

钢结构连接节点 设计手册 (第三版)

李星荣 魏才昂 秦 斌◎编著

中国建筑工业出版社

钢结构连接节点设计手册

(第三版)

李星荣 魏才昂 秦 斌 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构连接节点设计手册/李星荣等编著. —3 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-112-16263-5

I. ①钢… II. ①李… 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 (2013) 第 313604 号

本手册 (第三版) 是在第二版的基础上, 根据最新颁布的有关钢结构设计规范、规程等, 结合近年来国内外钢结构工程的实践, 对原手册内容作了很多增、删、插、换、改的工作。内容更加丰富, 使用更为方便。全书包括: 平面屋盖钢结构连接节点、空间钢网架结构连接节点、多层及高层钢结构连接节点、钢管桁架焊接连接节点、门式刚架连接节点。重点仍为多层及高层钢结构连接节点。连接方法以焊接、高强度螺栓连接、高强度螺栓混合连接为主。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。可供建筑结构设计、科研加工厂、施工单位、教学人员参考。

* * *

责任编辑: 赵梦梅
责任设计: 董建平
责任校对: 陈晶晶 关 健

钢结构连接节点设计手册

(第三版)

李星荣 魏才昂 秦 斌 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 32 $\frac{3}{4}$ 字数: 793 千字

2014 年 11 月第三版 2014 年 11 月第十七次印刷

定价: 75.00 元

ISBN 978-7-112-16263-5

(25022)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

本书第一版由李和华主编，李星荣等参加改编。在改编第二版时李和华同志已去世，因此由李星荣、魏才昂、丁峙崐来完成。改编第三版时丁峙崐同志已去世，因此由李星荣、魏才昂、秦斌等同志来完成。

钢结构连接节点的构造设计及其连接计算，不是各自独立而是紧密地相互联系着的。是钢结构整个设计工作中的一个重要环节。连接节点的设计是否得当，对保证钢结构的强度、稳定和变形，对制造安装的质量和进度，对整个建设周期和成本都有着直接的影响。鉴于上述理由，我们根据《钢结构设计规范》GB 50017—2013、《网架结构设计与施工规程》JGJ 7—91、《高层民用建筑钢结构技术规程》GJG 99—12、《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010的有关规定，结合工程实践，吸收近年来国内外科研、设计、施工可资借鉴的成果，编著了这本《钢结构连接节点设计手册》第三版，着重介绍多层及高层钢结构连接节点的构造与设计，以及空间网架结构连接节点的构造与设计。

由于焊接技术的不断发展和高强度螺栓应用的不断普及，本书在连接方法上仅述及焊接连接、高强度螺栓连接或焊接连接再辅以普通螺栓连接；在节点方面主要述及与上述连接方法相对应的焊接连接节点、高强度螺栓连接节点及普通螺栓连接节点和上述方法的混合连接节点。

本书所述及的钢结构连接节点设计的主要内容有：平面屋盖钢结构连接节点的构造与连接、空间钢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。为了提高其使用效能，书中还编入了较多的算例，编制了适合于连接节点设计所需要的计算数据和图表。

