ICS XX
XX

地　　方　　标　　准

T / XXXXX—XXXX

防雷装置检测技术规范 第 12 部分：空管设施

Technical Specification for Detection of Lightning Protection Devices Part XIV: Air Traffic Control Facilities

征求意见稿

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

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 一般规定.....3
5 检测要求和方法.....4
6 检测报告.....8
附　录　A （规范性附录） 空管设施雷电防护等级划分.....10
附　录　B （资料性附录） 接地电阻三极测量法.....11
附　录　C （资料性附录） 电子系统功能性等电位连接整合到等电位连接网络中的方式.....12
参　考　文　献.....14

前　　言

本文件按照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》的规定起草。

本文件是DB15/T 500《防雷装置检测技术规范》的第14部分。

本文件由内蒙古自治区气象局提出。

本文件由内蒙古自治区气象标准化技术委员会（SAM/TC 23）归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区雷电预警防护中心，内蒙古锐克雷电防护科技有限责任公司。

本文件主要起草人员：李溪楠，陈强，刘旭洋，……

防雷装置检测技术规范 第12部分：空管设施

1 范围

本文件规定了空管设施雷电防护装置的术语和定义、一般规定、检测要求和方法、检测数据整理及报告。

本文件适用于内蒙古自治区范围内空管设施雷电防护装置的检测。

以下部分不属于本文件的范围：

a) 空管部门所属的气象台（站）；

b) 空管部门所属的天气雷达站。

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，仅所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 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范

MH/T 4020—2006 民用航空通信导航监视设施防雷技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空管设施 air traffic control facilities

以民用航空通信、导航、监视系统为主的有关设备及其设施，包括相关建筑物、设备、线路以及附属设施组成。

[改写MH/T 4020—2006，定义3.1]

3.2

雷电防护装置检测 lightning protection system check and measure

按照雷电防护装置设计标准确定雷电防护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。

[改写GB/T 21431—2015，定义3.23]

3.3

航向信标台 localizer（LLZ）

仪表着陆系统中，为航空器提供相对于跑道中线延长线方位信息的地面信标台。

[GB/T 9030—2017，定义3.7.6]

3.4

多普勒甚高频全向信标 Doppler VHF omnidirectional radio range（DVOR）

VOR地面台的改进，它通过依次向排成圆阵的多个边带天线馈送信号而产生可变调制，从而减少了场地误差。

[改写GB/T 9030—2017，定义3.5.7]

3.5

无方向性信标 nondirectional beacon（NDB）

中波导航台

航空导航中，与机载无线电罗盘配合工作，为飞机提供航（艏）向的无线电设施。

[GB/T 9030—2017，定义3.5.3]

3.6

等电位连接 lightning equipotential bonding (LEB)

将分开的诸金属物体直接用连接导体或经电涌保护器等电位连接到雷电防护装置以减小雷电流引发的电位差。

[GB 50057—2010，定义2.0.19]

3.7

防雷区 lightning protection zones(LPZ)

划分雷击电磁环境的区，一个防雷区的区界面不一定要有实物界面，如不一定要有墙壁、地板或天花板作为区界面。

[GB 50057—2010，定义2.0.24]

3.8

接地装置 earth-termination system

接地体和接地线的总合，用于传导雷电流并将其流散入大地。

[GB 50057—2010，定义2.0.10]

3.9

工频接地电阻 power frequency ground resistance

工频电流流过接地装置时，接地极与远方大地之间的电阻。其数值等于接地装置相对远方大地的电压与通过接地极流入地中的电流的比值。

[GB/T 21431—2015，定义3.3]

3.10

仪表着陆系统 instrument landing system（ILS）

在进近和着陆过程中，为航空器提供引导的照明灯、无线电信标、雷达设备、通信设备或者由这些设备组成的系统。

[GB/T 9030—2017，定义3.7.4]

3.11

精密测距器 distance measure equipment（DME）

微波着陆系统中，完成测距功能的系统。

[GB/T 9390—2017，定义3.7.51]

3.12

电涌保护器 surge protective device（SPD）

用于限制暂态过电压和分泄电涌电流的器件。它至少含有一个非线性元件。

[GB50057-2010，定义2.0.29]

3.13

冲击电流 impulse current（I_{imp}）

由电流幅值I_{peak}、电荷Q和单位能量W/R所限定。

[GB50057-2010，定义2.0.33]

