

CEEIA

团 体 标 准

T/CEEIA 570—2022

电动汽车充电站石墨基柔性接地装置使用 导则

Guide for graphite-based flexible grounding device for electric vehicle charging
station

2022-04-11 发布

2022-04-11 实施

中国电器工业协会

发布

中国电器工业协会（CEEIA）是在平等、自愿基础上，由全国电工装备制造、科研、院校、工程成套、销售、用户及相关企事业单位组成的全国性社会组织。按照专业分为发电设备、输变电设备、配电设备、用电设备、基础元件和材料五个领域。现有 42 个分支机构，6000 余家会员单位，分布在全国各地，涵盖电器工业所有领域。中国电器工业协会始终以振兴和发展我国电器工业，代表和维护全行业共同利益和会员合法权益为宗旨，在政府和会员之间发挥“纽带”和“桥梁”的作用。

制定中国电器工业协会团体标准，是推动行业可持续发展，满足企业需要，推进企业技术进步，也是协会重要工作之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国电器工业协会团体标准的建议并参与有关工作。

中国电器工业协会团体标准按照《中国电器工业协会团体标准制定工作管理办法》进行制定、发布和管理。标准中有关的知识产权问题，按照《中国电器工业协会团体标准知识产权管理办法》进行管理。

在标准实施过程中，如发现需要修改或完善之处，请联系中国电器工业协会标准化工作委员会秘书处。

本标准由中国电器工业协会制定发布，其版权归中国电器工业协会所有，任何组织和个人未经中国电器工业协会同意，不得印刷、销售。考虑到本标准中某些条款可能涉及的专利，中国电器工业协会不负责对任何类别专利权的鉴别。

中国电器工业协会地址：北京市丰台区南四环西路 12 区 30 号楼

邮政编码：100070 电话：010-68171344 传真：68244802

网址：www.cceia.com

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
5 柔性接地装置的选用原则	2
6 柔性接地装置的设计	2
7 柔性接地装置的施工	3
8 柔性接地装置的验收	5
9 柔性接地装置运行与维护	6
附录 A（规范性）充电站用石墨基柔性接地体技术要求	7
附录 B（资料性）石墨基柔性接地体热稳定校验	11
附录 C（资料性）石墨基柔性接地装置接地电阻计算	12
附录 D（资料性）连接头压接段电阻的测量	14
附录 E（资料性）测量接地电阻的方法	15
参考文献	16

前 言

本文件参照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》及T/CEEIA 270—2017《CEEIA标准编写指南》给出的规定编写。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会标准化工作委员会提出。

本文件由中国电器工业协会控制保护设备标准化专业委员会归口。

本文件起草单位：河南四达电力设备股份有限公司、河南四达检测技术有限公司、许昌开普电气研究院有限公司、国网宁夏电力有限公司、湖南经研电力设计有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司、国网西藏电力有限公司建设管理分公司、南方电网能源发展研究院有限责任公司、许昌开普检测研究院股份有限公司、国网河南省电力公司许昌供电公司、西安交通大学、海南电网有限责任公司琼海供电局、山东电力工程咨询院有限公司、中国能源建设集团天津电力设计院有限公司、国网陕西省电力公司汉中供电公司、山东电力咨询设计院新能源公司、广西鑫源电力勘察设计有限公司、国网西藏电力有限公司建设管理分公司、国网天津市电力公司城东供电分公司、国网西藏电力有限公司建设管理分公司、国网河南能源互联网电力设计院有限公司、国家电投集团徐闻风力发电有限公司。

本文件主要起草人：胡松江、陈晓朋、胡晓静、张鹏程、刘宇彬、李付磊、张显峰、胡全、李海龙、刘利林、朱洋洋、张长清、丁卫东、王庆尧、田连博、左焦、田兴隆、刘福达、房景升、罗刚、刘云洪、韩国华、曹立伟、王红训、童永贵。

本文件于2022年首次制定。

引 言

汽车产业是践行“低碳”经济的重要领地。发展新能源电动汽车成为世界各国的共识，已列入各主要国家重要发展战略。在各种新能源汽车技术路线的角逐中，电动汽车已经成为我国新能源汽车发展的主力方向。新能源电动汽车产业是以电动汽车的生产、运行为核心的高技术产业群，在这个产业群中，充电站的建设具有举足轻重的影响，是整个新能源电动汽车产业链条中重要的一环，关系到整个新能源电动汽车产业能否兴旺发展。

接地装置的可靠性是电动汽车充电站安全运行的保障，电动汽车充电站的接地网长期以来通常采用热镀锌钢、铜包钢等金属接地材料，但金属类接地材料存在易腐蚀、与土壤的接触电阻大、施工难度大、难以解决开挖受限等问题，给电动汽车充电站接地装置的建设、运行维护、可靠性带来了较大的难度和风险。

