



从校园到职场

CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

钢结构 工程施工

—— 专业技能入门与精通

靳晓勇 高润峰 主编

独特写作架构+丰富从业经验=快速提高职业技能
精炼专业知识+典型工程实践=完全掌握专业技巧



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

从校园到职场

钢结构工程施工

——专业技能入门与精通

靳晓勇 高润峰 主编



机械工业出版社

本书共分为十章,包括钢结构工程施工基础知识、钢结构工程施工管理、钢结构加工制作、焊接工程、紧固件连接工程、压型金属板工程、钢构件组装及预拼装、钢结构安装、钢网架结构安装、钢结构涂装工程。

本书内容系统全面、重点突出,具有较强的实用性。本书既可作为钢结构工程施工技术的培训教材,也可供钢结构工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构工程施工:专业技能入门与精通/靳晓勇,高润峰主编. —北京:机械工业出版社,2014.3

(从校园到职场)

ISBN 978-7-111-45862-3

I. ①钢… II. ①靳…②高… III. ①钢结构—建筑工程—工程施工
IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 028169 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张晶 责任编辑:张晶 臧程程

版式设计:常天培 责任校对:张玉琴

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

高教社(天津)印务有限公司印刷

2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.25 印张·300 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-45862-3

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

目前,我国正处于经济和建设飞速发展时期。纵观整个市场经济现状,随着运营体制逐渐完善,我国综合国力不断增强。作为经济建设的重要保障,城乡建设在我国国民经济中的地位日益突出,而建筑施工是整个建设环节中尤为重要的一环。

建筑产品要想实现最终竣工合格,必须依靠建筑施工人员完成从设计蓝图到建筑实体的转化。所以每一个施工人员都肩负着重要的施工使命,是他们将设计图样中的建筑线条和数据,用每一砖每一瓦建成了实实在在的建筑空间。那么,由此便不难断定,基层施工人员的技术水平高低,直接影响了工程项目施工的进度和质量,也关系到建筑物的经济效益及社会效益,关系到广大用户的生命与财产安全,同时,也关系到建设企业的信誉与前途。

近年来,各高校土木工程专业毕业生数量一直呈现增长趋势,他们的加入为土木建设增添了新鲜的血液,注入了新的活力,可也显露出新的问题。这些初出茅庐的高校毕业生,大部分人在进入工作岗位之后,并不能迅速地成为一名合格的管理者以至独当一面。他们需要花费大量的时间学习与实践才能成长与成熟,可在当今市场经济体制中,竞争无处不在。这对于企业来说是一笔不小的成本,对于学习者来说,也是不利于自身发展与提高的。如何让这些刚刚参加工作的毕业生的管理能力和技术水平得到快速的提高?这就迫切需要一些可供刚刚上岗人员在工作时学习和参考的具有较高实用价值的资料性读物。针对这一系列问题,同时,本着为行业打造精英的原则,旨在为工程施工企业培训合格的各岗位管理人员。编写组由长期在工程施工一线工作和考察的专家、学者组成。为确保书籍内容的准确性,编写组成员深入走访了大量的施工现场以及重点工程。

编写组经过努力,针对施工现场管理技能编写了一套“从校园到职场”系列丛书。本丛书充分考虑了读者的知识需求,严格按照国家现行规范、技术标准和规范性管理文件编写。涵盖了先进、成熟、系统、实用的建筑工程施工现场技术,用新技术、新方法、新工艺、新形式系统地诠释了当代建筑工程施工现场技术的应用。我们坚信,我们的努力不会白费,也真诚地希望广大读者朋友,每天可以在繁忙的工作之中抽出一一点宝贵时间来学习本丛书。俗话说,每天汇聚一滴水,职场拥有太平洋。相信自己,你的坚持与勤奋也不会付诸东流。

本丛书编写的主要特点:

图书内容以读者必须要掌握和提高的专业知识为主线,内容简洁、明了,便于广大读者掌握。知识的深度循序渐进,适合新手尽快入门成为管理高手。内容的表达,灵活新颖,杜绝了以往建筑类图书枯燥乏味的现状。一切从实战出发。

由于土木工程体系庞大、复杂、涉及面广,加之编者水平所限,书中难免有不足之处,恳请广大读者朋友谅解并提出宝贵意见,以便再版时能及时修改、完善。同时对于在本书编写过程中,给予我们大量帮助的单位 and 部门,致以真诚的感谢。

