

电业工人技术问答丛书

# 高压带电检修 技术问答

国家电力公司华东公司 编

中国电力出版社

电 业 工 人 技 术 问 答 丛 书

---

---

高 压 带 电 检 修  
技 术 问 答

国家电力公司华东公司 编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## — 内 容 提 要 —

本书为《电业工人技术问答丛书》之一。

本书以问答的形式对带电作业中所涉及的基本知识与基本操作,进行了较为系统的介绍,并按力的基本知识,电的基本知识,带电作业基本原理及基本要求,带电作业操作技能,带电作业常用材料、工器具及试验,带电作业的管理等五大部分进行了分章,特别是对近年来发展迅速的配网带电作业作了较大篇幅的阐述,同时也对带电作业的管理提供了参考性的思路。

本书的特点是图文并茂,文字通俗易懂,专业知识由浅入深、由表及里,是一本带电作业的技术与技能方面的实用书,适合于广大从事电网运行、检修人员在带电作业方面的自学与岗位培训之用,也可作为大中专职业学校在带电作业方面的参考书籍。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

高压带电检修技术问答/国家电力公司华东公司编. - 北京:中国电力出版社, 2004

(电业工人技术问答丛书)

ISBN 7-5083-2455-2

I. 高… II. 国… III. 高电压-输配电线路-带电作业-检修-问答 IV. TM726.1-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第098700号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2004年12月第一版 2004年12月北京第一次印刷  
787毫米×1092毫米 32开本 10.125印张 218千字  
印数0001—3000册 定价16.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 电业工人技术问答丛书

## 编委会

主任：冯良芳

副主任：曹寿鹏 沈 炼 罗斌雄 甘霄松

委员：王四知 黄海涛 沈 挺 陈岐山

贾慧莉 葛兢业 吴少伟 韦光庆

王文胜 邹 俭 周云波 黄奇峰

胡国荣 吴书强 曹施忠 陈林生

钟钢军 李长益 宋维宁

本册主编：黄礼平 周云波

主 审：汤之申 吴书强

审 定：李 杰 叶惟辛 甘霄松

参 编：何建军 佘国正 何晓亮 唐国保

张国富 杨 斌

电业工人技术问答丛书  
编委会

主任：冯良芳

副主任：曹寿鹏 沈 炼 罗斌雄 甘霄松

委员：王四知 黄海涛 沈 挺 陈岐山

贾慧莉 葛兢业 吴少伟 韦光庆

王文胜 邹 俭 周云波 黄奇峰

胡国荣 吴书强 曹施忠 陈林生

钟钢军 李长益 宋维宁

本册主编：邵丽东

编 制：徐麟珍 颜祝生 高 锋

主 审：朱玉林

# 前 言

为了提高电力生产运行、检修人员和技术管理人员的技术素质和管理水平,适应工人岗位培训的需要,国家电力公司华东公司组织华东地区有关省、市电力局和发电厂、供电局的有关人员,在1999年出版的10本技术问答的基础上,又补充了17本技术问答。分别为:锅炉检修技术问答、化学检修技术问答、汽轮机检修技术问答、发电厂集控运行技术问答、电机检修技术问答、变电检修技术问答、变压器运行技术问答、高压带电检修技术问答、电测仪表技术问答、送电线路技术问答、电气试验技术问答、配电线路技术问答、内线安装技术问答、电能表校验技术问答、电能表修理技术问答、厂用电安装技术问答、二次线安装技术问答。

丛书本着紧密联系生产实际的原则,采用问答的形式并配以必要的图解,内容以操作技能为主,以基础训练为重点,强调了基本操作技能的通用性和规范性。本丛书内容丰富,覆盖面广,文字通俗易懂,是一套适用性、针对性较强的工人技术培训读物,适合广大电业职工在职自学和岗位培训,亦可作为工程技术人员的参考书。

带电作业具有安全和技术要求高、操作工艺严格、施工过程复杂等特殊性质。因此,如何大胆细致、科学合理地开展带电作业,是从事带电作业工作的专业技术人员与技能人员历来潜心研究的重大课题。

