

GANGJIEGOU JIBEN YUANLI

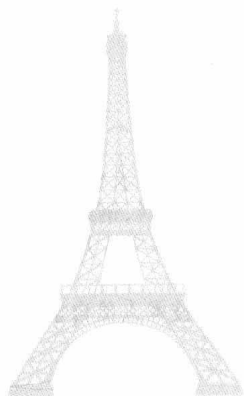
钢结构基本原理

主 编 孙 毅 万虹宇

副主编 唐海燕 王承启 卜长明



 重庆大学 出版社
<http://www.cqup.com.cn>



GANGJIEGOU JIBEN YUANLI

钢结构基本原理

主 编 孙 毅 万虹宇

副主编 唐海燕 王承启 卜长明

参 编 张春涛 周维莉

重庆大学出版社

内 容 提 要

本教材根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》规定的知识点要求和现行《钢结构设计规范(GB 50017—2003)》的规定编制而成。本书内容共8章,包括绪论、钢结构材料、钢结构的连接、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件、钢结构的疲劳和防脆断设计、钢结构防护。本书立足基本理论,侧重应用方法,辅以例题习题,能使读者获得较好的学习效果。

本书可作为高等院校本科土木工程及相关专业教材,也可供相关工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构基本原理/孙毅,万虹宇主编.—重庆:
重庆大学出版社,2016.8

高等教育土建类专业规划教材·应用技术型

ISBN 978-7-5624-9881-0

I.①钢… II.①孙…②万… III.①钢结构—高等
学校—教材 IV.①TU391

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第136729号

高等教育土建类专业规划教材·应用技术型

钢结构基本原理

主 编 孙 毅 万虹宇

副主编 唐海燕 王承启 卜长明

责任编辑:王 婷 钟祖才 版式设计:王 婷

责任校对:邬小梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆市正前方彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:19.5 字数:474千

2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-9881-0 定价:39.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

钢结构是土木工程领域的重要结构形式之一,具有建造过程绿色环保、材料可循环利用、抗震性能优良等特点,工程应用日益广泛。钢结构原理是土木工程专业本科教学过程中的一门重要专业基础课程,前承材料力学、荷载与结构设计方法等基础课程,后启钢结构设计、土木工程施工、毕业设计等专业课程,是土木工程专业人才培养的重要环节之一。

本书作者均为应用型本科院校土木工程专业教师,在长期的钢结构类课程教学过程中发现,由于传统的钢结构原理教材部分内容偏重于理论,如杆件和薄壁杆件的稳定理论,因此不能完全适用于应用型本科院校专业学生的学习要求和培养特点。

本书的编写针对应用型本科土木工程专业教学特点,结合《高等学校土木工程本科指导性专业规范》规定的知识点要求和现行《钢结构设计规范(GB 50017—2003)》的规定编制而成,力求深入浅出,循序渐进。本书充分结合了现行规范,读者在完成学习后的工程实践中能够熟练掌握规范条文的使用方法;针对重要知识点提供典型例题使读者把握基本原理,熟悉应用方法;减少了部分本科学生难于理解的理论推导,而将重心放在按照规范解决工程问题的方法上来;强化了疲劳和防护这两部分实际钢结构工程中非常重要的内容,增加学生对于钢结构工程特点的全面理解。

本书由重庆科技学院孙毅、万虹宇任主编,重庆科技学院卜长明、西南大学唐海燕、重庆交通大学王承启任副主编,西南科技大学张春涛、长江师范学院周维莉参编。其中孙毅编写第1、6章并负责统稿,万虹宇编写第4章,卜长明编写第2章,唐海燕编写第3章,王承启编写第5章,张春涛编写第7章,周维莉编写第8章,研究生马奇、曾维波、王东东、陈力参与了本书部分插图、习题和附录编制工作。

由于编者水平有限,本书中的疏漏之处在所难免,望广大读者不吝赐教,提出宝贵意见和建议。

编 者

2016年5月

目 录

1 绪 论	1
1.1 钢结构的特点	1
1.2 钢结构的应用和发展	3
2 钢结构材料	8
2.1 结构用钢材的性能要求	8
2.2 钢材的破坏形式	9
2.3 钢材的主要性能	10
2.4 影响钢材性能的主要因素	13
2.5 钢材的类别和选用原则	18
习 题	26
3 钢结构的连接	27
3.1 钢结构的连接方法	27
3.2 焊缝和焊缝连接的形式	31
3.3 对接焊缝的构造与计算	37
3.4 角焊缝的构造与计算	42
3.5 焊接残余应力与焊接残余变形	57
3.6 螺栓连接的构造	62
3.7 普通螺栓连接的工作性能和计算	65
3.8 高强度螺栓连接的工作性能与计算	80

