



中华人民共和国国家标准

GB/T 2694—2010
代替 GB/T 2694—2003

输电线路铁塔制造技术条件

Specification of manufacturing for
transmission line tower

2010-12-23 发布

2011-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	2
3.1 术语和定义	2
3.2 符号	3
4 总则	3
5 材料	3
5.1 钢材	3
5.2 焊接材料	4
5.3 紧固件	4
5.4 锌锭	4
6 技术要求	4
6.1 切断	4
6.2 标识	4
6.3 制弯	5
6.4 制孔	5
6.5 清根、铲背和开坡口	7
6.6 焊接	7
6.7 焊接件装配	12
6.8 矫正	14
6.9 热浸镀锌	14
6.10 试组装	15
7 检验	16
7.1 合格证	16
7.2 检验项目	16
7.3 检验要求及方法	16
7.4 抽样方案和判定原则	17
8 包装、标记、运输和贮存	20
8.1 包装的一般规定	20
8.2 标记	20
8.3 运输和贮存	20
附录 A (规范性附录) 热浸镀锌层均匀性试验 硫酸铜试验方法	21
附录 B (规范性附录) 热浸镀锌层附着性试验 落锤试验方法	22
附录 C (规范性附录) 热浸镀锌层厚度测试 金属涂镀层测厚仪测试方法	23

附录 D (规范性附录) 热浸镀锌层附着量测试 溶解称重试验方法 24

附录 E (规范性附录) 热浸镀锌层附着量及均匀性测试 试样取样方法 26

附录 F (资料性附录) 钢材表面颜色及其相应温度 27

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 2694—2003《输电线路铁塔制造技术条件》。

本标准与 GB/T 2694—2003 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 充分考虑特高压铁塔产品的特点;
- 增加了术语和定义、符号;
- 增加了对材料的要求;
- 调整、增减了部分项目和公差;
- 增加了试组装的指标要求;
- 修改了检验要求。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位:电力工业电力设备及线路器材质量检验测试中心、潍坊长安铁塔股份有限公司、安徽宏源铁塔有限公司、常熟风范电力设备股份有限公司、福建省电力勘测设计院、浙江盛达铁塔有限公司、南京大吉铁塔制造有限公司、云南电力线路器材厂、广东省电力线路器材厂、重庆市江津电力线路构件厂。

本标准主要起草人:李先进、蔡鹏毅、王军、朱丹明、赵金元、张贵祥、苏波、朱文德、马倩、赵金飞、常娟、任金东。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 2694—1981、GB/T 2694—2003。



输电线路铁塔制造技术条件

1 范围

本标准规定了输电线路铁塔(以下统称“铁塔”)制造过程中的材料、技术要求、检验、包装、标记、运输和贮存等要求。

本标准适用于构件主要采用角钢制造和紧固件联结且热浸镀锌防腐的输电线路铁塔、电力微波塔、电力通信塔及类似的钢结构制造。

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 41 六角螺母 C 级(GB/T 41—2000,eqv ISO 4034:1999)
- GB/T 95 平垫圈 C 级(GB/T 95—2002,eqv ISO 7091:2000)
- GB/T 470 锌锭(GB/T 470—2008,ISO 752:2004,MOD)
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢(GB/T 700—2006,ISO 630:1995,NEQ)
- GB/T 702 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差(GB/T 702—2008,ISO 1035-1~4:1980,MOD)
- 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 709—2006,ISO 7452:2002,ISO 16160:2000,NEQ)
- GB/T 805 扣紧螺母
- GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口(GB/T 985.1—2008,ISO 9692-1:2003,MOD)
- GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口(GB/T 985.2—2008,ISO 9692-2:1998,MOD)
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(GB/T 2828.1—2003,ISO 2859-1:1999,IDT)
- GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓 螺钉和螺柱(GB/T 3098.1—2000,idt ISO 898-1:1999)
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹(GB/T 3098.2—2000,idt ISO 898-2:1992)
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 低合金钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
- GB/T 5780 六角头螺栓 C 级(GB/T 5780—2000,eqv ISO 4016:1999)
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
- GB/T 12470 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂

GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法 (GB/T 13912—2002, ISO 1461:1999, MOD)

DL/T 764.4 输电线路铁塔及电力金具紧固用冷镦热浸镀锌螺栓与螺母

JGJ 81 建筑钢结构焊接技术规程

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

零件 part

组成铁塔部件或构件的最小单元,如:角钢、钢板等。

3.1.2

部件 component

由若干零件组成的单元,如焊接件。

3.1.3

构件 element

由零件、部件紧固联结组成的铁塔基本单元。

3.1.4

装配 assembling

按照规定的精度和技术要求,将零件连接在一起使之成为部件的过程。

3.1.5

试组装 test assembling

为检验构件或铁塔是否满足设计及安装质量要求进行的组装。

3.1.6

热浸镀锌 hot-dip galvanizing

将经过前处理的钢铁制件浸入熔融的锌液中,在其表面形成锌和(或)锌-铁合金层的工艺过程和方法。

3.1.7

切断面垂直度 shearing section perpendicularity

钢板或角钢切断面的倾斜程度。

3.1.8

角钢端部垂直度 angle sheared edge perpendicularity

角钢切断边与棱线的倾斜程度。

3.1.9

角钢准距 rolled angle directrix

孔中心到角钢背的垂直距离。

3.1.10

清根 arc shoveled

将角钢的内圆弧清除的工艺过程。

3.1.11

铲背 chip heel

将角钢的直角棱铲除的工艺过程。

3.2 符号

a	——间距、间隙、准距
B	——焊缝宽度
b	——宽度
C	——焊缝余高
D	——直径
d	——孔径
e	——偏心、位移、错边
f	——挠度、弯曲度、直线度、预拱
g	——坡口宽度
h	——高度
h_f	——焊脚尺寸
L	——轮廓尺寸、长度
P	——倾斜、垂直度
S	——孔间距、端距
t	——板、壁的厚度
Z_0	——重心
α	——角度
δ	——增量

4 总则

- 4.1 铁塔制造及检验应满足本标准和设计文件的要求,在本标准中未规定的应符合国家和行业有关标准的规定。
- 4.2 当需要修改设计时,应征得设计单位的同意,并签署设计变更文件。
- 4.3 采用新技术、新工艺、新材料时,应经过试验及验证评定是否满足设计及安全使用要求。
- 4.4 铁塔生产过程应按国家有关安全、环境和职业健康的法规及标准要求进行。

