

新世纪高等职业教育规划教材

Meikuang Diangongxue

煤矿电工学

(修订版)

主 编 王大忠 田树钰

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

新世纪高等职业教育规划教材

煤矿电工学

(修订版)

主 编 王大忠 田树钰

副主编 张文琦 刘 兵 张 琳

中国矿业大学出版社

内容简介

本书较为详细地讲述了矿用馈电开关与磁力启动器、检漏继电器与综合保护装置、煤矿机械的控制设备、工作面供电系统、电气设备的工作原理及常见故障检测,并简要介绍了煤矿供电系统、用电安全技术、交流调速、电工仪表与测量等方面的基础知识。

本书可作为高职、高专及中等职业技术学校相关专业的教材,亦可作为相关专业培训和煤矿机电工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿电工学/王大忠,田树钰主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.1

ISBN 978 - 7 - 81107 - 472 - 7

I. 煤… II. ①王…②田… III. 煤矿—矿山电工 IV. TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 165403 号

书 名 煤矿电工学

主 编 王大忠 田树钰

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 23 字数 570 千字

版次印次 2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书依据教育部制定的《中共中央关于加强素质教育的决定》和煤炭职业教育的特点,组织多所学校示范专业有丰富实践经验的教师编写而成。

职业教育是现代教育体系中的一个重要组成部分,它的任务是培养具有高尚职业道德,主动适应社会需求,既有专业理论知识,又有较高技能的应用型专门人才。本书力求反映近年来煤矿先进技术的发展现状和趋势,符合职业技术教育的教学规律和学生认知规律。本书编写的原则是:保证基础,精选内容,加强概念,面向更新,注重实践,利于自学。

本书的特点有:

(1) 基础理论知识讲授以应用为目的,以“必需、够用”为度。讲清原理,重在供电系统及煤矿电气设备的认知,理论证明和公式推导从简。

(2) 理论知识深入浅出,内容丰富实用,课程体系结构先进。在内容编排上做到相互衔接、配合、和谐、统一,以有利于教师组织教学和学生自学,从而体现适用性。

(3) 紧密结合煤矿生产和教学需要,精选了部分典型设备并对其工作原理予以讲述,以供教师教学时选用。

(4) 本书中关于部分典型矿用电气设备的工作原理、故障分析及排除方法的叙述可以为煤矿现场技术人员和维修工作人员提供参考。

本书由甘肃煤炭工业学校王大忠老师经过多方调查,联系教学和煤矿生产现场实际提出框架设想、撰写编写提纲、把握基本要求,并负责全书的组织、定稿和审阅工作。编写分工为:第一章由淮北职业技术学院机电工程系刘兵编写,第二章、第三章、第五章由甘肃煤炭工业学校王大忠编写,第四章由甘肃煤炭工业学校张文琦编写,第六章、第八章由甘肃煤炭工业学校田树钰编写,第七章由兰州资源环境职业技术学院张琳编写。

本书可作为煤炭行业高职、高专及中等职业技术学校采矿工程、机电工程等专业的教材,同时可供相关专业的电大、自考学生使用,也可作为相关工程技术人员和本科院校师生的参考用书。

在本书编写过程中,华亭煤业集团王治华同志、仇安东同志、丁隆端同志、王祥安同志、靖远煤业公司师瑞祥同志、杨吉文同志、马忠元同志提供了大量资料和帮助,甘肃煤炭工业学校陈杰老师、关书安老师、张廷刚老师、杨桢老师等对书稿编写提出了许多宝贵意见,中国矿业大学王毅成同志绘制了部分插图,作者一并在表示衷心感谢。

煤矿电气设备及电工技术发展迅速,内容广泛,由于时间紧迫和编者水平有限,书中的错误和缺点在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年9月