本书是建筑结构设计工具书，可供建筑结构设计、科研、加工制造、施工安装人员和高等院校有关专业师生使用和参考。

本书改编，除书面编者而外，还有王柱宏、胡立华同志参与部分校改工作。

本书在编制过程中得到有关方面和同仁们的大力支持和帮助，在此致以衷心感谢。

由于编者水平所限，书中定存在不少缺点和问题，欢迎广大读者批评指正。














目 录

第一章 钢结构连接节点的基本特性	1
第一节 概述	1
第二节 连接节点的基本特性	1
第二章 钢结构的连接材料及设计指标	4
第一节 连接材料	4
第二节 设计指标	5
第三章 钢结构的连接	12
第一节 焊接连接	12
一 焊接连接的形式	12
二 对接焊缝和角焊缝的连接计算	14
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	17
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	19
五 焊接连接的疲劳计算	25
六 焊缝连接的构造要求	26
第二节 普通螺栓连接和高强度螺栓连接	30
一 普通螺栓、锚栓、高强度螺栓的连接计算	30
二 普通螺栓或高强度螺栓群的连接计算	33
三 普通螺栓和高强度螺栓连接的构件强度计算	36
四 普通螺栓和高强度螺栓连接的构造要求	37
第三节 拼接连接	38
一 钢材的工厂焊接拼接	38
二 梁和柱现场安装拼接	40
第四节 钢结构的连接设计例题	41
第四章 平面桁架屋盖结构的节点设计	48
第一节 钢桁架的连接节点设计	48
一 T形截面杆件的屋架节点设计	49
(一) 设计的基本要求	49
(二) 节点构造与计算	54
二 圆钢管桁架节点设计	67
(一) 设计的基本要求	67
(二) 节点构造与计算	69
第二节 三角形钢屋架的节点设计	76
一 设计的基本要求	76
二 节点构造与计算	76

第三节	托架的节点连接设计	80
第四节	天窗架的节点构造	84
第五节	屋盖系统中支撑的连接节点	87
第六节	屋架节点设计示例	91
第五章	钢管桁架结构的焊接节点设计	101
第一节	概述	101
第二节	适用范围	101
一	节点几何形状	101
二	材料	102
三	荷载	102
第三节	设计准则	103
一	基本要求	103
二	焊接桁架梁的设计步骤	104
三	焊接	104
四	节点加固	105
第四节	节点设计承载力表介绍	107
一	总则	107
二	承载力表符号说明	107
第五节	弦杆为圆管的节点设计承载力	110
一	应用范围	110
二	关于承载力表的说明	110
表 5-1	X 形节点设计承载力表 (弦杆和斜腹杆均为圆钢管)	111
表 5-2	T 形、Y 形节点设计承载力表 (弦杆和斜腹杆均为圆钢管)	114
表 5-3	K 形、N 形间隙和叠接节点设计承载力表 (弦杆和斜腹杆均为圆管)	117
表 5-4	弦杆和斜腹杆均为圆钢管的 T 形、Y 形、X 形及间隙节点, 以弦杆冲切设计承载力为依据的斜腹杆设计承载力表	121
第六节	弦杆为矩形管的节点	121
一	应用范围	121
二	有关表的说明	122
表 5-5	T 形、Y 形、X 形节点设计承载力表 (弦杆、斜腹杆均为方形管)	124
表 5-6	T 形、Y 形、X 形节点设计承载力表 (弦杆、斜腹杆均为矩形管)	127
表 5-8	K 形、N 形间隙节点设计承载力表 (弦杆、斜腹杆均为方形管)	132
表 5-9	K 形、N 形间隙节点设计承载力表 (弦杆、斜腹杆均为矩形管)	136
表 5-11	K 形、N 形搭接节点斜腹杆设计承载力表 (弦杆为方形管、斜腹杆为方形管)	142
表 5-12	K 形、N 形搭接节点斜杆设计承载力表 (弦杆、斜腹杆均为矩形管) ($b_i > h_i$)	146
表 5-13	K 形、N 形搭接节点斜杆设计承载力表 (弦杆、斜腹杆均为矩形管 $b_i > h_i$)	149
第六章	空间网架结构的连接节点设计	158
第一节	空间网架类型及连接节点设计	158
第二节	焊接钢板节点的设计	159
一	焊接钢板节点的主要形式	159