5 材料

5.1 钢材

- 5.1.1 铁塔制造用钢材应按设计文件要求规格和等级选用,其各项质量指标应符合 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 702、GB/T 706、GB/T 709、GB/T 1591 等标准要求,且应具有出厂质量合格证明书,并经抽检合格后使用,钢材取样批次、数量应满足相关标准的要求。进口钢材的质量应符合设计和合同规定标准的要求。
- 5.1.2 钢材应具有可追溯标记,在制造过程中,如原有可追溯标记被分割,应于材料分割前完成标记的移植。
- 5.1.3 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差,当设计无特殊要求时,应符合现行 GB/T 709 的 N 类偏差的规定。
- 5.1.4 钢材的表面质量:表面不应有裂缝、折叠、结疤、夹杂和重皮;表面有锈蚀、麻点、划痕时,其深度不应大于该钢材厚度负允许偏差值的 1/2,且累计误差应在负允许偏差范围内。
- 5.1.5 型钢不应有大于 5mm 的毛刺。型钢的表面缺陷允许清除,但不应进行横向清除,清除处应圆

滑无棱角。清除宽度不应小于清除深度的 5 倍,清除后的型钢尺寸不应超出钢材尺寸的负允许偏差。

5.2 焊接材料

5.2.1 构件焊接所使用焊接材料(焊条、焊丝、焊剂)的质量要求应符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 12470 等产品标准和设计要求。

5.2.2 焊条表面药皮不应有脱落、受潮现象;焊丝表面应光滑平整,不应有毛刺、划痕、锈蚀和氧化皮及其他对焊接性能或焊接设备操作性能有不良影响的杂质存在。

5.2.3 每种焊材第一次使用前应进行熔敷试验。

5.3 紧固件

5.3.1 铁塔所使用的紧固件规格、等级及防腐形式按设计文件要求选用,其产品质量应符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 41、GB/T 5780、GB/T 95、GB/T 805、DL/T 764.4 的规定。

5.3.2 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。

5.3.3 紧固件的镀锌层厚度应满足 GB/T 13912 的规定。

5.4 锌锭

锌锭的质量要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存应满足 GB/T 470 的规定。

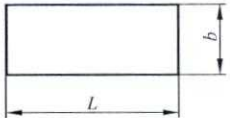
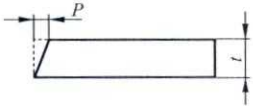
6 技术要求

6.1 切断

6.1.1 钢材切断后,其断口上不应有裂纹和大于 1.0 mm 的边缘缺棱,切断处切割面平面度不大于 0.05 t (t 为厚度),且不大于 2.0 mm,割纹深度不大于 0.3 mm,局部缺口深度允许偏差 1.0 mm。

6.1.2 切断的允许偏差按表 1 规定。

表 1 切断的允许偏差 单位为毫米

项 目	允许偏差	示 意 图
长度 L 或宽度 b	± 2.0	
切断面垂直度 P	$\leq t/8$ 且不大于 3.0	
角钢端部垂直度 P	$\leq 3b/100$ 且不大于 3.0	

6.2 标识

6.2.1 零件应按企业标识、工程代号(必要时)、塔型、零件号、材质代号以钢字模压印作标识。Q235 钢材材质代号不作标识;Q345 钢材材质代号采用“H”进行标识;Q420 钢材材质代号采用“P”进行标

识;Q460 钢材材质代号采用“T”进行标识。工程代号在合同或招标技术文件中应作统一规定,以简单明晰为原则。

6.2.2 标识的钢印应排列整齐,字形不应有缺陷,字体高度为 8 mm~18 mm。材料厚度不大于 8 mm 时,钢印深度为 0.3 mm~0.6 mm,材料厚度大于 8 mm 时,钢印深度为 0.5 mm~1.0 mm。钢印附近的钢材表面不应产生明显的凹凸面缺陷,并不应在边缘有裂纹或缺口。

6.2.3 钢印不宜压在孔位或火曲部位,焊接部件的钢印不应被覆盖。

6.3 制弯

6.3.1 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 0.5 mm。

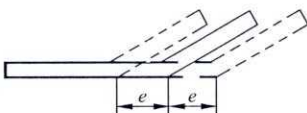
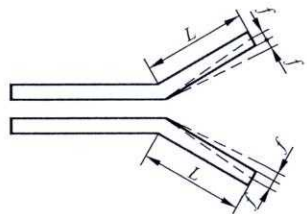
6.3.2 零件制弯后,角钢边厚最薄处不应小于原厚度的 70%。

6.3.3 零件豁口制弯时,切割处应采用相同材质和厚度的材料补焊,焊缝质量等级不应低于二级焊缝要求,且焊缝处不应影响安装。

6.3.4 零件热弯后宜自然冷却,必要时采取适当保温措施使其缓冷。

6.3.5 制弯允许偏差按表 2 规定。

表 2 制弯允许偏差 单位为毫米

项 目			允许偏差	示 意 图
曲点(线)位移 e			2.0	
制弯 f	钢 板		$5L/1\ 000$	
	接头角钢,不论肢宽大小		$1.5L/1\ 000$	
	非接头 角钢	$b\leq 50$	$7L/1\ 000$	
		$50<b\leq 100$	$5L/1\ 000$	
		$b>100$	$3L/1\ 000$	
注: b 为角钢肢宽。				

6.4 制孔

6.4.1 制孔表面不应有明显的凹面缺陷,大于 0.3 mm 的毛刺应清除。制孔后孔壁与零件表面的边界交接处,不应有大于 0.5mm 的缺棱或塌角。制孔允许偏差按表 3 规定。

表 3 制孔的允许偏差 单位为毫米

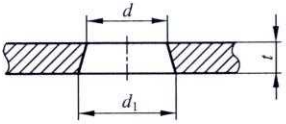
项 目			允许偏差	示 意 图
孔 径	镀锌前	d	$+0.8$ 0	
	镀锌后	d	$+0.5$ -0.3	
		$d_1 - d$	$\leq 0.12t$	

表 3 (续)

