

电力线路钢管塔（杆）抽检工作规范

国家电网有限公司物资部 组编

中国电力出版社



目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 抽检计划	2
5 抽检实施	3
6 抽检信息管理	6
7 其他	6
附录 A 电力线路钢管塔（杆）检测项目	7
附录 B 电力线路钢管塔（杆）抽样单（模版）	21
附录 C 样品交接单（模版）	22
附录 D 现场见证单（模版）	23
附录 E 相关技术要求	24
附录 F 检测报告（模版）	51



电力线路钢管塔（杆）抽检工作规范

1 范围

本规范对 10kV 及以上各个电压等级、各种规格型号的电力线路钢管塔（杆）的抽检术语、抽检计划、抽检实施、抽检信息管理等做了规定，适用于国家电网有限公司系统招标采购电力线路钢管塔（杆）产品的抽检工作。其他站用钢构参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 90.1 紧固件 验收检查
- GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 706 热轧型钢
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2694 输电线路铁塔制造技术条件
- GB/T 2975 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
- GB/T 4336—2016/XG1—2017 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法） 国家标准第 1 号修改单
- GB/T 5799.1 紧固件表面缺陷 螺栓螺钉和螺柱 一般要求
- GB/T 5799.2 紧固件表面缺陷 螺母
- GB/T 8162 结构用无缝钢管
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）

GB/T 29711 焊缝无损检测 超声检测 焊缝中的显示特征
GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
GB 50205 钢结构工程施工及验收规范
DL/T 284 输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母
DL/T 646 输变电钢管结构制造技术条件
DL/T 1611 输电线路铁塔钢管对接焊缝超声波检测与质量评定
CECS 80 塔桅钢结构施工及验收规程
JG/T 203 钢结构超声波探伤及质量分级法

3 术语和定义

3.1 样品

到货产品中能够代表产品品质的实物。

3.2 抽样

从供货产品中随机抽取样品的过程。

3.3 封样

将抽样样品的供应商信息去除，并保证样品完好性的操作。

3.4 检测

检测机构按照标准进行试验的过程。

3.5 委托人

负责组织对中标产品实施抽检的物资管理部门、项目管理部门/单位。

3.6 抽检实施方

具体实施抽检工作的主体，包括抽检组和/或检测机构。

3.7 抽检组

由委托人根据抽检对象组建的实施抽检工作的专业队伍。

3.8 检测机构

获得国家电网有限公司认可的具备相应检测能力的检测单位。

4 抽检计划

4.1 年度计划

4.1.1 根据上一年电力线路钢管塔（杆）供货质量分析结果及本年度采购数量情况，制定电力线路钢管塔（杆）年度抽检计划。主要包括：抽检数量、检测项目、进度安排、保证措施等。

4.1.2 抽检数量至少满足覆盖本年度所有进行了供货的供应商。对于供货质量风险较大的供应商，增加抽检批次。

4.1.3 检测试验项目至少满足国家电网有限公司要求的必检试验项目。各单位可根据实际工作要求及实际工作需求，在附录 A 中自行确定检测项目。



4.2 月度计划

4.2.1 根据年度计划安排，每月底收集下一个月供应商交货计划，汇总平衡后，制定月度抽检计划。

4.2.2 月度抽检计划的内容主要包括：拟抽检供应商名单、工程项目名称、规格型号、预计交货时间、检测项目、拟委托的检测机构。

5 抽检实施

5.1 抽样

5.1.1 抽样组

抽样组每组至少 2 人，其中：抽样人由各级物资部、物资公司或项目单位物资人员担任；督察人员由省公司或地市公司督察人员担任（也可由抽样组组长兼任）。

5.1.2 抽样地点

根据制造厂交货计划选定抽样地点，选取制造厂内（含镀锌厂）、施工现场。

5.1.3 抽样方式

随机抽取具有合格标志的产品。

5.1.4 现场抽取样品

5.1.4.1 抽样组到达取样地点后：抽样人在督查人员的监督见证下，根据塔型随机抽取 1 基电力线路钢管塔（杆），确定抽取的样品后，核对样品的塔型、部件数量、出厂试验报告、合格证明等，与供货合同的相符性进行检查；用于力学性能和理化指标检测的塔材抽取 2 份试验样品（其中一份备用），检验样品应追溯到生产加工过程，并与生产记录相符。

5.1.4.2 对整个抽样过程拍照留存，照片内容应包括但不限于：记录样品存放环境（1 张）、样品堆及整体外观（1 张）、塔型标记（1 张）、抽取的（钢材材质检验、零件尺寸检验、镀锌检验、焊接件检验、螺栓件检验）样品现场（各 1 张）、出厂试验报告（1 张）、合格证明（1 张）。

5.2 封样

5.2.1 封存样品

对委托检测机构检测需要送实验室检测的钢材材质、螺栓性能试验检验等项目，抽样组按照检测要求在抽取铁塔的材料或紧固件上有抽检人员标明的样品编号、抽样日期，并外裹透明胶带，并做好防护，以确保样品安全、完整到达检测机构；

对在厂内检测项目的样品，在检验完成后还需要等待其他检验项目共同对产品进行判定确认时，在确认等待期间需要对厂内检验项目的样品进行封样，并保持封样直到对抽样产品的判定结果得到确认。

对整个封样过程需要由抽样人员及厂家人员在场，并对封样过程拍照留存，照片内容应包括但不限于抽取的样品全景照（1 张）、各种规格的封样完包装后邮寄件各一张。

5.2.2 对样品进行编号

各单位根据工作实际，自行编制样品编号规则，要确保每件样品编号是唯一的，不

能重复。每件样品编号完成后，要用记号笔准确标明在用于封样的易碎贴上。

5.2.3 填写抽样单

对样品相关信息和编号进行核验后，填写抽样单，抽样单一式两份，抽检组和供样单位各1份。抽样单格式见附录B。

5.3 送样

委托人负责将现场封样完成后的样品，及时送达委托的检测机构，送样人员应为抽样组人员或物资质量管理人员。样品在送样过程中，要做好防护措施，确保样品无损坏、封签完整。

5.4 收样

检测机构收到样品后，依照委托单对样品进行检查，核对样品外包装是否完好、封样标识是否完整，样品数量、编号、规格型号、技术参数等信息是否正确。检查无误后，应填写收样交接单（接受样品检验记录，见附录C），由委托人、检测机构各执1份，存档保存。检查过程应拍照留存，并附在检测报告中。照片内容应包括但不限于：样品外包装是否完好（1~2张）、封样标识是否完整（1~2张）、样品是否完好（1~2张）、随样品提供的资料是否齐全（1张）等。如在收样中发现问题，检测机构应及时向委托人反馈。

5.5 检测

对抽取样品的检测，可委托检测机构或由抽检组进行检测。

5.5.1 委托检测机构抽检

委托人与检测机构办理委托检测事宜，委托信息应包括但不限于样品信息（样品编号、型号，不含供应商名称）、委托开展的检测项目、检测及结果判定依据、检测报告需求时间要求、检测费用、检测地点和试验后的样品处置方式等。委托人要向检测机构提供国家电网有限公司物资采购技术标准、供货合同技术文件等检测依据。

5.5.1.1 制造厂内现场抽检

受电力线路钢管塔（杆）产品特性的制约，需在制造厂内检测的项目，在检测机构到场检测时，项目单位的监督联络人员对检测过程公正性进行监督；同时对检测过程中需制造厂配合工作予以沟通协调，包括但不限于抽检所需要的产品图纸、文件资料信息获取，检测场地及环境，检测样品材料搬运，与检测相关其他配合等。

5.5.1.2 抽样检测分离

由抽样组按照相关要求抽取检测样品后，对可在制造厂内直接检测的样品由检测机构人员在厂内进行检测；对需要在检测机构实验室内检测的样品，可采取邮寄或送样的方式，将样品运至检测机构。

5.5.1.3 检测要求

- a) 检测机构按照委托人要求的检测试验项目和完成时间进行检测。
- b) 检测机构应确保仪器设备在检定有效期内，试验环境满足检测要求，检测人员具备相应专业资格。
- c) 检测机构应根据检测项目按相应的技术标准规范中规定的试验方法具体实施，



确保检测结果有效性。

- d) 样品检测期间，委托人可组织专家到检测机构进行巡视，监督、见证检测过程，确保检测过程规范、高效。
- e) 检测结果应以国家电网有限公司物资采购技术标准、订货合同文件等材料作为判定依据。

5.5.2 抽检组厂内抽样检测

5.5.2.1 抽检组成员由物资质量监督人员、专业人员、电科院检测人员、督查人员组成。

5.5.2.2 抽检组依据相关标准和技术要求进行厂内抽检，可利用制造厂的检测设备进行检测，或由制造厂的检验人员进行检验，抽检组成员进行现场见证。对检测形成的检验结果记录（报告），应由抽检组和制造厂各方签字或盖章确认，作为抽检报告的编写依据或组成部分。在厂内检测时，需要确定检测设备在检定有效期内、检测操作人员具备相应检测资格、检测程序符合相应规范标准要求。

5.5.2.3 厂内抽检完成后，由电科院依据检测结果，出具抽检报告。

5.5.3 试品的处理

检测机构与委托人按照双方约定对试验后样品进行处置。

5.6 结果判定

结果判定依据国家电网有限公司物资采购标准、供货合同技术文件等。

5.7 检测结果异议处理方法

5.7.1 如供应商对检测方法、检测结果数据有异议，可与委托方协商进行复检。

5.7.1.1 对于在现场检测项目（如钢材外观尺寸、零部件尺寸、锌层厚度、锌层附着性、焊缝质量、试组装等）的检测数据结果有异议，只核查与异议项目相关检测数据的有效性，核查内容包括纸质记录或电子记录、影像记录，或其他关于质量数据检测证据记录等。核查现场检测的内容有效后，维持原检验结论，不进行现场复检。若现场检查内容存在偏差，则对偏差部分内容进行复检。

5.7.1.2 对送检测机构进行的钢材材质检验，当检验不合格时可进行复验检测。复验检测用样品化学成分分析采用原钢样检验，力学性能试验采用备样检验。当复验检测结果仍不合格，维持原检验结果不变。当复验检测结果合格，以复验检测结果为准。如供应商对送检测机构试验室检测的数据结果有异议，可与委托方协商，委托第三方检测机构对有异议的项目进行复检。

5.7.2 如检测委托方对检测方法、检测结果数据等有异议，可委托第三方检测机构对有异议的项目进行复检。

5.7.3 复检时，一般由委托方和供应商现场见证，填写现场见证单，参见附录 D。

5.8 不合格处理

委托人应结合抽检结果（含复检结果），综合判断是属于个性或共性问题。对本批次供货的物资要求供应商换货、退货以及支付违约金等方式进行处理，具体以采购合同约定为准。

6 抽检信息管理

6.1 抽检结果录入 ECP

6.1.1 检测完成后，检测机构应第一时间向委托方反馈检测结果。

6.1.2 委托人收到检测机构出具的检测报告后，负责组织将抽检结果信息录入到 ECP，并确保信息完整、准确。

6.1.3 委托人及时按照检测结果对供应商进行评价（一报告一评价）。

6.2 抽检资料管理

抽检工作完成后，有关单位及时汇总整理抽检工作中形成的有关资料、记录等，在检测报告出具后 1 个月内完成资料归档。

7 其他

7.1 抽检工作前，抽检委托方应通知项目单位做好由于检测结果不合格而造成的退换货的应急预案。

7.2 检测结果经委托人及供应商双方确认后，委托人及时对取样现场封存的电力线路钢管塔（杆）进行解封，检测合格的进入正常供应程序。

7.3 抽检人员现场工作时，应严格遵守《国家电网公司电力安全工作规程》及现场相关安全管理规定，做好防护措施，确保作业安全。

7.4 抽检相关人员要严格遵守中央“八项规定”及国家电网有限公司有关廉洁从业规定，遵守保密制度，保守供应商声明的秘密，不得擅自向外透露、发布抽检结果信息。



附 录 A

电力线路钢管塔（杆）检测项目

产品检验项目按质量特性的重要程度分为 A 类和 B 类，质量特性划分情况见表 A.1。

表 A.1 检验项目重要程度分类及项次合格标准

项目名称			分类		合格标准（%）		
			A 类	B 类	单项实测点合格率	项合格率	项次合格率
零部件尺寸	主材	角钢		√	—	—	≥95
		钢管结构（含横担）		√	≥90	≥90	—
	接头件	角钢、连接板		√	—	—	≥95
		钢管结构		√	≥90	≥90	—
	连接板			√	—	—	≥90
	腹材	角钢		√	—	—	≥85
		钢管结构		√	≥85	≥85	—
钢材外观				√	—	—	—
钢材规格尺寸				√	—	—	—
钢材材质（化学成分、力学性能）			√		—	—	—
焊缝外观				√	≥90	100	—
焊缝外形尺寸				√	≥95	100	—
焊缝内部质量			√		—	—	—
锌层外观				√	—		
锌层厚度				√	—		
锌层附着性			√		—		
锌层均匀性			√		—		
试组装		试装同心孔率		√	≥96		
		试装部件就位率		√	≥99		

续表

项目名称		分类		合格标准（%）		
		A 类	B 类	单项实测点合格率	项合格率	项次合格率
试组装	主要控制尺寸	√		—		
	其他组装项目		√	允许两项不合格		
螺栓（螺母）	尺寸		√			
	外观（性能等级标识、表面缺陷）		√			
	机械性能	√				
	镀锌层厚度		√			
注：合格率 = 该项目总合格检测数/该项目总检测数。						

