

# 钢结构连接节点设计手册

建筑结构设计手册丛书编委会

李和华 主编

中国建筑工业出版社

# 钢结构连接节点设计手册

建筑结构设计手册丛书编委会

李和华 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本手册是根据现行《钢结构设计规范》(GBJ17-88)、《网架结构设计与施工规程》(JGJ7-91)、《钢筋混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)、《高层建筑钢结构设计与施工规程》等有关规定,并结合近年来国内外工程实践的资料编成。手册内容包括:平面屋盖钢结构连接节点的构造与连接、空间网架结构连接节点的构造与连接、多层及高层钢结构连接节点的构造与连接。重点介绍的是多层及高层钢结构连接节点,以及空间网架钢结构连接节点。连接方法则以焊接、高强度螺栓连接以及其混合连接为主。内容侧重以构造规定、构造图例、计算例题以及计算图表来表达,适合设计、施工、制作、使用参考。

本手册可供建筑结构设计、科研、加工制造、施工安装和教学人员参考。

责任编辑 黎 钟

责任校对 王 莉

### 钢结构连接节点设计手册

建筑结构设计手册丛书编委会

李和华 主编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/16印张: 21 字数: 510 千字

1992年11月第一版 1992年11月第一次印刷

印数: 1—8,100册 定价: 15.00元

ISBN7-112-01716-5/TU·1297




( 6748 )

# 目 录

<p>第一章 钢结构连接节点的基本特性 ..... 1</p> <p>  第一节 概述..... 1</p> <p>  第二节 连接节点的基本特性..... 1</p> <p>第二章 钢结构的连接材料及设计</p> <p>  指标..... 4</p> <p>  第一节 连接材料..... 4</p> <p>  第二节 设计指标..... 5</p> <p>第三章 钢结构的连接 ..... 10</p> <p>  第一节 焊接连接..... 10</p> <p>    一 焊接连接的形式..... 10</p> <p>    二 对接焊缝和角焊缝的连接计算..... 12</p> <p>    三 角钢与钢板、圆钢与钢板、圆钢与圆钢之间的角焊缝连接计算..... 15</p> <p>    四 圆钢管结构中支管与主管或支管与支管的连接焊缝计算..... 17</p> <p>    五 焊接连接的疲劳计算..... 19</p> <p>    六 焊缝连接的构造要求..... 21</p> <p>  第二节 普通螺栓连接和高强度螺栓连接..... 24</p> <p>    一 普通螺栓、锚栓、高强度螺栓的连接计算..... 24</p> <p>    二 普通螺栓或高强度螺栓群的连接计算..... 27</p> <p>    三 普通螺栓和高强度螺栓连接的构件强度计算..... 30</p> <p>    四 普通螺栓和高强度螺栓连接的构造要求..... 31</p> <p>  第三节 拼接连接..... 31</p> <p>    一 钢材的工厂焊接拼接..... 31</p> <p>    二 梁和柱现场安装拼接..... 34</p> <p>  第四节 钢结构的连接设计例题..... 34</p> <p>    【例 3-1】 轧制工字钢梁的焊接拼接连接设计..... 34</p> <p>    【例 3-2】 板件的焊接拼接连接设计..... 36</p> <p>    【例 3-3】 悬伸支承托座(牛腿)与柱的焊接连接设计..... 37</p>	<p>    【例 3-4】 悬伸支托与柱的焊接连接设计..... 38</p> <p>    【例 3-5】 圆钢管结构中支管与主管采用直接焊接的节点连接设计..... 39</p> <p>第四章 平面屋盖结构的连接节点设计..... 40</p> <p>  第一节 普通钢屋架的连接节点设计..... 40</p> <p>    一 角钢屋架连接节点设计..... 41</p> <p>      (一) 设计的基本要求..... 41</p> <p>      (二) 节点构造与计算..... 45</p> <p>    二 圆钢管屋架连接节点设计..... 58</p> <p>      (一) 设计的基本要求..... 58</p> <p>      (二) 节点构造与计算..... 59</p> <p>  第二节 轻型钢屋架的连接节点设计..... 65</p> <p>    一 设计的基本要求..... 65</p> <p>    二 节点构造与计算..... 66</p> <p>  第三节 托架的连接节点设计..... 69</p> <p>  第四节 天窗架连接节点的构造..... 73</p> <p>  第五节 屋盖结构支撑的连接..... 77</p> <p>  第六节 屋架连接节点设计例题..... 81</p> <p>    【例 4-1】 梯形角钢屋架上弦中间节点的连接设计(一)..... 81</p> <p>    【例 4-2】 梯形角钢屋架上弦中间节点的连接设计(二)..... 82</p> <p>    【例 4-3】 梯形角钢屋架下弦中间节点的连接设计..... 83</p> <p>    【例 4-4】 梯形角钢屋架屋脊节点的连接设计..... 84</p> <p>    【例 4-5】 梯形角钢屋架刚性连接支座节点的连接节点设计..... 85</p> <p>    【例 4-6】 屋架铰接支座节点的连接设计..... 87</p> <p>    【例 4-7】 角钢屋架下弦杆的拼接连接设计..... 89</p> <p>第五章 空间网架结构的连接节点</p>
---	---