二 焊接钢板节点的构造与计算	161
(一) 十字型板节点的构造与计算	161
(二) 管筒型板节点的构造与计算	166
第三节 焊接空心球节点的设计	166
一 设计的基本要求	167
二 球体承载力及其与杆件的连接	171
第四节 螺栓球节点的设计	172
一 螺栓球节点组合零件的材料选用	173
二 螺栓球节点组合零件的设计	173
(一) 螺栓球体的设计	173
(二) 高强度螺栓的设计	174
(三) 长形六角套筒的设计	178
(四) 锥头和封板的设计	181
(五) 销子和开槽圆柱端紧固螺钉的设计	182
第五节 水雷式螺栓球节点的设计	183
第六节 钢管圆筒节点和钢管鼓节点的设计	184
一 钢管圆筒节点的设计	184
二 钢管鼓节点的设计	186
第七节 网架支座节点的设计	186
一 平板压力支座节点和平板拉力支座节点的设计	187
(一) 平板压力支座节点的设计	187
(二) 平板拉力支座节点的设计	189
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	190
(一) 单面弧形压力支座节点的设计	190
(二) 单面弧形拉力支座节点的设计	192
三 双面弧形压力支座节点的设计	192
四 球铰压力支座节点的设计	195
五 板式橡胶支座节点的设计	197
第八节 网架连接节点设计例题	202
第七章 门式刚架结构连接节点设计	210
第一节 门式刚架的形式	210
第二节 门式刚架节点设计	211
第三节 门式刚架的柱脚和牛腿	213
第四节 门式刚架及节点设计实例	215
第八章 多层及高层钢结构的连接节点设计	236
第一节 概要	236
第二节 梁与梁的拼接连接	237
一 H形(或工字形)截面梁的拼接连接设计	237
(一) 一般要求	237
(二) 连接设计	239

二	箱形截面梁的拼接连接	244
第三节	次梁与主梁的连接	245
一	连接构造	245
二	连接设计	245
第四节	梁的侧向支承和梁腹板开洞的补强	247
第五节	柱与柱的拼接连接	249
一	一般要求	249
二	连接设计	254
第六节	梁与柱的连接	258
一	一般要求	258
二	连接设计	258
(一)	梁与柱的铰接连接	258
(二)	梁与柱的刚性连接	267
第七节	支撑与梁柱的连接	280
一	基本要求	280
二	支撑与梁柱的连接节点形式	282
第八节	柱脚节点设计	286
一	铰接柱脚的设计	286
二	刚性固定柱脚的设计	289
(一)	刚性固定外露式柱脚的设计	289
(二)	刚性固定埋入式柱脚的设计	302
(三)	刚性固定外包式柱脚的设计	309
第九节	高层钢结构连接节点的抗震设计	313
第十节	高层钢结构连接节点设计例题	321
第十一节	钢结构连接节点三维设计简介	346
第九章	钢结构连接节点设计计算用表	365
第一节	型钢规格及截面特性表	365
1.	热轧等边角钢规格及截面特性表 表 9-1	365
2.	热轧不等边角钢规格及截面特性表 表 9-2	368
3.	热轧普通工字钢规格及截面特性表 表 9-3	371
4.	热轧轻型工字钢规格及截面特性表 表 9-4	372
5.	热轧宽、中、窄翼缘 H 型钢规格及截面特性表 表 9-5	373
6.	热轧 H 型钢桩规格及截面特性表 表 9-6	375
7.	普通焊接 H 型钢规格及截面特性表 表 9-7	376
8.	轻型焊接 H 型钢规格及截面特性表 表 9-8	380
9.	高频焊接轻型 H 型钢规格及截面特性表 表 9-9	381
10.	热轧普通槽钢规格及截面特性表 表 9-10	382
11.	热轧轻型槽钢规格及截面特性表 表 9-11	383
12.	冷弯薄壁等边角钢规格及截面特性表 表 9-12	385
13.	冷弯卷边等边角钢规格及截面特性表 表 9-13	386
14.	冷弯薄壁槽钢规格及截面特性表 表 9-14	387