目 录

第一章 煤矿供电系统	1
第一节 煤矿供电的基本要求	1
一、电力用户的分类	1
二、电能质量的指标	1
三、煤矿供电的基本要求	2
第二节 电网的种类	3
一、发电厂与电力系统简介	3
二、电力系统运行的特点	4
三、电网的种类	4
第三节 地面供电系统	5
一、电力系统的中性点运行方式	5
二、中性线 N、保护线 PE 及保护零线 PEN	6
三、TN 系统及其三种形式	6
第四节 煤矿供电系统	7
一、煤矿常用电压等级	7
二、煤矿供电系统	8
三、矿井各级变电所	11
第五节 矿用电线	15
一、电缆	15
二、电缆支架、缆夹、电缆连接盒与封端盒	18
三、电缆的敷设	19
第六节 隔爆电器的分类与要求	21
一、瓦斯、煤尘的爆炸条件及防爆途径	21
二、矿用电气设备的类型	23
本章小结	24
思考题与习题	25
第二章 馈电开关与磁力启动器	26
第一节 矿用防爆馈电开关	26
一、DW80—200(350)型隔爆自动馈电开关	26
二、DW80—60(120)型隔爆自动馈电开关的工作原理	27
三、BKD ₁ —500/1140(660)型馈电开关	29
四、DWKB30 系列馈电开关	33
五、DKZB—400/1140 型隔爆真空自动馈电开关	36

六、KBZ—450/1140Y 型矿用隔爆移动变电站真空馈电开关	41
七、BKD—400 智能型矿用隔爆真空馈电开关	48
八、DZKD—1140/660 型低压馈电开关	49
第二节 磁力启动器	54
一、QC83—80 型矿用隔爆磁力启动器	54
二、QC83ZI 系列磁力启动器	57
三、QC83ZI—120 I 型磁力启动器	59
四、JDB—120(225)型电机综合保护器	61
五、QCZ83—120(225)型真空磁力启动器	64
六、DQZBH—300/1140JC 型真空磁力启动器	66
七、BQZI—100/660 型矿用隔爆真空磁力启动器	73
八、QJZ—300/1140 隔爆兼本质安全型磁力启动器	76
九、QJZ—400/1140 矿用隔爆兼本质安全型真空磁力启动器	86
十、QJZ—400/1140S 矿用隔爆兼本质安全型双速真空电磁启动器	94
十一、QJR4 矿用隔爆兼本质安全型软启动磁力启动器	103
十二、QBZ—120(2×80)+200/1140 矿用隔爆型双电源、双风扇、多回路 风电闭锁组合开关	115
本章小结	123
思考题与习题	123
第三章 检漏继电器与综合保护装置	124
第一节 检漏继电器	124
一、JY82—2/3 隔爆型检漏继电器	124
二、JL80 系列检漏继电器	127
三、JL82 型漏电继电器	129
四、JL83—660 型旁路接地漏电继电器	132
五、BJJ ₃ 矿用隔爆型选择性漏电继电器	136
六、BJJ ₄ 型检漏继电器	140
七、JJKB30 型隔爆检漏继电器	144
第二节 煤电钻的控制装置	150
一、KSGZ1—4.0/1140 矿用隔爆型电钻变压器综合装置	150
二、ZB82—127/20 型隔爆煤电钻综合保护控制器	156
三、KSGZ 煤电钻变压器组合装置	158
四、BZ80—2.5Z 型煤电钻变压器综合保护装置	160
五、KZB—4.0/2.5 矿用隔爆型煤电钻综合保护装置	163
六、ZZ8L 矿用隔爆型煤电钻综合保护装置	167
第三节 照明与信号综合保护装置	170
一、BBM1—4.0 矿用隔爆型照明变压器综合保护装置	170
二、ZXB—2.5/4 无触点矿用隔爆型照明信号综合保护装置	175

三、ZXZ8—2.5(4)Ⅱ型矿用隔爆照明信号综合保护装置	181
本章小结	185
思考题与习题	185
第四章 煤矿机械控制设备	186
第一节 压气设备的电气控制	186
一、空压机的控制要求及保护元件	186
二、空压机控制线路	189
第二节 局部通风机的控制	192
一、对风电闭锁的要求	192
二、风电闭锁的电控方法	192
第三节 小型绞车电气控制系统	194
一、用鼓形控制器控制线路	194
二、用磁力站加速接触器控制线路	195
第四节 电牵引采煤机电气控制系统	199
一、电牵引采煤机概述	199
二、采煤机电气系统的特点、组成和功能	202
三、电气控制系统的原理	203
四、采煤机电控箱	207
五、可编程控制器	208
六、无线电遥控发射机与端头控制站	209
七、其他电气元件	209
八、变频调速控制箱	210
九、变频调速系统简介	210
十、采煤机电气系统附件	211
十一、采煤机电气系统操作	212
十二、电气控制系统故障分析及处理	214
十三、常见故障的分析及处理方法	215
十四、变频器部分常见故障的分析及处理方法	216
十五、变频器的简单测试	219
第五节 掘进控制系统	219
一、电气系统部分	219
二、结构特征与工作原理	220
三、技术特性	225
四、使用与操作	225
五、故障分析与排除	226
本章小结	226
思考题与习题	227

