368

8.4 某网架结构安装 386

8.5 某体育场罩棚钢结构安装 398

8.6 某弦支网壳结构安装 408

复习思考题..... 419

第9章 钢结构工程安装质量控制..... 420

9.1 概述 420

9.2 进场构件及辅材质量控制 423

9.3 进场机具与设备质量控制 425

9.4 安装质量控制 426

9.5 施工现场焊接质量控制 428

9.6 高强度螺栓施工质量控制 433

9.7 防腐涂装施工质量控制 438

复习思考题..... 440

第10章 钢结构工程安全生产及文明施工 442

10.1 概述..... 442

10.2 施工安全管理..... 443

10.3 安全生产教育..... 447

10.4	施工安全检查	450
10.5	主要工种安全操作规程	452
10.6	主要起重机具、设备安全操作规程	459
10.7	主要施工机具安全操作规程	467
10.8	施工用电	469
10.9	高处作业安全操作规程	473
10.10	文明施工措施	475
	复习思考题	477
	附表	478
	参考文献	481

第 1 章

绪论

1.1 概 述

近 20 多年来,我国钢产量迅速增加,从 1996 年首次突破亿吨大关开始,已经连续 20 多年稳居世界首位,其中 2016 年的粗钢产量为 8.08 亿 t,占世界钢产量的 49.6%。同时,随着我国高强度钢材生产工艺的不断提高与完善,建筑钢结构用钢材已发展到 Q420 和 Q460,甚至更高强度钢材。钢材的综合性能有了明显的改善,如屈强比较低、塑性和韧性较高、焊接性能和 Z 向性能大大改善等。而且还可根据特殊结构的需求,生产耐候性能优良的耐候钢材。钢材产量的迅速增加和质量的不断提高,为我国建筑钢结构的发展创造了良好的条件。

钢结构由于具有强度高、自重轻、抗震性能好、地基基础费用省、建筑有效使用面积大、建筑品质高、适于工业化和标准化生产、可干式绿色施工、适合于不同气候条件、不受施工季节的影响、综合造价低等优点,且能减少建筑垃圾和全寿命周期内可循环利用;所以符合我国节能减排和循环经济的发展方向,是对城市环境影响最小的结构之一。

目前,钢结构已在单层/多层房屋、高层/超高层建筑、大跨度建筑、桥梁、塔桅等建筑领域得到了越来越广泛的应用。近年来,年完成单层钢结构轻型房屋已达数千万平方米以上;已建和在建的高层及超高层钢结构建筑有数百幢,如 632m 高的上海中心(图 1.1-1)、599m 高的深

圳平安金融中心(图 1.1-2)、234m 高的北京央视大楼(图 1.1-3)、328m 高的空中华西村(图 1.1-4);高耸结构有广州新电视塔(高 600m,图 1.1-5)、上海东方明珠电视塔(高 468m,图 1.1-6)等;大跨度建筑有广州国际会展中心(跨度 126.6m,图 1.1-7)、国家体育场——鸟巢(南北向 333m,东西向 298m,图 1.1-8)、南京奥体中心体育场(主拱跨度 360m,图 1.1-9)、杭州奥体博览中心主体育场(南北向 333m,东西向 285m,图 1.1-10)等;复杂结构有广东科学中心(图 1.1-11)、大连国际会议中心(图 1.1-12)等;高铁站房有杭州火车东站(图 1.1-13)、上海虹桥交通枢纽中心(图 1.1-14)等;我国第一幢多面体空间刚架结构——国家游泳中心,即水立方(图 1.1-15),弦支穹顶结构的代表作——北京奥运会羽毛球馆(图 1.1-16),大悬臂旋转开合屋盖结构——杭州奥体网球中心(图 1.1-17)和大型膜结构——上海八万人体育场(图 1.1-18)等。