习 题	90
4 轴心受力构件	95
4.1 概述	95
4.2 轴心受力构件的强度与刚度	99
4.3 稳定概述	104
4.4 轴心受压构件的整体稳定	108
4.5 轴心受压构件的局部稳定	120
4.6 轴心受力构件的设计	126
习 题	143
5 受弯构件	144
5.1 概述	144
5.2 受弯构件的强度和刚度	146
5.3 整体稳定计算	155
5.4 局部稳定	163
5.5 考虑腹板屈曲后强度的梁的计算	170
5.6 梁的设计	175
习 题	185
6 拉弯和压弯构件	188
6.1 概述	188
6.2 拉弯和压弯构件的强度和刚度	189
6.3 实腹式压弯构件的稳定	192
6.4 压弯构件的设计	201
6.5 框架柱的柱脚	213
6.6 框架中梁与柱的连接	219
习 题	219
7 钢结构的疲劳和防脆断设计	222
7.1 钢结构的疲劳	222
7.2 钢结构的断裂	226
习 题	240
8 钢结构防护	241
8.1 钢结构抗火设计	241
8.2 钢结构防腐蚀设计	251
8.3 钢结构的隔热	255
习 题	256

附 录	257
附录 1 钢材和连接的强度设计值	257
附录 2 结构或构件的变形容许值	260
附录 3 梁的整体稳定系数	261
附录 4 轴心受压构件的稳定系数	265
附录 5 柱的计算长度系数	270
附录 6 疲劳计算的构件和连接分类	274
附录 7 型钢表	277
附录 8 螺栓和锚栓规格	300
参考文献	302

1

绪 论

【内容提要】

本章介绍了钢结构的基本概念、优缺点、应用及发展趋势。

【学习重点】

钢结构的优缺点。

【学习难点】

钢结构的发展趋势。

钢结构是指主要承载构件或体系的组成材料为钢材的结构形式。

与钢筋混凝土结构一样,钢结构是目前使用最多、范围最广的结构形式之一。钢结构不但力学性能优于混凝土结构,更具有混凝土结构无法企及的建筑艺术表现力,因此备受青睐,被广泛应用于工业厂房、仓储、高层建筑、高耸建筑及大跨度建筑等。

钢结构的绿色环保特性使其在强调“绿色发展”理念的当代具有更广阔的发展前景。随着人们对于环境保护的日益重视、材料学科及理论研究的不断发展,高性能钢材的研发、新结构形式及相关理论的研究也将继续深入。

1.1 钢结构的特点

与其他常见材料的结构相比,钢结构主要具有以下特点:

(1) 材料强度高、塑性和韧性好

常用建筑钢材强度一般比常规混凝土、砖石和木材等建筑材料高 10 倍以上,在某些特殊

建筑结构上,屈服强度在 500 MPa 以上高强度钢材不断得到应用,因此钢结构更适用于建造跨度大、高度大和荷载大的结构。

随着冶金技术的不断发展,钢材性能持续稳定和优化,建筑用钢材的塑性较好,屈服后具有较强的变形能力,因此一般不会因为超载而突然断裂破坏,破坏前有显著变形,有预警作用。另外,良好的塑性使得构件具有良好的应力重分布能力,受力更加均匀。

钢材具有良好的韧性,对于动力荷载的适应性较强,适用于长期承受动力荷载的构件和抗震建筑结构。

(2) 材质均匀,实际受力情况基本符合计算假定

较为成熟的现代冶金技术使得钢材在冶炼和轧制过程中可以严格控制材料质量,从而使钢材内部组织比较均匀,接近各向均匀连续介质,成为较为理想的弹塑性体。因此,钢结构的实际受力情况比较符合工程力学计算结果,计算不确定性较小,计算结果较为可靠。

(3) 钢结构工业化程度高,施工周期短

钢结构可先在工厂内加工成构件或构件组,然后运往建设现场进行连接和组装;部分钢结构组件还可先在地面进行拼装成形,再整体吊装到指定位置进行连接。因此,钢结构的工业化程度高,施工简单快捷,施工周期短,有利于实现建筑产业化。