石墨基柔性接地材料是将具有良好导电性和耐腐蚀性的石墨进行柔化改性，使其电气性能、理化性能、力学性能满足防雷接地技术及工程施工要求，主要解决传统热镀锌钢在腐蚀土壤环境下寿命短和金属接地体与土壤接触不良导致泄流不畅的问题，确保接地的稳定性，实现接地工程永久免维护。石墨基柔性接地体作为一种新型的接地导体材料，具有良好的导电性、冲击散流特性和抗腐蚀性能，其独特的柔性特点，方便了运输和施工，同时也增强了与土壤的亲密度，降低了接地极与土壤之间的接触电阻，有利于电流的泄放。实验结果表明，石墨基柔性材料与土壤的接触电阻只有金属材料与土壤的接触电阻的 $1/4\sim 1/3$ ，5米长的同规格的石墨基柔性接地体和金属接地体的接地电阻之比只有 $0.5\sim 0.6$ ，采用石墨基柔性接地装置能够有效减少接地体的总敷设长度，减少接地工程施工的开挖面积。

随着国家大力推动新能源的建设，石墨基柔性接地装置在电动汽车充电站的接地工程中也得到了一些应用推广，取得了良好的效果，受到了运行单位的一致好评。石墨基柔性接地技术在充电站中的应用，可以节省金属材料，减少污染，减少开挖面积和施工难度，对于新能源汽车的发展和节能减排具有重要意义。

当前，石墨基柔性接地材料开始逐渐在电力、通信、石油化工、轨道交通等领域接地工程中应用发展，但在充电站中的应用缺乏技术指导，因此，基于对石墨基柔性接地装置的物理性能、机械性能与电气性能的研究，结合石墨基柔性接地装置的应用经验和运维状况，并参照现行的国家及行业关于接地施工和运维方面标准和规范，提出电动汽车充电站石墨基柔性接地装置的选用原则、设计、施工及验收、运行与维护等内容，制定《电动汽车充电站石墨基柔性接地装置使用导则》，用以指导和规范电动汽车充电站石墨基柔性接地装置的推广应用，对于全面提升电动汽车充电站接地装置的设计和施工水平，保障电动汽车充电站的安全运行水平和人身安全具有重要意义。通过本文件的研究与制定，将使我国的石墨基柔性接地体的应用技术提升到一个新高度，达到国际领先水平，为规范产业的发展具有积极意义。

电动汽车充电站石墨基柔性接地装置使用导则

1 范围

本文件规定了电动汽车充电站和充电设备石墨基柔性接地装置（以下简称“柔性接地装置”）的术语和定义、一般要求、选用原则、设计、施工、验收、运行与维护等。

本文件适用于电动汽车充电站和充电设备石墨基柔性接地装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 6566 建筑材料放射性核素限量

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 17949.1 接地系统的土壤电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则 第1部分：常规测量

GB/T 29781-2013 电动汽车充电站通用要求

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50966 电动汽车充电站设计规范

DL/T 1342 电气接地工程用材料及连接件

DL/T 1554 接地网土壤腐蚀性评价导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动汽车充电站 EV charging station

采用整车充电模式为电动汽车提供电能的场所，应包括三台及以上电动汽车充电设备（至少有一台非车载充电机），以及相关供电设备、监控设备等配套设备。

整车充电模式为将电动汽车通过充电连接装置直接与充电设备相连接进行充电的方式。

[来源：GB/T 29781-2013，3.4，有修改]

3.2

充电设备 charging equipment

为电动汽车动力蓄电池提供电能的专用设备，包括交流充电桩、非车载充电机等。

[来源：GB/T 29781-2013，3.3]

3.3

石墨基柔性接地装置 graphite-based flexible grounding devices

全部或部分采用石墨基柔性接地体的接地装置。

3.4

石墨线 graphite wire

由膨胀石墨、无机或合成纤维、胶粘剂等材料经辊压复合、切条、捻合而成的导线。

3.5

石墨基柔性接地体 graphite-based flexible grounding conductor

由石墨线或石墨线与辅助材料经布线和编织加工制成的可埋入土壤或特定的导电介质（例如混凝土或焦炭）中作为接地装置使用的导体。

3.6

石墨基柔性降阻布 graphite-based flexible resistance reducing film

由膨胀石墨、增强材料与粘合剂复合制成的柔性石墨薄布，可作为一种辅助性材料使用，具有较大的表面积，可以降低接地体与土壤的接触电阻，也可简称“降阻布”。

3.7

铠装式柔性石墨接地引下线 armored flexible graphite grounding down conductor

由石墨线编织物为基材的带有防外破耐腐蚀金属编织层和抗紫外线包覆层的接地引下线。

4 一般要求

4.1 柔性接地装置应满足 GB/T 50065 关于系统接地、保护接地、雷电保护接地和防静电接地的要求。

4.2 柔性接地装置所含有对土壤环境产生污染以及对人体有害的物质成分应满足以下要求：

- a) 应满足 GB 6566 中的放射性核素限量要求：内照射指数 $I_m \leq 1.0$ ；外照射指数 $I_r \leq 1.0$ ；
- b) 应满足 GB 15618 重金属元素限量要求：汞 ≤ 1.0 mg/kg, 铬 ≤ 250 mg/kg, 铅 ≤ 350 mg/kg, 砷 ≤ 20 mg/kg。

