

GANGJIEGOU LIANJIE JIEDIAN
GOUZAO SHEJI SHOUCHE

钢结构连接节点 构造设计手册

李星荣 靳晓勇 编著

行业专家精心编写

简化节点设计与计算

贴近工程实际应用

丰富实例与图表



钢结构连接节点构造设计手册

李星荣 靳晓勇 编著



机械工业出版社

本书共七章,包括钢结构的连接节点、钢结构的连接及计算、平面桁架屋盖结构的连接节点设计、空间网格结构的连接节点设计、门式刚架结构的连接节点设计、多层及高层钢结构的连接节点设计和钢结构的连接节点设计用表。

本书可供钢结构工程技术人员参考使用,也可供相关专业院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构连接节点构造设计手册/李星荣,靳晓勇编著. —北京:机械工业出版社,2016.6

ISBN 978 - 7 - 111 - 53510 - 2

I. ①钢… II. ①李… ②靳… III. ①钢结构-结点(结构)-结构设计-技术手册 IV. ①TU391.04-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第076334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:霍永明 责任校对:刘秀芝

封面设计:路恩中 责任印制:常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2016年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18印张·2插页·443千字

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 53510 - 2

定价:49.00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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

钢结构造型美观、制作方便、施工速度快、抗震性能突出、受力合理、传力明确，已成为大型公共建筑、高层和超高层建筑、工业建筑的主要结构形式。

近年来，随着我国国民经济的飞速发展，建设工程的规模日益扩大，建筑钢结构发展迅速，每年在建的高层、超高层钢结构建筑多达百栋。这些在建和已建成的高层钢结构设计、连接节点的构造及其计算需要大量的钢结构设计人员从事钢结构设计服务。作为钢结构整体设计中的一个重要环节，钢结构连接节点的构造及其计算，不是各自独立的，它们之间相互联系。连接节点的设计是否得当，对保证钢结构的整体性和可靠性，制作安装的质量和进度，整个建设周期和成本都有着直接的影响。

国家相关部门也对钢结构工程十分重视，陆续颁布、实施钢结构工程相关规范、规程及行业标准。因此我们根据《钢结构设计规范》（GB 50017—2003）、《钢结构焊接规范》（GB 50661—2011）、《空间网格结构技术规程》（JGJ 7—2010）、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》（CECS 102：2002）（2012年版）和《高层民用建筑钢结构技术规程》（JGJ 99—2015）等，结合实际工作经验，吸取近年来国内外科研、设计、施工的成果，编写了本书。

本书在编写时力求简明扼要、浅显实用、结合实际、深入浅出并附有大量例题和相关图表供参考使用。

由于编者水平有限，书中难免有不当之处。恳请读者批评指正。我们可以在今后的出版工作中，力求做到精益求精。我们诚挚地希望本书能为读者带来更多的帮助。

编者

新书推荐

《钢结构连接设计手册》 王凯宁 于贺 主编



本书主要依据《钢结构设计规范》(GB50017—2003)及相关材料,并结合多年来在钢结构设计中的经验和实践成果编写而成。内容包括钢结构设计基础知识、钢结构的连接、平面桁架屋盖结构的节点设计、钢网架结构的连接节点设计、门式刚架结构连接节点设计、多层及高层钢结构的连接节点设计。本书可作为从事钢结构设计与施工的工程技术人员的常备工具书,也可供高职院校相关专业的学生及教师参考使用。

书号: 978-7-111-48183-6 定价: 45.00 元



《钢结构设计、计算与实例》 李守巨 主编



本书根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)等规范和技术标准编写,共8章,详细介绍了钢结构设计计算基础知识,构件的连接计算,轴心受力构件,受弯构件,拉弯、压弯构件,疲劳计算,屋盖结构,钢结构防锈和抗火设计等内容。通过具体的实例分析理解各种钢结构及其构件的计算方法。

本书内容通俗易懂,可供钢结构设计、研究等方面的工程技术人员使用,也可作为各院校相关专业师生的学习参考书。

书号: 978-7-111-48442-4 定价: 38.00 元



《钢结构工程常用图表手册》 王志云 主编



本书依据《钢结构设计规范》(GB50017~201×)、《钢结构工程施工规范》(GB50755~2012)、《钢结构焊接规范》(GB50661~2011)、《建筑结构制图标准》(GB/T50105~2010)、《钢结构高强度螺栓连接技术规程》(JGJ82~2011)等国家现行标准编写。主要包括常用资料、钢结构设计与计算以及钢结构施工等内容。本书是钢结构工程专业人员必备的常用小型工具书。

书号: 978-7-111-43592-1 定价: 39.00 元



《钢结构设计与应用范例》 王静峰 王波 编著



本书系统地阐述了钢结构的设计要求、材料性能、荷载规定、计算方法和构造措施,介绍了工程常用的钢结构设计软件与绘图软件,重点概括了工业厂房钢结构、多高层房屋钢结构的设计方法,详细给出了工业厂房钢结构、多层房屋钢结构和辅助钢结构(如钢楼梯、钢雨篷和钢网架)的工程设计实例。每个典型实例都有详尽的计算过程、施工图绘制方法和设计软件操作步骤。本书可供土木工程领域的设计、施工、科研人员和高等院校土木工程专业的师生参考。