单位为毫米

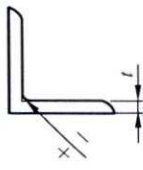
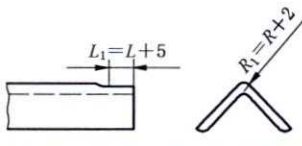
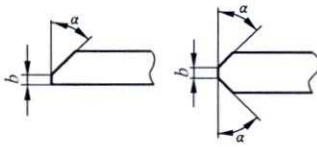
项 目			允许偏差	示 意 图	
孔圆度 $d_m - d$			≤ 1.2		
孔垂直度 P			$\leq 0.03t$ 且 ≤ 2.0		
准距 a_1, a_2			± 1.0		
排间距离 s			± 1.0		
孔 间 距	同组内不相邻两孔距离 S_1		± 1.0		
	同组内相邻两孔距离 S_2		± 0.5		
	相邻组两孔距离 S_3		± 1.0		
	不相邻组两孔距离 S_4		± 1.5		
角钢两面 孔位移偏差		接头处 e	± 1.0		
端 边 距	端距和边距 S_d		± 1.5		
	切角边距 S_e		± 1.5		
塔 脚 底 板	镀锌后孔径	$d \leq 80$	± 1.0		
		$d > 80$	± 2.0		
	孔间距		± 2.0		
当钢材材质为 Q235 且厚度大于 16 mm、钢材材质为 Q345 且厚度大于 14 mm、钢材材质为 Q420 且厚度大于 12 mm、钢材材质为 Q460 的所有厚度及挂线孔均应采用钻孔。					
冲孔孔径的测量位置应在其小径所在平面内进行。					
注：孔圆度中 d 为公称直径。					

6.5 清根、铲背和开坡口

清根、铲背和开坡口的允许偏差按表 4 规定。

表 4 清根、铲背和开坡口的允许偏差

单位为毫米

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	 $L_1 = L + 5$ $R_1 = R + 2$ L —与外接角钢搭接长度 R —外包角钢内圆弧半径
	圆弧半径 R_1	+2.0 0	
开坡口	开角 α	$\pm 5^\circ$	
	钝边 b	± 1.0	

6.6 焊接

6.6.1 焊接工艺评定

制造单位对首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、预热、后处理等,在焊接施工前应按照 JGJ 81 进行焊接工艺评定,并编制焊接工艺规程。

6.6.2 焊工资格

6.6.2.1 焊工应经过专门的基本理论和操作技能培训并考试合格取得合格证书。

6.6.2.2 焊工焊接的钢材种类、焊接方法和焊接位置等均应与焊工本人考试合格的项目相符。

6.6.3 焊接基本规定

6.6.3.1 定位焊的质量要求及工艺措施与正式焊缝相同,应由持有效资格证书的焊工施焊。

6.6.3.2 焊接件的施焊范围不应超出焊接工艺评定的覆盖范围。

6.6.3.3 施焊现场条件应达到焊接环境要求。

6.6.3.3.1 焊接材料的贮存仓库应保持干燥,相对湿度不大于 60%。

6.6.3.3.2 当焊接作业区出现下列任一情况且无有效防护措施时不应施焊:

——手工电弧焊时风速大于 8 m/s;

- 气体保护焊时风速大于 2 m/s；
- 相对湿度大于 90%；
- 焊接件表面潮湿或被冰雪覆盖。

6.6.3.3.3 当焊接工艺评定或设计文件有预热、焊后热处理要求时，应按规定进行预热、焊后热处理，但下列情况下应在始焊处各方向大于或等于二倍钢板厚度且不小于 100 mm 范围内对焊件进行预热：

- 焊接 Q345 以下等级钢材时，环境温度低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 焊接 Q345 等级钢材时，环境温度低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 焊接 Q345 以上等级钢材时，环境温度低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.6.3.4 不应在焊缝间隙内嵌入金属材料。

6.6.3.5 一、二级焊缝焊接完毕应在距焊趾 50 mm 明显位置打上焊工编号钢印，若构件仅由一名焊工独立施焊，则只需在该构件明显位置打上焊工编号钢印，且应在镀锌后清晰可见。

6.6.4 焊接坡口

6.6.4.1 焊接坡口型式和尺寸，应符合 GB/T 985.1、GB/T 985.2 的有关规定。对图纸有特殊要求的坡口形式和尺寸，应依据图纸并结合焊接工艺评定来确定。

6.6.4.2 焊接坡口应优先采用机械方法加工，也可采用火焰切割，但应保证焊缝坡口处平整、无毛刺、无裂纹、无气割熔瘤、夹层等缺陷。

6.6.5 焊接返工

6.6.5.1 进行焊接返工前，应根据有关标准和规程制定返工程序及返工工艺，并严格遵照执行。

6.6.5.2 焊接返工的质量控制应和正式焊接作业的质量控制相同。

6.6.5.3 焊缝同一部位的返工次数不宜超过两次。如超过两次，返工次数、部位和返工情况应在产品的验收资料中体现。

6.6.6 焊缝质量

6.6.6.1 焊缝外观质量

6.6.6.1.1 焊缝感观应达到：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。

6.6.6.1.2 当焊缝外观出现下列情况之一时，应采用表面无损探伤进行缺陷检测：

- a) 外观检查发现裂纹时，应对该批中同类焊缝进行 100% 的表面探伤；
- b) 外观检查怀疑有裂纹时，应对怀疑的部位进行表面探伤；
- c) 设计图纸规定进行表面探伤时。

6.6.6.1.3 一级、二级、三级焊缝外观质量标准应符合表 5 的规定。

表 5 焊缝质量等级及外观缺陷分级

单位为毫米

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	$\leq 0.2 + 0.02t$ 且 ≤ 1.0	$\leq 0.2 + 0.04t$ 且 ≤ 2.0
			每 100.0 焊缝内缺陷总长小于或等于 25.0	

表 5 (续) 单位为毫米

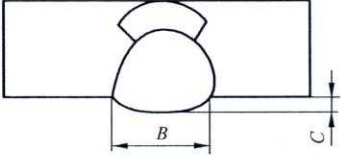
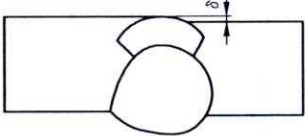
项 目		允 许 偏 差		
焊缝质量等级		一级	二级	三级
外观缺陷	根部收缩	不允许	$\leq 0.2 + 0.02t$ 且 ≤ 1.0	$\leq 0.2 + 0.04t$ 且 ≤ 2.0
			长度不限	
	咬边	不允许	$\leq 0.05t$ 且 ≤ 0.5 ; 连续长度 ≤ 100.0 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1t$ 且 ≤ 1.0 , 长度不限
	裂纹		不允许	
	弧坑裂纹		不允许	允许存在个别 ≤ 5.0 的弧坑裂纹
	电弧擦伤		不允许	允许存在个别电弧擦伤
	飞溅		清除干净	
	接头不良	不允许	缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 ≤ 0.5	缺口深度 $\leq 0.1t$ 且 ≤ 1.0
			每 1 000.0 焊缝不得超过 1 处	
	焊瘤		不允许	
	表面夹渣		不允许	深 $\leq 0.2t$ 长 $\leq 0.5t$ 且 ≤ 20.0
	表面气孔		不允许	每 50.0 焊缝内允许直径 $\leq 0.4t$ 且 ≤ 3.0 气孔 2 个; 孔距 ≥ 6 倍孔径
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。				
注: t 为连接处较薄板厚度。				