第五章 高产高效工作面供电系统及电气设备	228
第一节 高产高效工作面供电系统及其特点	228
一、高产高效工作面对供电和电气设备的要求.....	228
二、高产高效工作面供电及电气设备.....	229
三、高产高效工作面供电系统的特点.....	230
第二节 矿用防爆变电站	231
一、干式矿用防爆变压器.....	231
二、高压开关箱.....	232
三、低压开关箱.....	233
第三节 高压侧主要设备及功能	234
一、高压侧开关.....	234
二、高压侧的保护功能.....	235
三、JSC300 固态继电器的工作原理.....	237
四、断路器电动合闸电路的工作原理.....	241
五、SF ₆ N 型断路器自动重合闸电路.....	244
第四节 低压侧主要保护装置及功能	245
一、高灵敏漏电继电器 TEL33(MP).....	245
二、相敏保护单元 RPS10.....	251
三、高灵敏接地保护单元.....	257
四、低压保护室断路器控制电路.....	264
第五节 启动控制设备概述	267
一、高产高效矿井启动设备的特点.....	267
二、LC33 负荷控制中心的主要环节.....	272
第六节 LC33 负荷控制中心的控制系统	277
一、控制系统框图.....	277
二、控制方式.....	277
第七节 LC33 负荷控制中心的故障查寻系统	283
一、故障显示的方式.....	284
二、存储故障的再现.....	284
三、保护跳闸.....	285
四、后备脱扣.....	286
五、电源故障.....	287
六、驱动器元件故障.....	288
七、外部控制接头回路故障.....	288
八、监测系统故障.....	289
第八节 其他启动器	290
一、TD33 型电机启动器.....	290
二、MMS 型电机启动器.....	293
三、MMS/DTU 型带变压器的启动器.....	299

本章小结.....	302
思考题与习题.....	302
第六章 用电安全技术.....	304
第一节 触电的危险及预防方法.....	304
一、触电的危险.....	304
二、防止触电的措施.....	305
第二节 保护接地系统.....	307
一、保护接地的作用.....	307
二、井下保护接地网.....	308
第三节 井下低压电网的漏电保护.....	309
本章小结.....	310
思考题与习题.....	310
第七章 交流调速简介.....	312
第一节 交流调速技术的发展概况.....	312
一、发展过程.....	312
二、交流调速系统分类.....	313
三、交流调速系统的主要应用领域.....	316
第二节 器件技术.....	317
一、电力电子器件.....	317
二、发展前景.....	320
第三节 调速控制方式.....	321
一、电源频率低于工频范围调节.....	321
二、电源频率高于工频范围调节.....	322
三、转差频率控制.....	322
四、恒转矩与恒功率调速机械特性.....	322
第四节 变频调速基础.....	322
一、变频器的类别.....	322
二、变频器的额定值和频率指标.....	323
第五节 变频器工作原理.....	324
一、交-直-交变频器的主电路.....	324
二、单相逆变桥的工作原理.....	326
三、三相逆变桥的工作原理.....	327
四、变频与电压(VVVF).....	328
五、VVVF 的实现.....	330
本章小结.....	334
思考题与习题.....	334

第八章 电工仪表与测量	336
第一节 概述	336
一、电工仪表的分类	336
二、电工仪表常用符号	338
三、电工仪表的型号	338
第二节 常用电工仪表	338
一、磁电式仪表	338
二、电磁式仪表	340
三、电动式仪表	341
四、感应式仪表	342
五、流比计形式仪表	343
第三节 便携式仪表	344
一、万用表	344
二、兆欧表	346
三、钳形表	349
四、接地电阻测量仪	350
第四节 电路参数测量仪器	351
一、交、直流仪器	351
二、其他常用仪表	354
本章小结	356
思考题与习题	357

第一章 煤矿供电系统

煤矿企业的供电系统与一般工业企业的供电系统相比既有相同的地方,同时又有一定的特殊性。

第一节 煤矿供电的基本要求

一、电力用户的分类

使用电能的单位,称为电力用户(简称用户)。电力用户的类型主要有工业用电、农业用电、商业用电和生活用电等。根据用户用电容量的大小,可以接在电网的各个电压等级中。连接在电力系统各级电网上的一切用电设备所需的功率统称为用电负荷(或负载),它包括有功功率和无功功率。电力系统任一时刻发出的有功功率和无功功率总是和负荷相平衡。若系统中电源发出的有功功率小于负荷需要的有功功率,则将使电网频率降低;若无功功率小于负荷需要的无功功率,则将使电网电压降低。