书号: 978-7-111-38426-7 定价: 59.00 元



新书推荐

《钢结构工程施工图实例图集》 李星荣 编著



本书由从业 50 余年高级工程师编写，集多年的设计经验与软件计算相结合，可指导设计人员合理、优化钢结构设计。本书采用 PKPM 结构系列软件进行设计与计算，还采用了 YJK 软件进行设计对比分析。本书精选了六个常见类型工程实例，每个实例包括建筑设计条件、结构设计条件、计算书、施工图等内容。本书可供建筑结构设计人员、审图人员、施工人员及高等院校师生参考使用。



书号：978-7-111-49621-2 定价：59.80 元

《PKPM 结构系列软件应用与设计实例》（第 5 版） 李星荣 编著



本书由具有丰富设计经验的工程师与中国建筑科学研究院 PKPM 结构系列软件编程人员共同编写而成。本书主要介绍 PKPM 结构系列软件应用与工程设计实例。本书可帮助设计人员快速掌握该软件操作技巧，并且熟练使用软件。通过对工程实例的理解和 PKPM 结构系列软件的应用可掌握设计的技巧。

本书可供建筑结构设计人员、审图人员、施工人员及高等院校师生参考与使用。



书号：978-7-111-46276-7 定价：49.80 元

《PKPM 钢结构设计系列软件应用与实例》 李星荣 编著



本书由具有丰富设计经验的高级工程师、一级注册结构师在中国建筑科学研究院 PKPM 结构系列软件编程人员的协助下编写而成。

本书包括设计软件应用与工程设计实例。实例包含三类工程类型，即：普通钢结构工程、轻型钢结构工程、薄壁钢结构工程。实例以钢结构施工图表达为主，辅以设计条件、设计说明、设计计算书等。

本书可供建筑结构设计人员、审图人员、施工人员及高等院校师生参考使用。



书号：978-7-111-43725-3 定价：48.00 元

《建筑设计指导》 李星荣 编著



本书由设计经验丰富的结构总工编写，以结构设计相关规范、规程为依据，结合实践经验，从设计流程开始，按照结构设计思路组织编写。本书旨在让专业读者通过系统掌握本书内容，能够掌握设计过程，了解设计要点，快速提高设计技能。

本书可供建筑结构设计人员、审图人员、施工人员及相关专业高等院校师生参考使用。



书号：978-7-111-41526-8 定价：39.00 元

亲爱的读者：

感谢您对机械工业出版社建筑分社的厚爱和支持！

联系方式：北京市百万庄大街 22 号机械工业出版社 建筑分社 收 邮编 100037

电话：010—88379250 E-mail：cmpjz2008@126.com

目录

| | |
|-------------------------|-----|
| 前言 | |
| 第一章 钢结构的连接节点 | 1 |
| 第一节 钢结构连接节点的基本特性 | 2 |
| 第二节 钢结构连接节点的设计原则及要求 | 3 |
| 第三节 钢结构连接节点的材料要求 | 4 |
| 第二章 钢结构的连接及计算 | 8 |
| 第一节 焊接连接 | 9 |
| 第二节 普通螺栓连接和高强度螺栓连接 | 31 |
| 第三节 拼接连接 | 34 |
| 第四节 钢结构连接的设计例题 | 36 |
| 第三章 平面桁架屋盖结构的连接节点设计 | 42 |
| 第一节 桁架的连接节点设计 | 43 |
| 第二节 托架的节点连接设计 | 54 |
| 第三节 天窗架的节点构造 | 56 |
| 第四节 屋盖系统中支撑的连接节点 | 58 |
| 第五节 屋盖节点设计例题 | 60 |
| 第四章 空间网格结构的连接节点设计 | 69 |
| 第一节 空间网格类型 | 70 |
| 第二节 焊接空心球节点设计 | 74 |
| 第三节 螺栓球节点的设计 | 78 |
| 第四节 嵌入式毂节点设计 | 84 |
| 第五节 铸钢节点和销轴式节点设计 | 87 |
| 第六节 组合结构的节点设计 | 87 |
| 第七节 支座节点的设计 | 88 |
| 第八节 空间网格结构的连接节点例题 | 95 |
| 第五章 门式刚架结构的连接节点设计 | 98 |
| 第一节 门式刚架的形式 | 99 |
| 第二节 门式刚架节点设计 | 100 |
| 第三节 门式刚架的柱脚和牛腿 | 102 |
| 第四节 门式刚架及节点设计例题 | 104 |
| 第六章 多层及高层钢结构的连接节点设计 | 108 |
| 第一节 概述 | 109 |
| 第二节 梁与梁的拼接连接 | 109 |
| 第三节 梁的侧向支承和梁腹板开洞的补强 | 114 |
| 第四节 柱与柱的拼接连接 | 115 |
| 第五节 梁与柱的连接 | 120 |
| 第六节 支撑与梁柱的连接 | 131 |
| 第七节 柱脚节点连接 | 133 |
| 第八节 高层钢结构连接节点抗震设计 | 141 |
| 第九节 高层钢结构连接节点设计例题 | 144 |
| 第十节 钢结构连接节点三维设计 | 152 |
| 第七章 钢结构的连接节点设计用表 | 166 |
| 第一节 型钢规格及截面特征表 | 167 |
| 第二节 连接用紧固件规格尺寸及质量表 | 210 |
| 第三节 型钢孔距规线、连接垫板间距及连接尺寸表 | 243 |
| 第四节 连接的承载力设计值表 | 252 |
| 附录 | 264 |
| 参考文献 | 280 |