(4) 钢结构的质量较轻

相对其他建筑材料而言,钢材自身容重较大,但因其强度高、结构构件用料少,总重则相对较轻。同等建筑功能的钢结构质量相对于混凝土结构而言,普通厂房屋架自重一般只有其 1/4~1/3,冷弯薄壁型钢屋架只约为 1/10,高烈度地区的高层建筑甚至可低于 1/10。对于抗震建筑而言,较轻的质量还意味着较小的地震作用,因此钢结构抗震性能优于混凝土结构。

(5) 钢结构绿色环保,可实现循环利用

在钢结构的生产和建造过程中,不需要开山采石,也无需河底挖沙,加工过程无粉尘污染,施工以干作业为主,因此对生态环境和生活环境破坏和影响小,是绿色环保的结构形式。

另外,钢结构施工过程中的边角料和拆除的钢构件,能够再次回炉作为炼钢的原材料,不但不产生大量的建筑垃圾,还可实现材料的循环利用。

(6) 钢材耐腐蚀性差

暴露在空气中的普通钢材非常容易锈蚀,而钢结构的截面尺寸又较小,锈蚀引起的截面削弱对于构件的影响相对更大,因此钢结构构件往往需要定期维护刷漆。钢结构对除锈、油漆质量和涂层厚度等均有严格要求,这也造成其建筑造价相对较高。近年来,材料和冶金学科的发展使得各种耐候钢不断出现,与传统钢材相比,它们具有较高的抗锈蚀性能,使得钢结构应用更加广泛。

(7) 钢材耐热但不耐火

钢材在 150 °C 以内的温度环境下,强度和硬度等性能均不会发生明显变化,可以继续作为承载构件使用。但在明火引起的 150 °C 以上的高温环境下,强度逐渐降低,承载构件必须在专门的防火构造措施下才能继续承载。因此,钢结构需要进行专门的防火设计,而防火涂层和板材构造也使得钢结构建筑造价升高。

1.2 钢结构的应用和发展

1.2.1 钢结构的应用

钢结构因轻质高强、施工快速、绿色环保、抗震性能好等优点被广泛应用于工业与民用建筑。随着我国钢产量的增加、冶炼技术的进步及结构设计理论的深入发展,钢结构的应用范围从传统的工业建筑扩展到大跨度公共建筑、高层民用建筑、高耸结构、桥梁及密闭性构筑物;而随着轻型钢结构的发展,小型民用房屋也开始出现钢结构的身影。

目前我国的钢结构主要应用于以下领域:

1) 工业厂房

钢结构在工业建筑中的应用以厂房结构为主。对于荷载和跨度较小的厂房,为了进一步降低自重,往往采用壁厚较小的冷弯薄壁型钢建成轻型钢结构厂房(图 1.1)。轻型钢结构厂房常用门式刚架作为主要的承载体系,采用檩条、支撑等辅助构件增强结构的整体性能。

随着生产水平的高速发展和生产工艺的革新,厂房更加趋于大型化,其柱距、跨度、高度、起重能力日趋增大,建设周期不断缩短,这些因素都促使钢结构在工业建筑领域的应用不断扩大,尤其是重型工业厂房(图 1.2)。

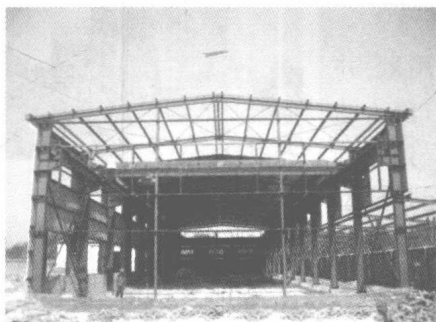


图 1.1 轻型工业厂房

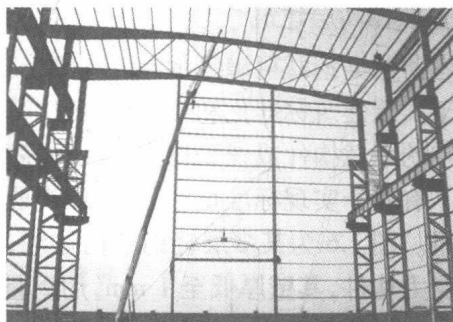


图 1.2 重型工业厂房

2) 大跨度建筑

结构跨度越大,变形越大。为了减小变形,需要增大构件尺寸,这就导致了结构自重相应增大。钢结构轻质高强的特点使构件截面尺寸较小从而自重较轻,相比其他材料的结构形式受力更合理也更经济。大跨度钢结构主要应用于大跨度桥梁、体育馆、音乐厅、影剧院、大型礼堂、航空港等建筑。

