

ICS 29.020

K 91

备案号: 44816-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1342 — 2014

电气接地工程用材料及连接件

Specifications for electrical grounding engineering materials and connection

2014-03-18发布

2014-08-01实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 总则..... 2

5 标记..... 3

6 接地材料技术要求..... 4

7 连接件技术要求..... 9

8 试验方法..... 10

9 检验..... 13

10 标志、包装、运输、贮存和质量证书..... 16

附录 A（规范性附录） 放热焊接接头质量..... 17

附录 B（规范性附录） 电气与腐蚀循环试验流程..... 18

附录 C（规范性附录） 工频大电流试验电流计算..... 19

附录 D（资料性附录） 接地材料连接工艺..... 21

附录 E（资料性附录） 接地材料热稳定系数校验..... 24

前 言

本标准是根据《国家能源局关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）的安排编写。

本标准按照国家标准 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则编制。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电气工程施工及调试标准化委员会归口。

主编单位：中国电力科学研究院、北京国电科源电气有限公司

参编单位：国网陕西电力公司电力科学研究院、华北电力设计院工程有限公司、武汉大学、江苏金合益复合新材料有限公司、北京欧地安科技股份有限公司。

主要起草人：陈新、马光、韩钰、聂京凯、何雷宇、庞亚东、张涛、王森、靳忠礼、闫爱军、朱武杰、李志忠、王建国、孙永春、王伟、杨成枝、孙芑。

主要审查人员：丁广鑫、杨建平、荆津、李明、彭开宇、王小松、黄克信、任成林、耿景都、王述仲、吴庆新、周永利、徐军、赵成福、王进弘、何冠恒、汪鹏、申荣、许建军、王敏、王玉明、李海生、吴明祥、韩彦华、陈海焱、李聪、余常政。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电气接地工程用材料及连接件

1 范围

本标准规定了电气接地工程用材料及连接件产品的技术要求、试验方法、检验、包装及运输等。

本标准适用于电气接地工程用热浸镀锌钢、锌覆钢、铜覆钢、铜及不锈钢等材料的板材、棒材、线材等，以及上述材料的螺栓连接、压接、焊接等连接件。

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 223 钢铁及合金化学分析方法（C、Si、Mn、S、P、Ni、Cr、Mo、Cu、N、Nb、Ti 部分）

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 470 锌锭

GB/T 699 优质碳素结构钢

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 1220 不锈钢棒

GB/T 2694—2010 输电线路铁塔制造技术条件

GB/T 3048.2 电线电缆电性能试验方法 第2部分：金属材料电阻率试验

GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验

GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法

GB/T 5121 铜及铜合金化学分析方法

GB/T 5231 加工铜及铜合金牌号和化学成分

GB/T 5246 电解铜粉

GB/T 6148 精密电阻合金电阻温度系数测试方法

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法

GB/T 8888 重有色金属加工产品的包装、标志、运输和贮存

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 13464 物质热稳定性的热分析试验方法

GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

GB 50661 钢结构焊接规范

HB/Z 5134 结构钢和不锈钢熔焊工艺

HB 5135 结构钢和不锈钢熔焊接头质量检验

HG/T 3592 电镀用硫酸铜

HGJ 223 铜及铜合金焊接及钎焊技术规程

SH/T 3526 石油化工异种钢焊接规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锌覆钢 zinc-clad steel

钢芯体的表面被锌均匀包覆的材料，包括棒材、板材以及线材（包括圆线及绞线）。主要生产工艺包括连铸等。

3.2

铜覆钢 copper-clad steel

钢芯体的表面被铜均匀包覆的材料，包括棒材、板材以及线材（包括圆线及绞线）。主要生产工艺包括电镀、连铸等。

3.3

连铸工艺 copper-clad steel continuous casting process

将处理干净并加热到一定温度的钢材，快速通过另一种加热熔化的金属溶液，金属溶液在钢材表面结晶的加工工艺。

3.4

电镀工艺 electroplating process

利用电解原理在处理干净的钢材表面上镀上覆层的加工工艺。

3.5

放热焊接 exothermic welding

利用金属氧化物与铝之间的氧化还原反应，同时释放出大量的热量并产生高温熔融金属，进行焊接的方法。

3.6

热浸镀锌钢 hot dip alvanizing steel

将经过前处理的钢或铸铁制件浸入熔融的锌浴中，在其表面形成锌和（或）锌—铁合金镀层。

3.7

电阻率 electrical resistivity

本标准所指电阻率为材料轴向的体积电阻率。

3.8

相对导电率 relative conductivity

本标准所指相对导电率是指退火铜标准规定的体积电阻率（ $1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ）对相同单位的试样电阻率之比乘以 100%。

4 总则

4.1 电气接地工程用材料应满足接地工程的设计使用年限要求。

4.2 电气接地工程用材料应满足现行国家标准、行业标准对环境保护的要求。

4.3 新型接地材料用于水平或垂直接地体时，应按本标准 8.11 测试其电阻温度系数及比热容，并按公式计算相应的热稳定系数。

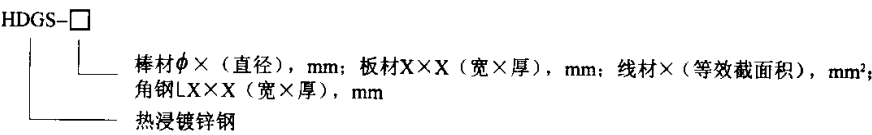
4.4 新型接地材料及其连接件，在批量生产及应用前应按本标准进行电气与腐蚀试验，并满足相关技术要求。

