ICS 29.240
P 62
备案号：J1119-2020

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5442 - 2020

代替 DL / T 5442 - 2010

输电线路杆塔制图和构造规定

Regulation for drawing and detail of steel supporting structures of overhead transmission line

2020-10-23 发布　　2021-02-01 实施

国家能源局　发布

中华人民共和国电力行业标准

输电线路杆塔制图和构造规定

Regulation for drawing and detail of steel supporting structures of overhead transmission line

DL/T 5442-2020

代替 DL/T 5442-2010

主编部门：电力规划设计总院
批准部门：国 家 能 源 局
施行日期：2021年2月1日

中国计划出版社

2020 北 京

国 家 能 源 局

公 告

2020 年 第 5 号

国家能源局批准《水电工程生态流量实时监测系统技术规范》等 502 项能源行业标准(附件 1)、《Series Parameters for Horizontal Hydraulic Hoist(Cylinder)》等 35 项能源行业标准英文版(附件 2),现予以发布。

附件:1. 行业标准目录

2. 行业标准英文版目录

国家能源局

2020 年 10 月 23 日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
……							
347	DL/T 5442-2020	输电线路杆塔制图和构造规定	DL/T 5442-2010		中国计划出版社	2020-10-23	2021-02-01
……							

前　言

根据《国家能源局关于印发2017年能源领域行业标准制(修)订计划及英文版翻译出版计划的通知》(国能综通科技〔2017〕52号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结近年来铁塔和钢管杆的设计、制造、安装等方面的经验,并在广泛征求意见的基础上,对《输电线路铁塔制图和构造规定》DL/T 5442-2010(以下简称"原标准")进行了修订。

本标准主要技术内容有:总则、术语和符号、一般规定、图例及代号、图纸内容、杆塔分段和构件编号、杆塔构造等。

本次修订的主要技术内容是:

1. 对原标准中的铁塔构造、组合构件、钢管结构等章节内容进行了整合;

2. 调整了螺栓无扣长度,增加了单螺母带一垫、一薄螺母的图例;

3. 补充了构件流水号大于99的编号方案;

4. 补充了大规格角钢的准线及螺栓布置要求;

5. 完善了钢管塔的相关规定。

本标准自实施之日起,替代《输电线路铁塔制图和构造规定》DL/T 5442-2010。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业电网设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计标准化管理中心(地址:北京市西城区安德路65号,邮编:100120,邮箱:bz_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位：中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

本标准参编单位：电力规划总院有限公司
中国电力工程顾问集团有限公司
中国电力科学研究院有限公司

本标准主要起草人员：韩大刚　尹　鹏　李　正　郭跃明
黄　兴　王　劲　李　力　肖洪伟
邓安全　杨　洋　周建军　赵雪灵
辜良雨　刘洪昌　刘翔云　韩军科
鄢秀庆　杨靖波　朱彬荣　蒋　锐

本标准主要审查人员：段松涛　黄　彭　罗义华　张　健
王虎长　包永忠　何　江　刘　玮
李占岭　阎　涛　应建国　杨　云
王登科　赵庆斌　张启瑞　何永祥

目　　次

1　总　　则 …… (1)
2　术语和符号 …… (2)
2.1　术语 …… (2)
2.2　符号 …… (2)
3　一般规定 …… (4)
3.1　图纸幅面 …… (4)
3.2　图标 …… (5)
3.3　比例 …… (5)
3.4　计量单位 …… (5)
3.5　线型 …… (6)
3.6　尺寸 …… (6)
3.7　构件标志 …… (7)
4　图例及代号 …… (9)
5　图纸内容 …… (15)
5.1　总图 …… (15)
5.2　结构图 …… (15)
5.3　杆塔说明 …… (18)
6　杆塔分段和构件编号 …… (19)
6.1　杆塔分段 …… (19)
6.2　构件编号 …… (19)
7　杆塔构造 …… (20)
7.1　一般要求 …… (20)
7.2　角钢结构 …… (22)
7.3　钢管结构 …… (32)

7.4 其他 …… (35)
附录A 常用表格形式 …… (37)
附录B 杆塔和基础连接形式 …… (40)
附录C 杆塔结构常用节点形式 …… (44)
附录D 常用带颈法兰参数 …… (48)
附录E 常用角钢参数表 …… (50)
附录F 螺栓及螺母尺寸 …… (54)
本标准用词说明 …… (56)
引用标准名录 …… (57)
附:条文说明 …… (59)

Contents

1 General provisions ····· (1)
2 Terms and symbols ····· (2)
2.1 Terms ····· (2)
2.2 Symbols ····· (2)
3 General requirements ····· (4)
3.1 Drawing format ····· (4)
3.2 Icon ····· (5)
3.3 Scale ····· (5)
3.4 Unit of measurement ····· (5)
3.5 Linetype ····· (6)
3.6 Dimension ····· (6)
3.7 Member mark ····· (7)
4 Diagram and symbols ····· (9)
5 Drawing content ····· (15)
5.1 General drawing ····· (15)
5.2 Structural drawing ····· (15)
5.3 Tower description ····· (18)
6 Tower segmentation and member number ····· (19)
6.1 Tower segmentation ····· (19)
6.2 Member number ····· (19)
7 Detail of steel supporting structures ····· (20)
7.1 General requirements ····· (20)
7.2 Steel angle structure ····· (22)
7.3 Steel tube structure ····· (32)

7.4 Others ····· (35)
Appendix A Common forms of tables ····· (37)
Appendix B Connection types of tower and foundation ····· (40)
Appendix C Common joint types of tower structures ··· (44)
Appendix D Common neck flange parameters ····· (48)
Appendix E Common steel angle parameters ····· (50)
Appendix F Bolt and nut processing dimensions ····· (54)
Explanation of wording in this standard ····· (56)
List of quoted standards ····· (57)
Addition: Explanation of provisions ····· (59)

1 总　　则

1.0.1 为了在输电线路杆塔结构设计中贯彻执行国家的基本建设方针和技术经济政策，做到安全可靠、先进适用、经济合理、资源节约、环境友好，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建输电线路杆塔的钢结构部分。

1.0.3 杆塔制图和构造除应执行本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 定位轴线　　positioning axis

在构图中用于确定杆件相对位置的定位线。

2.1.2 角钢准线　　angle alignment

沿角钢轴向通过螺栓中心的线。

2.1.3 角钢准距　　angle alignment distance

角钢准线距角钢背的垂直距离，通常分单排准距、双排准距和多排准距。

2.1.4 负头　　the distance between the end of member and the intersection of member positioning axis

杆件端头距定位轴线交点的距离。

2.1.5 切角　　corner cut

为满足铁塔构造要求切去角钢部分肢尖。

2.1.6 切肢　　limb cut

为满足铁塔构造要求切去角钢部分肢背。

2.1.7 铲背　　chip heel

为保证角钢连接紧密，将内贴角钢背棱角部分铲为光滑圆弧形。

2.1.8 清根　　arc shoveled

为保证角钢连接紧密，将外包角钢根部弧形刨成直角。

2.1.9 预拱　　pre-camber

为防止安装后铁塔横担下倾而将横担端头预抬高一定距离。

2.2 符　　号

b——角钢肢宽；

t——角钢肢、板或钢管厚度；

d——螺栓、钢管或圆钢直径；

d_0——螺栓孔径；

g_1、g_2、g_3——角钢准距；

g_g——角钢重心距；

r——角钢根部圆弧半径；

i——截面回转半径。

3 一般规定

3.1 图纸幅面

3.1.1 设计图纸的标准幅面，应符合表 3.1.1、图 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 图纸规格(mm)

基本幅面代号	0	1	2	3	4	5
$b\times l$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
c	10			5		
a	25					

注：5 号图幅仅用于编制手册。

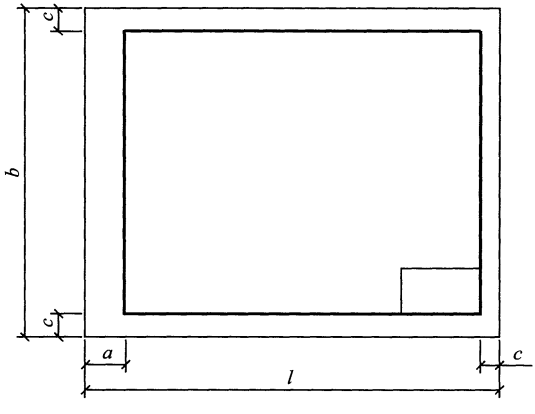


图 3.1.1 图框示意图

3.1.2 0 号、1 号、2 号、3 号图幅可按 $l/8$ 的倍数加长。

3.1.3 杆塔图宜采用 1 号或小于 1 号的图幅，同册图纸宜以一种规格的图幅为主。

3.2 图　　标

3.2.1　图标可分设计图标、竣工图标以及会签图标等。

3.3 比　　例

3.3.1　绘图比例宜按表 3.3.1 采用。

表 3.3.1　绘图比例

图　　名	常 用 比 例
单线图	1∶100　1∶150　1∶200　1∶300
结构图	1∶10　1∶20　1∶25　1∶30
详图	1∶5　1∶10

注：角钢杆件图面宽度不宜小于 3mm。

3.3.2　详图应注明采用的比例，如图 3.3.2 所示。

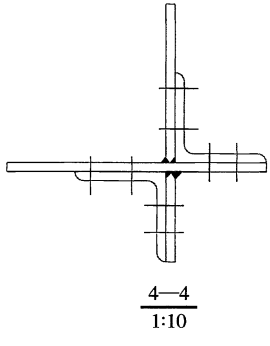


图 3.3.2　详图示意图

3.4 计 量 单 位

3.4.1　设计图纸中涉及数量的数字，应采用阿拉伯数字，计量单位应符合中华人民共和国法定计量单位的规定。

3.4.2　图纸上标注的尺寸，应以毫米(mm)为单位。

3.5 线　　型

3.5.1　图纸上各种线型应符合表 3.5.1 的规定。

表 3.5.1　线型

名称	线　　型	线宽 (mm)	一 般 用 途
粗实线	———————	0.3	结构图中可见的轮廓线
中实线	———————	0.2	单线图、总图
虚线	— — — — — —	0.2	结构图中不可见的轮廓线
点划线	——— · ——— · ———	0.15	中心线、对称线、准线、定位轴线
剖断线	———————	0.15	断开界线
制弯线	-- ⌒ -- -- -- -- ⌒ --	0.15	角钢火曲、钢板火曲

3.6 尺　　寸

3.6.1　尺寸界线，应采用 45°短斜线或小黑圆点表示。

3.6.2　结构的几何尺寸宜采用相似形标注，如图 3.6.2 所示。

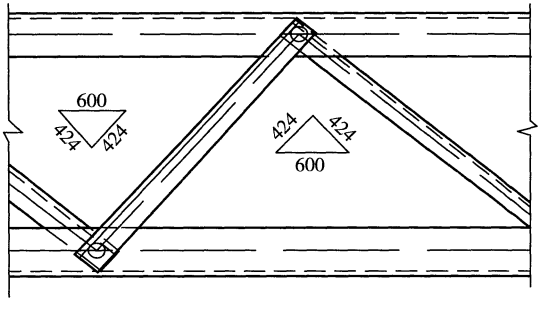


图 3.6.2　结构几何尺寸标注

3.6.3　角钢非标准准距、螺栓的非标准间距及负头应标注，标准距离可不标注，如图 3.6.3 所示。

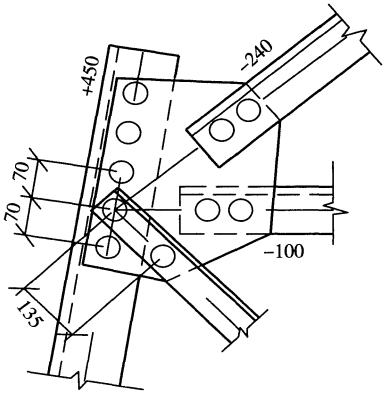


图 3.6.3　负头及螺栓间距标注示意图

3.6.4　杆件负头应以“＋”“－”表示伸长或缩短，如图 3.6.3 所示。

3.7　构件标志

3.7.1　总图及结构图中的段号，宜采用直径 10mm 的单圆圈表示。

3.7.2　结构图中的构件编号，主材宜采用直径 14/12mm 的双圆圈，其他构件宜采用直径 8mm 的单圆圈表示。

3.7.3　型钢应采用钢材牌号＋标注代号表示，Q235 钢可不标注钢材牌号，标注代号见表 4.0.1。

3.7.4　螺栓应采用“M”＋规格表示，同时注明数量。同一位置有不同规格的螺栓时，应分别标注。

3.7.5　法兰代号表示应符合下列规定：

1　刚性法兰：宜采用“F”＋代号表示；

2　柔性法兰：宜采用“FR”＋代号表示；

3　锻造法兰：宜采用“FD”＋代号表示。

3.7.6　插板代号表示应符合下列规定：

1　“T”形插板：宜采用“T”＋代号表示；

2 “[”形插板：宜采用“C”＋代号表示；

3 “U”形插板：宜采用“U”＋代号表示；

4 “十”字形插板：宜采用“X”＋代号表示。

3.7.7 杆件标识宜平行其长度方向放置，板件标识宜水平放置。构件较多时，可采用引出线指向被标注的构件。

4 图例及代号

4.0.1 型钢标注方法应符合表 4.0.1 的规定。

表 4.0.1 型钢标注方法

序号	名称	截面	标注代号	说明
1	等边角钢		$\llcorner b\times t$	b 为肢宽，t 为肢厚
2	不等边角钢		$\llcorner B\times b\times t$	B 为长肢宽，b 为短肢宽，t 为肢厚
3	工字钢		I N,Q I N	轻型工字钢时加注 Q 字，N 为工字钢型号
4	槽钢		[N,Q [N	轻型槽钢时加注 Q 字，N 为槽钢型号
5	扁钢		$-b\times t$	—
6	钢板		$-t$	—
7	圆钢		ϕd	—
8	钢管		$\phi d\times t$	d 为钢管外径，t 为管壁厚
9	薄壁方钢管		B□ $a\times t$	薄壁型钢时加注 B 字
10	薄壁等肢角钢		B$\llcorner b\times t$	