15. 冷弯卷边槽钢规格及截面特性表 表 9-15	388
16. 冷弯卷边 Z 形钢规格及截面特性表 表 9-16	389
17. 冷弯斜卷边 Z 形钢规格及截面特性表 表 9-17	390
18. 薄壁矩形钢管规格及截面特性表 表 9-18	391
19. 焊接薄壁圆钢管规格及截面特性表 表 9-19	392
20. 焊接圆钢管规格及截面特性表 表 9-20	394
21. 热轧无缝钢管规格及截面特性表 表 9-21	395
22. 常用不锈钢材料规格表 表 9-22	398
23. 热轧圆钢、方钢规格及截面特性表 表 9-23	399
24. 压型钢板规格及截面特性表 表 9-24	400
25. 轧制薄钢板规格及尺寸表 表 9-25	402
26. 轧制厚钢板规格及尺寸表 表 9-26	402
27. 花纹钢板规格及重量表 表 9-27	403
第二节 组合截面特性表	404
1. 两个热轧等边角钢 () 组合截面特性表 表 9-28	404
2. 两个热轧不等边角钢长边相连 () 组合截面特性表 表 9-29	408
3. 两个热轧不等边角钢短边相连 () 组合截面特性表 表 9-30	412
4. 四个热轧等边角钢 ( 和 ) 组合截面特性表 表 9-31	416
5. 四个热轧不等边角钢短肢相连 () 组合截面特性表 表 9-32	423
6. 两个热轧普通槽钢 ( 和 ) 组合截面特性表 (一) 表 9-33	430
7. 两个热轧普通槽钢 ( 和 ) 组合截面特性表 (二) 表 9-34	432
8. 两个热轧轻型槽钢 ( 和 ) 组合截面特性表 (一) 表 9-35	436
9. 两个热轧轻型槽钢 ( 和 ) 组合截面特性表 (二) 表 9-36	438
10. 常用组合截面回转半径近似值表 表 9-37	441
第三节 连接用紧固件规格尺寸及重量表	442
1. 普通 C 级六角头螺栓规格及尺寸表 表 9-38	442
2. 普通 C 级 1 型六角螺母规格及尺寸表 表 9-39	443
3. 普通 C 级平垫圈规格及尺寸表 表 9-40	443
4. 普通 A、B 级六角头螺栓规格及尺寸表 表 9-41	444
5. 普通 A、B 级 1 型六角螺母规格及尺寸表 表 9-42	445
6. 普通 A 级平垫圈、A 级平垫圈 (倒角型) 规格及尺寸表 表 9-43	445
7. 钢结构用高强度大六角头螺栓规格、尺寸及重量表 表 9-44	446
8. 钢结构用高强度大六角螺母规格、尺寸及重量表 表 9-45	447
9. 钢结构用高强度垫圈规格、尺寸及重量表 表 9-46	447
10. 钢结构用扭剪型高强度螺栓规格、尺寸及重量表 表 9-47	448
11. 钢结构用扭剪型高强度螺母规格、尺寸及重量表 表 9-48	449
12. 钢结构用扭剪型高强度垫圈规格、尺寸及重量表 表 9-49	449
13. 标准型弹簧垫圈规格及尺寸表 表 9-50	450
14. 轻型弹簧垫圈规格及尺寸表 表 9-51	450

