

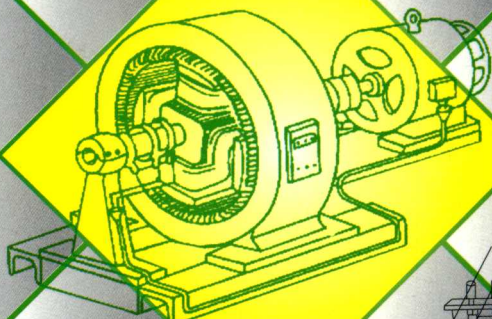
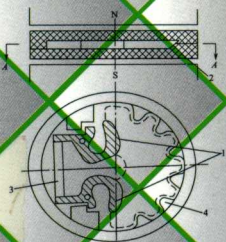
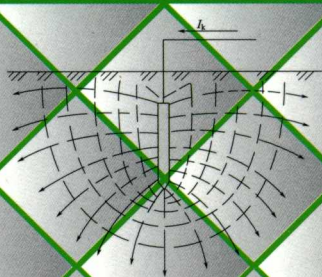


电工技术问答丛书

防雷接地与电气安全 技术问答

FANGLEI JIEDI
YU DIANQI ANQUAN
JISHU WENDA

黄 威 陈鹏飞 吉承伟 编



化学工业出版社

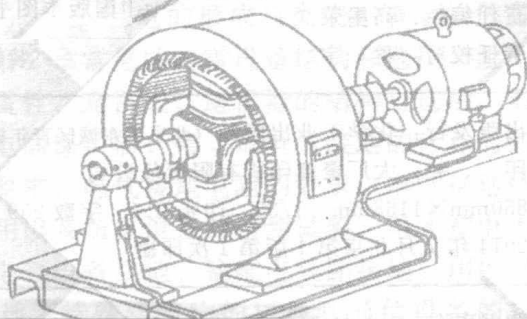
JM/343

电工技术问答丛书

防雷接地与电气安全 技术问答

FANGLEI JIEDI
YU DIANJI ANQUAN
JISHU WENDA

黄威 陈鹏飞 吉承伟 编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

防雷接地与电气安全技术问答/黄威,陈鹏飞,吉承伟编.

—北京:化学工业出版社,2014.5

(电工技术问答丛书)

ISBN 978-7-122-20104-1

I. ①防… II. ①黄… ②陈… ③吉… III. ①电气设备—
防雷—问题解答 ②电气设备—接地保护—问题解答 ③电气
安全—问题解答 IV. ①TM-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 051858 号

责任编辑:高墨荣

文字编辑:孙凤英

责任校对:蒋宇

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张9½ 字数259千字

2014年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00元

版权所有 违者必究

前言

随着工厂、企业电气化程度越来越高，电气设备在生产中被广泛应用，从事电气维护、管理的人员越来越多。电气从业人员如果对电气设备使用不当，将会发生人身和设备事故，给个人、企业和社会带来损失甚至灾难。为满足广大就业、再就业人员的需要，我们组织编写了《电工技术问答丛书》。本丛书采用一问一答的形式，将电工必备知识和技能进行整理归纳，充分考虑电工的实际工作需要，在内容选取上遵循实用、够用的原则，同时对电工领域的新知识、新技术如变频器、PLC 的应用也做了详细介绍。本丛书的特点是：起点低，注重实用，便于自学。

