

ICS 29.060.01
K 13
备案号：50777-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1457 — 2015

电力工程接地用锌包钢技术条件

Technical specification for zinc-clad steel in power engineering grounding

2015-07-01 发布

2015-12-01 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 1

4 总则 2

5 标记 2

6 技术要求 2

7 检测及试验方法 4

8 检验 7

9 标志、包装、运输、贮存和质量证书 8

附录 A（资料性附录） 土壤电阻率与锌层厚度的关系 10

附录 B（资料性附录） 工频大电流计算 11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。
请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由中国电力企业联合会归口。

本标准主要编写单位：成都桑莱特科技股份有限公司、中国电力科学研究院、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司。

本标准参加编写单位：国网北京经济技术研究院、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国网四川省电力科学研究院、国网江西省电力公司、国网江西省电力科学研究院、国网浙江省电力公司、华东勘测设计研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、国网重庆市电力公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网河北省电力公司电力科学研究院、国网湖北省电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司威海公司运检部、北京勘测设计研究院、成都勘测设计研究院、中国石油新疆油田公司。

主要起草人：董晓辉、余旭东、谭进、胡劲松、刘熙、谭波、何华林、苏凡凡、李谦、刘凡、吴驰、郭志峰、裴锋、姜文东、陈钢、王天正、王谦、王森、蒲路、姚尧、贾伯岩、张卫东、杨梅、王耀辉、张犁、周志成。

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）。

电力工程接地用锌包钢技术条件

1 范围

本标准规定了电力工程接地用锌包钢的技术要求、检测及试验方法、检验、包装及运输等。
本标准适用于发电、输电、变电及配电等电力工程接地用锌包钢。

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 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 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 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度量 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、贮存和质量证明书
GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求
GB/T 16927.2 高电压试验技术 第 2 部分：测量系统
GB 50650 石油化工装置防雷设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锌包钢 zinc-clad steel

锌包钢又称锌覆钢，即钢材的表面被锌均匀包裹的材料，主要生产工艺包括连铸、拉拔等，不含热浸镀锌钢。

3.2

钢芯 steel core

锌包钢中的钢材芯体，一般采用圆钢、扁钢。

3.3

锌包钢连铸工艺 zinc-clad steel continuous casting process

将处理干净并加热到一定温度的钢材，快速通过加热熔化的锌液，锌液在钢材表面结晶的加工工艺。

3.4

锌包钢拉拔工艺 zinc-clad steel cold drawn process

将处理干净的钢材插入锌金属管内，利用机械的束紧力将锌金属管束紧在钢材外表面的加工工艺。

3.5

锌包钢接触电阻 zinc-clad steel contact resistance

锌层与所包裹的钢芯之间的接触电阻。

3.6

接头包锌工艺 joint zinc-clad process

在锌包钢放热焊接的焊接接头处，采用模具将熔融状态的锌进行包裹的工艺。

4 总则

- a) 锌包钢应满足适用环境及其设计年限要求。
- b) 锌包钢应满足环境保护的要求。
- c) 锌包钢的生产工艺应使用锌包钢连铸工艺、锌包钢拉拔工艺，锌必须连续、均匀、牢固地包裹在钢材上。其他工艺在满足型式试验要求下也可使用。
- d) 锌包钢运输、贮存和使用过程中应确保锌层不受损坏。
- e) 锌包钢的连接宜采用放热焊接，连接处需做防腐处理，宜采用接头包锌工艺。