4.5 当接地介质环境 $\text{pH} \leq 4.5$ 时，不宜选用铜覆钢作为接地材料。

5 标记

5.1 热浸镀锌钢

5.1.1 标记方法



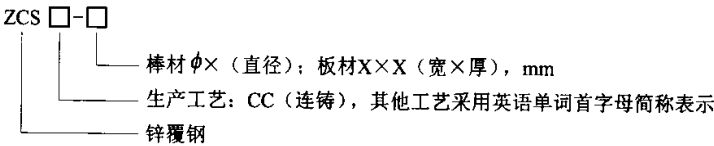
5.1.2 标记示例

60mm \times 8mm 的热浸镀锌钢板材: HDGS-60 \times 8。

5.2 锌覆钢

5.2.1 标记方法

不同型号的锌覆钢产品以下面方式进行标记。



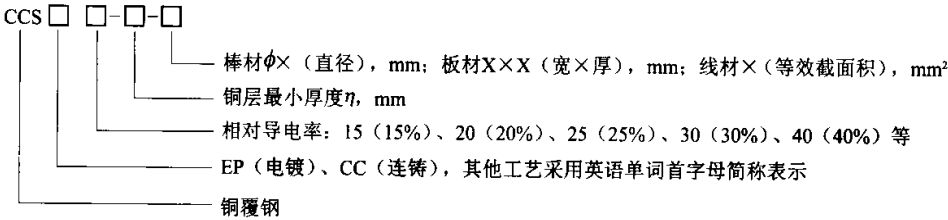
5.2.2 标记示例

直径 ϕ 16mm 的连铸锌覆钢线材: ZCS CC- ϕ 16。

5.3 铜覆钢

5.3.1 标记方法

不同型号的铜覆钢产品以下面方式进行标记。



5.3.2 标记示例

相对导电率 30%、直径 ϕ 16mm 的电镀锌覆钢棒材: CCS EP 30- ϕ 16。

5.4 铜

5.4.1 标记方法

铜接地材料的标记方法见表 1。

表 1 铜接地材料的标记方法

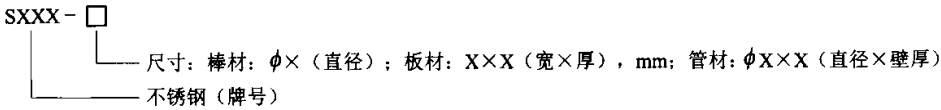
名称	标 记
软铜	TR-尺寸: 线材 $\phi \times$ (直径)、板材 $X \times X$ (宽 \times 厚)、绞线 \times (截面积) 等
硬铜	TY-尺寸: 线材 $\phi \times$ (直径)、板材 $X \times X$ (宽 \times 厚)、绞线 \times (截面积) 等
特硬铜	TYT-尺寸: 线材 $\phi \times$ (直径)、板材 $X \times X$ (宽 \times 厚)、绞线 \times (截面积) 等

5.4.2 标记示例

直径 ϕ 16mm 的硬铜棒材: TY- ϕ 16。

5.5 不锈钢

5.5.1 标记方法



5.5.2 标记示例

直径 $\phi 16$ 的 304 不锈钢棒：S304- $\phi 16$ 。

6 接地材料技术要求

6.1 热浸镀锌钢

6.1.1 原材料要求

6.1.1.1 基材用钢应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。

6.1.1.2 镀锌用锌锭应符合 GB/T 470 的规定。

6.1.2 性能要求

6.1.2.1 表面质量

热浸镀锌层表面应连续完整，不得有漏镀、结瘤、积锌和锐点等缺陷。

6.1.2.2 镀层厚度

热浸镀层厚度及镀层附着量应符合表 2 的规定。

表 2 热浸镀层厚度及镀层附着量

镀层最小值 μm	最小平均值
	厚度 μm
70	85

6.1.2.3 热浸镀层均匀性

热浸镀锌层应均匀，硫酸铜试验耐浸蚀次数不得少于 4 次，且不露钢。

6.1.2.4 热浸镀层附着性

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。

6.1.2.5 镀锌层修复

修复后的总漏镀面积不得超过每个镀件总面积的 0.5%。每个修复漏镀面不得超过 10cm^2 ，若漏镀面积较大，应进行返镀。

修复方法可采用热喷涂锌或富锌涂层，修复层的厚度要求应比镀锌层要求的最小厚度厚 $30\mu\text{m}$ 以上。

6.1.2.6 拉伸性能

热浸镀锌钢接地材料的抗拉强度不得低于 370MPa 。

6.1.2.7 工频大电流试验

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，直流电阻变化不得超过 10%。

6.2 锌覆钢

6.2.1 原材料要求

6.2.1.1 基材用钢应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。

6.2.1.2 锌覆钢用锌锭应符合 GB/T 470 的规定。

6.2.2 性能要求

6.2.2.1 表面质量

表面应连续完整，不得有明显的缺陷，如结瘤、积锌和锐点等缺陷。

6.2.2.2 锌层厚度

锌层任意点最小厚度不得低于 0.50mm。

6.2.2.3 锌层均匀性

厚度测试区域内，锌层的均匀性允差（测试的最大值与最小值之差）应满足表 3 要求。

表 3 锌层均匀性允差要求 单位：mm

锌层最小厚度 H	锌层的均匀性允差
$1.0 > H \geq 0.5$	0.20
$3.0 > H \geq 1.0$	0.40
$5.0 > H \geq 3.0$	0.60
$H \geq 5$	1.0

6.2.2.4 拉伸性能

锌覆钢用钢芯抗拉强度应大于 370MPa。

6.2.2.5 结合性能

试样经结合性试验后不得出现锌层与钢的分离，表面的锌被试验器具所剥落的现象是允许的。

6.2.2.6 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

6.3 铜覆钢

6.3.1 原材料要求

6.3.1.1 铜覆钢用钢材应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。

6.3.1.2 连铸用铜应符合 GB/T 5246 的规定，电镀用硫酸铜应符合 HG/T 3592 的规定。

6.3.2 性能要求

6.3.2.1 表面质量

铜层表面应结晶细密、颜色均匀、光滑洁净，没有明显的针孔、凹坑、麻点、起泡、剥皮、结疤、裂纹、烧灼及沉积杂质和表面污染物，不得有漏镀、浮铜和黑斑。

6.3.2.2 铜层厚度

单根或绞线单股铜覆钢铜层厚度，任意测试点最小值不得小于 0.25mm。

6.3.2.3 铜层均匀性

厚度测试区域内，铜层的均匀性允差（测试的最大值与最小值之差）应满足表 4 要求。

表 4 铜层均匀性允差要求 单位：mm

铜层最小厚度 H	铜层的均匀性允差
$0.40 > H \geq 0.25$	0.10
$0.70 > H \geq 0.40$	0.20
$H \geq 0.70$	0.25