3.14

标称放电电流 nominal discharge current（I_n）

流过电涌保护器8/20μs电流波的峰值。

[GB50057-2010，定义2.0.32]

3.15

电压保护水平 voltage protection level（U_p）

表征电涌保护器限制接线端子间电压的性能参数，其值可从优先值的列表中选择。电压保护水平值应大于所测量的限制电压的最高值。

[GB50057-2010，定义2.0.44]

3.16

残压 residual voltage（U_{res}）

放电电流流过电涌保护器时，在其端子间的电压峰值。

[GB50343-2012，定义 2.0.23]

4 一般规定

4.1 检测项目如下：

a) 空管设施的雷电防护等级划分；
b) 接闪器；
c) 引下线；
d) 接地装置；
e) 防雷区的划分；
f) 雷击电磁脉冲屏蔽；
g) 等电位连接；
h) 电涌保护器（SPD）。

4.2 **检测周期**

对空管设施的上述雷电防护装置应在每一年雷雨季节来临前检测一次。新（改、扩）建的雷电防护装置应在竣工后进行首次检测。

5 检测要求和方法

5.1 空管设施的雷电防护等级划分

a) 塔台、一次雷达、二次雷达、航向台、下滑台、全向信标（DVOR）台、无方向性信标（NDB）台、卫星地面接收站等设施按照附录 A 的要求划定；
b) 空管设施附属建筑物宜按照 GB50057-2010 第 3 章的要求划分防雷分类。

5.2 接闪器

5.2.1 要求

5.2.1.1 空管设施的接闪器设置应符合第二类防雷建筑物的标准。其中雷电防护等级为特级的空管设施应适度提高保护水平，计算接闪器保护范围和检查接闪网格尺寸时应提高要求，接闪器保护范围按照滚球半径 30m 计算，接闪网格尺寸不宜大于 5m×5m 或 6m×4m。

5.2.1.2 空管设施应采用装设在建（构）筑物上的接闪器进行保护，在接闪器保护范围之外的天线，宜单独设置接闪器进行保护，接闪器与天线的水平距离不宜小于 3m。

5.2.1.3 雷达天线基座平台上设置的接闪杆，数量应不少于 3 支；雷达天线基座平台应设置均压环。

5.2.1.4 多普勒甚高频全向信标（DVOR）台宜在地面架设接闪杆或接闪线作为接闪器，接闪器应沿反射网（或天线阵列）均匀分布。

5.2.1.5 无方向性信标（NDB）天线支撑塔顶应设置接闪杆，滚球半径可按 60m 计算。

5.2.1.6 空管设施的接闪器设置应保证各类天线的辐射场型不受其影响。

5.2.1.7 航管楼（塔台）等建（构）筑物高度大于或等于 45m（雷电防护等级为特级的空管设施大于或等于 30m）的部分，以及在高山上的空管设施，其侧向直击雷的防护应符合 GB 50057-2010 中第 4.2.4 条第 7 款（适用于特级设施）和第 4.3.9 条（适用于甲级和乙级设施）的要求。

5.2.2 检测

5.2.2.1 检查天线和其他屋面设施是否位于接闪器保护范围以内。

5.2.2.2 检查接闪器与屋面其他金属设施的电气连接、与引下线的电气连接。

5.2.2.3 首次检测时，应检查接闪网格尺寸是否符合 5.2.1.1 条的要求。

5.2.2.4 首次检测时，检测接闪器的材料、规格和尺寸是否符合 GB 50057-2010 中第 5.2 条的要求。

5.2.2.5 检查接闪器的焊接固定是否饱满无遗漏，防腐油漆是否完整，截面锈蚀是否超过 1/3，各支持件是否能承受 49N 的垂直拉力。

5.2.2.6 检查空管设施的防侧击雷措施是否符合 GB 50057-2010 中第 4.2.4 条第 7 款（适用于特级设施）和第 4.3.9 条（适用于甲级和乙级设施）的要求。

5.2.2.7 检查接闪器上有无附着的其他电气或电子线路。

5.3 引下线

5.3.1 要求

5.3.1.1 宜利用建筑物内柱内钢筋作为引下线。柱内钢筋材料规格不能满足要求的，可敷设专设引下线，引下线数量不应少于 2 根。

5.3.1.2 雷电防护等级为特级的空管设施按周长计算引下线平均间距不宜大于 12m；雷电防护等级为甲级和乙级的空管设施按周长计算引下线平均间距不宜大于 18m。