根据用户的重要程度和对供电可靠性的要求,用电负荷可分为三类:

(1) I类负荷。供电中断将造成人身伤亡、设备损坏、产品报废、生产秩序长期不能恢复或使城市生活发生严重混乱的负荷。如炼钢厂、重要矿井、城市重要照明等。对此类负荷,必须有两个以上的独立电源供电。

(2) II类负荷。中断供电将造成产品质量严重下降或产生次品的负荷。如化工厂、纺织厂等。对此类负荷,可以用两个电源供电。

(3) III类负荷。I类、II类负荷以外的负荷,统称为III类负荷。如机修车间、小市镇公共用电等,常用一个电源供电。

二、电能质量的指标

电能与其他产品一样也有其自身的质量要求,中国国家技术监督局相继颁布了涉及电能质量的国家标准,现将几个主要指标介绍如下。

(一) 电压允许偏差

电压偏差的计算公式如下:

$$\text{电压偏差} = [(\text{实际电压} - \text{额定电压}) / \text{额定电压}] \times 100\%$$

《电能质量供电电压允许偏差》(GB 12325—90)规定电力系统在正常运行条件下,用户受电端供电电压的允许偏差值为:

- (1) 35 kV 及以上供电和对电压有特殊要求的用户为额定电压的 $+5\% \sim -5\%$;
- (2) 10 kV 及以上高压供电和低压电力用户为额定电压的 $+7\% \sim -7\%$;
- (3) 低压照明用户为 $+5\% \sim -10\%$ 。

(二) 三相电压不平衡

《电能质量三相电压允许不平衡度》(GB/T 15543—1995)适用于交流额定频率为 50 Hz、电力系统正常运行方式下由于负序分量而引起的 PCC 点连接点的电压不平衡,该标准规定:电力系统公共连接点正常运行方式下不平衡度允许值为 2%,短时间不得超过 4%。

标准还规定:不平衡度允许值是指在电力系统正常运行的最小方式下负荷引起的电压不平衡度在生产(运行)过程中的最大实测值。在确定三相电压不平衡指标时,该标准还规定用 95% 概率值作为衡值,即正常运行方式下不平衡度允许值。对于波动性较小的场合,应和实测值的五次接近数值的算术平均值对比;对于波动性大的场合,应和实际测量的 95% 概率值对比,以判断是否合格。其短时允许值是指任何时刻均不能超过的限制值,以保证保护和制动装置的正确动作。

(三) 电网频率

《电能质量电力系统频率允许偏差》(GB/T 15945—1995)中规定:电力系统频率偏差允许值为 0.2 Hz,当系统容量较小时,偏差值可放宽到 $+0.5 \sim -0.5$ Hz,标准中并没有说明容量大小的界限,而在《全国供电规则》中有规定:“供电局供电频率的允许偏差:电网容量在 300 万 kW 及以上者为 0.2 Hz;电网容量在 300 万 kW 及以下者为 0.5 Hz。”在实际运行中,我国规定各省电力系统频率偏差都保持在 $+0.1 \sim -0.1$ Hz 的范围内,这点在电网质量中最有保障。

(四) 波形

正常情况下,要求电力系统的供电电压(或电流)的波形为正弦波。为此,要求发电机首先要发出符合标准的正弦波电压。其次,在电能的输送和分配过程中不应使波形产生畸变。再次,还应注意负荷中谐波源(整流装置等)的影响,必要时可采取措施消除谐波的影响。

(五) 供电可靠性

供电可靠性是衡量电能质量的一个重要指标,一般以全年平均供电时间占全年时间的百分数来衡量供电可靠性的高低。如某电力用户全年平均停电 48 h,停电时间占全年时间的 0.55%,则供电的可靠性为 99.45%。

三、煤矿供电的基本要求

(一) 供电可靠性

矿井一旦断电,不仅会影响产量,而且会使矿井排水、通风等系统瘫痪,造成淹井、瓦斯积聚、设备损坏或人身伤亡事故,严重时将毁掉矿井。煤矿属于 I 类负荷,对供电可靠性的要求很高。

