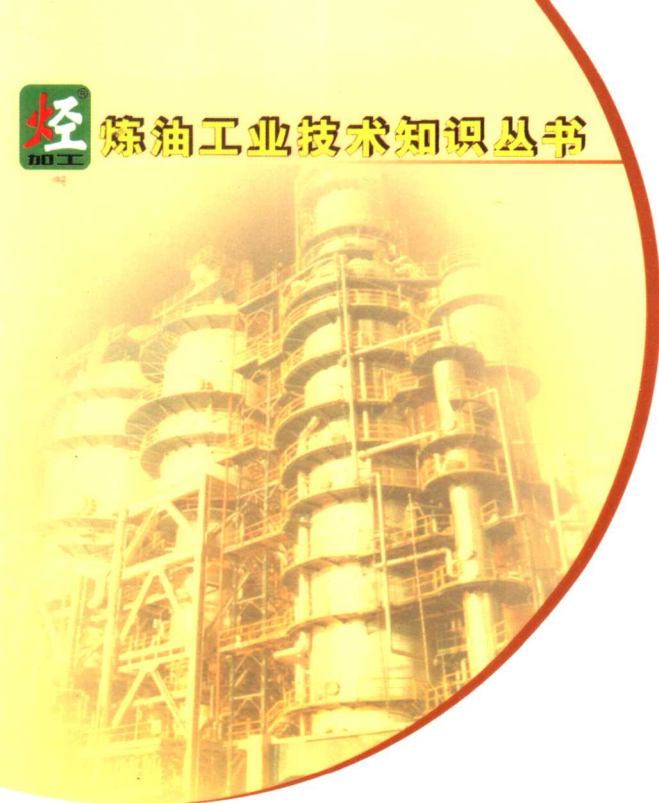




炼油工业技术知识丛书



◇ 刘文福 等编著

电气设备

中国石化出版社

炼油工业技术知识丛书

电 气 设 备

刘文福 等编著

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气设备/刘文福等编著.
—北京:中国石化出版社,2005
(炼油工业技术知识丛书)
ISBN 7-80164-877-3

I. 电… II. 刘… III. 炼油厂—电气设备
IV. TE683

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 090600 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

850×1168 毫米 32 开本 10.875 印张 284 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

《炼油工业技术知识丛书》

编委会

主 任：凌逸群

副 主 任：王子康

技术顾问：龙 军 方向晨 李 平
王 强 王治卿

编 委：（按姓氏笔画排序）

仇性启	华 炜	吕亮功	吕家欢
孙肇林	宋天民	陈保东	郑世桂
赵培录	高步良	梁凤印	梁文杰
梁朝林	赖光愚	廖士刚	

序

随着我国石油化学工业的不断发展，炼油技术也在不断进步，炼油企业管理水平不断提高。与之相应，炼油行业十分迫切需要既掌握炼油理论知识、又拥有丰富生产经验和较高技术管理水平技术人员与管理队伍。近些年来，在石化企业中，由于很多老职工和老技术人员相继退休，离开了工作岗位，取而代之的是一大批年轻职工和许多参加工作不久的技术和管理人员。他们走上炼油行业关键技术和管理岗位后，迫切需要补充炼油技术知识。

为了确保装置安稳长满优运转，提高炼油企业的国际竞争能力，提高职工队伍的整体素质，造就一大批懂管理、懂技术的人才，非常有必要在广大炼化企业职工中大力传播专业技术知识，推广科学技术，营造比学赶帮超的良好学习氛围。为了适应这一需要，中国石化股份公司炼油事业部和中国石化出版社及时组织编写了《炼油工业技术知识丛书》。

参加该丛书编写的作者来自于各炼化企业、科研院所和大专院校，他们都是石油化工领域的专家和长期工作在生产一线的技术骨干。在编写过程中，他们将自己的丰富学识与多年的生产实践经验相结合，并查阅大量文献资料，精心编写。可以说，这套丛书的每一分册都

是作者的智慧结晶。丛书按装置和专业设分册编写、出版，既考虑炼油厂装置的实际情况，也考虑炼油企业岗位不同工种的学习需要。在介绍基本理论、基本知识的基础上，紧密结合炼油企业生产和技术管理的实际，注重理论与实践相结合。在文字表述方面，力求通俗易懂，深入浅出。