设计	91
第一节 焊接钢板节点的设计	92
一 焊接钢板节点的主要形式	92
二 焊接钢板节点的构造与计算	94
(一) 十字型板节点的构造与计算	94
(二) 管筒型板节点的构造与计算	98
第二节 焊接空心球节点的设计	99
一 设计的基本要求	100
二 球体承载力及其与杆件的连接	103
第三节 螺栓球节点的设计	104
一 螺栓球节点组合零件的材料选用	105
二 螺栓球节点组合零件的设计	106
(一) 螺栓球体的设计	106
(二) 高强度螺栓的设计	107
(三) 长形六角套筒的设计	111
(四) 锥头和封板的设计	113
(五) 销子和开槽圆柱端紧固螺钉的设计	114
第四节 水雷式螺栓球节点的设计	115
第五节 钢管圆筒节点和钢管鼓节点的设计	116
一 钢管圆筒节点的设计	116
二 钢管鼓节点的设计	118
第六节 网架支座节点的设计	118
一 平板压力支座节点和平板拉力支座节点的设计	118
(一) 平板压力支座节点的设计	118
(二) 平板拉力支座节点的设计	120
二 单面弧形压力支座节点和单面弧形拉力支座节点的设计	121
(一) 单面弧形压力支座节点的设计	121
(二) 单面弧形拉力支座节点的设计	123
三 双面弧形压力支座节点的设计	123
四 球铰压力支座节点的设计	126
五 板式橡胶支座节点的设计	128
第七节 网架连接节点设计例题	133
【例 5-11 两向交叉网架连接节点的设计(角钢杆件十字型节点板)】	133

【例 5-2】 四角锥网架焊接空心球节点的设计	135
【例 5-3】 四角锥网架螺栓球节点的设计	136
【例 5-4】 板式橡胶支座节点的设计	138
第六章 多层及高层钢结构的连接节点设计	140
第一节 概要	140
第二节 梁与梁的拼接连接	141
一 H形(或工字形)截面梁的拼接连接设计	141
(一) 一般要求	141
(二) 连接设计	143
二 箱形截面梁的拼接连接	148
第三节 次梁与主梁的连接	148
一 连接构造	148
二 连接设计	149
第四节 梁的侧向支承和梁腹板开洞的补强	150
第五节 柱与柱的拼接连接	153
一 一般要求	153
二 连接设计	157
第六节 梁与柱的连接	161
一 一般要求	161
二 连接设计	167
(一) 梁与柱的铰接连接	167
(二) 梁与柱的刚性连接	170
第七节 支撑与梁柱的连接	182
一 基本要求	182
二 支撑与梁柱的连接节点形式	183
第八节 柱脚节点设计	187
一 铰接柱脚的设计	188
二 刚性固定柱脚的设计	191
(一) 刚性固定露出式柱脚的设计	191
1. 设计注意事项	191
2. 一般构造要求	191
3. 细部设计计算	194
(二) 刚性固定埋入式柱脚的设计	203
1. 设计注意事项	203
2. 一般构造要求	201
3. 细部设计计算	207