编 者

目 录

前言	
第一章 钢结构工程施工基础知识	1
第一节 钢结构工程的特点、类型 与发展概述	1
第二节 钢结构工程施工图识读	5
第三节 钢结构工程施工常用规范、 标准、规程	6
第四节 钢结构工程施工常用材料和 工器具	7
第五节 钢结构工程施工常用设备	23
第二章 钢结构工程施工管理	27
第一节 钢结构工程施工成本管理	27
第二节 钢结构工程施工进度管理	28
第三节 钢结构工程施工质量管理	29
第四节 钢结构工程施工安全管理	31
第五节 钢结构工程施工环境管理	32
第六节 钢结构工程施工合同管理	32
第七节 钢结构工程施工信息管理	33
第三章 钢结构加工制作	34
第一节 放样与号料	34
第二节 切割	36
第三节 矫正和成型	40
第四节 边缘加工	44
第五节 制孔	46
第六节 管、球加工	49
第四章 焊接工程	56
第一节 焊条电弧焊	56
第二节 埋弧焊	68
第三节 CO ₂ 气体保护焊	75
第四节 电渣焊	84
第五节 焊钉（栓钉）焊接工程	86
第六节 焊接工艺评定	88
第五章 紧固件连接工程	92
第一节 普通螺栓连接	92
第二节 高强度螺栓连接	95
第六章 压型金属板工程	108
第一节 压型金属板制作	108
第二节 压型金属板安装	110
第七章 钢构件组装及预拼装	118
第一节 钢构件组装及预拼装的基本 知识	118
第二节 钢构件组装	121
第三节 钢构件拼装	130
第八章 钢结构安装	138
第一节 单层钢结构基础和支承面	138
第二节 单层钢结构安装和校正	141
第三节 多层及高层钢结构安装	151
第九章 钢网架结构安装	157
第一节 钢网架结构拼装	157
第二节 钢网架结构安装	162
第十章 钢结构涂装工程	179
第一节 钢结构防腐涂料涂装	179
第二节 钢结构防火涂料涂装	185
参考文献	188

第一章 钢结构工程施工基础知识

钢结构主要是指由钢板、热轧型钢、薄壁型钢、钢管等构件组合而成的结构，它是土木工程的主要结构形式之一。目前，钢结构在房屋建筑、地下建筑、桥梁、塔桅、海洋平台中都得到了广泛应用。

第一节 钢结构工程的特点、类型与发展概述

一、钢结构的特点

1. 钢结构的优点

(1) 钢材强度高，塑性和韧性均较好。

1) 强度高。钢与混凝土、木材相比，虽然密度较大，但其强度较混凝土和木材要高得多，其密度与强度的比值一般比混凝土和木材要小，因此在同样受力的情况下，钢结构与钢筋混凝土结构和木结构相比，尺寸较小，重量较轻。

2) 塑性好。钢结构在一般的条件下不会因超载而突然断裂，增大了变形，故容易被发现。此外，钢结构还能将局部的高峰应力进行重分配，使应力变化趋于平缓。

3) 韧性好。钢材适宜在动力荷载下工作，因此在地震区采用钢结构较为有利。

(2) 钢结构的重量较轻。钢材密度大，强度高，但做成的结构却相对较轻。结构的轻质性可用材料的质量密度 ρ 和强度 f 的比值 α 来衡量， α 值越小，结构就相对越轻。建筑钢材的 α 值在 $1.7 \sim 3.7 \times 10^{-4}/\text{m}$ 之间；木材的 α 值为 $5.4 \times 10^{-4}/\text{m}$ ；钢筋混凝土约为 $18 \times 10^{-4}/\text{m}$ 。以同样的跨度承受同样的荷载，钢屋架的重量最多为钢筋混凝土屋架的 $1/3 \sim 1/4$ 。

(3) 材质均匀，与力学计算的假定比较符合。钢材的内部组织比较均匀，接近各向同性，可视为理想的弹—塑性体材料，因此钢结构的实际受力情况和工程力学计算的结果比较符合，在计算中采用的经验公式不多，计算的不定性较小，计算结果比较可靠。

(4) 工业化程度高，工期短。钢结构所用的材料皆可由专业化的金属结构厂轧制成各种型材，加工制作简便，准确度和精密度都较高。制成的构件可运到现场进行拼装，采用焊接或螺栓联接。因构件较轻，故安装方便，施工机械化程度高，工期短，有利于降低造价、发挥投资的经济效益。

(5) 密封性好。钢结构采用焊接连接后可以做到安全密封，可用于对气密性和水密性要求较高的高压容器、大型油库、气柜油罐和管道等。

(6) 抗震性能好。钢结构由于重量较轻且结构体系相对较柔，故受到的地震作用较小；再加上钢材又具有较高的抗拉和抗压强度，以及较好的塑性和韧性，因此在国内外的历次地震中，钢结构是损坏最轻的结构。

(7) 耐热性较好。温度在 200°C 以内时，钢材的性质变化很小；当温度达到 300°C 以上时，强度逐渐下降； 600°C 时，强度几乎为零，因此钢结构可用于温度不高于 200°C 的场合，

但在有特殊防火要求的建筑中，钢结构必须采取保护措施。

2. 钢结构的缺点

(1) 耐腐蚀性差。钢材在潮湿环境中，特别是在有腐蚀性介质的环境中很容易锈蚀，因此新建造的钢结构应定期刷涂料加以保护，这导致维护费用较高。目前，国内外正在发展各种高性能的涂料和不易锈蚀的耐候钢，钢结构耐锈蚀性差的问题有望得到解决。

(2) 耐火性差。钢结构耐火性较差，未加防护的钢结构在火灾中一般只能维持 20min 左右，因此钢结构应按设计要求采取防火措施，如在钢结构的外表面包混凝土或其他防火材料，或在构件表面喷涂防火涂料等。