6.3.2.4 拉伸性能

用于水平接地体的铜覆钢抗拉强度不得低于 300MPa，用于垂直接地体的铜覆钢抗拉强度不得低于

600MPa。

6.3.2.5 弯折性能

铜覆钢都应进行 30° 弯折试验，板材和线材应进行 90°弯折试验。试样经弯折试验后铜层不得出现裂纹、裂缝、凹坑和其他有碍于材料腐蚀性能的缺陷。

6.3.2.6 结合性能

- a) 铜覆钢绞线单丝经扭转试验，铜层表面不得出现裂纹、裂缝、碎片、孔洞等缺陷，铜层与钢芯不得出现分离现象。
- b) 其他类型铜覆钢经结合性能试验后，铜层与钢芯不得出现分离现象，允许表面的铜被试验器具所剥落。

6.3.2.7 电阻率和相对导电率

不同型号的铜覆钢电阻率及相对导电率应符合表 5 规定。

表 5 铜覆钢电阻率及相对导电率（20℃）规定

型号	电阻率（不大于） $\times 10^{-8} \Omega \cdot m$	相对导电率（不小于） %
CCS×15	11.49	15
CCS×20	8.62	20
CCS×25	6.89	25
CCS×30	5.75	30
CCS×40	4.31	40

6.3.2.8 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

6.3.2.9 电气与腐蚀性能

试样经电气与腐蚀试验后，最终电阻增加不得超过 50%，中间过程每个试验环节电阻增加不得超过 15%。试验过程中及试验结束后试样表面不得有裂纹、裂缝、熔化等有碍于材料腐蚀性能的缺陷。带连接件的，其连接部分不得有断裂、较大气孔、裂纹等严重缺陷。

6.4 铜

6.4.1 原材料要求

铜接地材料应选择纯铜，化学成分及产品形状符合 GB/T 5231 技术要求。

6.4.2 性能要求

6.4.2.1 表面质量

- 1) 棒材及绞线表面应光洁，不得有与良好工业产品不相称的任何缺陷。
- 2) 热轧板材表面不允许有分层、裂纹、起皮、夹杂和绿锈，允许修理，修理后板材厚度不得超过允许偏差。板材表面允许有轻微的、局部的、不使板材厚度超过其允许偏差的划伤、斑点、凹坑、压入物、辊印、皱纹等缺陷。
- 3) 冷轧铜板的表面质量应光滑、清洁，不允许有影响使用的缺陷。

6.4.2.2 拉伸性能

铜接地材料拉伸性能应符合表 6 与表 7 的规定。标称直径介于所列紧邻两个数值之间时，应采用较大标称直径的相应性能。

表6 铜接地材料的拉伸性能（棒材及单股线）

标称直径 mm	TR	TY		TYT	
	伸长率 %	抗拉强度 MPa	伸长率 %	抗拉强度 MPa	伸长率 %
	不小于				
2.00	25	400	0.7	440	0.7
2.12	25	399	0.7	439	0.7
2.24	25	398	0.8	438	0.8
2.36	25	396	0.8	436	0.8
2.50	25	395	0.8	435	0.8
2.62	25	393	0.9	434	0.9
2.65	25	393	0.9	433	0.9
2.73	25	392	0.9	432	0.9
2.80	25	391	0.9	432	0.9
2.85	25	391	0.9	431	0.9
3.00	25	389	1.0	430	1.0
3.15	30	388	1.0	428	1.0
3.35	30	386	1.0	426	1.0
3.55	30	383	1.1	423	1.1
3.75	30	381	1.1	421	1.1
4.00	30	379	1.2	419	1.2
4.25	30	376	1.3	416	1.3
4.50	30	373	1.3	413	1.3
4.75	30	370	1.4	411	1.4
5.00	30	368	1.4	408	1.4
5.30	30	365	1.5	—	—
5.60	30	361	1.6	—	—
6.00	30	357	1.7	—	—
6.30	30	354	1.8	—	—
6.70	30	349	1.8	—	—
7.10	30	345	1.9	—	—
7.50	30	341	2.0	—	—
8.00	30	335	2.2	—	—
8.50	35	330	2.3	—	—
9.00	35	325	2.4	—	—
9.50	35	319	2.5	—	—
10.00	35	314	2.6	—	—
10.60	35	307	2.8	—	—
11.20	35	301	2.9	—	—
11.80	35	294	3.1	—	—
12.50	35	287	3.2	—	—
13.20	35	279	3.4	—	—
14.00	35	271	3.6	—	—

表 7 铜接地材料的拉伸性能（板材）

型号	厚度 mm	拉伸试验	
		抗拉强度 R_m MPa	断后延伸率 $A_{11.3}$ %
TR	4~14	≥195	≥30
TY TYT	0.3~10	295~380	—
		≥350	—

6.4.2.3 电阻率

铜接地材料的电阻率应符合表 8 规定。

表 8 铜接地材料的电阻率（20℃）规定

型 号	电阻率 ρ_{20} （不大于） $\times 10^{-8}\Omega \cdot m$	
	2.0mm 以下	2.0mm 及以上
TR	1.724	1.724
TY、TYT	1.796	1.777

6.4.2.4 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

6.5 不锈钢

6.5.1 原材料要求

接地用不锈钢材料应符合 GB/T 1220 或 GB/T 20878 技术要求。

6.5.2 性能要求

6.5.2.1 表面质量

- a) 棒材及绞线表面不允许有裂纹、结疤、折叠及夹杂。如有上述缺陷必须清除。清除深度应低于钢棒公称尺寸公差的一半，清除宽度不得小于深度的 5 倍，同一截面积达到最大深度不得多于一处，允许有从实际尺寸算起不超过公称尺寸公差之半的个别细小划痕、压痕、麻点及深度不超过 0.20mm 的小裂纹存在。根据供需双方协定，不锈钢棒表面可以车削或剥皮。
- b) 板材不得有影响使用的缺陷。允许有个别深度小于厚度公差之半的轻微麻点、擦划伤、压痕、凹坑、辊印和色差等不影响使用的缺陷。允许修磨，但应保证钢板最小厚度。