(三) 刚性固定包脚式柱脚的设计	210	4. 普通焊接H形钢规格及截面特性表	272
1. 设计注意事项	210	5. 轻型焊接H形钢规格及截面特性表	275
2. 一般构造要求	210	第三节 连接用紧固件规格尺寸及重量表	276
3. 细部设计计算	211	1. 普通C级六角头螺栓规格及尺寸表	276
第九节 高层钢结构连接节点的抗震设计	213	2. 普通C级1型六角螺母规格及尺寸表	277
第十节 高层钢结构连接节点设计例题	218	3. 普通C级平垫圈规格及尺寸表	277
【例 6-1】 梁与梁的拼接连接节点设计	218	4. 普通A级、B级六角头螺栓规格及尺寸表	278
【例 6-2】 梁与梁的拼接连接节点抗震设计	220	5. 普通A级、B级1型六角螺母规格及尺寸表	279
【例 6-3】 柱与柱的拼接连接节点设计(含抗震设计)	225	6. 普通A级平垫圈、A级平垫圈(倒角型)规格及尺寸表	279
【例 6-4】 次梁与主梁的铰接连接设计	231	7. 钢结构用高强度大六角头螺栓规格、尺寸及重量表	280
【例 6-5】 梁与柱的刚性连接节点设计(含抗震设计)	232	8. 钢结构用高强度大六角螺母规格、尺寸及重量表	281
【例 6-6】 刚性固定露出式柱脚的设计	235	9. 钢结构用高强度垫圈规格、尺寸及重量表	281
第七章 钢结构连接节点设计计算	239	10. 钢结构用扭剪型高强度螺栓规格、尺寸及重量表	282
第一节 型钢规格及截面特性表	239	11. 钢结构用扭剪型高强度螺母规格、尺寸及重量表	283
1. 热轧等边角钢规格及截面特性表	239	12. 钢结构用扭剪型高强度垫圈规格、尺寸及重量表	283
2. 热轧不等边角钢规格及截面特性表	242	13. 标准型弹簧垫圈规格及尺寸表	284
3. 热轧普通工字钢规格及截面特性表	245	14. 轻型弹簧垫圈规格及尺寸表	284
4. 热轧轻型工字钢规格及截面特性表	246	15. 工字钢用方斜垫圈规格、尺寸及重量表	285
5. 热轧宽翼缘H形钢规格及截面特性表	248	16. 槽钢用方斜垫圈规格、尺寸及重量表	285
6. 热轧窄翼缘H形钢规格及截面特性表	250	第四节 型钢孔距规线、连接垫板间距及连接尺寸表	286
7. 热轧普通槽钢规格及截面特性表	251	1. 热轧角钢孔距规线表	286
8. 热轧轻型槽钢规格及截面特性表	252	2. 热轧工字钢孔距规线表	287
9. 普通圆钢管规格及截面特性表	254	3. 热轧槽钢孔距规线表	288
10. 圆钢、方钢和六角钢截面特性表	259	4. 两个热轧等边角钢组合时连接垫板的最大间距表	289
11. 轧制薄钢板规格及尺寸表	261	5. 两个热轧不等边角钢组合时连接垫板的最大间距表	290
12. 轧制厚钢板规格及尺寸表	261	6. 两个热轧槽钢组合时连接垫板的最大间距表	291
第二节 组合截面特性表	262		
1. 两个热轧等边角钢组合(  ) 截面特性表	262		
2. 两个热轧不等边角钢长边相连(  ) 截面特性表	266		
3. 两个热轧不等边角钢短边相连(  ) 截面特性表	268		

7. 热轧普通工字钢的连接尺寸表 .....	291
8. 热轧轻型工字钢的连接尺寸表 .....	292
9. 热轧普通槽钢的连接尺寸表 .....	293
10. 热轧轻型槽钢的连接尺寸表 .....	294
第五节 连接的承载力设计值表 .....	295
1. 每1cm长直角角焊缝的承载力设计值表 .....	295
2. 每1cm长对接焊缝的承载力设计值表 .....	296
3. 两个热轧等边角钢相连的直角角焊缝计算长度选用表 .....	297
4. 两个热轧不等边角钢长边相连时的直角角焊缝计算长度选用表 .....	298
5. 两个热轧不等边角钢短边相连时的直角角焊缝计算长度选用表 .....	299
6. 一个普通C级螺栓的承载力设计值表 .....	300
7. 一个普通A级、B级螺栓的承载力设计值表 .....	301
8. 一个摩擦型高强度螺栓的承载力设计值表 .....	302
9. 一个承压型高强度螺栓的承载力设计值表 .....	304

10. Q235钢、16Mn钢锚栓选用表 .....	306
第六节 型钢拼接连接选用表 .....	308
1. 热轧等边角钢拼接连接选用表 .....	308
2. 热轧不等边角钢拼接连接选用表 .....	310
3. 热轧普通工字钢拼接连接选用表(一) .....	311
4. 热轧普通工字钢拼接连接选用表(二) .....	312
5. 热轧轻型工字钢拼接连接选用表(一) .....	313
6. 热轧轻型工字钢拼接连接选用表(二) .....	314
7. 热轧普通槽钢拼接连接选用表 .....	315
8. 热轧轻型槽钢拼接连接选用表 .....	316
附录 .....	317
附录一 常用结构钢材机械性能 .....	317
附录二 常用焊缝的标注型式 .....	317
附录三 手工电弧焊焊接接头的基本形式与尺寸 .....	320
附录四 埋弧焊焊接接头的基本型式与尺寸 .....	324
主要参考资料 .....	328

# 第一章 钢结构连接节点的基本特性

## 第一节 概 述

1-1 钢结构的连接节点选用的主要型材与结构形式及其所用材料、加工制造和施工安装等有着密切的联系。在连接节点中，通常采用的型材有钢板、角钢、槽钢、圆钢管、方钢管、工字形钢和H形钢等。

1-2 本书述及的连接节点，是指把各种不同形状的杆件（或构件）组成的一个立体的连接结构体。

1-3 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，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）应该是经济的。