5 标记

不同型号的锌包钢产品以下面方式进行标记，见图 1。

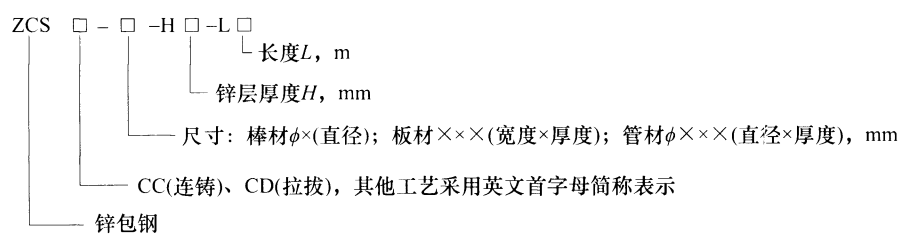


图 1 锌包钢型号标记方法

示例：

ZCS CC-φ16-H3-L3 表示：直径φ16mm、锌层厚度 3mm、长度 3m 的连铸锌包钢棒材。

6 技术要求

6.1 原材料

- 6.1.1 锌包钢用钢材应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。
- 6.1.2 锌包钢用锌材应选用 GB/T 470 中规定的 Zn99.99 或 Zn99.995 牌号的材料。

6.2 外观及结构

6.2.1 尺寸及允许偏差

锌包钢的尺寸及允许偏差要求见表 1 和表 2。

表 1 锌包钢的尺寸及允许偏差（直径、宽度、厚度） 单位：mm

棒 材		板 材			
标称直径 d	允许偏差	宽度	允许偏差	厚度	允许偏差
$d \leq 20$	± 0.2	4~10	± 0.10	3~16	± 0.25
$20 < d \leq 30$	± 0.3	10~18	± 0.14	16~60	$\pm 1.5\%$

表 1（续）

棒 材		板 材			
标称直径 d	允许偏差	宽度	允许偏差	厚度	允许偏差
$d > 30$	± 0.4	18~30	± 0.21	—	—
—	—	> 30	± 0.30	—	—

表 2 锌包钢的尺寸及允许偏差（长度） 单位：mm

棒 材 或 板 材	
长 度	允 许 偏 差
≤ 4000	+30
4000~6000	+50
> 6000	+70

6.2.2 表面质量

锌层表面应连续完整，不应有明显的缺陷，如裂纹、凹坑和凸起等。

6.2.3 锌层厚度

锌层最小厚度不小于 1.0mm。
土壤电阻率与锌层厚度的选择关系参考 GB 50650，可参见附录 A。

6.2.4 锌层均匀性

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 的要求。

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
$1.0 \leq H < 3.0$	+0.4
$3.0 \leq H < 5.0$	+0.6
$H \geq 5.0$	+1.0

6.3 机械性能

6.3.1 抗拉强度

垂直接地极用锌包钢钢芯抗拉强度不小于 500N/mm²。
水平接地极用锌包钢钢芯抗拉强度不小于 300N/mm²。

6.3.2 结合性能

锌包钢经结合性能试验后，锌层与钢芯不应出现分离现象，允许表面的锌被试验器具所剥落。

6.4 电气性能

6.4.1 锌包钢接触电阻

试样的钢芯与锌层的单位面积（平方米）接触电阻不大于 $20\text{m}\Omega$ 。

6.4.2 冲击电流耐受能力

试样经冲击电流试验后，直流电阻值的增加率不超过 10%，锌包钢接触电阻的增加率不超过 10%，表面不应有裂纹、裂缝、凹坑、鼓泡等缺陷。

6.4.3 工频大电流耐受能力

试样经工频大电流试验后，直流电阻值的增加率不超过 10%，锌包钢接触电阻的增加率不超过 10%，表面不应有裂纹、裂缝、熔化等缺陷。

7 检测及试验方法

7.1 外观及结构

7.1.1 尺寸及允差检测

- a) 直径、宽度及厚度用分度值不大于 0.02mm 的测量工具，测量三处，取平均值。
- b) 长度用分度值不大于 1.0mm 的测量工具测量。

7.1.2 表面质量检测

采用目视进行检测，必要时采用放大镜。

7.1.3 锌层厚度检测

- a) 锌层厚度可按 GB/T 4956 或 GB/T 6462 中规定的方法测量。
- b) 厚度测试时，首先在试样任意区域初步测量，然后选取锌层较薄的区域，在较薄的区域选取 5 点进行测试，取最小值。

7.1.4 锌层均匀性检测

- a) 锌层均匀性可按 GB/T 4956 或 GB/T 6462 中规定的方法测量。
- b) 锌层均匀性测试时，在试样任意周长区域，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。