电力线路钢管塔抽检项目包括钢材（外形尺寸、材质）、零部件尺寸（主材、接头件、连接板、腹材、焊接件）、镀锌层（厚度、附着性、均匀性）、焊缝质量（外观、外形尺寸、内部质量）、试组装、螺栓螺母（规格尺寸、表面缺陷、机械性能、镀锌层厚度）。具体检测项目见表 A.2 所示。

表 A.2 电力钢管塔（杆）检测项目

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
1	原材料	例行	钢材 规格尺寸	<p>依据：GB/T 706、GB/T 709、Q/GDW 13234.1、合同技术规范。</p> <p>要求：钢材（角钢、钢板、钢管、锻造法兰、直缝焊管等）规格尺寸负偏差值、出现负偏差的比率应满足合同技术规范的规定要求（合同技术规范特殊规定，具体见附录 E）。钢材规格应符合设计图纸要求，变更或代用应有设计单位确认手续。</p> <p>设备：卡尺、超声波测厚仪、直径测量仪。</p> <p>方法：角钢肢宽用游标卡尺在长度方向上每边各测量三点，分别取其算术平均值；角钢厚度用游标卡尺或超声波测厚仪在每边各测量三点，分别取其算术平均值；钢板厚度检测三点，取其算术平均值（测试时，测试点应均匀分布，离边缘距离不小于 10mm）；钢管通过圆周法（或直径尺）测量直径</p>	B 类检测项目。按表 A.3 抽取样本检测，不合格数小于 Re，则钢材规格尺寸、外观质量项检测通过



续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容		抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
2	原材料	例行	钢材	外观	依据：GB/T 2694、Q/GDW 13234.1、GB 50205、合同技术规范。 要求：钢材（角钢、钢板、钢管、锻造法兰、直缝焊管等）表面不得有裂缝、折叠、结疤、夹杂和重皮；表面有锈蚀、麻点、划痕时，其深度不得大于该钢材厚度负允许偏差值的 1/2，且累计误差在负允许偏差内。 设备：深度尺、放大镜、目视。 方法：目视检测焊缝外观，对麻点深度用深度尺测量	B 类检测项目。按表 A.3 抽取样本检测，不合格数小于 Re，则钢材规格尺寸、外观质量项检测通过
3		试验		力学性能	依据：GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 2975、合同技术规范。 要求：按品种、规格、炉批号取样试验；机械性能、化学成分应满足标准及相应采购技术规范的特殊要求（合同技术规范特殊规定具体见附录 E），对于 Q345 钢材按 GB/T 1591—2008 要求执行。 设备：万能试验机、冲击试验机、元素分析设备。 方法：抽取检验样品宜在塔材上抽取，也可在同批号加工材料的钢材原材料上提取（必须要求足够的可追溯性证据，确保抽取的原材料与加工塔材为同批次钢材）。现场抽取样本 2 份检验试样（4 件样本），每份试样含 2 个检验样本。其中 1 份相同样本为备用试样	A 类检测项目。按表 A.4 取样检测。机械性能、化学成分检测，发现有一项不符合，则整个抽检的塔材不通过
4				化学成分		
5	紧固件	例行	螺栓（螺母）	尺寸、外观	依据：GB/T 90.1、DL/T 284、GB/T 5779、合同技术规范。 要求：① 螺栓外形尺寸用卡尺测量；防盗及防松件应满足合同技术规范（或业主方）要求。尺寸偏差参数可参见附录 E。② 外观表面缺陷：螺栓（螺母）开裂、凹痕、皱纹、切痕、螺纹折皱、局部损伤等表面缺陷检查。产品外观应光整，无漏镀面、滴瘤、黑斑，无溶剂残渣、氧化皮夹杂物等损害零件使用性能的其他缺陷。③ 产品应有质量等级标识。 设备：游标卡尺、放大镜、目视。 方法：尺寸使用游标卡尺对螺栓的公称直径 d 、公称长度 L 、螺纹长度 b 、头部高度 K 及螺母高度 m 、对边宽度 s 、对角尺寸 e 分别进行测量取值。 外观采用目测，必要时采用放大镜进行检验	B 类检验项目。按表 A.8，每批取 20 套（螺栓+螺母）检验尺寸、外观，检测发现偏差不合格样本数量达到 Re（2 件），则螺栓尺寸、外观检测项不通过

续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容		抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
6	紧固件	试验	螺栓（螺母）	机械性能	<p>依据：GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、DL/T 284、合同技术规范。</p> <p>要求：紧固件附的质量证明书及检验报告内容应符合标准要求；应进行硬度和楔负载（或最小拉力试验）试验；8.8级及以上的高强度螺栓应有强度和塑性试验的合格证明。</p> <p>设备：万能试验机及配套试验模具、硬度计。</p> <p>方法：螺栓的拉伸试验宜用抽取的产品直接试验检测，对于大规格螺栓超出试验设备能力时可将抽取的大规格螺栓加工成试样进行拉伸试验</p>	A 类检测项目。按表 A.9，每批取 8 个非破坏性，3 个破坏性。发现有一项不合格，整个抽检的螺栓项不合格
7		例行		镀锌层	<p>依据：GB/T 5267.3、GB/T 13912、DL/T 284、合同技术规范。</p> <p>要求：镀锌层厚度的局部厚度不低于 40μm，平均值不低于 50μm。</p> <p>设备：锌层厚度检测仪。</p> <p>方法：测量厚度应在螺栓的头部六角面、头部顶面和尾部端面任取 6 个测量面，每个测量面取 1 个测量点，6 点镀锌层平均值为局部厚度，每批检验抽样 3 套螺栓及配套螺母，3 套螺栓及螺母镀锌层局部厚度的算术平均值为镀锌层平均厚度</p>	B 类检测项目。按表 A.9，每批取 3 套螺栓检验锌层，发现 1 颗螺栓锌层不合格，则螺栓锌层不通过
8	零部件	例行	外观（加工面、变形）		<p>依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：① 零部件表面要平整、光滑，无裂纹、结疤、夹杂和重皮，零件制弯后边缘过渡圆滑，表面无明显折皱、凹面和损伤，表面无过酸洗现象。② 塔材构件变形（直线度、平面度）应符合技术规范规定（参见附录 E）。</p> <p>设备：拉线、直尺、放大镜、目测。</p> <p>方法：外观主要以目测检测。塔材变形可用拉线及直尺检测构件直线度、平面度等项目</p>	B 类检测项目。按表 A.5 抽取主材接头件、连接板、腹材、焊接件、焊缝、镀锌等塔材构件样本，分别对其加工项目质量（切割、标识、制弯、制孔、清根铲背、制管、组对、焊接等项目）进行检测。
9		例行	加工尺寸	下料、切割（开槽、切角）	<p>依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：① 切割。其断口上不得有裂纹和大于 1.0mm 的边缘缺棱，切断处切割面平面度不大于 0.05t（t 为钢材的厚度），且不大于 2.0mm，割纹深度不大于 0.3mm，局部缺口深度允许偏差 1.0mm；② 切割端面斜度偏差应符合规范要求；③ 切割长度（宽度）尺寸偏差不大于 ± 2mm。</p> <p>设备：钢卷尺、角尺、钢板尺、卡尺、目视。</p> <p>方法：通过目视检测切割面状况，测量整平；通过角尺、直尺测量切割面斜度；用钢卷尺、直尺测量切割下料长度偏差</p>	① 如有严重不符合技术规范要求，出现报废的构件数达到表 A.5 中 Re 的数值，则该产品不通过检验。② 如检验各类产品发现有产品质量缺陷，但



续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容		抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
10	零部件	例行	加工尺寸	标识	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。 要求：标识。① 零件以钢字模压印作标识，钢印应包括企业标识、工程代号、塔型、零件号、钢材材质代号等内容；② 钢印应排列整齐，字形不应有缺陷，字体高度为 8mm~18mm；③ 材料厚度不大于 8mm 时，钢印深度 0.3mm~0.6mm，材料厚度不大于 8mm 时，钢印深度 0.5mm~1.0mm，钢印应清晰，在镀锌后应清晰可辨；④ 钢印附近的钢材表面不应产生明显的凹凸缺陷，并不应在边缘有裂纹或缺口。钢印不应压在孔位、制弯、铣刨、焊接部位。 设备：深度尺、直尺、目视。 方法：通过目视检测钢印标识内容、布置、表面质量状况；用深度尺测量钢印超标深度	不影响产品的使用。检验的不合格数均未达到 Re 的数值，则应分别统计各类产品的项次合格率。如果项次合格率低于标准要求的合格标准（见表 A.1），则该类产品不通过检验
11		例行		制弯（开合角、压扁）	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。 要求：制弯。零件制弯后，其边缘应圆滑过渡，表面不应有裂纹和明显的折皱、凹面和损伤，划痕深度不应大于 0.5mm。压扁两肢边之间应留有 2mm 间隙（可参见附录 E）。 设备：直尺、角度尺、深度尺、目视。 方法：通过目视检测制弯表面质量状况；用深度尺测量划痕深度；尺寸检测弯曲线位置偏差；角度尺测量制弯角度偏差	
12		例行		制孔	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。 要求：制孔。① 制孔工艺（冲孔、钻孔）应符合合同技术规范、设计图纸规定要求；② 制孔表面不应有明显的凹面，大于 0.3mm 的毛刺应清除。制孔后孔壁与零件表面的边界交界处，不应有大于 0.5 的缺棱或塌角；③ 孔形（直径、圆度、上下面孔径差）、孔位（孔距、准线）偏差符合标准要求（可参见附录 E）。 设备：钢卷尺、角尺、钢板直尺、卡尺、深度尺。 方法：① 通过目视检查塔材制孔工艺是否符合合同技术规范规定、图纸规定；目视检查制孔外观表面质量状况。② 用卡尺检测孔形状偏差。③ 通过钢卷尺、直尺、卡尺、深度尺等工具检测制孔位置偏差	
13		例行		清根、铲背	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。 要求：清根、铲背加工偏差应符合技术规范要求（可参见附录 E）。 设备：深度尺、圆弧卡板。 方法：深度尺检测清根深度；圆弧卡板检验铲背尺寸	

续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
14	零部件	例行	零部件抽样检测项次合格率	<p>依据：DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：零件检验主材（角钢、钢管结构及横担）、接头件（角钢、连板、钢管结构）、连板、腹材（角钢、钢管结构）的检测项目的合格率应符合标准、合同技术规范规定要求。</p> <p>设备：零部件检验项目、焊接件检验项目所需要的相应检测设备。</p> <p>方法：零部件检验项目、焊接件检验项目所采用的检验方法</p>	
15	制管	例行	制管表面质量	<p>依据：DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：制管表面质量：钢板制弯后管内外表面应光滑，其边缘应圆滑过渡，表面不得有损伤、褶皱和凹面，滑道、刮伤深度应小于壁厚允许负偏差的 1/2，且不大于 0.5mm。引起应力集中的尖锐划伤应打磨平，表面修磨后的实际厚度应满足管壁厚度负偏差的要求。</p> <p>设备：深度尺、目视。</p> <p>方法：目视检测制管表面质量状况；深度尺测量划痕深度</p>	<p>B 类检测项目。按表 A.5 抽取钢板制管件检测。表面质量、尺寸偏差质量出现不合格管件数小于拒绝数 R_e，板制管的表面质量、尺寸检测项目通过，否则不通过此检测项目</p>
16		例行	制管尺寸	<p>依据：DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：钢板制圆管的管直径、管圆度；多变形管的边宽度 b、对边尺寸 D、多边形管制弯角度；制管直线度、局部凸起及凹陷等项目检测，允许偏差应符合技术规范要求（可参见附录 E）。</p> <p>设备：卷尺、卡尺、直径尺、角度尺、拉线。</p> <p>方法：管件直径、管圆度、多棱管对边、边宽等项目可用直径尺、直尺测量；管直径还可通过周长法测量计算。多棱管折弯角度通过角度尺测量。管件直线度通过拉线直尺测量</p>	
17	组焊件	例行	组焊件装配尺寸：组焊件长度、连接板、法兰、插板位置尺寸。连板间距、相贯连接位置尺寸	<p>依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：</p> <p>参照表 E.22 的偏差要求进行检验控制。</p> <p>（1）部件长度 L、构件直线度 f、法兰面对轴线倾斜 P、连接板位移偏差 e、连接板倾斜 P、十字对接板错位 e、钢管纵焊缝纵向位移 e、对接接头错边 δ、H 型焊接件（高度、垂直度、中心偏移 e）、箱形焊接件（箱形截面高度、箱形</p>	<p>B 类检验项目。按表 A.5 抽取钢管杆横担、爬梯及附件等组焊件进行尺寸测量。</p> <p>检测组焊件尺寸偏差质量出现不合格组焊</p>