5 柔性接地装置的选用原则

5.1 柔性接地装置可适用于 DL/T 1554 定义的微、弱、中和强的不同腐蚀性等级的土壤环境。下列使用环境中的接地装置宜选用柔性接地装置：

- a) 土壤腐蚀性等级为中和强的地区；
- b) 接地施工面积受限、开挖困难的场所。

5.2 在流动液体直接冲刷的环境中，不宜选用柔性接地装置。

6 柔性接地装置的设计

6.1 一般原则

- 6.1.1 柔性接地装置的设计应符合 GB/T 29781-2013 及相关国家和行业标准的规定。
- 6.1.2 柔性接地装置设计方案应根据地形地貌、土壤腐蚀性等级和土壤电阻率分层情况，以及电动汽车充电站对接地装置的要求确定。
- 6.1.3 柔性接地装置水平接地体的埋深不宜小于 0.6 m。
- 6.1.4 柔性接地装置中水平接地体的间距不宜小于 5 m，垂直接地体的间距不宜小于其长度的两倍。

6.2 充电站石墨基柔性接地体的规格选取

- 6.2.1 充电站石墨基柔性接地体产品应符合附录 A 的规定。并满足充电站允许的最大工频接地短路电流热稳定要求。热稳定校验方法见附录 B。
- 6.2.2 柔性接地装置引下线材料宜采用石墨基柔性接地材料、不锈钢或不锈钢包钢。石墨基柔性接地引下线的最小截面不宜小于 200 mm²，不锈钢或不锈钢包钢材料引下线的最小截面直径不宜小于 10 mm。

6.3 柔性接地装置的设计

- 6.3.1 柔性接地装置接地电阻应符合 GB 50966 规定。接地电阻的计算参见附录 C。
- 6.3.2 柔性接地装置外缘应为闭合环形，且外缘各角应做成圆弧形，圆弧的半径不宜小于均压带间距的 1/2；并可沿环形接地网边缘等间距布置垂直接地极。
- 6.3.3 电动汽车充电站防接触电压和跨步电压的措施，应符合 GB/T 50065 的相关要求。

7 柔性接地装置的施工

7.1 施工准备

- 7.1.1 施工前应进行施工图纸会审，由工程技术负责人在施工前进行技术交底，技术交底的内容应包含施工技术措施、质量保证措施、安全环保措施，未经技术交底不应进行施工，技术交底后应填写交底记录。
- 7.1.2 由工程技术负责人结合工程具体情况编制施工方案，对质量薄弱环节、危险源及影响环保的因素进行分析并制定预控措施。

7.2 接地沟开挖

- 7.2.1 接地沟开挖的长度和深度应符合设计要求。
- 7.2.2 应在原土层或经过夯实的垫土层开挖接地沟，如遇建筑垃圾或浮土层，应挖至原土层后回填软土并分层夯实。
- 7.2.3 接地沟开挖如遇较大的石块、树木等障碍，可绕行开挖，但应保证接地沟总长度和基本方向不变。
- 7.2.4 冻土地区施工应符合 GB/T 50065 的规定。
- 7.2.5 接地沟开挖完工并验收合格后，方可进行下道工序。

7.3 接地装置的敷设

- 7.3.1 进行水平接地体铺设前应将接地沟底的碎石、杂物清理干净，必要时铺上一层厚度不应小于 50 mm 的软土。

7.3.2 采用石墨基柔性降阻布作为辅助降阻材料时，降阻布应平直铺设于接地沟底部中间位置，敷设时应避免降阻布连续扭转和尖锐物碾压。根据设计要求，降阻布可连续铺设，也可分段铺设。