7.2 机械性能

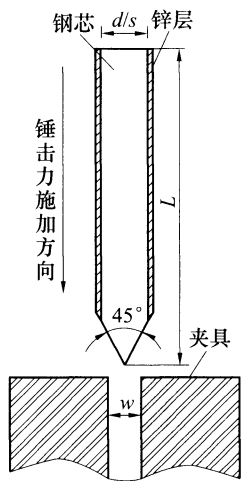
7.2.1 抗拉强度检测

拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定进行试验。夹具间的试样长度不少于 500mm 。

7.2.2 结合性能检测

取不大于 200mm 长的锌包钢试样，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的 1mm ，按图 2 所示方向锤击试样端部，削去足够的锌层，充分露出钢芯，

取出观察。



d —棒材钢芯直径； s —板材钢芯宽度； w —虎钳钳口距离

图 2 锌包钢棒材/板材结合性能试验示意图

7.3 电气性能

7.3.1 锌包钢接触电阻检测

接触电阻采用双臂电桥法测量，测量方法按 GB/T 3048.4 规定的要求执行。试样一端剥掉锌层，露出钢芯，表面处理干净。试样测试段长度为 1m，试验接线如图 3 所示。电位夹头 3 尽可能靠近但不能接触锌层。接触电阻测量的同时记录环境温度，按公式（1）校正到 20℃时的接触电阻值

$$R_{20} = \frac{R_m}{1 + \alpha_0(\theta_a - 20)} \tag{1}$$

式中：

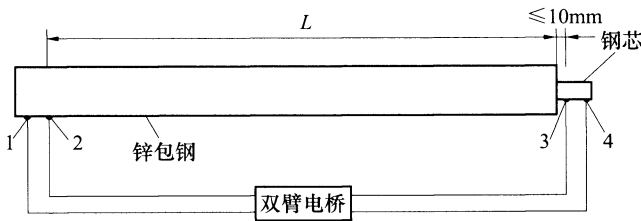
- R_m ——电阻测量值， Ω ；
- α_0 ——电阻温度系数（ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，取 $0.0016^{\circ}\text{C}^{-1}$ ）；
- θ_a ——环境温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

单位面积接触电阻公式为

$$R = \frac{R_{20}}{\pi D \times L} \tag{2}$$

式中：

- D ——钢芯直径，m，
- L ——测试段长度，m。



1、4—电流夹头；2、3—电位夹头

图 3 锌包钢接触电阻测量接线示意图

7.3.2 冲击电流耐受能力检测

试验波形及测量系统应满足 GB/T 16927.1 和 GB/T 16927.2 的要求，测试示意如图 4 所示。对每个试样分别施加波形为 8/20μs，按照试样截面积不低于 50A/mm² 的电流进行大电流冲击，共进行 3 次冲击。每次冲击完成后，时隔 5min 进行下一次冲击。试验后待试样冷却至室温，分别测量试样的直流电阻和接触电阻，测试方法见 7.3.1，直流电阻测量接线示意如图 5 所示。按式（3）和式（4）分别求出试验后试样直流电阻和接触电阻变化率，并观察试样的表面。