4.0.2 螺栓、脚钉、垫圈图例及规格宜按表 4.0.2-1～表 4.0.2-3 的规定执行，螺栓尺寸示意如图 4.0.2 所示。

表 4.0.2-1　螺栓图例及规格表

级别	单帽螺栓(带一垫、一扣紧螺母)					单帽螺栓(带一垫、一薄螺母)					双帽螺栓(带一垫)				
	规格	符号	通过厚(mm)	无扣长 l_g(mm)	质量(kg)	规格	符号	通过厚(mm)	无扣长 l_g(mm)	质量(kg)	规格	符号	通过厚(mm)	无扣长 l_g(mm)	质量(kg)
4.8级	M12×35	●	7～11	9	0.0660	M12×40	●	7～11	9	0.0736	M12×45	●	7～11	9	0.0858
	M12×40	●	12～16	14	0.0704	M12×45	●	12～16	14	0.0781	M12×50	●	12～16	14	0.0903
	M12×45	●	17～22	19	0.0747	M12×50	●	17～22	19	0.0826	M12×55	●	17～22	19	0.0948
4.8级或6.8级	M16×40	◪	7～12	9	0.1442	M16×45	◪	7～12	9	0.1685	M16×50	◪	7～12	9	0.1875
	M16×50	◪	13～22	15	0.1602	M16×55	◪	13～22	15	0.1847	M16×60	◪	13～22	15	0.2039
	M16×60	⊠	23～32	25	0.1762	M16×65	⊠	23～32	25	0.2009	M16×70	◪	23～32	25	0.2203
	M16×70	◪	33～42	35	0.1922	M16×75	◪	33～42	35	0.2172	M16×80	◪	33～42	35	0.2369
	M16×80	⊠	43～52	45	0.2080	M16×85	⊠	43～52	45	0.2335	M16×90	◪	43～52	45	0.2527
6.8级	M20×45	○	9～15	11	0.2701	M20×55	○	9～15	11	0.3275	M20×65	○	9～15	11	0.3728
	M20×55	∅	16～25	18	0.2953	M20×65	∅	16～25	18	0.3529	M20×75	○	16～25	18	0.3987
	M20×65	⊠	26～35	28	0.3205	M20×75	⊠	26～35	28	0.3783	M20×85	○	26～35	28	0.4246
	M20×75	∅	36～45	38	0.3457	M20×85	∅	36～45	38	0.4037	M20×95	○	36～45	38	0.4504

续表 4.0.2-1

级别	单帽螺栓(带一垫、一扣紧螺母)					单帽螺栓(带一垫、一薄螺母)					双帽螺栓(带一垫)				
	规格	符号	通过厚(mm)	无扣长 l_g(mm)	质量(kg)	规格	符号	通过厚(mm)	无扣长 l_g(mm)	质量(kg)	规格	符号	通过厚(mm)	无扣长 l_g(mm)	质量(kg)
6.8级	M20×85		46～55	48	0.3709	M20×95		46～55	48	0.4292	M20×105	○	46～55	48	0.4763
	M20×95		56～65	58	0.3961	M20×105		56～65	58	0.4546	M20×115	○	56～65	58	0.5022
	M20×105		66～75	68	0.4213	M20×115		66～75	68	0.4800	M20×125	○	66～75	68	0.5281
8.8级	M24×55	◎	13～20	15	0.4631	M24×65	◎	13～20	15	0.5557	M24×75	◎	13～20	15	0.6278
	M24×65		21～30	23	0.5000	M24×75		21～30	23	0.5928	M24×85	◎	21～30	23	0.6655
	M24×75		31～40	33	0.5368	M24×85		31～40	33	0.6299	M24×95	◎	31～40	33	0.7033
	M24×85		41～50	43	0.5737	M24×95		41～50	43	0.6669	M24×105	◎	41～50	43	0.741
	M24×95		51～60	53	0.6105	M24×105		51～60	53	0.7040	M24×115	◎	51～60	53	0.7787
	M24×105		61～70	63	0.6473	M24×115		61～70	63	0.7410	M24×125	◎	61～70	63	0.8165
	M24×115		71～80	73	0.6842	M24×125		71～80	73	0.7781	M24×135	◎	71～80	73	0.8541
	M24×130		81～95	83	0.7375	M24×140		81～95	83	0.8337	M24×150	◎	81～95	83	0.9074

注：1 受剪单帽螺栓配一帽、一垫和一薄螺母或配一帽、一垫和一扣紧螺母，扣紧螺母和薄螺母作为防松措施，在同一塔型不应同时采用两种形式；

2 表中 M12、M16、M20 螺栓采用的垫圈厚度为 3mm，M24 螺栓采用的垫圈厚度为 4mm。

表 4.0.2-2　脚钉图例及规格表

脚　钉			
规格	符号	质量(kg)	无扣长(mm)
M16×180	正面  侧面 	0.4067	120
M16×240		0.5014	160
M20×200		0.7265	120
M20×260		0.8745	160
M24×240		1.2691	120
M24×300		1.4822	160

注：1　塔身主材设置有防坠落导轨等需要加长脚钉的装置时，脚钉应采用长度较大的规格；

2　脚钉配双帽和一垫。

表 4.0.2-3　垫圈图例及规格表

垫　圈				
规格	符号	质量 (kg)	内径 (mm)	外径 (mm)
−3(φ13.5)	规格×个数	0.00728	13.5	24
−4(φ13.5)		0.00971		
−3(φ17.5)		0.01211	17.5	31
−4(φ17.5)		0.01615		
−3(φ22)		0.01637	22	37
−4(φ22)		0.02183		
−3(φ26)		0.02331	26	44
−4(φ26)		0.03108		

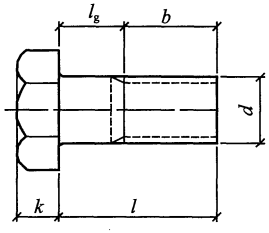


图 4.0.2　螺栓尺寸示意图

4.0.3　椭圆形螺栓孔可采用 $\phi b \times a$ 标识，如图 4.0.3 所示。

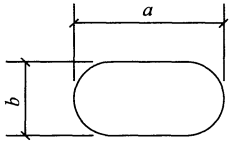


图 4.0.3　椭圆螺孔示意图

4.0.4　除螺栓孔外，其余孔可按 ϕd 孔标识，d 为孔径，宜在引线下说明功能，如图 4.0.4 所示。



图 4.0.4　孔标识示意图

4.0.5　焊接构件的焊缝应按现行国家标准《焊缝符号表示法》GB/T 324 及《建筑结构制图标准》GB/T 50105 的有关规定执行。

4.0.6　单线图中的构件接头宜按图 4.0.6 所示方法表示。

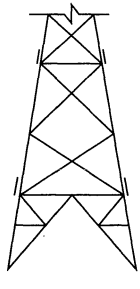


图 4.0.6　分段示意图

4.0.7 结构图中剖面符号可按图 4.0.7 所示方法表示。

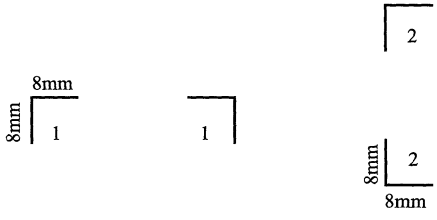


图 4.0.7 剖面符号表示图

5 图纸内容

5.1 总　　图

5.1.1 总图应包含单线图、材料汇总表及必要的说明。

5.1.2 单线图宜以最高呼称高为基准，布置于总图的左边，由左向右按呼称高递减连续布置其他接身接腿。塔身正侧面宽度不同或结构布置不同时，应分别绘制正、侧面；转角塔宜按右转布置。