续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
17	组焊件	例行	组焊件装配尺寸：组焊件长度、连接板、法兰、插板位置尺寸。连接板间距、相贯连接位置尺寸	<p>截面宽度、垂直度 P）、钢管杆横担座中心偏移 e。</p> <p>（2）连接板间距离：相邻两组连接板间距 a、不相邻两组连接板间距 a_1。</p> <p>（3）相贯连接：主管与支管之间角度、主管与支管法兰距离、主管纵中心线方向上支管法兰距离、变坡部位主管与支管法兰距离（同侧距离要求同时加大或减小）、主管左右两侧支管法兰距离、支管法兰偏移 e、支管长度 L。</p> <p>（4）插板尺寸：插板孔中心与钢管中心线偏差 e、插板孔与钢管端距离 S。</p> <p>（5）法兰盘旋转位置 e。</p> <p>（6）开槽加工偏差：开槽宽度、开槽中心线的偏移 e、开槽长度、开口尺寸、插板与管轴线偏角。</p> <p>以上加工偏差应符合技术规范要求，可参见附录 E。</p> <p>设备：卡尺、卷尺、直尺、角度尺、拉线（吊垂线）。</p> <p>方法：部件长度 L、连接板之间距离、相贯连接之间距离尺寸、插板位置偏移尺寸等可用卷尺、直尺测量；构件直线度 f 用拉线直尺测量，法兰面对轴线倾斜 P 可用角度尺、直尺测量，组焊件位置偏差用直尺测量；法兰盘位置旋转可通过垂线、直尺测量；开槽尺寸偏差可通过卡尺、直尺测量。组焊件材料规格尺寸偏差用卡尺测量</p>	件数量小于拒绝数 Re 时，组焊件尺寸检测项目通过，否则不通过此检测项目
18		例行	焊缝外观缺陷、外形尺寸	<p>依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、加工图纸。</p> <p>要求：</p> <p>（1）焊缝外观：外形均匀、成型较好、焊道与焊道、焊缝与基体金属间圆滑过渡；焊渣和飞溅物清除干净。</p> <p>影响镀锌质量的焊缝应进行修磨或补焊，补焊焊缝应与原焊缝间保持圆滑过渡。</p> <p>一、二、三级焊缝外观质量应符合表 E.23 的规定。</p> <p>焊缝表面质量用放大镜和焊缝检验尺检测，必要时可采用表面无损检测方法检验。</p> <p>（2）焊缝外形尺寸：对接焊缝及完全焊透组合焊缝尺寸偏差应符合技术规范规定，可参考表 E.24～表 E.27 的规定。</p> <p>设备：焊缝尺、钢板尺、磁粉探伤仪、放大镜、目测。</p> <p>方法：焊缝外观质量通过目视检查；咬边及未焊满深度可用深度尺测量，必要时对表面裂纹状况采用无损检测确认。焊缝尺寸通过焊缝尺测量</p>	<p>B 类检验项目。按表 A.5 抽取（钢管杆横担、爬梯及附件）检测焊缝外观、外形尺寸。</p> <p>检测焊缝外观、外形尺寸出现不合格数量小于拒绝数 Re 时，组焊件尺寸检测项目通过，否则不通过此检测项目</p>

续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
19	组焊件	例行	焊缝内部质量（二级以上焊缝无损检测）	<p>依据：GB/T 2694、GB/T 3323、GB/T 11345、GB/T 29712、DL/T 646、DL/T 1611、Q/GDW 707、合同技术规范、加工图纸。</p> <p>要求：焊缝的质量等级由设计、招标技术规范确定。设计要求全焊透的一、二级焊缝的内部质量等级和内部缺陷分级应符合技术规范规定要求（钢管塔（杆）可参见表 E.28、表 E.29）。</p> <p>设备：超声波探伤仪。</p> <p>方法：</p> <p>（1）焊缝内部质量检测应持相应资格证的无损检测人员对焊缝进行检测、评定。</p> <p>（2）设计要求全焊透的一、二级焊缝的内部质量一般采用超声波无损检测的方法检测，超声波不能对缺陷作出判断时，应采用射线无损检测方法检测焊缝内部质量。</p> <p>（3）母材厚度小于 8mm 的碳素结构钢和低合金结构钢的钢板对接全焊透接头，其内部缺陷应按 Q/GDW 707、DL/T 1611 的规定进行检验和评定</p>	<p>A 类检测项目、按表 A.5 抽取（钢管杆横担、爬梯及附件）中的等级焊缝进行内部质量无损检测。</p> <p>检验发现焊缝内部质量不合格构件数量低于 Re，则焊缝内部质量检验通过，不合格数大于等于 Re 则整个抽检不通过</p>
20		例行	焊接变形	<p>依据：GB/T 2694、DL/T 646、合同技术规范。</p> <p>要求：焊接件直线度 f、连接板倾斜 P、焊接件装配面（如法兰装配贴合面、与角钢连接的焊接组合件）应控制在允许偏差范围内。</p> <p>设备：钢板尺、拉线、角度尺。</p> <p>方法：焊接件直线度 f 用拉线、直尺检测；连接板焊接变形引起的倾斜 P、焊接件装配面尺寸偏差可用角度尺、直尺检测</p>	<p>B 类检验项目。按表 A.5 抽取（钢管杆横担、爬梯及附件）检测焊缝变形。检验判定参照零件检验执行</p>
21	试组装	例行	主要控制尺寸	<p>依据：GB 50233、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、图纸要求。</p> <p>要求：控制尺寸。根开、横担挂线点间距离、横担预拱、钢管杆插接深度、塔呼高（塔高）等控制尺寸应符合技术规范要求。钢管杆试装偏差可参照表 E.30 的相关参数规定；钢管塔试装偏差可按表 E.31 的相关参数规定。</p> <p>设备：钢卷尺、拉线、直尺、卡尺。</p> <p>方法：用钢卷尺、（必要时用拉线）、直尺等检测根开、横担间距离、预拱、插接尺寸、呼高（塔段高）；用卡尺检测管线点孔径、安装间隙等项目尺寸</p>	<p>A 类检测项目。按表 A.8 抽取 1 基完整塔试装检测控制尺寸。检测全部合格则试装控制尺寸项目检验合格，否则整个铁塔抽检不通过</p>



续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
22	试组装	例行	试装部件就位率	依据：GB 50233、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、图纸要求。 要求：零部件就位率。零部件就位率对照图纸逐一检查；要求零部件 100% 安装就位检验验证。 设备：目视、经过放样的图纸。 方法：对照图纸逐一核对各编号构件的安装就位情况	B 类检测项目。按表 A.8 抽取 1 基完整塔试装检测就位率、通孔率、安装间隙。 检测全部合格者试装控制尺寸项目检验合格，否则计算项次合格率，项次合格联板符合标准则检验通过，否则相应项次合格率不达标的不通过
23		例行	试装同心孔率	依据：GB 50233、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、图纸要求。 要求：用通孔器检测同心孔通孔率检验，通孔率 $\geq 99\%$ 。 设备：试孔器插销。 方法：同心孔通孔率用比螺栓直径大 0.3mm 的插销，对试装塔中未装螺栓的同心孔位置精度检测通孔率	
24		例行	塔材组装贴合面间隙	依据：GB 50233、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、图纸要求。 要求：试装塔材安装贴合面间隙符合技术规范、施工验收规范规定要求。塔材安装贴合面局部间隙不应超过 2mm，安装贴合面接触面积 $\geq 75\%$ 。 设备：塞尺、目视。 方法：目视检查试装各安装贴合面间隙；发现出现安装间隙的塔材安装贴合面应用塞尺测量安装间隙	
25	镀锌层	例行	锌层外观	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、设计文件。 要求：镀锌层外观颜色一般呈灰色或暗灰色。镀锌层表面应连续完整，并具有实用性光滑，不得有过酸洗、漏镀、结瘤、积锌和锐点等使用上有害的缺陷。 设备：目视。 方法：通过目视对镀锌层表面质量进行检查，重点检查塔材安装贴合面的质量状况	B 类检验项目。按表 A.6 抽样检测锌层外观、厚度。 检测全部合格则锌层厚度、外观项目合格。如有不符合缺陷但不影响产品报废，则计算项次合格率，项次合格联板符合
26		例行	锌层厚度（附着量）	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、设计文件。 要求：对镀件厚度小于 5mm 的，镀锌层厚度平均值应不小于 65 μm ，且最小值不小于 55 μm ；镀件厚度大于等于 5mm 的，镀锌层厚度平均值应不小于 86 μm ，且最小值不小于 70 μm 。 设备：锌层测厚仪。	

续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
26	镀锌层	例行	锌层厚度（附着量）	方法：用锌层测厚仪检测锌层，使用前应经标准厚度试片校正后再使用。用锌层测厚仪对镀件的锌层厚度测量检测，取平均值。检测时测试点应均匀分布，离边缘距离不小于 10mm。测量时应在不同位置选取 12 个点测量数值算平均值：角钢件每面测试 3 处各 1 点，4 面共 12 点；钢板件每面测 6 处各 1 点，2 面共 12 点；钢管件距端边缘不小于 100mm 和中间任意位置各环向均匀测试 4 点，共取 12 点	标准则检验通过，否则相应项次合格率不达标的不过
27		例行	锌层附着性	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、设计文件。 要求：镀锌件经做锤击试验后镀锌层应无脱落、无剥离、不凸起。 设备：锌层附着性检测落锤。 方法：试件应置于水平，调整试样，使落锤打击点距离样边、角及端部 10mm 以外，宜以 4mm 的间隔平行打击 5 点，检查锌层表面状态，打击处不得重复打击	A 类检验项目。按表 A.7 抽样检验锌层附着性、均匀性。 检测全部合格则锌层均匀性、附着性项目检验合格，否则整个铁塔抽检不通过
28		例行	镀锌层均匀性	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范、设计文件。 要求：镀锌件经硫酸铜试验 4 次不露铁，即为合格。 设备：配置硫酸铜（18℃时密度 1.18g/cm ³ ）、烧杯、四氯化碳（苯）等有机溶剂。 方法：① 配置硫酸铜溶液，在温度 18℃时密度 1.18g/cm ³ ，静止 24h 以上。使用已配制使用过程硫酸铜溶液，要求最多使用不超过 15 次。 ② 试样表面处理：溶剂清洗试件表面，将处理好的试件浸入硫酸铜溶液不得搅动，静止 1min 后取出，用毛刷除掉试样表面沉淀物，用流水冲洗、净布擦干，立即进行下一次浸蚀，直到试验浸蚀终点为止	
29	包装、标志	例行	包装方式、防护方式、数量	依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。 要求：① 包装方式及防护方式。包装方式（如是单基包装）、捆扎方式应符合合同要求，角钢塔单基包装并保证螺栓（包括防卸螺栓）、垫片等的同步与配套；包装每捆质量一般为 2~3t；包装捆扎应牢固，保证在运输过程中包捆不松动，避免角钢之间、角钢与包装物之间相互摩擦，损坏镀锌层；发运前查验随货同行资料。	B 类检验项目。按批抽 1 基的角钢包捆、联板包捆最少各 1 包检验包装及防护方式、数量、产品标识、产品贮存等项目。



续表

序号	抽检项目	检验分类	抽检内容	抽检依据及要求	备注（抽样比例及判定）
29	包装、标志	例行	包装方式、防护方式、数量	<p>②数量。若合同技术规范未作规定，每批抽 1 基的角钢包捆、联板包捆最少各 1 包捆，对已包装捆内的成品进行开包检查，如发现不合格，应加倍抽样检查。合同技术规范有规定的按合同技术规范执行。</p> <p>设备：目视、技术资料。</p> <p>方法：通过目视对包装防护检查；通过抽包对包装数量检查</p>	包装方面不符合属于轻微质量缺陷。发现问题后通知厂家整改
30		例行	标志	<p>依据：GB/T 2694、DL/T 646、Q/GDW 1384、合同技术规范。</p> <p>要求：在包捆的明显位置作标记，标注工程名称、塔型、呼称高、捆号、生产厂家名称，标记内容还应满足运输部门的规定。</p> <p>设备：目视。</p> <p>方法：通过目视对包装标志防护检查</p>	

根据各规格塔型的结构特点，以每基铁塔为基数随机抽出各检验项目所需的样本数量进行检验。各检验项目抽样比例及判定数具体见表 A.3～表 A.9 所示。

表 A. 3 钢材外形尺寸（外观）抽样表

批量范围 (件)	样本大小 (件)	判定组数	
		Ac	Re
≤500	20	0	1
501~1200	32	0	1
1201~3200	50	0	1
3201~10000	80	1	2

表 A. 4 钢材材质抽样表

批量范围 (基)	样本大小 (件)		判定组数	
	检验数	备样数	Ac	Re
1	2	2	0	1
注：取样数量 4 件，含备用样本 2 件。当试验样本 2 件出现不合格时，取用 2 件备用样本				

表 A.5 零部件、焊接件检验抽样表

样本品种	质量水平	批量范围 （件）	样本大小 （件）	判定组数			
				660kV 及以下		750kV 及以上	
				Ac	Re	Ac	Re
主材 接头件（钢管杆横担）	4.0	≤15	3	0	1	0	1
		16~25	5	0	1	0	1
		26~50	8	1	2	1	2
		51~90	13	1	2	1	2
		91~150	20	2	3	1	2
		151~280	32	3	4	2	3
连接板 腹材（钢管杆爬梯及连接附件）	4.0	≤280	13	1	2	1	2
		281~500	20	2	3	1	2
		501~1200	32	3	4	2	3
		1201~3200	50	5	6	3	4
		3201~10000	80	7	8	5	6
焊接件	2.5	≤8	2	0	1	0	1
		9~15	3	0	1	0	1
		16~25	5	0	1	0	1
		≥26	8	0	1	0	1
焊缝质量 （钢管杆横担、爬梯及焊接附件）	0.65	≤8	2	0	1	0	1
		9~15	3	0	1	0	1
		16~25	5	0	1	0	1
		≥26	8	0	1	0	1
注：对抽样检测的钢管塔（杆），如抽检样品的批量范围数小于样本数量，则对所抽样检测的产品构件进行全部检测							