(3) 钢结构在低温条件下可能发生脆性断裂。钢结构在低温和某些条件下，可能发生脆性断裂、厚板的层状撕裂等，这些现象都应引起设计者的特别注意。

现在钢材已经被认为是可以持续发展的材料，因此从长远发展的观点来看，钢结构将有很好的应用发展前景。

二、建筑钢结构的主要结构形式

1. 工业厂房常用的结构形式

工业厂房是指由一系列的平面承重结构通过支撑构件联结而成的空间整体。这种结构形式的特点是：外荷载主要由平面承重结构承担，纵向水平荷载由支撑来承受和传递。常见的平面承重结构有横梁与柱刚接的门式刚架和横梁与柱铰接的排架等。

2. 大跨度钢结构的结构形式

目前，大跨度钢结构的结构形式主要有以下几种：

(1) 网架结构。网架结构主要有平板网架、网壳、球状网壳等，这种结构形式目前已经在单层工业房屋中广泛应用。

(2) 空间桁架或空间刚架体系。目前，经常使用的管桁架结构就属于空间桁架体系，如图 1-1 所示。

(3) 悬索结构。悬索结构的形式多种多样，图 1-2 为预应力鞍形索网体系。

(4) 张拉集成结构。张拉集成结构是指少数间断受压构件与一组连续受拉单元组成的由预应力提供刚度并自支撑、自平衡的空间结构体系。此种结构形式可以跨越较大的空间，具有很好的经济指标。

(5) 索膜结构。索膜结构由索和膜组成，自重小，体形灵活多样，多用于大跨度公共建筑。

3. 多层、高层及超高层建筑结构形式

(1) 框架结构。框架结构的梁和柱以刚性连接的形式形成多层多跨框架，用以承受竖向和水平荷载，如图 1-3a 所示。在一般的多层钢结构民用建筑中多采用框架结构，它的构造组成与普通的钢筋混凝土刚架结构相似，只是发生了材料的变化。

(2) 框架-支撑结构。框架-支撑结构由框架和支撑体系（包括抗剪桁架、剪力墙和核

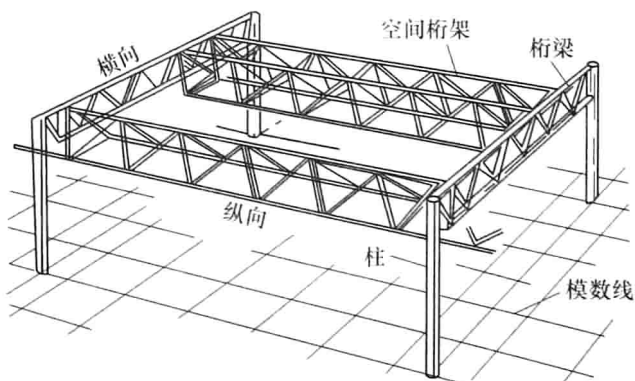


图 1-1 空间桁架结构体系

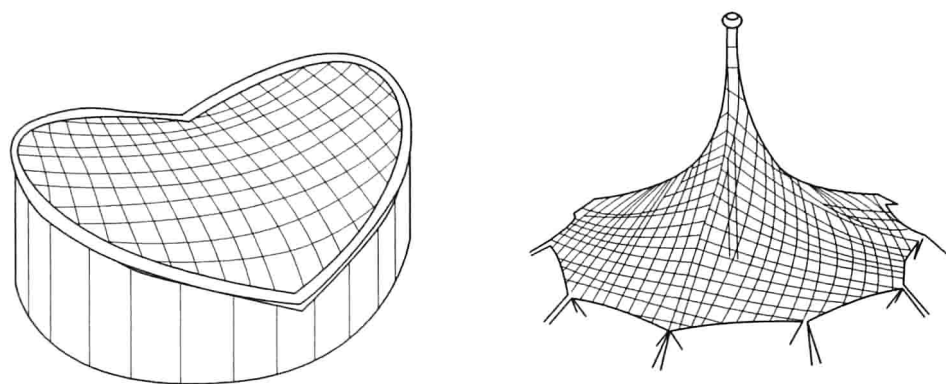


图 1-2 预应力鞍形索网体系

心筒)组成,图 1-3b 为一框架-抗剪桁架结构。由于钢结构的整体刚度较小,导致结构体系和局部构件的水平位移较大。为了控制较大的水平位移,在钢框架结构体系中常需要增加支撑体系,尤其是在一些钢结构的高层建筑中。

(3) 框筒、筒中筒、束筒等筒体结构。图 1-3c 为一束筒结构形式。在高层和超高层建筑中,由于建筑物高度的增加,导致建筑物承担的水平荷载增大,从而加大了整个结构体系的水平位移;又因为钢刚架结构体系的自身刚度较小,因此常采用筒体结构来抵抗较大的水平力。筒体的常用做法为钢筋混凝土筒体,在钢结构中还可以通过密布钢柱来形成筒体。