第一章

钢结构的连接节点

- 第一节 钢结构连接节点的基本特性
- 第二节 钢结构连接节点的设计原则及要求
- 第三节 钢结构连接节点的材料要求

第一节 钢结构连接节点的基本特性



根据节点处传递荷载的情况、所采用的连接方法以及其细部构造，按节点的力学特性，连接节点可分为刚性连接节点、半刚性连接节点和铰接连接节点。

1. 刚性连接节点

从保持构件原有的力学特性来说，作为构件的刚性连接节点，在连接节点处应保证其原来的完全连续性。因为只有这样，才可保证连接节点能和构件的其他部分一样承受弯矩、剪力和轴力的作用。

采用连接节点所能承受的弯矩和相对应的曲率的关系来近似地表示刚性连接节点的特性，如图 1-1 中的虚线 OAB 所示刚性连接节点（一）。从图中可以看出，能确保构件连续性的刚性连接节点，具有与构件相同的 $M-\phi$ 关系，即图 1-1 中的实线 OCD 。

但在某些特殊情况下，拼接连接节点处不能传递被连接构件的全强度（各种承载力）也是可以的。由于这种节点只根据作用于拼接连接节点处的内力来设计，因此，这种拼接连接节点的承载力只有构件全强度（各种承载力）的一部分。

因为这样的拼接连接节点不能保证构件的连续性，因而就不能作为完全的刚性连接节点。但此时，根据所选择的连接板的刚度不同，可以使拼接连接节点的弹性刚度等于或大于构件的弹性刚度，只是承载力比构件的连续部分低，但仍在连接节点承载力的范围内。这样的连接节点，亦可视为刚性连接节点。这样的连接节点的特性，则如图 1-1 中的单点画线 OEF 所示刚性连接节点（二）。

2. 半刚性连接节点

对于某些连接节点，即便能保证其承载力等于或大于构件的承载力，但由于所采用的连接方法和细部构造设计的关系，致使连接节点的弹性刚度比构件的弹性刚度显著得低，这样的连接节点称为半刚性连接节点。若采用弯矩-曲率（ $M-\phi$ ）关系表示，则可用图 1-1 中的双点画线 OGH 来表示“半刚性连接节点”的特性。

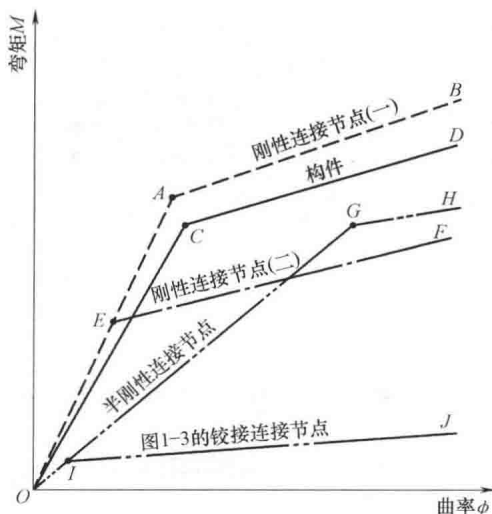


图 1-1 连接节点的特性曲线

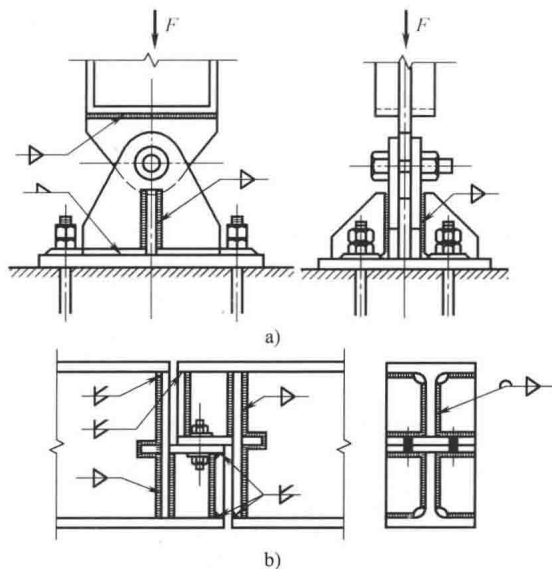


图 1-2 理想铰接连接节点示例

a) 柱脚的铰接支座 b) 梁端的铰接支座

作为设计的要求,半刚性连接节点一般是不采用的。若在设计中已经考虑了其刚度的降低,则可以采用。

3. 铰接连接节点

从理论上讲,铰接连接节点是完全不能承受弯矩的连接节点,因而一般不能用于构件的拼接连接。铰接连接节点通常只用于构件端部的连接,比如柱脚、梁的端部连接(图1-2)和桁架、网架杆件的端部连接等。但是由于在建筑结构中,作为铰接的连接节点,其特性并非完全铰接,如图1-3所示的常用的连接节点,其特性如图1-1中的双点画线 OIJ 所示。它对弯矩并不是完全不能承受,只是抗弯刚度远低于构件的抗弯刚度,因此在实际工程中把它视作铰接连接来处理,这是简便可行的,并且不会导致杆件的承载能力降低。