6.6.6.2 焊缝外形尺寸

6.6.6.2.1 对接焊缝外形尺寸

对接焊缝外形尺寸偏差应符合表 6 的规定。

表 6 对接焊缝外形尺寸允许偏差 单位为毫米

项 目	允许偏差		示 意 图
对接焊缝余高 C	一、二级	三级	
	$B < 20$: $0 \sim 3.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 4.0$	$B < 20$: $0 \sim 4.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 5.0$	
对接焊缝错边 δ	$\delta \leq 0.15 t$ 且 ≤ 2.0		

6.6.6.2.2 角焊缝焊脚尺寸

焊脚尺寸 h_f 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 7 的规定。

表 7 角焊缝外形尺寸允许偏差 单位为毫米

项 目	允许偏差	示 意 图
焊脚尺寸 h_f	$h_f \leq 6: 0 \sim 1.5$ $h_f > 6: 0 \sim 3.0$	
角焊缝余高 C	$h_f \leq 6: 0 \sim 1.5$ $h_f > 6: 0 \sim 3.0$	

6.6.6.2.3 焊缝的宽度尺寸

I 形坡口对接焊缝(包括 I 形带垫板对接焊缝)见图 1,其焊缝宽度 $B=b+2a$ 。非 I 形坡口对接焊缝见图 2,其焊缝宽度 $B=g+2a$ 。焊缝宽度应符合表 8 的规定。焊缝最大宽度 $B_{\max}$ 和最小宽度 $B_{\min}$ 的差值,在任意 50 mm 焊缝长度范围内偏差值不大于 4.0 mm,整个焊缝长度范围内偏差值不大于 5.0 mm。



图 1 I 形坡口对接焊缝

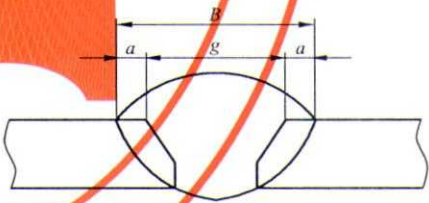


图 2 非 I 形坡口对接焊缝

表 8 焊缝宽度 单位为毫米

焊接方法	坡口形式	焊缝宽度 B	
		$B_{\min}$	$B_{\max}$
埋弧焊	I 形坡口	$b+8$	$b+28$
	非 I 形坡口	$g+4$	$g+14$
手工电弧焊及气体保护焊	I 形坡口	$b+4$	$b+8$
	非 I 形坡口	$g+4$	$g+8$

注:表中 b 值为符合 GB/T 985.1、GB/T 985.2 要求的实际装配值。

6.6.6.2.4 焊缝边缘直线度

焊缝边缘直线度 f , 在任意 300 mm 连续焊缝长度内, 焊缝边缘沿焊缝轴向的直线度 f (见图 3), 其值应符合表 9 的规定。

表 9 焊缝边缘直线度允许偏差 单位为毫米

焊接方法	焊缝边缘直线度允许偏差值 f
埋弧焊	4.0
手工电弧焊及气体保护焊	3.0

6.6.6.2.5 焊缝表面凹凸

焊缝表面凹凸值, 在焊缝任意 25 mm 长度范围内, 焊缝余高 $C_{\max} - C_{\min}$ 的允许偏差值不大于 2.0 mm, 见图 4。

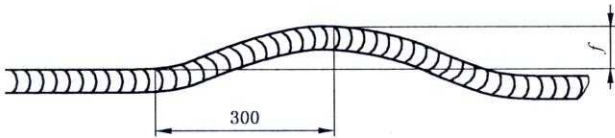


图 3 焊缝边缘直线度示意图

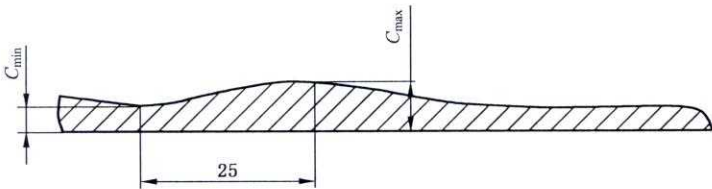


图 4 焊缝表面凹凸度示意图

6.6.6.3 焊缝内部质量

6.6.6.3.1 焊缝内部质量检验应在焊接完成 24 h 后进行。如果焊后需要进行热处理, 则内部质量检验应在热处理后进行。

6.6.6.3.2 设计要求达到一、二级焊缝的内部质量宜采用超声波探伤的方法检测, 结果应符合 GB 11345 的规定; 当超声波探伤不能对缺陷做出判断时, 采用射线探伤方法检测焊缝内部质量, 结果应符合 GB/T 3323 的规定。

6.6.6.3.3 焊缝探伤发现有不允许缺陷时, 应在其延伸方向或可疑部位加倍做补充检验。如补充检验仍不合格, 则应对整条焊缝进行检验。

6.6.6.3.4 经射线或超声波检测的焊缝, 如有超标的缺陷, 应在缺陷清除后进行补焊, 并对该部分焊缝采用原检测方法重新检查。

6.6.6.3.5 一、二级焊缝质量等级及内部缺陷分级应符合表 10 的规定。设计未注明焊缝质量等级按三级焊缝质量检验。

表 10 焊缝质量等级及内部缺陷分级

焊缝质量等级		一级	二级
超声波探伤	评定等级	I	II
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
射线探伤	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
注：探伤比例的计算方法应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200 mm，当焊缝长度不足 200 mm 时，应对整条焊缝进行探伤。			