《高压带电检修技术问答》一书,就带电作业常用知识与操作流程等方面进行了阐述,使带电作业的理论培训与实

际操作更具系统性与实效性，希望能对促进带电作业的深入开展起到一定的指导与帮助作用。

本书由黄礼平、周云波同志主编。第一章第四节、第二章第三节、第三章第二节、第四章第二节由黄礼平同志编写，第一章第一节、第四章第一节由周云波同志编写，第二章第二节、第三章第三节由何建军同志编写，第一章第三节、第四章第三节由余国正同志编写，第二章第一节、第三章第一节由何晓亮同志编写，第一章第二节由唐国保同志编写，第五章第一节、第五章第二节由张国富同志编写，第二章第四节由杨斌同志编写。全书由汤之申、吴书强同志主审，李杰、叶惟辛、甘霄松、余涛同志参加了审定工作。

由于带电作业是一门正在发展中的边缘学科，理论上尚需进一步探讨、实践中更需进一步完善，各单位的具体做法一时还难以统一，且也没有统一的必要。同时本书的编写同志水平有限，书中不妥和错误在所难免，欢迎带电作业的同行人多多批评指正。

**编 者**

2004年5月

## 目 录

## 前言

## 第一章 电的基本知识

第一节 直流电路 .....	1
1.1.1 什么是导体？什么是绝缘体？什么是半导体？ .....	1
1.1.2 什么叫电路？它由什么组成？ .....	1
1.1.3 什么叫直流电流？什么叫脉动电流？什 么叫交流电流？ .....	2
1.1.4 什么叫电能？如何计算电的功与功率？ .....	2
1.1.5 什么叫电的热效应？什么叫热稳定？ .....	3
第二节 交流电路 .....	3
1.2.1 什么叫交流电的周期？频率？ .....	3
1.2.2 什么叫工频交流电？ .....	4
1.2.3 什么是交流电的瞬时值、幅值、有效值？ .....	4
1.2.4 什么是交流电三要素？ .....	4
1.2.5 相电压与线电压、相电流与线电流的 关系是怎样的？ .....	5
1.2.6 什么叫容抗？什么叫感抗？什么叫阻抗？ .....	5
1.2.7 怎样计算纯电感交流电路？ .....	5
1.2.8 怎样计算纯电容交流电路？ .....	6
1.2.9 怎样用阻抗三角形法计算 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 电路的阻抗？ .....	7
1.2.10 怎样用复数法计算 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 电路的阻抗？ .....	8



1.2.11	什么叫电路的过渡过程？	8
1.2.12	$RC$ 电路的充电过渡过程是怎样的？	8
1.2.13	$RC$ 电路的放电过渡过程是怎样的？	9
1.2.14	$RL$ 电路接通电源的过渡过程是怎样的？	10
1.2.15	$RL$ 电路退出电源的过渡过程是怎样的？	11
<b>第三节 场</b>		11
1.3.1	什么叫电场？什么叫静电场？	11
1.3.2	什么叫电场强度？	12
1.3.3	什么叫电力线？它有什么特点与作用？	12
1.3.4	什么叫电晕？	12
1.3.5	什么叫静电感应？什么叫静电屏蔽？	13
1.3.6	什么叫击穿？	13
1.3.7	什么叫闪络？	14
1.3.8	什么叫火花放电？	14
1.3.9	什么叫局部放电？	14
1.3.10	什么叫绝缘电阻？	15
1.3.11	什么叫绝缘强度？	15
1.3.12	什么叫电容器？	15
1.3.13	如何计算电容器的能量？	15
1.3.14	人体电容的概念是什么？大体数据是多少？	15
1.3.15	什么叫磁场？	16
1.3.16	什么叫电磁感应？	16
<b>第四节 过电压与绝缘配合</b>		17
1.4.1	什么叫过电压？过电压有几种类型？	17
1.4.2	直击雷过电压是怎样形成的？它与哪些因素有关？	17
1.4.3	什么叫感应雷过电压？它与哪些因素有关？	18
1.4.4	切合空载长线路的过电压是怎样形成的？	19

1.4.5	切空载变压器的过电压是怎样形成的？	19
1.4.6	弧光接地过电压是怎样形成的？	20
1.4.7	谐振过电压是怎样形成的？	20
1.4.8	工频过电压是怎样形成的？	21
1.4.9	如何对内过电压进行合理取值？	21
1.4.10	标准的雷电波波形是怎样的？	22
1.4.11	标准操作波波形是怎样的？	22
1.4.12	什么叫绝缘配合？	23
1.4.13	常用的绝缘配合方法有几种？适用范围是什 么？	23
1.4.14	什么叫惯用法？	23
1.4.15	什么叫统计法？	24