6.5.2.2 拉伸性能

不锈钢接地材料拉伸性能应符合表 9 规定。

表 9 不锈钢接地材料的拉伸性能

型式	拉伸试验	
	抗拉强度 R_m MPa	断后延伸率 $A_{11.3}$ %
	不小于	
棒材	520	40
板材	515	40

6.5.2.3 电阻率

不锈钢接地材料的电阻率应符合表 10 规定。

表 10 不锈钢接地材料的电阻率及相对导电率（20℃）规定

型号	电阻率 ρ_{20} （不大于） $\times 10^{-8}\Omega \cdot m$	相对导电率（不小于） %
S×××	71.84	2.4

6.3.2.4 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

7 连接件技术要求

7.1 接头质量

7.1.1 热浸镀锌钢及锌覆钢焊缝外观质量应达到 GB 50661 规定的Ⅱ级焊缝质量要求。

7.1.2 铜及铜覆钢放热焊接头（包括铜与铜、铜覆钢与铜覆钢、铜与铜覆钢、铜与热浸镀锌钢、铜覆钢与热浸镀锌钢）应满足附录 A 技术要求。

7.1.3 铜及铜覆钢电弧焊及钎焊焊缝质量，应满足 HGJ 223 规定的要求。

7.1.4 不锈钢焊缝质量应满足 HB 5135 要求。

7.1.5 热浸镀锌钢与不锈钢的焊缝应满足 SH/T 3526 要求。

7.2 直流电阻

带连接件的接地材料直流电阻值，不得大于规格尺寸均相同的原材料直流电阻值的 1.1 倍。

7.3 拉伸性能

7.3.1 焊接接头的抗拉强度不低于接地体材料抗拉强度（铜覆钢以相应规格的纯铜作为比较对象）；接地体为异种材料时，则焊接接头抗拉强度不得低于接地体材料抗拉强度的较低者。

7.3.2 其他连接接头最小拉断力应符合表 11 规定的要求。铜和钢导体在表 11 最小拉力值作用下放热焊接接头应无松动、无断裂。

表 11 接地材料连接件最小拉断力

铜线或绞线		铜覆钢绞线		钢线和钢棒 ^a	最小拉断力 N
线径 mm	截面积 mm ²	股数	股线线径 mm	直径 mm	
3.25	—	—	—	—	668
4.12	—	—	—	4.76	1335
5.19	—	—	—	—	1335
5.83	—	—	—	6.35	1335
6.54	—	7	2.59	—	1335
7.35	—	—	—	7.94	1335
8.25	—	7	7.25	9.52	1335
9.27	—	7	3.66	11.11	2225
10.40	—	7	4.12	—	2225
11.80	—	—	—	12.7	2225

表 11（续）

铜线或绞线		铜覆钢绞线		钢线和钢棒 ^a	最小拉断力 N
线径 mm	截面积 mm ²	股数	股线线径 mm	直径 mm	
—	126.68	7	4.62	14.29	4450
—	—	19	2.90	—	4450
—	152.01	7	5.19	15.88	4450
—	—	19	3.25	—	4450
—	177.35	—	—	—	4450
—	202.68	19	3.66	19.05	4450
—	253.35	19	4.12	—	4450
—	304.02	19	4.62	22.23	8900
—	380.03	—	—	25.4	8900
—	506.70	—	—	—	8900
^a 钢线和钢棒包括铜覆钢、镀锌钢及不锈钢。					

7.4 电气与腐蚀性能

连接件批量使用前，应进行电气与腐蚀性能测试。试样经电气与腐蚀试验后，最终电阻增加值不超过 50%，中间过程每个试验环节电阻增加不超过 15%。试验结束后试样表面不得有裂纹、裂缝等有碍于材料腐蚀性能的缺陷，连接部分不得有断裂及严重缺陷。

8 试验方法

8.1 化学成分

铜及铜覆钢的化学成分分析按 GB/T 5121 规定的方法进行。不锈钢的化学成分按 GB/T 223 规定的方法进行。

8.2 表面质量

表面质量采用目视进行检测，必要时可采用放大镜。

8.3 覆层均匀性及附着量

热浸镀锌层的均匀性按 GB/T 2694—2010 附录 A、附录 E 中规定的硫酸铜试验方法进行检验。

8.4 覆层附着性

热浸镀锌层的附着性按 GB/T 2694—2010 附录 B 中规定的附着性用落锤试验方法检验。

8.5 覆层厚度及均匀性

8.5.1 单股绞线宜采用 GB/T 6462 规定的方法测量，其他可按 GB/T 4956 或 GB/T 6462 中规定的方法测量。

8.5.2 厚度测试时，首先在样品任意区域初步测量后选取铜层较薄的区域，在较薄的区域选取 5 点进行测试，取最小值。

8.5.3 厚度均匀性测试时，在样品任意周长区域，选取平均分布的 10 点进行测试，均匀性允差为测试最大值与最小值之差。

8.6 拉伸试验

拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定进行试验。夹具之间的样品长度不宜低于 500mm。

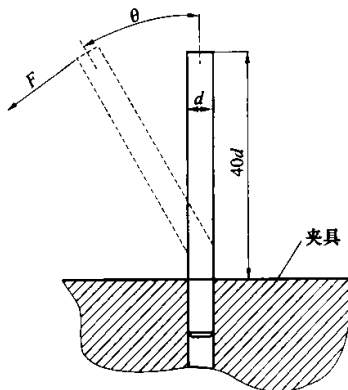
8.7 弯折试验

8.7.1 30° 弯折试验

在室温下将铜覆钢试样的一端夹紧在夹具或虎钳钳口上，在距夹具 40 倍试样直径或等效直径处，施加一个垂直于试样的力，弯折 30°（见图 1），弯折 20 次，观察试样弯折处内、外缘的铜层。

8.7.2 90° 弯折试验

采用本标准 8.7.1 的方法弯折 90°，或利用万能试验机采用三点弯曲法弯折 90°，弯折 3 次，观察试样弯折处内、外缘的铜层。



d —试样直径 (mm)； F —力 (N)； θ —弯折角度

图 1 弯折试验示意图

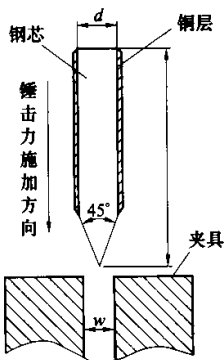
8.8 结合性试验

8.8.1 绞线材料

绞线材料，取单线按 GB/T 239 的规定进行扭转试验，试验至试样断裂。

8.8.2 其他类型材料

其他类型材料，取不大于 200mm 长的试样，一端切成 45° 锥形，将被切一端置于夹具或虎钳钳口之间，间距小于试样钢芯直径或厚度，按图示方向锤击试样端部，削去足够的铜层（见图 2、图 3），充分露出钢芯，取出观察。



d —钢芯直径 (mm)； w —虎钳钳口距离 (mm)