5.3.1.3　明敷引下线与电气和电子线路敷设的最小距离，平行敷设时不宜小于 1.0m，交叉敷设时宜不小于 0.3m。
5.3.1.4　防接触电压措施应符合 GB50057-2010 中第 4.5.6 条的要求。

5.3.2　检测

5.3.2.1　首次检测时,检查作为引下线的柱内钢筋或专设引下线的规格尺寸应符合 GB50057-2010 中第 5.3 条的要求。
5.3.2.2　检查专设引下线焊接固定是否饱满无遗漏，防腐油漆是否完整，截面锈蚀是否超过 1/3，各支持件是否能承受 49N 的垂直拉力。
5.3.2.3　检查各引下线地面上 1.7m 至地面下 0.3m 的部分是否有抗机械损伤保护措施。
5.3.2.4　测试专设引下线接地端与接地体之间的等电位连接，其过渡电阻值应不大于 0.2Ω。
5.3.2.5　测试雷达天线引下线与雷达平台均压环之间的等电位连接，其过渡电阻值应不大于 0.2Ω。
5.3.2.6　检查防接触电压措施是否符合 GB 50057-2010 中第 4.5.6 条的要求。
5.3.2.7　检查引下线上有无附着的其他电气线路。

5.4　接地装置

5.4.1　要求

5.4.1.1　空管设施应按照 GB 50343-2012 中第 5.2 条的要求构成共用接地系统。
5.4.1.2　利用建（构）筑物的基础钢筋作为接地装置时应符合 GB 50057-2010 中第 4.3.5、4.3.6 条的要求。
5.4.1.3　空管设施接地装置的接地电阻允许值应符合 GB/T 21431-2015 中表 3 的要求。
5.4.1.4　多普勒甚高频全向信标（DVOR）台接地装置宜以全向信标（DVOR）台为中心，在其周围设置辐射式人工接地体。其天线反射网的每根支撑杆应通过接地线与接地体相连。
5.4.1.5　多普勒甚高频全向信标（DVOR）、仪表着陆系统（ILS）监控天线宜设置人工接地体，并用埋地接地线与台站接地装置互连。
5.4.1.6　下滑/精密测距器(GP/DME)天线塔地网、航向（LLZ）天线阵地网与机房地网之间应进行等电位连接。
5.4.1.7　防跨步电压措施是否符合 GB 50057-2010 中第 4.5.6 条的要求。

5.4.2　检测

5.4.2.1　首次检测时，应检查接地体的结构形式、安装位置、材料规格和安装工艺，应符合 GB 50057-2010 中第 5.4 条的要求。
5.4.2.2　测试空管设施和与其相邻的各接地体之间的电气贯通情况，宜使用等电位测试仪或毫欧表测量相邻接地体间的过渡电阻值应不大于 1Ω。
5.4.2.3　使用接地电阻测试仪测试空管设施接地装置的工频接地电阻值是否符合 5.4.1.3 的要求。接地地网中带有较强电磁干扰的，宜使用带有变频功能的大电流接地电阻测试仪，避开电磁干扰的影响后进行测量，但在使用时应注意防止对空管设施正常工作产生影响。测量方法采用三极测量法，参见附录 B。
5.4.2.4　检查防跨步电压措施是否符合 GB 50057-2010 中第 4.5.6 条的要求。

5.5　防雷区的划分

按照GB 50057-2010中第6.2.1条要求划分防雷区。所有空管设备的天线应置于$LPZ0_B$区内；一般机房及设备宜置于LPZ1区或更高防护区内，重要机房及设备宜置于LPZ2区或更高防护区内。

5.6　雷击电磁脉冲屏蔽

5.6.1 要求

5.6.1.1 空管设施的雷击电磁脉冲屏蔽应符合 GB 50343-2012 中第 5.3.1—5.3.3 条的要求。
5.6.1.2 根据设备机房中设备厂家标定的电磁干扰耐受水平和设备的防过电压保护措施确定设备距屏蔽格栅的安全距离。安全距离的计算应符合 GB 50057-2010 中第 6.3.2 条的要求。
5.6.1.3 空管设施可利用其所在建（构）筑物的金属表面、混凝土内钢筋、金属门窗框架或格栅等自然金属部件构成的大空间屏蔽。当砖木结构台站等自然金属部件构成的大空间屏蔽不能满足设备对电磁环境的要求时，应在设备所在房间六面增设屏蔽网。增设的屏蔽网应导电、导磁、连续、封闭，并就近多点接地。