7.3.3 石墨基柔性接地体应平直敷设于接地沟底部中间位置或降阻布上方中间位置，敷设时应防止接地体连续扭转和尖锐物碾压。

7.3.4 石墨基柔性接地体敷设前应进行合理规划布线，以减少不必要的接头数量。

7.3.5 石墨基柔性接地引下线应采取防外破保护措施，如采用铠装式柔性石墨接地引下线。

7.4 接地装置的连接

7.4.1 连接分类

石墨基柔性接地装置的连接宜采用压接方式，包括石墨基柔性接地体之间的压接、石墨基柔性接地体与金属材料之间的压接和石墨基柔性接地引下线与石墨基柔性接地体之间的压接。

7.4.2 接地体之间的连接要求

7.4.2.1 石墨基柔性接地体之间压接时，压接长度不应低于接地体宽度的3倍或直径的6倍。连接处两端宜留半径不应小于300mm半圆型的伸缩裕量。

7.4.2.2 石墨基柔性接地体之间的连接处应能承受不应小于1200N的轴（纵）向拉力而不松脱或断裂。

7.4.2.3 石墨基柔性接地体压接段电阻，不应大于同等长度单根接地体本体电阻的1.1倍，其测量方法可参照附录D。

7.4.3 引下线和接地体的连接要求

7.4.3.1 石墨基柔性接地引下线连接端子与电动汽车充电设备之间宜采用螺栓连接，引下线应沿设备和设备基础平直敷设。

7.4.3.2 石墨基柔性接地引下线与石墨基柔性接地体之间的连接宜采用压接方式，搭接长度不应小于石墨基柔性接地体宽度的三倍或直径的六倍。压接段电阻不应大于同等长度单根接地体本体电阻的1.1倍，测量方法可参照附录D。

7.4.3.3 采用非金属材料连接夹具时，连接夹具应水平放置，并在两侧做半径300mm的弧型的长度预留（如图1所示）。

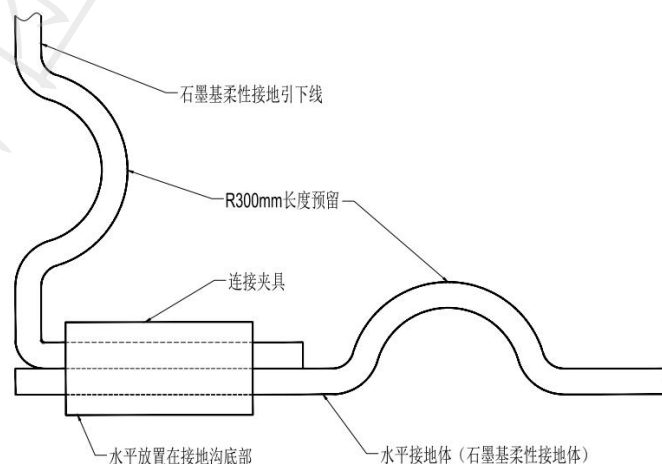


图1 石墨基柔性接地引下线与石墨基柔性接地体连接示意图

7.4.3.4 石墨基柔性接地体与金属材料连接宜采用压接过渡连接并考虑延缓电偶腐蚀的措施。金属材料之间地下连接应采用电弧焊或放热焊接方式，连接处应进行防腐处理，连接接头应符合 DL/T 1342 的规定。地上连接可采用螺栓连接。

7.5 接地沟回填

7.5.1 接地工程属于隐蔽工程，施工过程中应请现场监理进行旁站或巡查监督，并做好见证记录，接地体敷设在接地沟后，应经现场监理检查验收合格后方可进行埋设回填。

7.5.2 回填土内不应夹有石块、塑料和建筑垃圾等，且在回填时应将土壤分层夯实，室外接地沟回填后地面以上应设 100 mm~300 mm 高度的防沉层。干燥土壤宜洒水压实。

7.5.3 在土壤电阻率较高地段的接地沟槽中敷设石墨基柔性接地体，应先回填不应小于 100 mm 厚的素土垫层，敷设后再用不含石块、塑料和建筑垃圾等的土壤分层夯实回填。

7.5.4 为防止雨水冲刷造成接地体外露，在水土流失严重地区可在回填后对地表进行固化保护。

7.6 接地电阻测量

7.6.1 接地电阻的测量应避免在雨天进行，一般雨后三天方可进行测量。

7.6.2 电动汽车充电站石墨基柔性接地装置接地电阻测量按照 GB/T 17949.1 规定的方法进行。使用 ZC-8 型或 ZC29B 型接地电阻测试仪测量接地电阻的方法可参照附录 E。

8 柔性接地装置的验收

8.1 验收资料

接地装置验收时应提供以下资料：

- a) 接地装置的设计资料；
- b) 实际施工图纸、施工材料清单；
- c) 变更设计或施工的证明文件；
- d) 施工及安装技术记录，包括地下隐蔽工程的中间检查、中间验收记录等；
- e) 工程材料出厂检验报告；
- f) 接地装置交接试验报告。

8.2 中间验收

8.2.1 接地装置中间验收工作由监理工程师组织。

8.2.2 验收人员根据设计要求和技术规范开展现场的中间验收。

8.2.3 验收检查的内容应包括：

- a) 接地材料技术资料；
- b) 接地体外观和数量；
- c) 接地装置的敷设；
- d) 接地体之间的连接；
- e) 接地体和接地引下线之间的连接；
- f) 接地体的防腐措施；
- g) 接地电阻值及其它参数的检测。