图 2 棒材、圆线结合性试验示意图

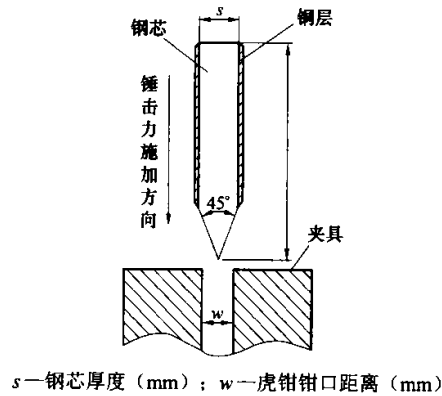


图3 板材结合性试验示意图

8.9 电阻、电阻率及相对导电率

电阻及电阻率测试分别按 GB/T 3048.2 和 GB/T 3048.4 规定的要求执行。计算电阻率及相对导电率时电阻测试长度为 1m，其他试验中电阻测试长度不低于 200mm。电阻测量同时记录环境温度，按式（1）校正到 20℃时的电阻值，并按式（2）计算出相应的电阻率。

$$R_{20} = \frac{R_m}{1 + \alpha_{20}(A_m - 20)} \tag{1}$$

式中：

- R_m ——测量电阻值， Ω ；
 - α_{20} ——20℃电阻温度系数，/℃（见附录 C.1）；
 - A_m ——环境温度，℃。
- 电阻率公式：

$$\rho_{20} = \frac{R_{20}S}{L} \tag{2}$$

式中：

- R_{20} ——20℃电阻值， Ω ；
- S ——截面积， m^2 ；
- L ——测试长度，m。

将式（2）代入式（3），计算出相应的相对导电率。

$$C = \frac{1.7241 \times 10^{-8}}{\rho_{20}} \times 100\% \tag{3}$$

式中：

- C ——相对导电率，%；
- ρ_{20} ——接地体在 20℃时的电阻率， $\Omega \cdot m$ 。

8.10 电气与腐蚀试验

8.10.1 一般规定

电气与腐蚀试验应包括本标准 8.10.2～8.10.5 四个环节顺序进行，试验前后测量试样电阻值，具体流程见附录 B。每个试样在循环试验过程中不允许更换，试样长度不得小于 600mm。每个试验环节结束后将样品冷却到环境温度，按本标准 8.9 的规定测量电阻。中性盐雾试验过程中及结束后应观察材料形貌，并记录。全部试验结束后对材料的表面形貌进行观察并记录，同时剖开横截面，对影响材料性能的

损伤进行观察并记录。

8.10.2 电流—温度循环试验

将试样布置成回路，施加电流使样品温度升至表 12 规定的温度（温度偏差不超过±10℃），保温 1h 后冷却至室温进行下一个循环，至少进行 25 次电流—温度循环。

表 12 接地材料产品取样规定

接地材料	温 度 ℃
热浸镀锌钢	250±10
锌覆钢	250±10
铜覆钢	350±10
铜	350±10
不锈钢	350±10

在电流—温度循环试验过程中应及时调整电流，使 25 次循环样品温度保持在表 12 规定的温度。

8.10.3 冰冻—熔化试验

将本标准 8.10.2 试验后的试样进行该试验。将试样放入盛水的容器，水淹没试样并且水面高出试样至少 25.4mm。

将试样冷却到-10℃或更低，然后升温至 20℃以上。每次循环时试样在低温和高温下至少保持 2h，至少进行 10 次冰冻—熔化循环。

试验结束后测量电阻值，测试前将试样干燥并恢复到环境温度，利用校正到 20℃时的电阻值评价材料性能。

8.10.4 腐蚀试验

将本标准 8.10.3 试验后的试样进行腐蚀试验。试验按 GB/T 10125 的规定执行，试验介质为去离子水或蒸馏水配置的 5%NaCl 溶液，试验时间不得低于 500h。试验后用清水对试样进行冲洗，冲洗后烘干，冷却至环境温度后测量电阻值，并校正到 20℃时的电阻值。试验过程中及试验结束后观察试样形貌，并记录。

8.10.5 工频大电流试验

将本标准 8.10.4 试验后的试样进行该试验，或按检验要求单独进行该试验。将试样连接组成试验回路，试验所用的对称故障电流有效值是试样 4s 或 10s（可选）持续时间熔化电流的 90%，计算方法见附录 D。试验时，每次工频大电流持续 4s 或 10s（可选），共进行三次试验。每次试验后，导体冷却到 100℃或更低温度后再重复下一次试验。

8.11 电阻温度系数及比热容

8.11.1 电阻率的温度系数测试按 GB/T 6148 规定的要求进行。

8.11.2 比热容的测试按 GB/T 13464 规定的要求进行。

9 检验

9.1 一般规定

9.1.1 接地新产品及其连接件在产品定型及批量生产前，应按表 13、表 14 的规定进行型式试验验证。

9.1.2 供方提供产品时，须按批次提供接地材料产品的原材料检验报告，以及表 13、表 14 中规定的出厂试验检验报告。

表 13 接地材料产品试验分类及检验项目

材料 检验项目	试验分类	出厂试验					型式试验				
		热浸镀锌钢	锌覆钢	铜覆钢	铜	不锈钢	热浸镀锌钢	锌覆钢	铜覆钢	铜	不锈钢
表面质量		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
涂(镀)层厚度		√	√	√			√	√	√		
涂(镀)层均匀性		√	√	√			√	√	√		
镀层附着性		√					√				
拉伸性能		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
弯折性能			√	√				√	√		
结合性能			√	√				√	√		
电阻率		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
工频大电流试验			√	√			√	√		√	√
电气腐蚀试验									√		

表 14 连接件试验分类及检验项目

连接件 检验项目	试验分类	出厂试验				型式试验			
		螺栓连接	压接	焊接	放热焊接	螺栓连接	压接	焊接 ^a	放热焊接
接头外观				√	√			√	√
焊缝截面检测					√				√
电阻		√	√	√	√	√	√	√	√
拉伸性能		√	√	√	√	√	√	√	√
工频大电流试验		√	√	√	√				
电气与腐蚀试验						√	√	√	√
^a 包括电弧焊、钎焊									