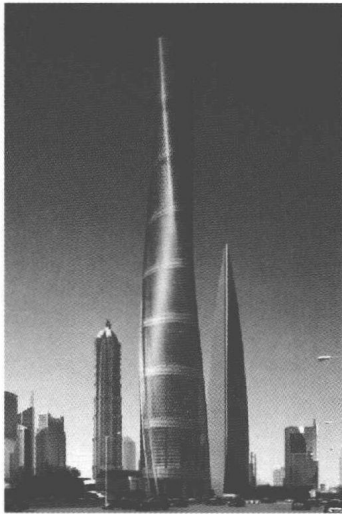


图 1.1-1 上海中心

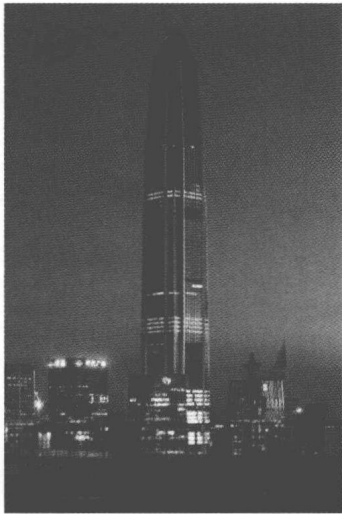


图 1.1-2 深圳平安金融中心

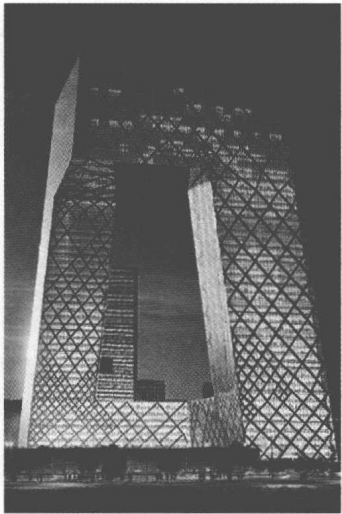


图 1.1-3 北京央视大楼



图 1.1-4 空中华西村

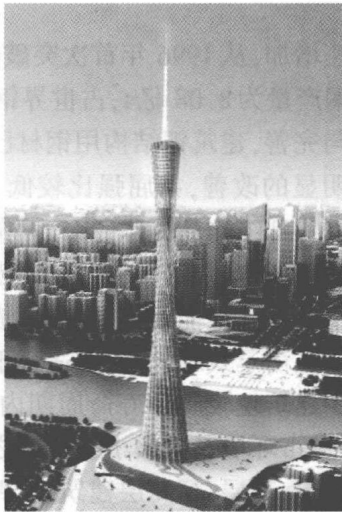


图 1.1-5 广州新电视塔

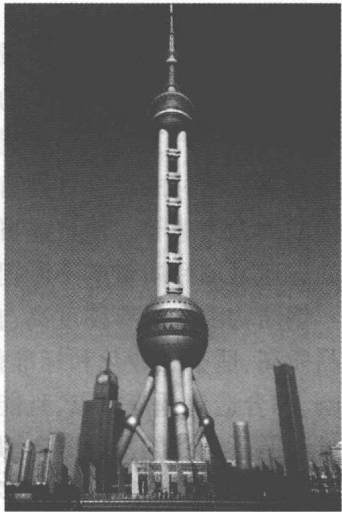


图 1.1-6 上海东方明珠电视塔

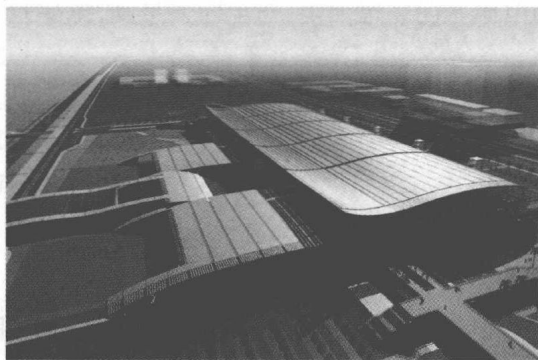


图 1.1-7 广州国际会展中心

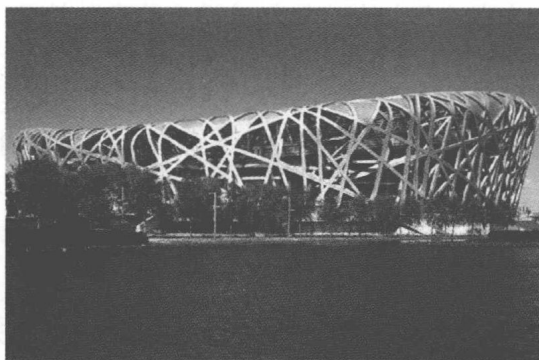


图 1.1-8 国家体育场(鸟巢)