1-4 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、高强度螺栓连接和普通螺栓连接。与上述连接方法相对应的连接节点有：焊接连接节点、高强度螺栓连接节点和普通螺栓连接节点，以及采用上述连接方法的混合连接节点。

1-5 对于杆系结构中杆件的相互连接，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。

1-6 对于梁系或实腹式柱结构本身的连接，通常有以下几种：

（1）翼缘和腹板都采用焊接连接。在这种情况下，通常是翼缘采用完全焊透的坡口对接焊缝连接，腹板采用角焊缝连接。

（2）翼缘采用完全焊透的坡口对接焊缝连接，腹板采用摩擦型高强度螺栓连接。在这种情况下，应先将连接腹板的高强度螺栓紧固，而后进行翼缘的焊接。

（3）翼缘和腹板都采用高强度螺栓连接。

## 第二节 连接节点的基本特性

1-7 连接节点的类别，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，可分为刚性连接节点、半刚性连接节点和铰接连接节点。

1-8 作为构件的刚性连接节点，从保持构件原有的力学特性来说，在连接节点处应



保证其原来的完全连续性。象这样的连接节点它将和构件的其它部分一样承受弯矩、剪力和轴心力的作用。如果采用连接节点所能承受的弯矩和相对应的曲率关系来近似地表示刚性连接节点的特性，则如图1-1中的虚线 $0AB$ 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，它具有与构件相同的 $M-\phi$ 关系。

在构件的拼接连接节点中，根据拼接连接所处的位置，有时在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。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。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。但是，在这种情况下，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，而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。对于这样的连接节点，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中的点划线 $0EF$ 所示[刚性连接节点(二)]。

1-9 对于某些连接节点，即使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的低，这样的连接节点称为半刚性连接节点。如果采用弯矩一曲率( $M-\phi$ )关系表示，则有图1-1中的点划线 $0GH$ 表示的(半刚性连接节点)特性。

半刚性连接节点，作为设计的要求一般是不采用的。不过，象这样的连接节点，假如在设计中已经考虑了其刚度的降低，就不是什么特殊的问题。但是，如果不注意到这种刚度的降低，仍错误地按图1-1中所示的刚性连接节点(一)或(二)的特性进行设计，结果将会导致结构产生过大的挠度和变形等。

1-10 铰接连接节点，从理论上来说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，比如柱脚和梁的端部连接(图1-2)。但是在建筑结构中，作为铰接的连接节点，其特性并非完全铰接。如图1-3