8.2.4 验收的各项内容均应满足相应技术规范的要求。

8.2.5 验收中发现的问题应限时整改，存在较多问题或重大问题的，整改完毕应重新组织中间验收。

8.3 交接验收

接地装置交接验收应符合下列规定：

- a) 接地引下线规格应正确；
- b) 整个接地装置外露部分连接应可靠；
- c) 铠装式柔性石墨接地引下线应固定牢靠，防护层应完好；金属接地引下线防腐层应完好。
- d) 不同电流注入点测量时，接地电阻测量值的最大偏差不应超过 10%，接地电阻测量的最大值应符合设计规定。

9 柔性接地装置运行与维护

9.1 运维管理

9.1.1 运维单位应建立并保存接地装置的有关资料，并保持其完整、准确。

9.1.2 运维单位应根据接地装置状况开展运行维护工作，制定巡视、检测及检修管理制度。

9.2 运行巡视

9.2.1 例行巡视：例行巡视周期由运维单位根据本单位实际情况确定，不少于一年一次。

9.2.2 故障巡视：查找故障点，查明故障原因及故障情况。故障巡视宜在故障后立即进行。

9.2.3 特殊巡视：在气候条件剧烈变化、自然灾害、外力影响、异常运行和其他特殊情况时及时进行。

9.3 检测

接地装置检测应符合以下规定：

- a) 检测方法应正确可靠、数据准确；
- b) 检测结果应做好记录和统计分析；
- c) 检测计划应符合季节性要求。

9.4 异常情况

出现下列异常情况时，应及时进行处理：

- a) 接地引下线断开或与接地体接触不良：应重新进行连接或焊接，焊接处应按要求做防腐处理；
- b) 接地体外露或破坏严重：对外露的接地体应进行重新埋设，并根据接造成地体外露原因采取必要的加固措施。对于被破坏的接地体，应根据现场情况进行修补或更换；
- c) 接地装置特性参数异常或不合格：应查明原因，采取降阻措施或重新敷设。

附 录 A
(规范性)
充电站用石墨基柔性接地体技术要求

A.1 充电站用石墨基柔性接地体技术要求

A.1.1 外观

石墨基柔性接地体外观应紧致均匀，应无明显断线续接点，表面应呈编织形网格状。

A.1.2 尺寸及允差

石墨基柔性接地体横截面应为矩形或圆形。矩形截面宽度和厚度或圆形截面直径的允许负误差应小于5%。

A.1.3 直流电阻

石墨基柔性接地体单位长度直流电阻应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 石墨基柔性接地体的直流电阻

规格型号	单位长度直流电阻 Ω/m
FG-40×5	≤ 0.15
FG-60×8	≤ 0.09
FG-60×12	≤ 0.04
FG- \varnothing 20	≤ 0.12
FG- \varnothing 28	≤ 0.07

A.1.4 工频电流耐受性能

经表 A.2 规定的工频电流耐受试验后，外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，单位长度直流电阻增加不应大于10%。

表 A.2 石墨基柔性接地体的工频电流耐受性能

规格型号	工频电流有效值 A_e	持续时间 s
FG-40×5	500	1
FG-60×8	800	1
FG-60×12	1 000	1
FG- \varnothing 20	600	1
FG- \varnothing 28	800	1

A.1.5 雷电流冲击耐受性能

经8/20 μ s、50 kA标准雷电流冲击耐受试验后，外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，单位长度直流电阻增加不应大于10%。

A.1.6 抗扭性能

经180°/m的扭转并保持10 s后，外观不应有断股、破损等缺陷，单位长度直流电阻增加不应大于10%。

A.1.7 抗拉性能

施加表 A.3 规定的试验拉力并保持10 s后，外观不应有断股、破损等缺陷，单位长度直流电阻增加不应大于10%。

表 A.3 石墨基柔性接地体的抗拉性能

规格型号	试验拉力 N
FG-40×5	600
FG-60×8	1 200
FG-60×12	2 000
FG- \varnothing 20	800
FG- \varnothing 28	1 500