5.1.3 扶梯、走道、平台、电梯井筒等附属设施位置应在单线图上标识。

5.1.4 材料汇总表宜放在总图右侧，应按结构图分段和呼称高分别统计，格式参考本标准附录A表A.0.1、表A.0.2。

5.1.5 扶梯、走道、平台、电梯井筒等附属设施宜制作独立的材料汇总表。

5.1.6 材料汇总表中材料类别、牌号和规格宜按如下顺序排列：

1 类别：钢管、角钢、钢板、圆钢、槽钢、工字钢、法兰、拉线、拉线金具、螺栓、脚钉、垫圈等；

2 牌号：Q460、Q420、Q355、Q235；

3 螺栓级别：4.8级、6.8级、8.8级、10.9级；

4 规格：钢管、角钢规格按从大到小排列，其他构件按从小到大排列。

5.1.7 总图中应标注脚钉等攀爬设施的安装方位。

5.2 结　构　图

5.2.1 结构图应包含分段单线图、构件组装图、材料明细表及必要的说明。

5.2.2 分段单线图比例宜为1∶100，放在结构图的左上角，并应

标注上、下口宽，垂直高，准距差等尺寸以及段号和上接段号，如图5.2.2所示；正、侧面尺寸或构件布置不同时，应同时绘制正、侧面单线图。

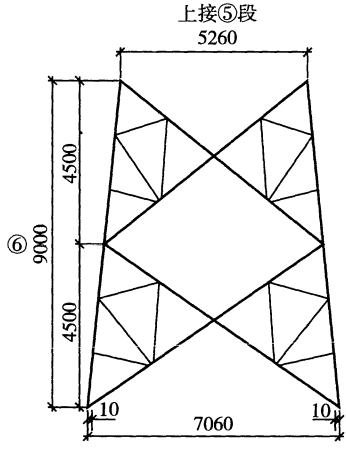


图 5.2.2　分段单线图

5.2.3　需预拱的水平横担单线图，预拱前的轮廓用虚线表示，预拱后用实线表示，如图5.2.3所示；结构图以预拱后的尺寸绘制。

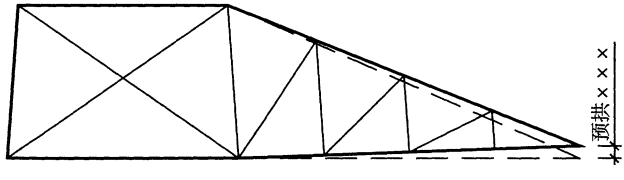


图 5.2.3　水平横担预拱单线图

5.2.4　结构组装图绘制应符合下列规定：

1　水平横担、支架结构图应绘制正面，上、下平面，必要的剖面和详图；正、背面结构不同应分别绘制。正面，上、下平面和背面按图5.2.4-1展开法绘制；

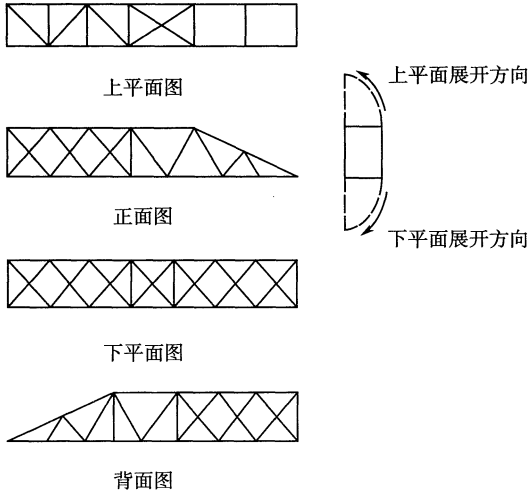


图 5.2.4-1　水平横担、支架结构展开图

2　身部、腿部结构图应绘制正面、必要的剖面和详图；正、侧面或正、背面结构不同应分别绘制。正、侧面按图 5.2.4-2 展开法绘制；

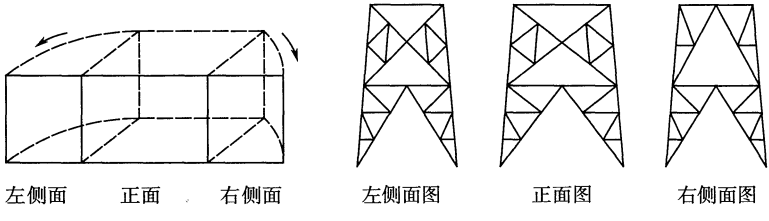


图 5.2.4-2　身部、腿部结构展开图

3　扶梯、走道、平台、电梯井筒等附属设施宜单独绘制结构图；

4　接头的螺栓数量计入节点板或包角钢所在段内。

5.2.5　材料明细表应包含以下内容：

1　构件明细表及螺栓、脚钉、垫圈明细表宜放在结构图右侧，格式参考本标准附录 A 表 A.0.3、表 A.0.4；

2　构件需火曲、切角、切肢、压扁、铲背、清根和焊接等应在构件明细表中注明。

5.3　杆塔说明

5.3.1　杆塔说明应包含加工统一说明和施工统一说明。

5.3.2　加工统一说明应包含杆塔加工遵循的标准、焊接要求、角钢准线、螺栓边距表和螺栓、脚钉、垫圈规格表等内容。

5.3.3　施工统一说明应包含杆塔组立和架线应遵循的标准、安装荷载限值、架线顺序、螺栓扭矩值等内容。

6 杆塔分段和构件编号

6.1 杆塔分段

6.1.1 结构图宜按支架、横担、塔身、塔腿分段绘制。

6.2 构件编号

6.2.1 结构图中除螺栓、法兰、插板、脚钉、垫圈等标准件外，所有构件均应编号。

6.2.2 构件编号顺序：由下向上、由左到右、先主材后其他构件，由正面到侧面，最后剖面。

6.2.3 只绘制正面图时，正面和背面的构件编号不同，应在编号圆圈内注明“前”“后”或“Q”“H”字样。

6.2.4 构件编号宜连续，不宜出现空号或编号后加 A、B 情况。

6.2.5 构件编号为“段号”+“流水号”。流水号不大于 99 时用两位数表示；当大于 99 时，段号和流水号之间加“—”。

7 杆塔构造

7.1 一般要求

7.1.1 杆塔构造应符合结构计算假定，使结构受力简单明确、传力可靠，减小偏心和应力集中，并便于制作、运输、安装和维护。

7.1.2 杆件应以定位轴线构图，受力材定位轴线宜交于一点。

7.1.3 构件接头不在节点处时，接头位置应位于规格较小的一侧并尽量靠近节点。

7.1.4 热镀锌构件长度不宜超过 12m，宽度不宜超过 2m。∟100 及以下的角钢构件长度不宜超过 9m。

7.1.5 横担悬臂部分超过 3m 应预拱，预拱值可取横担悬臂长度的 1/75～1/150。

7.1.6 火曲构件的选择顺序宜为连接板、短构件、长构件，火曲线与连接件边缘距离宜为 10mm。

7.1.7 所有构件(含挂点金具)应结合螺栓布置、加劲板设置等校核碰撞情况。

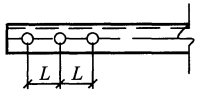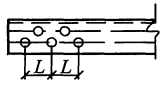
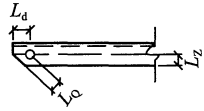
7.1.8 螺栓应符合下列规定：

1 螺栓布置应充分考虑安装要求，避免出现螺栓安装困难、螺栓与相邻构件相碰等问题；

2 受力构件连接螺栓直径不宜小于 16mm。当连接螺栓数量较多时宜按多排(二排或三排)布置，螺栓的标准间距、标准边距应符合表 7.1.8-1 的规定；

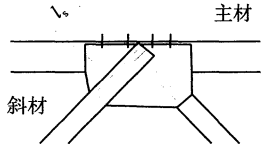
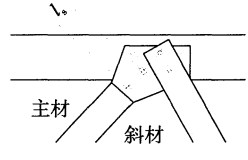
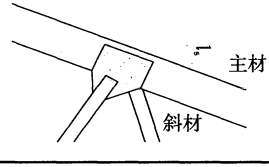
3 螺栓中心距应符合表 7.1.8-2 的规定。

表 7.1.8-1　螺栓标准间距、标准边距表(mm)

螺栓直径	构件孔径	间距		边距		
		单排间距 L	双排间距 L	顺力方向 L_d	垂直力方向 L_z	斜交方向 L_Q
						
M12	13.5	40	60	20	≥17	≥18
M16	17.5	50	80	25	≥21	≥23
M20	21.5	60	100	30	≥26	≥28
M24	25.5	80	120	40	≥31	≥33

注：受拉控制的主材顺力方向边距 L_d 不应小于 2 倍螺栓直径。

表 7.1.8-2　螺栓中心距

名称	最大中心距 l_s（取两者的较小值）	最大中心距 l_s 图例	备注
螺栓中心距	$16d$ 或 $24t$		主、斜材位于连接板不同侧
	$8d$ 或 $12t$		主、斜材位于连接板同侧
	$16d$ 或 $24t$		斜材直接通过螺栓与主材相连

注：1　螺栓最小中心距取 $2.5d$；

2　d 为螺栓直径，t 为外层较薄板的厚度。

7.1.9 法兰螺栓孔径应为螺栓直径加 2mm～3mm，其余螺栓孔径应为螺栓直径加 1.5mm。

7.1.10 板件不宜出现凹角，当不可避免时，凹角应倒圆角，圆角半径不应小于板厚。

7.2 角钢结构

7.2.1 斜材与主材定位轴线相交方式，应按下列方法确定：

1 斜材和辅助材的定位轴线宜采用单排准线；

2 主材连接布置单排螺栓时，主材定位轴线宜采用单排准线，如图 7.2.1-1 所示；

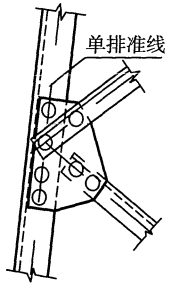


图 7.2.1-1 主材单排螺栓

3 主材连接布置双排或多排螺栓时，主材定位轴线宜采用第一排准线，如图 7.2.1-2 所示；

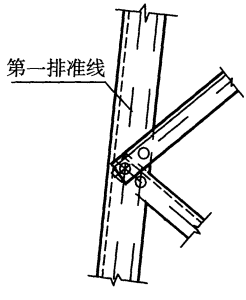


图 7.2.1-2 主材双排螺栓

4 十字双角钢和四角钢主材定位轴线宜采用中心线，T 形双角钢主材定位轴线宜采用第一排准线和中心线，如图 7.2.1-3 和图 7.2.1-4 所示。

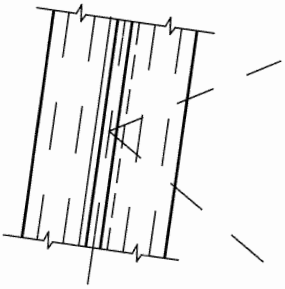


图 7.2.1-3　十字双角钢和四角钢主材定位轴线

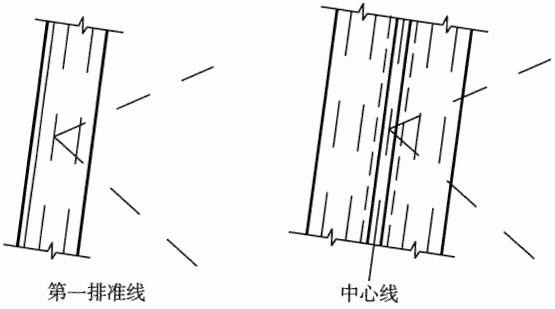


图 7.2.1-4　T 形双角钢主材定位轴线

7.2.2　斜材与主材定位轴线交点应按下列方法确定：

1　多根斜材的定位轴线宜交于主材定位轴线上同一点；

2　主材接头设置在节点上时，上、下段斜材的定位轴线宜交于各自主材定位轴线上（如铁塔瓶口、塔身变坡处），如图 7.2.2 所示；

3　铁塔与基础只采用地脚螺栓连接时，主材和斜材的定位轴线交点宜在塔脚板的上平面；当既采用地脚螺栓，又采用插入角钢

连接时，主材和斜材的定位轴线交点宜在塔脚板的下平面。

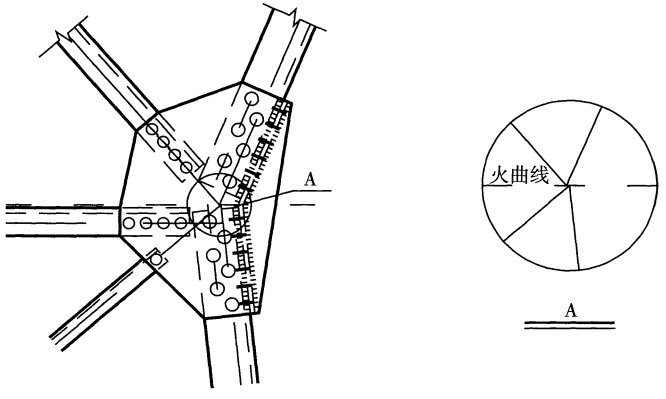


图 7.2.2　节点处准线构图示意

7.2.3　斜材或辅助材宜直接与主材或斜材连接。

7.2.4　角钢准距取值应按下列方法确定：

1　角钢准距宜按表 7.2.4-1 取值；

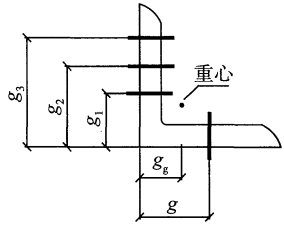
2　单肢连接的主材角钢准距宜按表 7.2.4-2 取值。

表 7.2.4-1　角钢准距表(mm)

角钢规格	内圆弧半径	单排准距	双排准距		三排准距			重心距
		g	g_1	g_2	g_1	g_2	g_3	g_g
∟40	5	20	—	—	—	—	—	10
∟45	5	23	—	—	—	—	—	10
∟50	5.5	25(28)	—	—	—	—	—	15
∟56	6	28(32)	—	—	—	—	—	15
∟63	7	30(36)	—	—	—	—	—	15
∟70	8	35(40)	—	—	—	—	—	20
∟75	9	38(40)	—	—	—	—	—	20
∟80	9	40	—	—	—	—	—	20
∟90	10	45	—	—	—	—	—	25

续表 7.2.4-1

角钢规格	内圆弧半径	单排准距	双排准距		三排准距			重心距
		g	g_1	g_2	g_1	g_2	g_3	g_g
∟100	12	50	—	—	—	—	—	25
∟110	12	55	45	75	—	—	—	30
∟125	14	60	50	85	—	—	—	30
∟140	14	70	55	90	—	—	—	35
∟160	16	80	60	105	—	—	—	40
∟180	16	90	65	120	—	—	—	45
∟200	18	100	75	135	—	—	—	50
∟220	21	110	85	150	85	125	165	60
∟250	24	125	100	175	100	145	190	70
∟280	26	140	115	200	115	160	205	80
∟300	28	150	125	215	125	170	215	85



注：1　特殊情况时，可根据实际结构改变角钢准距；

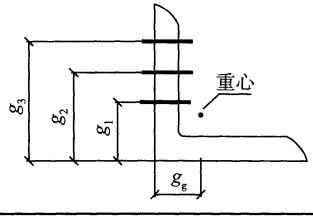
2　括号内数值为其他构件与本角钢搭接而螺栓边距不足时采用。

表 7.2.4-2　单肢连接主材角钢准距表(mm)

角钢规格	内圆弧半径	单排准距	双排准距		三排准距			重心距
		g	g_1	g_2	g_1	g_2	g_3	g_g
∟40	5	20	20	—	—	—	—	10
∟45	5	23	23	—	—	—	—	10

续表 7.2.4-2

角钢规格	内圆弧半径	单排准距	双排准距		三排准距			重心距
		g	g_1	g_2	g_1	g_2	g_3	g_g
∟50	5.5	25	25	—	—	—	—	15
∟56	6	28	28	—	—	—	—	15
∟63	7	30	30	—	—	—	—	15
∟70	8	35	35	—	—	—	—	20
∟75	9	35	35	—	—	—	—	20
∟80	9	40	40	—	—	—	—	20
∟90	10	40	40	—	—	—	—	25
∟100	12	45	45	—	—	—	—	25
∟110	12	45	45	—	—	—	—	30
∟125	14	45	45	80	—	—	—	30
∟140	14	50	50	85	—	—	—	35
∟160	16	55	55	95	—	—	—	40
∟180	16	60	60	100	—	—	—	45
∟200	18	65	65	105	—	—	—	50
∟220	21	70	70	110	70	110	150	60
∟250	24	85	85	125	85	125	165	70
∟280	26	85	85	125	85	125	165	80
∟300	28	90	90	130	90	130	170	85