本丛书包括：《电压电器和电气控制技术问答》、《电机与变压器维修技术问答》、《变配电运行与检修技术问答》、《防雷接地与电气安全技术问答》，共四个分册。

本书为《防雷接地与电气安全技术问答》分册，共分 8 章。第 1 章雷电的形成及防护，主要讲述雷电的形成与类型，雷电的危害与防护以及雷电的观测。第 2 章常见的防雷设备结构和选用，主要讲述防雷设备的类型，避雷针、避雷线、避雷器的结构与选用，最后介绍了防雷接地装置和电涌保护器。第 3 章电气接地的计算与测量，讲述的是电气接地的要求、电气接地电阻的要求、电气接地体的计算、电气接地线的选用以及防雷设备的检测试验。第 4 章电力系统及建筑物接地，讲述电气设备接地、输配电线路接地、用电设备接地、电气照明设备接地、特殊建筑物的接地和通信设备的接地。第 5 章人身触电防护及救护，主要介绍的是人身触电的危害与防护措施、人身触电的紧急救护及电气安全工作措施。第 6 章电气设备的继电保护与试验，概述了继电保护的基本知识，介绍了高压输配电线路保护、电力变压器继电保护、高压电动机继电保护以及电气设备常见试验项目与要求。第 7 章电力系统与电气设备的安全

运行，对电力变压器、配电装置、电力线路、电动机的安全运行做了主要介绍，还介绍了其他电气设备的安全运行。第8章电气防火防爆，对电气火灾与爆炸的原因与特点、电气火灾与爆炸的防范措施以及电气火灾与爆炸的扑救方法做了介绍。

本书介绍的各种防雷接地措施及电气安全知识都是目前在大部分工厂、企业得到广泛应用的，更利于读者了解和运用。本书适合电工初学者自学使用，亦可作为广大电气技术人员的参考书。

本书主要由黄威、陈鹏飞、吉承伟编写，参加编写的还有陈莉、黄也嘉、李欢、陈敬文、王燕等。

限于编者的知识和水平，本书的疏漏之处在所难免，因此恳请读者及同行批评指正。

编者

目录

第 1 章	雷电的形成及防护	1
1-1	雷云的形成需要哪些条件?	1
1-2	雷云中的电荷是如何产生的?	2
1-3	雷云是如何放电的?	3
1-4	雷电按危害形式有哪几种?	4
1-5	什么是直击雷?	4
1-6	什么是感应雷?	6
1-7	什么是雷电波侵入?	8
1-8	什么是球雷?	9
1-9	雷电的破坏作用有哪些?	10
1-10	雷电的危害方式有哪些?	11
1-11	雷电造成的灾害如何评估?	13
1-12	防雷的方法有哪几种?	14
1-13	什么是遮盖方法?	14
1-14	什么是堵截方法?	15
1-15	什么是隔离方法?	15
第 2 章	常见的防雷设备结构和选用	17
2.1	防雷设备的类型	17
2-1	防雷工作包括哪些内容?	17
2-2	常用的防雷设备有哪些?	17
2-3	避雷针的作用是什么?	18
2-4	避雷针如何防雷?	18

2-5 避雷线主要用于保护什么?	19
2-6 避雷网和避雷带的使用对象是什么?	19
2-7 电力设备主要由什么保护?	19
2.2 避雷针的结构与选用	20
2-8 避雷针分为哪几类?	20
2-9 常用避雷针由哪几部分组成?	20
2-10 什么是可控放电避雷针?	23
2-11 可控放电避雷针的原理是什么?	23
2-12 使用避雷针根据什么选择?	24
2.3 避雷线的结构与选用	27
2-13 避雷线的基本工作原理是什么?	27
2-14 避雷线的保护范围与什么有关?	27
2-15 避雷线一般采用什么材质?	30
2-16 避雷线有几种使用方式?	30
2.4 避雷器的结构与选用	31
2-17 避雷器的分类有哪些?	31
2-18 避雷器按其电压分为哪几类?	33
2-19 避雷器按其用途分为哪几类?	33
2-20 避雷器的工作原理是什么?	33
2-21 管型避雷器的结构与原理是什么?	35
2-22 阀型避雷器的结构与原理是什么?	37
2-23 阀型避雷器的火花间隙有哪几类?	38
2-24 非磁吹火花间隙的组成及原理是什么?	38
2-25 磁吹火花间隙的组成及原理是什么?	39
2-26 间隙并联电阻的组成及原理是什么?	40
2-27 阀片的作用及基本构成是什么?	42
2.5 防雷接地装置	43
2-28 防雷接地装置由哪几部分组成?	43
2-29 引下线的作用是什么?	43
2-30 防雷装置的引下线应满足何种要求?	43
2-31 接地极的规格尺寸有哪些?	44
2-32 不同防雷接地的接地电阻标准是什么?	46