6.6.7 焊后消除应力处理

当焊件需要进行焊后应力消除处理时，应根据母材的化学成分、焊接类型、厚度和焊接接头的拘束度以及结构的使用条件等因素，确定焊后消除应力措施。

6.7 焊接件装配

6.7.1 装配前，零、部件应经检查合格；焊缝坡口及边缘每边 30 mm~50 mm 范围内的铁锈、毛刺、油污等影响焊接质量的表面缺陷应清除干净。

6.7.2 焊接件装配应考虑焊接变形的影响，制定反变形措施。

6.7.3 焊接件装配允许偏差按表 11 规定。

表 11 焊接件装配允许偏差

单位为毫米

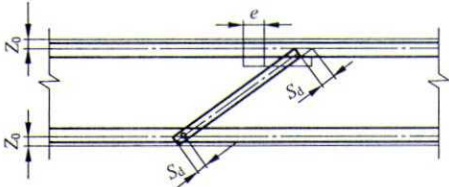
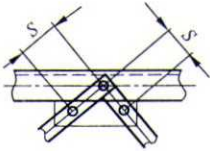
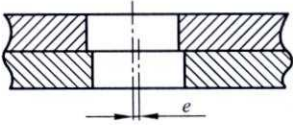
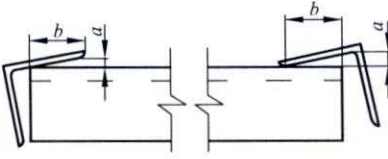
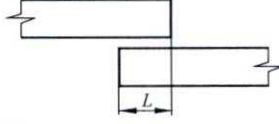
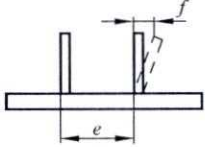
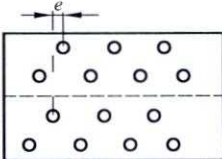
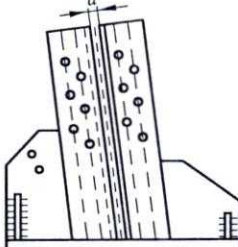
项 目		允许偏差	示 意 图
重心 Z_0	主 材	± 2.0	
	腹 材	± 2.5	
端 距 S_d		± 3.0	
无孔节点板位移 e		± 3.0	
跨焊缝的相 邻两孔间距 S		± 1.0	

表 11 (续)

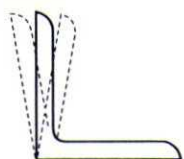
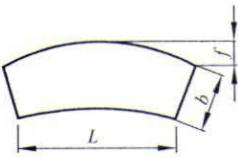
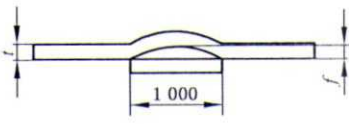
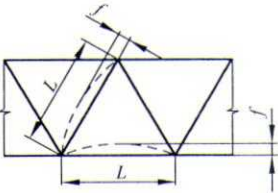
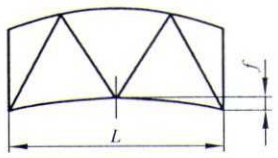
单位为毫米

项 目		允许偏差	示 意 图
搭接构件同心孔 中心相对偏差 e		0.5	
搭接间隙 a	$b \leq 50$	1.0	
	$b > 50$	2.0	
搭接长度 L		± 5.0	
T 接板倾斜距离 f	有孔	± 2.0	
	无孔	± 5.0	
T 接板位移 e	有孔	± 1.0	
	无孔	± 5.0	
十字板中心相对偏差 e	双拼角钢	± 2.0	
	四拼角钢	± 1.0	
十字板相邻面孔位偏差 e		± 1.0	
双角钢塔腿角钢间距 a		$+2.0$ 0	

6.8 矫正

- 6.8.1 矫正后的零部件不允许出现表面裂纹,不应有明显的凹面和损伤,表面划痕深度不应大于该钢材厚度负允许偏差的 1/2,且不应大于 0.5 mm。
- 6.8.2 构件一次热矫正后仍没有达到要求时,不应在原位置进行重复加热。
- 6.8.3 镀锌件的矫正应采取措施防止锌层受到破坏。
- 6.8.4 矫正的允许偏差按表 12 规定。

表 12 矫正的允许偏差 单位为毫米

项 目		允许偏差	示 意 图
角钢顶端直角 90°	四拼角钢	±35'	
	其他	±50'	
型钢及钢板 平面内挠曲 f	$b \leq 80$	$1.3L/1\ 000$	
	$b > 80$	$L/1\ 000$	
钢板局部平面度 f	$t \leq 14$	1.5	
	$t > 14$	1.0	
焊接构件接点 间挠曲 f	主材	$1.3L/1\ 000$	
	腹材	$1.5L/1\ 000$	
焊接构件整个 平面挠曲 f		$L/1\ 000$	

6.9 热浸镀锌

- 6.9.1 用于热浸镀锌的锌浴主要应由熔融锌液构成。熔融锌中的杂质总含量(铁、锡除外)不应超过总质量的 1.5%,所指杂质见 GB/T 470 的规定。
- 6.9.2 镀锌层外观:镀锌层表面应连续完整,并具有实用性光滑,不应有过酸洗、起皮、漏镀、结瘤、积锌和锐点等使用上有害的缺陷。

镀锌颜色一般呈灰色或暗灰色。

- 6.9.3 镀锌层厚度和镀锌层附着量按表 13 规定。
- 6.9.4 镀锌层均匀性:镀锌层应均匀,做硫酸铜试验,耐浸蚀次数应不少于 4 次,且露铁。

表 13 镀锌层厚度和镀锌层附着量

镀件厚度/mm	厚度最小值/ μm	最小平均值	
		附着量/ (g/m^2)	厚度/ μm
$T\geq 5$	70	610	86
$T< 5$	55	460	65