## **第二章 带电作业基本原理及基本要求**

### **第一节 带电作业人员的安全条件** 25

2.1.1	什么叫人体电阻？如何确定人体电阻值？	25
2.1.2	人体对电流的耐受能力如何确定？	25
2.1.3	电流对人体的伤害与哪些因素有关？	26
2.1.4	人体在高压电场中有何感觉？为什么？	27
2.1.5	人体对电场的感知水平是多少？	29
2.1.6	确保带电作业人员安全的基本条件是什么？	29

### **第二节 带电作业常用方法** 29

2.2.1	带电作业方法有几种？如何分类？	29
2.2.2	什么叫地电位作业法？	30
2.2.3	地电位作业法应满足的技术条件是什么？	30
2.2.4	地电位作业法的等值电路如何计算？	31
2.2.5	地电位作业法适用的场合有哪些？	32
2.2.6	什么叫等电位作业法？	32
2.2.7	等电位作业法应满足的技术条件是什么？	32

2.2.8	等电位作业的等值电路如何计算？	33
2.2.9	等电位作业法适用的场合有哪些？	33
2.2.10	什么叫中间电位作业法？	34
2.2.11	中间电位法作业应满足的技术条件是什么？	34
2.2.12	中间电位法作业的等值电路如何计算？	35
2.2.13	中间电位作业法适用的场合有哪些？	36
2.2.14	什么叫绝缘服作业法？	36
2.2.15	绝缘服作业法的技术条件是什么？	36
2.2.16	绝缘服作业法的等值电路如何计算？	36
2.2.17	绝缘服作业法适用于哪些场合？	37
2.2.18	什么叫分相作业法？	37
2.2.19	分相作业法的技术条件是什么？	38
2.2.20	分相作业法的等值电路示意图是怎样的？	38
2.2.21	分相作业时的电容电流如何计算？	39
2.2.22	分相作业法与其他作业法有何特别不同之处？	40
2.2.23	分相作业法适用于哪些场合？	40
<b>第三节 带电作业的安全距离与放电特性</b>		<b>40</b>
2.3.1	什么叫带电作业安全距离？	40
2.3.2	什么叫带电作业的有效绝缘长度？	41
2.3.3	安全距离与有效绝缘长度有何区别？	41
2.3.4	什么叫最少良好绝缘子片数？	41
2.3.5	空气间隙的绝缘强度与什么有关？	41
2.3.6	空气的放电特性是怎样的？	43
2.3.7	绝缘工具的放电特性是怎样的？	44
2.3.8	绝缘子串的放电特性是怎样的？	45
2.3.9	带电作业时单间隙的安全距离有何规定？	45
2.3.10	带电作业时组合间隙的安全距离有何规定？	45
2.3.11	带电作业时各类绝缘工器具的最小有效绝缘长度有何规定？	46

2.3.12 对绝缘子进行带电作业时,良好绝缘子片数有何规定? .....	46
---------------------------------------	----

#### **第四节 带电作业的安全防护 .....** 46

2.4.1 加装绝缘隔离作为防护措施的原理是什么? .....	46
2.4.2 加装保护间隙作为防护措施的原理是什么? .....	47
2.4.3 等电位过渡过程中主要表现的物理现象是什么? .....	48
2.4.4 屏蔽服的基本原理是什么? .....	49
2.4.5 屏蔽服有哪些主要作用? .....	49
2.4.6 屏蔽服有哪些主要技术指标? .....	49
2.4.7 电位转移时,人体裸露部分与带电体之间应保持多少距离? .....	50
2.4.8 为什么绝缘架空地线上有电压? .....	51
2.4.9 在绝缘架空地线上工作应采取哪些安全措施? .....	51
2.4.10 为什么在拆、搭空载线路时,未搭接相(或已拆开相)上有电压? .....	52
2.4.11 在拆、搭空载线路时,应采取什么措施? .....	52

### **第三章 带电作业基本操作技能**

#### **第一节 送电线路带电作业 .....** 54

3.1.1 运行中的绝缘子如何检测? .....	54
3.1.2 运行中的绝缘子如何清扫? .....	57
3.1.3 小型水冲洗使用的主要工具由什么组成? 各有 什么特点与要求? .....	58
3.1.4 带电水冲洗的操作步骤是怎样? .....	60
3.1.5 带电水冲洗对冲洗顺序有什么要求? .....	60
3.1.6 带电水冲洗的安全注意事项有哪些? .....	61
3.1.7 如何用绝缘滑车组法更换 35~220kV 线路直线 整串绝缘子? .....	63
3.1.8 如何用绝缘拉板法更换 35~220kV 线路直线整	