15. 工字钢用方斜垫圈规格、尺寸及重量表 表 9-52	451
16. 槽钢用方斜垫圈规格、尺寸及重量表 表 9-53	451
17. 胀锚螺栓特性及构造要求 表 9-54 ~ 表 9-56	452
18. 圆柱焊钉规格及尺寸表 表 9-57	455
第四节 型钢孔距规线、连接垫板间距及连接尺寸表	455
1. 热轧角钢孔距规线表 表 9-58	455
2. 热轧工字钢孔距规线表 表 9-59	456
3. 热轧槽钢孔距规线表 表 9-60	457
4. 两个热轧等边角钢组合时连接垫板的最大间距表 表 9-61	458
5. 两个热轧不等边角钢组合时连接垫板的最大间距表 表 9-62	459
6. 两个热轧槽钢组合时连接垫板的最大间距表 表 9-63	460
7. 热轧普通工字钢的连接尺寸表 表 9-64	460
8. 热轧轻型工字钢的连接尺寸表 表 9-65	462
9. 热轧普通槽钢的连接尺寸表 表 9-66	463
10. 热轧轻型槽钢的连接尺寸表 表 9-67	464
第五节 连接的承载力设计值表	465
1. 每 1cm 长直角角焊缝的承载力设计值表 表 9-68	465
2. 每 1cm 长对接焊缝的承载力设计值表 表 9-69	466
3. 两个热轧等边角钢相连的直角角焊缝计算长度选用表 表 9-70	467
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 表 9-71	468
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 表 9-72	469
6. 一个普通 C 级螺栓连接的承载力设计值表 表 9-73	470
7. 一个普通 A 级、B 级螺栓连接的承载力设计值表 表 9-74	471
8. 一个摩擦型高强度螺栓连接的承载力设计值表 表 9-75	472
9. 一个承压型高强度螺栓连接的承载力设计值表 表 9-76	474
10. Q235 钢 Q345 钢锚栓选用表 表 9-77	476
11. 钢格板承载力标准值表 表 9-78	480
第六节 型钢拼接连接选用表	481
1. 热轧等边角钢拼接连接选用表 表 9-79	481
2. 热轧不等边角钢拼接连接选用表 表 9-80	483
3. 热轧普通工字钢拼接连接选用表 (一) 表 9-81	484
4. 热轧普通工字钢拼接连接选用表 (二) 表 9-82	485
5. 热轧轻型工字钢拼接连接选用表 (一) 表 9-83	486
6. 热轧轻型工字钢拼接连接选用表 (二) 表 9-84	487
7. 热轧普通槽钢拼接连接选用表 表 9-85	488
8. 热轧轻型槽钢拼接连接选用表 表 9-86	489
9. 梁与梁和梁与柱用螺栓铰接连接参考尺寸表 表 9-87	490
10. 梁与梁和梁与柱翼缘用坡口对焊, 腹板用高强度螺栓摩擦型 刚性连接参考尺寸表 表 9-88	491
11. H 型钢支撑斜杆用高强度螺栓摩擦型刚性连接参考尺寸表 表 9-89	492
12. 框架梁与柱 (梁) 相连时节点连接件选用表 表 9-90	493

13. 次梁与主梁相连时节点连接件选用表 表 9-91	494
附录	495
1. 常用焊缝的标注形式	495
2. 手工电弧焊焊接接头的基本形式与尺寸	498
3. 埋弧焊焊接接头的基本形式与尺寸	502
4. 钢管桁架节点设计承载力计算公式及应用范围	507
主要参考资料	511

124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

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、工字型钢、H型钢、剖分T型钢、冷弯薄壁型钢以及焊接箱形钢等。

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)组成的一个平面或立体的连接结构实体。

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明确,安全可靠;
- (2) 确保连接节点有足够的强度和刚度;当有抗震设防时,节点的承载力应按有关规定大于杆件(梁、柱、斜杆)的承载力。
- (3) 节点加工简单、施工安装方便;
- (4) 应该是经济合理的。

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,即栓焊连接节点。但在同一连接接头中高强度螺栓连接不应与普通螺栓连接混用,承压型高强度螺栓连接不应与焊接混用。

1-5 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。

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,腹板采用高强度螺栓摩擦型连接。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。

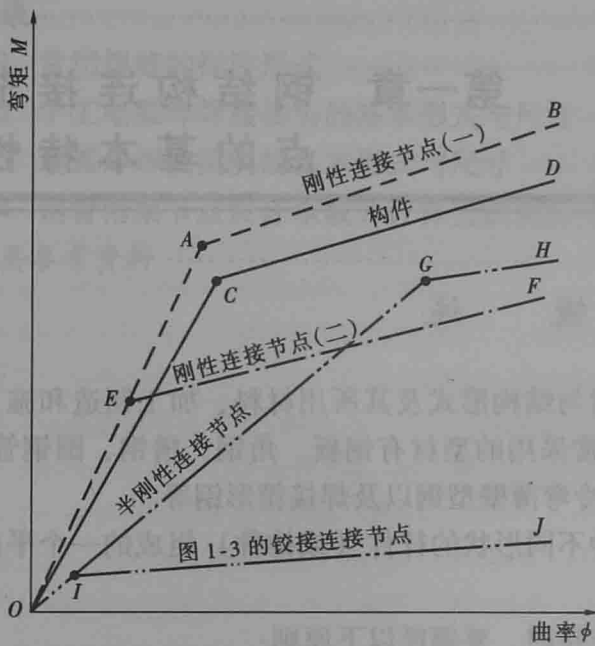


图 1-1 连接节点的特性曲线

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。这样的连接节点将和构件的其他部分一样承受弯矩、剪力和轴力的作用。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 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,如图 1-1 中的实线 OCD 所示。