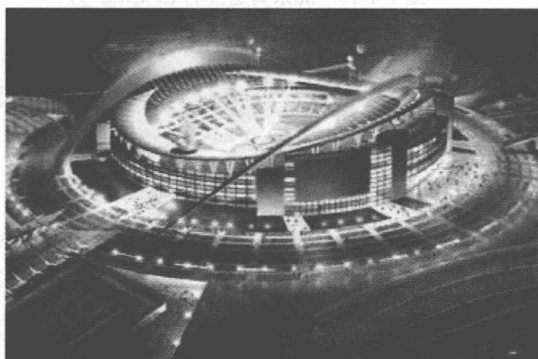


图 1.1-9 南京奥体中心体育场



图 1.1-10 杭州奥体博览中心主体育场

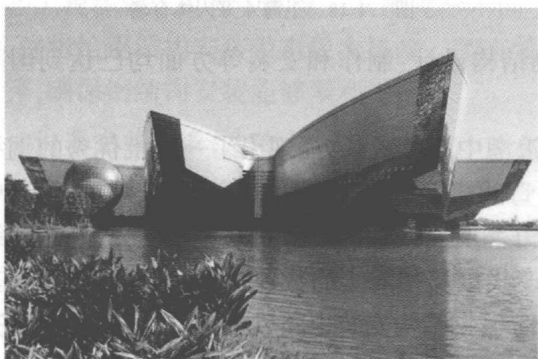


图 1.1-11 广东科学中心

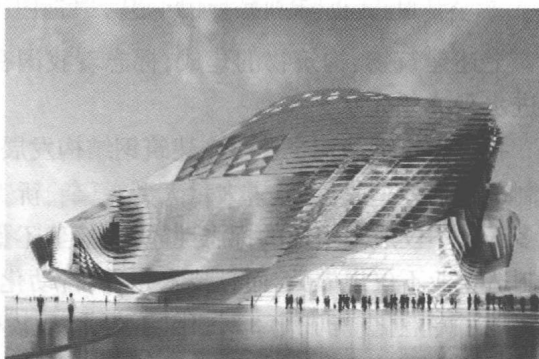


图 1.1-12 大连国际会议中心

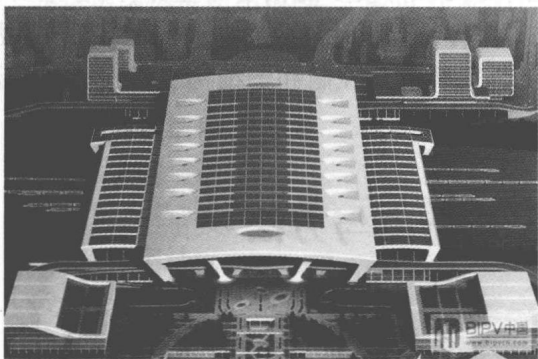


图 1.1-13 杭州火车东站

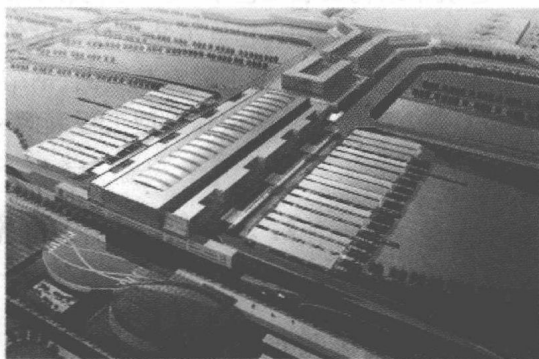


图 1.1-14 上海虹桥交通枢纽中心

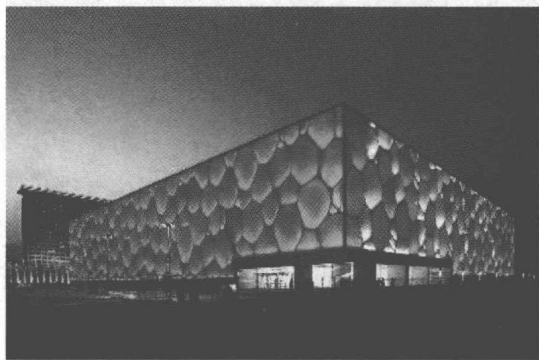


图 1.1-15 国家游泳中心(水立方)

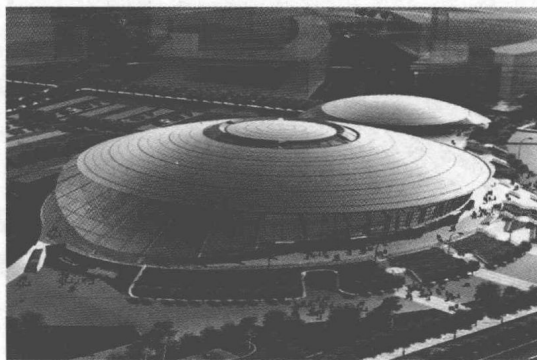