注:在镀锌层的厚度大于规定值的条件下,被镀制件表面可存在发暗或浅灰色的色彩不均匀。

- 6.9.5 镀锌层附着性:镀锌层应与金属基体结合牢固,应保证在无外力作用下没有剥落或起皮现象。经落锤试验,镀锌层不凸起、不剥离。
- 6.9.6 修复:修复的总漏镀面积不应超过每个镀件总表面积的 0.5%,每个修复漏镀面不应超过 10 cm^2 ,若漏镀面积较大,应进行返镀。修复的方法可以采用热喷涂锌或涂富锌涂层进行修补,修复层的厚度应比镀锌层要求的最小厚度厚 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上。
- 6.10 试组装
- 6.10.1 试组装采用卧式或立式。试组装前应制定试组装方案,包括安全措施、质量控制办法等。
- 6.10.2 当分段组装时,一次组装的段数不应少于两段,分段部位应保证有连接段组装,且保证每个部件号都经过试组装。
- 6.10.3 试组装时,各零部件应处于自由状态,不得强行组装。
- 6.10.4 试组装时所用的螺栓直径应和实际所用螺栓相同。所使用的螺栓数量应保证构件的定位需要,且不少于该组螺栓总数的 30%。
- 6.10.5 对于有更改的零、部件必须重新进行组装。
- 6.10.6 试组装允许偏差应符合表 14 的规定。
- 6.10.7 脚钉排布方位、间距及脚钉形式应符合设计图纸要求,下端第一个脚钉距离地面的高度(设计无要求时)为 2.0 m 。

表 14 试组装允许偏差 单位为毫米

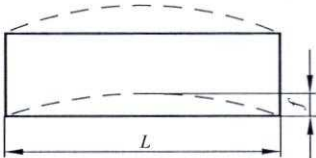
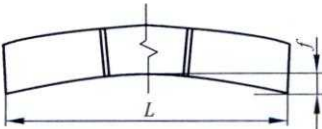
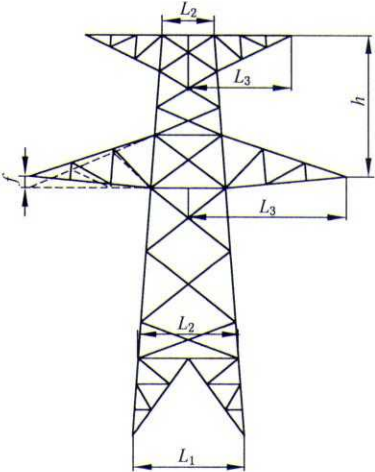
项 目	允许偏差	示 意 图
各相邻节点间主材弯曲度 f	$L/750$	
直线段整体主材弯曲度 f	$L/1\ 000$	

表 14 (续)

单位为毫米

项 目		允许偏差	示 意 图
挂点与铁塔中心水平距离 L_3		$\pm L_3/1\,000$	
横担垂直间距		$\pm h/500$	
横担/地线支架预拱 f	卧式	$+20.0$ 0	
	立式	$+20.0$ $-15f/100$	
断面尺寸 L_2		± 5.0	
组装间隙		≤ 3.0	
铁塔根开 L_1		$\pm L_1/2\,000$	

7 检验

7.1 合格证

产品出厂前应由制造方检查和验收并签发产品质量合格证书,证书上应标明产品生产许可证编号和质量安全标志(QS)。

7.2 检验项目

钢材质量(包括钢材外观、外形尺寸、物理性能及化学成分)、零部件尺寸(包括下料长度、切断面垂直度、角钢端部垂直度、清根、铲背、切角、开合角、孔形、孔位、制弯、挠曲等)、锌层质量(包括锌层外观、厚度、附着性及均匀性)、焊接件装配质量、焊缝质量(包括焊缝外观、外形尺寸及内部质量)、试组装(包括部件就位率、同心孔通孔率、控制尺寸)。

7.3 检验要求及方法

- 7.3.1 检验人员应经过专门的基本理论和操作技能培训考试合格,并持证上岗。
- 7.3.2 无损探伤人员应由国家授权的专业考核机构考核合格,其相应等级证书在有效期内,并按考核合格项目及权限从事无损检测和审核工作。
- 7.3.3 检验设备和量具的量程及准确度应能满足所测项目精度要求(表 15),并经过计量检定(校准)合格。

7.3.4 检验方法

7.3.4.1 零部件尺寸检测

零部件尺寸用钢卷尺、钢板尺、角度尺、卡尺等检测。

7.3.4.2 焊接件焊缝质量检测

焊缝外部质量用放大镜和焊缝检验尺检测。焊缝内部质量一般采用超声波探伤的方法检测,当超

声波探伤不能对缺陷做出判断时,采用射线探伤方法检测。

7.3.4.3 镀锌层质量检测

外观检测用目测。镀锌层均匀性用硫酸铜试验方法(见附录 A、附录 E)检测;附着性用落锤试验方法(见附录 B)检测;镀锌层厚度用金属涂镀层测厚仪测试方法(见附录 C)检测,发生争议时以溶解称重试验方法(见附录 D、附录 E)测试镀锌层附着量作为仲裁试验方法。

7.3.4.4 试组装质量检测

部件就位情况用目测,同心孔通孔率用比螺栓公称直径大 0.3 mm 的试孔器检测,其他尺寸用钢卷尺检测。

7.3.4.5 钢材外形尺寸检测

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;钢板厚度测量三点,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 10 mm。

表 15 主要检验设备及量具要求

检验项目	主要检验器具	量具分度值、分辨率
钢材、焊缝外观	放大镜	5 倍
钢材外形尺寸、孔径	游标卡尺	0.02 mm
钢材厚度	超声波测厚仪	0.1 mm
	游标卡尺	0.02 mm
长度、孔组间距	钢卷尺	1.0 mm
孔间距	钢直尺	0.5 mm
孔准距	准距卡尺、卡尺	0.02 mm
间隙	塞尺	0.1 mm
焊缝外形尺寸	焊缝检验尺	1.0 mm
机械性能试验	材料试验机	1 kN
	冲击功试验机	1 J
焊缝内部质量	超声波探伤仪	2 dB
角度	万能角度尺	2'
锌层厚度	金属涂镀层测厚仪	1.0 μm
化学成分分析	相应分析设备	符合相关标准要求

7.4 抽样方案和判定原则

7.4.1 抽样原则

7.4.1.1 无特殊要求情况下,采用 GB/T 2828.1 一般检验水平(检验等级见表 17)。

7.4.1.2 钢材质量、零部件尺寸质量、焊接件及焊缝质量等项目的抽样方案:660 kV 及以下电压等级的铁塔产品采用 GB/T 2828.1 正常检验一次抽样方案,750 kV 及以上电压等级的铁塔产品采用GB/T 2828.1 加严检验一次抽样方案。