2.6 电涌保护器	48
2-33 什么是电涌保护器 (SPD)?	48
2-34 电涌保护器的类别有哪些?	49
2-35 电涌保护器采用的元器件有哪些?	52
2-36 电涌保护器有哪些主要技术指标?	53
第3章 电气接地的计算与测量	57
<hr/>	
3.1 电气接地的要求	57
3-1 电气接地设计的目的是什么?	57
3-2 电气接地设计的要求有哪些?	58
3-3 电气接地设计的步骤是什么?	61
3-4 电气接地的范围是什么?	61
3-5 接地装置的一般规定是什么?	64
3-6 发电厂、变电所电气装置的接地装置需满足什么 条件?	66
3.2 电气接地电阻的要求	70
3-7 工频接地电阻的一般要求是什么?	70
3-8 冲击接地电阻的允许值有哪些?	72
3-9 A类电气装置接地的一般规定是什么?	73
3-10 发电厂、变电所电气装置的接地电阻值应符合什么 条件?	74
3-11 架空线路的接地电阻值应符合什么条件?	76
3-12 B类电气装置的接地电阻应符合什么条件?	77
3.3 电气接地体的计算	79
3-13 首先应设法利用什么来计算接地体?	79
3-14 自然接地体的特征是什么?	80
3-15 有哪些设备可以作为自然接地体来计算?	80
3-16 电缆外皮作为自然接地体的计算方法是什么?	80
3-17 2000m 以上的水管作为自然接地体的计算方法是 什么?	81
3-18 自流井插入管作为自然接地体的计算方法是 什么?	82

3-19 人工接地体的计算前提是什么？	82
3.4 电气接地线的选用	83
3-20 电气接地线选用时应遵循什么规则？	83
3-21 如何选择自然接地线？	83
3-22 使用人工接地线时如何选择材质？	84
3-23 人工接地线的选用应考虑的问题有哪些？	84
3.5 防雷设备的检测试验	86
3-24 为什么要测量金属氧化物避雷器的绝缘电阻？	86
3-25 金属氧化物避雷器如何试验？	86
3-26 如何测量运行电压下的交流泄漏电流？	87
3-27 如何利用电流表和电压表测量接地电阻？	89
3-28 发电厂和变电所接地装置及杆塔接地电阻如何 测量？	92
3-29 如何测土壤的电阻系数？	94

第 4 章 电力系统及建筑物接地 96

4.1 电气设备接地	96
4-1 电气接地的基本概念是什么？	96
4-2 接地装置的定义是什么？	96
4-3 什么是接地电流？	97
4-4 如何定义流散电阻和接地电阻？	98
4-5 电气接地的作用是什么？	100
4-6 对地电压和对地电压曲线是什么？	101
4-7 接触电势和接触电压是什么？	102
4-8 跨步电势和跨步电压是什么？	103
4-9 中性点、零点和中性线、零线分别是什么？	103
4-10 接地和接零分别是什么？	104
4.2 电气接地电阻的要求	105
4-11 高压架空线路如何接地？	105
4-12 装设架空避雷线及其他避雷装置作为变电所进出 线段如何接地？	106
4-13 低压架空线路如何接地？	109