《煤矿安全规程》第四百四十一条规定:

矿井应有两回路电源线路。当任一回路发生故障停止供电时,另一回路应能担负矿井全部负荷。年产 60 000 t 以下的矿井采用单回路供电时,必须有备用电源;备用电源的容量必须满足通风、排水、提升等的要求。

矿井的两回路电源线路上都不得分接任何负荷。

正常情况下,矿井电源应采用分列运行方式,一回路运行时另一回路必须带电备用,以保证供电的连续性。

10 kV 及以下的矿井架空线路不得共杆架设。

矿井电源线路上严禁装设负荷定量器。

(二) 安全性

矿井生产环境复杂,自然条件恶劣,供电线路和电气设备容易受损坏,可能造成人身触电和电火花引起的火灾或瓦斯、煤尘爆炸等事故。因此,必须采取防爆、防触电、防潮及过流保护等全面的安全技术措施。对此,《煤矿安全规程》中有详细、严格的规定。

(三) 技术合理性

供电质量要符合本节第二部分的各项要求。

(四) 经济性

在符合以上要求的前提下,应力求供电系统简单、安装运行操作方便、建设投资少和运行维护费用低等。

第二节 电网的种类

由于电能生产、分配和取用都很方便,且易于控制、易于实现自动化,因此在工农业生产、交通运输、科学技术、国防建设和人民日常生活等方面都得到了广泛使用。

我国的电力工业是伴随着新中国的成长而逐步发展起来的。特别是在 20 世纪 80 年代后期以来,“多家办电”政策的实施,使电力工业得到了蓬勃发展。1987 年,我国发电装机容量达到 1 亿 kW;1995 年,超过 2 亿 kW;2000 年 4 月,突破了 3 亿 kW;2004 年 5 月底,突破了 4 亿 kW。1978 年全国发电量 2 565 亿 kW·h,1987 年达 4 973 亿 kW·h,1995 年达 10 070 亿 kW·h,1999 年达 12 300 亿 kW·h,而在 2004 年 1~4 月份就达到 6 473.14 亿 kW·h。即使这样,电力工业与整个国民经济的发展也呈现出很大的不适应性,2003 年我国出现了全国性的缺电,2004 年夏季全国各地出现的大面积“电荒”现象则进一步说明了电力工业发展的滞后。

一、发电厂与电力系统简介

电能一般是在电厂中产生的二次能源。根据用于生产电能的一次能源的种类,我们常将发电厂分为火电厂、水电厂(站)、核电站。此外,还有太阳能发电厂、潮汐发电厂、风力发电厂、地热发电厂等。

世界上许多国家在煤炭、石油等能源的产地建设大型火电厂,以节约燃料运输费用;水电厂则建设在水流落差较大的河段。而负荷中心一般集中在城市、工业中心等地。因此,发电厂和用电负荷中心往往相距几十、几百甚至数千千米,这就需要用电力线路作为输送电能的通道。其中将电能从发电厂(站)送到负荷中心的线路叫输电线路,将负荷中心的电能送到各用户的线路叫配电线路。负荷中心一般设有变电所或配电所,用来实现电能的变换、分配和控制。变电所有升压变电所和降压变电所两种,升压、降压是通过变压器完成的。

由发电厂中的电气部分(如发电机)、各类变电所以及输电、配电线路和各种类型的用电设备组成的整体,称为电力系统。它可以实现电能的生产、输送、分配和使用的全过程。现在,电力系统在我国分为地区级、省级、省际级几类。2004 年,我国实现了华北、东北两个系统及华南、西南等大的电力系统之间的联合,2004 年 1~4 月,仅华东电网就接受华中电网 54.08 亿 kW·h、华北电网 36.97 亿 kW·h 的电能。在不久的将来,我国的电力系统会成为一个

联合电力系统。

联合电力系统在技术和经济上的主要优点有：

- (1) 供电可靠性更高；
- (2) 电能质量更高；
- (3) 可减少系统备用容量，提高设备利用率；
- (4) 便于采用大容量机组，一般机组容量越大，技术经济性能越好；
- (5) 可以合理利用动力资源，提高系统运行的经济性。

二、电力系统运行的特点

电力系统运行的特点主要有：

(1) 电能生产、输送和使用的连续性。电能不能大量、廉价地储存，发、变、输、配及用电是在同一瞬间进行的，所以，电力系统各环节所有设备、元件都应有很高的可靠性，使其能安全、经济、连续地运行，以保证对用户不间断地供电。