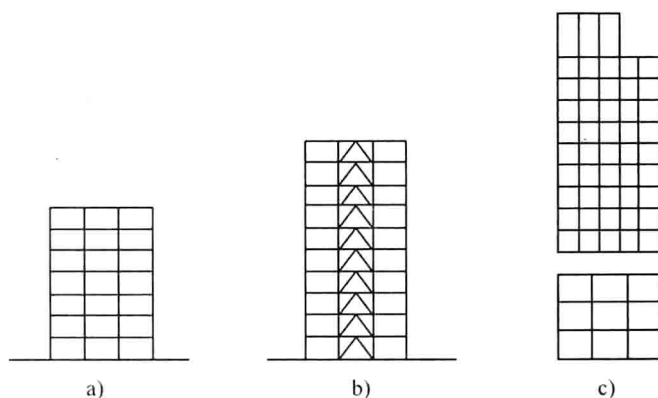


图 1-3 多层、高层及超高层建筑结构形式

三、钢结构的发展

1. 空间钢结构的应用

空间结构是我国 20 世纪以来土建结构领域的一个重大进展。空间钢结构(网架、网壳)具有自重轻、便于工厂化生产、刚度好、造型美观等优点,自 20 世纪 60 年代出现以来,在国际上得到了迅速推广。我国在 1968 年建成的首都体育馆采用的钢结构就是正交斜放的平面桁架系网架。首都体育馆的建成说明网架结构在技术上是成熟的,在经济上也是合理的,因此以后建造的大跨度体育场馆,如上海体育中心的十万人体育馆与游泳馆、深圳体育馆等便大量采用了网架结构。

改革开放以来网架结构在体育场馆的建设中运用很广,1990 年在北京举行的第十一届亚洲运动会新建了 13 个体育馆,屋盖采用网架结构的占 1/2 以上,如大学生体育馆、月坛体育馆、光彩体育馆等。又如飞机检修库,建筑物的一边需要敞开,以便设置大门供飞机出入,同时屋盖下还要悬挂起重机,因此采用三边支承、一边自由的网架是一种合理的结构选型。我国广州白云机场建成的跨度为 78m,总面积为 6300m² 的机库,同样也采用了高低跨网架。

20 世纪 70 年代采用的大多是平板网架,20 世纪 80 年代多采用高低整体式折线形网

架,到20世纪90年代则开始建造更大跨度的三层网架。如1996年建成的北京首都机场客机检修库,采用双跨屋盖三层网架、圆钢管焊接空心球节点。与两层网架相比,不但节约钢材,制造安装也更方便,可以同时容纳4架波音747大型客机进行维修。网架广泛地用于单层工业厂房中,面积可达上万平方米。1992年建成的天津无缝钢管厂加工车间,平面尺寸横向为三跨36m,纵向为564m,面积为6万 m^2 ,便是网架在厂房建设中应用的实例。

工业的发展对生产厂房也提出了多样化的要求。我国传统的厂房采用大型屋面板和钢屋架,加上隔热材料、找平层、防水层,屋盖结构单位面积质量超过 $200\text{kg}/\text{m}^2$,因而结构肥、梁柱胖的现象非常普遍。网架结构以其大柱网、大跨度等特点,有效地取代了过去常用的钢筋混凝土薄腹梁或拱形屋架,使屋盖自重大大减轻。

2. 轻钢结构的应用

20世纪90年代,随着我国彩板和冷弯型钢产量的提高,特别是1993年以后,以门式刚架和金属拱壳为代表的轻型房屋钢结构以不可阻挡之势席卷我国大地。一些著名的钢结构公司,如美国、日本、澳大利亚等国及我国台湾等地的钢结构公司,相继在我国大陆建厂,并带来了一些成熟先进的钢结构制作和安装技术,极大地促进了我国轻型房屋钢结构的发展。

网架厂也纷纷增加轻型房屋钢结构加工设备,扩大生产,有的已具备很大规模。轻钢房屋造价一般比网架的造价低,尤其适用于商用超市、农贸市场、仓储及其他一些公用设施的建筑。

3. 高层钢结构的应用

高层钢结构可以说是我国改革开放以来建筑钢结构发展的重要标志之一。20世纪80年代以前,我国内地高层钢结构很少,仅有的几幢主要集中在上海、北京和深圳三市。

1987年完工的深圳发展中心大厦(高165m),当时是我国内地第一幢超过100m的高层钢结构建筑。到了20世纪90年代,已经建成和正在兴建的高层钢结构工程,共有26幢。高层钢结构建筑出现在京、津、沪、深圳,也出现在其他许多城市,如大连、厦门、广州、长春等。

1996年建成的深圳地王商业大厦,主楼高325m,地上81层,地下3层,连同天线杆总高384m,是我国内地当时第一幢超过300m的建筑。在上海浦东开发区,高层钢结构不断涌现,不仅数量多,高度也不断提高。1999年建成的上海金茂大厦,高达420m,地上88层,采用了框架核心筒体系。