表 A.6 锌层厚度（外观）检验抽样表

批量范围 (件)	样本大小与品种规格 (件)				判定组数	
	$\delta < 5$	$5 \leq \delta < 8$	$\delta \geq 8$	合计	Ac	Re
≤ 500	8	8	4	20	1	2
501~1200	12	12	8	32	2	3
≥ 1201	15	15	10	40	3	4



表 A.7 锌层附着性检验抽样表

检测项目	样本大小（件）		判定组数	
	检验数	备样数	Ac	Re
附着性	3	6	0	1
均匀性	3	6	0	1

表 A.8 试组 装 检 验 抽 样 表

检测项目	样本大小（基）	判定组数	
		Ac	Re
部件就位率	1	0	1
同心孔通过率			
主要控制尺寸			

表 A.9 螺 栓（母）抽 样 表

检测项目	样本大小（批）	判定组数	
		Ac	Re
规格尺寸	20	1	2
表面缺陷	8	0	1
机械性能（非破坏）	8	0	1
机械性能（破坏）	3	0	1
镀锌层厚度	3	0	1

螺栓、螺母每规格分别按表 A.9 比例配套抽取，Ac 为接收数，Re 为拒收数。
判定原则见表 A.10。

表 A.10 判 定 原 则

原则	判 断 要 求
零部件不合格品的确定原则	A 类检验项目的实测点必须全部合格，B 类检验项目的实测点应根据零部件的类别满足不低于表 A.9 规定好的项次合格标准，但不合格的实测点应基本合格（基本合格标准是指虽然与标准偏差有微小的出入，但不影响它的使用和设计效果）则判定该项目合格
	项次合格率应根据零部件的类别满足不低于表 A.9 所规定的合格率，则判定该零部件合格

续表

原则	判 断 要 求	
零部件不合格品的确定原则	当受检零部件出现以下情况之一时，该零部件判定为不合格	项次合格率低于标准规定值时（见表 A.1）； 钢材质量不合格或与设计要求不符合； 接头处孔向相反； 50%及以上孔准距超标； 过酸洗严重，接头孔被酸腐蚀超标； 加工工艺与标准规定或设计要求不符合； 由于放样错误，造成零部件尺寸超标； 控制尺寸与图纸不符所涉及的相关件
	某一项次不合格而影响相关项次也不合格，其相关项次也为不合格项次	
	焊接件中部件尺寸与焊缝有一方面不合格则焊接件不合格	
综合判定原则	经检验，检验项目全部合格，判定为被抽查产品合格	
	B 类检验项目中任一项或一项以上不合格（不合格零件数大于等于 Re ，或项次合格率低于表 A.1 规定值），判定为被抽查产品不合格	
	当产品存在 A 类检验项目不合格时，属于严重不合格	



附 录 B 电力线路钢管塔（杆）抽样单（模版）

电力线路钢管塔（杆）抽样单

任务编号：

供样单位	单位名称	项目单位或仓库：		
	地址		负责人	
	电话		职务	
被抽样物资情况	物资名称	（ ） kV 输电线路铁塔		供应商
	项目单位		工程名称	
	规格型号		出厂批号	
	生产日期			
抽样及样品情况	抽样基数	1 基		样品总部件数
	抽样方法	以随机的方式抽样		抽样地点
	样品编号			
签字	抽样人：	供样人：		督察人员：
	日期：	日期：		日期：
现场记录的其他事项				

本单一式贰份，由抽检组和委托人各执一份。

附 录 C
样品交接单（模版）

公司物资抽检样品交接单

编号：

序号	样品名称	电压等级 (kV)	规格型号	样品编号	样品数量/ 单位	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						
委托单位： 经办人签字： 日期：				收样单位：检测机构名称（盖章） 经办人签字： 日期：		

附录 E 相关技术要求

E.1 钢管塔（杆）材料规格尺寸参数特殊技术规定

E.1.1 等边角钢规格尺寸允许偏差

Q/GDW 13234.1—2014 中等边角钢边厚度、边宽度允许偏差规定见表 E.1。

表 E.1 等边角钢边厚度、边宽度允许偏差规定

边宽度 (mm)	边厚度允许偏差 (mm)	边宽度允许偏差 (mm)
≤ 56	-0.2, +0.4	-0.4, +0.8
$> 56 \sim 90$	-0.3, +0.6	-0.6, +1.2
$> 90 \sim 140$	-0.4, +0.7	-0.9, +1.8
$> 140 \sim 200$	-0.5, +1.0	-1.3, +2.5
> 200	-0.7, +1.4	-1.8, +3.5
注：750kV 输电线路使用 > 200 的等边角钢允许负偏差为 0.0mm。		

E.1.2 钢板规格尺寸允许偏差

Q/GDW 13234.1—2014 中单轧钢板厚度允许偏差规定见表 E.2。

表 E.2 单轧钢板厚度允许偏差规定

公称厚度 (mm)	公称宽度的厚度允许偏差 (mm)			
	≤ 1500	$> 1500 \sim 2500$	$> 2500 \sim 4000$	> 4000
3.0~5.0	-0.23, +0.45	-0.28, +0.55	-0.33, +0.65	—
$> 5.0 \sim 8.0$	-0.25, +0.50	-0.30, +0.60	-0.38, +0.75	—
$> 8.0 \sim 15$	-0.25, +0.55	-0.33, +0.65	-0.40, +0.80	-0.45, +0.90
$> 15 \sim 25$	-0.33, +0.65	-0.375, +0.75	-0.45, +0.90	-0.55, +1.10
$> 25 \sim 40$	-0.35, +0.70	-0.40, +0.80	-0.50, +1.00	-0.60, +1.20
$> 40 \sim 60$	-0.40, +0.80	-0.45, +0.90	-0.55, +1.10	-0.65, +1.30

E.1.3 特高压角钢塔用等边角钢规格尺寸允许偏差

特高压角钢塔技术规范中等边角钢边厚度、边宽度允许偏差规定见表 E.3。



表 E. 3 等边角钢边厚度、边宽度允许偏差

边宽度 (mm)	边厚度允许偏差 (mm)	边宽度允许偏差 (mm)
≤ 56	0, +0.4	0, +0.8
$> 56 \sim 90$	0, +0.6	0, +1.2
$> 90 \sim 140$	0, +0.7	0, +1.8
$> 140 \sim 200$	0, +1.0	0, +2.5
≥ 220	0, +1.4	0, +5.5

E. 1. 4 特高压角钢塔用钢板规格尺寸允许偏差

特高压角钢塔技术规范中单轧钢板厚度允许偏差规定见表 E.4。

表 E. 4 单轧钢板厚度允许偏差

公称厚度 (mm)	公称宽度的厚度允许偏差 (mm)			
	≤ 1500	$> 1500 \sim 2500$	$> 2500 \sim 4000$	> 4000
3~5.0	0~+0.45	0~+0.55	0~+0.65	—
$> 5.0 \sim 8.0$	0~+0.50	0~+0.60	0~+0.75	—
$> 8.0 \sim 15$	0~+0.55	0~+0.65	0~+0.80	0~+0.90
$> 15 \sim 25$	0~+0.65	0~+0.75	0~+0.90	0~+1.10
$> 25 \sim 40$	0~+0.70	0~+0.80	0~+1.00	0~+1.20
$> 40 \sim 60$	0~+0.80	0~+0.90	0~+1.10	0~+1.30

E. 1. 5 输电线路钢管塔用锻造法兰尺寸、外形及允许偏差

- 1) 带颈对焊法兰、带颈平焊法兰示意图见图 E.1、图 E.2。法兰的尺寸、外形公差应符合表 E.5 的规定。
- 2) 法兰采用平面密封面形式，法兰表面粗糙度应满足 $Ra \leq 6.3\mu\text{m}$ ，螺栓孔粗糙度应满足 $Ra \leq 12.5\mu\text{m}$ ，宜采用粗糙度检测仪进行检测。

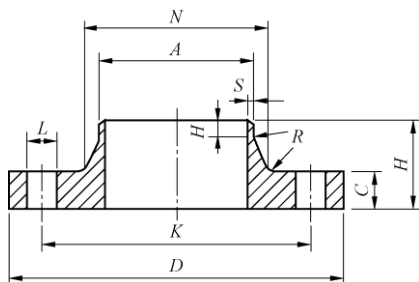


图 E. 1 带颈对焊法兰尺寸示意图

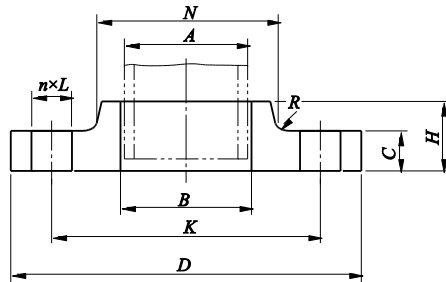
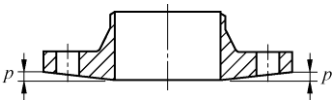


图 E. 2 带颈平焊法兰尺寸示意图

表 E. 5 锻造法兰尺寸允许偏差

项目	法兰形式	尺寸范围	允许偏差 (mm)
法兰厚度 C	对焊、平焊	$C \leq 18\text{mm}$	$0 \sim +1.0$
		$C > 18\text{mm}$	$0 \sim +1.5$
法兰高度 H	对焊、平焊	所有规格	± 1.0
焊端外径 A	对焊	$< \text{DN}150$	$-0.5 \sim +0.5$
		$\geq \text{DN}150$	$-1.0 \sim +1.0$
法兰内径 B	平焊	$< \text{DN}125$	$0 \sim +0.5$
		$\geq \text{DN}125$	$0 \sim +1.0$
法兰外径 D	对焊、平焊	所有规格	± 1.0
颈部厚度 S	对焊	所有规格	$-0.3 \sim +1.0$
螺栓孔中心圆直径 K	对焊、平焊	M10~M33	± 0.75
		$> \text{M}33$	± 1.0
相邻两螺栓孔的弦距	对焊、平焊	M10~M24	± 0.5
		M27~M33	± 0.6
		$> \text{M}33$	± 0.7
任意两螺栓孔的弦距	对焊、平焊	$\leq \text{DN}500$	± 1.0
		$> \text{DN}500$	± 1.2
螺栓孔直径 L	对焊、平焊	所有规格	$0 \sim +0.8$
螺栓孔中心圆与法兰接触面的同轴度公差	对焊、平焊	所有规格	$\phi 1.0$
法兰两端面间的平行度	对焊、平焊	所有规格	≤ 1
法兰端面与轴线垂直度	对焊、平焊	所有规格	≤ 1
法兰密封面平面度偏差 p	对焊、平焊	所有规格	$-0.5 \sim +0.5$
			



E. 1. 6 输电线路钢管塔用直缝焊管规格尺寸、外形允许偏差

1) 外径偏差。

焊管外径允许偏差为 $\pm 0.5\% D$ （ D 为公称外径），但管端 200mm 范围内外径最大允许偏差不得超过 $\pm 1.0\text{mm}$ 。钢管外径使用测径卷尺，用周长法测量。

距管端 200mm 范围内钢管的椭圆度（即同一截面上最大外径与最小外径之差与公称外径的比值）应不大于 0.6%，其余部分椭圆度应不大于 1.2%。

2) 厚度偏差。

直缝焊管厚度允许偏差为 $-0.3\text{mm} \sim +1.0\text{mm}$ 。壁厚在管体上（非焊缝处）测量，检测两个截面的厚度，每个截面随机、均匀测量 3 点，取平均值作为管体壁厚。要求任一测点厚度均应满足要求。壁厚采用测厚仪或壁厚千分尺测量。

E. 2 钢管塔（杆）材料技术规范机械性能、化学成分等参数特殊规定

特高压铁塔中所有 Q345、Q420 钢板、角钢材料供货应为热轧钢，化学成分 Mn 含量不应低于 1.0%。技术规范中 Q420 钢材化学成分见表 E.6、锻造法兰化学成分见表 E.7。

表 E. 6 角钢和钢板的化学成分要求

牌号		化学成分（质量分数，%）								备注
		C ≤	Si ≤	Mn	P	S	V	Nb	Ti	
					不大于					
Q420	B	0.18	0.5	1.00～ 1.70	0.035	0.035	0.02～ 0.15	0.005～ 0.070	0.01～0.20	角钢及 钢板
	C				0.03	0.03				
注：钢中至少应含有 V、Nb、Ti 三种元素中的其中一种，并且含量应符合表 E.7 要求，并在质量证明书中标明										

表 E. 7 锻造法兰的化学成分（元素含量，%）

牌号	C	Si \leq	Mn	P \leq	S \leq	V \leq	Nb \leq	Ti \leq
Q345B	0.12~0.20	0.50	1.00~1.70	0.035	0.035	0.15	0.07	0.20
Q420B	≤ 0.18	0.60	1.00~1.80	0.030	0.030	0.20	0.07	0.20
注：1. Q420B 要求至少加入一种细化晶粒的元素，也可加入多个细化晶粒的元素，并应在质量证明书中注明含量。 2. 碳当量计算公式：CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15。 3. Q345B 最大碳当量 ≤ 0.44 ；Q420B 最大碳当量 ≤ 0.45								