注：特殊情况时，可根据实际结构改变角钢准距。

7.2.5 角钢构件接头应符合下列规定：

1 宜采用对接，对接间隙宜取 10mm；不同规格的构件对接时，外皮应对齐；

2 宜采用螺栓连接，螺栓排列在各自准线上；

3 接头为单剪连接时，宜采用外包角钢；外包角钢的肢厚不应小于被连接角钢，肢宽应大于被连接角钢；当被连接材的长细比不大于 80 时，外包角钢的肢宽、肢厚均应大于被连接角钢；

4 接头为双剪连接时，宜采用内包角钢外贴板，内包角钢与外贴板毛截面面积之和及强度之和均不宜小于被连接角钢的 1.3 倍；

5 ∟140 及以上规格的角钢宜采用双剪连接；

6 构件接头不在节点处时，每根主材接头螺栓数量每端不应少于 6 个，每根斜材接头螺栓数量每端不应少于 4 个；单、双剪连接最远端两个螺栓的距离取值分别不应小于 2 倍和 1.5 倍被连接角钢的肢宽，如图 7.2.5 所示。

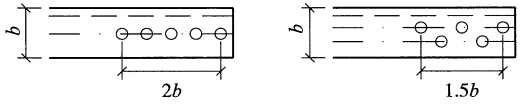
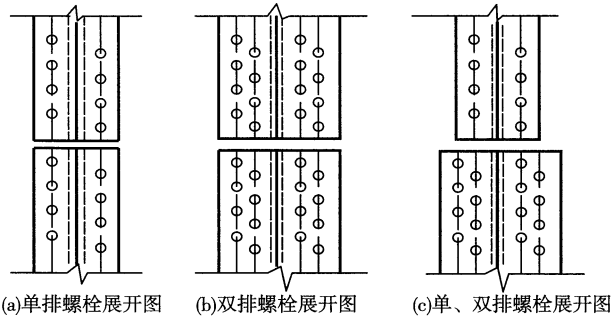


图 7.2.5 构件接头要求

7.2.6 主材角钢接头螺栓排列，应按下段左高右低布置，见图 7.2.6-1 和图 7.2.6-2。



(a)单排螺栓展开图 (b)双排螺栓展开图 (c)单、双排螺栓展开图

图 7.2.6-1 单角钢接头示意图

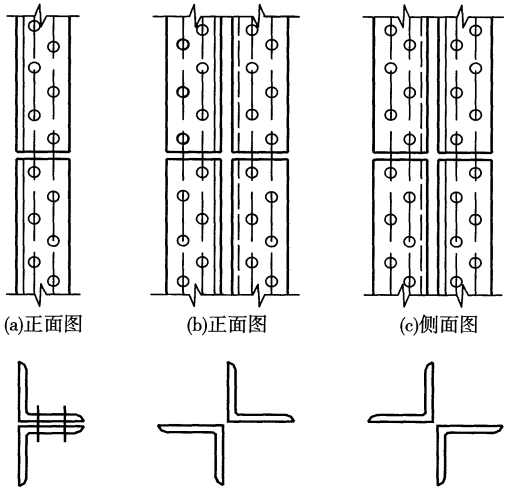


图 7.2.6-2　双角钢接头示意图

7.2.7　组合角钢构件应符合下列规定：

1　用填板连接而成的组合角钢或组合槽钢等构件可分五种形式，如图 7.2.7-1 所示。

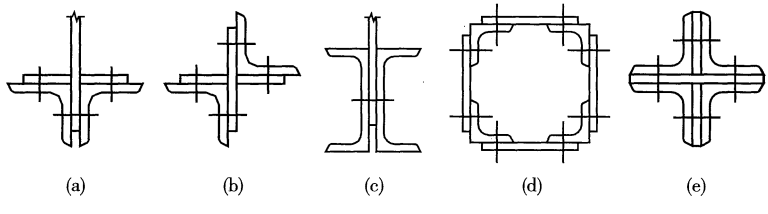


图 7.2.7-1　组合构件示意图

2　填板间的距离不应超过 $40i$（受压构件）和 $80i$（受拉构件），i 按下列规定取值：

1）当采用图 7.2.7-2 所示的双角钢或双槽钢截面时，应取一个角钢或一个槽钢与填板平行的形心轴回转半径；

2）当采用图 7.2.7-3 所示十字形双组合角钢截面时，应取一个角钢的最小轴回转半径。

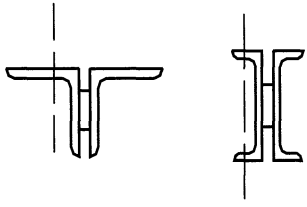


图 7.2.7-2　平行于填板的形心轴

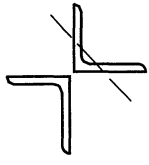


图 7.2.7-3　最小轴

3　受压构件的两个侧向支承点之间的填板数不得少于 2 个，且沿杆件长度均匀交错布置。

4　单角钢和组合角钢的转换节点宜采用转换板，如图 7.2.7-4 所示，其构造应满足以下要求：

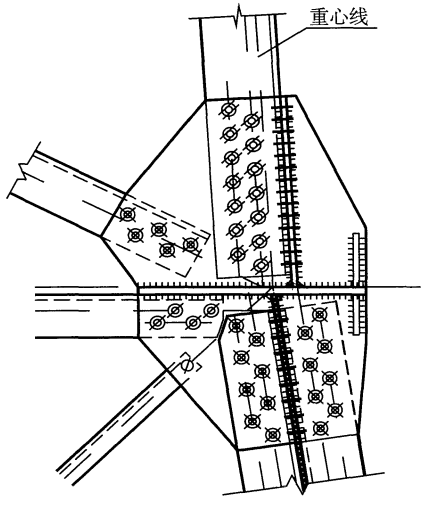


图 7.2.7-4　单角钢和组合角钢转换示意图

1)构件重心线宜在转换板上交于一点；

2)转换板宽度不应小于靴板宽度，厚度不应小于靴板厚度且不宜小于16mm；

3)靴板和转换板连接外侧宜设置加劲板；

4)水平转换板上宜设置泄水孔。

7.2.8 节点板厚度不宜小于被连接材肢厚，当受压斜材的长细比小于120且斜材与主材在节点板不同侧时，节点板厚度宜比斜材角钢肢厚大一级。

7.2.9 节点板应符合下列规定：

1 节点板应保证足够的有效宽度，焊接及单排螺栓连接时扩散角可取30°，多排螺栓时可取22°；

2 当节点板的自由边长度 l_f 与节点板厚度 t 之比 $l_f/t > 60\sqrt{235/f_y}$ 时，应沿自由边加强，可采用卷边或焊加强板，如图7.2.9所示。

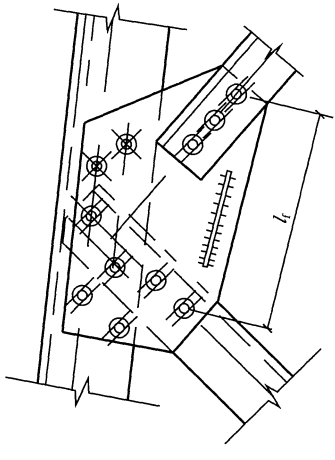
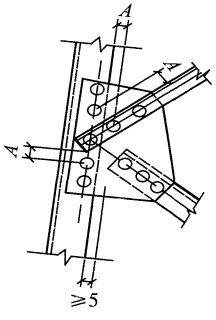


图7.2.9 节点板自由边加强示意图

7.2.10 节点设计中，构件与螺栓的间距不应小于表7.2.10给出的数值。构件间的距离不宜小于5mm。

表 7.2.10　构件与螺栓间距值

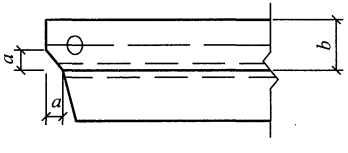
螺栓规格	A(mm)	角钢展开图
M16	18	
M20	20	
M24	25	

7.2.11　角钢构件切肢(角)应符合下列规定：

1　切肢(角)量的大小应视其位置而定，进入角钢圆弧内 $r/3$ 及以下者可不切肢(角)，进入角钢圆弧内 $r/3$ 以上者应按压弧情况确定切肢(角)尺寸；

2　切肢尺寸不宜大于表 7.2.11 给定的数值 a。

表 7.2.11　角钢切肢值

角钢肢宽	a(mm)	角钢展开图
∟50 以下	$b/2$	
∟50～∟75	30	
∟80～∟100	35	
∟110～∟160	40	
∟180～∟250	60	
∟280～∟300	80	