(2) 与国民经济的各个部门及人们的生产、生活密切相关。电力工业与国民经济、人们的生产、生活关系极为密切，电能供应不足或中断，将直接影响经济发展和人们的正常生活，对某些用户甚至会造成产品报废、设备损坏以及危及人身安全等严重后果。这就对电力系统运行的可靠性和电能质量提出了更高的要求。

(3) 暂态过程非常短暂。电力系统由于参数突变引起的电磁暂态过程是非常短暂的。电力系统运行必须采取自动化程度高、能快速而准确动作的保护及制动装置和监测控制设备。

三、电网的种类

(一) 电网的概念、作用

电力系统中各种电压等级的变电所及其连接的电力线路，叫做电力网，简称电网。电网的任务是输送和分配电能，并根据运行的需要调整电压。

(二) 电网的种类

(1) 电网按电压高低和供电范围大小可分为区域电网和地方电网。一般地，电压在 110 kV 以下的电网，电压较低，输送功率较小，传输距离短，主要供电给本地负荷，称为地方网；电压在 110 kV 及以上的电网，电压较高，输送功率大，传输距离长，主要供电给大型区域性变电所，称为区域网。随着国民经济的发展，地方网的电压等级也在提高，甚至可达 220 kV。根据供电地区的不同，地方电网可分城市电网（简称城网）和农村电网（简称农网）。

(2) 电网按接线方式分为一端电源供电的电网、两端电源供电的电网、多端电源供电的电网三类。

(3) 电网按电源数量又分为：一端电源供电的电网，又称为开式网；两端或多端电源供电的电网，又称为闭式网。

(4) 单纯按电压等级的高低，可将电网分为低压、高压、超高压和特高压几种：电压在 1 kV 以下的为低压电网；3~330 kV 的为高压电网；330~1 000 kV 的为超高压电网；1 000 kV 以上的为特高压电网。

(三) 常见的各级电压电网的供电范围

在输电距离和输送功率一定的条件下，电网的电压等级愈高，导线中的电流就愈小，电

网中功率损耗和电能损耗也愈小,且可以采用较小截面的导线。但电压愈高,电网的绝缘费用就愈高,杆塔、变电所的构架尺寸增加,投资也就增加。所以,对一定的输电距离和功率,要选择一个技术上、经济上均合理的电压。

各级电压电网的经济输送容量和输送距离见表 1-1。

表 1-1 各级电压电网的经济输送容量与输送距离

额定电压/kV	传送方式	输送容量/kW	输送距离/km
0.22	架空线路	50 以下	0.15
0.22	电力电缆	100 以下	0.2
0.38	架空线路	100	0.25
0.38	电力电缆	175	0.35
3	架空线路	100~1 000	1~3
6	架空线路	2 000	3~10
10	架空线路	3 000	5~15
10	电力电缆	5 000	10 以内
35	架空线路	2 000~10 000	20~50
60	架空线路	10 000~30 000	30~100
110	架空线路	10 000~5 000	50~150
220	架空线路	100 000~500 000	200~300
500	架空线路	500 000 以上	300 以上

第三节 地面供电系统

一、电力系统的中性点运行方式

在三相交流电力系统中,作为供电电源的发电机和变压器的三相绕组为星形连接时,其中性点可有三种运行方式:中性点直接接地、中性点经阻抗(消弧线圈或电阻)接地和中性点不接地。中性点直接接地系统称为大电流接地电力系统,也称为中性点有效接地系统。中性点经阻抗(消弧线圈或电阻)接地以及中性点不接地系统称为小电流接地系统,也称为中性点非有效接地系统或中性点非直接接地系统。中性点运行方式的选择主要取决于单相接地时电气设备的绝缘要求及供电的可靠性。

我国 110 kV 及以上的超高压系统的电源中性点通常都采用直接接地的运行方式。在 380/220 V 地面低压供电系统中,亦广泛采用中性点直接接地的运行方式,此时火线对地电压为相电压,故可接单相负荷。

二、中性线 N、保护线 PE 及保护零线 PEN

(一) 中性线 N

中性线俗称零线,以符号 N 表示。中性线引自电源中性点,其功能有:

- (1) 用来通过单相负荷的工作电流;
- (2) 用来通过三相电路中的不平衡电流以及三次谐波电流;
- (3) 使不平衡三相负荷上的电压均等;
- (4) 当设备的金属外壳与之相连之后,还能防止人体的间接触电。

