

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 2981—2017

地铁和轻轨防雷检测技术规范

Technical specifications for inspection of lightning protection systems in metro and
light rail

2017-08-18 发布

2017-09-18 实施

山东省质量技术监督局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 定义和术语 1

4 总则 2

5 一般规定 3

6 检测程序和作业安全要求 3

7 检测内容及要求 4

8 检测仪器与使用方法 10

9 检测报告编制 10

附录 A（规范性附录） 接地电阻值的测量方法 11

附录 B（规范性附录） 防雷装置和等电位连接导体的材料和规格 13

附录 C（资料性附录） 防雷检测基本流程 16

附录 D（资料性附录） 防雷检测所需的主要仪器 17

附录 E（资料性附录） 防雷检测报告表格式样 19

参考文献 28

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省气象标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：青岛市气象防雷中心、青岛地铁集团有限公司。

本标准主要起草人：庞华基、徐晓亮、王欣眉、耿义光、罗情平、郑然、于晓杰、宋琳、孙琪、张源源。

地铁和轻轨防雷检测技术规范

1 范围

本标准规定了城市地铁和轻轨的防雷装置检测的检测程序和作业安全要求、检测内容及要求、检测仪器和使用方法及检测报告编制。

本标准适用于城市地铁和轻轨的防雷装置施工过程中的检测、竣工检测以及运营中的检测，不适用于地铁和轻轨的高电压部分的防雷检测。

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 21431—2015 建筑物防雷装置检测技术规范

GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范

GB/T 50065—2011 交流电气装置的接地设计规范

GB 50157—2013 地铁设计规范

GB 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范

3 定义和术语

GB/T 21431—2015和GB 50057—2010界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地铁 metro

在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引的轨道交通。列车在全封闭的线路上运行，位于中心城区的线路基本设在地下隧道内，中心城区以外的线路一般设在高架桥或地面上。

[GB 50157—2013, 定义 2.0.1]

3.2

轻轨 light rail

中运量城市轨道交通。低等级轻轨线路基本敷设在地面上，设有无隔离的专用车行道，有的地段车行道允许人车混行；高等级轻轨为全封闭线路，除有的有少量地面线外，有的局部或全部线路设在高架桥或地下隧道内。轻轨有钢轮钢轨制式和胶轮及专用混凝土轨道制式。

3.3

防雷装置 lightning protection system

用于减少闪击击于建（构）筑物上或建（构）筑物附近造成的物质性损害和人身伤亡，由外部防雷装置和内部防雷装置组成。

[GB 50057—2010, 定义 2.0.5]

3.4

防雷检测 inspection of lightning protection

按照防雷装置的设计标准确定防雷装置满足标准要求而进行的检查、测量及信息综合分析处理全过程以及对防雷安全制度的检查，主要包括过程检测、竣工检测和定期检测。

改写GB/T 21431—2015, 定义 3.23。

3.5

过程检测 process inspection

对新建、改建、扩建工程的防雷装置在施工过程中进行的检测，主要确定隐蔽工程是否满足标准和设计要求。

3.6

竣工检测 final inspection of project

新建、改建、扩建工程竣工后在投入使用前进行的防雷装置验收检测。

3.7

定期检测 periodical inspection

对已投入运营的地铁和轻轨线路的防雷装置和防雷安全制度的执行情况按规定周期进行的检测。

3.8

架空地线 overhead ground line

架设在架空输电线路和接触网的上方，保护线路免遭雷电袭击的装置，通常采用钢或铜绞线，又称架空避雷线。

3.9

高架结构 elevated structure

地铁和轻轨工程中的区间桥梁、高架车站中的轨道梁及其支承结构。

4 总则

4.1 防雷检测的对象和项目包括地铁和轻轨的建（构）筑物的防雷分类、接闪器、引下线 and 接地装置，电气电子设备的屏蔽、等电位连接、电涌保护器及其它防雷击电磁脉冲措施。

4.2 检测内容包括地铁和轻轨的车辆、建筑、高架结构、地下结构、通风、空调和供暖系统、给水和排水系统、供电系统、通信系统、信号系统、自动售检票系统、火灾自动报警系统、综合监控系统、环境与设备监控系统、乘客信息系统、门禁系统、运营控制中心、站内客运设备、站台门、车辆基地和防灾系统等防雷装置以及防雷安全制度及执行情况。

4.3 防雷检测分为过程检测、竣工检测和定期检测。过程检测是在防雷装置的安装过程中进行的，重点检测防雷装置的隐蔽工程质量；竣工检测是在全部防雷装置安装完毕后进行的，根据设计文件，全面检测和评估防雷装置的工程质量；定期检测是对已投入运营线路按规定的周期对防雷装置的性能、维护情况和防雷安全制度等方面进行的检测。

5 一般规定

- 5.1 新建线路的防雷装置竣工时应进行竣工检测。对已投入运营线路的定期检测应每年进行一次，宜在雷雨季节来临之前进行。爆炸和火灾危险环境中防雷装置的定期检测应每半年进行一次。
- 5.2 建（构）筑物防雷类别和防雷区的划分应按照 GB 50057—2010 的规定。
- 5.3 防雷装置竣工检测应查阅设计文件、隐蔽工程记录等相关资料，了解防雷装置的结构、材料、尺寸以及连接等情况。
- 5.4 在没有明确规定接地电阻值的情况下，电气和电子设备的接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ ，第一类和第二类防雷建（构）筑物的接地电阻值应不大于 $10\ \Omega$ ，第三类防雷建（构）筑物的接地电阻值应不大于 $30\ \Omega$ ，综合接地网的接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。当电子设备的接地与其它类型的接地共用一组接地装置时，其共用接地系统的连接形式应符合 GB 50057—2010 中第 6.3.4 条中第 5、第 6、第 7 款的规定，其接地电阻值应按其中的最小值确定。接地电阻值的测量方法见附录 A。本标准规定的接地电阻值均为冲击接地电阻值，冲击接地电阻值与工频接地电阻值的换算方法见 GB 50057—2010 的附录 C。
- 5.5 测试大型地网的接地电阻应使用大型地网测试仪器，测试方法见附录 A。
- 5.6 检测电气和电子设备的等电位连接，测试其过渡电阻值。没有规范明确规定过渡电阻值项目的过渡电阻值宜不大于 $0.2\ \Omega$ 。当过渡电阻值大于规定值时，应有跨接措施。检测跨接质量，跨接导体的材料和尺寸见附录 B。
- 5.7 检测接地电阻应在非雨天和土壤未冻结时进行。