7.2.12　两构件连接面间的夹角大于 2°时，构件应局部开、合角或火曲。

7.2.13　构件间应贴合紧密，有空隙时宜设置相应厚度的垫圈或垫板，每处垫圈不宜超过 2 个。

7.3 钢管结构

7.3.1 钢管及圆钢应以中轴线为定位轴线。

7.3.2 斜材与主材定位轴线交点应按下列方法确定：

1 上、下段斜材的定位轴线在变坡处应交于法兰对接界面的中心；

2 塔腿主材和斜材的定位轴线应交于塔脚板法兰上平面中心。

7.3.3 钢管构件在承受较大荷载的部位可采用环板、加劲板等措施。

7.3.4 钢管对接宜采用法兰连接，主斜材连接可采用插板连接或相贯连接。

7.3.5 法兰构造应符合下列规定：

1 法兰分无加劲法兰和有加劲法兰。无加劲法兰底板厚不应小于 20mm，有加劲法兰底板厚不应小于 16mm；

2 管径小于 120mm 时，螺栓不应少于 4 个；管径大于或等于 120mm 时，螺栓不宜少于 6 个，法兰上的螺栓应均匀布置；

3 法兰底板与钢管应留焊缝间隙 h，其值不宜小于钢管壁厚 t，如图 7.3.5 所示；

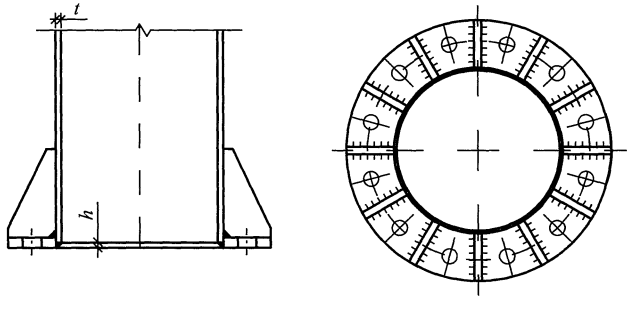


图 7.3.5 法兰连接

4 法兰仅承受压力时，其螺栓外边距不宜小于 $1.2d$（d 为螺栓直径），其他情况不宜小于 $1.5d$；

5 带颈法兰尺寸参数示意见本标准附录 D。

7.3.6 插板连接的钢管节点应符合以下要求：

1 “T”形插板：螺栓数量不宜少于 2 个，加劲肋板厚不得小于 $B_s/15$，B_s 为外伸宽度，且不小于 6mm，见图 7.3.6(a)；

2 “[”形和“U”形插板：螺栓数量不宜少于 2 个，见图 7.3.6(b)、图 7.3.6(c)；

3 “十”字形插板：接头一侧不得少于 8 个螺栓，接头板厚不宜小于 8mm，连接板厚不宜小于 6mm，见图 7.3.6(d)。

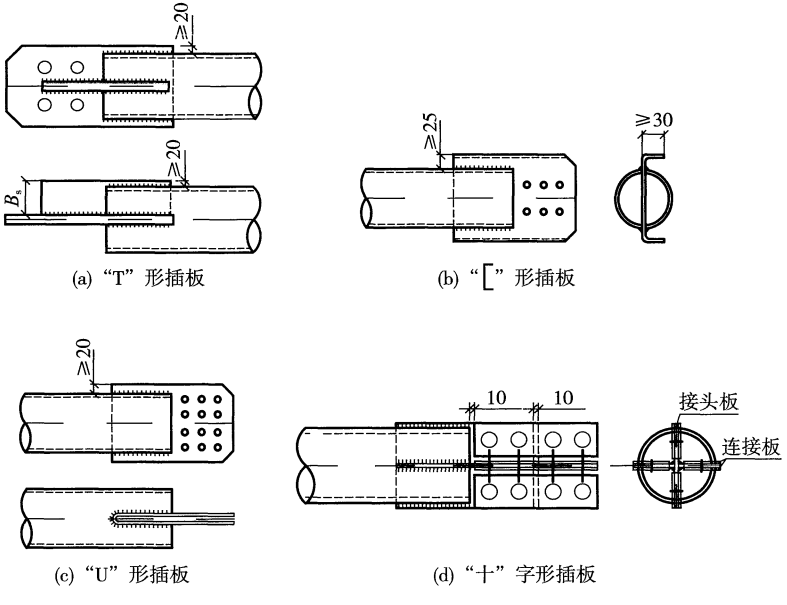


图 7.3.6 钢管插板接头

7.3.7 节点连接板两端可根据计算要求设置环板，环板可采用图 7.3.7 所示形式。

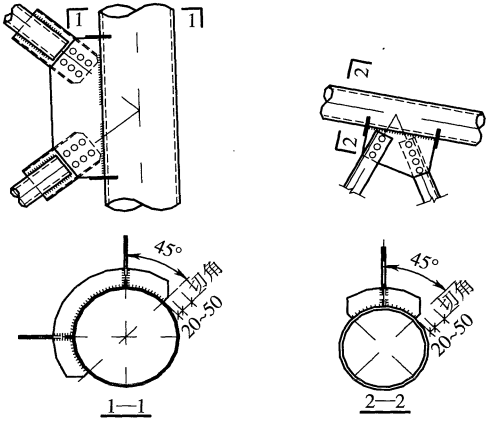


图 7.3.7　环板示意图

7.3.8　相贯连接的钢管节点应符合下列规定：

1　斜材与主材的连接焊缝，应沿全周连续焊接并平滑过渡；

2　三管相贯时，斜材之间可设置过渡板进行焊接，如图 7.3.8 所示。

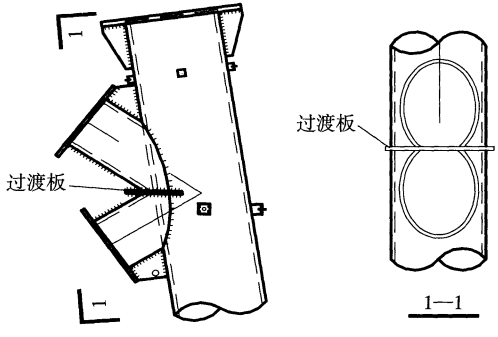


图 7.3.8　过渡板示意图

7.3.9　加劲板与法兰盘、管壁焊接处都应有切角，避免焊缝重叠，切角应采用圆弧形式。切角处兼做漏锌孔时，切角圆弧半径 c 宜比法兰焊缝焊脚尺寸大 5mm～10mm，如图 7.3.9 所示。

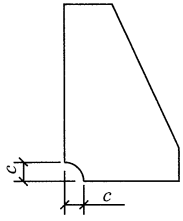


图 7.3.9　加劲板切角示意图

7.3.10　容易积锌的部位应设置镀锌工艺孔，孔径可取 13.5mm 或 17.5mm；易积水处应设置排水孔。

7.3.11　最下段塔腿主管应设遮水板，遮水板如图 7.3.11 所示。遮水板厚度不宜小于 16mm，开槽数量可取 2 条～4 条，开槽深度不宜小于 12mm，开槽宽度不宜小于 20mm。

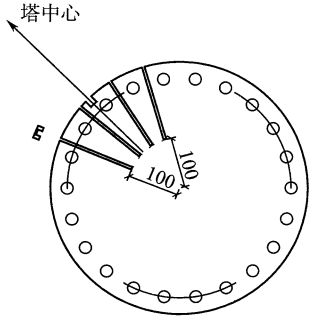


图 7.3.11　遮水板示意图

7.3.12　“T”形、“[”形插板宜竖向布置。

7.3.13　钢管受力部位不宜开孔，当开孔时应采取补强措施。

7.4　其　　他

7.4.1　杆塔应设置攀爬设施，并满足以下要求：

1　脚钉可采用圆钢，直径不宜小于 16mm，无扣长不宜小于 120mm，上表面应做防滑处理，端部应设置弯钩、墩头或六角帽型式防滑；脚钉从基础顶面 1.5m 左右起安装至塔顶，间距不宜大于

450mm。当有防坠落装置时，脚钉布置应与防坠落装置协调。

钢管管径大于400mm时，脚钉水平方向弧长L宜取为400mm；当管径小于或等于400mm时，脚钉在钢管两侧交错布置。钢管塔塔身交叉材较长时，其中的一根宜通长设置水平布置的脚钉。

2 直爬梯宽度宜为450mm～500mm，踏步间距不宜大于350mm并宜设置护笼或防坠落装置，护笼直径不宜小于700mm。

3 休息平台、走道、旋转爬梯和斜爬梯可采用花纹钢板、格栅板或网格板制作；花纹钢板厚度不应小于4mm，并设置漏水孔；走道、旋转爬梯和斜爬梯宽度不宜小于600mm；当旋转爬梯跨度超过8m时，应设置桁架托梁；走道、旋转爬梯、斜爬梯和休息平台应设置高度不小于1.2m的护栏。

4 动力提升装置采用电梯或攀爬机时，应设置停层平台，平台门宽度不宜小于700mm。

5 爬梯及平台安全要求还应符合现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053的有关规定。

7.4.2 杆塔上的固定标志（杆号牌、相序牌、警示牌）、航空（航道）障碍标志和警示标志的设置，应符合相关要求。

7.4.3 地线支架应设置引流孔，塔腿应设置接地孔。

7.4.4 施工用孔应根据杆塔类别、构件单重、组塔和展放导地线方案合理设置。

附录 A　常用表格形式

A. 0. 1　材料汇总表(表 A. 0. 1)。

表 A. 0. 1　材料汇总表

材料汇总表									
材料类别	牌号/级别	规格	段　号				本体高(m)		
			段	段	段	段			
角钢	Q420	∟180×16							
		∟160×10							
		小计							
	Q355	∟90×8							
		∟75×6							
		小计							
	Q235	∟70×5							
		∟63×5							
		∟50×5							
		小计							
钢板	Q420	−16							
	Q355	−12							
	Q235	−5							
		小计							
螺栓	6.8 级	M16×35							
		M16×55							
		小计							

续表 A.0.1

材料汇总表									
材料类别	牌号/级别	规格	段号				本体高(m)		
			段	段	段	段			
螺栓	8.8级	M24×75							
		M24×95							
		小计							
脚钉	6.8级	M16×240							
	8.8级	M24×300							
		小计							
垫圈	Q235	−3(φ17.5)							
		−4(φ21.5)							
		小计							
合计(kg)									

A.0.2 本体及等长腿质量合计表(表 A.0.2)。

表 A.0.2 本体及等长腿质量合计表

本体及等长腿质量合计表								
呼称高(m)			呼称高(m)			呼称高(m)		
本体段号			本体段号			本体段号		
接腿	段号	质量(kg)	接腿	段号	质量(kg)	接腿	段号	质量(kg)

A. 0. 3 构件明细表(表 A. 0. 3)。

表 A. 0. 3 构件明细表

构件明细表						
编号	规　格	长度(mm)	数量	质量(kg)		备　注
				一件	小计	
301	Q420∟140×12	7168				
302	Q355∟75×6	3740				切角
303	Q355－6×328	242				火曲
304	－6×250	370				焊接
305	ϕ16	4236				
306	[8	1562				
合计(kg)						

A. 0. 4 螺栓、脚钉、垫圈明细表(表 A. 0. 4)。

表 A. 0. 4 螺栓、脚钉、垫圈明细表

螺栓、脚钉、垫圈明细表						
名称	级别	规格	符号	数量	质量(kg)	备注
螺栓	6.8级或8.8级	M16×45				
		M20×55				
		M24×75				
脚钉	6.8级或8.8级	M16×240	正面 Ⓣ 侧面 ⊣			
		M20×260				
		M24×300				
垫圈	Q235	－3(ϕ17.5)	规格×个数 ⌐			
		－4(ϕ21.5)				
合计(kg)						

附录 B　杆塔和基础连接形式

B. 0. 1　常见塔脚板形式见图 B. 0. 1-1～图 B. 0. 1-3，尺寸见表 B. 0. 1-1～表 B. 0. 1-3。

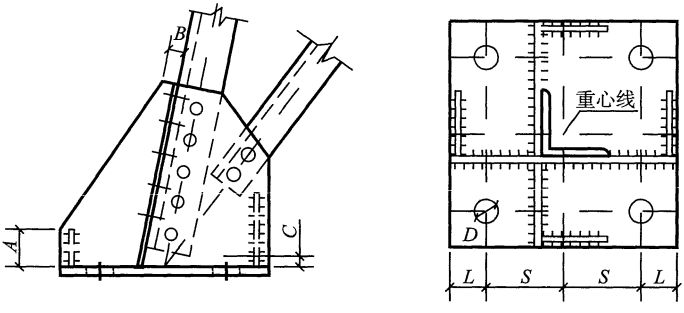


图 B. 0. 1-1　四地脚螺栓塔脚板形式

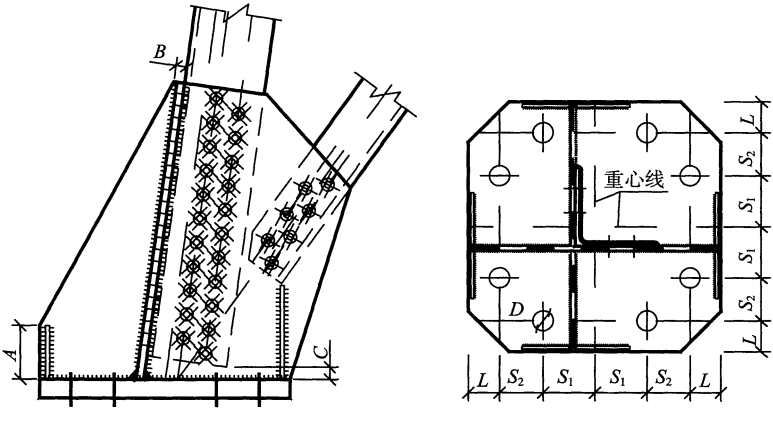


图 B. 0. 1-2　单肢主材八地脚螺栓塔脚板形式

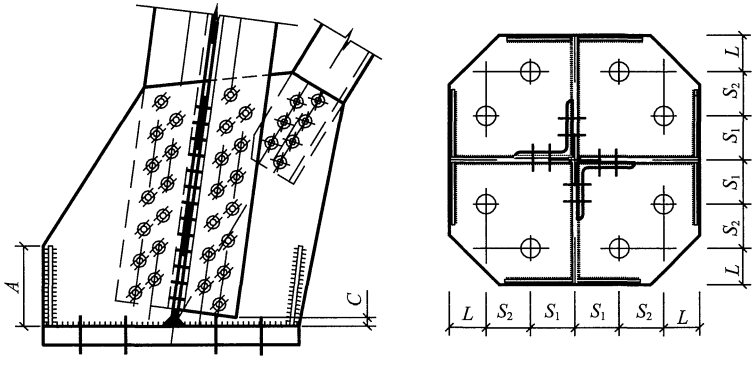


图 B.0.1-3　双肢主材八地脚螺栓塔脚板形式

表 B.0.1-1　单肢主材四地螺塔脚板尺寸(mm)

地脚螺栓规格		M20	M24	M27	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M72
座板孔径 D		25	30	35	40	50	55	60	70	80	90
5.6 级	孔距 S	80	80	100	100	120	135	145	165	185	210
	边距 L	50	55	60	70	80	90	100	120	130	140
8.8 级	孔距 S	—	—	—	—	130	140	160	185	205	235
	边距 L	—	—	—	—	90	95	100	120	130	140
A		50	50	50	50	50	100	100	150	150	200
B		30	35	35	40	40	60	60	70	85	85
C		20	20	25	25	25	30	30	30	40	40

表 B.0.1-2　单肢主材八地螺塔脚板尺寸(mm)

地螺规格		8M48	8M56	8M64	8M72
座板孔径 D		60	70	80	90
5.6 级	孔距 S_1	165	195	215	225
	孔距 S_2	140	160	185	205
	边距 L	120	135	155	165

续表 B.0.1-2

地螺规格		8M48	8M56	8M64	8M72
8.8级	孔距 S_1	190	215	225	—
	孔距 S_2	160	170	180	—
	边距 L	115	130	150	—
A		250	250	300	300
B		85	85	85	85
C		40	40	40	40

表 B.0.1-3 双肢主材八地螺塔脚板尺寸(mm)

地螺规格		8M48	8M56	8M64	8M72
座板孔径 D		60	70	80	90
5.6级	孔距 S_1	130	150	170	190
	孔距 S_2	140	160	185	205
	边距 L	110	120	135	160
8.8级	孔距 S_1	140	160	180	200
	孔距 S_2	140	160	185	205
	边距 L	115	130	150	170
A		300	300	350	350
C		30	30	40	40

注:设计时应根据主斜材规格、主材坡度、加劲板及垫板尺寸校核碰撞情况,表中数值可适当调整。

B.0.2 插入角钢如图 B.0.2 所示。

1 在单插入角钢中,A、B、C 分别为插入角钢的重心、第一排准距、第二排准距;E 为接地孔至基础顶面的距离;D 为插入角钢与塔腿斜材连接最下端螺栓至基础顶面距离;