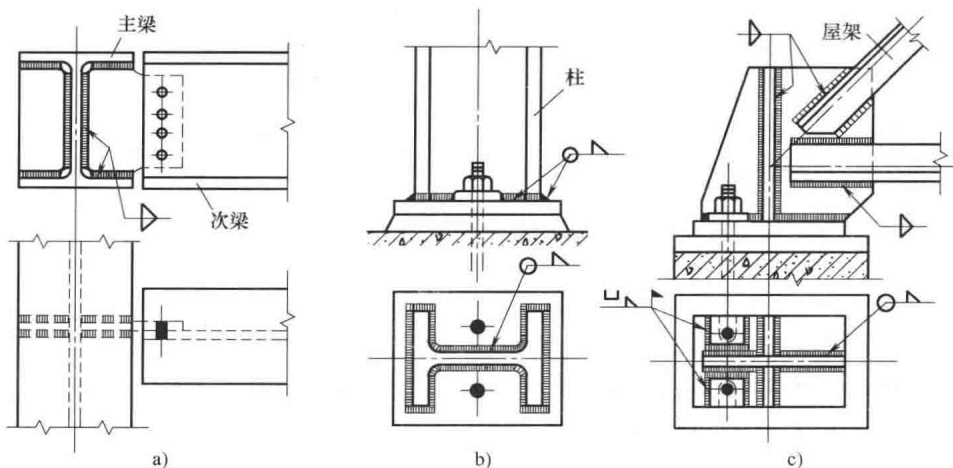


图1-3 建筑结构常用的铰接连接节点示例

a) 次梁梁端与主梁的连接 b) 轻型柱脚的连接 c) 屋架支座的连接

第二节 钢结构连接节点的设计原则及要求

1. 钢结构连接节点的设计原则

钢结构工程具有强度高、自重轻、施工速度快、抗震性能好及工业化程度高等特点,钢结构节点设计是结构能否安全可靠的关键,应按照“强节点弱构件”或“节点等强”设计的原则进行节点设计,节点设计合理对结构整体性、可靠度以及建设周期有着直接影响。

在确定连接节点的构造形式及其连接时,要遵循以下原则:

- 1) 在节点处内力传递简捷明确,安全可靠。
- 2) 确保连接节点有足够的强度和刚度。
- 3) 节点加工简单、施工安装方便。
- 4) 工程造价经济性好。

2. 钢结构连接节点的设计要求

在钢结构设计工作中, 连接节点的设计是一个重要的环节。为使连接节点具有足够的强度和刚度, 设计时, 应根据连接节点的位置及其所要求的强度和刚度, 合理地确定连接节点的形式、连接节点的连接方法和连接节点的具体构造以及基本计算公式。

为简化计算起见, 通常连接节点的设计, 都按完全刚接或完全铰接的情况来处理。至于因节点构造形成的半刚性连接, 对整个结构的安全度是不会有影响的, 因此在设计中均不予以考虑。

第三节 钢结构连接节点的材料要求



1) 在钢结构的连接节点中, 通常采用的型材有钢板、角钢、槽钢、圆钢管、方钢管、工字型钢、H型钢、剖分T型钢、冷弯薄壁型钢以及焊接箱形钢等。

2) 用作钢结构连接的材料均应与被连接构件所采用的钢材材质相适应。将两种不同强度的钢材相连接时, 可采用与低强度钢材相适应的连接材料。

3) 手工焊接采用的焊条, 应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117—2012) 或《热强钢焊条》(GB/T 5118—2012) 的规定。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

对直接承受动荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构, 宜采用低氢型焊条。

4) 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应。焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957—1994)、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》(GB/T 8110—2008) 及《碳钢药芯焊丝》(GB/T 10045—2001)、《低合金钢药芯焊丝》(GB/T 17493—2008) 的有关规定。

5) 性能等级为C级和A级、B级的普通螺栓, 一般采用符合国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006) 规定的Q235钢制成。

6) 锚栓采用符合国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006) 规定的Q235钢制成; 当使用的部位比较重要、条件要求比较严格时, 锚栓钢材可采用符合国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008) 规定的Q345钢制作。

7) 根据国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T 1231—2006) 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632—2008), 高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级和材料按表1-1的规定采用。

表 1-1 高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级和材料

| 类别 | 性能等级 | 推荐材料 | 钢材标准 | 适用规格 |
|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------------|------|
| 高强度大六角头螺栓连接副 | 8.8S | 45、35 | GB/T 699—1999 | ≤M20 |
| | | 20MnTiB、40Cr ML20MnTiB | GB/T 3077—1999 GB/T 6478—2001 | ≤M24 |
| | | 35CrMo | GB/T 3077—1999 | ≤M30 |
| | | 35VB | | |
| | 10.9S | 20MnTiB ML20MnTiB | GB/T 3077—1999 GB/T 6478—2001 | ≤M24 |
| | | 35VB | | ≤M30 |
| | | | | |
| 螺母 | 10H | 45、35 | GB/T 699—1999 | |
| | 8H | ML35 | GB/T 6478—2001 | |
| 垫圈 | 35HRC ~ 45HRC | 45、35 | GB/T 699—1999 | |