5.6.2 检测

5.6.2.1 对空管设施的雷击电磁脉冲屏蔽措施检测应符合 GB/T 21431-2015 中第 5.6.2 条的要求。
5.6.2.2 测量设备距屏蔽格栅的安全距离，应符合 5.6.1.2 的要求。

5.7 等电位连接

5.7.1 要求

5.7.1.1 空管设施的等电位连接应符合 GB 50057-2010 中第 6.3.1、6.3.3 和 6.3.4 条的要求。
5.7.1.2 空管设施及其设备机房宜采用 M 型等电位连接方法，特别是对于航管楼、区域管制中心、雷达站等面积大于 40m2 的机房应设置网形（Mm）结构连接，室内的各金属组件（设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、吊顶金属龙骨，金属门窗及机房屏蔽层等）和直流地（逻辑地）、防静电接地、交流地、SPD 的接地等各类接地均应以最短距离连接到等电位连接带（网）上。面积小于 $10m^2$ 的机房或受到条件限制时（如改造）可采用星形（Ss）等电位连接结构，其内所有的设备和金属组件除在接地基准点（ERP）与共用接地系统相连外，均应与共用接地系统的各组件绝缘。

5.7.2 检测

5.7.2.1 对空管设施的等电位连接措施检测应符合 GB/T 21431-2015 中第 5.7.2 条的要求。
5.7.2.2 检查空管设施的等电位连接是否符合 GB 50057-2010 中第 6.3.1、6.3.3 和 6.3.4 条的要求，所有等电位连接的过渡电阻实测值应不大于 0.2Ω。
5.7.2.3 检查空管设备机房的等电位连接结构形式是否符合 5.7.1.2 条的要求。
5.7.2.4 检查空管设备机房等电位连接状况和连接导体规格，机房设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、吊顶金属龙骨，金属门窗及机房屏蔽层等是否以最短距离与机房内等电位网络连接。测量大金属物与等电位连接带（网）或接地基准点（ERP）之间的过渡电阻，所有等电位连接点均应牢固可靠，其过渡电阻实测值应不大于 0.2Ω。

5.8 电涌保护器（SPD）

5.8.1 要求

5.8.1.1 空管设施的供电线路应为 TN-S 系统。
5.8.1.2 空管设施电源 SPD 的选型和布置应符合 GB/T 21431-2015 中第 5.8.1、5.8.2 条的要求。
5.8.1.3 电源 SPD 的主要技术参数应符合表 1 的要求。

表 1 低压供电线路电涌保护器（SPD）主要技术参数配置

SPD 保护等级	LPZ0 区与 LPZ1 区界面	LPZ1 与 LPZ2、LPZ2 与 LPZ3 界面		
	第一级冲击电流或标称放电电流	第二级标称放电	第三级标称放电	第四级标称放电

	（kA）限压型		电流（kA）	电流（kA）	电流（kA）
	10/350μs	8/20μs	8/20μs	8/20μs	8/20μs
特级保护	≥20	≥80	≥40	≥20	≥10
甲级保护	≥20	≥60	≥40	≥20	-
乙级保护	≥10	≥50	≥20	-	-
电压保护水平 U_P	≤2.5kV		≤1.5kV	1.5～2.2u	1.5～2.2u
注 1：本表的雷电防护等级参照附录 A 的规定确定。 注 2：直流供电设施 SPD 的主要技术参数应与设施的要求相匹配，其标称放电电流≥10kA。 注 3：本表电压保护水平栏中的 u 表示设备额定工作电压（V）。					

5.8.1.4　电源 SPD 连接线规格应符合表 2 的要求。

表 2　电涌保护器（SPD）连接线路规格

SPD 级数	SPD 类型	SPD 连接导线截面积（mm²）	
		SPD 连接相线铜导线	SPD 接地端连接铜导线
第一级	开关型或限压型	≥6	≥10
第二级	限压型	≥4	≥6
第三级	限压型	≥2.5	≥4
第四级	限压型	≥2.5	≥4