2 在双插入角钢中,A、B、C 分别为插入角钢第一排准距与第二排准距差值、第一排准距值、插入角钢垫板厚度;D 为基础顶

面距离至连板下边距离；E 为接地孔至基础顶面的距离。

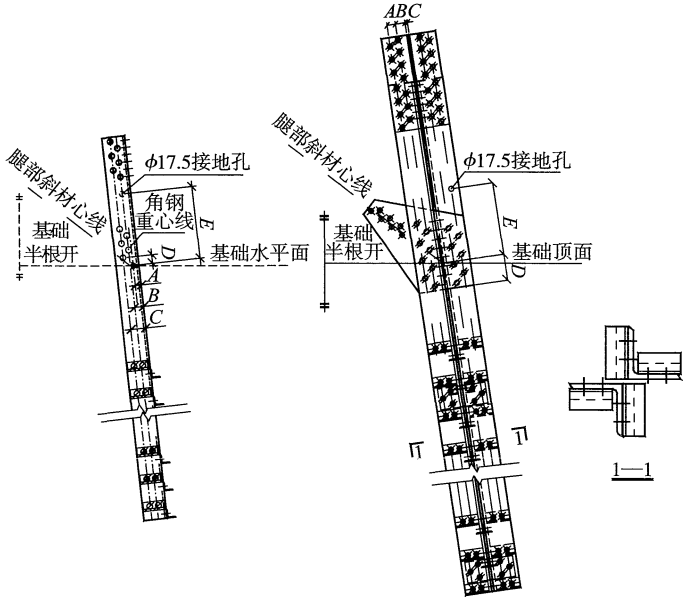
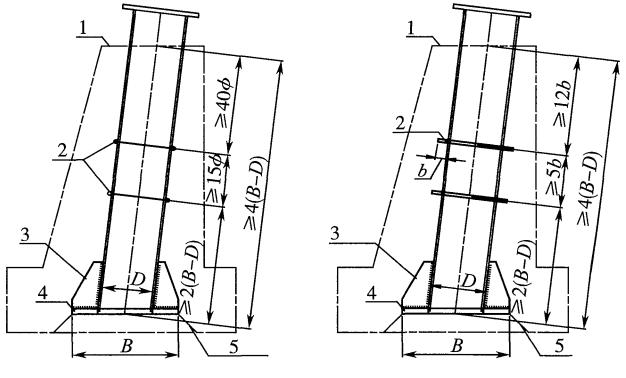


图 B.0.2　插入角钢

B.0.3　插入钢管如图 B.0.3 所示。

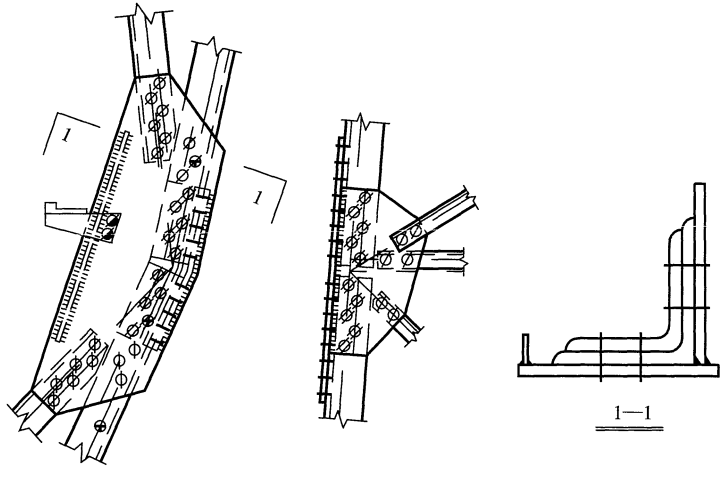


(a) 焊接锚筋式插入钢管简图　　(b) 焊接锚板式插入钢管简图

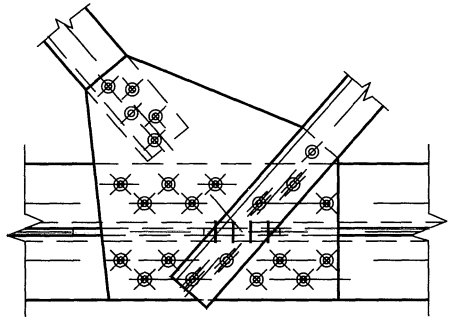
图 B.0.3　插入钢管

附录C　杆塔结构常用节点形式

C.0.1　角钢结构常用节点形式如图C.0.1-1～图C.0.1-5所示。



图C.0.1-1　酒杯塔曲臂K节点图



图C.0.1-2　主材为“T形”布置的双角钢K节点图

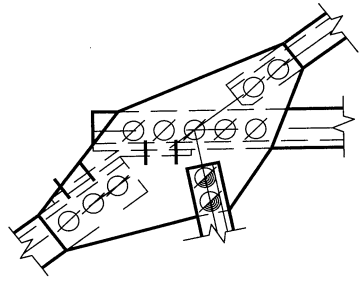


图 C.0.1-3　鸟嘴形地线架上平面 K 节点图

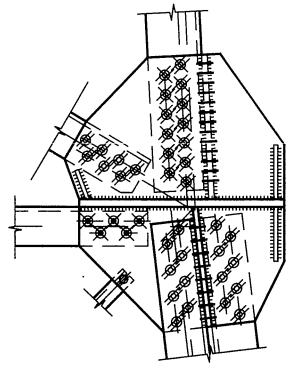


图 C.0.1-4　主材单变双节点图

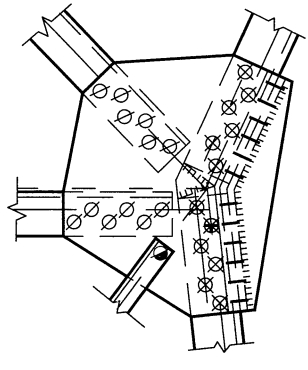


图 C.0.1-5　变坡节点图

C.0.2 钢管结构常用节点形式如图 C.0.2-1～图 C.0.2-6 所示。

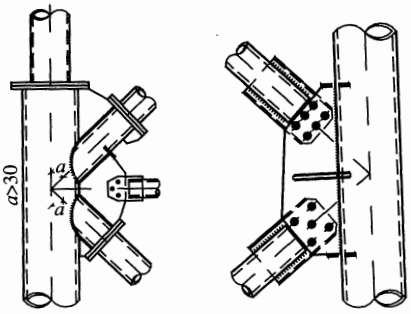


图 C.0.2-1 主材与斜材连接

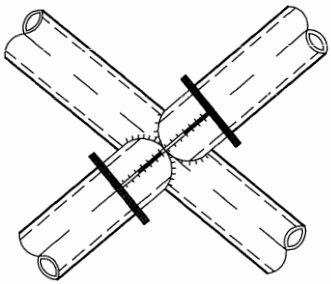


图 C.0.2-2 交叉斜材相贯连接

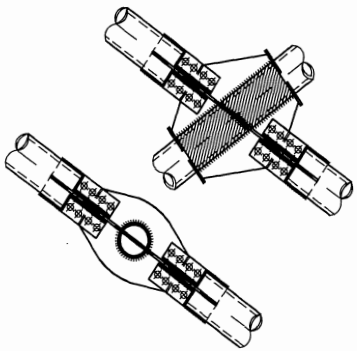


图 C.0.2-3 交叉斜材插板连接

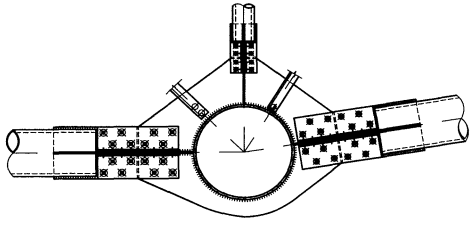


图 C.0.2-4　隔面横材与主管连接

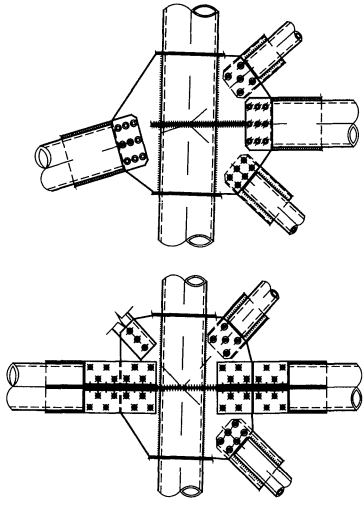


图 C.0.2-5　横担与主管连接

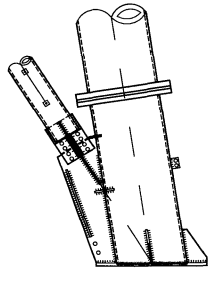


图 C.0.2-6　塔脚节点

附录 D　常用带颈法兰参数

D. 0. 1　常用带颈法兰见图 D. 0. 1，锻造法兰配置见表 D. 0. 1。

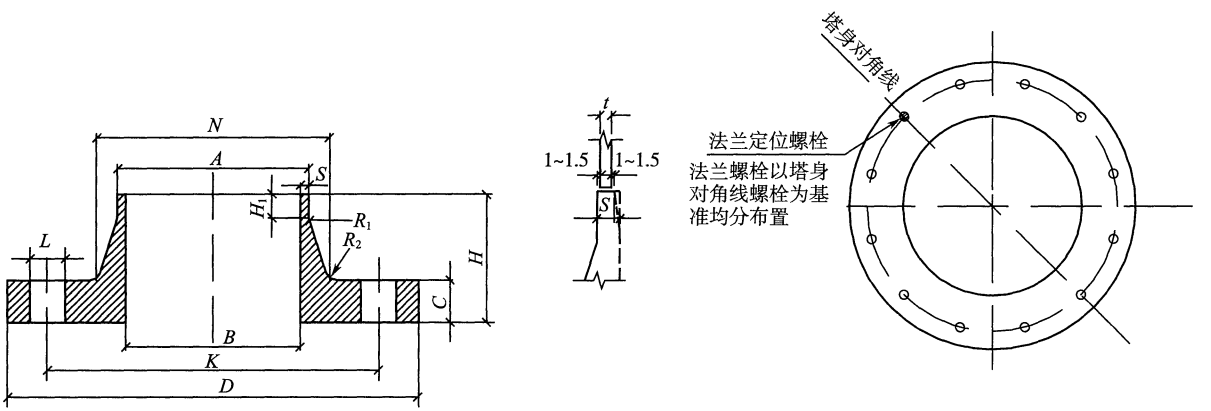


图 D. 0. 1　常用带颈法兰

注：为保证对接焊缝等级的可检性，法兰顶部厚 S 值应按连接钢管壁厚 $t+2$mm 或 $t+3$mm 进行加工。

表 D.0.1　锻造法兰配置表

序号	法兰编号	钢管规格		法兰尺寸					连接尺寸			法兰颈				法兰重量（kg）	法兰配对			设计承载力（kN）
		管径	壁厚 t	焊端外径 A	焊端内径 B	法兰厚度 C	法兰外径 D	法兰高度 H	螺栓定位圆直径 K	孔径 L	螺栓数量 n	根部直径 N	顶部高度 H_1	顶部厚度 S	倒角半径 R		配对法兰	螺栓规格	配对两个法兰总重（含螺栓）（kg）	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

附录 E　常用角钢参数表

E. 0. 1　常用角钢见图 E. 0. 1，常用角钢参数见表 E. 0. 1。

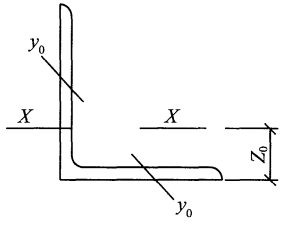


图 E. 0. 1　常用角钢

表 E. 0. 1　常用角钢参数表

序号	规　格	截面积 (cm^2)	质量 (kg/m)	最小轴 i_{y_0} (cm)	平行轴 i_x (cm)	重心 Z_0 (cm)	r 弧 (mm)
1	∟40×3	2.36	1.85	0.79	1.23	1.09	5
2	∟40×4	3.09	2.42	0.79	1.22	1.13	
3	∟45×4	3.49	2.74	0.89	1.38	1.26	5
4	∟50×4	3.90	3.06	0.99	1.54	1.38	5.5
5	∟50×5	4.80	3.77	0.98	1.53	1.42	
6	∟56×4	4.39	3.45	1.11	1.73	1.53	6
7	∟56×5	5.42	4.25	1.10	1.72	1.57	
8	∟63×5	6.14	4.82	1.25	1.94	1.74	7
9	∟63×6	7.29	5.72	1.24	1.93	1.78	
10	∟70×5	6.88	5.40	1.39	2.16	1.91	8
11	∟70×6	8.16	6.41	1.38	2.15	1.95	
12	∟75×5	7.41	5.82	1.50	2.32	2.04	9
13	∟75×6	8.80	6.91	1.49	2.31	2.07	