(二) 保护线 PE

以防止触电为目的而用来与设备或线路的金属外壳、接地母线、接地端子、接地极、接地金属部件等作电气连接的导线导体称之为保护线。保护线以 PE 表示,如 IT 系统和 TT 系统中的设备金属外壳与地之间的连接线便是。

(三) 保护零线 PEN

当零线 N 与保护线共为一体,同时具有零线与保护线两种功能的导线称之为保护零线或保护中性线,以符号 PEN 表示。

三、TN 系统及其三种形式

电源系统有一点(通常是中性点)接地,负载设备的外露可导电部分(如金属外壳)通过保护线连接到此接地点的低压配电系统,统称为 TN 系统。依据零线 N 和保护线 PE 的不同安排方式,TN 系统可以分为以下三种形式。

(一) TN—C 系统

这种系统的 N 线和 PE 线合为一根 PEN 线,所有设备的外露可导电部分均与 PEN 线相连。在这种系统中,当三相负荷不平衡或只有单相用电设备时,PEN 线中有电流通过。这种系统投资较省,又可节约导线,在一般情况下,如果开关保护装置和 PEN 线截面选择适当,是能够满足供电的可靠性和用电的安全性要求的。TN—C 系统目前我国应用得最为普遍。

TN—C 系统的缺点是当 PEN 线断线时,在断线点 P 后的设备外壳上,由于负载中性点偏移,可能出现危险电压。更为严重的是,倘若断线点后某一设备发生“碰壳”故障,开关保护装置不会动作,致使断线点后所有采用保护接零的设备外壳上都将长时间带有相电压。

(二) TN—S 系统

这种系统的 N 线和 PE 线是分开设的,所有设备的外露可导电部分只与公共的 PE 线相连。在 TN—S 系统中,N 线的作用仅仅是用来通过单相负载电流和三相不平衡电流,故称之为工作零线。对触电起保护作用的是 PE 线,故有保护零线之称。显然,由于 N 线和 PE 线的功能不同,作用各异,故自电源中性点后,N 线与 PE 线之间以及对地之间均须加以绝缘。

TN—S 系统的优点:

(1) 一旦 N 线断线,只使用电设备不能正常工作,而不会导致在断线点后的设备外壳上出现危险电压。

(2) 即使负荷电流在零线上产生较大的电位差,与 PE 线相连的设备外壳上仍能保持零电位,而不至于出现危险电压。

(3) 由于 PE 线在正常情况下没有电流通过,因此用电设备之间不会产生电磁干扰,这种系统适于对数据处理、精密检测装置的供电。

TN—S 系统消耗的导电材料较多,投资较大,但由于有上述优点,适用于环境条件较差、对安全可靠要求较高及设备对电磁干扰要求较严的场所。

(三) TN—C—S 系统

这种系统前边为 TN—C 系统(即 N 线和 PE 线是合一的),后边是 TN—S 系统(即 N 线和 PE 线是分开的,且分开后不允许再合并)。因此,这种系统兼有 TN—C 系统和 TN—S 系统的特点,保护性能介于两者之间,常用于配电系统末端环境条件较差或有数据处理等设备的场所。

第四节 煤矿供电系统

一、煤矿常用电压等级

根据煤矿生产的特殊条件,有关部门制定了煤矿常用电压等级及应用范围,见表 1-2。

表 1-2 煤矿常用电压等级及其应用范围

电压/kV	应 用 范 围	备 注
0.036 及以下	井下电气设备的控制及局部照明	
0.127	井下照明及手持式煤电钻	
0.22	矿井地面照明	
0.25	电机车	直流
0.38	地面及井下低压动力	现有小型煤矿井下用
0.5	电机车	直流
0.66	井下低压动力	
0.75	露天煤矿工业电机车	直流
1.14	井下综合机械化采区动力	
1.5	露天煤矿工业电机车	直流
6	井上、下高压电机及配电电压	
10	井上、下高压电机及配电电压	
35 及 60	一般用于矿区配电或受电电压	
110	主要作矿区受电电压,大型矿区也作配电电压	

《煤矿安全规程》第四百四十八条规定:

井下各级配电电压和各种电气设备的额定电压等级应符合下列要求:

- (1) 高压不超过 10 000 V。
- (2) 低压不超过 1 140 V。