位于北京的国家大剧院(图 1.3),外部维护体系为半椭圆球形的钢网壳结构,东西长轴为 212.2 m,南北短轴为 143.64 m,总高度为 46.285 m,整体结构用钢量达 6 750 t,内设歌剧院(2 416席)、音乐厅(2 017 席)、戏剧院(1 040 席)及公共大厅等。

朝天门长江大桥(图 1.4)建于 2009 年,位于重庆长江与嘉陵江交汇处,为钢桁架拱桥,主跨达 552 m,是目前同类桥型的世界第一跨度。大桥分上下两层,上层为双向 6 车道,下层为双向地铁轨道和预留的两个车行道。

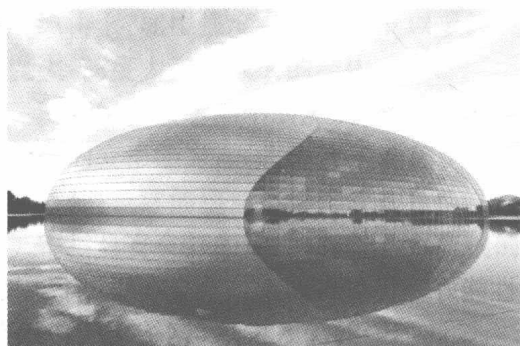


图 1.3 国家大剧院

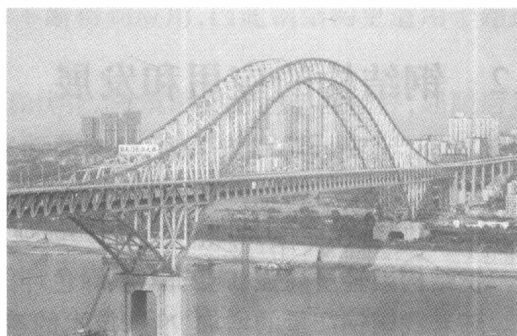


图 1.4 朝天门长江大桥

3) 高耸结构

高耸结构包括电视塔、输电塔、钻井塔、环境大气监测塔等。高耸结构采用塔架结构和桅杆结构,从而使建筑物具有较大的高宽比。

广州新地标——广州塔(图 1.5), 昵称“小蛮腰”, 建成于 2010 年, 总高度 600 m, 采用外框筒-核心筒结构为主要抗侧力体系, 外框筒为斜向布置的 24 根钢管混凝土柱与钢管斜撑、环向钢管组成的结构体系。

4) 多层和高层建筑

冷弯薄壁型钢既可满足承载要求又能减少钢材用量, 并且有利于实现建筑标准化和产业化, 可用其作为受力较小的多层住宅的承载构件或辅助构件。经过多年的应用与发展, 已形成了有利于实现标准化、工业化和产业化的装配式轻型住宅体系。图 1.6 为某多层轻钢结构住宅, 冷弯薄壁型钢作为主要受力构件, 其壁厚低至 1 mm, 用钢量极低。通过镀锌等工艺能够提高其耐腐蚀性, 通过在钢构件外围设置耐火墙板也可有效地提高其耐火性。