续表 E.0.1

序号	规　格	截面积 (cm^2)	质量 (kg/m)	最小轴 i_{y_0} (cm)	平行轴 i_x (cm)	重心 Z_0 (cm)	r 弧 (mm)
14	∟80×6	9.40	7.38	1.59	2.47	2.19	9
15	∟80×7	10.86	8.53	1.58	2.46	2.23	
16	∟90×7	12.30	9.66	1.78	2.78	2.48	10
17	∟90×8	13.94	10.95	1.78	2.76	2.52	
18	∟100×7	13.80	10.83	1.99	3.09	2.71	12
19	∟100×8	15.64	12.28	1.98	3.08	2.76	
20	∟100×10	19.26	15.12	1.96	3.05	2.84	
21	∟110×8	17.24	13.53	2.19	3.40	3.01	12
22	∟110×10	21.26	16.69	2.17	3.38	3.09	
23	∟125×8	19.75	15.50	2.50	3.88	3.37	14
24	∟125×10	24.37	19.13	2.48	3.85	3.45	
25	∟125×12	28.91	22.70	2.46	3.83	3.53	
26	∟140×10	27.37	21.49	2.78	4.34	3.82	14
27	∟140×12	32.51	25.52	2.77	4.31	3.90	
28	∟140×14	37.57	29.49	2.75	4.28	3.98	
29	∟160×10	31.50	24.73	3.20	4.98	4.31	16
30	∟160×12	37.44	29.39	3.18	4.95	4.39	
31	∟160×14	43.30	33.99	3.16	4.92	4.47	
32	∟160×16	49.07	38.52	3.14	4.89	4.55	
33	∟180×12	42.24	33.16	3.58	5.59	4.89	16
34	∟180×14	48.90	38.38	3.57	5.57	4.97	
35	∟180×16	55.47	43.54	3.55	5.54	5.05	
36	∟180×18	61.95	48.63	3.53	5.51	5.13	
37	∟200×14	54.64	42.89	3.98	6.20	5.46	18

续表 E.0.1

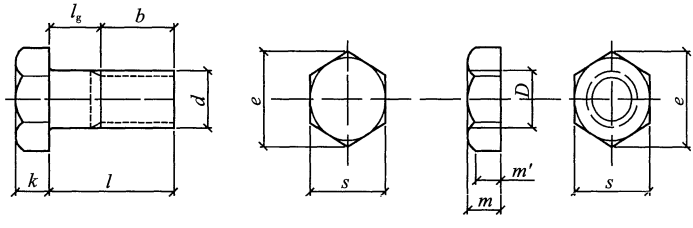
序号	规　格	截面积 (cm^2)	质量 (kg/m)	最小轴 i_{y_0} (cm)	平行轴 i_x (cm)	重心 Z_0 (cm)	r 弧 (mm)
38	∟200×16	62.01	48.68	3.96	6.18	5.54	18
39	∟200×18	69.30	54.40	3.94	6.15	5.62	
40	∟200×20	76.50	60.06	3.93	6.12	5.69	
41	∟200×24	90.66	71.17	3.90	6.07	5.87	
42	∟220×16	68.66	53.90	4.37	6.81	6.03	21
43	∟220×18	76.75	60.25	4.35	6.79	6.11	
44	∟220×20	84.76	66.53	4.34	6.76	6.18	
45	∟220×22	92.68	72.75	4.32	6.73	6.26	
46	∟220×24	100.51	78.90	4.31	6.70	6.33	
47	∟220×26	108.26	84.99	4.30	6.68	6.41	
48	∟250×18	87.84	68.96	4.97	7.74	6.84	24
49	∟250×20	97.05	76.18	4.95	7.72	6.92	
50	∟250×22	106.17	83.34	4.93	7.69	7.00	
51	∟250×24	115.20	90.43	4.92	7.66	7.07	
52	∟250×26	124.15	97.46	4.90	7.63	7.15	
53	∟250×28	133.02	104.42	4.89	7.61	7.22	
54	∟250×30	141.81	111.32	4.88	7.58	7.30	
55	∟250×32	150.51	118.15	4.87	7.56	7.37	
56	∟250×35	163.40	128.27	4.86	7.52	7.48	
57	∟280×20	109.26	85.77	5.56	8.68	7.66	26
58	∟280×22	119.58	93.87	5.55	8.65	7.74	
59	∟280×24	129.82	101.91	5.53	8.62	7.82	
60	∟280×26	139.97	109.88	5.51	8.6	7.89	
61	∟280×28	150.04	117.78	5.50	8.57	7.97	

续表 E.0.1

序号	规　格	截面积 (cm^2)	质量 (kg/m)	最小轴 i_{y_0} (cm)	平行轴 i_x (cm)	重心 Z_0 (cm)	r 弧 (mm)
62	∟280×30	160.02	125.62	5.49	8.54	8.04	26
63	∟280×32	169.92	133.39	5.47	8.51	8.12	
64	∟280×35	184.62	144.92	5.46	8.48	8.23	
65	∟300×20	117.49	92.23	5.98	9.32	8.15	28
66	∟300×22	128.61	100.96	5.96	9.29	8.23	
67	∟300×24	139.65	109.62	5.94	9.26	8.31	
68	∟300×26	150.60	118.22	5.92	9.24	8.39	
69	∟300×28	161.47	126.75	5.91	9.21	8.46	
70	∟300×30	172.25	135.22	5.89	9.18	8.54	
71	∟300×32	182.95	143.62	5.88	9.15	8.61	
72	∟300×35	198.85	156.10	5.86	9.11	8.72	

附录 F　螺栓及螺母尺寸

F. 0. 1　螺栓及螺母如图 F. 0. 1 所示，其主要尺寸见表 F. 0. 1-1 和表 F. 0. 1-2。



(a)螺栓　　(b)螺母

图 F. 0. 1　螺栓及螺母

表 F. 0. 1-1　螺栓主要尺寸表(mm)

螺纹规格 d		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39
e	min	19.9	26.2	33.0	39.6	45.2	50.9	55.4	60.8	66.4
s	max	18.0	24.0	30.0	36.0	41.0	46.0	50.0	55.0	60.0
k	DN	7.5	10.0	12.5	15.0	17.0	18.7	21.0	22.5	25.0
螺纹规格 d		M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64	M72	
e	min	72.2	77.0	82.6	88.3	93.6	99.2	104.9	115.3	
s	max	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	105.0	
k	DN	26.0	28.0	30.0	33.0	35.0	38.0	40.0	45.0	

表 F. 0. 1-2　螺母主要尺寸表(mm)

螺纹规格 D		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39
e	min	19.9	26.2	33.0	39.6	45.2	50.9	55.4	60.8	66.4
s	max	18.0	24.0	30.0	36.0	41.0	46.0	50.0	55.0	60.0

续表 F. 0. 1-2

螺纹规格 D		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39
m	max	10. 8	14. 8	18. 0	21. 5	23. 8	25. 6	28. 7	31. 0	33. 4
	min	10. 4	14. 1	16. 9	20. 2	22. 5	24. 3	27. 4	29. 4	31. 8
m'	min	8. 3	11. 3	13. 5	16. 2	18. 1	19. 4	21. 9	23. 2	25. 4
单个螺母重(kg)		0. 0142	0. 0346	0. 0657	0. 1131	0. 1650	0. 2262	0. 2951	0. 3898	0. 5042

螺纹规格 D		M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64	M72	
e	min	71. 3	77. 0	82. 6	88. 3	93. 6	99. 2	104. 9	115. 3	
s	max	65. 0	70. 0	75. 0	80. 0	85. 0	90. 0	95. 0	105. 0	
m	max	34. 0	36. 0	38. 0	42. 0	45. 0	48. 0	51. 0	57. 0	
	min	32. 4	34. 4	36. 4	40. 4	43. 4	46. 4	49. 1	55. 1	
m'	min	25. 9	27. 5	29. 1	32. 3	34. 7	37. 1	39. 5	59. 1	
单个螺母重(kg)		0. 6068	0. 7498	0. 9133	1. 1272	1. 3402	1. 5778	1. 8412	2. 4504	

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑结构制图标准》GB/T 50105
《焊缝符号表示法》GB/T 324
《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053

中华人民共和国电力行业标准

输电线路杆塔制图和构造规定

DL/T 5442-2020

代替 DL/T 5442-2010

条 文 说 明

修 订 说 明

《输电线路杆塔制图和构造规定》DL/T 5442-2020，经国家能源局2020年10月23日以第5号公告批准发布。

本标准是在《输电线路铁塔制图和构造规定》DL/T 5442-2010的基础上修订而成的，上一版的主编单位是中国电力工程顾问集团西南电力设计院，参编单位是中国电力顾问集团公司、中国电力科学研究院，主要起草人为邓安全、李喜来、郭跃明、何长华、肖洪伟、翁炳华、张红志、肖兵、刘勇、郑勇、张华。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　　次

1　总　　则 …… (65)
2　术语和符号 …… (66)
3　一般规定 …… (67)
3.7　构件标志 …… (67)
4　图例及代号 …… (69)
6　杆塔分段和构件编号 …… (70)
6.2　构件编号 …… (70)
7　杆塔构造 …… (71)
7.1　一般要求 …… (71)
7.2　角钢结构 …… (72)
7.3　钢管结构 …… (78)
7.4　其他 …… (78)

1 总　则

1.0.1 根据多年来超高压工程的设计经验和特高压工程的研究成果，本次修订完善和补充了构件编号、大规格角钢塔和钢管塔构造等方面的规定，力求更好地指导杆塔构造设计。

2 术语和符号

本章以沿用原标准既有符号为主，为了便于第7章相关规定的理解，增加了定位轴线、角钢准线两个术语。

3 一般规定

3.7 构件标志

3.7.3 角钢及钢管等线材构件的标志宜平行构件轴线方向，其他构件宜在其周边标识，如图 1 所示。

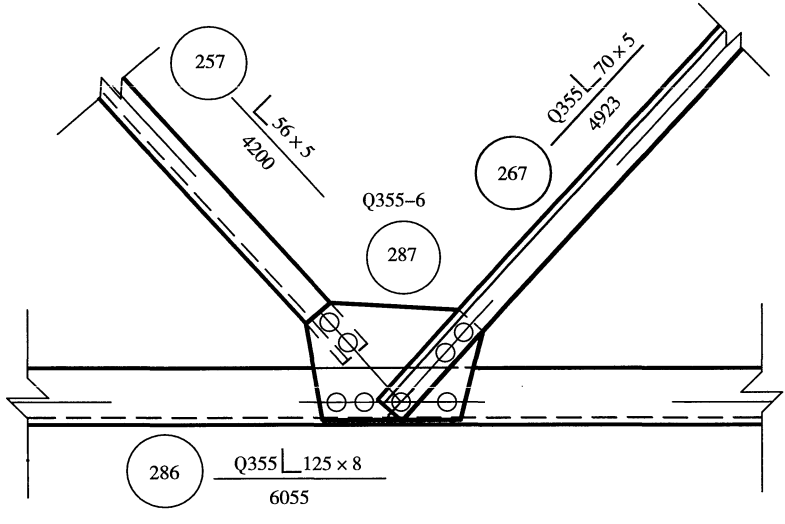


图 1 线材构件的标志示意图

3.7.4 螺栓在结构图中符号标识 M12 全圆涂黑、M16 半圆涂黑、M20 单圆、M24 双圆；规格、长度均在节点附近表示，如 M20×45，表示螺栓直径为 20mm、长度 45mm。螺栓在构件端头标识螺栓的数量、规格、长度，同一位置有不同规格的螺栓时，应分别标注，如图 2 所示。

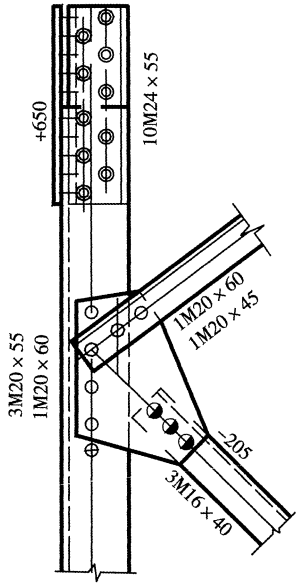


图 2　螺栓示意图

4 图例及代号

4.0.2 原标准螺栓图例只明确了单螺母带一垫、一扣紧螺母及双螺母带一垫的形式，近些年的工程中大量应用“单螺母带一垫、一薄螺母”的形式防松，本标准增加了该类形式的图例。

无扣长为最小通过厚增加 2mm，较原标准增加了 3mm。

6 杆塔分段和构件编号

6.2 构 件 编 号

6.2.5 随着电压等级的提高，杆塔每段构件的数量大幅增加，经常出现一段中构件编号达到100以上的情况，因此，规定当构件编号不大于99时，构件编号方式为“段号”+“流水号”；当构件编号大于99时，构件编号方式为在段号和流水号之间加“-”，如图3所示。