4. 钢结构住宅的发展

钢结构体系用于住宅建筑,可以充分发挥钢结构延性好、塑性变形能力强、具有优良抗震性能等优点,大大提高住宅的安全性。钢结构住宅比传统建筑更能满足建筑大开间、灵活分隔的要求,极大地提高了使用面积率。钢结构建筑还具有构件标准化、工业化程度高、自重轻、所用材料大部分可以回收或降解等优点,满足降低建筑成本、减少基础造价、缩短施工周期、提高投资效益,并符合环保建筑施工和可持续发展的需求。

目前上海、北京、大连等地,都在积极开展高层钢结构建筑的试点。多层钢结构住宅是量大面广的工程类型,它的启动将为建筑钢结构开辟新的应用领域。过去少见的多层钢结构商业房屋,也在一些城市开始建设,而且发展较快,是目前钢结构发展的

另一新领域。

总之, 钢结构的发展潜力巨大, 前景广阔。我国 30 多年来的改革开放和经济发展, 为钢结构体系的应用发展创造了极为有利的环境。第一, 从发展钢结构的主要物质基础来看, 自 1996 年开始, 我国钢的总产量就已超过 1 亿 t, 居世界首位, 与之相应的是钢结构配套的新型建材也得到了迅速发展。第二, 从发展钢结构的技术基础来看, 普通钢结构、薄壁轻钢结构、高层民用建筑钢结构、门式刚架轻型房屋钢结构、网架结构、压型钢板结构、钢结构焊接和高强度螺栓连接、钢与混凝土组合楼盖、钢管混凝土结构及钢骨(型钢)混凝土结构等方面的设计、施工、验收规范、规程及行业标准已发行 20 余本。有关钢结构的规范、规程的不断完善为钢结构体系的应用奠定了必要的技术基础, 为设计提供了依据。第三, 从发展钢结构的人才素质来看, 经过几年来的发展, 专业钢结构设计人员已经形成一定的规模, 且他们的专业素质在实践中得到不断提高, 而随着计算机在工程设计中的普遍应用, 国内外钢结构设计软件发展迅猛, 软件功能日臻完善, 为协助设计人员完成结构分析设计, 绘制施工图提供了极大的便利。

随着社会分工的不断细化, 钢结构设计也必将走向专业化发展的道路。专业钢结构设计可以弥补由于不熟悉钢结构形式而无法优化结构设计方案的问题。

随着国家经济建设的发展, 钢结构产品在轻钢门式结构、多层及小高层住宅、大跨度空间结构、塔桅结构等领域具有良好的发展前景。一个发展建筑钢结构行业和市场的势头正在我国出现。

第二节 钢结构工程施工图识读

一、识读钢结构施工图的目的

(1) 进行工程量的统计与计算。尽管现在进行工程量统计的软件有很多, 但这些软件对施工图的精准性要求很高, 而施工图可能会出现一些变更, 此时需要照图人工计算; 另外, 这些软件在许多施工单位还没有普及, 因此在很长时间内, 照图人工计算工程量仍然是施工人员应具备的一项能力。

(2) 进行结构构件的材料选择和加工。钢结构与其他常见结构(如: 砖混结构、钢筋混凝土结构)相比, 需要现场加工的构件很少, 大多数构件都是在加工厂预先加工好, 再运到现场直接安装的。因此, 需要根据施工图样明确构件选择的材料以及构件的构造组成。在加工厂, 往往还要把施工图进一步分解, 形成分解图样, 再据此进行加工。

(3) 进行构件的安装与施工。要进行构件的安装和结构的拼装, 必须要能够识读图样上的信息, 这样才能够真正地做到照图施工。

二、识图的步骤与方法

虽然钢结构体系的种类较多, 施工图所包括的内容也不尽相同, 但是识图的一些方法和步骤却有很多相同的地方。接下来, 将针对一些具有共性的步骤和方法进行总结。

对于一套图样来讲, 首先应该阅读它的建筑施工图, 了解建筑设计师的意图, 清楚整个

建筑物的功能作用以及空间的划分和不同空间的关系,另外还须掌握建筑物的一些主要关键尺寸;其次应该仔细研究其结构施工图,掌握其结构体系组成,明确其主要构件的类型和特征,清楚各构件之间的连接做法,以及主要的结构尺寸;最后阅读设备施工图,明确设备安装的位置和方法,注意结构施工时为后续设备安装要做的准备工作。在整套图的识读过程中,往往还需要将两个专业或多个专业的同一部位的施工图放在一起对照识读。

对于结构施工图来说,在识读时应该按照如下步骤进行。首先应该仔细阅读结构设计说明,弄清结构的基本概况,明确各种结构构件的选材,尤其要注意一些特殊的构造做法,这里表达的信息往往都是后面图样中一些共性的内容。

接下来便是识读基础平面布置图和基础详图。在识读基础平面布置图时,首先应明确该建筑物的基础类型,再从图中找出该基础的主要构件,接下来对主要构件的类型进行归类汇总,最后按照汇总后的构件类型找到其详图,明确构件的尺寸和构造做法。