5.8.1.5　信号 SPD 的特性参数应满足空管设备对信号传输速率、带宽、插入损耗、特性阻抗的要求。

5.8.1.6　空管设施内安装的信号 SPD，其标称放电电流 I_n 不应小于 3kA（8/20μs）。

5.8.1.7　空管设施信号 SPD 的选型和布置应符合 GB/T 21431-2015 中第 5.8.1、5.8.3 条的要求。

5.8.1.8　空管设施各类设备天馈线路 SPD 的选择应根据被保护设备的工作频率、输出功率、接口形式、馈线特性阻抗、插入损耗、驻波比等要求，选用适配的天馈线路 SPD。在无特殊要求的情况下，天馈线 SPD 宜安装在收、发通信设备的射频出、入端口处。其参数见表 3。

表 3　天馈线路 SPD 基本参数配置

类型	插入损耗（dB）	电压驻波比	响应时间（ns）	平均功率（W）	特性阻抗（Ω）	传输速率（bps）	工作频率（MHz）	接口形式	U_P（V）
参数	≤0.3	≤1.2	≤10	≥1.5 倍系统平均功率	应满足系统要求	应满足系统要求	应满足系统要求	应满足系统要求	小于设备端口 U_W
注：表中U_P表示电压保护水平，U_W表示设备最大耐受电压。									

5.8.1.9　甚高频共用系统应选择插入损耗小于 0.2dB 的 SPD。

5.8.1.10　多普勒甚高频全向信标（DVOR）、精密测距器（DME）的监控天线应安装天馈线路 SPD。多普勒甚高频全向信标（DVOR）、精密测距器（DME）中央天线、边带天线和仪表着陆系统（ILS）的航向阵列天线、下滑天线等承载矢量信息的天馈线，在安装 SPD 的同时需确保不会对发射信号的相位产生影响。

5.8.1.11　无方向性信标（NDB）宜采用电压开关型 SPD。

5.8.2　检测

5.8.2.1　检查空管设施的供电线路是否为 TN-S 系统。

5.8.2.2　检查和测试电源 SPD 是否符合 GB/T 21431-2015 中第 5.8.4、5.8.5 条的要求。

5.8.2.3　检查电源 SPD 的主要技术参数是否符合表 1 的要求。
5.8.2.4　检查电源 SPD 连接线规格应符合表 2 的要求。
5.8.2.5　检查信号 SPD 的配置是否符合 5.8.1.5—5.8.1.7 的要求。
5.8.2.6　检查信号 SPD 是否符合 GB/T 21431-2015 中第 5.8.4 条的要求。
5.8.2.7　检查天馈线路 SPD 的配置是否符合 5.8.1.8—5.8.1.10 的要求。

5.9　检测作业要求

5.9.1　检测土壤电阻率和接地电阻值宜在非雨天和土壤未冻结时进行。
5.9.2　检测仪器应满足检测项目的要求，计量仪器、仪表须符合国家计量法规的规定并经过检定或校准后使用。检测报告中应体现检测仪器的检定或校准时间。
5.9.3　实施检测前应查验全部资料，凡涉及雷电防护装置的隐蔽部位，应调阅该防雷工程的设计、施工及工程质量监督等资料；充分熟悉现场环境，制定详细的检测方案。
5.9.4　具备相应的安全防护装备，在机坪附近区域作业时应按照民航部门规定穿着反光安全服。
5.9.5　进入控制区内的检测人员应按照民航部门规定携带仪器进场，并听从陪同人员安排进行检测作业，严禁擅自行动。
5.9.6　检测前应对仪器进行再次检查、校准。检测时应严格按照所使用仪器的操作规程进行。
5.9.7　实施检测时，所使用的检测导线应避开高、低压供电线路等危险环境。遇到雷雨天气时应停止检测作业。遇高强度电磁辐射环境，如雷达天线或其他电磁波发射装置，以及进行重要设施供电系统的检测时，应向被检单位申请关机后再进行检测作业。
5.9.8　接地电阻测试仪的电流极、电压极探针位置应选择自然土布设，避开回填土、地下室、地下金属物体、水池水沟等影响接地电阻测量值的区域。
5.9.9　测试 SPD 性能时应断开前端后备保护装置或将 SPD 模块单独拆下逐个进行测试，在确认经过测试后的 SPD 模块两端没有残压之后安装回原位，防止残压进入配电系统造成断电。
5.9.10　检测数据的采集和现场记录应由三人以上承担，分别进行读数、记录、复核工作，数据经检测人员复核一致后填入原始记录。
5.9.11　原始记录应有设施分布或检测部位示意图。
5.9.12　现场检测结束前应全面复核原始记录，发现遗漏或记录错误应及时进行补测或复测。
5.9.13　原始记录应使用碳素墨水，填写工整、清晰、详细。记录的内容不得随意涂改，当出现记录错误时，只可以在错误处上用一横杠划改，在旁边写上正确的内容，并由改动人在改动处签名或盖章，不得涂改或擦去或刮去。
5.9.14　原始记录除记录技术数据外，还应记录仪器设备使用状况、仪器设备编号、天气状况、检测时间、检测人员、陪同人员等内容。