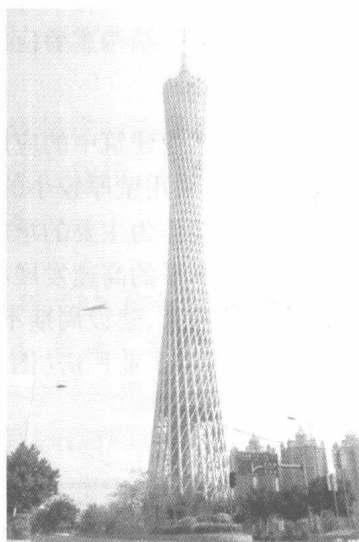


图 1.5 广州塔

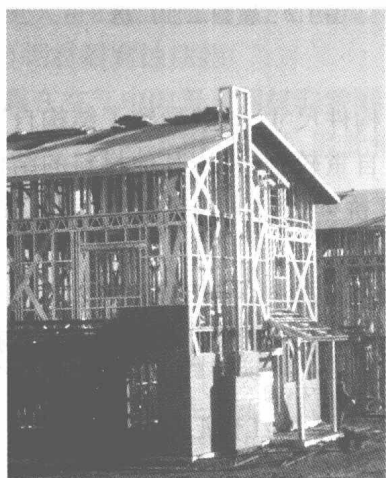


图 1.6 多层轻钢住宅

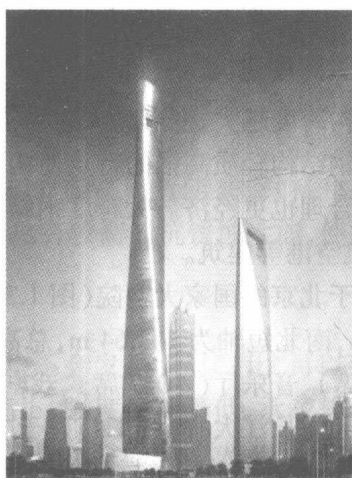


图 1.7 上海中心大厦

随着建筑高度的增加,主体结构承受的荷载增大,高层建筑单纯采用钢筋混凝土等材料需大幅度增大截面尺寸,从而使建筑有效使用面积降低,而使用轻质高强的钢材可在保证承载力的同时减小构件尺寸,因此钢结构在高层建筑中的应用也越来越广泛。上海中心大厦(图 1.7)建于 2016 年,总高度为 632 m,地下 5 层,地上 121 层,承载力体系由核心筒、巨型框架柱和桁架加强层共同组成,其中核心筒和巨型柱均为劲性混凝土构件,该类劲性构件由型钢或钢板与混凝土组合而成;桁架加强层由伸臂桁架和带状桁架组成,构件均为钢构件。

5) 抗震要求较高的建筑

满足同等建筑要求的钢结构自重小于混凝土结构,地震作用时地震效应小;同时钢结构的延性比混凝土大、耗能效果好,所以钢结构建筑的抗震性能优于混凝土结构,更适用于抗震要求高的结构。

某办公楼如图 1.8(a)所示,高 90 m,抗震设防烈度为 8 度 $0.3g$,Ⅲ类场地,距离活动断裂带只有 3 km,抗震要求高。办公楼采用钢框架结合阻尼支撑的结构体系,如图 1.8(b)、(c)所示,其基底地震剪力分析值只为方案比选时钢筋混凝土框架与剪力墙混合结构体系方案基底地震剪力分析值的 $1/10$ 。

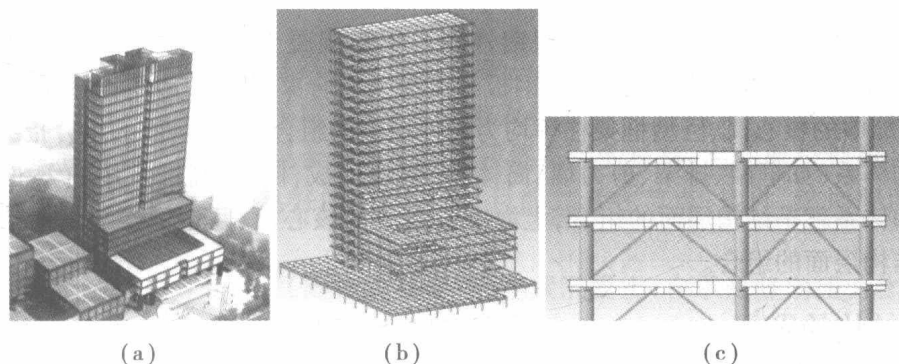


图 1.8 某高烈度区高层建筑

6) 存储和输配送结构

采用焊接连接的钢结构水密性和气密性较好,因此在油库、油罐、天然气输送管道、煤气柜等燃料存储和输配送结构中使用较多。

如图 1.9 所示的煤气柜是一种储存工业生产过程中产生的废弃煤气并进行再次利用的压力容器,在我国宝钢等特大型钢铁厂中常有配置,其高度可超过 100 m,内部有上下活动的巨大活塞以保持煤气的压强,对气密性要求极高。

7) 便于拆卸和移动的结构

钢结构的拼装及拆卸都较为方便快捷,可反复拆装、重复使用,因此在需要拆卸和移动的临时性结构中使用较多,如工地临时用房、灾区临时住房、塔式起重机身、龙门起重机等。图 1.10 为某工地的活动板房。