9.2 组批

9.2.1 接地材料产品应成批提交，每个批由同一牌号、状态和规格组成，每批数量不得大于 2000m。

9.2.2 焊接接头按焊接部位或接头形式分别组成批；工厂制作的焊接接头按同一工区（车间）按一定数的接头数量组成批；现场施工可按区段组成批；批的大小宜为 30 处～50 处，随机取样。

9.3 检验项目

每批接地材料产品及连接件按表 13、表 14 的规定进行检验。

9.4 取样

产品取样按表 15、表 16 的规定进行。

表 15 接地材料产品取样规定

检验项目	出厂试验	型式试验	试验方法的章节号
表面质量	逐根（盘）	每批产品，任意抽取 3 根，每根取 1 个试样	8.2
镀层厚度	逐根（盘）		8.3
锌覆钢及铜覆钢厚度	逐根（盘）		8.4

表 15（续）

检验项目	出厂试验	型式试验	试验方法的章节号
热浸镀锌层均匀性	每批产品，任意抽取 3 根，每根取 1 个试样	每批产品，任意抽取 3 根，每根取 1 个试样	
镀层附着性			8.5
拉伸性能			8.6
弯折性能			8.7
结合性能			8.8
电阻、电阻率及导电率			8.9
电气腐蚀循环试验	—		8.10
工频大电流试验	—	—	8.10.4

表 16 连接件取样规定

检验项目	出厂试验	型式试验	参照标准及试验方法
焊接接头外观	按组批取样	按组批任取 3 个试样	热浸镀锌钢、锌覆钢焊接参照 GB 50661； 放热焊接参照附录 A； 铜焊接参照 HGJ 223； 不锈钢焊接参照 HB 5135； 不锈钢与钢焊接按 SH/T 3526
焊接接头截面检测	按组批任取 3 个试样		放热焊接参照附录 A
电阻			8.9
拉伸性能			8.6
工频大电流试验			8.10.4
电气与腐蚀试验	—		8.10

9.5 检验结果的判定

9.5.1 接地材料产品

9.5.1.1 原材料

由供货方向需方提供检测报告，有一项不合格时需方应按标准要求加倍抽检，合格后判本批产品合格，加倍抽检仍有不合格的则判本批产品不合格。

9.5.1.2 出厂试验

- a) 覆层厚度及均匀性、表面质量：逐根检查，合格者交货。
- b) 其他试验项目：有一项不合格者，从该批产品中抽取双倍数量的试样进行重复试验；重复试验结果全部合格，则判该批产品合格；若重复试验结果仍有试样不合格，则判该批产品不合格。

9.5.1.3 型式试验

型式试验按产品型号进行。在下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品投产前；
- b) 材料或工艺发生变化时；
- c) 停产半年及以上重新恢复生产线；
- d) 从上一次进行型式试验后满 3 年；
- e) 用户提出要求时。

型式试验在经出厂试验合格的产品中抽取，任一项试验结果不合格，则判定该型号产品型式试验不

合格。

9.5.2 连接件

9.5.2.1 出厂试验

9.5.2.1.1 焊接接头质量

a) 电弧焊及钎焊接头外观:

- 1) 抽检焊缝, 若不合格率小于 2%, 该批验收定为合格;
- 2) 不合格率大于 5%, 该批验收定为不合格;
- 3) 不合格率为 2%~5%时, 应加倍抽检, 在所有抽检产品中不合格率不大于 2%, 该批验收定为合格, 大于 2%, 该批验收定为不合格;
- 4) 当批量验收不合格时, 应对该批余下焊接接头全部进行检查, 所有不合格的应按标准规定进行补修至合格。

b) 放热焊接头质量: 有一个不合格者, 从该批产品中抽取双倍数量的试样进行重复试验, 重复试验结果全部合格, 则判该批产品合格; 若重复试验结果仍有试样不合格, 则判该批产品不合格。

9.5.2.1.2 直流电阻

有一项不合格者, 从该批产品中抽取双倍数量的试样进行重复试验; 重复试验结果全部合格, 则判该批产品合格, 若重复试验结果仍有试样不合格, 则逐根检验, 合格者交货。

9.5.2.1.3 拉伸性能

有一项不合格者, 从该批产品中抽取双倍数量的试样进行重复试验; 重复试验结果全部合格, 则判该批产品合格; 若重复试验结果仍有试样不合格, 则判该批产品不合格。

9.5.2.2 型式试验

有一项不合格, 则判该类型产品不合格。

10 标志、包装、运输、贮存和质量证书

10.1 标志

在检验合格的每件产品上, 应贴上如下内容的标签:

- 供方质量监督部门的检印;
- 牌号;
- 状态;
- 批号。

10.2 包装、运输、贮存

产品包装、运输和贮存应符合 GB/T 8888 规定。

10.3 质量证书

每批产品应附有质量证明书, 注明:

- 供方名称;
- 产品名称;
- 牌号;
- 规格;
- 批号;
- 净重和件数;
- 供方质量监督部门印记;
- 本标准编号、年代号;
- 包装日期。

附录 A
(规范性附录)
放热焊接接头质量

A.1 接头质量检验项目

放热焊接接头的检查方法及数量见表 A.1。

表 A.1 放热焊接接头检查项目及数量

项目	检查方法及数量		
	外观		截面质量
	出厂试验	型式试验	
接地件放热焊接接头	100%	每批任取 3 个	每批任取 3 个

A.2 接头质量要求

A.2.1 焊接接头的完整性

放热焊接接头任意方向的尺寸应大于母材规格，接头冒口锁孔下切面应高于接头上弧面。

A.2.2 接头的表面光滑度

接头表面渣滓面积不得超过 20%；可清除渣滓，但渣滓清除后，如接头缺肉，则接头必须报废。

A.2.3 接头的气孔率

接头表面最大气孔直径不得大于 1mm。

A.2.4 接头表面不允许有未熔合、表面夹渣及裂纹。

A.2.5 接头截面质量应符合表 A.2。

表 A.2 截面检查焊接缺陷允许范围

缺陷名称	允许范围
裂纹、未熔合、未焊透	不允许
单个气孔及夹渣	任何方向（除气孔直径外）的最大尺寸不大于 1/3 厚度（或 1/4 直径），但最大不超过 3mm
分散缺陷面积	不大于被检面积 10%