6 检测程序和作业安全要求

6.1 检测程序

- 6.1.1 防雷检测宜按防雷检测基本流程进行，防雷检测基本流程参见附录 C。
- 6.1.2 检测前应了解受检单位的基本情况以及受检单位及附近的历史雷电灾情，并查阅以前的检测记录。
- 6.1.3 检测前对使用仪器、仪表和测量工具进行检查，保证设备完好，各项功能正常，并在计量检验有效期内。
- 6.1.4 现场检测时应严格按照相关规范进行检测。每一项检测需要由两人以上共同进行，每一个检测数据经复核无误后，填入原始数据记录表。原始记录表应有检测人员、校核人员和受检单位现场负责人等人员的签名。原始记录表格式参见 GB/T 21431—2015 的附录 I。
- 6.1.5 现场检测结束后对检测数据进行整理，编制检测报告。
- 6.1.6 防雷检测机构的技术负责人签发检测报告。
- 6.1.7 对检测中发现的问题提出整改建议。
- 6.1.8 对整改后的防雷装置进行复检，并出具复检报告。

6.2 作业安全要求

- 6.2.1 检测前应了解受检单位的安全操作规程和相关规章制度，除应遵守检测的安全操作规程和受检单位的规章制度外，还应遵守有关专业组织所制定的安全程序和安全方法。
- 6.2.2 现场检测时，应有受检单位负责安全生产人员的陪同，应具备保障检测人员和设备安全的防护措施。
- 6.2.3 登高作业和高空作业应遵守相关作业安全规定。检测仪表和工具等应妥善放置，防止坠落伤人。设备的引线应避开电力线路。

6.2.4 在检测配电房、变电所、配电柜和电器等带电设备时应穿戴绝缘鞋、绝缘手套，使用绝缘垫，以防电击。

6.2.5 在检测爆炸和火灾危险环境的防雷装置时，严禁携带火种、手机，严禁吸烟，严禁穿底部带金属的鞋子，严禁随意敲打金属物，不应穿化纤服装，应使用防爆型仪器设备和不易产生火花的工具。

7 检测内容及要求

7.1 基本要求

7.1.1 防雷检测应综合检测外部防雷装置和内部防雷装置，评估其对人、建（构）筑物和设备的防护性能。

7.1.2 对防护人身安全的检测应包括防触电、闪络、跨步电压等措施和装置。

7.1.3 对地铁和轻轨的建（构）筑物的检测主要是防直击雷装置。

7.1.4 对电气和电子设备的检测应包括屏蔽、等电位连接、接地及其它防雷击电磁脉冲措施和装置。

7.1.5 检查运营单位的防雷安全制度和雷击灾害应急预案，以及应急预案的培训、演练等相关记录，应符合 GB 50157—2013 中第 28 章的要求。

7.2 地上建（构）筑物

7.2.1 依据建（构）筑物的防雷分类，对其接闪器、引下线和接地装置分别依据 GB/T 21431—2015 中 5.2、5.3、5.4 进行检测。

7.2.2 建（构）筑物和室外设备应在接闪器的保护范围内，接闪器的保护范围用滚球法计算，计算方法见 GB 50057—2010 的附录 D。

7.2.3 测试接闪器、引下线和接地装置的接地电阻，接地电阻值应符合 5.4 的规定。

7.2.4 在过程检测和竣工检测时，应查看暗敷接闪带（网）、均压环、引下线和接地装置的隐蔽工程记录。

7.2.5 测量引下线与人员通道、出入口的间距，应大于 3 m。若不足 3 m，应检查防跨步电压和防闪络措施，防护措施应符合 GB 50057—2010 中 4.5.6 的规定。

7.2.6 检测室外和建（构）筑物顶部的大型金属构件的接地及与防雷接地的等电位连接情况，等电位连接的过渡电阻值应不大于 0.2 Ω 。对于第一类和处在爆炸和火灾危险环境的第二类防雷建筑物中的弯头、阀门和法兰盘等金属连接物，应测量其连接处的过渡电阻，过渡电阻值应不大于 0.03 Ω 。

7.3 车辆与轨道

7.3.1 测试车体与钢轨的过渡电阻，过渡电阻值应不大于 0.05 Ω 。

7.3.2 检查车辆避雷器的测试报告。避雷器的性能、连接材料、规格等应符合 GB 50057—2010 的要求。

7.3.3 检查车辆上能被触及的不带电金属部件的等电位连接情况，测试其过渡电阻，过渡电阻值应不大于 0.2 Ω 。

7.3.4 检测每节车体之间的等电位连接线，等电位连接线应符合 GB 50057—2010 表 5.1.2 的要求。

7.3.5 测量轨道接地电阻，其冲击接地电阻值应不大于 4 Ω 。当利用走行轨做牵引网回流时，轨道应进行绝缘处理，不需测量接地电阻。

7.4 车站

7.4.1 车站建（构）筑物的防直击雷检测应按 7.2 进行。

7.4.2 测试出入口的栏杆、自动扶梯、电梯、冷却塔、雨棚等不带电金属构件的等电位连接和接地情况，等电位连接的过渡电阻值应不大于 $0.2\ \Omega$ ，接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ 。

7.5 高架结构

7.5.1 检测区间桥梁、高架车站中的轨道梁及其支承结构的接地装置，接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ 。

7.5.2 检查引下线或接地极在布设过程中的防止沉降、膨胀、伸缩、减振等措施。

7.6 地下结构

7.6.1 采用钢筋混凝土结构的地下结构，如钢筋网满足 GB 50057—2010 中第 4.3.5 条和第 4.4.5 条的规定可作为自然接地体。在施工过程中测量作为自然接地体的钢筋连接处的过渡电阻，过渡电阻值应不大于 $0.2\ \Omega$ 。

7.6.2 检查接地装置经过变形缝（伸缩缝和沉降缝）时的处理措施。

7.6.3 检查地线或引下线穿越防水层处的防渗水措施。

7.7 供电

7.7.1 变电所

7.7.1.1 检测变电所的自然接地装置和人工接地网。自然接地装置和人工接地网之间应采用不少于两根导体在不同地点相连接。分别测量自然接地装置和人工接地网的接地电阻值，其接地电阻值应各不大于 $4\ \Omega$ 。