图 1.1-16 北京奥运会羽毛球馆

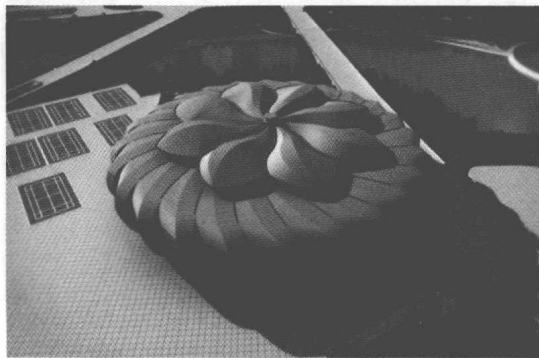


图 1.1-17 杭州奥体网球中心

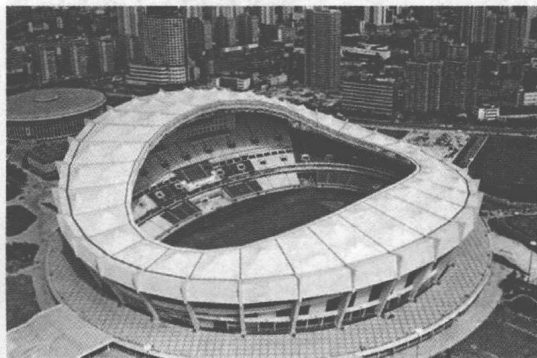


图 1.1-18 上海八万人体育场

上述建筑物、构筑物的建成,标志着我国在钢结构设计、制作和安装等方面均已达到国际先进水平或领先水平。

我国建筑钢结构企业也在建筑钢结构发展的浪潮中茁壮成长,涌现出了一大批优秀的钢结构制造和安装企业,完成了大量大型、复杂、新、特、奇的建筑钢结构工程的制作和安装施工,其中许多工程不仅成为当地的标志性建筑,甚至还登上了世界奇观建筑的排行榜。目前,我国的钢结构制造企业不仅规模大,而且技术先进,自动化生产线以及相配套的数控技术得到普遍应用,基本实现了专业化、机械化、现代化、工业化、规模化生产;钢结构安装也蓬勃发展,各类安装设备齐全,安装、测量技术先进,施工阶段的分析验算、信息化控制等技术得到普遍重视和广泛应用。