(续)

| 类别 | | 性能等级 | 推荐材料 | 钢材标准 | 适用规格 |
|-------------|----|-------|----------------------|--|---------|
| 扭剪型高强度螺栓连接副 | 螺栓 | 10.9S | 20MnTiB ML20MnTiB | GB/T 3077—1999 GB/T 6478—2001 | ≤ M24 |
| | | | 35VB 35CrMo | GB/T 3632—2008 附录 A GB/T 3077—1999 | M27、M30 |
| | 螺母 | 10H | 45、35 ML35 | GB/T 699—1999 GB/T 6478—2001 | ≤ M30 |
| | 垫圈 | — | 45、35 | GB/T 699—1999 | |

8) 钢材的强度设计值, 应根据钢材牌号、厚度或直径按表 1-2 采用。

表 1-2 钢材的强度设计值

(单位: N/mm²)

| 钢材 | | 抗拉、抗压和抗弯 f | 抗剪 f_v | 端面承压(刨平顶紧) f_{ec} |
|--------|------------|--------------|----------|---------------------|
| 牌号 | 厚度或直径/mm | | | |
| Q235 钢 | ≤ 16 | 215 | 125 | 325 |
| | > 16 ~ 40 | 205 | 120 | |
| | > 40 ~ 60 | 200 | 115 | |
| | > 60 ~ 100 | 190 | 110 | |
| Q345 钢 | ≤ 16 | 310 | 180 | 400 |
| | > 16 ~ 35 | 295 | 170 | |
| | > 35 ~ 50 | 265 | 155 | |
| | > 50 ~ 100 | 250 | 145 | |
| Q390 钢 | ≤ 16 | 350 | 205 | 415 |
| | > 16 ~ 35 | 335 | 190 | |
| | > 35 ~ 50 | 315 | 180 | |
| | > 50 ~ 100 | 295 | 170 | |
| Q420 钢 | ≤ 16 | 380 | 220 | 440 |
| | > 16 ~ 35 | 360 | 210 | |
| | > 35 ~ 50 | 340 | 195 | |
| | > 50 ~ 100 | 325 | 185 | |

注: 表中厚度指计算点的钢材厚度, 对轴心受拉和轴心受压构件指截面中较厚板件的厚度。

9) 钢铸件的强度设计值按表 1-3 采用。

表 1-3 钢铸件的强度设计值

(单位: N/mm²)

| 钢号 | 抗拉、抗压和抗弯 | 抗剪 | 端面承压(刨平顶紧) |
|-----------|----------|-----|------------|
| ZG200-400 | 155 | 90 | 260 |
| ZG230-450 | 180 | 105 | 290 |
| ZG270-500 | 210 | 120 | 325 |
| ZG310-570 | 240 | 140 | 370 |

10) 焊缝的强度设计值按表 1-4 采用。

表 1-4 焊缝的强度设计值

(单位: N/mm²)

| 焊接方法和焊条型号 | 构件钢材 | | 对接焊缝 | | | 角焊缝 |
|-------------------------|--------|--------------|---------------|------------------------|-----|---------------|
| | 牌号 | 厚度或直径 /mm | 抗压 f_c^w | 焊缝质量为下列等级时, 抗拉 f_t^w | | 抗剪 f_v^w |
| | | | | 一级、二级 | 三级 | |
| 自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的焊条电弧焊 | Q235 钢 | ≤ 16 | 215 | 215 | 185 | 125 |
| | | > 16 ~ 40 | 205 | 205 | 175 | 120 |
| | | > 40 ~ 60 | 200 | 200 | 170 | 115 |
| | | > 60 ~ 100 | 190 | 190 | 160 | 110 |
| 自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的焊条电弧焊 | Q345 钢 | ≤ 16 | 310 | 310 | 265 | 180 |
| | | > 16 ~ 35 | 295 | 295 | 250 | 170 |
| | | > 35 ~ 50 | 265 | 265 | 225 | 155 |
| | | > 50 ~ 100 | 250 | 250 | 210 | 145 |

(续)

| 焊接方法和焊条型号 | 构件钢材 | | 对接焊缝 | | | | 角焊缝 |
|-------------------------|--------|--------------|---------------|------------------------|----|---------------|----------------------|
| | 牌号 | 厚度或直径 /mm | 抗压 f_c^w | 焊缝质量为下列等级时, 抗拉 f_t^w | | 抗剪 f_v^w | 抗拉、抗压 和抗剪 f_t^w |
| | | | | 一级、二级 | 三级 | | |
| 自动焊、半自动焊和 E55 型焊条的焊条电弧焊 | Q390 钢 | ≤16 | 350 | 350 | | 300 | 220 |
| | | >16~35 | 335 | 335 | | 285 | |
| | | >35~50 | 315 | 315 | | 270 | |
| | | >50~100 | 295 | 295 | | 250 | |
| | Q420 钢 | ≤16 | 380 | 380 | | 320 | |
| | | >16~35 | 360 | 360 | | 305 | |
| | | >35~50 | 340 | 340 | | 290 | |
| | | >50~100 | 325 | 325 | | 275 | |