7.7.1.2 检测变电所低压柜、开关柜、整流柜、电源柜等柜体的非带电金属部分的接地电阻，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.7.1.3 检查变电所内接地母排的设置情况，测试其接地电阻，接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.7.1.4 检测金属门、框架与接地端子间的等电位连接情况，其过渡电阻值应不大于 $0.2\ \Omega$ 。

7.7.2 牵引网

7.7.2.1 测量架空接触网在隧道两端、为地面接触网供电的隔离开关处、空旷的地面区段与高架桥段避雷器的间隔，间隔应不大于 $300\ \text{m}$ ；测试避雷器的接地电阻，其接地电阻值应不大于 $10\ \Omega$ 。

7.7.2.2 接触网设置的架空地线应每隔 $200\ \text{m}$ 设置火花间隙，测量火花间隙的距离，并测试接地电阻，其接地电阻值应不大于 $10\ \Omega$ 。

7.7.2.3 检查接触网避雷器的运行状态。

7.7.2.4 检测裸露导体的接地情况，所有与大地不绝缘的裸露导体均应接至接地极。固定支持架空接触网的非带电金属体，应与接触网的架空地线相连接。接触网的架空地线应接至牵引变电所的接地装置，连接处的过渡电阻值应不大于 $0.2\ \Omega$ 。

7.7.2.5 检测金属电缆支架的接地装置，其接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ 。

7.7.2.6 直流牵引供电系统应为不接地系统，不需测试接地电阻。

7.7.2.7 当利用走行轨做牵引网回流时，轨道应进行绝缘处理，不需测试接地电阻。

7.7.3 动力与照明

7.7.3.1 检查低压配电系统的接地系统，宜与其它系统共用接地装置，共用接地装置的接地电阻值应符合接入设备中要求的最小值。

7.7.3.2 检查变电室、配电室内的接地母线以及机电设备的接地端子等金属物的等电位连接情况，其材料和规格应符合附录 B 表 B.1 的要求。

7.7.3.3 检测交、直流配电屏、电源柜等的外壳、金属框架的接地情况，其接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ 。

7.7.3.4 当电气装置采用接地故障保护时，检测每个单体建筑物的总等电位连接情况。

7.7.4 杂散电流防护与接地

7.7.4.1 检测供电系统中电气装置和设施的外露可导电部分除有特殊规定外的接地电阻，其接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ 。

7.7.4.2 检查变电所接地装置的防接触电压和跨步电压措施，应符合 GB/T 50065—2011 中 4.1、4.2、4.3 和 4.4 和 GB 50057—2010 中 4.5.6 的有关规定。

7.7.4.3 必要时，检查接地装置至变电所接地线的材料和规格，接地线的截面不应小于系统中保护地线截面的最大值。

7.7.4.4 必要时，检查配电变压器低压侧中性点的接地材料，并测试接地电阻值，其接地电阻值应不大于 $4\ \Omega$ 。

7.8 电涌保护器

7.8.1 电涌保护器（SPD）的检测应按照 GB/T 21431—2015 中 5.8 进行。

7.8.2 检查 SPD 的状态指示器，如显示为失效，应建议受检单位尽快更换。

7.8.3 对 SPD 外观进行检查，其表面应平整、光洁，无划伤、无裂痕、无烧灼痕、无变形。SPD 的标示应完整清晰。

7.8.4 检查并记录各级 SPD 的安装位置、数量、型号、主要性能参数（ U_c 、 I_n 、 I_{max} 、 I_{imp} 、 U_p 等）。

7.8.5 检查安装工艺，检查连接导线的材质、颜色和牢固程度。

7.8.6 测量连接导线的截面，最小截面应符合附录 B 的表 B.1 的规定。测量 SPD 两端引线长度，两端引线长度之和应不大于 0.5 m。

7.8.7 测量 SPD 连接导线的过渡电阻，过渡电阻值应不大于 $0.2\ \Omega$ 。

7.8.8 SPD 的安装位置应尽量靠近被保护设备，与被保护设备之间的连接线应最短。

7.8.9 测量多级 SPD 之间的距离，电压开关型 SPD 与限压型 SPD 之间的线路长度不宜小于 10 m，限压型 SPD 之间的线路长度不宜小于 5 m。如果小于限制长度，应加装退耦元件。当 SPD 具有能量自动配合功能时，SPD 之间的线路长度可不受限制。

7.8.10 检查安装在电路上 SPD 前端的脱离器。如 SPD 无内置脱离器，应在 SPD 前安装过电流保护装置。

7.8.11 检查安装在配电系统 SPD 的 U_c 值，应符合 GB/T 21431—2015 表 4 的规定。

7.8.12 检查安装在通信、信号系统 SPD 的 U_c 值，应符合 GB/T 21431—2015 表 6 的规定。

7.8.13 测试电源 SPD 的压敏电压 U_{1mA} 值，交流 SPD 的 U_{1mA} 值与 U_c 的比值应不小于 1.5，直流 SPD 的 U_{1mA} 值与 U_c 的比值应不小于 1.15。

7.8.14 SPD 漏电流的测试应按 GB/T 21431—2015 的 5.8.5.2 的要求进行。

7.8.15 在过程检测和验收检测时，宜对 SPD 进行高压冲击试验，抽检数量不宜小于总数的 1/10。

7.9 通信系统

7.9.1 通信系统的防雷检测包括无线通信、公务电话、专用电话、视频监控、广播系统、时钟系统、民用通信系统和公安通信系统等系统以及机房的防雷装置。

7.9.2 检查通信系统设备的接地装置及接地线的材质、规格、安装位置，测量其接地电阻，应符合 GB 50057—2010 和 GB 50343—2012 的要求。车站、控制中心与车辆基地宜采用综合接地方式，车辆基地也可采用分设接地方式。综合接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.9.3 检查通信室机房的接地情况，符合下列要求：