“建筑钢结构安装工艺学”是一门实践性较强、交叉学科较多的核心专业课,内容主要包括:绪论、安装力学知识、起重吊装机具与设备、临时支撑结构设计、钢结构安装、钢结构安装测量、连接与涂装施工、典型工程安装实例、钢结构工程安装质量控制和钢结构工程安全生产及文明施工等方面的基础知识和典型工程案例。

1.2 建筑钢结构安装特点与方法

1.2.1 安装特点

建筑钢结构安装是一个系统工程,它是钢结构从构件到结构成形的转化过程,并达到结构

设计要求,满足人们生产、生活需求的各项功能。钢结构安装不仅包括了安装过程中的施工、测量校正、连接和涂装等工序,还与钢结构设计、计算、加工制作、运输等工序密不可分。

钢结构工程安装集合了多专业、多学科的相关知识,对技术人员知识面提出了更高的要求;而在实际工程中,钢结构的安装体量一般都比较比较大,施工工期紧,大量工作需在高空完成。与其他结构的安装相比,建筑钢结构安装具有以下特点:

1) 专业化

我国对建筑企业实行严格的专业资质要求,凡从事建筑钢结构经营活动的企业,必须取得相关资质证书,并在其资质允许范围内从事相关的经营活动;凡未取得相关资质的单位和个人,不得从事建筑相关的活动。

2) 体量大

随着建筑单体越来越大,钢结构的用量也越来越大。其单体用量少则几千吨,多达几万吨,有的甚至达到十几万吨,如北京央视大楼钢结构用量约 12 万 t。

3) 专业面广

建筑钢结构安装集合了钢结构设计计算、加工制作、起重吊装、测量、焊接等多专业、多学科相关知识,它要求工程技术人员不仅具有钢结构方面的知识,还需具备起重机械、测量、焊接等多专业知识。

4) 仿真分析要求高

随着钢结构不断的大型化和复杂化,钢结构安装施工阶段的安全问题也日益突出。例如,有些工程在施工过程中的受力状况完全不同于使用阶段,甚至一些最不利工况出现在施工阶段,这将给钢结构安装带来极大风险。为有效防止风险,需要对钢结构施工过程进行仿真分析计算,确保钢结构安装能够顺利进行。

5) 高空作业多,危险大

钢结构安装连接均在高空完成,高空作业量多,危险性大,特别是大跨、高层、超高层建筑钢结构的安装,作业面广,施工高度高,交叉作业多,高空作业危险性大。

1.2.2 安装方法

1) 建筑钢结构按使用范围分类

建筑钢结构按使用范围,一般可分为以下几类:

- (1) 大跨度空间钢结构。
- (2) 高层、超高层钢结构。
- (3) 多层钢结构。
- (4) 单层钢结构。
- (5) 住宅钢结构。
- (6) 高耸钢结构。
- (7) 其他钢结构。

2) 建筑钢结构安装方法

虽然建筑钢结构形式不同,安装方法也各不相同,但建筑钢结构安装均是将制作合格的构

件、杆件、节点或桁架结构等,利用起重设备提升、吊装、滑移或在操作平台上高空散装至预定的空间位置,通过相互之间的连接形成整体。所以建筑钢结构安装工作一般应包含以下内容:准备工作、编制施工方案、起重设备选择、钢结构安装、测量、连接与涂装。具体如下:

(1)准备工作

建筑钢结构安装前的准备工作包括技术准备和施工准备,其中技术准备的内容主要有:

①熟悉施工图纸、设计要求、规范、标准。

②现场实地勘察,了解现场及周边环境情况。

③结合工程实际,进行必要的验算。如起重设备选型与技术参数验算、现场各种道路与构件堆场的承载力计算,主要构件起吊强度、挠度计算,结构及构件稳定计算,吊装及临时固定索具的设计与计算,脚手架与支撑架设计与计算等。

④编制施工组织设计。

⑤进行技术交底。

施工准备的主要内容有:

①施工人员、机械设备、工器具、材料组织进场。

②施工道路和构件临时堆场准备。

③构件进场验收、堆放或拼装。

④基础复测,建立测量控制网。

⑤吊装所需索具绑扎及加固。

⑥高空作业安全防护设施准备。

(2)编制施工方案

对于同一项建筑钢结构安装工程可有不同的安装方法:如单层钢结构厂房安装,根据各类构件吊装的先后顺序,安装方法有分件流水安装法和节间综合安装法两种;又如,大跨度空间钢结构,根据其受力和结构特点,安装方法有高空散装法、分块吊装法、整体提升法等多种方法。所以在编制用于指导钢结构工程安装的施工方案时,应根据安装工程结构形式、结构特点,全面综合考虑施工现场、周围环境、起重设备等情况。这样,编制出的施工方案才具有指导性、针对性、可操作性、先进性和经济性。

(3)起重设备选择

用于建筑钢结构安装的常用起重设备有:桅杆式起重机、履带式起重机、汽车式起重机、轮胎式起重机、塔式起重机、门式起重机、屋面起重机和计算机控制液压移位系统等。在实际安装工程中,可能会碰到一种类型的多台起重设备或多种类型起重设备的综合应用,所以在编制施工方案时应进行合理选择和搭配。在满足安装要求和施工安全的前提下,如何正确地选择起重设备,对施工过程具有重要的影响。

(4)钢结构安装

钢结构安装是建筑钢结构安装工程施工方案的主要编制内容,也是钢结构施工中最为重要的环节之一。不同结构形式、构件类型,安装方法有所不同;即使同一构件类型,根据其特点不同,安装方法也会不一样。例如单层厂房钢柱安装,对于重量较轻的钢柱,一般采取单机旋转法或滑移法吊装;而对于大型、重型钢柱,则可采取双机抬吊法进行吊装。