$$\Delta R = \frac{R_H - R_0}{R_0} \times 100\% \tag{3}$$

式中：
ΔR —— 试验后试样直流电阻变化率，%；
R₀ —— 试验前试样直流电阻，Ω；
R_H —— 试验后试样直流电阻，Ω。

$$\Delta R_{20} = \frac{R_{20H} - R_{20}}{R_{20}} \times 100\% \tag{4}$$

式中：
ΔR₂₀ —— 试验后试样接触电阻变化率，%；
R₂₀ —— 试验前试样接触电阻，Ω；
R_{20H} —— 试验后试样接触电阻，Ω。

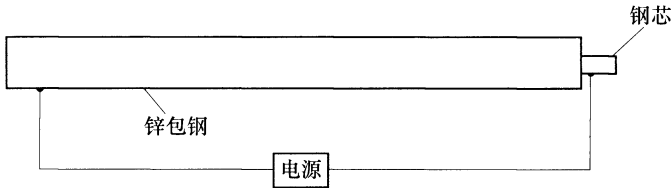
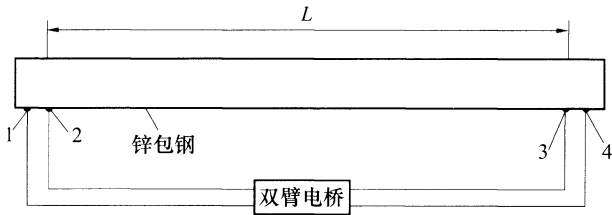


图 4 冲击/工频电流耐受测试示意图



1、4—电流夹头；2、3—电位夹头
图 5 锌包钢直流电阻测量接线示意图

7.3.3 工频大电流耐受能力检测

将试样连接组成试验回路，测试示意如图 4 所示。试验所用的故障电流有效值是试样在 4s 或 10s（可选）持续时间熔化电流值的 90%，计算方法参见附录 B（横截面面积选取钢芯横截面面积）。试验时，每次故障电流持续 4s 或 10s（可选），共进行 3 次试验。每次试验后，导体冷却到 100℃ 以下后再重复下一次试验。试验后待试样冷却至室温，分别测量试样的直流电阻和接触电阻，直流电阻测试方法见 7.3.2，接触电阻测试方法见 7.3.1。试验后按式（3）和式（4）分别求出试验后试样直流电阻变化率和接触电阻变化率，并观察试样的表面。

8 检验

8.1 一般要求

- 8.1.1 每种型号的锌包钢产品应按表 4 的规定进行型式试验验证。
- 8.1.2 供方提供锌包钢产品时，须按批次提供锌包钢的原材料检验报告，以及表 4 中规定的出厂试验检验报告。
- 8.1.3 需方收到锌包钢产品后，按批次依照表 4 的规定进行验收试验。
- 8.1.4 根据需方的需求进行出厂和验收试验。

表 4 试验要求及试验项目

序号	试验项目	试 验 要 求			试验方法
		型式试验	出厂试验	验收试验	
1	尺寸及允差	√	√	√	7.1.1
2	表面质量	√	√	√	7.1.2
3	锌层厚度	√	√	√	7.1.3
4	锌层均匀性	√	√	√	7.1.4
5	抗拉强度	√	—	—	7.2.1
6	结合性能	√	—	—	7.2.2
7	接触电阻	√	√	√	7.3.1
8	冲击电流耐受能力	√	—	—	7.3.2
9	工频大电流耐受能力	√	—	—	7.3.3

注：“√”表示必须进行的项目，“—”表示不进行的项目。

8.2 取样

产品取样应符合表 5 规定。

表 5 锌包钢产品取样规定

检验项目	型式试验	出厂试验	验收试验	试验方法
表面质量	抽取 3 根，每根取 1 个试样	逐根	逐根	7.1.2
锌层厚度		逐根	逐根	7.1.3
锌层均匀性		逐根	逐根	7.1.4
尺寸及允差		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	7.1.1
锌包钢接触电阻				7.3.1
抗拉强度		—	—	7.2.1
结合性能		—	—	7.2.2
冲击电流耐受能力		—	—	7.3.2
工频大电流耐受能力		—	—	7.3.3

8.3 组批

产品应成批提交，每个批次由同一型号、规格及状态组成，每批长度不应大于 2000m。

8.4 检验结果的判定

8.4.1 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时。
- d) 从上一次进行型式试验后满 5 年。
- e) 用户提出要求时。

型式试验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。

8.4.2 出厂试验

产品应经供方质检部门按组批逐批检验，检验合格后才能出厂：

- a) 锌层厚度、表面质量：逐根检查。
- 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，则判定该批次产品合格；若重复试验结果仍有试样不合格，则判定该批次产品不合格。

8.4.3 验收试验

需方应对到货的锌包钢按组批进行抽样验收，验收合格后才可使用：

- a) 锌层厚度、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，则判定该批次产品合格；若重复试验结果仍有试样不合格，则判定该批次产品不合格。