串绝缘子? .....	65
3.1.9 如何用等电位法更换 220kV 线路直线整串绝缘子? .....	67
3.1.10 如何用自动封门卡具法更换 110 ~ 220kV 线路直线单片绝缘子? .....	69
3.1.11 如何用紧线拉杆托瓶架法更换 35 ~ 220kV 耐张单串绝缘子? .....	71
3.1.12 如何用紧线拉杆托瓶架法更换 35 ~ 220kV 耐张双串绝缘子? .....	74
3.1.13 如何用半圆卡具更换 110 ~ 220kV 耐张单片绝缘子? .....	77
3.1.14 如何用朝天滑车法更换 220kV 线路耐张整串绝缘子? .....	78
3.1.15 如何用沿绝缘子串进入电位法更换 220 ~ 500kV 线路双耐张串的单片绝缘子? .....	80
3.1.16 如何更换 500kV 直线塔悬垂串整串或单片悬垂绝缘子? .....	81
3.1.17 如何更换 500kV 直线转角绝缘子整串或单片? .....	84
3.1.18 如何用绝缘软梯法更换导线悬垂线夹及防振锤? .....	86
3.1.19 如何用绝缘硬梯法更换导线悬垂线夹及防振锤? .....	88
3.1.20 如何带电更换 220kV 线路耐张跳线悬垂绝缘子串? .....	89
3.1.21 如何用支线杆吊绳法更换 35 ~ 220kV 线路耐张跳线绝缘子串? .....	91
3.1.22 如何更换 500kV 线路直线双串绝缘子? .....	93
3.1.23 如何更换 110 ~ 220kV 线路耐张跳线引流板? .....	95
3.1.24 如何等电位断、接引线? .....	97
3.1.25 如何用新、旧导线交替法更换 35 ~ 220kV 线路	

导线? .....	99
3.1.26 如何用张力循环法更换架空地线? .....	108
3.1.27 如何用翻转滑车法更换 35 ~ 220kV 线路架空地线? .....	114
3.1.28 如何用新、旧电杆交替法更换 35 ~ 110kV 直线杆? .....	120
3.1.29 如何用加长横担法更换 35 ~ 220kV 线路直线铁塔? .....	128
<b>第二节 配电线路带电作业</b> .....	136
3.2.1 如何带电进行 10kV 拆开、搭上引线? .....	136
3.2.2 如何进行 10kV 带电立杆? .....	146
3.2.3 如何带电进行 10kV 线路更换直线横担? .....	148
3.2.4 如何带电进行 10kV 线路更换直线绝缘子? .....	149
3.2.5 如何带电进行 10kV 线路更换耐张绝缘子串? .....	151
3.2.6 如何带负荷更换 10kV 线路杆上刀闸? .....	152
3.2.7 如何带负荷更换 10kV 柱上开关? .....	154
3.2.8 如何带负荷进行 10kV 直线改耐张加装柱上开关、刀闸? .....	156
3.2.9 如何用旁路电缆法带电更换 10kV 线路导线? .....	160
3.2.10 架空配电线路处理缺陷原则有哪些? .....	170
<b>第三节 变电设备带电作业</b> .....	171
3.3.1 如何对绝缘瓷件进行机械清扫? .....	171
3.3.2 如何对绝缘瓷件进行气吹清扫? .....	174
3.3.3 如何对绝缘瓷件进行水冲洗清扫? .....	176
3.3.4 如何用空气压力法进行套管加油? .....	180
3.3.5 如何用氮气压力法进行套管加油? .....	181
3.3.6 如何用等电位作业法更换隔离开关及断路器? .....	183
3.3.7 如何用中间电位作业法更换隔离开关及断路器? .....	185

3.3.8	如何用等电位作业法更换耦合电容器进行断、接引线? .....	187
3.3.9	如何用中间电位作业法更换耦合电容器进行断、接引线? .....	189
3.3.10	如何更换阻波器? .....	190
3.3.11	如何更换母线耐张单片绝缘子? .....	192
3.3.12	如何更换母线耐张整串绝缘子? .....	194
3.3.13	如何更换母线引流线? .....	196