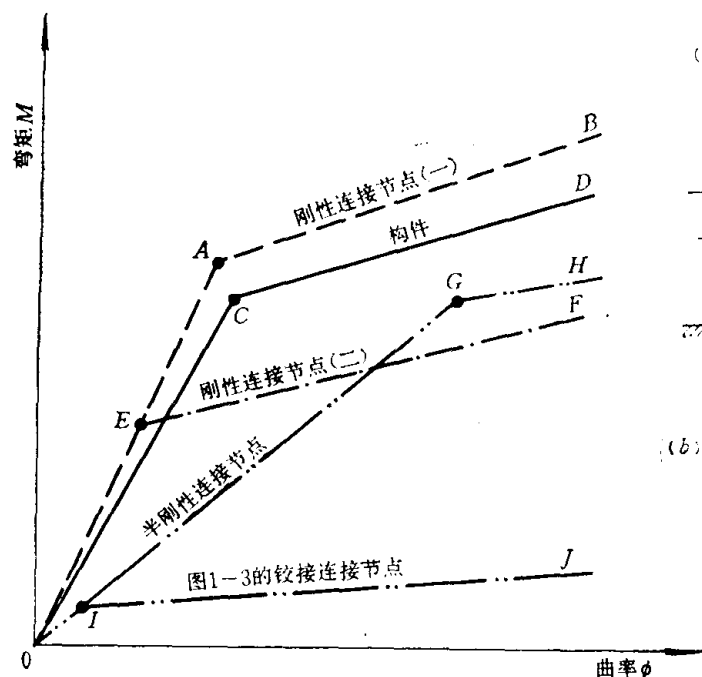


图 1-1 连接节点的特性曲线

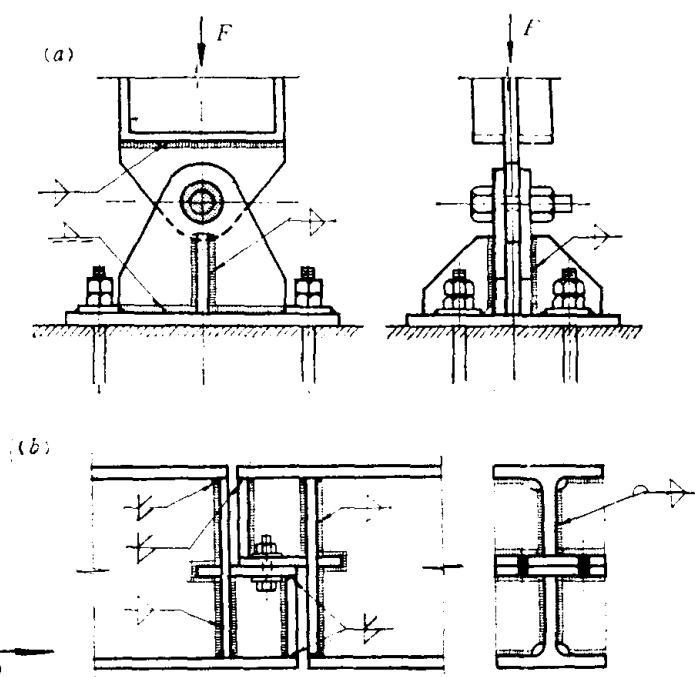


图 1-2 理想铰接连接节点示例  
(a)柱脚的铰接支座；(b)梁端的铰接支座

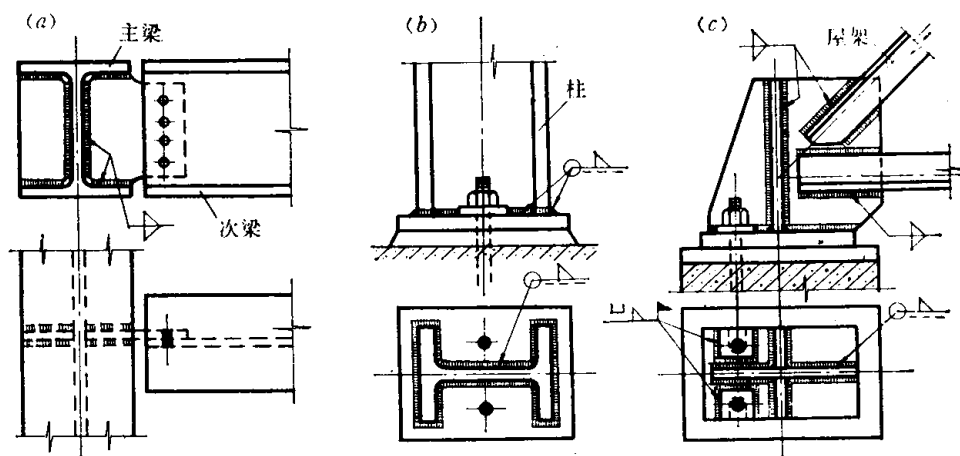


图 1-3 建筑结构常用的铰接连接节点示例

(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

所示的常用的连接节点，其特性如图1-1中的点划线 $0IJ$ 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，因而在工程实际中把它视作铰接连接来处理，这是简便可行的。

1-11 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：

- (1) 连接节点的形式；
- (2) 连接节点的连接方法；
- (3) 连接节点的细部构造及其基本计算式。

为简化计算起见，通常连接节点的设计，一般均按完全刚接或完全铰接来处理。

## 第二章 钢结构的连接材料及设计指标

### 第一节 连接材料

2-1 用作钢结构连接的连接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。

2-2 手工电弧焊应采用符合国家标准《碳钢焊条》(GB5117—85)或《低合金钢焊条》(GB5118—85)规定的焊条。为使经济合理，选择的焊条型号应与构件钢材(主体金属)的强度相适应。选用时，可按下列要求确定：

(1) 对Q235钢焊件宜采用E43××型焊条。

(2) 对16Mn钢或16Mnq钢焊件宜采用E50××型焊条。

(3) 对15MnV钢或15MnVq钢焊件宜采用E55××型焊条。

2-3 自动或半自动埋弧焊应采用与焊件材料强度相适应的焊丝和焊剂。焊丝应符合国家标准《焊接用钢丝》(GB1300—77)的规定。选用时，可按下列要求确定：

(1) 对Q235钢焊件，一般可采用H08、H08A、H08E焊丝配合中锰型、高锰型焊剂，或采用H08Mn、H08MnA焊丝配合无锰型、低锰型焊剂。

(2) 对16Mn钢或16Mnq钢、15MnV或15MnVq钢焊件，可采用H08A、H08E焊丝配合高锰型焊剂，或采用H08Mn、H08MnA焊丝配合中锰型或高锰型焊剂，或采用H10Mn2焊丝配合无锰型或低锰型焊剂。

2-4 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》(GB700—88)规定的Q235钢制成。

2-5 锚栓一般采用符合国家标准《碳素结构钢》(GB700—88)规定的Q235钢制成；当使用条件比较重要时，锚栓钢材可采用符合国家标准《低合金结构钢》(GB1591—88)规定的16Mn钢。