6　检测报告及整改意见

6.1　检测数据应使用数值修约比较法进行处理，与相应的技术条件比较后判定各检测项目是否符合要求。
6.2　针对现场检测出的问题和存在的防雷安全隐患，应以雷电防护装置整改建议的形式书面通知受检单位，整改建议应做到问题明确、用语规范。
6.3　填写检测报告应严格依据现场记录，编制人员不得随意更改现场记录中的任何数据。
6.4　检测报告中的所有数据均应采用国家法定计量单位。
6.5　检测报告应由检测员、校核员和技术负责人签字，并加盖检测专用章。
6.6　检测报告不少于两份，一份递交受检单位，一份由检测单位存档。

6.7　检测单位应妥善保管检测资料。检测资料应包括委托书（合同）、检测方案、安全交底和技术交底、现场记录表、整改建议（如需要）、检测报告等。上述资料首次检测永久保存；定期检测保存期限为三年，到期后按规定程序销毁。

附　录　A
（规范性附录）
空管设施雷电防护等级划分

根据所处地区雷暴环境、地形走势、建（构）筑物高度，空管设施的雷电防护等级分为特级、甲级、乙级三个等级；

a）符合下列条件之一者为特级：

——所处地区年平均雷暴日数大于或等于30d，位于旷野、山坡或山顶、大型水体旁、特别潮湿地带等预计雷击次数较多的空管设施；

——所处地区年平均雷暴日数大于或等于30d，建（构）筑物高度大于或等于60m的空管设施；

b）符合下列条件之一者为甲级：

——所处地区年平均雷暴日数大于或等于30d，但不满足特级条件的空管设施；

——所处地区年平均雷暴日数小于30d，位于旷野、山坡或山顶、大型水体旁、特别潮湿地带等预计雷击次数较多的空管设施；

——所处地区年平均雷暴日数小于30d，建（构）筑物高度大于或等于60m的空管设施；

c）符合下列条件之一者为乙级：

——达不到特级和甲级保护标准的其他空管设施。

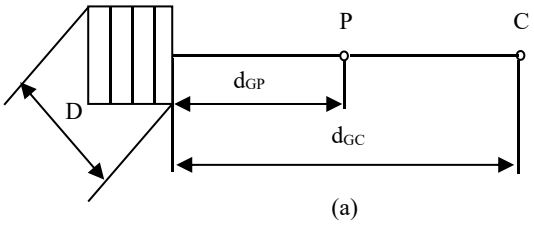
附　录　B
（资料性附录）
接地电阻三极测量法

接地装置的工频接地电阻值测量常用三极法和使用接地电阻表法，其测得的值为工频接地电阻值。

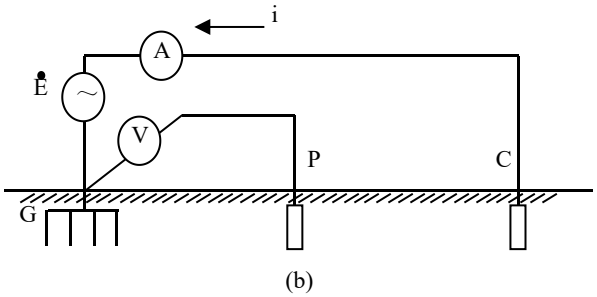
每次检测都应固定在同一位置，采用同一台仪器，采用同一种方法测量，记录在案以备下一年度比较性能变化。