8) 组合结构

钢结构与钢筋混凝土结构各有优势,将二者巧妙组合可以充分发挥各自优势。钢与混凝土的组合包含两个层面的组合:一是构件层面的组合,通常称为组合结构(composite

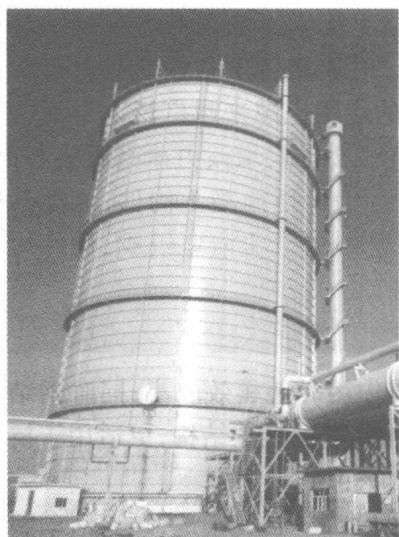


图 1.9 某大型煤气柜



图 1.10 工地活动板房

structure);另一种是结构层面的组合,通常称为混合结构(hybrid structure)。构件层面的组合指结构的承载构件由型钢和混凝土两种材料构成,目前常见的组合结构有型钢混凝土劲性构件(型钢位于构件内部,混凝土包覆于型钢外侧),钢管混凝土构件(圆形或方形钢管内浇筑混凝土),压型钢板与混凝土组合楼板,钢板与混凝土组合梁,钢板剪力墙等。前述上海中心大厦(图 1.7)中的核心筒、巨型框架柱等均为构件层面的组合;结构层面的组合指结构由两种或多种结构体系(如框架、排架、剪力墙、筒体等)组合而成,例如,高层常用的钢框架-混凝土核心筒结构体系就是结构层面的组合,上海中心大厦的核心筒、巨型框架与钢桁架加强层的组合也是结构层面的组合。

1.2.2 钢结构的发展

改革开放至今,我国钢结构得到空前的发展,虽然耐火性与耐久性差等缺点使得钢结构在应用上存在一定的局限,但良好的力学性能、巨大的产业化潜力及突出的环保优势仍使其具有广阔的发展前景。本节主要从材料、结构形式及设计理论 3 个方面对钢结构的发展趋势进行探讨。

1) 高性能钢材的发展

随着高层及超高层建筑、大跨度工业厂房、城市高架桥和大型桥梁等现代结构形式对承载能力要求的不断提高,结构对钢材力学性能、工艺性能和耐久性能等也有了更高的要求,因此高性能钢材应运而生。所谓高性能钢材(High Performance Steel,简称 HPS),是指在强度、塑性、韧性、可焊性、抗腐蚀性、耐候性、耐火性等方面优于传统钢材的特殊钢材。高强度钢材是指具有高强度(强度等级 ≥ 460 MPa)、良好延性、韧性及加工性能的结构钢材,它是高性能钢材中的一种。

近几年来,新的钢材生产工艺大幅度提高了钢材的强度和加工性能,同时与超高强度钢材(强度标准值为 460~1 100 MPa)相匹配的具有足够强度、良好韧性和延性的焊缝金属材料和焊接技术也已经比较成熟,完全能够满足构件的加工制作要求,这使得超高强度钢材应用于钢结构成为可能。高强钢结构在结构受力性能、建筑使用功能及社会经济和环保效益等方

面具有显著优势,不仅能够进一步提高结构的安全性和可靠性,而且可以创造更大的建筑使用空间、实现更灵活的建筑表现,同时能够节约建筑工程总成本,降低能耗和不可再生资源消耗量及碳排放量,符合我国可持续发展战略及节能环保型社会的创建,属于绿色环保型建筑体系。近年来,高强钢在日本、美国、中国等国家及欧洲已有工程应用实例,涉及建筑结构、桥梁工程与输电塔结构等领域。我国高强钢的应用和研究历史还较短,我国的《钢结构设计规范(GB 50017—2003)》没有针对钢材强度等级在 460 MPa 及以上钢结构的设计条文,这也制约了高强度钢材在建筑结构中的应用。

为了缩短与发达国家的差距,我国更应积极推进高性能钢材的研究及应用。目前我国高性能钢材发展滞后面临的问题主要有 3 个方面:一是钢厂及研究单位对新钢种的相关试验数据不足,导致高性能钢还没有纳入相应的规范和标准;二是建筑和桥梁设计者对新钢种认识不足,只能按照旧指标选用钢材;三是相应配套的焊接工艺和焊接材料复杂,焊接接头存在力学性能不高、焊接热影响区软化等。

2) 结构形式的革新

随着建筑及构筑物的跨度、高度、使用功能等的不断增加,对结构性能的要求也越来越高,传统的结构形式已不能完全满足增长的性能要求,亟需探索出力学性能更好、性价比更高、更环保的新型结构。

广义组合结构是指将不同材料或构件组合在一起的结构形式,在设计时将不同材料和构件的性能同时纳入整体进行考虑,以最有效地发挥各种材料和构件的优势,获得更好的结构性能和综合效益。钢与混凝土是两种性质截然不同的材料,它们取长补短、相互协作,共同发挥各自优势,将会带来良好的结构性能,目前二者在节点、构件、结构层面都有合理的组合。