4.3 用电设备接地	110
4-14 电弧炉的接地采取何种措施?	110
4-15 大中型电热器的接地采取何种措施?	111
4-16 交流弧焊机的接地采取何种措施?	111
4-17 高频加热和高频焊接设备接地采取何种措施?	113
4-18 电器三芯电源线中接地线的颜色标准是什么?	113
4-19 单相三孔插座的标志以及它的正误接法是什么?	114
4.4 电气照明设备接地	116
4-20 电气照明设备接地需注意什么?	116
4-21 照明线路的工作中性线是否可兼作零线或接 地用?	116
4-22 电气照明线路的接地需采取何种措施?	119
4.5 特殊建筑物接地	121
4-23 露天可燃气储气柜的防雷接地需注意什么?	121
4-24 露天油罐的防雷接地需注意什么?	121
4-25 户外架空管道的防雷接地需注意什么?	122
4-26 水塔的防雷接地需注意什么?	122
4-27 烟囱接地需注意什么?	123
4-28 电视台和微波站的防雷接地分为哪几部分?	123
4-29 广播发射台的接地方式是什么?	124
4-30 卫星地面站的接地方式是什么?	126
4.6 通信设备接地	126
4-31 通信设备接地有哪几类?	126
4-32 工作接地通常采取哪几种方式?	127
4-33 保护接地的措施是什么?	128
4-34 屏蔽接地的措施是什么?	128
4-35 过电压接地的措施是什么?	128

第5章 人身触电防护及救护 130

5.1 人身触电的危害与防护措施	130
5-1 电流对人体有什么危害?	130
5-2 影响电击伤害严重程度的因素有哪些?	130

5-3 人体触电方式和危险性有哪些?	133
5-4 防护触电的基本措施有哪几种?	136
5-5 什么是安全超低压?	136
5-6 如何进行直接接触保护?	137
5-7 什么是间接触电保护(故障情况下的电击保护)? ...	138
5-8 不同的电压等级人体与无遮栏带电体间的最小安全距离 分别是什么?	140
5.2 人身触电的紧急救护	140
5-9 紧急救护的基本原则是什么?	140
5-10 触电急救的要求和方法有哪些?	141
5-11 如何迅速脱离电源?	141
5-12 怎样对触电者进行现场急救?	143
5-13 在脱离电源后需要对伤员进行怎样的处理?	145
5-14 人工呼吸的步骤是什么?	149
5-15 如何进行人工循环(体外按压)?	151
5-16 心肺复苏法的步骤是什么?	155
5-17 心肺复苏的有效指标以及如何转移和终止?	157
5.3 电气安全工作措施	159
5-18 高压设备工作有哪些基本要求?	159
5-19 高压设备的巡视需要注意哪几点?	159
5-20 电气安全工作的组织措施有哪些?	159
5-21 工作票制度有哪些?	160
5-22 工作许可制度有哪些?	164
5-23 工作监护制度有哪些?	164
5-24 工作间断、转移和终结制度有哪些?	165
5-25 电气安全工作的技术措施有哪些?	167
5-26 如何进行停电操作?	167
5-27 验电时应注意的事项有哪些?	167
5-28 装设接地线时应注意什么?	168
5-29 悬挂标示牌和装设遮栏时应注意什么?	170
5-30 在二次回路上工作时应遵循哪些规定?	172
5-31 电气试验有哪些基本规定?	175

5-32 电力电缆工作有哪些基本要求?	178
5-33 电力电缆作业时需要注意的安全措施有哪些?	179
5-34 一般安全措施有哪些?	181

第 6 章 电气设备的继电保护与试验 183

6.1 继电保护概述	183
6-1 继电保护有哪些基本任务?	183
6-2 继电保护的基本原理是什么?	184
6-3 继电保护有哪些基本要求?	187
6-4 继电保护的选择性是什么?	187
6-5 继电保护的速动性是什么?	188
6-6 继电保护的灵敏性是什么?	188
6-7 继电保护的可靠性是什么?	190
6.2 高压输配电线路保护	191
6-8 无时限电流速断保护的工作原理是什么?	191
6-9 无时限电流速断保护的接线方式是什么?	192
6-10 什么是限时电流速断保护?	193
6-11 什么是定时限过电流速断保护?	194
6-12 三段式电流保护装置如何接线?	194
6.3 电力变压器继电保护	196
6-13 电力变压器一般有哪些保护?	196
6-14 如何计算电力变压器的电流速断整定值?	198
6-15 如何计算电力变压器的过电流保护整定值?	199
6-16 如何计算电力变压器的过负荷保护整定值?	200
6-17 什么叫电力变压器的瓦斯保护?	201
6-18 电力变压器的气体保护结构和工作原理是什么?	202
6-19 什么是电力变压器的纵联差动保护?	205
6.4 高压电动机继电保护	206
6-20 高压电动机的继电保护有哪些?	206
6-21 高压电动机如何进行相间保护和过负荷保护?	207
6-22 什么是高压电动机的瞬时电流速断保护?	208
6-23 什么是高压电动机的差动保护?	209