- a) 室内接地线的规格和截面应符合附录 B 表 B.1 的要求；

- b) 室内接地线应可靠连接;
 - c) 通信设备接地宜与建筑防雷接地共用。
- 7.9.4 检查进出车站、变电所及各建筑物线缆的屏蔽方式和等电位连接情况,应符合下列要求:
- a) 屏蔽电缆的屏蔽层两端在雷电防护区交界处做等电位连接并接地;
 - b) 非屏蔽电缆敷设在金属管道或线槽内,金属管道和线槽的两端在雷电防护区交界处做等电位连接并接地;
 - c) 光缆的金属接头、金属护层、金属防潮层、金属加强芯等,在进入建筑物处接地;
 - d) 线缆的配线架、线缆屏蔽体、金属线槽等在雷电防护区交界处或进出室内处做等电位连接。
- 7.9.5 测量电缆、通信线缆、光缆等与防雷引下线和地线的距离,电缆、通信线缆、光缆等与防雷引下线和地线的最小净距应大于表1的规定。

表1 电缆、通信线缆、光缆与防雷引下线和地线的最小净距

线缆类型	最小净距	
	m	
	平行	交叉
防雷引下线	1.00	0.30
保护地线	0.05	0.02

- 7.9.6 检测天馈线的防雷装置,应符合下列要求:
- a) 室外天线在接闪器保护范围内;
 - b) 馈线的防雷地线、接地体与连接线等焊接处做防腐处理,测试连接处的过渡电阻。
- 7.9.7 检测接地引下线、室内接地线、工作地线及保护地线等与设备的连接情况,其材料和规格应符合附录B表B.2和表B.3的规定。
- 7.9.8 检查设备室内的机柜外露可导电部位的等电位连接情况,应就近接至机房的局部等电位接地端子上,局部等电位连接形式应满足GB 50057—2010中6.3.3和6.3.4的规定。测量设备与等电位连接端子之间各接触点的过渡电阻。

7.10 信号系统

- 7.10.1 信号系统的防雷检测包括控制室、信号设备室、车辆调度室等信号机房及内部设备的防雷装置。
- 7.10.2 检测信号系统设备室的接地端子,接地电阻值应不大于1Ω。
- 7.10.3 检查车站、车辆段及停车场内信号室防雷分线柜的设置。
- 7.10.4 检测信号系统的防雷装置,应符合下列要求:
- a) 高架和地面线的室外信号设备及与隧道以外连接的室内信号设备具有防雷电波侵入措施;
 - b) 室外信号设备的金属箱、盒壳体良好接地;
 - c) 信号设备室电力线引入处单独设置电源防雷箱;
 - d) 配电屏和电源开关柜内SPD的状态完好;
 - e) SPD能够将雷电过电压抑制在被保护设备的冲击耐压水平之下,并不影响被保护设备的正常工作;
 - f) SPD与被保护设备之间的连线最短,防护电路的配线与其它配线分开,其它设备不借用SPD的接线端子;
 - g) 当采用综合接地时,各设备的接地接入综合接地系统弱电母排;

- h) 出入信号系统设备室的电缆采用屏蔽电缆，在室内对电缆屏蔽层一端接地，并在引入口设金属护套；
 - i) 车载信号设备的地线经车辆接地装置接地。
- 7.10.5 检查屏蔽电缆的金属屏蔽层的等电位连接情况，应在防雷区交界处做等电位连接，并与防雷接地装置相连。
- 7.10.6 检测信号设备室的防静电地板支架、等电位连接网格、电缆屏蔽层、线缆走线架等不带电金属的等电位连接情况。
- 7.10.7 测试防雷分线柜接地端、各信号 SPD 与其设备金属外壳或室内等电位连接端子板之间过渡电阻。

7.11 自动售检票系统

- 7.11.1 检测自动售检票室内机柜、设备外露可导电部分与等电位端子板之间的等电位连接情况，应进行可靠的电气连接，测试其过渡电阻。
- 7.11.2 检测自动售票机、进出站闸机、各类自助终端设备的金属外壳、机柜、金属管（槽、桥架）等的等电位连接情况，应就近进行可靠的电气连接。
- 7.11.3 检测自动售检票系统的工作地线接入综合接地系统情况。

7.12 火灾自动报警系统

- 7.12.1 火灾自动报警系统的防雷检测包括消防设备和控制室机房的防雷装置。
- 7.12.2 测试火灾自动报警系统接地装置的接地电阻值，应符合下列要求：
- a) 采用综合接地装置时，接地电阻值不大于 $1\ \Omega$ ；
 - b) 采用专用接地装置时，接地电阻值不大于 $4\ \Omega$ 。
- 7.12.3 检测火灾自动报警系统的等电位连接网络。设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、SPD 接地端等的等电位连接情况，均应以最短的距离与等电位连接网络的接地端子连接。
- 7.12.4 检测电气竖井内的接地干线、接线箱的保护地线等的等电位连接情况，应就近与接地端子连接。

7.13 综合监控系统

- 7.13.1 检测综合监控系统设备室内的综合接地箱，综合监控系统应接入综合接地系统弱电母排，接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。
- 7.13.2 检测计算机设备的接地情况，计算机设备宜根据相应产品或系统的要求一点接地或浮空。现场机柜应接地，接地电阻值应符合 5.4 的要求。
- 7.13.3 检测综合监控系统设备室内等电位连接情况，检测机柜、地板支架与等电位端子板的连接情况。检测连接导体的材料和尺寸，测试其过渡电阻。
- 7.13.4 检测综合监控系统的户外供电线路、信号线路的屏蔽和等电位连接情况。

7.14 环境与设备监控系统

- 7.14.1 检测环境与设备监控系统机柜的接地情况，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。
- 7.14.2 检测环境与设备监控系统的控制器和计算机设备的功能性接地和保护性接地，接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。
- 7.14.3 检测机柜的外露导电金属物体的等电位连接情况，应连接到等电位端子；检测等电位连接的材料、规格、连接方法及安装位置，测试其过渡电阻。
- 7.14.4 检测电缆的屏蔽和等电位连接情况，电缆的屏蔽层宜采用一点接地，接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.15 乘客信息系统和门禁系统

7.15.1 检测乘客信息系统的接地情况，应采用综合接地，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.15.2 检查电缆的屏蔽情况，当采用屏蔽电缆时，其屏蔽层宜采用一点接地。

7.15.3 检测门禁系统的接地情况，应接入综合接地网，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.16 运营控制中心

7.16.1 建（构）筑物的检测应按 7.2 进行，建（构）筑物的防护类别应不低于第二类防雷建筑物。

7.16.2 检测控制中心的接地情况，控制中心应设统一的强、弱电系统综合接地极，总的接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ ，并应满足各系统总的散流要求。