钢管混凝土结构在薄壁钢管(圆管或方管)灌注素混凝土,在承受竖向压力作用下,钢管环向受拉,给内部混凝土提供侧向紧箍力,使混凝土产生三向受压应力状态,从而提高构件的强度和塑性;型钢混凝土则是在钢筋混凝土构件内部加入型钢,型钢不但能承受较大的轴向压应力,而且在混凝土包裹下不易发生失稳破坏,在充分利用型钢强度的同时有效降低柱截面尺寸和轴压比;钢板剪力墙在传统混凝土剪力墙中间加入整片钢板,通过有效连接措施使钢板与混凝土墙体共同受力,提高剪力墙的承载能力;钢框架-钢筋混凝土核心筒则是在结构层面的组合应用,利用钢筋混凝土核心筒的刚度优势和钢框架的承载力优势共同受力,可提供良好的抗侧力性能,在高层和超高层建筑中较为适用。

今后的发展方向有新型钢组合构件的研发、组合结构体系的发展、钢结构组合加固技术的创新、新型建筑材料与钢材的优化组合等。

3) 钢结构分析与设计理论的发展

要将高性能钢材与新型结构应用于实际工程,需要与之配套的结构分析理论、结构设计理论、施工方法与技术等。高性能钢结构受力性能研究、新型结构的分析和设计理论研究都是今后钢结构分析与设计理论的发展趋势。

2

钢结构材料

【内容提要】

本章介绍了钢结构对材料的要求,主要讲述了钢材的破坏及主要性能,影响钢材性能的主要因素,钢结构用钢材的分类、规格和选用原则。

【学习重点】

钢材破坏及主要性能。

【学习难点】

影响钢材性能的主要因素。

2.1 结构用钢材的性能要求

材料的性能直接影响着结构的性能。钢是以铁和碳为主要成分的合金,其中铁是最基本的元素,碳和其他元素所占比例甚少,但却左右着钢材的物理和化学性能。钢材的性能与其化学成分、组织构造、冶炼和成型方法等内在因素密切相关。钢材的种类很多,不同种类的钢材,性能相差较大,如果能够选择合适的钢材,不仅使结构安全可靠和满足使用要求,而且能最大可能地节约钢材和降低造价。

钢结构对钢材的要求是多方面的,主要有力学性能、加工性能、耐久性能 3 个方面。

1) 力学性能的要求

(1) 较高的强度

较高的强度是要求钢材的抗拉强度和屈服强度比较高。如果抗拉强度高,则增加了结构

的安全储备;如果屈服强度高,可以减小构件的截面,从而减小自重,节约钢材,降低造价。

(2) 良好的塑性

良好的塑性性能可以调整局部峰值应力,使应力得到重分布,并能使结构在被破坏前有较明显的变形,提高构件的延性,避免结构发生脆性破坏,提高结构的抗震能力。

(3) 良好的冲击韧性

良好的冲击韧性可提高结构抗动力荷载的能力,避免发生裂纹和脆性断裂。

2) 加工性能的要求

(1) 良好的冷加工性能

钢材经常在常温下进行加工,良好的冷加工性能可保证钢材加工过程中不发生裂纹或脆断,从而不因加工对塑性、韧性和强度带来较大的影响。

(2) 良好的可焊性

可焊性是衡量钢材的热加工性能的重要指标。可焊性可分为施工上的可焊性和使用性能上的可焊性。施工上的可焊性是指钢材在焊接时所产生的高温热循环作用下不产生裂纹和热效应。使用性能上的可焊性是指焊缝和焊接热影响区的力学性能不低于母材的力学性能。良好的可焊性是指在一定的材料、焊接工艺条件下,焊缝金属和近缝区钢材不产生裂纹,钢材经过焊接后能够获得良好的性能。

3) 耐久性能的要求

对于长期暴露于空气中或经常处于干湿交替环境下的钢结构,容易产生锈蚀破坏。腐蚀对钢结构的危害不仅局限于对钢材有效截面的均匀削弱,而且由此产生的局部锈蚀会导致应力集中,从而降低结构的承载力,使其产生脆性破坏。因此影响钢材使用寿命主要有两个方面:首先是钢材的耐腐蚀性较差,其次是在长期荷载、反复荷载和动力荷载作用下钢材力学性能的恶化。所以对钢材的防锈蚀问题及防腐措施应特别重视,良好的耐久性能可提高钢结构的使用寿命。