纵观丛书，最大的特色是理论与实际相结合，且系统性强，基本上涵盖了炼油工业技术的基础知识。该丛书的出版发行，有利于普及炼油工业技术知识，有利于提高炼油企业职工素质，有利于总结生产经验，能更好地为炼油装置的安稳长满优运行服务。我相信，《炼油工业技术知识丛书》的出版，将为行业内人员提供一套比较完整的炼油技术知识参考书，在加强技术传播、促进技术交流、推广技术应用、指导生产实践等方面会起到积极的作用，得到广大炼油行业从业人员的热烈欢迎。



中国工程院院士

前 言

电能是现代工业生产的主要能源，而电气设备又是生产、输送和分配电能的关键设备。只有真正熟悉其结构，了解掌握各种电气设备的运行特点，才能正确分析、准确判断并处理设备故障，从而保证供、配电系统的安全与稳定运行，这对我国的经济的发展具有十分重要的意义。

书中着重介绍了炼油厂高、低压电气设备的结构、工作原理及设备性能和技术参数，并对常用电气设备的运行、维护、管理及异常运行和故障处理作了较详细论述。

该书词句精炼，内容通俗、易懂，并力求突出实用性。

本书适用于从事变、配电工作的中、高级技术人员，对初到工作岗位的工程技术人员、设备管理人员均有很高的阅读价值。

书中第一章、第二章由刘文福编写；第三章的第一节、第六章的第一～三节及第七章由陈雪娟编写；第三章的第二节及第五章由苏存梅编写；第四章、第六章的第四节及第八章由吕英编写。

由于编者水平所限，书中难免会出现不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 我国电气设备发展概况	(2)
第二节 电气设备中的电弧	(4)
一、电弧的产生	(4)
二、电弧的熄灭	(5)
三、交流电弧的特性	(6)
四、开关电器中常用的灭弧方法	(6)
五、对电器触头的基本要求	(9)
第二章 高压开关电器	(11)
第一节 高压隔离开关	(11)
一、高压隔离开关的用途与要求	(11)
二、高压隔离开关的类型及结构	(12)
三、高压隔离开关的操动机构	(18)
四、高压隔离开关的选择、运行与维护	(20)
第二节 高压熔断器	(25)
一、高压熔断器的保护特性	(25)
二、高压熔断器的型号、类型和结构	(26)
三、高压熔断器的技术数据	(29)
四、高压熔断器的选择、运行和维护	(30)
第三节 高压负荷开关	(32)
一、高压负荷开关的类型和结构	(32)
二、高压负荷开关的运行和维护	(36)

第四节 高压断路器	(37)
一、高压断路器操作系统基本工作原理	(37)
二、高压断路器的类型及其技术参数	(40)
三、油断路器的结构和工作原理	(43)
四、真空断路器	(53)
五、六氟化硫(SF ₆)断路器	(60)
六、高压断路器的运行、维护及故障处理	(67)
第五节 高压断路器的操动机构	(72)
一、高压断路器的操动机构及其控制回路	(73)
二、高压断路器操动机构的故障处理	(96)
第六节 重合器与分段器	(100)
一、重合器	(101)
二、分段器	(102)
第七节 高压电气设备的选择	(104)
一、按正常工作条件选择电气设备的额定值	(104)
二、按短路故障条件校验电气设备的动稳定度 和热稳定度	(105)
第三章 电力变压器和仪用互感器	(109)
第一节 电力变压器	(109)
一、电力变压器的分类	(109)
二、电力变压器工作原理	(110)
三、变压器型号及主要技术参数	(115)
四、变压器的结构和各部件的作用	(125)
五、变压器的运行和常见故障处理	(135)
六、新型电力变压器	(147)
第二节 仪用互感器	(153)
一、电流互感器	(153)
二、电压互感器	(165)