A.1.8 高温性能

经100 °C恒温烘烤12 h，恢复至室温后进行抗拉性能试验，单位长度直流电阻增加不应大于10%。

A.1.9 低温性能

经-60 °C恒温冷冻12 h，恢复至室温后进行抗拉性能试验，单位长度直流电阻增加不应大于10%。

A.1.10 耐碱性能

在5% NaOH溶液中室温浸泡 480 h，单位长度直流电阻增加不应大于10%，并且能够通过工频电流耐受试验和抗拉性能试验。

A.1.11 耐酸性能

在5% H₂SO₄溶液中室温浸泡 480 h，单位长度直流电阻增加不应大于10%，并且能够通过工频电流耐受试验和抗拉性能试验。

A.1.12 耐盐水性能

在3.5% NaCl溶液中室温浸泡 720 h，单位长度直流电阻增加不应大于10%，并且能够通过工频电流耐受试验和抗拉性能试验。

A.2 充电站用石墨基柔性接地体试验方法

A.2.1 试验样品

试验样品如图 A.1 所示。

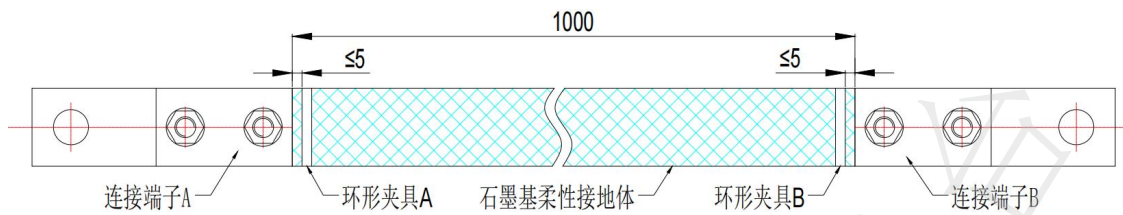


图 A.1 试验样品示意图

A.2.2 外观检查

外观检查采用目视方法。

A.2.3 尺寸检查

使用分度值为0.1 mm的游标卡尺进行测量，三个测量点在试品上均匀分布，求取平均值即为试品的横截面边长或直径。

A.2.4 直流电阻测试

采用小电阻测试仪或四极法测量试品的单位长度直流电阻。采用图 A.2 的接线方式，C1、C2为电流端，P1、P2为电压端，用环形夹具实现电压端良好的电气连接。 L 为P1、P2之间的距离，通过公式 $\lambda = R_L/L$ ，计算得出样品单位长度直流电阻 λ 。

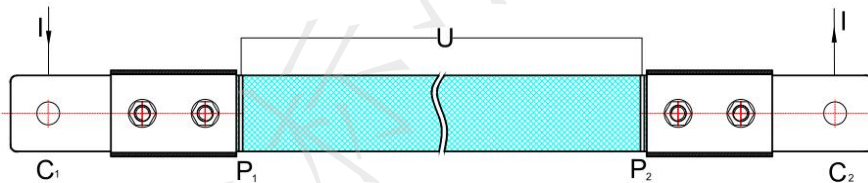


图 A.2 四端测量技术测量接地体电阻示意图

A.2.5 工频电流耐受性能试验

在样两端品施加表 A.2 所规定的工频电流，持续时间1 s，共三次，每次间隔不应小于30 min，以保证接地体完全散热，每次试验结束后，样品恢复室温后测量直流电阻，并计算样品的单位长度的直流电阻值，求取三次试验后单位长度直流电阻的平均值。

A.2.6 冲击电流耐受性能试验

在样品两端施加 $8/20 \mu\text{s}$ 50 kA 冲击电流，耐受三次，每次间隔不应小于30 min，以保证接地体完全散热，每次试验结束后，样品恢复室温后测量直流电阻，并计算样品的单位长度的直流电阻值，求取三次试验后单位长度直流电阻的平均值。

A.2.7 抗扭性能试验

固定样品两端接续金具，使样品保持紧绷状态，扭转 360° 后保持 10 s。试验结束后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

A.2.8 抗拉性能试验

在拉力试验机上夹持样品两端的接续金具，缓慢加载力载荷，拉力载荷达到表 A.3 所规定的拉力时停止加载并保持10 s，试验结束后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

A. 2.9 高温性能试验

将样品置于100 °C恒温箱中保持 2 h 后取出，置于空气中自然冷却至室温，按照 A. 2. 8 的方法进行抗拉伸性能试验，试验结束后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

A. 2. 10 低温性能试验

将样品置于 -60 °C 恒温箱中保持 2 h 后取出，置于空气中自然冷却至室温，按照 A. 2. 8 的方法进行抗拉伸性能试验，试验结束后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

A. 2. 11 耐碱性试验

将样品置于60 °C以上的干燥箱中烘干1h后取出，待恢复至室温后，按照 A. 2. 4 的方法测量并记录试验前样品的单位长度直流电阻，然后置于 5% NaOH 溶液中室温浸泡 480 h，再采用蒸馏水浸泡冲洗的方法去除样品中的腐蚀溶液残留离子，然后再置于 60 °C 以上的干燥箱中烘干1 h后取出，待恢复至室温后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。然后对样品进行工频电流耐受试验和抗拉性能试验，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

A. 2. 12 耐酸性试验

将样品置于 60 °C 以上的干燥箱中烘干 1 h 后取出，待恢复至室温后，按照 A. 2. 4 的方法测量并记录试验前样品的单位长度直流电阻，然后置于 5% H₂SO₄ 溶液中室温浸泡480 h，再采用蒸馏水浸泡冲洗的方法去除样品中的腐蚀溶液残留离子，然后再置于 60 °C 以上的干燥箱中烘干 1 h 后取出，待恢复至室温后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。然后对样品进行工频电流耐受试验和抗拉性能试验，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