2-6 性能等级为8.8级的高强度螺栓宜采用符合国家标准《优质碳素结构钢技术条件》(GB699—88)规定的45号钢或35号钢制成。

2-7 性能等级为10.9级的高强度螺栓宜采用符合国家标准《合金结构钢技术条件》(GB3077—82)规定的20MnTiB钢或40B钢制成，或采用符合国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角头螺母、垫圈技术条件》(GB1231—84)规定的35VB钢制成。

2-8 高强度螺母和垫圈宜采用45号钢、35号钢或15MnVB钢制成。

2-9 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》(GB1231—84)和国家标准《钢结构用扭转型高强度螺栓连接副技术条件》(GB3633—

83), 高强度螺栓、螺母、垫圈所采用的钢材及其标准、适用规格、螺栓与螺母垫圈的使用组合, 可参照表2-1采用。

高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级、采用钢号、适用规格及使用组合 表 2-1

类别	性能等级	采用钢号	钢材标准	适用规格	使用组合		
					螺母	垫圈	
高强度大六角头螺栓连接副	8.8级	45号钢	GB 699—88	≤M22	8 H	HRC35~45	
		35号钢		≤M16			
	10.9级	20MnTiB钢	GB3077—82	≤M24	10H	HRC35~45	
		40B钢		≤M24			
			35VB钢	GB1231—84	≤M30		
螺母	8 H	35号钢	GB699—88				
	10H	45号钢	GB699—88				
		35号钢	GB3077—82				
垫圈	硬度HRC35~45	45号钢	GB699—88				
		35号钢					
扭转型高强度螺栓连接副	螺栓	10.9级	20MnTiB钢	GB3077—82	≤M24	10H	HRB98~HRC28 HV30 221~274
	螺母	10H	35号钢	GB699—88			
			15MnVB钢	GB3077—82			
垫圈	硬度HRB98~HRC28 HV30 221~274	45号钢	GB699—88				

## 第二节 设计指标

2-10 钢材的强度设计值, 应根据表2-2的分组尺寸按表2-3采用。

钢材的分组尺寸(mm)

表 2-2

组别	钢材的钢号				
	Q235 钢			16Mn钢或16Mnq钢	15MnV钢或15MnVq钢
	圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度	角钢、工字钢和槽钢的厚度	钢板的厚度	钢材的厚度或直径	
第1组	≤40	≤15	≤20	≤16	≤16
第2组	42~100	16~20	21~40	17~25	17~25
第3组		>20	42~50	26~36	26~36
第4组			52~100	38~50	38~50
第5组				52~100	

注: 工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

钢材的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

表 2-3

钢 材			抗拉、抗压和抗弯	抗 剪	端面承压(刨平顶紧)
钢 号	组 别	厚度或直径(mm)	$f$	$f_v$	$f_{ce}$
Q235钢	第1组	52~100	215	125	320
	第2组		200	115	320
	第3组		190	110	320
	第4组		180	105	320
16Mn钢 16Mnq钢	第1组	≤16	315	185	445
	第2组	17~25	300	175	425
	第3组	26~36	290	170	410
	第4组	38~50	270	155	410
	第5组	52~100	250	145	410
15MnV钢 15MnVq钢	第1组	≤16	350	205	450
	第2组	17~25	335	195	435
	第3组	26~36	320	185	415
	第4组	38~50	300	175	415

注：Q235镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值，可按表中的数值增加5%。

2-11 钢铸件的强度设计值按表2-4采用。

钢铸件的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

表 2-4

钢 号	抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗 剪 $f_v$	端面承压(刨平顶紧) $f_{ce}$
ZG200~400	155	90	260
ZG230~450	180	105	290
ZG270~500	210	120	325
ZG310~570	240	140	370

2-12 焊缝的强度设计值按表2-5采用。

焊缝的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

表 2-5

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对 接 焊 缝				角 焊 缝
	钢 号	组 别	抗 压 $f_w^c$	焊缝质量为下列级别时的抗拉和抗弯 $f_w^t$		抗 剪 $f_w^s$	抗拉、抗压 和 抗 剪 $f_w^a$
				I、II级	III级		
自动焊、半 自动焊和用 E43××型焊 条的手工焊	Q235钢	第1组	215	215	185	125	160
		第2组	200	200	170	115	160
		第3组	190	190	160	110	160
		第4组	180	180	150	105	160
自动焊、半 自动焊和用 E50××型焊 条的手工焊	16Mn钢 16Mnq钢	第1组	315	315	270	185	200
		第2组	300	300	255	175	200
		第3组	290	290	245	170	200
		第4组	270	270	230	155	200
		第5组	250	250	210	145	200
自动焊、半 自动焊和用 E55××型焊 条的手工焊	15MnV钢 15MnVq钢	第1组	350	350	300	205	220
		第2组	335	335	285	195	220
		第3组	320	320	270	185	220
		第4组	300	300	255	175	220