7.16.3 检测地面建筑物机房内的屏蔽措施，应加装铜或铝金属屏蔽网格。

7.16.4 检测机房内设备距离屏蔽网格的安全距离，安全距离应满足 GB 50057—2010 中 6.3.2 的规定。

7.16.5 检测设备的等电位连接情况，连接的基本形式应符合 GB 50057—2010 中 6.3.4 的规定，并检测连接质量、连接导体的材料和规格。检测下列部位与等电位连接端子之间的连接情况：

- a) 接地网引出线；
- b) 配电柜（盘）内部的 PE 排及外露金属导体；
- c) UPS 及电池柜金属外壳；
- d) 设备机架、金属操作台；
- e) 大型不带电金属物；
- f) 线缆的金属屏蔽层；
- g) 光缆屏蔽层和金属加强筋；
- h) 金属线槽、桥架；
- i) 配线架；
- j) 防静电地板支架；
- k) 金属门、窗、隔断等。

7.16.6 在过程检测时，宜对雷击电磁脉冲屏蔽装置进行检测。检测要求和方法应符合 GB/T 21431—2015 中 5.6 的规定。

7.17 站内客运设备和站台门

7.17.1 检测自动扶梯、电梯的不带电金属部分的接地情况，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.17.2 检测设备室的接地情况，应采用综合接地，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.17.3 检测站台门与车辆车厢的等电位连接，站台门与车厢宜保持等电位，当与钢轨有联接需求时，等电位连接要求应符合下列规定：

- a) 站台门与钢轨采用单点等电位连接，门体与钢轨连接的过渡电阻值不大于 $0.4\ \Omega$ ；
- b) 正常情况下人体可触及的站台门金属构件与车站结构绝缘，每侧站台门保持整体等电位。

7.17.4 当站台门与车厢无等电位需求时，站台门应通过接地端子接地，其接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

7.17.5 检测滑动门与门体其他结构的等电位连接情况，其过渡电阻值应不大于 $0.4\ \Omega$ 。

7.17.6 检测车站控制室内电源屏、电池屏和控制柜等的外露导电物体、金属管道的等电位连接的材料、规格和连接方法。测试其过渡电阻，过渡电阻值应小于 $0.2\ \Omega$ 。

7.18 车辆基地

7.18.1 检测车辆段及综合基地内建筑物的外部防雷装置，应按 7.2 进行。

- 7.18.2 检测变电所、低压配电室、信号设备室、通信设备室、综合监控室、列检库、停车库、维修库、办公楼、污水处理等处的接地和等电位连接情况。
- 7.18.3 检测车辆段与综合基地间的贯通地线。
- 7.18.4 当车辆基地内未设综合接地系统或局部未设时，设备可分散接地，其接地电阻值应不大于 4 Ω 。

8 检测仪器与使用方法

- 8.1 检测仪器应满足检测内容的要求，计量仪器、仪表应符合国家计量法规的规定并经检定合格且在有效期内。常用检测仪器仪表、辅助设备及工具的主要性能和参数指标参见附录 D。
- 8.2 测量接地电阻前应对使用的接地电阻测试仪进行校准。接地装置的工频接地电阻值的测量方法常用三极测量法，测量方法见附录 A。当需要冲击接地电阻值时，应进行换算。
- 8.3 大型接地网检测仪的测量电源宜采用异频电流，试验电流不小于 3 A，频率宜在 40 Hz~60 Hz 范围。大型接地网接地电阻的测量方法见附录 A。
- 8.4 测量过渡电阻应使用等电位测试仪或毫欧表。
- 8.5 用毫欧表测量两相邻接地装置的电气贯通情况。检测时应使用最小电流为 0.2 A 的毫欧表对两相邻接地装置进行测量，如测得阻值不大于 1 Ω ，判定为电气贯通；如大于 1 Ω ，判定为各自独立接地。
- 8.6 用游标卡尺测量材料的规格尺寸。
- 8.7 用激光测距仪和卷尺测量接闪器的高度、被保护物的距离和长、宽、高等。
- 8.8 用卷尺测量 SPD 引线长度。

9 检测报告编制

- 9.1 编制检测报告应严格依据原始记录，报告编制人员不得随意更改、删减或添加原始记录表中的任何数据。如果发现记录有明显的错漏或疑误，应经当事检测人员确认后，方能更正。不能确认的，应到现场重测。检测报告的格式参见附录 E。
- 9.2 检测报告中的所有数据单位均应采用国家法定计量单位，所使用的符号应符合相关技术规范的规定。
- 9.3 检测结果的判定应采用数值修约比较法，将经过计算或整理的各项检测结果与现行国家、行业或地方标准中相应的技术要求进行比较，判定检测项目是否符合规范或是否合格。
- 9.4 检测报告应经现场检测员、校核员、批准人签字，并加盖检测机构检测专用章。
- 9.5 针对检测中的不合格项，应书面通知受检单位。整改意见应做到问题明确、措施具体、用语规范。
- 9.6 检测报告不少于一式二份，一份送受检单位，一份由检测机构存档。存档宜采用纸质和电子存档两种形式。
- 9.7 检测机构应妥善保管和保存检测资料。检测资料应包括申请表、原始记录表、检测报告等。竣工检测资料应永久保存，定期检测资料保管期宜为两年。

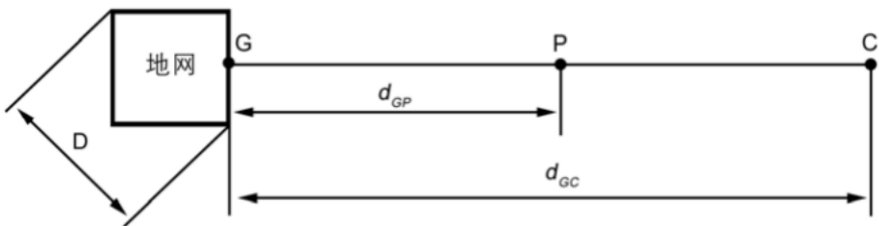
附 录 A
(规范性附录)
接地电阻值的测量方法

A.1 独立接地极和小型地网接地电阻的测量方法

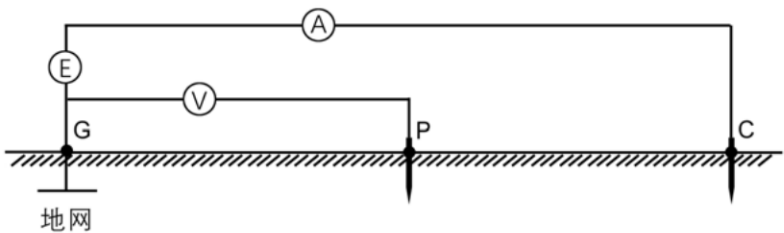
常用三极法测量接地电阻值。三极是指图A.1上的被测接地装置（地网）G、测量用的电压极P和电流极C。三极（G、P、C）应布置在一条直线上且垂直于接地装置。测量用的电流极C离被测接地装置G边缘的距离 d_{GC} 应为D（D为被测接地装置的最大对角线长度）的4倍~5倍，电压极P离被测接地装置G边缘的距离 d_{GP} 应为 d_{GC} 的0.5倍~0.6倍。