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 OEF 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-曲率($M-\phi$)关系表示,则有图 1-1 中的点划线 OGH 表示的“半刚性连接节点”的特性。

半刚性连接节点,作为设计的要求一般是不采用的。不过,像这样的连接节点,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。在节点设计时,设计人员应根据具体情况、灵活运用。

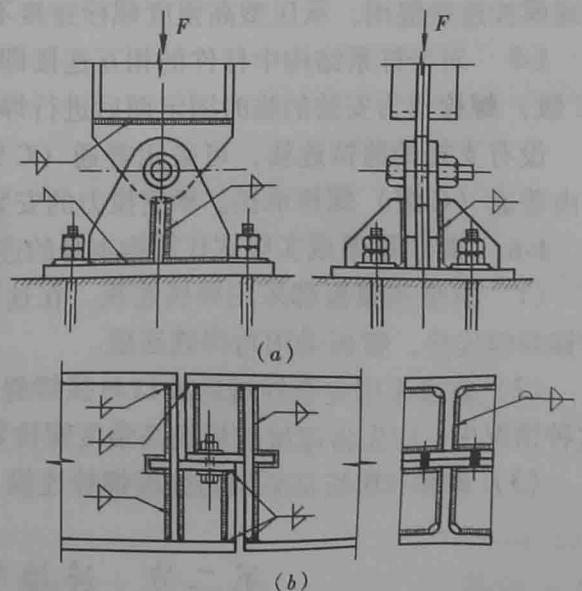


图 1-2 理想铰接连接节点示例

(a) 柱脚的铰接支座; (b) 梁端的铰接支座

1-10 铰接连接节点，从理论上讲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 中的点划线 *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，并不会降低杆件的承载能力。

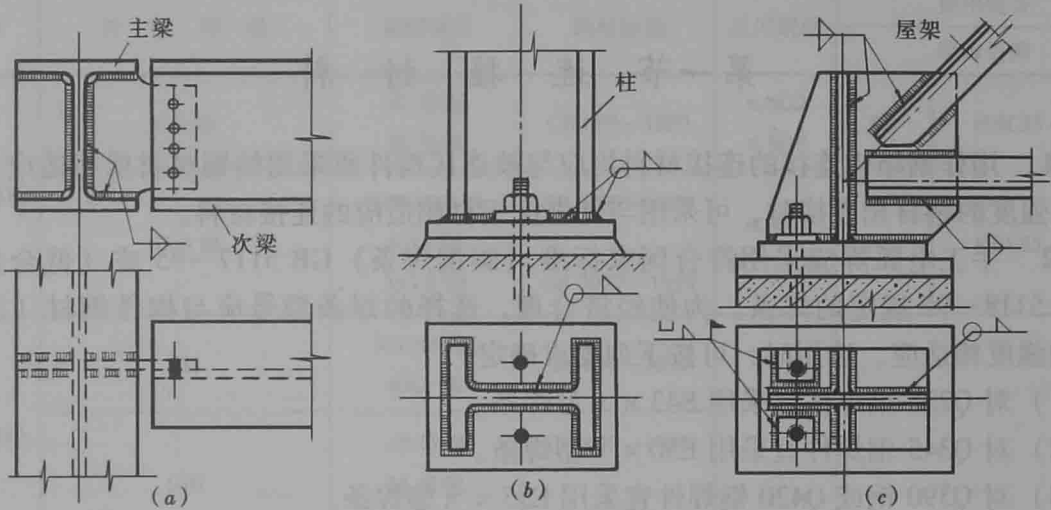


图 1-3 建筑结构常用的铰接连接节点示例

(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

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（手工计算和程序计算），一般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，相反对个别杆件的安全储备是有一定好处的，但在设计中均不予以考虑。

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》GB 5117—95 或《低合金钢焊条》GB 5118—95 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 Q345 钢焊件宜采用 E50 × × 型焊条。
- (3) 对 Q390 钢或 Q420 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《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、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493 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 Q345 钢、Q390 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。