6-24	什么是高压电动机的过负荷保护?	209
6-25	什么是高压电动机的低电压保护?	210
6-26	什么是高压电动机的单相接地保护?	213
6.5	电气设备常见的试验项目与要求	214
6-27	电气试验的分类有哪些?	214
6-28	电气试验人员应具备什么样的素质?	215
6-29	什么是绝缘电阻和吸收比试验?	217
6-30	测量绝缘电阻和吸收比的工作原理是什么?	217
6-31	影响绝缘电阻的因素有哪些?	220
6-32	什么是直流泄漏电流试验?	221
6-33	变压器试验有哪些内容?	222
6-34	高压断路器试验有哪些?	223
6-35	电力电缆如何进行试验?	223

第7章 电力系统及电气设备的安全运行 228

7.1	电力变压器的安全运行	228
7-1	电力变压器的结构形式有哪些?	228
7-2	电力变压器投运前需要做哪些检查?	231
7-3	电力变压器的交接试验项目有哪些?	232
7-4	如何测量绕组连同套管的直流电阻?	233
7-5	如何进行电力变压器绕组连同套管的交流耐压试验?	234
7-6	电力变压器的负荷能力如何计算?	234
7-7	如何搞好电力变压器的运行维护?	235
7-8	如何安全操作电力变压器的投入?	237
7-9	如何安全操作电力变压器的切除?	237
7.2	配电装置的安全运行	238
7-10	配电装置的分类有哪些?	238
7-11	配电装置的安全要求有哪些?	239
7-12	如何进行配电装置的运行维护?	239
7-13	配电装置的检修试验有哪些?	240
7-14	高压少油断路器的检修有哪几方面?	241

7-15 阀式避雷器的试验如何进行?	241
7-16 排气式避雷器的试验如何进行?	243
7.3 电力线路的安全运行	244
7-17 架空线路的运行维护有哪些要求?	244
7-18 电缆线路的运行维护有哪些要求?	245
7-19 车间配电线路的运行维护有哪些要求?	246
7-20 怎样对运行中线路突然停电的事故进行处理?	246
7-21 电力线路的检修如何分类?	247
7-22 如何进行架空线路的检修?	248
7-23 如何进行电缆线路的检修?	249
7.4 电动机的安全运行	249
7-24 电动机的种类和结构有哪些?	249
7-25 如何正确选择电动机?	252
7-26 电动机的保护要求有哪些?	254
7-27 电动机的交接试验有哪些内容?	255
7-28 如何对电动机进行巡视检查?	256
7-29 异步电动机的常见故障及处理方法有哪些?	257
7.5 其他电气设备的安全运行	262
7-30 起重运输设备有哪些类型?	262
7-31 起重机电气装置安全运行有哪些要求?	264
7-32 电梯电气装置安全运行有哪些要求?	267
7-33 手持式和可移式电动工具的含义是什么?	270
7-34 手持式和可移式电动工具的分类有哪些?	270
7-35 手持式和可移式电动工具的绝缘电阻和耐压试验 有哪些要求?	272
7-36 家用电器的安全运行需要注意什么?	273

第8章 电气防火防爆 276

8.1 电气火灾与爆炸的原因与特点	276
8-1 什么是电气火灾? 什么是电气防火?	276
8-2 引起电气火灾的原因有哪些?	276
8-3 电气火灾发生后, 切断电源时必须遵守哪些	

规定?	278
8-4 电气火灾与爆炸具有哪些特点?	279
8.2 电气火灾与爆炸的防范措施	279
8-5 易燃易爆物质如何分类?	279
8-6 防止电气火灾的措施有哪些?	280
8.3 电气火灾与爆炸的扑救方法	283
8-7 电气火灾的扑救方法有哪些?	283
8-8 如何进行断电灭火?	285
8-9 如何进行带电灭火?	286

参考文献

287

雷电的形成及防护

1-1 雷云的形成需要哪些条件?