注：(1)自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊条的数值。

(2)对接焊缝质量的级别(I级、II级、III级)按标准(GBJ205-83)《钢结构工程施工及验收规范》的规定采用。

2-13 普通螺栓和承压型高强度螺栓连接的强度设计值按表2-6采用。

普通螺栓和承压型高强度螺栓连接的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

表 2-6

螺栓的钢号 (或性能等级) 和构件的钢号	构件钢 材组别	普通螺栓						锚 栓 抗 拉 $f_t^a$	承压型高强度 螺 栓	
		C级螺栓			A级、B级螺栓				抗 剪 $f_t^b$	承 压 $f_t^c$
		抗拉 $f_t^a$	抗剪 $f_t^b$	抗 压 $f_t^c$	抗拉 $f_t^a$	抗 剪 (I类孔) $f_t^b$	抗 压 (I类孔) $f_t^c$			
普通螺栓	Q235钢		170	130			170	170		
锚 栓	Q235钢 16Mn钢							140 180		
承压型高 强度螺栓	8.8级 10.9级								250 310	
构 件	Q235钢	第1~4组			305			400		465
	16Mn钢 16Mnq钢	第1组 第2组 第3~5组			420 400 385			550 530 510		640 615 590
	15MnV钢 15MnVq钢	第1组 第2组 第3~4组			435 420 400			570 550 530		665 640 615

注：孔壁质量属于下列情况者为I类孔：

- (1)在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；
- (2)在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；
- (3)在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

2-14 高强度螺栓、螺母、垫圈经热处理后的机械性能，应符合表2-7的规定。

高强度螺栓、螺母、垫圈经热处理后的机械性能

表 2-7

类 别	性能 等级	钢 号	抗拉强度 $f_t^b$ (N/mm <sup>2</sup> )	屈服强度 $f_y^{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸长率 $\delta_5$ (%)	收缩率 $\psi$ (%)	冲击韧性 $\alpha_k$ (J/cm <sup>2</sup> )	硬 度	附 注
高强度大六角头螺栓连接副	螺栓	8.8级 45号钢 35号钢	830	660	12	45	78	HRC24~31	≤M22 ≤M16
		10.9级 20MnTiB钢 40B钢 35VB钢	1040	940	10	42	59	HRC33~39	≤M24 ≤M24 ≤M30
	螺母	8H 35号钢							与8.8级组合使用
		10H 45号钢 35号钢 15MnVB钢						HRC35~45	与10.9级组合使用
垫圈	硬度	45号钢 35号钢						HRC35~45	
扭转型高强度螺栓连接副	螺栓	10.9级 20MnTiB钢	1040	940	10	42	59	HRC33~39	≤M24
	螺母	10H 35号钢 15MnVB钢						HRB98~ HRC28	与10.9级组合使用
	垫圈	硬度	45号钢					HRC35~45	

2-15 钢材和钢铸件的物理性能指标按表2-8采用。

钢材和钢铸件物理性能指标

表 2-8

弹性模量 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	剪变模量 $G_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	线膨胀系数 $\alpha$ (以每℃计)	质量密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
206 × 10 <sup>9</sup>	79 × 10 <sup>9</sup>	12 × 10 <sup>-6</sup>	7850

2-16 混凝土轴心抗压强度标准值和轴心抗压强度设计值按表2-9采用。

混凝土轴心抗压强度标准值和设计值(N/mm<sup>2</sup>)

表 2-9

类 别	混 凝 土 强 度 等 级							
	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45
轴心抗压强度标准值 $f_{ck}$	6.7	10.0	13.5	17.0	20.0	23.5	27.0	29.5
轴心抗压强度设计值 $f_{cd}$	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	19.5	21.5

2-17 混凝土受压或受拉时的弹性模量 $E_c$ ，应按表2-10采用。

混凝土弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)

表 2-10

混凝土强度等级	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45
弹性模量 $E_c$	1.75 × 10 <sup>4</sup>	2.20 × 10 <sup>4</sup>	2.55 × 10 <sup>4</sup>	2.80 × 10 <sup>4</sup>	3.00 × 10 <sup>4</sup>	3.15 × 10 <sup>4</sup>	3.25 × 10 <sup>4</sup>	3.35 × 10 <sup>4</sup>

2-18 普通热轧钢筋的屈服强度标准值和抗拉或抗压强度设计值，应按表2-11采用。

普通热轧钢筋屈服强度标准值和设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

表 2-11

钢 筋 类 别	屈服强度标准值 $f_{yk}$	强 度 设 计 值	
		抗拉 $f_{yd}$	抗压 $f_{cd}$
I级(A3、AY3)	235	210	201
II级[20MnSi、20MnNb(b)]	$d \leq 25$	310	310
	$d = 28 \sim 40$	290	290
III级(25MnSi)	370	340	340
IV级(40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)	540	500	400