三极法的三极是指图 a 上的被测接地装置 G，测量用的电压极 P 和电流极 C。图中测量用的电流极 C 和电压极 P 离被测接地装置 G 边缘的距离为 d_{GC}=（4～5）D 和 d_{GP}=（0.5～0.6）d_{GC}，D 为被测接地装置的最大对角线长度，点 P 可以认为是处在实际的零电位区内。为了准确地找到实际零电位区时，可把电压极沿测量用电流极与被测接地装置之间连接线方向移动三次，每次移动的距离约为 d_{GC} 的 5%，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。



（A-1）电极布置图；



（A-2）原理接线图

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 B.1　三极法的原理接线图

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

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

在测量工频接地电阻时，如 d_{GC} 取（4～5）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。

使用接地电阻表（仪）进行接地电阻值测量时，宜按选用仪器的要求进行操作。

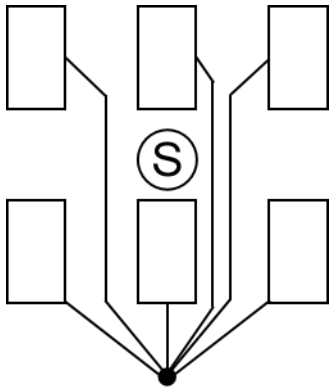
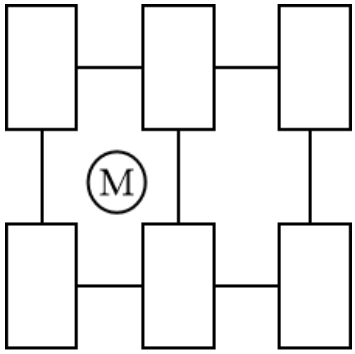
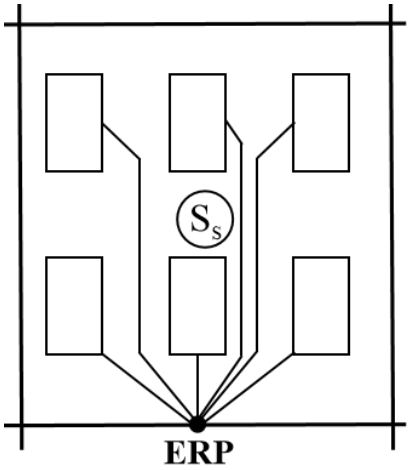
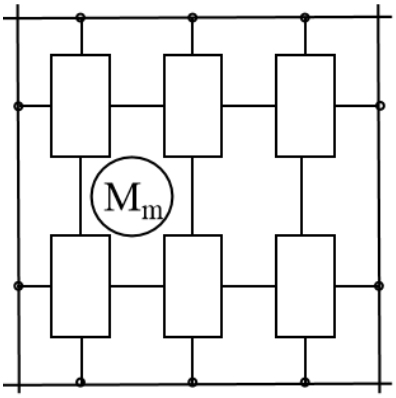
附　录　C
（资料性附录）
电子系统功能性等电位连接整合到等电位连接网络中的方式

一个电子系统的各种箱体、壳体、机架等金属组件与建筑物接地系统的等电位连接网络做功能性等电位连接，应采用S型星形结构或M型网形结构，如下图。

当采用S型等电位连接时，电子系统的所有金属组件应与接地系统的各组件绝缘。

S型等电位连接应仅通过唯一的ERP点，形成S_s型连接方式如下图。设备之间的多有线路和电缆当无屏蔽时，宜与成星形连接的等电位连接线平行敷设。用于限制从线路穿导来的过电压的电涌保护器，其引线的链接点应使加到被保护设备上的电涌电压最小。

M 型等电位连接应通过多点连接组合到等电位连接网络中去，形成 M_m 型连接方式。

形式	S 型星形结构	M 型网形结构
基本的结构形式		
功能性等电位接入等电位连接网络		

———	等电位连接网络
═══	等电位连接导体
▭	设 备
●	接至等电位连接网络的等电位连接点
S_s	将星形结构通过ERP点整合到等电位连接网络中
M_m	将网形结构通过网形连接整合到等电位连接网络中
ERP	接地基准点

图 C.1 电子系统功能性等电位连接整合到等电位连接网络中

参 考 文 献

[1] GB/T 9030-2017 导航术语