E. 3 钢管塔（杆）螺栓紧固件参数规定（摘自 DL/T 284—2012）

E. 3. 1 螺栓尺寸示意图见图 E.3，螺栓型式尺寸见表 E.8。

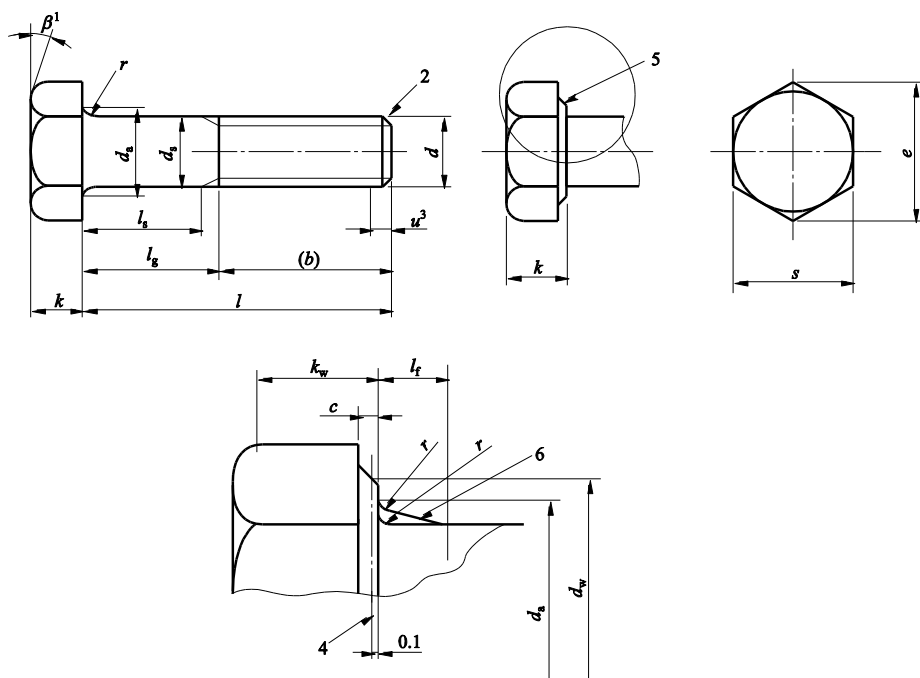


图 E. 3 螺栓尺寸示意图

1— $\beta=15^\circ \sim 30^\circ$ ；2—无特殊要求的末端；3—不完整的螺纹长度 $u \leq 2P$ ；
 4— d_w 的仲裁基准；5—允许的垫圈面型式；6—圆滑过渡

表 E. 8 螺 栓 尺 寸

单位：mm

螺纹规格 d		M10	M12	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33
P		1.5	1.75	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5
b_{\min} 参考	单母	14	17	22	24	27	28	31	34	37	40
	双母	24	30	38	41	46	48	54	58	63	70
c_{\max}		0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
$d_{a \max}$		12.2	14.7	18.7	21.2	24.4	26.4	28.4	32.4	35.4	38.4
d_s	max	10.58	12.7	16.7	18.7	20.84	22.84	24.84	27.84	30.84	34
	min	9.42	11.3	15.3	17.3	19.16	21.16	23.16	26.16	29.16	32
$d_{w \min}$		14.47	16.47	22	24.85	27.7	31.35	33.25	38	42.75	46.55
e_{\min}		17.59	19.85	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	55.37
k	公称	6.4	7.5	10	11.5	12.5	14	15	17	18.7	21
	max	6.85	7.95	10.75	12.4	13.4	14.9	15.9	17.9	19.75	22.05
	min	5.95	7.05	9.25	10.6	11.6	13.1	14.1	16.1	17.65	19.95
$k_{w \min}$		4.17	4.94	6.48	7.42	8.12	9.17	9.87	11.27	12.36	13.97



续表

螺纹规格 d		M10	M12	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33
r_{\min}		0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	1	1	1
s	公称	16.00	18.00	24.00	27.00	30.00	34.00	36.00	41.00	46.00	50.00
	min	15.57	17.57	23.16	26.16	29.16	33.00	35.00	40.00	45.00	49.00
$l_{f \max}$		2	3	3	3	4	4	4	6	6	6
s	公称 = max	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	
	min	53.8	58.8	63.1	68.1	73.1	78.0	82.8	87.8	92.8	
$l_{f \max}$		6	6	8	8	10	10	12	12	13	

注：1、 l_s 、 l_g 见 DL/T 284 的附录 A， l_s 和 l_g 为计算参考尺寸，实际运用时应采用整数值，设计者可根据夹紧长度设计以外的尺寸。
 b_{\min} 为设计参考尺寸，其以单螺母和双螺母组装完成后露出 3P 得出，外端再组装其他功能性螺母应考虑加长 b 的长度。

E. 3. 2 螺母尺寸示意图见图 E.4，螺母型式尺寸见表 E.9。

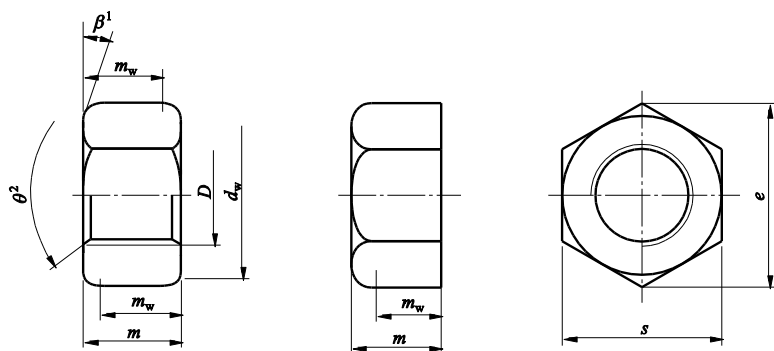


图 E. 4 螺母尺寸示意图

1— $\beta=15^\circ \sim 30^\circ$ ；2— $\theta=90^\circ \sim 120^\circ$

表 E. 9 螺 母 型 式 尺 寸

单位：mm

螺纹规格 D		M10	M12	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33
P		1.5	1.75	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5
$d_{w \min}$		14.5	16.5	22	24.9	27.7	31.4	33.3	38	42.8	46.6
e_{\min}		17.59	19.85	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	55.37
m	max	9.5	12.2	15.9	16.9	19.0	20.2	22.3	24.7	26.4	29.5
	min	8.0	10.4	14.1	15.1	16.9	18.1	20.2	22.6	24.3	27.4
$m_{w \min}$		6.4	8.3	11.3	12.1	13.5	14.5	16.2	18.1	19.4	21.9
s	公称 = max	16.00	18.00	24.00	27.00	30.00	34	36	41	46	50
	min	15.57	17.57	23.16	26.16	29.16	33	35	40	45	49

续表

螺纹规格 D		M36	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64
P		4	4	4.5	4.5	5	5	5.5	5.5	6.0
$d_{w \min}$		51.1	55.9	60	64.7	69.5	74.2	78.7	83.4	88.2
e_{\min}		60.79	66.44	71.3	76.95	82.6	88.25	93.56	99.21	104.86
m	max	31.9	34.3	34.9	36.9	38.9	42.9	45.9	48.9	52.4
	min	29.4	31.8	32.4	34.4	36.4	40.4	43.4	46.4	49.4
$m_{w \min}$		23.2	25.4	25.9	27.5	29.1	32.3	34.7	37.1	39.5
s	公称 = max	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0
	min	53.8	58.8	63.1	68.1	73.1	78.1	82.8	87.8	92.8

E. 3. 3 薄螺母尺寸示意图见图 E.5，薄螺母型式尺寸见表 E.10。

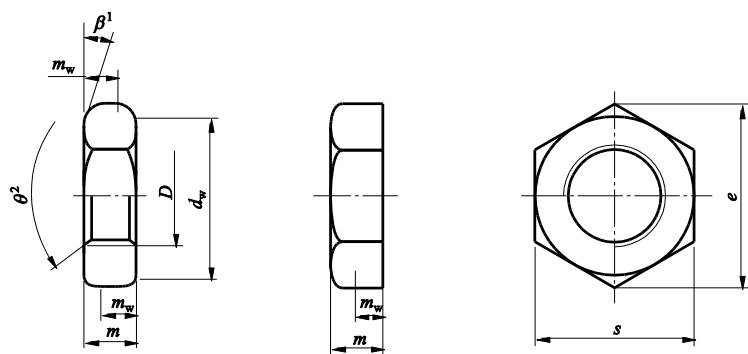


图 E. 5 薄螺母尺寸示意图

1— $\beta=15^\circ \sim 30^\circ$ ；2— $\theta=110^\circ \sim 120^\circ$

表 E. 10 薄螺母型式尺寸

单位：mm

螺纹规格 D	M10	M12	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33
P	1.5	1.75	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5
$d_{w \min}$	14.5	16.5	22	24.9	27.7	31.4	33.3	38	42.8	46.6
e_{\min}	17.59	19.85	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	55.37
m	max	5	6	8	9	10	11	12	13.5	16.5
	min	4.7	5.7	7.42	8.42	9.10	9.9	10.9	12.4	15.4
$m_{w \min}$		3.8	4.6	5.9	6.7	7.3	7.9	8.7	9.9	12.3
s	公称 = max	16.00	18.00	24.00	27.00	30.00	34	36	41	46
	min	15.57	17.57	23.16	26.16	29.16	33	35	40	49

续表

螺纹规格 D		M36	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64
P		4	4	4.5	4.5	5	5	5.5	5.5	6.0
$d_{w \min}$		51.1	55.9	60	64.7	69.5	74.2	78.7	83.4	88.2
e_{\min}		60.79	66.44	71.3	76.95	82.6	88.25	93.56	99.21	104.86
m	max	18	19.5	21	22.5	24	26	28	30	32
	min	16.9	18.2	19.7	21.2	22.7	24.7	26.7	28.7	30.4
$m_{w \min}$		13.5	14.6	15.8	17	18.2	19.8	21.4	23	24.3
s	公称 = max	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0
	min	53.8	58.8	63.1	68.1	73.1	78.1	82.8	87.8	92.8

E. 3. 4 脚钉尺寸示意图见图 E.6，脚钉型式尺寸见表 E.11。

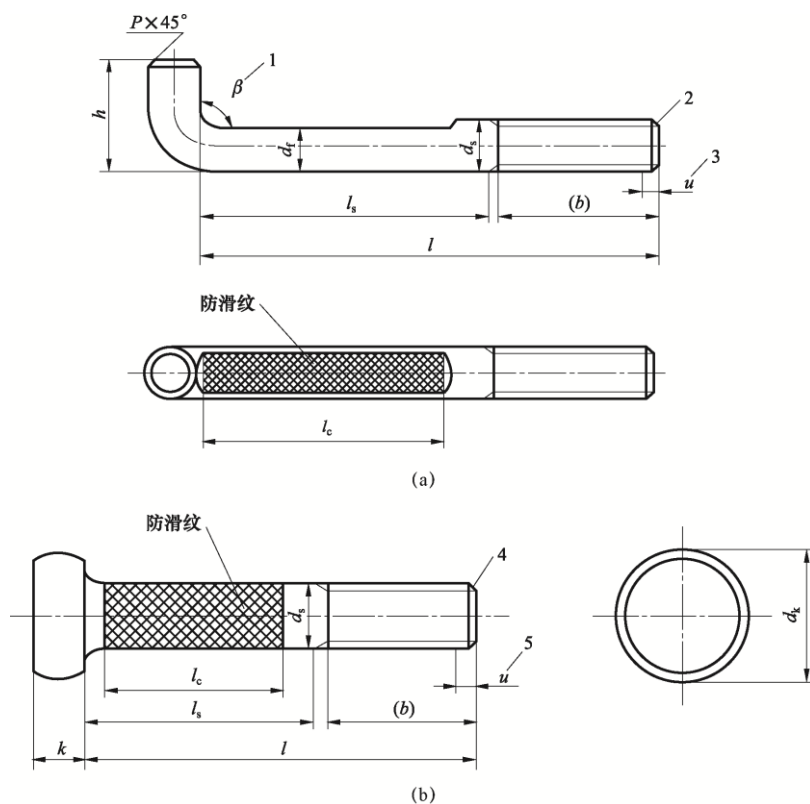


图 E. 6 脚钉尺寸示意图

1— $\beta=90^\circ \sim 110^\circ$ ；2—无特殊要求的末端；3—不完整的螺纹长度 $u \leq 2P$ ；

4—无特殊要求的末端；5—不完整的螺纹长度 $u \leq 2P$

注：防滑纹型式尺寸由制造者确定

(a) A 型弯头脚钉；(b) B 型平头脚钉

表 E. 11 脚 钉 型 式 尺 寸

单位: mm

A 型弯头脚钉													
螺纹规格 d	l^a			l_s^a		h		d_s		d_f	l_c^a	b^a	
	公称	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min		
M16	180	184	176	122	118	40	37.5	16.7	15.3	13	100	60	
M20	200	204.6	195.4	122	118	50	47.5	20.84	19.16	16	100	80	
M24	240	244.6	235.4	122	118	60	57.0	24.84	23.16	19	100	120	
B 型平头脚钉													
螺纹规格 d	l^a			l_s^a		d_s		l_c^a	d_k		k		b^a
	公称	max	min	max	min	max	min	min	max	min	max	min	
M16	180	184	176	122	118	16.7	15.3	100	32	30	10.75	9.25	60
M20	200	204.6	195.4	122	118	20.84	19.16	100	40	38	13.4	11.6	80
M24	240	244.6	235.4	122	118	24.84	23.16	100	48	45	15.9	14.1	120
注： ^a 设计者可根据需要设计表中规定以外的尺寸													