电压极P应插入到零电位区。为了较准确地找到实际零电位区，可把电压极沿电流极与被测接地装置之间接线方向移动三次。每次移动的距离约为 d_{GC} 的5%，分别测量电压极P与接地装置G之间的电压。如果电压表的三次指示值之间的相对误差不超过5%，则可以把中间位置作为测量用电压极的位置。

把电压表和电流表的指示值 U_G 和 I 代入式 $R_G=U_G/I$ 中去，得到被测接地装置的工频接地电阻 R_G 。



(a) 测试电极布置图



(b) 测试原理图

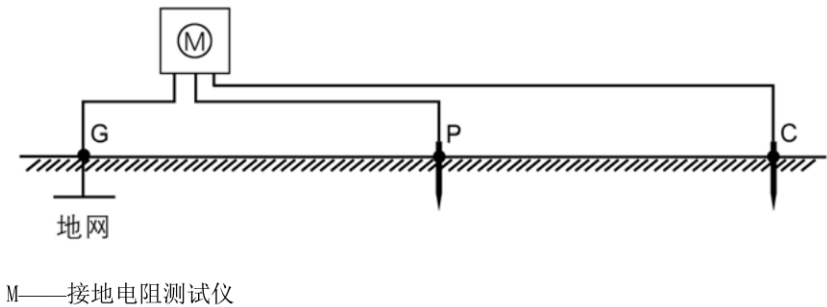
- G——被测接地装置；
- P——测量用的电压极；
- C——测量用的电流极；
- E——测量用的工频电源；
- A——交流电流表；
- V——交流电压表；
- D——被测接地装置的最大对角线长度。

图A.1 三极法的接线原理图

当被测接地装置的面积较大而土壤电阻率不均匀时，为了得到较可信的测试结果，宜增大电流极与被测接地装置的距离，同时电压极离被测接地装置的距离也相应地增大。

测量工频接地电阻时，如 d_{GC} 取4倍~5倍的D值有困难，当接地装置周围的土壤电阻率较均匀时， d_{GC} 可以取2D值，而 d_{GP} 取D值；当接地装置周围的土壤电阻率不均匀时， d_{GC} 可以取3D值， d_{GP} 值取1.7D值。

在实际进行的接地电阻值的测量中，常用接地电阻测试仪。使用接地电阻测试仪测试接地电阻值的三极测量法见图A. 2。



图A. 2 使用接地电阻测试仪的三极法接线图

A. 2 大型地网接地电阻的测量方法

测量大型接地系统的接地电阻，为取得较高准确值，测试电流最低值不得小于3 A，并应避开工频接地电流。

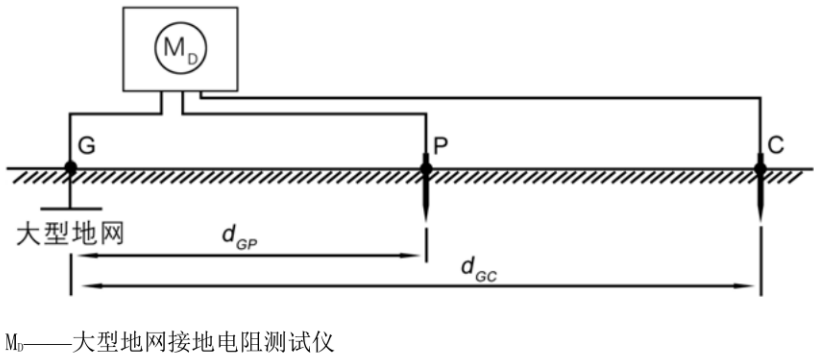
大型地网的测试原理与小型地网相同，区别是引线要比小型地网的长。测试方法有直线法和夹角法。

a) 直线法

直线法与小型地网的三极法相同。当采用直线法时，一般采用 $d_{GC} = (3 \sim 4)D$ ，当远距离放线有困难时，在土壤电阻率均匀地区可取2D，不均匀地区可取3D。电压线 d_{GP} 是电流线的0.5倍~0.6倍，即： $d_{GP} = (0.5 \sim 0.6) d_{GC}$ 。

b) 夹角法

夹角法是电流线和电压线等长，电压极和接地体的连线与电流极和接地体的连线成一定的夹角，常用30°夹角法，长度取2D。



图A. 3 大型地网接地测试接线图

附 录 B
(规范性附录)
防雷装置和等电位连接导体的材料和规格

B.1 防雷装置各连接部件的最小截面

表B.1给出了防雷装置各连接部件的最小截面。

表B.1 防雷装置各连接部件的最小截面

等电位连接部件			材料	截面 mm ²
等电位连接带（铜、外表面镀铜的钢或热镀锌钢）			铜、铁	50
从等电位连接带至接地装置或 各等电位连接带之间的连接导体			铜	16
			铝	25
			铁	50
从屋内金属装置至等电位连接带的连接导体			铜	6
			铝	10
			铁	16
连接电涌保 护器的导体	电气系统	I 级试验的电涌保护器	铜	6
		II 级试验的电涌保护器		2.5
		III级试验的电涌保护器		1.5
	电子系统	D1 类高能量试验类型电涌保护器		1.2
		其他类的电涌保护器(连接导体的截面可小于 1.2 mm ²)		根据具体情况确定
注：内容选自GB 50057—2010表5.1.2。				