## **第四章 带电作业常用材料、 工器具及试验**

<b>第一节</b>	<b>常用材料性能及工器具设计原则 .....</b>	<b>198</b>
4.1.1	何为绝缘材料的绝缘电阻? .....	198
4.1.2	何为绝缘材料的介质损耗? .....	199
4.1.3	何为绝缘材料的绝缘强度? .....	200
4.1.4	何为绝缘材料的机械性能? .....	201
4.1.5	何为绝缘材料的工艺性能? .....	201
4.1.6	何为绝缘材料的吸湿性能? .....	201
4.1.7	何为绝缘材料的吸水性及表面憎水性? .....	202
4.1.8	绝缘引拔杆有什么特点? .....	202
4.1.9	绝缘板材、索材有何特点? .....	204
4.1.10	绝缘塑料有哪些? 各有什么特点 .....	205
4.1.11	绝缘材料的常用粘接剂和涂料有哪些? 各有什 么特点? .....	207
4.1.12	金属材料的性能有哪些? .....	207
4.1.13	配网带电作业中使用的绝缘引流线有何要求? .....	209
4.1.14	带电作业工具的选材原则是什么? .....	210
4.1.15	带电作业工具的机械设计原则是什么? .....	214
4.1.16	带电作业工具的电气设计原则是什么? .....	220

4.1.17	带电作业工器具的工艺设计原则是什么？	227
4.1.18	带电作业工具房的设计原则有哪些？	230
<b>第二节 带电作业常用工具的技术要求和试验方法</b>		<b>233</b>
4.2.1	绝缘工具如何分类？	233
4.2.2	对绝缘杆的技术要求和试验方法是什么？	233
4.2.3	对操作杆的技术要求和试验方法是什么？	235
4.2.4	对吊、拉、支杆的技术要求和试验方法是什么？	239
4.2.5	对托瓶架的技术要求和试验方法是什么？	242
4.2.6	对绝缘绳技术要求有哪些？	245
4.2.7	为什么绝缘绳索不能受潮？	250
4.2.8	绝缘软梯的技术要求和试验方法是什么？	251
4.2.9	绝缘绳索类工具技术要求和试验方法是什么？	256
4.2.10	对绝缘斗臂车的技术要求有哪些？	258
4.2.11	绝缘斗臂车的试验如何进行？	264
4.2.12	如何进行绝缘斗臂车预防性试验？	271
4.2.13	如何做绝缘斗臂车的保养、维护及检查？	271
4.2.14	绝缘子卡具的技术要求和试验方法有哪些？	276
4.2.15	对 500kV 四分裂导线飞车的技术要求和试验方法是什么？	287
<b>第三节 安全防护用具</b>		<b>290</b>
4.3.1	带电作业安全防护用具如何分类？	290
4.3.2	绝缘手套技术要求和试验方法是什么？	290
4.3.3	绝缘袖套的技术要求和试验方法是什么？	293
4.3.4	绝缘服（披肩）的技术要求和试验方法是什么？	295
4.3.5	绝缘鞋（靴）的电气性能要求和试验方法是什么？	296
4.3.6	防机械刺穿手套的技术要求和试验方法是什么？	297



4.3.7	绝缘安全帽的技术要求和试验方法是什么? .....	299
4.3.8	硬质遮蔽罩的类别有哪些? .....	300
4.3.9	导线软质遮蔽罩的类别有哪些? .....	301
4.3.10	绝缘毯的类别有哪些? .....	301
4.3.11	硬质遮蔽罩、导线软质遮蔽罩、绝缘毯的试验 如何进行? .....	301
4.3.12	屏蔽服的基本原理是什么? .....	302
4.3.13	屏蔽服有哪些主要作用? .....	302

## **第五章 带电作业的管理**

<b>第一节</b>	<b>人员管理</b> .....	303
5.1.1	带电作业工作人员如何选拔? .....	303
5.1.2	带电作业队伍为什么要保持相对稳定? .....	303
5.1.3	如何搞好带电作业人员的培训? .....	303
5.1.4	对不同的带电作业人员考核侧重点有何不同? .....	304
<b>第二节</b>	<b>项目及工器具管理</b> .....	305
5.2.1	对带电作业常规项目如何管理? .....	305
5.2.2	带电作业工器具如何管理? .....	305
5.2.3	对新项目新工具如何管理? .....	306
附录 1	带电作业技术与工器具国家标准 .....	307
附录 2	带电作业技术与工器具行业标准 .....	308