7.4.1.3 锌层和试装质量采用 GB/T 2829 的判别水平 I 的一次抽样方案。

7.4.2 检验批

检验批可由几个投产批或投产批的一部分组成。企业出厂检验批的大小由企业根据实际情况自行规定。需方验收检验批的大小由供需双方合同约定。

7.4.3 质量特性的划分

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 16。

表 16 检验项目及质量特性划分

项 目 名 称		不合格分类		合格标准/%	
		A 类	B 类		
钢材外观			√		
钢材外形尺寸			√		
钢材材质		√			
零 部 件 尺 寸	主材		√	项 次 合 格 率	≥95
	接头件		√		≥95
	连板		√		≥90
	腹材		√		≥85
	焊接件		√		≥95
焊缝外观			√		≥95
焊缝外形尺寸			√		≥95
焊缝内部质量		√			
锌层外观			√		
锌层厚度			√		
锌层附着性		√			
锌层均匀性		√			
试装同心孔率			√	≥96	
试装部件就位率			√	≥99	
试装主要控制尺寸		√			

7.4.4 质量水平

输电线路铁塔产品检验项目质量水平按表 17 选用。

表 17 质量水平(合格/不合格)选用表

检测项目	钢材质量			零部件尺寸					焊缝质量			试组装			锌层质量			
	外观	外形尺寸	材质	主材	接头	连板	腹材	焊接件	外观	尺寸	内部质量	同心孔率	就位率	主控尺寸	外观	厚度	均匀性	附着性
检验水平	I		II	II		I		II	II									
合格质量水平 AQL	0.40			4.0		4.0		2.5	0.65									
不合格质量水平 RQL												10			10			

7.4.5 零部件项次规定(见表 18)

表 18 零部件项次规定

部件类型	项 目											
	下料长度	切断面垂直度	端距	挠曲	角钢端部垂直度	孔形	孔位	制弯	清根(铲背)	切角(切肢)	标识	焊缝
角钢(件)	1	2	2	1	2	以孔计数		以制弯处计数	以处计数	以头计数	1	以 200 mm
钢板(件)	2	以边计数	4	1							1	为一个项次

7.4.6 判定原则

7.4.6.1 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:

- 项次合格率低于规定值(见表 16);
- 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;
- 加工工艺与本标准或设计要求不符合;
- 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。

7.4.6.2 综合判定

A 类项有一项不合格,则产品判定为不合格;B 类项有一项大于或等于不合格判定数(Re),则产品

判定为不合格。

8 包装、标记、运输和贮存

8.1 包装的一般规定

8.1.1 角钢包装

8.1.1.1 角钢的包装长度、捆扎道数及重量应便于包装、运输和标识。

8.1.1.2 弯曲角钢、角钢焊接件等不能进入包捆的,可以单独包装。

8.1.1.3 包捆的捆扎用角钢框架、螺栓的连接形式,或打包带捆扎形式,包装物应做防腐处理。

8.1.1.4 角钢捆应端部整齐,层次分明,厚薄基本一致。

8.1.2 连接板包装宜采用螺栓穿入的办法。

8.1.3 包装应牢固,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。

8.2 标记

除满足合同要求外,还应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。

8.3 运输和贮存

应注意装卸和放置场所,不得损坏包装使产品变形或镀锌层受到损坏。

附 录 A

(规范性附录)

热浸镀锌层均匀性试验 硫酸铜试验方法

A.1 硫酸铜溶液的制备和用量

A.1.1 硫酸铜溶液的制备:将 36 g 硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)加入 100 mL 的蒸馏水中,加热溶解后再冷却至室温,每公升溶液加 1 g 氢氧化铜或碱式碳酸铜 $[\text{Cu}(\text{OH})_2$ 或 $\text{CuCO}_3(\text{OH})_2$]搅拌均匀,静置 24 h 以上,过滤或吸出上面澄清的溶液备用。

硫酸铜溶液在温度 18 °C 时的密度应为 1.18 g/cm³,否则应以硫酸铜溶液或蒸馏水进行调整。

A.1.2 硫酸铜溶液的用量:按试样表面积不少于 8 mL/cm²。

A.1.3 配置的硫酸铜溶液也可以用于多次试验,但最多不应超过 15 次。

A.2 试样的制备

按附录 E 规定。

A.3 试验条件

A.3.1 用于试验的容器不得与硫酸铜溶液发生化学反应,并应有足够容积使试样在溶液中浸没,试样外缘距容器壁应不小于 25 mm。

A.3.2 试验时硫酸铜溶液的温度应为 $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

A.4 试验程序

A.4.1 试样表面处理:将准备好的试样用四氯化碳、苯等有机溶剂擦拭,用流水冲洗、净布擦干,将试样露出的基本金属处涂以油漆或石蜡,方可进行试验。

A.4.2 浸蚀试验:将表面处理好的试样浸入硫酸铜溶液中,此时不得搅动溶液,也不得移动容器。1 min 后取出试样,用毛刷除掉试样表面或孔眼处的沉淀物,用流水冲洗、净布擦干,立即进行下一次浸蚀,直至试验浸蚀终点为止。

A.5 浸蚀终点及耐浸蚀试验次数的确定

经上述试验,试样的基本金属上产生红色金属铜时应作为试验浸蚀终点。但下列情况不作为浸蚀终点:

- a) 距试样端部 25 mm 内有金属铜附着;
- b) 试样棱角处有金属铜附着;
- c) 试样由于镀锌后划、擦伤的部位及周围有金属铜附着的;
- d) 试样在用无锋刃的器具将附着的金属铜刮掉后下面仍有金属锌的。