B.2 接闪线（带）、接闪杆和引下线的材料、结构与最小截面

表B.2给出了接闪线（带）、接闪杆和引下线的材料、结构与最小截面。

表B.2 接闪线（带）、接闪杆和引下线的材料、结构与最小截面

材料	结构	最小截面 mm ²	备注
铜，镀锡铜 ^a	单根扁铜	50	厚度 2 mm
	单根圆铜	50	直径 8 mm
	铜绞线	50	每股线直径 1.7 mm
	单根圆铜 (用于接闪杆或入地之处)	176	直径 15 mm
铝	单根扁铝	70	厚度 3 mm
	单根圆铝	50	直径 8 mm
	铝绞线	50	每股线直径 1.7 mm
铝合金	单根扁形导体	50	厚度 2.5 mm
	单根圆形导体	50	直径 8 mm
	绞线	50	每股线直径 1.7 mm
	单根圆形导体 (用于接闪杆)	176	直径 15 mm
	外表面镀铜的单根圆形导体	50	直径 8 mm，径向镀铜厚度至少 70 μm，铜纯度 99.9%
热镀锌钢 ^b	单根扁钢	50	厚度 2.5 mm
	单根圆钢	50	直径 8 mm
	绞线	50	每股线直径 1.7 mm
	单根圆钢 (用于接闪杆或入地之处)	176	直径 15 mm
不锈钢	单根扁钢 ^c	50	厚度 2 mm
	单根圆钢 ^c	50	直径 8 mm
	绞线	70	每股线直径 1.7 mm
	单根圆钢 (用于接闪杆或入地之处)	176	直径 15 mm
外表面镀铜的钢	单根圆钢	50	直径 8 mm，径向镀铜厚度至少 70 μm，铜纯度 99.9%
	单根扁钢	50	厚度 2.5 mm，径向镀铜厚度至少 70 μm，铜纯度 99.9%
^a 镀锡铜的热浸或电镀锡的锡层最小厚度为 1 μm。 ^b 圆钢的镀锌层至少 22.7 g/m ² 、扁钢至少 32.4 g/m ² 。 ^c 对于埋在混凝土中以及与可燃材料直接接触的不锈钢，或当温升和机械受力是重点考虑之处，单根圆钢最小尺寸宜增大至直径 10 mm，单根扁钢最小尺寸宜增大厚度 3 mm。			

B.3 接地体的材料、结构和最小尺寸

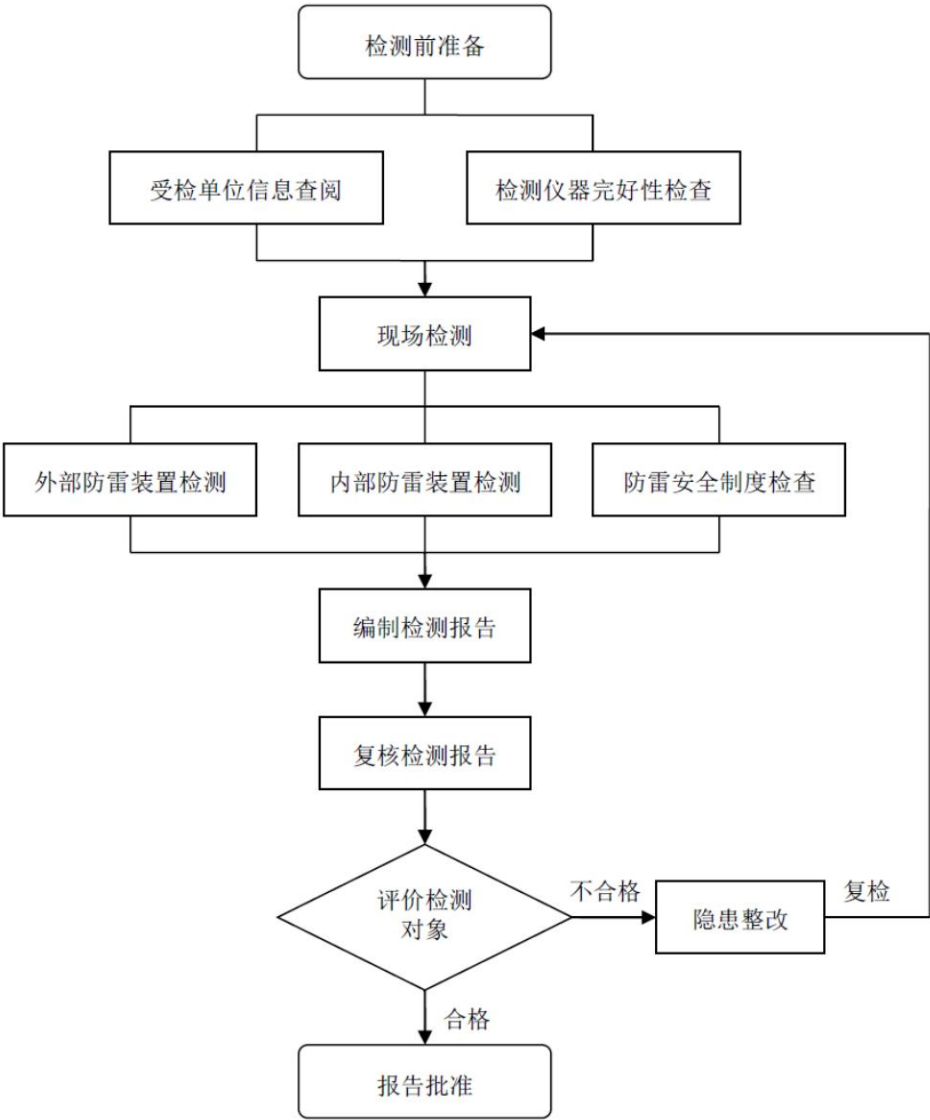
表B.3给出了接地体的材料、结构和最小尺寸。

表B.3 接地体的材料、结构和最小尺寸

材料	结构	垂直接地体最小尺寸直径 mm	水平接地体最小尺寸 mm ²	接地板最小尺寸 mm	备注
铜、镀锡铜	铜绞线	—	50	—	每股直径 1.7 mm
	单根圆铜	15	50	—	—
	单根扁铜	—	50	—	厚度 2 mm
	铜管	20	—	—	壁厚 2 mm
	整块铜板	—	—	500×500	厚度 2 mm
	网络铜板	—	—	600×600	各网格边截面 25 mm×2 mm，网格网边总长度不少于 4.8 m
热镀锌钢 ^a	圆钢	14	78	—	—
	钢管	20	—	—	壁厚 2 mm
	扁钢	—	90	—	厚度 3 mm
	钢板	—	—	500×500	厚度 3 mm
	网络钢板	—	—	600×600	各网格边截面 30 mm×3 mm，网格网边总长度不少于 4.8 m
	型钢	^b	—	—	—
裸钢 ^c	钢绞线	—	70	—	每股直径 1.7 mm
	圆钢	—	78	—	—
	扁钢	—	75	—	厚度 3 mm
外表面镀铜的钢	圆钢	14	50	—	镀铜厚度至少 250 μm，铜纯度 99.9%
	扁钢	—	90（厚 3 mm）	—	
不锈钢	圆形导体	15	78	—	—
	扁形导体	—	100	—	厚度 2 mm
^a 圆钢的镀锌层至少 22.7 g/m ² 、扁钢至少 32.4 g/m ² 。 ^b 不同截面的型钢，其截面不小于 290 mm ² ，最小厚度 3 mm，可采用 50 mm×50 mm×3 mm 角钢。 ^c 当完全埋在混凝土中时才可采用裸钢。					