附录 B
(规范性附录)
电气与腐蚀循环试验流程

B.1 电气与腐蚀试验流程

试验流程按图 B.1 进行试验和性能评估。

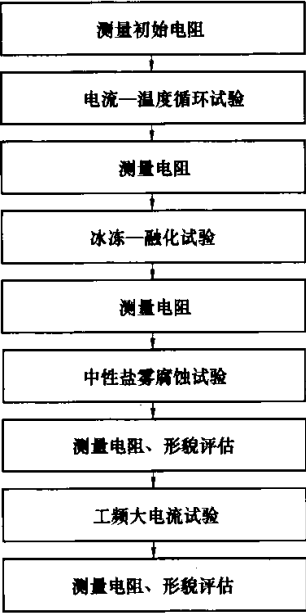


图 B.1 电气与腐蚀试验流程图

附录 C
(规范性附录)
工频大电流试验电流计算

工频大电流试验，熔化电流按式 (C.1) 计算，其中 $t_c=4s$ 或 $10s$ 。

$$I = A \sqrt{\left(\frac{TACP \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \beta_r} \right) \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)} \tag{C.1}$$

式中：

- I —— 电流的有效值，kA；
- A —— 导体横截面面积，mm²；
- T_m —— 允许的最高温度，℃；
- T_a —— 环境温度，℃，一般取 40℃；
- α_r —— 参考温度 T_r 时电阻温度系数，取 20℃ 的电阻温度系数，/℃；
- β_r —— 参考温度 T_r 时电阻率，取 20℃ 电阻率，μΩ·cm；
- K_0 —— $1/\alpha_0$ 或 $(1/\alpha_{20}) - T_r$ ，℃；
- t_c —— 通电时间，s，可选 4s、10s；
- TACP —— 热容系数，J/cm³·℃。

则试验电流为：

$$I_{test}=90\% I_{fuse}, t_c=4,10 \tag{C.2}$$

例 1 求解截面积 $A=150mm^2$ 、30% 相对导电率电镀铜覆钢在 1084℃、10s 条件下的熔化电流 I_{test} 。

解：式 (C.1) 中 $A=150mm^2$ ；

$T_m=1084℃$ ；

$T_a=40℃$ ；

$\alpha_{20}=0.003\ 78$ ；

$\beta_r=5.747\mu\Omega\cdot cm$ ；

$K_0=245℃$ ；

$t_c=10s$ ；

TACP=3.846J/cm³·℃

则 $I_{fuse}=150\sqrt{\frac{3.846\times10^{-4}}{10\times0.003\ 78\times5.747}\ln\left(\frac{245+1084}{245+40}\right)}=7.83kA$ ；则 $I_{test}=90\% I_{fuse}=7.05kA$

常用接地导体材料的常数见表 C.1。

表 C.1 常用接地导体材料的常数（引自 IEEE 80）

导体材料名称	材料 相对导电率 (%)	α_{20}	K_0 ($1/\alpha_0$, 0℃)	熔化温度 ℃	β_r 因子 (20℃) μΩ·cm	TACP 因子 有效值 J/ (cm ³ ·℃)
退火软铜	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
工业硬铜	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
电镀铜覆钢 ¹	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
电镀铜覆钢 ¹	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85

表 C.1 (续)

导体材料名称	材料 相对导电率 (%)	α_{20}	K_0 ($1/\alpha_0$, 0℃)	熔化温度 ℃	β_r 因子 (20℃) $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	TCAP 因子 有效值 $\text{J}/\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
电镀铜覆钢 ¹	20.0	0.003 78	245	1084	8.62	3.85
304 不锈钢	2.4	0.001 30	749	1400	72.00	4.03
镀锌钢 ²	8.6	0.003 20	293	419	20.10	3.93
注 1: 电镀钢覆铜镀层厚度为 0.254mm。其他工艺铜覆钢也可参考表 C.1。如有需要可进行实测。						
注 2: 锌覆钢可参考镀锌钢。						

附录 D
(资料性附录)
接地材料连接工艺

D.1 接地材料放热焊接施工工艺

D.1.1 焊前准备

D.1.1.1 模具的准备

D.1.1.1.1 模具的清理

焊接前应清除模具内侧所有的污迹、结块、附着层及渣滓。

D.1.1.1.2 模具的干燥

模具应充分干燥，可使用喷灯、热风机等进行烘烤。连续操作的同一模具可借助放热焊接后残留的热量保持其干燥，但应随时进行检查。

D.1.1.2 母材的准备

施焊前应 将母材结合部位打磨清理，并预热。预热宜使用喷灯，预热时间不宜过长。

D.1.1.3 接头形式

- a) 接地件焊接的接头形式尺寸应按设计图纸规定加工。如无规定时，接头形式和尺寸应按能保证焊接质量、便于操作、减少焊接应力及经济性等原则选用。
- b) 常用的焊接接头形式及尺寸参见表 D.1。

表 D.1 焊接接头基本形式

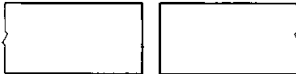
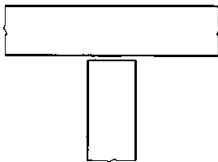
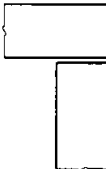
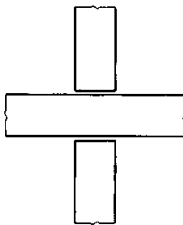
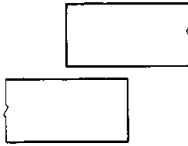
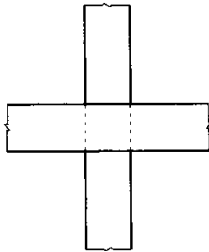
序号	接头类型	代 号	图 形	适用范围
1	对接	I		板、管、线、棒
2	T 接	单 T		板、线、棒
3	角接	L		板、线、棒
4	T 接	双 T		板、线、棒

表 D.1 (续)