E. 4 螺栓紧固件机械和物理性能

E. 4. 1 螺栓机械和物理性能

规定性能等级的螺栓和脚钉, 在环境温度为 10℃~35℃ (吸收能量试验应在 -20℃ 下进行) 下, 应符合表 E.12~表 E.14 规定的机械和物理性能。

表 E. 12 螺栓和脚钉的机械和物理性能

序号	机械性能和物理性能		性 能 等 级				
			4.8	6.8	8.8		10.9
					$d \leq 16\text{mm}$	$d > 16\text{mm}$	
1	抗拉强度 R_m (MPa)	$R_{m, \text{nom}}^a$	400	600	800		1000
		$R_{m, \text{min}}$	420	600	800	830	1040
2	下屈服强度 R_{eL}^b (MPa)	$R_{eL, \text{nom}}^a$	—	—	—	—	—
		$R_{eL, \text{min}}$	—	—	—	—	—
3	规定非比例延伸 0.2% 的应力 $R_{p0.2}$ (MPa)	$R_{p0.2, \text{nom}}^a$	—	—	640	640	900
		$R_{p0.2, \text{min}}$	—	—	640	660	940
4	螺栓和脚钉实物的规定非比例延伸 0.004 8d 的应力 R_{pf} (MPa)	$R_{pf, \text{nom}}^a$	320	480	—	—	—
		$R_{pf, \text{min}}$	340 ^c	480 ^c	—	—	—



续表

序号	机械性能和物理性能		性能等级					
			4.8	6.8	8.8		10.9	
					$d\leq 16\text{mm}$	$d> 16\text{mm}$		
5	保证应力 S_p^d (MPa)		$S_{p, \text{nom}}$	310	440	580	600	830
	保证应力比	$S_{p, \text{nom}}/R_{eL, \text{min}}$ 或 $S_{p, \text{nom}}/R_{p0.2, \text{min}}$ 或 $S_{p, \text{nom}}/R_{pf, \text{min}}$		0.91	0.92	0.91	0.91	0.88
6	抗剪强度 τ_b^e (MPa)		$\tau_{b, \text{min}}$	260	370	490	510	640
7	机械加工试件的断后伸长率 A (%)		A_{min}	—	—	12	12	9
8	机械加工试件的断面收缩率 Z (%)		Z_{min}	—		52		48
9	螺栓和脚钉实物的断后伸长率 A_f		最小值	0.24	0.20	—	—	—
10	维氏硬度/HV, $F\geq 98\text{N}$		最小值	130	190	250	255	320
			最大值	220 ^f	250	320	335	380
11	洛氏硬度/HRB		最小值	71	89	—		
			最大值	95.0 ^f	99.5	—		
	洛氏硬度/HRC		最小值	—		22	23	32
			最大值	—		32	34	39
12	表面硬度/HV0.3		最大值	—		g		g,h
13	螺纹未脱碳层的高度 E (mm)		最小值	—		$1/2H_1$		$2/3H_1$
	螺纹全脱碳层的深度 G (mm)		最大值	—		0.015		
14	再回火后硬度的降低值/HV		最大值	—		20		
15	V 型缺口试样的冲击吸收能量 $K_V^{i,j}$ (J)		最小值	—	—	27	27	27
16	表面缺陷			GB/T 5779.1 ^k				

注：10.9 级产品热浸镀锌后，氢脆风险较大，设计时应谨慎选用。采用时供需双方应探讨采取有效的预防氢脆措施。

^a 规定公差值，仅为性能等级标记制度，见 DL/T 284 中的 5.1.1。

^b 在不能测定下屈服强度 R_{eL} 的情况下，允许测量规定非比例延伸 0.2% 的应力 $R_{p0.2}$ 。

^c 对性能等级 4.8 和 6.8 的 $R_{pf, \text{min}}$ 数值尚在调查研究中。表中数值是按保证载荷比计算给出的，而不是实测值。

^d 表 E.14 规定了保证载荷值。

^e 一般不进行试验，数据按 $0.62R_{m, \text{min}}$ 推算出，供设计人员参考。

^f 在产品的末端测定硬度值时，应分别为：250HV 或 HRB_{最大值} 99.5。

^g 当采用 HV0.3 测定表面硬度及芯部硬度时，产品的表面硬度不应比芯部硬度高出 30HV 单位。

^h 表面硬度不应超过 390HV。

ⁱ 试验在 -20℃ 下测定，见 DL/T 284 中的 7.1.10。

^j 适用于 $d\geq 16\text{mm}$ 。

^k 由供需双方协议，可用 GB/T 5779.3 代替 GB/T 5779.1

表 E. 13 螺栓和脚钉的最小拉力荷载（粗牙螺纹）

螺纹规格 d	螺纹公称应力 截面积 $A_{s, \text{nom}}$ (mm^2)	性 能 等 级			
		4.8	6.8	8.8	10.9
		最小拉力荷载 $F_{m, \text{min}}$ ($A_{s, \text{nom}} \times R_{m, \text{min}}$) (N)			
M10	58	24 400	34 800	46 400	60 300
M12	84.3	35 400	50 600	67 400	87 700
M16	157	65 900	94 000	125 000	163 000
M18	192	80 600	115 000	159 000	200 000
M20	245	103 000	147 000	203 000	255 000
M22	303	127 000	182 000	252 000	315 000
M24	353	148 000	212 000	293 000	367 000
M27	459	193 000	275 000	381 000	477 000
M30	561	236 000	337 000	466 000	583 000
M33	694	292 000	416 000	576 000	722 000
M36	817	343 000	490 000	678 000	850 000
M39	976	410 000	586 000	810 000	1 020 000
M42	1120	470 000	672 000	930 000	1 165 000
M45	1310	550 000	786 000	1 087 000	1 362 000
M48	1470	617 000	882 000	1 220 000	1 529 000
M52	1760	739 000	1 056 000	1 461 000	1 830 000
M56	2030	853 000	1 218 000	1 685 000	2 111 000
M60	2360	991 000	1 416 000	1 959 000	2 454 000
M64	2680	1 126 000	1 608 000	2 224 000	2 787 000

表 E. 14 螺栓保证荷载（粗牙螺纹）

螺纹规格 d	螺纹公称应 力截面积 $A_{s, \text{nom}}$ (mm^2)	性 能 等 级			
		4.8	6.8	8.8	10.9
		保证荷载 F_p ($A_{s, \text{nom}} \times S_{p, \text{nom}}$) (N)			
M10	58	18 000	25 500	33 700	48 100
M12	84.3	26 100	37 100	48 900	70 000
M16	157	48 700	69 100	91 000	130 000
M18	192	59 500	84 500	115 000	159 000



续表

螺纹规格 d	螺纹公称应力截面积 $A_{s, \text{nom}}$ (mm^2)	性 能 等 级			
		4.8	6.8	8.8	10.9
		保证载荷 F_p ($A_{s, \text{nom}} \times S_{p, \text{nom}}$) (N)			
M20	245	76 000	108 000	147 000	203 000
M22	303	93 900	133 000	182 000	252 000
M24	353	109 000	155 000	212 000	293 000
M27	459	142 000	202 000	275 000	381 000
M30	561	174 000	247 000	337 000	466 000
M33	694	215 000	305 000	416 000	576 000
M36	817	253 000	359 000	490 000	678 000
M39	976	303 000	429 000	586 000	810 000

E. 4. 2 螺母机械性能

规定性能等级的螺母，在环境温度为 $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 下，应符合表 E.15 和表 E.16 规定的机械性能。表面缺陷应符合 GB/T 5779.2 的规定。

表 E. 15 螺 母 的 机 械 性 能

螺纹规格 <i>D</i>	性 能 等 级											
	05				5				6			
	保证 应力 <i>S_p</i> (MPa)	维氏硬度 ^a HV		热处 理	保证 应力 <i>S_p</i> (MPa)	维氏硬度 ^a HV		热处 理	保证 应力 <i>S_p</i> (MPa)	维氏硬度 ^a HV		热处 理
		最小 值	最大 值			最小 值	最大 值			最小 值	最大 值	
M10	500	272	353	淬火 回火	590	130	302	不淬 火回 火	680	150	302	不淬 火回 火
M12 M16					610				700			
大于 M16 且 小于等 于 M64					630	146			720	170		

续表

螺纹规格 <i>D</i>	性 能 等 级											
	8				10				12			
	保证 应力 <i>S_p</i> (MPa)	维氏硬度 ^a HV		热处 理	保证 应力 <i>S_p</i> (MPa)	维氏硬度 ^a HV		热处 理	保证 应力 <i>S_p</i> (MPa)	维氏硬度 ^a HV		热处 理
		最小 值	最大 值			最小 值	最大 值			最小 值	最大 值	
M10	870	233	353	淬火 回火	1040	272	353	淬火 回火	1140	295	353	淬火 回火
M12 M16	880				1050				1170			
大于 M16 且 小于等 于 M64	920				1060				—	—	—	

注：最低硬度仅对经热处理的螺母或规格太大而不能进行保证载荷试验的螺母，才是强制性的；对其他螺母不是强制性的，而是指导性的。对不淬火回火，而又能满足保证载荷试验的螺母，最低硬度应不作为螺母拒收（考核）的依据。

^a 因内螺纹加大攻丝尺寸，其保证载荷会有所降低，推荐硬度控制在中上限范围，以提高螺母的保证载荷

表 E. 16 螺母保证载荷

螺纹规格 D	螺距 P	螺纹的公称应力截面积 $A_{s, nom}$ (mm ²)	性能等级					
			05	5	6	8	10	12
			保证载荷 ($A_{s, nom} \times S_p$) (N)					
M10	1.5	58	29 000	34 200	39 400	50 500	60 300	66 100
M12	1.75	84.3	42 200	51 400	59 000	74 200	88 500	98 600
M16	2	157	78 500	95 800	109 900	138 200	164 900	183 700
M18	2.5	192	96 000	121 000	138 200	176 600	203 500	—
M20	2.5	245	122 500	154 400	176 400	225 400	259 700	—
M22	2.5	303	151 500	190 900	218 200	278 800	321 200	—
M24	3	353	176 500	222 400	254 200	324 800	374 200	—
M27	3	459	229 500	289 200	330 500	422 300	486 500	—
M30	3.5	561	280 500	353 400	403 900	516 100	594 700	—
M33	3.5	694	347 000	437 200	499 700	638 500	735 600	—
M36	4	817	408 500	514 700	588 200	751 600	866 000	—
M39	4	976	488 000	614 900	702 700	897 900	1 035 000	—
M42	4.5	1120	560 000	705 600	806 400	1 030 400	1 187 200	—



续表

螺纹规格 D	螺距 P	螺纹的公称应力截面积 $A_{s, nom}$ (mm^2)	性能等级					
			05	5	6	8	10	12
			保证载荷 ($A_{s, nom} \times S_p$) (N)					
M45	4.5	1310	655 000	825 300	943 200	1 205 200	1 388 600	—
M48	5	1470	735 000	926 100	1 058 400	1 352 400	1 558 200	—
M52	5	1760	880 000	1 108 800	1 267 200	1 619 200	1 865 600	—
M56	5.5	2030	1 015 000	1 278 900	1 461 600	1 867 600	2 151 800	—
M60	5.5	2360	1 180 000	1 486 800	1 699 200	2 171 200	2 501 600	—
M64	6	2680	1 340 000	1 688 400	1 929 600	2 465 600	2 840 800	—

E.5 钢管塔（杆）塔材零部件加工偏差参数规定

钢管塔（杆）塔材零部件加工偏差参数见表 E.17～表 E.19。

表 E.17 制弯、压扁、开合角允许偏差

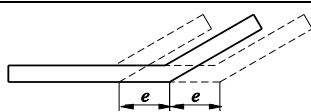
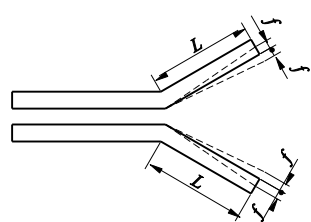
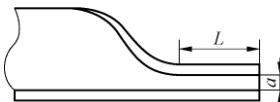

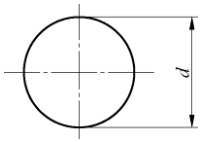
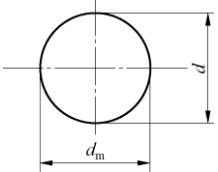
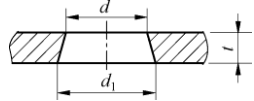
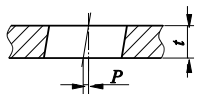
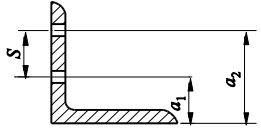
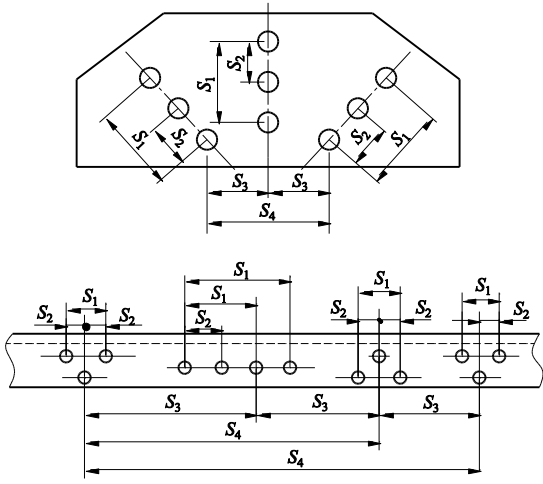
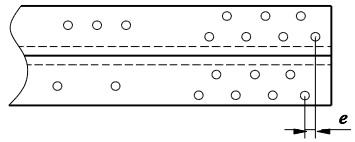
项目			允许偏差	示意图
曲点（线）位移 e			2.0	
制弯 f	钢板		$5L/1000$	
	接头角钢，不论边宽带大小		$1.5L/1000$	
	非接头角钢	$b \leq 50$	$7L/1000$	
		$50 < b \leq 100$	$5L/1000$	
		$100 < b \leq 200$	$3L/1000$	
		$b > 200$	$2L/1000$	
压扁	两肢间隙 a		2 ± 0.5	
	长度 L		$+10.0$ 0	
开合角	变形 f		$b/100$	
	长度 L		$+5.0$ 0	
注： b 为角钢边宽度				