附 录 C
(资料性附录)
防雷检测基本流程

防雷检测宜遵守基本检测程序，防雷检测的基本流程见图C. 1。



图C. 1 防雷检测的基本流程

附 录 D
(资料性附录)
防雷检测所需的主要仪器

D.1 接地电阻测量仪器

接地电阻测试仪器可使用如下几种类型，主要参数指标见表D.1：

- a) 比率欧姆表（接地摇表）；
- b) 双平衡电桥式；
- c) 单平衡变压器式；
- d) 电压表—电流表式。

表D.1 接地电阻值测量仪器的主要参数指标

测量范围 Ω	最小分度值 Ω
0~1	0.01
0~10	0.1
0~100	1

D.2 尺

测试距离的仪器主要有如下几种类型：

- a) 卷尺：自卷式测量上限（m）：3、5；
摇卷盒式测量上限（m）：10、15、20、50、100。
- b) 游标卡尺：全长（mm）：0~150；
分度值（mm）：0.02。
- c) 激光测距仪：手持激光测距仪：测量上限：≤200 m，精度：±2 mm；
望远镜式激光测距仪：测量上限：≤3000 m，精度：±1 m。

D.3 毫欧表

毫欧表主要用以测试等电位连接的有效性，其主要参数指标见表D.2。

表D.2 毫欧表参数指标

测量范围 $m\Omega$	分辨率 $m\Omega$	测量电流 A	精度
0~19.9	0.01	0.1	±（0.1%+3d）
20~200	0.1	0.1	±（0.1%+2d）

注：内容选自GB/T 21431—2015表H.2。

D.4 万用表

万用表应具有交流、直流的电压、电流、电阻等基本测量功能，其主要参数指标见表D.3。

表D.3 万用表主要参数指标

性能	量程	分辨率	精度
直流电压	0.2 V	0.1 mV	± (0.8%+2d)
	2 V	1 mV	
	20 V	10 mV	
	200 V	100 mV	
	400 V	1000 mV	
交流电压	200 V	0.1 V	± (1.5%+10d)
	400 V	1 V	
	750 V	10 V	
电流 (直流或交流)	10 A	1 mA	± (0.5%+30d)
电阻	30 mΩ	1 Ω	± (0.1%+5d)
注：内容选自GB/T 21431—2015表H.5。			

D.5 压敏电压测试仪

压敏电压测试仪主要用于对SPD的压敏电压进行测试，主要参数指标见表D.4。

表D.4 压敏电压测试仪主要参数指标

量程	允许误差	恒流误差	0.75U _{ImA} 下漏电流量程	漏电流测试允许误差	漏电流分辨率
0 V~1700 V	≤± (2%+1d)	5 μA	0.1 μA~199.9 μA	≤2 μA±1d	0.1 μA
注：内容选自GB/T 21431—2015表H.6。					

附 录 E
(资料性附录)
防雷检测报告表格式样

E.1 封面

图E.1给出了防雷检测报告封面的式样。

防 雷 装 置
检 测 报 告

编号：

受检单位(项目)：_____

检 测 类 型：_____

检 测 机 构：_____

报告编制日期： 年 月 日

图E.1 防雷检测报告封面

E.2 编制说明

在编制说明中应包括报告的编写要求、法律声明、报告份数、有效期等内容。

E.3 扉页

扉页应包括下列内容：

- a) 检测机构资质证明（资质等级、编号等）；
- b) 现场检测人（签名）；
- c) 报告编制人（签名）；
- d) 审核人（签名）；
- e) 报告签发人（签名）。

E.4 防雷装置检测记录表

表E.1～表E.7给出了防雷检测报告中的表格式样。

表E.1 受检单位基本信息

共 页 第 页

单位名称		单位地址	
分管部门		联 系 人	
联系电话		邮 编	
电子邮件		QQ、微信	
受检单位的 经营业务			
受检单位主要防 雷保护对象情况 及防雷类别			
受检单位以往防 雷检测结果和雷 电灾害历史			
其他情况			

表E.5 防雷装置检测记录表：人身防雷安全措施检查表

共 页 第 页

检测日期： 年 月 日 现场检测时的天气情况：

检测点	雷击灾害应急预案			引下线距人员通道的安全距离 m	防跨步电压措施	防闪络措施	结论
	有无应急预案	演练情况	培训情况				

表E.7 防雷检测综合评价表

共 页 第 页

单位名称	
检测依据	
所用仪器	
存在问题及整改意见	
检测结论	年 月 日（盖章）
备注	

参 考 文 献

[1] GB/T 7928—2003 地铁车辆通用技术条件

[2] GB/T 14894—2005 城市轨道交通车辆组装后的检查与试验规则

[3] GB/T 17949.1—2000 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

[4] GB 50299—1999 地下铁道工程施工及验收规范（2003年版）

[5] GB 50382—2006 城市轨道交通通信工程质量验收规范

[6] GB/T 50438—2007 地铁运营安全评价标准

[7] GB 50490—2009 城市轨道交通技术规范

[8] GB 50578—2010 城市轨道交通信号工程施工质量验收规范

[9] GB/T 50732—2011 城市轨道交通综合监控系统工程施工与质量验收规范

[10] CJ/T 236—2006 城市轨道交通站台屏蔽门

[11] CJJ 49—92 地铁杂散电流腐蚀防护技术规程

[12] DT/T 475—2006 接地装置特性参数测量导则

[12] DT/T 475—2006 接地装置特性参数测量导则
