

接地电阻是不可重复测量的物理量的研究

李秋锦, 郭治天

(中国矿业大学徐海学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:通过对传统接地电阻的理论计算和测量方法的了解,设计了一个接地电阻的测量模型,有别于传统的测量方法,结果表明大地电阻是不可重复测量的物理量,说明古老的一套以“路”为基础的引雷入地说在当今的防雷领域已不再适用,克斯韦电磁场理论才是研究雷电规律最重要性的理论。

关键词: 避雷针;欧姆定律;接地电阻

Abstract: Through the understanding of the traditional calculation theory and measuring method of grounding resistance, a measurement model for grounding resistance is designed which is different from the traditional measurement method. The results prove that the earth resistance is the physical quantity which can not be repeatedly measured, so it is indicated that the argument of triggering lightning into the earth based on "way" is no longer applicable to the protection against lightning nowadays. Maxwell electromagnetic field theory is the most important law in the lightning study.

Key words: lightning arrester; Ohm's law; grounding resistance

中图分类号: TM835 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)06-0060-03

0 前言

目前国内外大部份建筑都采用避雷针防雷,但实践早已证明,避雷针对于 II 设备有极大的危害^[1],例如:1992 年 6 月 20 日 20 时 05 分中国气象局气象中心大楼的避雷针引雷入地,计算机系统损坏,为此停止工作 46 小时,待维修完才能向全国播报气象预报^[2]。接地是富兰克林避雷针思维中绝对的必需,各种国内外防雷规范中都强调它的绝对必需,并且对接地电阻作出严格规定。但接地电阻的定义是否科学?国际公认的标准电阻是金属制的,它遵守欧姆定律,但大地由土壤、砂、石等各种非金属材料构成,大都不一定遵守欧姆定律,另外地基中有金属管道等材料,通入不同的电流 I 值,测得的 R 值是不相同的。所以,对于大地这样的材料引入电阻这个概念,并作出“接地电阻”这个物理量的定义值得商榷。何况闪电的强弱差异很大,又有极不相同的频谱,防雷规范所制定的接地电阻值并没有说明是对于何种强弱何种频谱的闪电而言,难以进行实验测量操作^[3]。希望通过实验说明接地电阻没有测量的可重复性。

1 接地电阻测量方法

富兰克林提出接地并没有想到接地电阻值,到了

20 世纪初电力输送的大发展涉及到人身安全,从跨步电压而产生了对大地电阻的测量,逐步形成了一套工频接地电阻的理论计算和测量方法。在电力系统开始年代,接地极形状很简单,接地极附近小范围内是比较均匀的土壤,其导电特性可以近视地看作遵守欧姆定律。随着建筑防雷范围的扩大,防雷接地的要求逐渐提高,于是庞大复杂的接地网工程的接地电阻如何就成了一个困惑的难题^[3]。

1.1 传统的接地电阻检测仪

传统的接地电阻检测仪是依据欧姆定律制作的,装置如图 1。

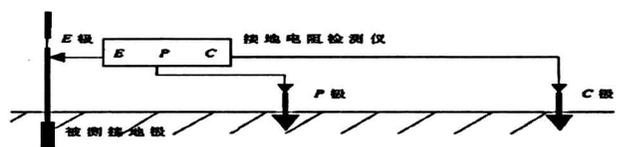


图 1 接地电阻检测仪

使用直流电池的接地电阻检测仪^[4],如 4102 型通过电池将直流电压变为较高电压加到接地极上,接地电阻值 $R = V/I$ 。但欧姆定律只适用于金属,大地由土壤、砂、石等各种非金属材料构成,大都不一定遵守欧姆定律;另外地基中有金属管道等材料,通入不同的电流 I 值,测得的电阻值是不相同的,即接地电阻不是一个常量。所以,对于大地这样的材料引入电阻这个概念,并作出“接地电阻”这个物理量的定义

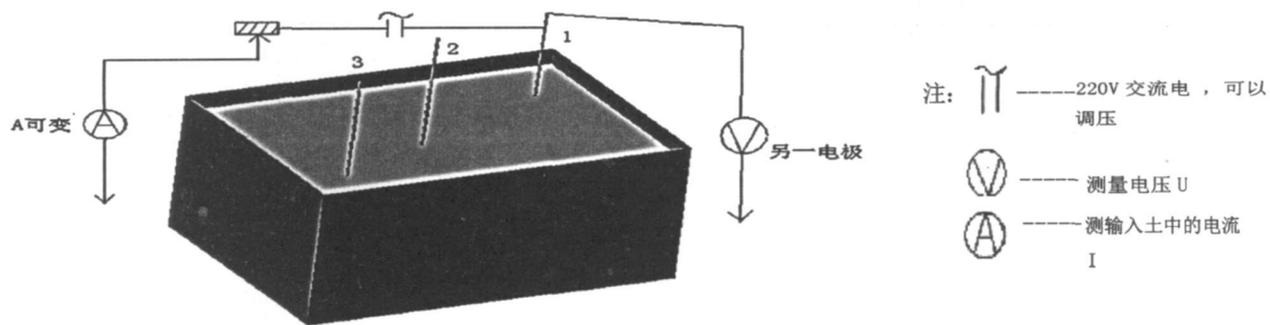


图 2 接地电阻的测量实验模型

是值得探讨的,无法进行实验测量操作^[5]。

即使不考虑频率和火花效应,纯粹从静电学范畴探讨接地电阻的定义,也无法躲开最基本的理论问题,测量的电流是从接地极注入,这个电流从哪里流回来?按理论规定,电流应均匀分布在地下无穷大的空间内,以保证电流线与电场力线的一致,辐射到无限远。如果回收电流的电极是针尖状,则电流就弯曲会聚在针尖处,电力线与电流线不可能吻合一致,因为运动电荷有惯性质量,这是不可违反的力学规律,而且电流线开头和分布与回收电流极的位置紧密相关。再者从静电学原理看,接地极的电位,也就是该点与无限远处的电位差,它是由两点之间的电场力对单位电荷所作的功决定的,这个功的数值与电力线的分布紧密相关。由此可见电流回收电极的位置的变动,必影响地极的电位^[6]。