表 E. 18 制孔允许偏差

项目		允许偏差	示意图
孔直径 d	防腐前	+0.8 0	
	防腐后	+0.5 -0.3	
孔圆度 $d_m - d$		1.2	
孔上下直径差 $d_1 - d$		$0.12t$	
孔垂直度 P		$0.03t$ 且 不大于 2.0	
准距 a_1 、 a_2		± 1.0	
排间距离 S		± 1.0	
孔间距	同组内不相邻两孔距离 S_1	± 1.0	
	同组内相邻两孔距离 S_2	± 0.5	
	相邻组两孔距离 S_3	± 1.0	
	不相邻组两孔距离 S_4	± 1.5	
角钢接头处两面孔位移偏差 e		1.0	



续表

项目		允许偏差	示意图
端边距	端距和边距 S_d	± 1.5	
	切角边距 S_g	± 1.5	

注：1. 当钢材材质为 Q235 且厚度大于 16mm、钢材材质为 Q345 且厚度大于 14mm、钢材材质为 Q420 且厚度大于 12mm、钢材材质为 Q460 的所有厚度及挂线孔均应采用钻孔。

2. 冲孔孔径的测量位置应在其小径所在平面内进行。

3. 孔圆度中 d 为标称孔直径

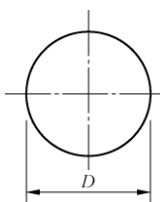
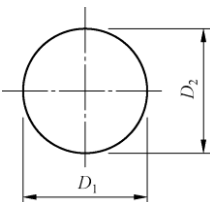
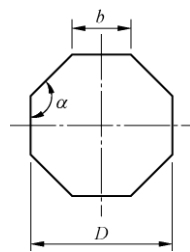
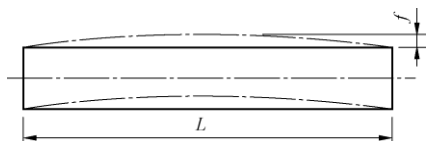
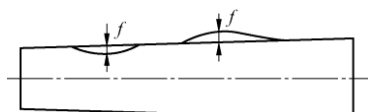
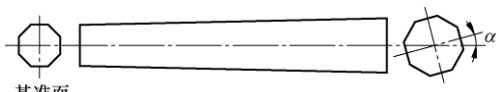
表 E. 19 清根、铲背允许偏差

项目		允许偏差	示意图
清根	$t \leq 10$	+0.8 -0.4	
	$10 < t \leq 16$	+1.2 -0.4	
	$t > 16$	+2.0 -0.6	
铲背	长度 L_1	+5.0 -2.0	<p> $L_1 = L + 5$ $R_1 = R + 2$ </p> <p> L—与外包角钢塔接长度； R—外包角钢内圆弧半径 </p>
	圆弧半径 R_1	+2.0 0	

E. 6 钢管塔（杆）用钢板制管技术参数（摘自 DL/T 646—2012）

钢管塔（杆）用钢板制管允许偏差见表 E.20。

表 E. 20 钢板制管允许偏差

项目			允许偏差	示意图
钢板制管 直径 D	对接接头、 带颈法兰连接	$D \leq 500$	± 1.0	
		$D > 500$	± 2.0	
	插接接头		$\pm D/100$ 且 $\left \frac{D}{100} \right \leq 3.0$	
	平面法兰连接		± 3.0	
钢板制管圆度 $D_1 - D_2$	对接接头、带 颈法兰连接	$D \leq 500$	1.0	
		$D > 500$	2.0	
	插接接头		$D/100$ 且不大于 5.0	
	平面法兰连接		3.0	
棱边宽度 b			± 2.0	
多边形钢管制弯角度 α			$\pm 1^\circ$	
同一截面 上的对边 尺寸 D	对接接头	$D \leq 500$	± 1.0	
		$D > 500$	± 2.0	
	插接接头		$\pm D/100$ 且 $\left \frac{D}{100} \right \leq 3.0$	
	其他处		± 5.0	
直线度 f			$L/1500$, 且 不大于 5.0	
局部凸起或凹陷 f			300 长度内 不大于 3.0	
单节杆段上下两截面轴向扭转 α			2°	



E. 7 钢管塔（杆）用平面法兰技术参数（摘自 DL/T 646—2012）

钢管塔（杆）用平面法兰尺寸允许偏差见表 E.21。

表 E. 21 平面法兰尺寸允许偏差

单位：mm

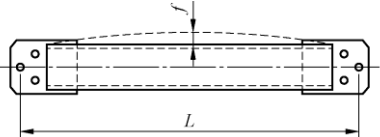
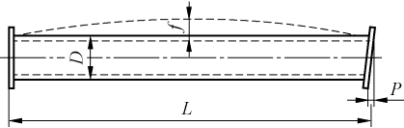
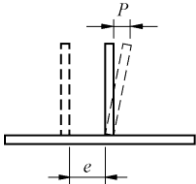
项目		允许偏差	示意图
连接法兰相邻两螺栓孔的间距 S		± 0.5	
连接法兰螺栓孔 中心圆直径 D	$D \leq 1500$	± 1.0	
	$D > 1500$	± 1.5	
地脚法兰相邻 两螺栓孔的间距 S	$D \leq 1500$	± 1.0	
	$D > 1500$	± 1.5	
地脚法兰螺栓孔中心圆直径 D		± 2.0	
法兰外径 D_1		± 2.0	
法兰内径 D_2		± 1.0 0	

E. 8 钢管塔（杆）组焊接件装配尺寸偏差（摘自 DL/T 646—2012）

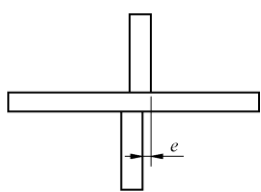
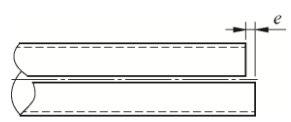
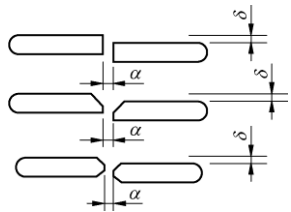
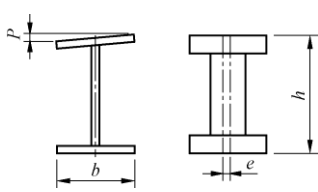
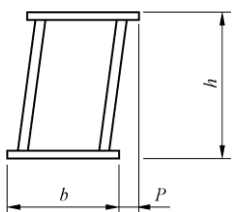
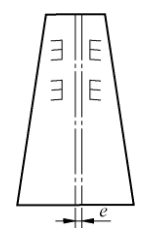
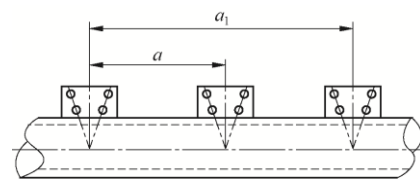
钢管塔（杆）组焊接件装配允许偏差见表 E.22。

表 E. 22 焊接件装配允许偏差

单位：mm

项目			允许偏差	示意图
部件 长度 L	钢管杆		$+L/1000$ 0	
	钢管塔及钢管 构支架	$L\leq 8000$	± 2.0	
		$L> 8000$	± 3.0	
直线度 f			$L/1500$ 且 不大于 5.0	
法兰面对轴线 倾斜 P	$D<1000$		1.5	
	$1000\leq D\leq 2000$		$1.5D/1000$	
	$D>2000$		3.0	
连接板位移 e	有孔		1.0	
	无孔		3.0	
连接板倾斜 P	有孔		1.0	
	无孔		3.0	

续表

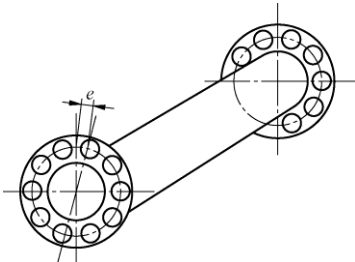
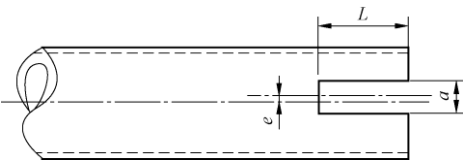

项目		允许偏差	示意图
+ 字对接板错边 e		1.0	
钢管纵焊缝纵向位移 e		3.0	
对接接头错口 δ		$t/10$ 且不大 于 2.0	
间隙 a		± 1.0	
H 形 焊接 件	高度 h	± 2.0	
	垂直度 P	$b/100$ 且不 大于 2.0	
	中心偏移 e	2.0	
箱形 焊接 件	箱形截面高度 h	± 2.0	
	箱形截面宽度 b	± 2.0	
	垂直度 P	$b/200$ 且不 大于 3.0	
钢管杆横担座中心偏移 e		3.0	
相邻两组连接板间距 a		± 1.0	
不相邻两组连接板间距 a_1		± 1.5	



续表

项目		允许偏差	示意图
钢管构支架节点柱顶板平面度 f		3.0	
相贯连接	主管与支管之间角度 α	$\pm 0.5^\circ$	
	主管与支管法兰距离 a_1 、 a_2	± 1.5	
	主管纵中心线方向上支管法兰距离 a	± 1.5	
	变坡部位主管与支管法兰距离（同侧距离要求同时加大或减小） a 、 a_1	± 2.0	
	主管左右两侧支管法兰距离 a	± 2.0	
	支管法兰偏移 e	± 1.0	
	支管长度 L	± 1.5	
插板孔中心与钢管中心线偏差 e		1.0	
插板孔与钢管端距 S		+2.0 0	

续表

项目		允许偏差	示意图
法兰盘旋转变位 e		1.0	
钢管开槽宽度 a		+2.0 0	
各种开口中心线的偏移 e		1.0	
各种开口长度 L		+2.0 0	
U 形板	开口尺寸 a	+4.0 0	
	插板与管轴线偏角 α	1.0°	

E. 9 钢管塔（杆）焊缝质量要求（摘自 DL/T 646—2012）

E. 9.1 焊缝外观质量

一级、二级、三级焊缝外观质量要求见表 E.23 的规定。

表 E. 23 一级、二级、三级焊缝外观质量要求

项目		允许偏差		
焊缝质量等级		一级	二级	三级
外观缺陷	未焊满 (指不足设计要求)	不允许		≤0.2+0.02 <i>t</i> 且 ≤1.0, 每 100.0 焊缝内缺陷 总长小于或等于 25.0
	根部收缩	不允许	≤0.2+0.02 <i>t</i> 且 ≤1.0	≤0.2+0.04 <i>t</i> 且 ≤2.0
			长度不限	
	裂纹	不允许		
	未焊透	不允许		



续表

项目		允许偏差		
焊缝质量等级		一级	二级	三级
外观缺陷	未熔合	不允许		
	咬边	不允许	≤0.05 <i>t</i> ，且≤0.5； 连续长度≤100.0，且 焊缝两侧咬边总长 ≤10%焊缝全长	≤0.1 <i>t</i> 且≤1.0， 长度不限
	弧坑裂纹	不允许		允许存在个别长度 ≤5.0 的弧坑裂纹
	电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
	飞溅	清除干净		
	接头不良	不允许	缺口深度≤0.05 <i>t</i> 且≤0.5	缺口深度≤0.1 <i>t</i> 且≤1.0
			每 1000 焊缝不得超过 1 处	
	焊瘤	不允许		
	表面夹渣	不允许		深≤0.2 <i>t</i> ，长≤0.5 <i>t</i> ， 且≤20.0
表面气孔	不允许		每 50.0 焊缝内允许有直 径≤0.4 <i>t</i> 且≤3.0 的 气孔 2 个；孔距≥ 6 倍孔径	
注：1. 焊缝质量要求均为对接和角接焊缝通用。 2. 咬边如经磨削修整并平滑过渡，则只按焊缝最小允许厚度值评定。 3. <i>t</i> 为连接处较薄的板厚				

E. 9. 2 对接焊缝及完全焊透组合焊缝尺寸

对接焊缝及完全焊透组合焊缝尺寸偏差应符合表 E.24 规定。

表 E. 24 对接焊缝及完全焊透组合焊缝尺寸允许偏差

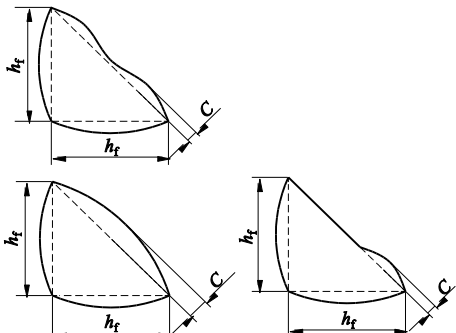
单位：mm

项目	允许偏差		示意图
	一、二级	三级	
对接焊缝余高 C	$B < 20$: $0 \sim 3.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 4.0$	$B < 20$: $0 \sim 4.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 5.0$	