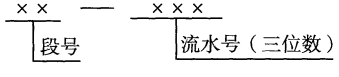


图3 构件编号示意图

如：868表示第8段结构图的68号构件；

12019表示第120段结构图的19号构件；

9-132表示第9段结构图的132号构件。

7 杆塔构造

7.1 一般要求

7.1.2 为了便于辅助材直接搭在受力材上，减小连接板尺寸，辅助材的定位轴线交点可不位于被支撑材的定位轴线上。

7.1.4 构件长度、宽度的限值，根据加工厂原材料长度和镀锌锅的长度及宽度确定，若塔厂具备相应的加工和镀锌能力，构件的宽度可以突破 2m 限制。

∟100 及以下角钢截面抗弯刚度较小，构件过长时易在运输过程中产生变形，根据工程经验，长度限定不宜超过 9m。近几年随着大规格角钢的推广，结合施工运输能力，工程设计中一般要求角钢塔单个构件质量不宜大于 1.5t；钢管塔单个构件质量不宜大于 5t，对山区塔不宜大于 3.5t。

7.1.6 火曲线标示方法如图 4 所示，构件火曲时存在制弯弧度，火曲线与连接件距离小于 10mm 时，易出现构件贴合不紧密的现象，距离越大则受力偏心越大，因此火曲线与连接件边缘距离一般取 10mm。

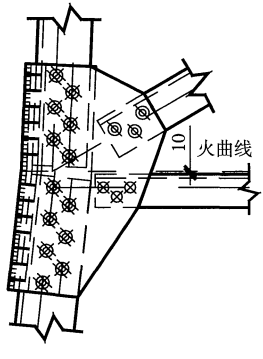


图 4 火曲线示意图

7.1.8 螺栓中心距取值规定考虑下列因素：

(1)节点设计时，需满足主材对孔、螺栓边距、螺栓安装空间、连接件贴合紧密等要求。螺栓最小中心距理论值约为 $2.5d$，考虑到施工时便于拧紧螺帽等因素，中心距一般取 $3d$。表 7.1.8-1 中的螺栓标准间距取值按螺栓中心距不小于 $3d$ 的原则向上取整而得。

节点设计时，允许设计人员在标准间距的基础上加大或减小螺栓间距值，但必须符合螺栓的最大中心距和最小中心距的要求。

(2)表 7.1.8-2 中的第二种情形，连接板位于主、斜材同侧，未被主、斜材相夹，当图示中螺栓中心距较大时，该区段的连接板可能会发生受压局部屈曲，因此，参照现行行业标准《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》DL/T 5154-2012 的第 8.2.1 条，该情况下螺栓最大中心距 l_s 可按外排数值采用，即 $8d$ 或 $12t$。

表 7.1.8-2 中的第一种情形连接板位于主、斜材不同侧，连接板被主材和斜材相夹，理论上不会发生局部屈曲；第三种情形斜材的连接螺栓直接打在主材上，可认为该两颗螺栓中心距内的板不直接传递斜材的力，因此该螺栓区段的板不会发生受压局部屈曲，故对该两种情形的最大螺栓中心距容许值参照现行行业标准《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》DL/T 5154-2012 的第 8.2.1 条取 $16d$ 或 $24t$，以保证钢板紧密贴合。

7.1.9 法兰螺栓规格小于 M39 时，螺栓孔径为螺栓直径加 2mm，规格在 M42 及以上时，为螺栓直径加 3mm。

7.2 角钢结构

7.2.1 第一排准线是指双排或多排准线中靠近肢背的准线。主材连接布置双排或多排螺栓时，斜材准线交于主材第一排准线有利于斜材直接连于主材上，提高节点刚度和斜材承载力，减小或者取消节点板。

7.2.2 输电线路塔架为空间桁架体系，各杆件连接均假定为铰

接，杆件只承受轴向力(拉力或压力)，一般不承受弯矩，因此要求各杆件定位轴线宜汇交于一点，不交于一点时应对主材进行强度校验。

7.2.3 斜材或辅助材直接连于主斜材上有利于提高节点刚度和斜材或辅助材承载力。

7.2.4 角钢准距取值考虑以下因素：

(1)一般情况下角钢肢宽为56mm及以下时，连接螺栓采用M16；角钢肢宽为60mm～160mm时，连接螺栓采用M20(角钢肢宽为140mm和160mm，且用于单面连接时，螺栓也可采用M24)；角钢肢宽为180mm及以上时，连接螺栓采用M24。螺栓准距的取值原则：①角钢受力中心尽量靠近重心；②螺栓不压内圆弧，便于安装。

(2)单肢连接主材角钢宜采用特殊准距，以使角钢合力中心靠近中心，如表7.2.4-2所示，该表中角钢准距尽量靠近了肢背，仅适用于连接处无内包角钢的情况。

(3)三排准线的螺栓布置方式在相邻准线应交错布置，如图5所示。

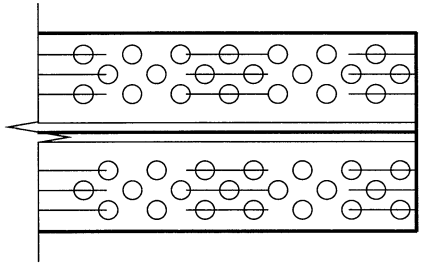


图5 三排准线螺栓布置示意图

7.2.5 本条对原标准第8.1.1条和第8.3.1条～第8.3.7条进行了整合。

接头为单剪连接时，若两端角钢规格相差较大，可采用搭接方式；若规格相差不大，可采用外包角钢连接，外包角钢的肢宽和肢厚均不宜小于被连接角钢的肢宽和肢厚，材质与被连接角钢材质

一致。外包角钢净截面面积(清根后的净截面面积)不应小于被连接角钢净截面面积。

接头为双剪连接时,内包角钢外贴板参考值如表1所示,内包角钢及外贴板的材质与被包的主角钢材质一致。表中规格确定的原则如下:①内包角钢或外贴板的毛截面面积不小于主角钢毛截面面积的60%;②内包角钢与外贴板的毛截面面积之和不小于主角钢毛截面面积的1.3倍。

表1　角钢接头处内包角钢外贴板参考值(mm)

主材规格	第一排准距	第二排准距	内包钢规格	外贴板		螺栓垫圈压弧	
				厚度	总宽	垫圈压弧长度	垫圈半径
∟125×8	50	85	∟110×8	6	105	—	18.5
∟125×10			∟110×8	8	105	—	
∟125×12			∟110×8	10	105	0.5	
∟140×10	55	90	∟125×8	8	115	—	
∟140×12			∟125×10	10	115	—	
∟140×14			∟125×10	12	115	1.5	
∟160×10	60	105	∟140×10	8	135	—	
∟160×12			∟140×10	10	135	—	
∟160×14			∟140×12	10	135	—	
∟160×16			∟140×12	12	135	0.5	
∟180×12	65	120	∟160×10	10	155	—	22
∟180×14			∟160×12	10	155	—	
∟180×16			∟160×12	12	155	1	
∟180×18			∟160×12	14	155	3	
∟200×14	75	135	∟180×12	10	180	—	
∟200×16			∟180×12	12	180	—	

续表 1

主材规格	第一排准距	第二排准距	内包钢规格	外贴板		螺栓垫圈压弧	
				厚度	总宽	垫圈压弧长度	垫圈半径
∟200×18	75	135	∟180×12	14	180	—	22
∟200×20			∟180×16	14	180	—	
∟200×24			∟180×16	18	180	3	
∟220×16	85	150	∟200×14	12	195	—	
∟220×18			∟200×14	14	195	—	
∟220×20			∟200×16	14	195	—	
∟220×22			∟200×16	16	195	—	
∟220×24			∟200×18	18	195	—	
∟220×26			∟200×20	18	195	1	
∟250×18	100	175	∟220×16	14	215	—	
∟250×20			∟220×16	14	215	—	
∟250×22			∟220×18	16	215	—	
∟250×24			∟220×20	16	215	—	
∟250×26			∟220×22	18	215	—	
∟250×28			∟220×22	20	215	—	
∟250×30			∟220×24	20	215	—	
∟250×32			∟220×24	24	215	—	
∟250×35			∟220×24	26	215	2	
∟280×20	115	200	∟250×18	16	225	—	
∟280×22			∟250×18	18	225	—	
∟280×24			∟250×20	18	225	—	
∟280×26			∟250×20	20	225	—	

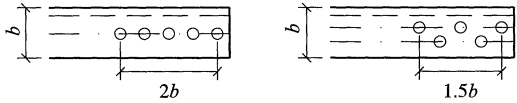
续表 1

主材规格	第一排准距	第二排准距	内包钢规格	外贴板		螺栓垫圈压弧	
				厚度	总宽	垫圈压弧长度	垫圈半径
∟280×28	115	200	∟250×22	22	225	—	22
∟280×30			∟250×24	22	225	—	
∟280×32			∟250×26	24	225	—	
∟280×35			∟250×26	26	225	—	
∟300×20	125	215	∟250×18	16	230	—	
∟300×22			∟250×20	18	230	—	
∟300×24			∟280×20	20	230	—	
∟300×26			∟280×20	20	230	—	
∟300×28			∟280×22	22	230	—	
∟300×30			∟280×24	24	230	—	
∟300×32			∟280×24	26	230	—	
∟300×35			∟280×26	28	230	—	

注：1　表中内包角钢及外贴板的材质与被包的主角钢材质一致；

2　当内包角钢采用表中准距出现垫圈压弧时，设计应采取调整角钢准距等措施予以避免。

角钢铁塔主材的接头大部分并不在节点上，而是在节点之间，这就要求连接构件不仅要强度不小于主材，而且刚度也必须有足够的保证。参考 1983 年水利电力部电力建设研究所《送电线路铁塔角钢接头试验报告》的研究成果，推荐本标准最远端两个螺栓的最小距离取值如图 6 所示。



(a)单剪连接　　(b)双剪连接

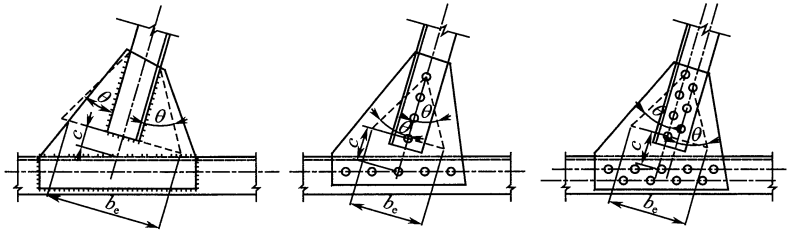
图 6　包钢最小距离示意图

7.2.6 本条明确了原标准第 8.2.3 条中螺栓排列按照“下段”左高右低布置。

7.2.7 构件重心线在转换板上交于一点避免产生偏心弯矩。水平转换板上设置泄水孔有利于排水，消除积水对构件可能产生的腐蚀。

7.2.8 对节点板进行强度和稳定校验，在满足现行行业标准《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》DL/T 5154 的要求前提下，可减小板厚。对于重要的斜材，应尽量使其与主材设置在节点板的同侧，可以提高整个角钢—节点板系统的承压能力。当斜材的长细比小于 120，斜材承载力由杆件端部受力情况控制，斜材与主材在节点板不同侧时，节点传力存在偏心，节点板厚度宜加大，从而提高整个角钢—节点板系统的承压力。

7.2.9 杆件内力 N 通过连接件在节点板内按照某一应力扩散角传至连接件端部与 N 垂直的一定宽度范围内，即节点板的有效计算宽度 b_e，如图 7 所示。



(a) 焊缝连接　　(b) 单排螺栓连接　　(c) 双排螺栓连接

图 7　板件的有效宽度

注：θ 为应力扩散角，焊接及单排螺栓时可取 30°，多排螺栓时可取 22°。

7.2.10 本条沿用了原标准第 8.1.7 条，表中的数值为便于螺栓安装的推荐值。

鉴于当前输电线路杆塔设计基本不采用 M12 螺栓，因此删除了与其相关的内容。

7.2.11 对原标准第8.4.4条～第8.4.6条进行了整合。当构件需采取切肢(角)或压扁处理时,宜优先选用切肢(角)。

7.2.12 构件开、合角角度不应过大,过大时可采用板连接、火曲等处理措施。

7.3 钢管结构

7.3.6 插板连接的钢管一般用于下列部位:

(1)"T"形、"["形和"U"形插板:一般用于受力斜材、辅助材;

(2)"十"字形插板:宜用于较大受力的斜材。

7.3.8～7.3.10 总结和吸收近年来钢管塔的成功设计经验形成此条文规定,这些规定有利于提高钢管塔的加工质量。

7.3.12 水平横隔面处的"T"形、"["形插板按竖向布置能减弱微风振动影响。

7.4 其 他

7.4.3 应依据电气专业提资要求设置腿部接地孔,避免接地装置(接地扁铁、接地引下线)与腿部螺栓相碰。