A. 2. 13 耐盐水性试验：

将样品置于 60 °C 以上的干燥箱中烘干 1 h 后取出，待恢复至室温后，按照 A. 2. 4 的方法测量并记录试验前样品的单位长度直流电阻，然后置于 3. 5% NaCl 溶液中室温浸泡 720 h，再采用蒸馏水浸泡冲洗的方法去除样品中的腐蚀溶液残留离子，然后再置于 60 °C 以上的干燥箱中烘干1 h后取出，待恢复至室温后，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。然后对样品进行工频电流耐受试验和抗拉性能试验，进行外观检查并对比试验前后的单位长度直流电阻。

附录 B

(资料性)

石墨基柔性接地体热稳定校验

石墨基柔性接地体的热稳定校验按照式 (B.1) 进行。

$$I_d \leq I_e \sqrt{\frac{t_c}{t_e}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

I_d ——充电站允许的最大工频接地短路电流，单位为安培 (A)；

I_e ——估算的经接地引下线入地的最大故障电流，单位为安培 (A)；

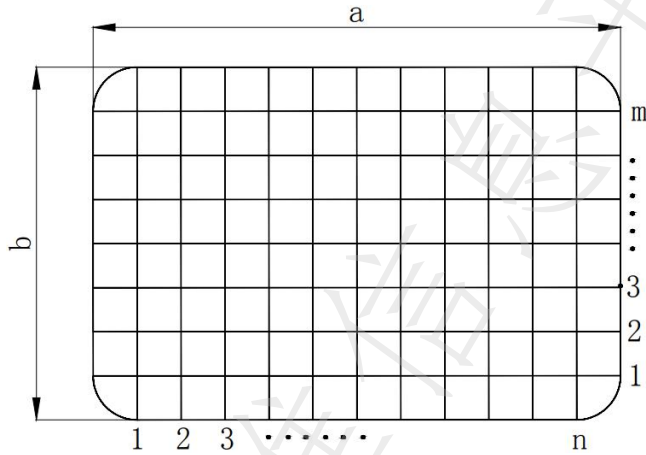
t_c ——最大故障电流持续时间，单位为秒 (s)；

t_e ——石墨基柔性接地引下线的额定工频电流持续时间，1 s。

附录 C
(资料性)

石墨基柔性接地装置接地电阻计算

石墨基柔性接地材料由于单位长纵向电阻比传统金属接地材料高 2 个~3 个数量级，因此计算接地电阻时石墨基柔性接地材料不能再视为等电位体，应考虑石墨基柔性接地材料的纵向电阻。表 B.1 基于数值计算，给出了图 B.1 所示接地装置在考虑石墨基柔性接地材料纵向电阻前后的工频接地电阻。供实际设计参考。



标引序号说明：
a——水平接地网的长度；
b——水平接地网的宽度；
m——纵向均压带的数量；
n——横向均压带的数量。

图 C.1 典型充电站接地装置

表 C.1 石墨基柔性接地装置接地电阻仿真结果

土壤电阻率 $\Omega \cdot m$		接地电阻 Ω						
		a=15m b=10m m=1 n=2	a=20m b=15m m=2 n=3	a=25m b=20m m=3 n=4	a=30m b=20m m=3 n=5	a=35m b=25m m=4 n=6	a=50m b=35m m=6 n=9	a=80m b=60m m=11 n=15
100	考虑纵向电阻	4.18	3.06	2.36	2.22	1.82	1.39	1.01
	不考虑纵向电阻	3.98	2.72	2.07	1.86	1.53	1.07	0.64
300	考虑纵向电阻	12.14	8.49	6.49	5.95	4.89	3.53	2.30
	不考虑纵向电阻	11.95	8.14	6.20	5.59	4.60	3.20	1.92
500	考虑纵向电阻	20.11	13.92	10.63	9.67	7.95	5.67	3.58
	不考虑纵向电阻	19.91	13.57	10.33	9.32	7.66	5.34	3.19
1 000	考虑纵向电阻	40.02	27.49	20.95	18.99	15.61	11.01	6.77
	不考虑纵向电阻	39.82	27.14	20.65	18.63	15.32	10.69	6.39
1 500	考虑纵向电阻	59.93	41.06	31.28	28.31	23.27	16.36	9.96
	不考虑纵向电阻	59.74	40.72	30.98	27.95	22.98	16.03	9.58