(5)测量

测量是钢结构安装定位的基准,是检验安装是否满足设计要求的依据,它是钢结构安装质

量的重要特征。建筑钢结构安装测量重点应做好以下几方面的工作：

- ①熟悉施工图纸。
- ②测量定位依据点的交接与校测。
- ③测量器具的检定与校核。
- ④测量方法的拟定与数据准备。

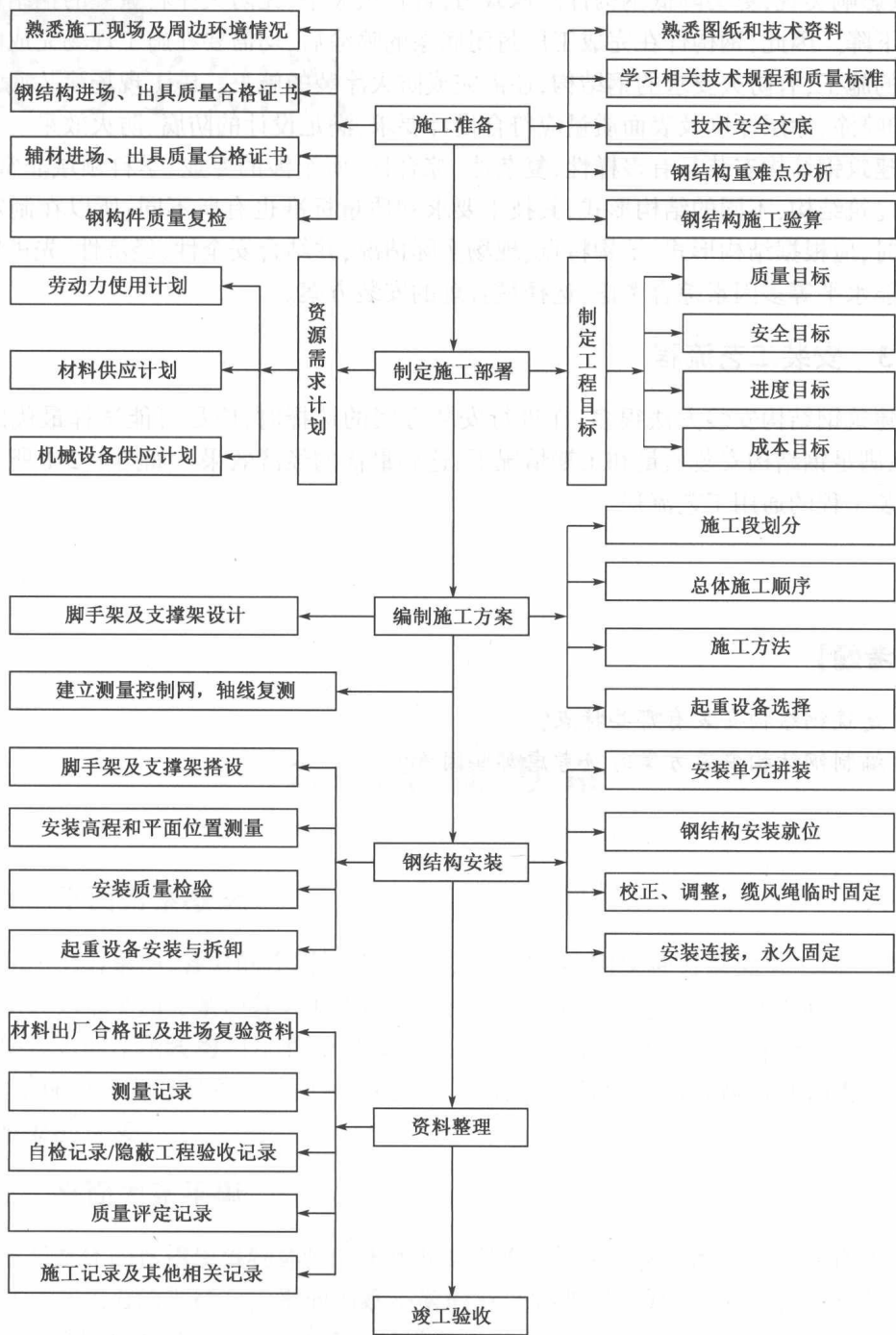


图 1.2-1 建筑钢结构安装通用工艺流程

⑤测量验线。

⑥钢结构安装阶段测量(包括控制网的建立,平面轴线控制点的复测及竖向投递,柱顶平面放线,钢柱安装垂直度测量,悬吊钢尺传递高程,钢结构安装测控等)。

(6)涂装

钢结构具有耐腐蚀性差和耐热不耐火的缺点。自然状态下的钢结构会在大气环境中生锈,这不仅影响美观,更会降低钢构件的承载力;且在火灾中,无防火涂料涂装的钢结构的承载力会急剧下降。因此,钢构件在完成工厂封闭底漆的喷涂后,均需要在施工现场完成防腐中间漆和面漆的施工,有防火要求的钢结构,还需完成防火涂装的施工。施工现场涂装通常采用刷涂、滚涂和喷涂,涂层厚度及表面质量应符合设计要求,满足设计的防腐、防火效果。

由于建筑钢结构安装具有多样性、复杂性、综合性,所牵涉的专业、学科领域非常广泛;对于不同的建筑结构,不同的结构形式,其技术要求和质量标准也有所不同;所以在制定钢结构安装方案时,应根据结构形式、结构特点、现场实际情况,并结合安全性、经济性、先进性和操作工人的技能水平等多因素综合考虑,选择最合理的安装方案。

1.2.3 安装工艺流程

由于建筑钢结构安装方法很多,在进行安装方案的选择时,应尽可能选择最优的施工方案,以求在满足钢结构安装质量和工期情况下,达到最优的经济效果。如图 1.2-1 所示为建筑钢结构安装工程的通用工艺流程。

【复习思考题】

- 1-1 建筑钢结构安装有哪些特点?
- 1-2 编制钢结构安装方案时应考虑哪些因素?