序号	接头类型	代 号	图 形	适用范围
5	搭接	II		线、棒
6	搭接	十		板、线、棒

D.1.1.4 焊前组对

焊接组对时，模具的孔径要与母材的外径紧密配合，并将模具的两部分对齐、夹紧，不能留有余孔和偏缝，防止高温金属液流出模具，必要时可使用密封泥进行密封。

D.1.1.5 施焊人员准备

正式施焊前，操作人员应进行焊接模拟练习，接头符合要求后，方可参与接地件的放热焊接。

D.1.2 焊接工艺

D.1.2.1 施焊环境低于 10℃时，母材必须预热，预热温度宜大于 50℃。

D.1.2.2 焊剂装填及母材夹持

- a) 模具、母材夹紧后，放置稳妥，将金属隔离片置于模具内。隔离片规格应与模具适配，将放液。
- b) 焊剂填装完毕，将引燃剂均匀撒在焊剂表面靠近引模唇一侧及模唇处，尽量保持焊剂表面与模唇处引燃剂的接续。不得将焊剂和引燃剂调和。
- c) 加入焊剂和引燃剂后，模具不得震动或倾斜，防止金属隔离片偏移造成漏粉。

D.1.2.3 点火焊接

- a) 模盖开口处应朝向空旷位置，不得朝向施焊人员及其他易燃物品。
- b) 使用火枪点、镁条、高温火柴、电激发等点燃模唇处引燃剂，点燃时施焊者位置与焊剂喷溅方向保持一定角度和距离，并戴焊接用防护手套、口罩和护目镜。护目镜宜选用深色，防止弧光和浓烈的烟尘伤害眼睛。
- c) 点火后经 15s~20s 后熔融金属凝固，应在金属凝固后保持 10s 以后方可开模，以避免过早开模造成接头裂纹，如在冬季施工，保持时间应酌量延长。
- d) 连续多次作业，每次焊接后均应进行模具清理，模具过热时应及时进行静置冷却。
- e) 焊接过程中如发生熔融金属外流，如接头缺肉，则接头必须报废。将报废接头切除，母材清理后方可重新焊接，不得在报废接头上添加焊剂二次焊接。

D.2 同种接地材料连接方法

D.2.1 接地材料间的连接宜采用焊接的方法，确实不能焊接的可采用压接或螺栓连接。

D.2.2 热浸镀锌钢及锌覆钢

- a) 热浸镀锌钢及锌覆钢接地材料的连接宜采用电弧焊，按 GB 50661 要求进行焊接（必要时去掉表面锌层），焊材根据镀锌钢所用钢材选择。焊接应采用搭接焊，按 GB 50169 及 GB 50065 的规

定执行。

- b) 焊接时需打磨掉的锌层，或在焊接时破坏热镀锌层的情况，应在焊痕外 100mm 内进行镀锌层修复，必要时进行防腐处理。

D.2.3 铜覆钢

铜覆钢接地体（线）的连接应采用放热焊接，按 D.1 要求进行焊接。

D.2.4 铜

- a) 铜接地体（线）的连接应采用放热焊接，按 D.1 要求进行连接。
- b) 如特殊需求宜采用电弧焊或钎焊（一般情况下，不推荐采用电弧焊及钎焊），电弧焊及钎焊焊缝按 HGJ 223 进行焊接。电弧焊及钎焊应采用搭接焊，焊接应采用搭接焊，按 GB 50169 及 GB 50065 的规定执行。

D.2.5 不锈钢

不锈钢的焊接应采用电弧焊，按 HB/Z 5134 进行焊接。焊接应采用搭接焊，按 GB 50169 及 GB 50065 的规定执行。

D.3 异种材料焊接

D.3.1 接地材料间的连接宜采用焊接的方法，确实不能焊接的可采用压接或螺栓连接。

D.3.2 铜、铜覆钢与热浸镀锌钢

铜与铜覆钢、铜与热浸镀锌钢、铜覆钢与热浸镀锌钢推荐采用放热焊接，按 D.1 要求进行焊接。铜与热浸镀锌钢、铜覆钢与热浸镀锌钢的接头处必须进行防腐处理。

D.3.3 热浸镀锌钢与不锈钢

热浸镀锌钢与不锈钢的焊接宜采用电弧焊，按 SH/T 3526 规定进行焊接。也可采用放热焊，按 D.1 要求进行焊接。接头必须采取防腐处理。

附录 E
(资料性附录)

接地材料热稳定系数校验

进行热稳定性校验，铜及铜覆钢热稳定系数见表 E.1，钢及不锈钢热稳定系数见表 E.2、表 E.3。

表 E.1 铜及铜覆钢热稳定系数 C

最大允许温度 ℃	铜	15%相对导 电率铜覆钢	20%相对导 电率铜覆钢	25%相对导 电率铜覆钢	30%相对导 电率铜覆钢	40%相对导 电率铜覆钢
700	249	103	119	133	144	167
800	259	107	124	138	150	173
900	268	110	128	143	155	179

表 E.2 镀锌钢、锌覆钢热稳定系数 C

镀锌钢	锌覆钢
70	70

表 E.3 不锈钢热稳定系数 C

最大允许温度 ℃	304 不锈钢
1000	59
1100	61
1200	62

热稳定系数计算参考了 IEEE80 *IEEE Guide for Safetyin AC Substation Grounding* 中材料的参数（表 E.1），并依据其公式计算得出。计算公式如下：

$$C=10\sqrt{\left(\frac{TACP}{\alpha_r\beta_r}\right)\ln\left(\frac{K_o+T_m}{K_o+T_a}\right)} \tag{E.1}$$

式中：

- T_m ——允许的最高温度，℃。
- T_a ——环境温度，℃，一般取 40℃；
- α_r ——参考温度 T_r 时电阻温度系数，取 20℃ 的电阻温度系数，/℃；
- β_r ——参考温度 T_r 时电阻率，取 20℃ 电阻率， $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ ；
- K_o —— $1/\alpha_{20}$ ，/℃；
- TCAP——容量因子， $\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ 。TCAP=4.184×SH×SW，其中 SH 为比热容， $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ ，SW 为比重， g/cm^3 。

铜覆钢热稳定系数建议按表 E.1～表 E.3 选取。如有其他需求，按式（E.1）进行计算， T_m 宜根据当地土壤腐蚀情况选，电阻温度系数及比热容通过试验测试获得。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电气接地工程用材料及连接件
DL/T 1342—2014

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2014年8月第一版 2014年8月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 49千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·1986 定价 15.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印

DL/T 1342-2014 电气接地工程用材料及
连接件



RMB:15.00

155123.1986

上架建议：规程规范/
电气工程/供用电



关注我,关注更多好书

BZ 002110369