表 C.1 石墨基柔性接地装置接地电阻仿真结果（续）

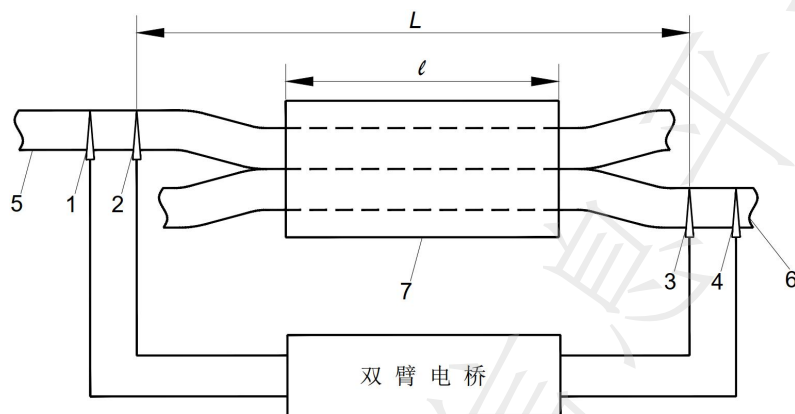
土壤电阻率 $\Omega \cdot m$		接地电阻 Ω						
		a=15m b=10m m=1 n=2	a=20m b=15m m=2 n=3	a=25m b=20m m=3 n=4	a=30m b=20m m=3 n=5	a=35m b=25m m=4 n=6	a=50m b=35m m=6 n=9	a=80m b=60m m=11 n=15
2 000	考虑纵向电阻	79.84	54.64	41.60	37.63	30.93	21.70	13.15
	不考虑纵向电阻	79.65	54.29	41.30	37.27	30.65	21.37	12.77
注：计算初始条件为接地体线电阻率 $\lambda=0.15 \Omega/m$ ，接地体埋深： $h=0.8 m$ ，接地体直径： $\phi=0.02 m$ 。								

根据表C.1可知，基于数值计算石墨基柔性接地装置的工频接地电阻时，考虑石墨基柔性接地材料纵向电阻前后的工频接地电阻的最大差值为 0.39Ω ，最小差值为 0.19Ω ；由此可见，石墨基柔性接地材料的纵向电阻对接地电阻大小的影响与接地材料的用量和接地网的结构和规格有关。

石墨基柔性接地材料的另一特点是与土壤的接触面积比较大，其与土壤之间的接触电阻比较小。但由于接触电阻与土壤颗粒大小、含水量、紧密程度等实际情况密切相关，影响因素很难量化，其计算方法正在研究中。

附录 D
(资料性)
接头压接段电阻的测量

石墨基柔性接地体接头压接段电阻的测量可以采用双臂电桥法测量，测量方法按 GB/T 3048.4 规定，接线方法如图 B.1，测试段长度 L 取连接夹具的长度 l 的两倍。



标引序号说明：

- 1、4——电流夹头；
- 2、3——电位夹头；
- 5 ——石墨基柔性接地引下线；
- 6 ——水平接地体；
- 7 ——连接夹具。

图 D.1 接头压接段电阻测量接线示意图

附录 E
(资料性)
测量接地电阻的方法

E.1 测量接线图

采用 ZC-8 型或 ZC29B 型接地电阻测试仪测量接地电阻的测量原理图如图 E.1 所示。

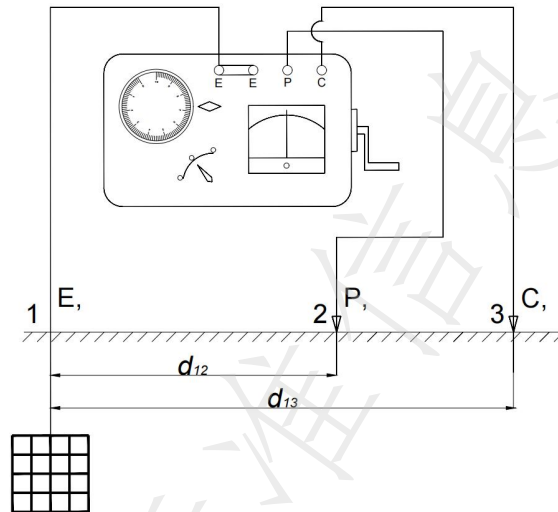


图 E.1 接地电阻测量示意图

E.2 测量方法

采用 ZC-8 型或 ZC29B 型接地电阻测试仪测量接地电阻的测量方法如下：

- a) 测量接线如图 E.1 所示，端子 E 为被测接地极接线端子，端子 P 为电位极探棒接线端子，端子 C 为电流极探棒接线端子，E 为被测接地极，P 为电位极探棒，C 为电流极探棒；
- b) E 与 P 的距离 d_{12} 不应小于接地装置的放射线（或对角线）长度的三倍，且 d_{12} 与 d_{13} 的比值约等于 0.618，三点成一线，连接处应接触良好；
- c) 将仪表水平放置，将检流计指针调整到零位；
- d) 将倍率开关置于最大倍率，慢慢转动发电机的摇柄，同时旋动电位器刻度盘，使检流计指针指在“0”位上；
- e) 当检流计的指针接近平衡时，加快发电机摇柄转速，使其达到每分钟 120 r/min~150 r/min，再转动电位器刻度盘，使检流计平衡，此时刻度盘的读数即为被测接地电阻值；
- f) 当刻度盘读数小于 1 时，应将倍率开关置于较小一档倍率，重新调整刻度盘以得到正确读数。

参考文献

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