注: 1. 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂, 应保证其熔敷金属的力学性能不低于现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》(GB/T 5293—1999) 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》(GB/T 12470—2003) 中相关的规定。

2. 焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001) 的规定。其中厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝, 不应采用超声波检测确定焊缝质量等级。

3. 对接焊缝在受压区的抗弯强度设计值取 f_c^w , 在受拉区的抗弯强度设计值取 f_t^w 。

4. 表中厚度指计算点的钢材厚度, 对轴心受拉和轴心受压构件指截面中较厚板件的厚度。

11) 普通螺栓和高强度螺栓承压型连接的强度设计值按表 1-5 采用。

表 1-5 螺栓连接的强度设计值

(单位: N/mm²)

| 螺栓的材料等级、锚栓和构件钢材的性能和牌号 | | 普通螺栓 | | | | | | 锚栓 | 承压型连接高强度螺栓 | | | |
|-----------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|------------|
| | | C 级螺栓 | | | A 级、B 级螺栓 | | | | 抗拉 f_t^b | 抗拉 f_t^b | 抗剪 f_v^b | 承压 f_c^b |
| | | 抗拉 f_t^b | 抗剪 f_v^b | 承压 f_c^b | 抗拉 f_t^b | 抗剪 f_v^b | 承压 f_c^b | | | | | |
| 普通螺栓 | 4.6 级、4.8 级 | 170 | 140 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 5.6 级 | — | — | — | 210 | 190 | — | — | — | — | — | |
| | 8.8 级 | — | — | — | 400 | 320 | — | — | — | — | — | |
| 锚栓 | Q235 钢 | — | — | — | — | — | — | 140 | — | — | — | |
| | Q345 钢 | — | — | — | — | — | — | 180 | — | — | — | |
| 承压型连接高强度螺栓 | 8.8 级 | — | — | — | — | — | — | — | 400 | 250 | — | |
| | 10.9 级 | — | — | — | — | — | — | — | 500 | 310 | — | |
| 构件 | Q235 钢 | — | — | 305 | — | — | 405 | — | — | — | 470 | |
| | Q345 钢 | — | — | 385 | — | — | 510 | — | — | — | 590 | |
| | Q390 钢 | — | — | 400 | — | — | 530 | — | — | — | 615 | |
| | Q420 钢 | — | — | 425 | — | — | 560 | — | — | — | 655 | |

注: 1. A 级螺栓用于 $d \leq 24\text{mm}$ 和 $l \leq 10d$ 或 $l \leq 150\text{mm}$ (按较小值) 的螺栓; B 级螺栓用于 $d > 24\text{mm}$ 或 $l > 10d$ 或 $l > 150\text{mm}$ (按较小值) 的螺栓。 d 为公称直径, l 为螺杆公称长度。

2. A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度, C 级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度, 均应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001) 的要求。

12) 35VB 钢经过热处理后的力学性能应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 35VB 钢经过热处理后的力学性能

| 试样热处理制度 | 抗拉强度 R_m /MPa | 规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa | 断后伸长率 A (%) | 断面收缩率 Z (%) | 冲击吸收能量 A_{kv2} /J |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------------|
| | ≥ | | | | |
| 淬火 870℃ 水冷 回火 550℃ 水冷 | 785 | 640 | 12 | 45 | 55 |

13) 钢材和钢铸件的物理性能指标应按表 1-7 采用。

表 1-7 钢材和钢铸件的物理性能指标

| 弹性模量 $E/(N/mm^2)$ | 剪变模量 $G/(N/mm^2)$ | 线胀系数 α (以每℃计) | 质量密度 $\rho/(kg/m^3)$ |
|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| 206×10^3 | 79×10^3 | 12×10^{-6} | 7850 |

14) 混凝土轴心抗压强度标准值和轴心抗压强度设计值按表 1-8 采用。

表 1-8 混凝土轴心抗压强度标准值和设计值 (单位: N/mm^2)

| 混凝土强度类别 | 混凝土强度等级 | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | C15 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
| 轴心抗压强度标准值 f_{ck} | 10.0 | 13.4 | 16.7 | 20.1 | 23.4 | 26.8 | 29.6 | 32.4 | 35.5 | 38.5 | 41.5 | 44.5 | 47.4 | 50.2 |
| 轴心抗压强度设计值 f_c | 7.2 | 9.6 | 11.9 | 14.3 | 16.7 | 19.1 | 21.1 | 23.1 | 25.3 | 27.5 | 29.7 | 31.8 | 33.8 | 35.9 |

15) 混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c 应按表 1-9 采用。

表 1-9 混凝土弹性模量 (单位: $10^4 N/mm^2$)

| 混凝土强度等级 | C15 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| E_c | 2.20 | 2.55 | 2.80 | 3.00 | 3.15 | 3.25 | 3.35 | 3.45 | 3.55 | 3.60 | 3.65 | 3.70 | 3.75 | 3.80 |