在了解了建筑物基础的具体做法以后,需要识读结构平面布置图。结构平面布置图一般情况下都是按层划分的,若各层的平面布置相同,可采用同一张图样表达,只需在图名中进行说明。读结构平面布置图时,首先应该明确该图中结构体系的种类及其布置方案,接着应该从图中找出各主要承重构件的布置位置、构件之间的连接方法、构件的截面选取,然后对每一种类的构件按截面不同进行种类细分,并统计出每类构件的数量。读完一张平面图后,再阅读其他各层结构平面布置图时,为了节省时间,只需找出该层图样与前张图样中不同的部位,进行详细阅读和统计。

读完结构平面布置图后,应对建筑物整体结构有一个宏观的认识。接下来再仔细对照构件的编号,来识读各构件的详图。通过构件详图明确各种构件的具体制作方法以及构件与构件的连接节点的详细制作方法,对于复杂的构件往往还需要有一些板件的制作详图。

第三节 钢结构工程施工常用规范、标准、规程

一、规范

- (1) 《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)
- (2) 《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)
- (3) 《钢结构焊接规范》(GB 50661—2011)
- (4) 《钢结构工程施工规范》(GB 50755—2012)
- (5) 《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)
- (6) 《高耸结构设计规范》(GB 50135—2006)
- (7) 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709—2006)
- (8) 《普通螺纹基本尺寸》(GB/T 196—2003)
- (9) 《普通螺纹公差》(GB/T 197—2003)
- (10) 《优质碳素结构钢》(GB/T 699—1999)
- (11) 《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)
- (12) 《钢结构用高强度大六角头螺栓》(GB/T 1228—2006)

- (13) 《钢结构用高强度大六角螺母》(GB/T 1229—2006)
- (14) 《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—2008)
- (15) 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550—2010)
- (16) 《焊缝符号表示法》(GB/T 324—2008)
- (17) 《焊接接头冲击试验方法》(GB/T 2650—2008)
- (18) 《焊接接头弯曲试验方法》(GB/T 2653—2008)
- (19) 《焊接接头硬度试验方法》(GB/T 2654—2008)
- (20) 《碳钢药芯焊丝》(GB/T 10045—2001)
- (21) 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》(GB/T 12470—2003)
- (22) 《低合金钢药芯焊丝》(GB/T 17493—2008)
- (23) 《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》(JB/T 6046—1992)
- (24) 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46—2005)
- (25) 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130—2011)
- (26) 《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 166—2008)
- (27) 《金属熔化焊焊接接头射线照相》(GB/T 3323—2005)

二、标准

- (1) 《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)
- (2) 《钢筋焊接接头试验方法标准》(JGJ/T 27—2001)
- (3) 《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)

三、规程

- (1) 《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—1998)
- (2) 《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81—2002)
- (3) 《建筑钢结构防腐技术规程》(JGJ/T 251—2011)
- (4) 《栓钉焊接技术规程》(CECS 226—2007)
- (5) 《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》(JGJ 85—2010)
- (6) 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》(JGJ 82—2011)
- (7) 《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ 33—2012)

第四节 钢结构工程施工常用材料和工器具

一、钢结构工程施工常用材料

1. 碳素结构钢

(1) 碳素结构钢是最普通的工程用钢。按《碳素结构钢》(GB/T 700—2006), 碳素结构钢分为4个牌号, 即Q195、Q215、Q235、Q275。一般焊接结构优先选用Q235钢。

(2) 碳素结构钢的牌号由代表屈服强度的字母、屈服强度数值、质量等级符号、脱氧方法符号等4个部分按顺序组成。

例如：Q235AF

Q——钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母；

A、B、C、D——分别为质量等级；

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母；

Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母；

TZ——特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母。

在牌号组成表示方法中，“Z”与“TZ”符号可以省略。

(3) 钢材应成批验收。每批由同一牌号、同一炉号、同一质量等级、同一品种、同一尺寸、同一交货状态的钢材组成，每批质量不得大于 60t。

由公称容量比较小的炼钢炉冶炼的钢轧成的钢材，同一冶炼、浇注和脱氧方法，不同炉号，同一牌号的 A 级钢或 B 级钢，允许组成混合批，但每批各炉号的碳含量之差不得大于 0.02%，锰含量之差不得大于 0.15%。

2. 低合金高强度结构钢

(1) 低合金高强度结构钢的牌号表示方法。低合金高强度结构钢的牌号由代表屈服强度的汉语拼音字母、屈服强度数值、质量等级符号三个部分组成。

例如：Q345D

Q——钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母；

345——屈服强度数值（MPa）；

D——质量等级为 D 级。

当需方要求钢板具有厚度方向性能时，则在上述规定的牌号后加上代表厚度方向（Z 向）性能级别的符号，例如 Q345DZ15。

(2) 当需要加入细化晶粒元素时，钢中应至少含有 Al、Nb、V、Ti 中的一种。加入的细化晶粒元素应在质量证明书中注明含量。

当采用全铝（Al_t）含量表示时，Al_t 应不小于 0.020%。

钢中的氮元素含量，如供方保证，可不进行氮元素含量分析。如果钢中加入 Al、Nb、V、Ti 等具有固氮作用的合金元素，则氮元素含量不进行限制，固氮元素含量应在质量证明书中注明。