确定耐浸蚀试验次数时,作为试验浸蚀终点的那次不得计入。

A.6 试剂

所用试剂为分析纯试剂。

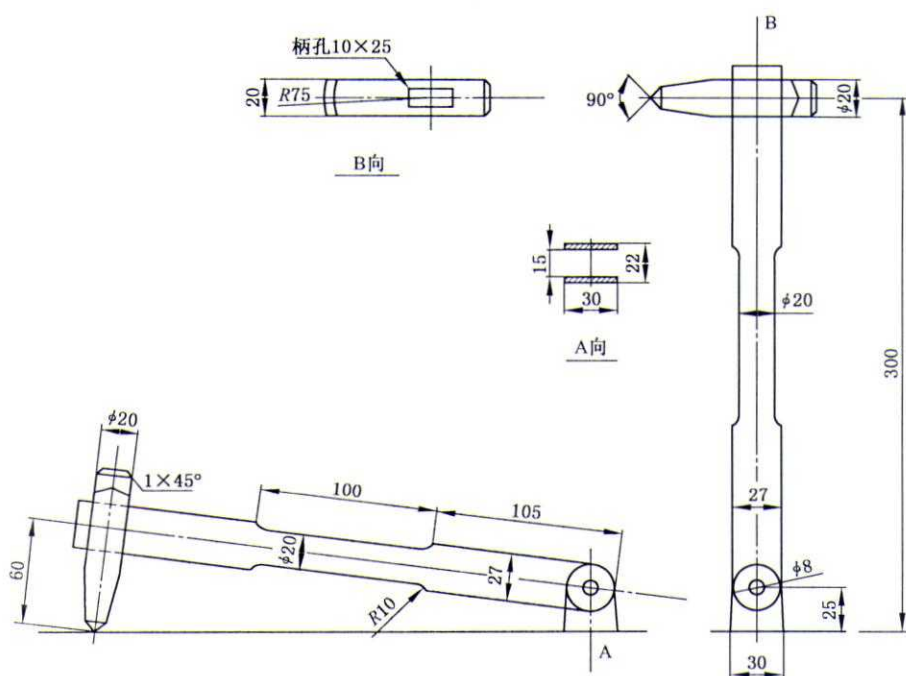
附录 B

(规范性附录)

热浸镀锌层附着性试验 落锤试验方法

B.1 试验装置

试验装置如图 B.1 所示。试验用的锤子应安装在固定的木制试台上,试验面应保持与锤子底座同样高度。



- 1) 锤头 45 号钢;重量 210 g,锤刃硬底(肖氏)40 以上。
- 2) 锤柄用橡木;重量约 70 g。
- 3) 底座钢板厚度 15 mm,长宽 250×250 mm,材质 Q235-A。
- 4) 重量的偏差:±1 g,几何尺寸偏差:±1 mm。

图 B.1 锤击试验装置

B.2 试验程序

试件置于水平,调整试样,使打击点距试样边、角、端部不小于 10 mm,锤头面向台架中心,锤柄与底座平面垂直后自由落下,以 4 mm 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。

附录 C
(规范性附录)

热浸镀锌层厚度测试 金属涂镀层测厚仪测试方法

C.1 热浸镀锌层厚度测试

C.1.1 应用金属涂镀层测厚仪时,应经标准厚度试片校正后再使用。

C.1.2 测试时,测试点应均匀分布,离边缘距离不小于 10 mm,测试点的数目按下列规定:

- a) 角钢试样每面 3 处各 1 点,4 面共 12 点;
- b) 钢板试样每面 6 处各 1 点,2 面共 12 点。

测试结果按各测试点所测得的数据以算术平均值计算。

C.1.3 镀锌层厚度测定后,镀锌层附着量按下式计算:

$$P_A = \delta \times \rho$$

式中:

P_A —— 镀锌层附着量,单位为克每平方米(g/m^2);

δ —— 镀锌层厚度,单位为微米(μm);

ρ —— 锌的密度(ρ 取值 7.2),单位为克每立方厘米(g/cm^3)。

附录 D

(规范性附录)

热浸镀锌层附着量测试 溶解称重试验方法

D.1 溶解溶液的制备和用量

D.1.1 溶解溶液的制备:将 3.5 g 六次甲基四胺(乌洛托品)溶解于 500 mL 密度为 1.19 g/cm³ 的浓盐酸中,用蒸馏水稀释至 1 000 mL。

D.1.2 溶解溶液的用量:按试样表面积不少于 10 mL/cm²。

D.2 试样的制备

按附录 E 规定。

D.3 试验条件

D.3.1 试验用容器不得与溶解溶液发生化学反应,并应有足够容积使试样在溶解溶液中完全浸没。

D.3.2 试验时溶解溶液温度不应高于 38 ℃。

D.4 试验程序

D.4.1 试样表面处理及溶解前称重:将准备好的试样用四氯化碳、苯等有机溶剂擦拭,用流水冲洗、净布擦干,再将试样以乙醇洗净、充分干燥后进行溶解前称重(准确至试样镀锌层重量的 1%)。

D.4.2 试样溶解及溶解后称重:将表面已处理好的试样浸入溶解溶液中,观察试样表面析氢反映,以氢气析出平缓无变化时作为镀层溶解过程的终点。将试样取出以流水冲洗,用硬毛刷出去表面附着物,再将试样以乙醇洗净、迅速干燥后进行溶解后称重(准确度同 D.4.1)。溶解后应测量试样的表面积(准确至试样表面积的 1%)。

D.5 试样结果的计算

镀锌层附着量按下式计算:

$$P_A = (m_1 - m_2) 10^6 A^{-1}$$

式中:

P_A —— 镀层附着量,单位为克每平方米(g/m²);

m_1 、 m_2 —— 溶解前、后试样重量,单位为克(g);

A —— 溶解后试样表面积,单位为平方毫米(mm²)。

镀锌层厚度按下式计算:

$$\delta = P_A \rho^{-1}$$

式中:

δ —— 镀锌层厚度,单位为微米(μm);

P_A —— 镀锌层附着量,单位为克每平方米(g/m²);

ρ —— 锌的密度(ρ 取值 7.2),单位为克每立方厘米(g/m^3)。

D.6 试剂

所有试剂为分析纯试剂。



附 录 E

(规范性附录)

热浸镀锌层附着量及均匀性测试 试样取样方法

E.1 试样尺寸

试样测试面积不小于 100 cm^2 。

E.2 试样采取

先将试件的两端各去掉 5 cm,然后分别从试件的两端和中间共取 3 个试样。试样加工时不应损坏镀层表面。

附 录 F
(资料性附录)
钢材表面颜色及其相应温度

表 F.1 钢材表面颜色及其相应温度

颜 色	温度/℃
深褐红色	550~580
褐红色	580~650
暗樱红色	650~730
深樱红色	730~770
樱红色	770~800
淡樱红色	800~830
亮樱红色	830~960
桔黄色	960~1 050
暗黄色	1 050~1 150
亮黄色	1 150~1 250
白黄色	1 250~1 300

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
输电线路铁塔制造技术条件
GB/T 2694—2010

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

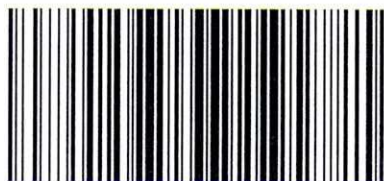
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 51 千字
2011年3月第一版 2011年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-41707 定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 2694-2010