注: 1. 当有可靠试验依据时, 弹性模量值也可根据实测数据确定。

2. 当混凝土中掺有大量矿物掺合料时, 弹性模量可按规定龄期根据实测值确定。

16) 普通钢筋的强度标准值和抗拉或抗压强度设计值, 应按表 1-10 采用。

表 1-10 普通热轧钢筋强度标准值和设计值 (单位: N/mm^2)

| 牌号 | 符号 | 屈服强度标准值 f_{yk} | 极限强度标准值 f_{stk} | 抗拉强度设计值 f_y | 抗压强度设计值 f'_y |
|---------|----------|------------------|-------------------|---------------|----------------|
| HPB300 | Φ | 300 | 420 | 270 | 270 |
| HRB335 | Φ | 335 | 455 | 300 | 300 |
| HRBF335 | Φ^F | | | | |
| HRB400 | Φ | 400 | 540 | 360 | 360 |
| HRBF400 | Φ^F | | | | |
| RRB400 | Φ^R | | | | |
| HRB500 | Φ | 500 | 630 | 435 | 435 |
| HRBF500 | Φ^F | | | | |

17) 计算下列情况的连接时, 表 1-4 和表 1-5 规定的焊缝强度设计值和螺栓连接的强度设计值应乘以表 1-11 中相应的折减系数, 当几种情况同时存在时应连乘。

表 1-11 构件及焊缝和螺栓连接强度设计值的折减系数

| 项次 | 构件和连接情况 | | 折减系数 | |
|----|--------------------|--------------|------------|----------------------------------|
| 1 | 单面连接的单角钢 | 按轴心受力计算强度和连接 | 0.85 | |
| | | 按轴心受压计算稳定性 | 等边角钢 | $0.6 + 0.0015\lambda$, 但不大于 1.0 |
| | | | 短边相连的不等边角钢 | $0.5 + 0.0025\lambda$, 但不大于 1.0 |
| | | | 长边相连的不等边角钢 | 0.70 |
| 2 | 无垫板的单面施焊对接焊缝 | | 0.85 | |
| 3 | 施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉连接 | | 0.90 | |
| 4 | 沉头和半沉头铆钉连接 | | 0.80 | |

注: 1. λ 为长细比, 对中间无连系的单角钢压杆, 应按最小回转半径计算, 当 $\lambda < 20$ 时, 取 $\lambda = 20$ 。

2. 当几种情况同时存在时, 其折减系数应连乘。

第二章

钢结构的连接及计算

- 第一节 焊接连接
- 第二节 普通螺栓连接和高强度螺栓连接
- 第三节 拼接连接
- 第四节 钢结构连接的设计例题

由于焊接技术的不断发展和高强度螺栓连接的不断普及,目前在钢结构中采用的连接方法主要有:焊接连接、螺栓连接。与此对应的连接节点有:焊接连接节点、高强度螺栓连接节点和普通螺栓连接节点,以及混合连接节点,即栓焊连接节点。

对于杆系结构中杆件的相互连接即拼接,通常都采用焊接连接,有时采用普通(C级)螺栓作为安装的临时固定而后进行焊接。

设有支托的剪拉连接,可采用普通(C级)螺栓连接,此时,剪力由支托承担,拉力由普通(C级)螺栓承担。承受拉力的安装连接,也可采用普通(C级)螺栓连接。

第一节 焊接连接

一、焊接连接的形式

1) 焊接连接是建筑钢结构普遍采用的一种连接方法。主要包括以下几种:

- ① 电阻焊。
- ② 接触焊。
- ③ 电弧焊(手工电弧焊、半自动埋弧焊、埋弧焊、气体保护焊)。
- ④ 电渣焊。

2) 按照被连接构件间的相对位置,焊接连接的形式通常可分为:平接、搭接、T形连接和角接连接(图2-1)。这些连接所采用的焊缝形式主要有:

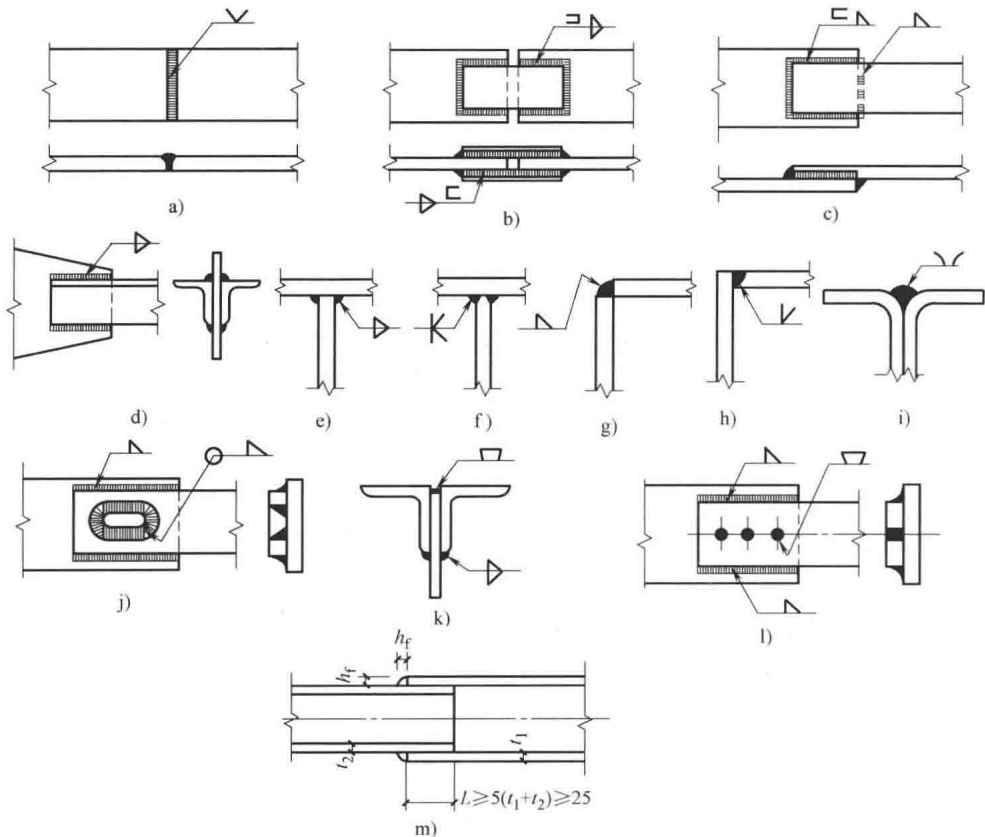


图 2-1 焊接的连接形式

a)、b)、i) 平接 c)、d)、j)、k)、l) 搭接 e)、f) T形连接 g)、h) 角接连接 m) 管材套管连接的搭接焊缝构造图示

① 对接焊缝。

- a. 全焊透的对接焊缝：正焊缝；斜焊缝。
- b. 部分焊透对接焊缝。

② 角焊缝。

- a. 直角角焊缝：正面角焊缝；侧面角焊缝。
- b. 斜角角焊缝。

③ 焊缝的计算厚度 h_e 取值。

a. 全焊透的对接焊缝及对接与角接组合焊缝，采用双面焊时，反面应清根后焊接，其焊缝计算厚度 h_e 对于对接焊缝应为焊接部位较薄的板厚，对于对接与角接组合焊缝（图 2-2），其焊缝计算厚度 h_e 应为坡口根部至焊缝两侧表面（不计余高）的最短距离之和；采用加衬垫单面焊，当坡口形式、尺寸符合《钢结构焊接规范》（GB 50661—2011）中表 A.0.2 ~ 表 A.0.4 的规定时，其焊缝计算厚度 h_e 应为坡口根部至焊缝表面（不计余高）的最短距离。

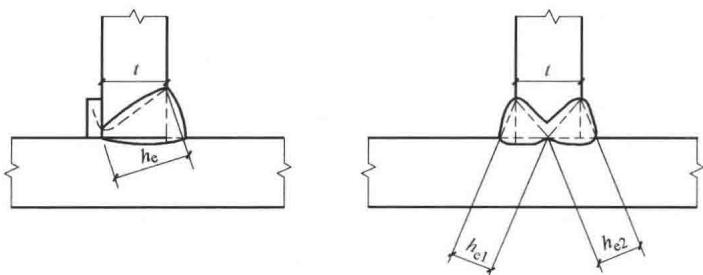


图 2-2 全焊透的对接与角接组合焊缝计算厚度

b. 部分焊透对接焊缝及对接与角接组合焊缝，其焊缝计算厚度 h_e （图 2-3）应根据不同的焊接方法、坡口形式及尺寸、焊接位置对坡口深度 h 进行折减，并应符合表 2-1 的规定。

V 形坡口 $\alpha \geq 60^\circ$ 及 U、J 形坡口，当坡口尺寸符合《钢结构焊接规范》（GB 50661—2011）中表 A.0.5 ~ 表 A.0.7 的规定时，焊缝计算厚度 h_e 应为坡口深度 h 。

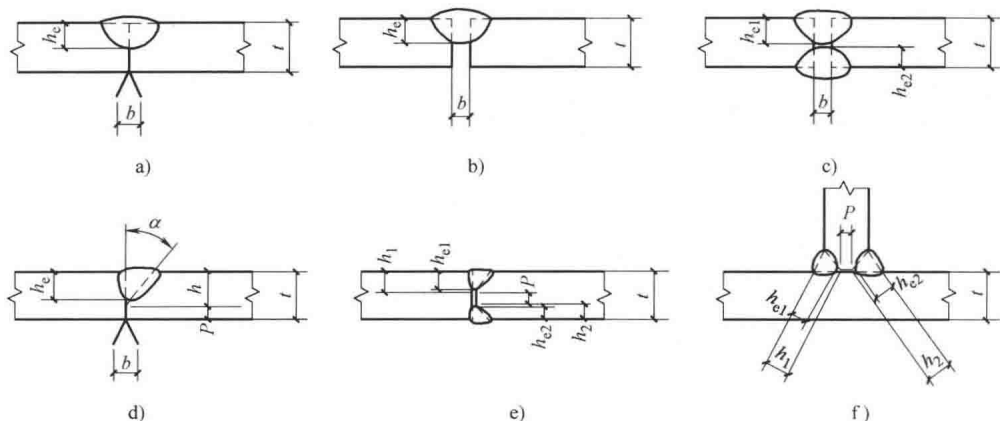


图 2-3 部分焊透的对接焊缝及对接与角接组合焊缝计算厚度