各牌号的 Cr、Ni、Cu 作为残余元素时，其含量各不大于 0.30%，如供方保证，可不进行分析；当需要加入时，其含量由供需双方协议规定。

为改善钢的性能，可加入 RE 元素，其加入量按钢液重量的 0.02% ~ 0.20% 计算。

在保证钢材的力学性能符合标准规定的情况下，各牌号 A 级钢的 C、Si、Mn 化学成分可不作为交货条件。

(3) 钢材应成批验收。每批由同一牌号、同一质量等级、同一炉罐号、同一规格、同一轧制制度或同一热处理制度的钢材组成，每批质量不得大于 60t。

各牌号的 A 级钢或 B 级钢允许同一牌号、同一质量等级、同一冶炼和浇注方法、不同炉罐号组成混合批，但每批不得多于 6 个炉罐号，且各炉罐号碳含量之差不得大于 0.02%，锰含量之差不得大于 0.15%。

3. 优质碳素结构钢

(1) 分类和代号。优质碳素结构钢的分类和代号见表 1-1。

表 1-1 优质碳素结构钢的分类和代号

项 目	内 容		代 号
按冶金质量等级分类	优质钢		—
	高级优质钢		A
	特级优质钢		E
按使用加工方法分类	压力加工用钢	热压力加工用钢	UHP
		顶锻用钢	UF
		冷拔坯料用钢	UCD
	切削加工用钢		UC

(2) 表面质量。

1) 压力加工用钢材的表面不得有目视可见的裂纹、结疤、折叠及夹杂。若有上述缺陷，必须清除，清除深度从钢材实际尺寸算起应符合表 1-2 的规定；清除宽度不小于深度的 5 倍。

表 1-2 压力加工用钢材允许缺陷清除深度 (单位：mm)

钢材公称尺寸（直径或厚度）	允许缺陷清除深度
< 80	钢材公称尺寸公差 的 1/2
80 ~ 140	钢材公称尺寸公差
> 140	钢材公称尺寸公差 的 5%
> 200	钢材公称尺寸公差 的 6%

对直径或边长大于 140mm 的钢材，在同一截面的最大清除深度不得多于 2 处。允许有从实际尺寸算起不超过尺寸公差之半的个别细小划痕、压痕、麻点，以及深度不超过 0.2mm 的小裂纹存在。

2) 切削加工用钢材的表面允许有从钢材公称尺寸算起深度不超过表 1-3 规定的局部缺陷。

表 1-3 切削加工用钢材局部缺陷允许深度 (单位：mm)

钢材公称尺寸（直径或厚度）	局部缺陷允许深度
< 100	不大于钢材公称尺寸的负偏差
≥ 100	不大于钢材公称尺寸的公差

(3) 钢材应按批检查和验收。每批由同一炉（罐）号、同一加工方法、同一尺寸、同一交货状态〔或同一热处理制度（炉次）〕和同一表面状态的钢材组成。

4. 铸造碳钢件

(1) 铸造碳钢件的牌号包括 ZG 200-400、ZG 230-450、ZG 270-500、ZG 310-570、ZG 340-640 五种。

(2) 铸造碳钢件批量的划分见表 1-4。

表 1-4 铸造碳钢件批量的划分

项 目	内 容
按炉次分类	由同一炉次钢液浇注，做相同热处理的为一批
按数量或重量分类	同一牌号钢在熔炼工艺稳定的条件下，几个炉次浇注的并经相同工艺多炉次热处理后，以一定数量或一定重量的铸件为一批，具体要求由供需双方商定
按件分类	以一件为一批

5. 热轧钢板和钢带

(1) 热轧钢板和钢带的定义。

1) 钢板。钢板是不固定边部变形的热轧扁平钢材，包括直接轧制的单轧钢板和由宽钢带剪切成的连轧钢板。

2) 钢带。钢带是指成卷交货、轧制宽度不小于 600mm 的宽钢带。

(2) 分类。热轧钢板和钢带的分类见表 1-5。

表 1-5 热轧钢板和钢带的分类

项 目	内 容
按边缘状态分类	切边
	不切边
按厚度偏差种类分类	N 类偏差：正偏差和负偏差相等
	A 类偏差：按公称厚度规定负偏差
	B 类偏差：固定负偏差为 0.3mm
	C 类偏差：固定负偏差为零，按公称厚度规定正偏差
按厚度精度分类	普通厚度精度
	较高厚度精度

(3) 尺寸范围。热轧钢板和钢带的尺寸范围见表 1-6。

表 1-6 热轧钢板和钢带的尺寸范围 (单位：mm)

项 目	尺寸范围
单轧钢板公称厚度	3 ~ 400
单轧钢板公称宽度	600 ~ 4800
钢板公称长度	2000 ~ 20000
钢带（包括连轧钢板）公称厚度	0.8 ~ 25.4
钢带（包括连轧钢板）公称宽度	600 ~ 2200
纵切钢带公称宽度	120 ~ 900