第四章 其他高压电器	(181)
第一节 电抗器和消弧线圈	(181)
一、电抗器	(181)
二、消弧线圈	(184)
第二节 避雷器和移相电容器	(189)
一、避雷器	(189)
二、移相电容器	(196)
第三节 母线和绝缘子	(200)
一、母线	(200)
二、绝缘子	(205)
第五章 低压电气设备	(209)
第一节 刀开关	(209)
一、刀开关	(209)
二、负荷开关	(211)
三、组合开关	(216)
四、熔断器式刀开关	(218)
第二节 自动空气断路器	(219)
一、自动空气断路器的结构及工作原理	(219)
二、常用自动空气断路器	(221)
三、自动空气断路器的一般选用原则	(227)
四、自动空气断路器的使用注意事项	(228)
五、自动空气断路器的常见故障及处理	(228)
第三节 熔断器	(229)
一、熔断器的主要技术参数	(229)
二、常用的低压熔断器	(230)
三、熔断器的选择	(236)
四、熔断器的安装与使用	(237)
第四节 交流接触器	(238)

一、交流接触器的结构和工作原理	(238)
二、交流接触器的主要技术参数	(242)
三、交流接触器的选用	(242)
四、交流接触器的使用注意事项	(243)
五、交流接触器的常见故障及处理方法	(244)
第五节 热继电器	(245)
一、热继电器的结构及工作原理	(245)
二、热继电器的型号和主要技术参数	(249)
三、热继电器的选择	(250)
四、热继电器的使用	(251)
五、热继电器的常见故障及处理方法	(251)
第六章 成套配电装置	(253)
第一节 高压成套配电装置	(253)
一、高压成套开关设备综述	(253)
二、操作程序及联锁	(254)
三、高压金属封闭开关设备	(255)
四、高压成套装置的选用和技术要求	(259)
五、常用高压成套装置	(262)
六、高压开关柜投运前的检查和运行巡视	(273)
第二节 低压成套配电装置	(275)
一、低压成套配电装置的分类	(276)
二、常用低压开关柜	(276)
三、低压开关柜的使用和维护	(282)
第三节 箱式变电站	(282)
一、箱式变电站的特点和适用范围	(283)
二、ZBW 型箱式变电站	(285)
三、箱式变电站的使用与维护	(287)
第四节 组合电器	(288)
一、GIS 的分类和主要技术参数	(288)

二、GIS 的基本结构	(291)
三、GIS 投入前的检查和试验	(298)
四、GIS 运行中的巡视检查及注意事项	(298)
五、GIS 异常情况的处理	(299)
第七章 变电所直流电源	(300)
第一节 铅酸蓄电池直流电源	(300)
一、铅酸蓄电池的构造及工作原理	(300)
二、蓄电池的选择	(303)
三、铅酸蓄电池的使用方法	(305)
四、GFM 型阀控式铅酸蓄电池	(306)
第二节 GCA 系列硅整流充电装置及直流监察	(307)
一、GCA 系列硅整流充电装置	(307)
二、直流系统绝缘监察	(309)
第三节 高频开关电源直流系统	(314)
一、高频开关电源模块	(314)
二、JIAN - MC22020 高频开关电源模块	(318)
第八章 电动机	(323)
第一节 三相异步电动机	(323)
一、三相异步电动机的工作原理	(323)
二、三相异步电动机的分类	(324)
三、三相异步电动机的结构	(325)
四、三相异步电动机的铭牌	(326)
五、异步电动机的使用与维护	(327)
第二节 防爆电动机	(329)
一、防爆电动机的分类	(329)
二、各类防爆电动机	(330)
三、石化系统用防爆电机发展趋势	(334)

第一章 概 论

电能具有效率高、控制方便等优点。因此，无论在工、农业生产还是在日常生活中，人们每天都离不开电。换句话说，人们每天都在和电气设备打交道。从某种意义上讲，电气设备制造质量的先进程度已成为衡量一个国家是否发达的主要标志之一。

在电力系统中，电气设备担负着从发电、输电、变电、配电和用电的全部工作任务。其性能、功用及完好状态，将直接影响到电力系统的安全与稳定运行。所以，电气设备的正确选择与安装、合理运行和正确维护对保证正常供电至关重要。