9 标志、包装、运输、贮存和质量证书

9.1 标志

在检验合格的每件产品上，应有如下内容的标志：

- a) 供方质量监督部门的检印。
- b) 型号。
- c) 状态。
- d) 批号。

9.2 包装、运输、贮存

产品包装、运输和贮存应符合 GB/T 8888 的规定。

9.3 质量证明书

每批锌包钢产品应附有产品质量证明书，并注明以下内容：

- a) 供方名称。
- b) 产品名称。
- c) 型号。
- d) 规格。
- e) 批号。
- f) 净重和件数。
- g) 供方质量监督部门印记。
- h) 标准号。
- i) 包装日期。

附 录 A
(资料性附录)
土壤电阻率与锌层厚度的关系

土壤电阻率与锌层厚度的关系见表 A.1。

表 A.1 土壤电阻率与锌层厚度的关系

土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	水平接地极锌层厚度 mm	垂直接地极锌层厚度 mm
≤ 20	3	5
20~50	3	3
≥ 50	1	3

附 录 B
(资料性附录)
工 频 大 电 流 计 算

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

$$I_{fuse} = A \sqrt{\frac{\alpha_{TACP} \cdot 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \ln \frac{K_0 + \theta_m}{K_0 + \theta_\alpha}} \tag{B.1}$$

式中:

- I_{fuse} ——熔化电流的有效值, kA;
 - A ——导体横截面面积, 选取钢芯横截面面积, mm^2 ;
 - θ_m ——允许的最高温度, $^{\circ}C$, 锌包钢取 $1510^{\circ}C$;
 - θ_α ——环境温度, $^{\circ}C$, 一般取 $40^{\circ}C$;
 - α_r ——温度 θ_r 时电阻温度系数, 取 $20^{\circ}C$ 温度系数, 取 $0.0016^{\circ}C^{-1}$;
 - ρ_r ——试验材料温度 θ_r 时电阻率, 取试验前试样实测的 $20^{\circ}C$ 电阻率, 取 $15.9\mu\Omega \cdot cm$;
 - K_0 —— $1/\alpha_0$ 或 $1/\alpha_{20}$, 锌包钢取为 $605^{\circ}C$;
 - t_c ——通电时间, s, 一般取 $4s$ 或 $10s$;
 - α_{TACP} ——热容系数, $J \cdot ^{\circ}C/cm^3$, 锌包钢取 $3.284J \cdot ^{\circ}C/cm^3$ 。
- 则试验电流为

$$I_{test}=90\%I_{fuse} \tag{B.2}$$

示例: 求解锌层厚度 3mm、直径为 16mm 的连铸锌包钢棒材 10s 条件下的试验电流 I_{test} 。

解: 式 (B.1) 中

- $A=78.5mm^2$;
- $\theta_m=1510^{\circ}C$;
- $\theta_\alpha=40^{\circ}C$;
- $\alpha_r=0.0016^{\circ}C^{-1}$;
- $\rho_r=15.9\mu\Omega \cdot cm$;
- $K_0=605^{\circ}C$;
- $t_c=10s$;
- $\alpha_{TACP}=3.284J \cdot ^{\circ}C/cm^3$ 。

$$I_{fuse} = 78.5 \sqrt{\frac{3.284 \times 10^{-4}}{10 \times 0.0016 \times 15.9} \ln \frac{605 + 1510}{605 + 40}} = 3.07(kA)$$

则 $I_{test}=90\%I_{fuse}=2.8kA$

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电力工程接地用锌包钢技术条件
DL/T 1457 — 2015

*

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

*

2016 年 3 月第一版 2016 年 3 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1 印张 24 千字
印数 0001—1000 册

*

统一书号 155123·2839 定价 9.00 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 必 究



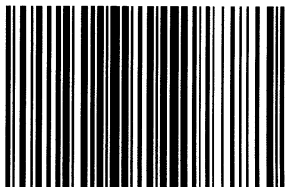
中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



刮开涂层
查询真伪



155123.2839