(3) 对直接承受动力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。

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《碳素结构钢技术条件》GB/T 700—88 规定的 Q235 钢制成。

2-5 锚栓采用符合国家标准《碳素结构钢技术条件》GB/T 700—88 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—94 规定的 Q345 钢制作。

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》GB/T 699—1999 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》GB 3077—1999 规定的 20MnTiB、40B 钢或 35VB 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、垫圈与技术条件》GB/T 1228—2006 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 Q345 钢制成。

2-9 根据国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角头螺母、垫圈技术条件》GB/T 1228—2006 和国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T 3632—2008，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、采用钢材牌号和钢号、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—1999	≤ M22	8H	HRC35 ~ 45
		35 号钢		≤ M16		
	10.9 级	20MnTiB 钢	GB 3077—1999	≤ M24	10H	HRC35 ~ 45
		40Cr 钢	GB 3077—1999	M27 ~ 36		
		35VB 钢				
	螺母	8H	35CrMo 钢	GB 699—1999		
40Cr 钢						
10H		45 号钢	GB 699—1999			
	35 号钢	GB 3077—1999				
	Q345 钢					
垫圈	硬度 HRC35 ~ 45	45 号钢	GB 699—1999			
扭剪型高强度螺栓连接副	10.9 级	20MnTiB 钢	GB 3077—1999	≤ M24	10H	HRB98 ~ HRC28 HV30 221 ~ 274
	10H	35 号钢	GB 699—1999			
		15MnVB 钢	GB 3077—1999			
垫圈	硬度 HRB98 ~ HRC28 HV30 221 ~ 274	45 号钢	GB 699—1999			

第二节 设计指标

2-10 钢材的设计用强度指标值，应根据钢材牌号、厚度按表 2-2 采用。

钢材的设计用强度指标值 (N/mm²) 表 2-2

钢材 牌号	钢材厚度 或直径 (mm)	强度设计值			钢材强度	
		抗拉、抗压、 抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}	屈服强度 f_y	抗拉强度 最小值 f_u
碳素 结构钢	≤ 16	215	125	320	235	370
	> 16, ≤ 40	205	120		225	
	> 40, ≤ 100	200	115		215	

续表

钢材 牌号	钢材厚度 或直径 (mm)	强度设计值			钢材强度		
		抗拉、抗压、 抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}	屈服强度 f_y	抗拉强度 最小值 f_u	
低合金 高强度 结构钢	Q345	≤ 16	300	175	400	345	470
		$> 16, \leq 40$	295	170		335	
		$> 40, \leq 63$	290	165		325	
		$> 63, \leq 80$	280	160		315	
		$> 80, \leq 100$	270	155		305	
	Q390	≤ 16	345	200	415	390	490
		$> 16, \leq 40$	330	190		370	
		$> 40, \leq 63$	310	180		350	
		$> 63, \leq 100$	295	170		330	
	Q420	≤ 16	375	215	440	420	520
		$> 16, \leq 40$	355	205		400	
		$> 40, \leq 63$	320	185		380	
		$> 63, \leq 100$	305	175		360	
	Q460	≤ 16	410	235	470	460	550
		$> 16, \leq 40$	390	225		440	
		$> 40, \leq 63$	355	205		420	
		$> 63, \leq 100$	340	195		400	

注：1. 表中直径指实芯棒材，厚度系指计算点的钢材或钢管壁厚度，对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

2. 冷弯型材和冷弯钢管，其强度设计值应按国家现行规范《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用。

2-11 铸钢件的强度设计值应按表 2-3 采用。

铸钢件的强度设计值 (N/mm^2)

表 2-3

钢 号	铸件厚度 (mm)	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}
ZG230-450	≤ 100	180	105	290
ZG270-500		210	120	325
ZG310-570		240	140	370
ZG230-450H	≤ 100	180	105	290
ZG275-480H		210	120	310
ZG300-500H		235	135	325
ZG390-550H		265	150	355

注：表中强度设计值仅适用于本表规定的厚度。