可见,传统接地电阻的测量已把大地理想化,简化为均匀无限大的服从欧姆定律的介质,而实际情况要复杂得多,它是极不均匀的介质,它是否服从欧姆定律?故设计了一个物理模型进行分析研究。

1.2 设计的接地电阻的测量模型

表 1 沙子两端接地电阻测量数据

棒间距 /cm	棒插入深度 /cm	沙子电压 U/V	电流 $I/\mu A$	沙子的电阻 Ω
20	6	29.6	300.0	98 666.7
		20.6	222.2	92 700.0
		17.6	206.9	85 066.7
	9	29.7	340.9	87 120.0
		21.3	256.6	83 022.0
		17.0	208.3	81 600.0
30	6	29.7	267.9	110 880.0
		20.1	188.3	106 083.0
		17.0	175.4	96 900.0
	9	29.8	288.5	103 306.7
		20.9	217.4	96 140.0
		16.1	173.2	92 977.5

注:输出电源电压 35 V 测量数据的不确定度是 0.1%。

物理模型和实验装置如图 2 所示,容器中装满泥土,1 为一根带铜球的铜棒,2、3 为细铜棒,把电流表的一端和电压表的一端分别接入细棒,调节变阻器改变电流的大小,即可测定接地电阻。

2 测量结果与分析

测得数据如表 1、表 2、表 3。

从表 1 中的实验数据可以看出,当输出电源电压 35 V 时,在同一点,改变 I 大小,沙子两端的电阻 R 值不同,并且 I 越大,沙子两端的电阻 R 值越大。而在同一平面不同深度,改变 I 大小,沙子两端的电阻 R 值也不同。

从表 2 中的实验数据可以看出,当输出电源电压 35 V 时,在同一点,改变 I 大小,土壤两端的电阻 R 值不同,并且 I 越大,土壤两端的电阻 R 值越小。而在同一平面不同深度,改变 I 大小,土壤两端的电阻 R 值也不同。

从表 3 中的实验数据可以看出,当输出电源电压 100 V 时,在同一点,改变 I 大小,土壤两端的电阻 R

表 2 土壤两端接地电阻测量数据

棒间距 /cm	棒插入深度 /cm	土壤电压 U/V	电流 $I/\mu\text{A}$	土壤的电阻 R/Ω
20	6	27.6	339.0	81 420.0
		21.4	229.9	93 090.0
		15.2	148.1	102 600.0
	9	27.8	367.0	74 665.0
		21.7	250.0	86 800.0
		15.0	164.4	95 508.3
30	6	27.4	285.7	95 900.0
		21.2	205.1	103 350.0
		14.8	127.7	115 933.0
	9	27.0	363.6	75 900.0
		21.6	250.0	6 400.0
		15.5	162.2	95 583.3

注:输出电源电压 35 V 测量数据的不确定度是 0.1%。

表 3 土壤两端接地电阻测量数据

棒间距 /cm	棒插入深度 /cm	土壤电压 U/V	电流 $I/\mu\text{A}$	土壤的电阻 R/Ω
15	6	25	765.3	32 667.0
		46	1 483.5	31 007.8
		65	2 201.3	29 528.0
		30	1 489.4	20 142.3
	9	50	2 551.0	19 600.2
		70	3 658.5	19 133.5

注:输出电源电压 100 V 测量数据的不确定度是 0.1%。

值不同,并且 I 越大,土壤两端的电阻 R 值越小。而在同一平面不同深度,改变 I 大小,土壤两端的电阻 R 值也不同。

由以上实验结果可知,用细铜棒作介质的电极时(防雷界测量接地电阻的检测棒),回收电流的电极是针尖状,则电流就弯曲会聚在针尖处,电力线与电流线不可能吻合一致,通过实验可看到,当在相同的位置改变电流的大小和在同一平面不同深度改变电流的大小,接地电阻的测量值有无穷个,没有测量的可重复性。

3 结 论

对于大地这样的由土壤、砂、石等各种非金属材料引入电阻这个概念,并作出“接地电阻”这个物理量的定义是不全面的,在实际操作中容易引起误导,应给出一个合理的适用范围,人们在使用接地电阻这一概念时,要注意它的适用范围以及可能带来的误差。

参考文献

- [1] 虞昊. 关于建筑物防雷保护问题的探讨 [J]. 雷电防护与标准化, 2002(1).
- [2] 虞昊. “接地电阻”是不可测的物理量,应予废弃 [J]. 中国防雷参考, 2005.
- [3] 虞昊. 用避雷针还是用等离子避雷技术 [J]. 雷电防护与标准化, 2004.
- [4] 虞昊等. 现代防雷技术基础 [M]. 北京:清华大学出版社, 1995.
- [5] 虞昊. 物理与防雷 [J]. 雷电防护与标准化, 2004.
- [6] 何金良,陈水明. 雷电主放电电流模型及雷电放电电磁场的计算方法综述 [J]. 雷电防护与标准化, 2004.

作者简介:

李秋锦 (1982), 女, 汉族, 籍贯辽宁省喀左县, 职称助教, 学士学位, 现任中国矿业大学徐海学院数理教研室副主任, 主要研究电磁学;

郭治天 (1964), 男, 汉族, 籍贯河南洛阳, 职称副教授, 硕士学位, 主要研究摩擦学。

(收稿日期: 2010-07-08)

节约能源 保护环境