E. 9. 3 角焊缝焊脚尺寸

角焊缝焊脚尺寸 h_f 值由设计或有关技术文件注明，部分焊透组合焊缝和角焊缝外形尺寸允许偏差应符合表 E.25 的规定。

表 E. 25 部分焊透组合焊缝和角焊缝外形尺寸允许偏差 单位: mm

项目	允许偏差	示意图
焊脚尺寸 h_f	$h_f \leq 6$: 0~1.5; $h_f > 6$: 0~3.0	
角焊缝余高 C	$h_f \leq 6$: 0~1.5; $h_f > 6$: 0~3.0	

E. 9. 4 焊缝宽度尺寸

I 形坡口对接焊缝（包括 I 形带垫板对接焊缝）见图 E.7，其焊缝宽度 $B=b+2a$ 。非 I 形坡口对接焊缝见图 E.8，其焊缝宽度 $B=g+2a$ ，焊缝最大宽度 B_{\max} 和最小宽度 B_{\min} 的差值，在任意 50mm 焊缝长度范围内的偏差值不大于 4.0mm，整个焊缝长度范围内的偏差值不大于 5.0mm。焊缝宽度应符合表 E.26 的规定。

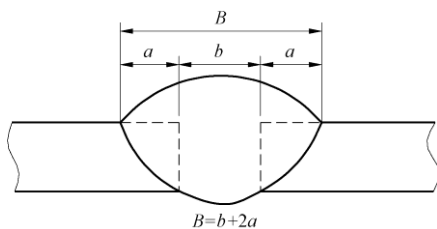


图 E. 7 I 形坡口对接焊缝

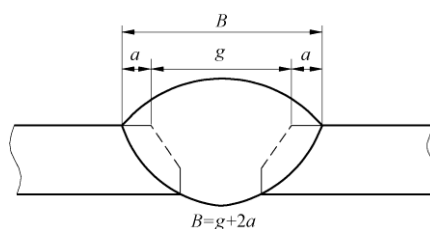


图 E. 8 非 I 形坡口对接焊缝

缝

表 E. 26 焊 缝 宽 度 单位: mm

焊接方法	焊缝形式	焊缝宽度 B	
		B_{\min}	B_{\max}
埋弧焊	I 形焊缝	$b+6$	$b+16$
	非 I 形焊缝	$g+4$	$g+14$
手工电弧焊及 气体保护焊	I 形焊缝	$b+4$	$b+8$
	非 I 形焊缝	$g+4$	$g+8$

注: 1. 表中 b 值为符合 GB/T 985.1、GB/T 985.2 标准要求的实际装配值。
 2. g 为坡口面宽度



E. 9. 5 焊缝边缘直线度

焊缝边缘直线度 f ：在任意 300mm 连续焊缝长度内，焊缝边缘沿焊缝轴向的直线度 f 见图 E.9，其值符合表 E.27 的规定。

表 E. 27 焊缝边缘直线度偏差

单位：mm

焊接方法	焊缝边缘直线度偏差值 f
埋弧焊	3.0
手工电弧焊及气体保护焊	2.0

焊缝表面凹凸：在焊缝任意 25mm 长度范围内，焊缝余高 $C_{\max} - C_{\min}$ 的允许偏差值不大于 2.0mm。见图 E.10。

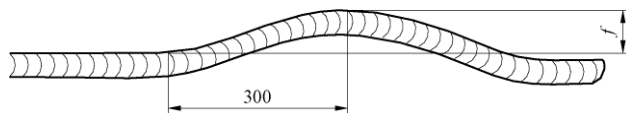


图 E. 9 焊缝边缘直线度示意图

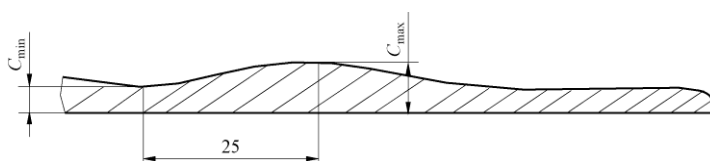


图 E. 10 焊缝表面凹凸示意图

E. 9. 6 焊缝内部质量

表 E. 28 一、二级焊缝质量等级及内部缺陷分级

〔摘自 DL/T 646—2012，钢管塔（杆）〕

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声波检测	评定等级	I	II
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷射线检测	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%

注：焊缝内部质量检测比例的计算方法应按每条焊缝计算百分比，且检测长度应不小于 200mm。当焊缝长度不足 200mm 时，应对整条焊缝进行内部质量检测

表 E. 29 一、二级焊缝质量等级及内部缺陷分级
(摘自 GB/T 2694—2018 角钢塔)

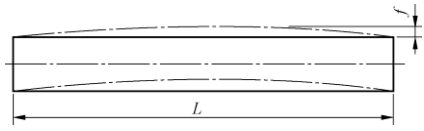
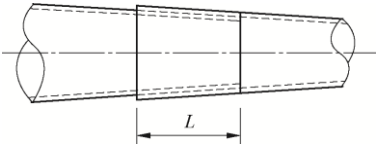
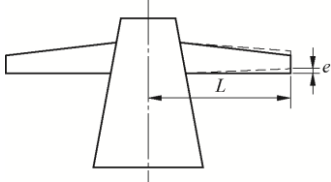
焊缝质量等级		一级	二级
超声波检测	灵敏度设定	GB/T 11345 中级技术工	GB/T 11345 中级技术工
	检测等级	GB/T 11345 中 B 级	GB/T 11345 中 B 级
	验收等级	GB/T 29712 中 2 级	GB/T 29712 中 2 级
	检测比例	100%	20%
射线检测	评定等级	GB/T 3323 中Ⅱ级	GB/T 3323 中Ⅲ级
	检验等级	GB/T 3323 中 B 级	GB/T 3323 中 B 级
	检测比例	100%	20%

E. 10 钢管塔（杆）试组装质量要求

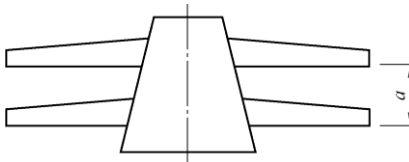
E. 10. 1 钢管杆试装

钢管杆试组装允许偏差应符合表 E.30 的规定要求。

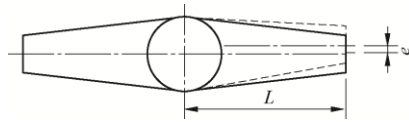
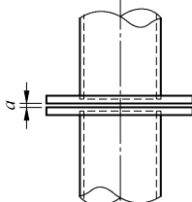
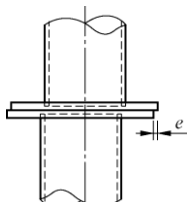
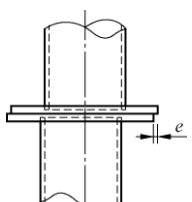
表 E. 30 钢管杆试组装允许偏差

项目	允许偏差	示意图
法兰连接钢管杆总长度 L	$+L/1000$ 0	
直线度 f	$L/1000$	
钢管杆插接长度 L	0 $-L/10$	
插接式钢管杆插接面贴合率	$\geq 75\%$ 周长，且棱边 间局部间隙不应大 于 5.0	
钢管杆横担、支架端部垂直位移 e (横担、支架对主材中心线垂直度)	$L/150$	



钢管杆同侧相邻横担端部垂直距离 a (插接钢管杆控制同节横担之间距离)	+ 10.0 0	
--	-------------	--

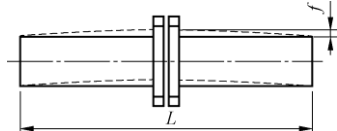
续表

项目		允许偏差	示意图
钢管杆横担支架在同一平面内 水平位移 e		$5L/1000$ 且不大于 10.0	
法兰连接的 局部间隙 a	钢管杆	3.0	
	钢管塔及钢管构支架	2.0	
法兰对口错边 e		2.0	

E. 10. 2 钢管塔试装

钢管塔试组装允许偏差应符合表 E.31 的规定要求。

表 E. 31 钢管塔试组装允许偏差

序号	项目	允许偏差 mm	示意图
1	直线度 f	$\leq L/1000$	



2	法兰连接的局部间隙 a	≤ 2.0	
---	---------------	------------	--

续表

序号	项目		允许偏差 mm	示意图
3	法兰对口错边 e		≤ 2.0	
4	挂线点之间 水平距离	A、B、 C、D	± 10.0	
	挂线点之间 垂直距离	E、F		
5	横担预拱 Δ		$+20$ 0	
6	塔身尺寸	W、V	± 4.0	
7	横担、支架在同一平面 内水平位移 K		$\leq 5L/1000$ 且 ≤ 10.0	
8	结构平面扭曲		≤ 10.0	
9	根开尺寸 L		$\leq L/2000$ 且不大于 10	
10	根开对角线 L_1		$\leq L_1/2000$	
11	节点间主材弯曲		$L_2/1000$	
12	垂直度偏差		$\leq H/1000$	
13	板与板连接局部间隙		≤ 2.0	
14	U 型板与钢管装配焊后 开口尺寸		0 $+4$	—



附录 F
检测报告（模版）

检 测 报 告

报告编号：

样品名称：电力线路钢管塔（杆）

样品型号：

委托单位：

生产单位：

检测类别：抽检试验

（检测机构名称）

年 月 日

注 意 事 项

1. 报告无本检测机构印章无效。
2. 报告无编制人、主检人、审核人、批准人签字无效。
3. 报告涂改无效。
4. 报告仅对被试样品负责。
5. 报告部分复制无效。
6. 若对报告有异议，应于收到报告之日起十五日内向本检测机构提出，逾期不予受理。

地址： _____

邮编： _____

服务电话： _____

监督电话： _____

检 测 结 论

样品名称		样品型号	
委托单位		生产单位	
样品状态	<input type="checkbox"/> 完好 <input type="checkbox"/> 异常（见备注）	到样日期	
样品数量		样品编号	
检测地点		检测日期	
检测依据	DL/T 646—2012 输变电钢管结构制造技术条件； 采购合同； 技术规范书； （根据情况增减）		
检测结论	检测单位（机构）盖章 批准人： 签发日期： 年 月 日		
备注			

审核: _____ 主检: _____ 编制: _____

检测结果汇总

序号	项别	检测项目		质量指标		样本大小	实测值	判定组数		实测结果		判定结果	
								Ac	Re	合格数	不合格数		
1	A类项目	焊缝内部质量		(/) 级									
2		钢材材质		/									
3		锌层	均匀性	DL/T 646	12								
4			附着性	DL/T 646	12								
5		试装控制尺寸		DL/T 646	11								
6		螺栓（螺母）力学性能		DL/T 284									
7	B类项目	钢材外观		DL/T 646 6.1									
8		钢材外形尺寸		DL/T 646 6.1									
9		零部件尺寸	主材	角钢	项次合格标准（%）	≥95							
10				钢管（横担）		≥90							
11			接头	角钢、连板		≥95							
12				钢管		≥90							
13			连接板			≥90							
14			腹材	角钢		≥85							
15				钢管		≥85							
16			制管	表面质量		DL/T 646							
17		尺寸											
18		组焊件	焊接件装配尺寸		项次合格标准（%）	≥95							
19			焊缝外观			≥95							
20			焊缝外形尺寸			≥95							
21			焊接变形		DL/T 646								
22		试装	试装部件就位率		%	≥99							
23			试装同心孔率			≥96							



续表

序号	项别	检测项目		质量指标	样本大小	实测值	判定组数		实测结果		判定结果
							Ac	Re	合格数	不合格数	
24	B类项目	试装	塔材组装贴合面间隙	DL/T 646							
25		锌层	厚度	DL/T 646 12							
26			外观	DL/T 646 12							
27		螺栓（螺母）	尺寸	DL/T 284							
28			外观（性能等级标识、表面缺陷）	DL/T 284							
29			镀锌层（外观、厚度）	DL/T 284							
30		包装、标志	包装方式、包装防护	合同规定							
31			包装数量	设计图纸							
32			标志	合同规定							

附录 A

样品信息

序号	单元编号	数量	检测项目	执行标准	生产方式
					<input type="checkbox"/> 自制 <input type="checkbox"/> 采购
					<input type="checkbox"/> 自制 <input type="checkbox"/> 采购
					<input type="checkbox"/> 自制 <input type="checkbox"/> 采购

注 按单元填写本表，如两个单元产品填写的内容完全相同，可合填写 1 栏。



附 录 B

主 要 检 测 仪 器 设 备

序号	仪器设备名称	型号/规格	设备编号	不确定度/准确度/ 最大允许误差	检定/校准机构	有效日期
1	液压式万能试验机			1kN		
2	冲击功试验机			1J		
3	直读光谱仪			分析 C、Si、Mn、 P、S、Cr、Ni、V、 Nb、Ti 等化学成分		
4	万能角度尺			2'		
5	钢卷尺			1mm		
6	超声波测厚仪			0.1mm		
7	游标卡尺			0.02mm		
8	焊缝检验尺			1.0mm		
9	超声波探伤仪			2dB		
10	磁粉探伤仪			提升力 (交流): 45N		
11	放大镜			≥5 倍		
12	金属涂镀层测厚仪			1.0μm		
13	塞规			H7		
14	试孔器			满足实际孔径 试验要求		

附录 C

产品照片