(4) 长度。对不切头尾的不切边钢带在检查厚度、宽度时，两端不考核的总长度 l 为

$$l = \frac{90}{\text{公称厚度}}$$

但两端最大总长度不得大于 20m。

6. 型钢

(1) H 型钢。

1) 分类。H 型钢、H 型钢桩一般统称为 H 型钢。H 型钢的截面特性明显优于传统的工字钢、槽钢、角钢，以及它们的组合截面，所以在钢结构工程中得到了越来越广泛的应用。H 型钢的分类和代号见表 1-7。

表 1-7 H 型钢的分类和代号

分 类	代 号
宽翼缘 H 型钢	HW
中翼缘 H 型钢	HM
窄翼缘 H 型钢	HN
薄壁 H 型钢	HT

2) H 型钢截面计算简图如图 1-4 所示。

3) H 型钢规格表示方法。H 型钢：H 与高度 H 值 $\times$ 宽度 B 值 $\times$ 腹板厚度 t_1 值 $\times$ 翼缘厚度 t_2 值，例如 $H596 \times 199 \times 10 \times 15$ 。

4) H 型钢表面质量。H 型钢的表面不允许有影响使用的裂纹、折叠、结疤、分层和夹杂。局部细小的裂纹、凹坑、凸起、麻点及刮痕等缺陷允许存在，但不应超出厚度尺寸的允许偏差。

H 型钢表面的缺陷，允许用砂轮等机械方法进行修磨、清理，并允许对缺陷进行焊补。

(2) 工字钢。

1) 工字钢分类。工字钢包括普通工字钢和轻型工字钢两种，其型号用截面高度（单位为“cm”）来表示。

2) 截面面积。工字钢截面面积计算公式如下（图 1-5）

$$A = hd + 2t(b - d) + 0.615(r^2 - r_1^2)$$

式中 A ——截面面积（ cm^2 ）；

h ——高度（cm）；

b ——腿宽（cm）；

d ——腰厚（cm）；

t ——平均腿厚（cm）；

r ——内面圆角半径（cm）；

r_1 ——边端圆角半径（cm）。

3) 弯曲度。每米弯曲度 $\leq 2\text{mm}$ ，总弯曲度 $\leq$ 总长度的 0.20%。

(3) 槽钢。

1) 槽钢是槽形截面的型材，有热轧普通槽钢和轻型槽钢两种，与工字钢一样是以截面

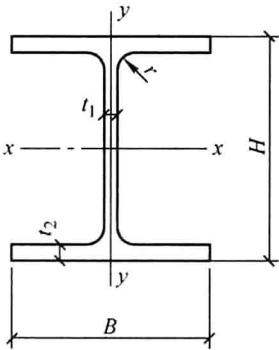


图 1-4 H 型钢截面计算简图
 H —高度 B —宽度 t_1 —腹板厚度
 t_2 —翼缘厚度 r —圆角半径

高度（单位：cm）表示型号。

2) 截面面积。槽钢截面面积计算公式如下（图 1-6）

$$A = hd + 2t(b - d) + 0.349(r^2 - r_1^2)$$

式中 A ——截面面积（ cm^2 ）；
 h ——高度（cm）；
 b ——腿宽（cm）；
 d ——腰厚（cm）；
 t ——平均腿厚（cm）；
 r ——内面圆角半径（cm）；
 r_1 ——边端圆角半径（cm）。

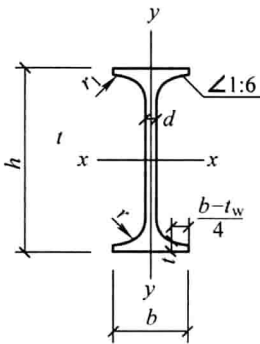


图 1-5 工字钢截面面积计算简图

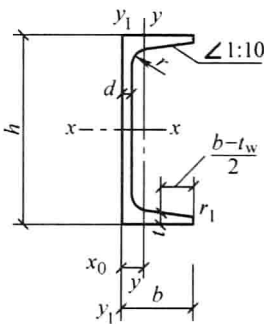


图 1-6 槽钢截面面积计算简图

7. 结构用钢管

(1) 分类及特点。结构用钢管包括焊接钢管和无缝钢管两大类。

1) 焊接钢管由钢带卷焊而成，根据焊接形式可分为直缝高频电阻焊钢管和螺旋缝埋弧焊钢管两种。

2) 结构用无缝钢管按生产工艺可分为冷拔无缝钢管和热轧无缝钢管两种。

(2) 低压流体输送用焊接钢管。

1) 外径和壁厚。钢管的外径 D 和壁厚 t 应符合《焊接钢管尺寸及单位长度重量》(GB/T 21835—2008) 的规定。

2) 长度。

① 钢管的长度见表 1-8。

表 1-8 钢管的长度

项 目	内 容
通常长度	3000 ~ 12000mm
定尺长度	钢管的定尺长度应在通常长度范围内
倍尺长度	钢管的倍尺总长度应在通常长度范围内，每个倍尺长度应留 5 ~ 15mm 的切口余量

注：根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应通常长度范围以外的定尺长度和倍尺长度的钢管。

② 钢管的长度允许偏差见表 1-9。