2-19 计算下列情况的连接时，表2-5和表2-6规定的焊缝强度设计值和螺栓连接强度设计值，应乘以表2-12中相应的折减系数；当几种情况同时存在时应连乘。

焊缝和螺栓连接强度设计值的折减系数

表 2-12

项 次	连 接 情 况	折 减 系 数	
1	单面连接的单角钢按轴心受力计算的连接	0.85	
2	施工条件较差的高空安装焊缝	0.90	
3	轻型 钢 结 构	双圆钢拱拉杆的连接	0.85
4		单圆钢压杆和拉杆连接于节点板一侧的焊缝按轴心受力计算时	0.85
5		其它连接	0.95



## 第一节 焊接连接

### 一 焊接连接的形式

3-1 焊接连接是建筑钢结构普遍采用的一种连接方法。常用的焊接方法主要有：

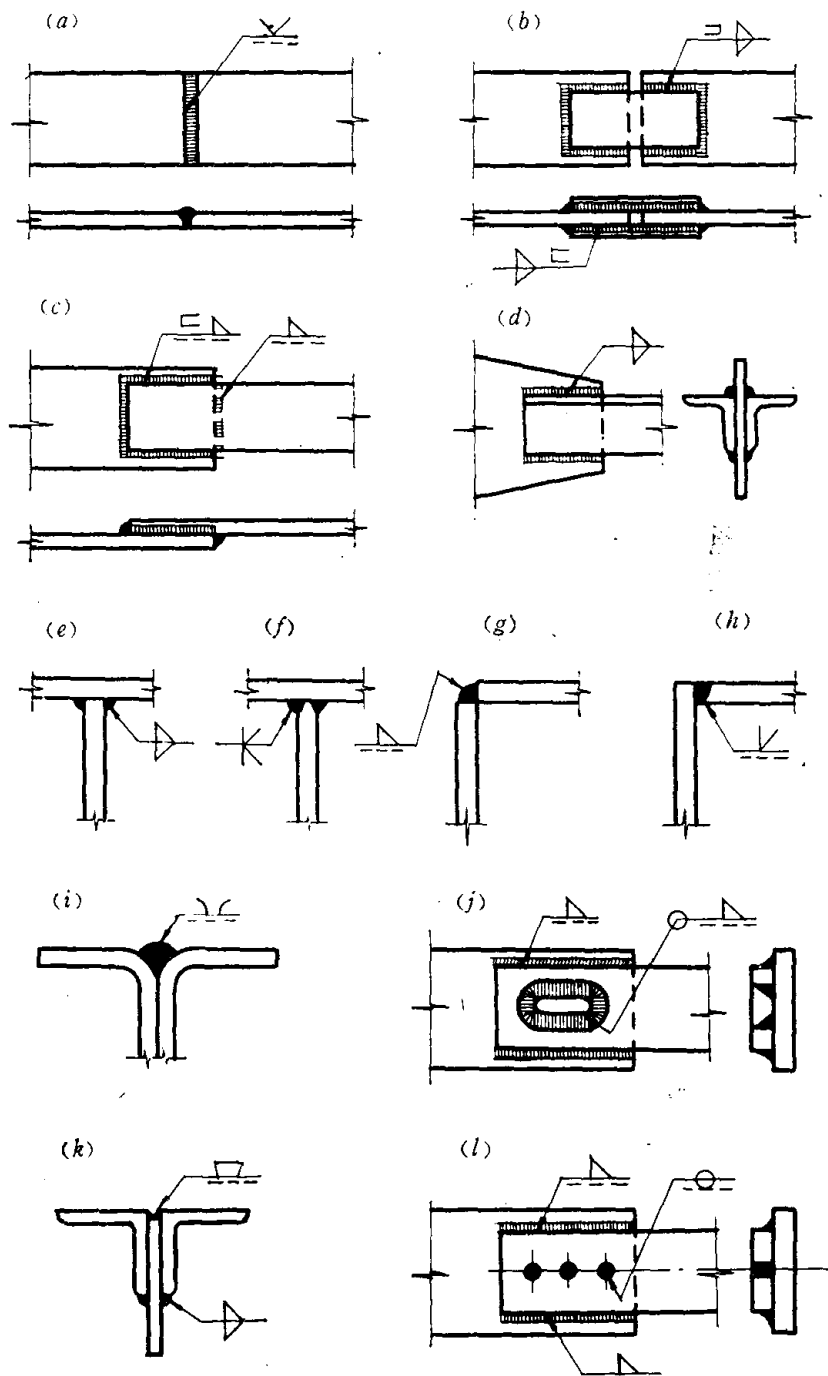


图 3-1 焊接的连接形式

(a)、(b)、(i)平接；(c)、(d)、(j)、(k)、(l)搭接；(e)、(f)T形连接；(g)、(h)角接连接