雷电是雷雨云之间或在云地之间产生的放电现象，雷雨云是产生雷电的先决条件。雷雨云是对流云发展的成熟阶段，它往往是从积云发展起来的。发展完整的对流云，可以分为以下三个阶段。

(1) 形成阶段 这一阶段主要是从淡积云向浓积云发展。云的垂直尺度有较大的增长，云顶轮廓逐渐清楚，呈圆弧状或菜花形，云体耸立成塔状。这样的云我们在盛夏常常看到。在形成阶段中，云中全部为比较规则的上升气流，在云的中上部为最大上升气流区。上升气流的垂直廓线呈抛物线形。在形成阶段，一般不会产生雷电。

(2) 成熟阶段 从浓积云发展成积雨云，就伴随雷电活动和降水，这是成熟阶段的象征。在成熟阶段，云除了有规则的上升气流外，同时也有系统性的下沉气流。上升气流通常在云的移动方向的前部。往往在云的右前侧观测到最强的上升气流。上升气流一般在云的中上部达到最大值，可以超过 $25\sim 30\text{m/s}$ 。

(3) 消散阶段 一阵电闪雷鸣、狂风暴雨之后，雷雨云就进入了消散阶段。这时，云中已为有规则的下沉气流所控制。云体逐渐崩溃，云上部很快演变成中高云系，云底有时还有一些碎积云或碎层云。

1-2 雷云中的电荷是如何产生的?

根据大量科学测试可知,地球本身就是一个电容器,通常带了负电荷 50 万库仑左右,而地球上空存在一个带正电的电离层,这两者之间便形成一个已充电的电容器,它们之间的电压为 300kV 左右,并且场强为上正下负。

当地面含水蒸气的空气受到炽热的地面烘烤受热而上升,或者较温暖的潮湿空气与冷空气相遇而被垫高都会产生向上的气流。这些含水蒸气的空气上升时温度逐渐下降形成雨滴、冰雹(称为水成物),这些水成物在地球静电场的作用下被极化。

负电荷在上,正电荷在下,它们在重力作用下落下的速度比云滴和冰晶(二者称为云粒子)要大,因此极化水成物在下落过程中要与云粒子发生碰撞。碰撞的结果是其中一部分云粒子被水成物所捕获,增大了水成物的体积,另一部分未被捕获的被反弹回去。而反弹回去的云粒子带走水成物前端的部分正电荷,使水成物带上负电荷。由于水成物下降的速度快,而云粒子下降的速度慢,因此带正、负两种电荷的微粒逐渐分离(这叫重力分离作用),如果遇到上升气流,云粒子不断上升,分离的作用更加明显。最后形成带正电的云粒子在云的上部,而带负电的水成物在云的下部,或者带负电的水成物以雨或雹的形式下降到地面。当上面所讲的带电云层一经形成,就形成雷云空间电场,空间电场的方向和地面与电离层之间的电场方向是一致的,都是上正下负,因而加强了大气的电场强度,使大气中水成物的极化更厉害,在上升气流存在情况下更加剧重力分离作用,使雷云发展得更快。

从上面的分析来看,好像雷云总是上层带正电荷,下层带负电荷。实际上气流并不单是只有上下移动,实际运动比这种运动更为复杂。因此雷云电荷的分布也比上面讲的要复杂得多。

根据科学工作者大量直接观测的结果,典型雷云中的电荷分布大体如图 1-1 所示。

科学工作者的测试结果表明,大地被雷击时,多数是负电荷从雷云向大地放电,少数是雷云上的正电荷向大地放电;在一块雷云