2.2 钢材的破坏形式

在钢结构工程中,钢材的破坏形式有两类:塑性破坏和脆性破坏。

塑性破坏的特点是钢材在加载后有明显的变形,破坏前有裂缝预兆,断裂时断口呈纤维状,色泽发暗,有时能看到有滑移的痕迹。钢结构出现塑性破坏时变形特征明显,可以及时采取措施予以补救,危险性相对于脆性破坏稍小。

脆性破坏的特点是钢材在加载后无明显的变形,破坏前无裂缝预兆,断裂时断口平齐,且有光泽的晶粒状。钢结构出现脆性破坏时变形特征不明显,具有突然性,无法及时觉察和采取补救措施,而且个别构件的断裂常引起整个结构塌毁,因此脆性破坏危险性很大。在钢结构工程的设计、施工和使用过程中,应采取有效措施避免发生脆性破坏。

2.3 钢材的主要性能

2.3.1 单向均匀拉伸时的性能

通常以标准条件下静力拉伸试验的应力-应变曲线来表示钢材在单向均匀受拉时的工作性能。所谓标准条件,是指标准试件、常温、缓慢加载。图 2.1 为低碳钢和低合金钢一次拉伸时的应力-应变曲线。

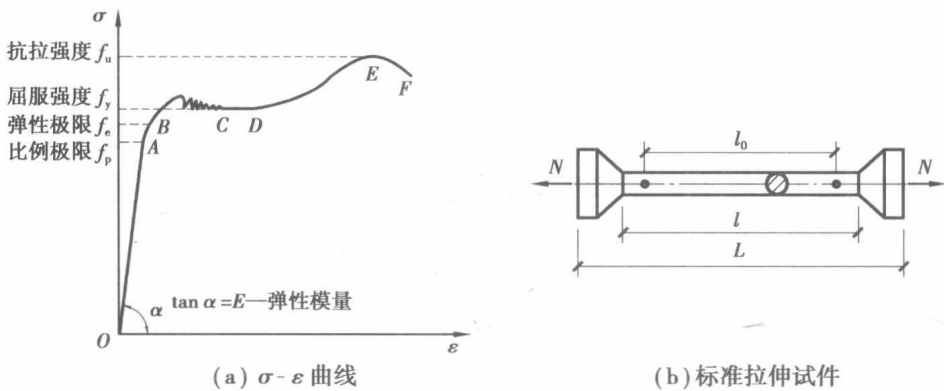


图 2.1 钢材单向均匀拉伸时的 σ - ϵ 曲线

从图中可以看出,钢材的工作性能可分成 4 个阶段:

(1) 第一阶段:弹性阶段(图 2.1 中 OB 段)

此阶段,应力与应变基本成线性比例关系,当完全卸载时,变形能全部恢复,没有残余变形,即荷载降为零时,变形也降为零。其中 OA 段为一条斜直线,应力与应变成正比关系,符合虎克定律。 A 点所对应的应力为比例极限 f_p ,而 B 点所对应的应力为弹性极限 f_e ,由于比例极限 f_p 和弹性极限 f_e 非常接近,故通常将弹性极限 f_e 以内的线段,即 OAB 段近似看成直线段,在应力小于 f_e 范围内,材料不会留下残余变形。在钢结构设计中,对所有钢材统一取 E 值为一常量 2.06×10^5 MPa。

(2) 第二阶段:屈服阶段(图 2.1 中 BCD 段)

此阶段,应力与应变不再成线性比例关系,应变增大加快,材料进入弹塑性阶段。随后,应力呈锯齿形波动,常出现应力不增加而应变继续增加的现象,卸载后试件不能完全恢复原来的长度,这个阶段称之为屈服阶段。卸载后能消失的变形称弹性变形,而不能消失的这一部分变形称塑性变形或残余变形。应力波动的最高点和最低点分别称为上屈服点和下屈服点,上屈服点受试验条件(加荷速度、试件形状、试件对中的准确性)影响较大,而下屈服点较稳定,因此,一般采用下屈服点作为钢材屈服点或屈服强度 f_y ,屈服阶段从开始到曲线再度上升(D 点)的变形范围较大,相应的应变幅度称为流幅。对低碳钢 f_y 对应的应变 ϵ 约为 0.15%。

钢材达到屈服强度 f_y 以后,应力不增加,应变增加很快,出现使用上不允许的残余变形。根据试验,可将钢材看作理想弹塑性体,此时,设计时钢材的最大应力可取屈服强度 f_y ,如图 2.2 所示。