电气设备的种类很多，按其在电力系统中的作用可大致分为以下几类：

发电设备 是用来将机械能转变为电能的设备，如同步发电机；

变换设备 是用来变换电能电压或电流的设备，如电力变压器、电压互感器和电流互感器；

控制设备 是用来控制电路通断的设备，如各种高、低压开关电器；

保护设备 是用来防护电路过电流或过电压的设备，如高、低压熔断器和避雷器；

补偿设备 是用来补偿电路的无功功率的设备，如高、低压移相电容器；

成套设备 是按照一定的线路设计方案将有关一、二次设备组合而成的电气设备，如高压开关柜、低压配电屏、高低压电容器柜、直流电源屏、箱式变电站和全封闭式组合电器等；

用电设备 是用来将电能转变为机械能、光能、热能等的设备，如高、低压电动机、各种光源及电炉等。

鉴于文章篇幅所限，本书内容只涉及工厂供、配电系统的主要电气设备，对发电设备不予讨论。为了结合石化行业特点，对防爆电动机的结构和性能作了简明介绍。

第一节 我国电气设备发展概况

近年来，随着我国国民经济的迅速发展，电力建设为我国工农业的发展创造了先行条件。高、低压电器的新技术、新产品、新标准发展很快，其中

油断路器 随着对高压断路器高可靠性、免维护、智能化、无油化要求的逐步提高，油断路器的生产已受到限制。

真空断路器 具有无油化和维修周期长的特点，在电压等级 10kV 和 35kV 中，尤其在 10kV 电压等级，真空断路器较 SF₆ 断路器已占绝对优势。我国自行设计的真空断路器和原北京开关厂引进的西门子公司真空断路器产品具有国际先进水平。

SF₆ 断路器 同样具有维修周期长的优点，在电压等级为 110kV 及以上断路器中占有绝对优势。国内厂家主要生产压气式 SF₆ 断路器，目前北京 ABB 和杭州西门子等公司均生产技术经济指标更加先进的、利用电弧本身能量灭弧的热膨胀式断路器。其操作功率仅为单压式的 1/4 ~ 1/3，故可以使用可靠性较高的弹簧操动机构，免除了液压气动机构的漏液、泄气隐患，提高了供电系统的可靠性和安全性。

自动重合器 有多次重合闸功能，既可在变电所内安装，也可在配电线路柱上安装。SF₆ 重合器是将二次回路的继电保护功能与断路器的分合功能融为一体，而构成的一种高智能化的开关设备，重合器与分段器配合使用，自动完成预期的分合及闭锁操作，具有检测与控制操动能力。

电压、电流互感器 其制造技术比较成熟，已将新型充气式电压互感器用于 SF₆ 全封闭组合电器中。此外，电压、电流变送器可用于监测系统的电压、电流的实际运行电参数，其输出成比例的模拟直流量可由常规 RTU 或其他采集装置接收，成为自动

遥测系统的前置交流电量变换设备。

高压电瓷及避雷器 近年来也有较大发展，玻璃绝缘子、有机复合绝缘子在电气行业得到广泛应用，改变了过去瓷绝缘子一统天下的格局。避雷器基本上被 ZnO 避雷器全部占有。有机复合外套 ZnO 避雷器因其具有尺寸小、重量轻、耐污秽等优点，近年来市场占有率逐年加大。

移相电容器 行业的发展趋势主要有以下几个方面：一是在产品结构上重点发展全膜介质高压移相电容器及其成套装置；二是发展小型化、柱上式、可靠性高和维护方便的产品和装置。近几年，低压自愈式移相电容器已得到广泛应用。

电力变压器 国内许多变压器制造厂引进先进的制造技术和设备，迅速发展了全密封式变压器、环氧树脂干式变压器。除了满足低损耗、小型化、无油化、自动化、高可靠性要求外，还研制了 SF₆ 气体绝缘变压器及耗能更低的非晶合金铁芯变压器 (AMDT)。目前，低损耗 S9、S10 系列变压器已得到广泛应用，我国自行设计的 SH11 系列和引进制造技术生产的 SH-M 型非晶合金铁芯变压器也正在大力推广之中。

高压开关柜 采用 IEC 标准。我国于 20 世纪 80 年代后期设计生产了 KGN 系列固定式金属铠装开关柜、JYN 移开式金属封闭间隔型开关柜和 KYN 移开式金属铠装开关柜，均具备“五防”功能。现在，KYN 型中置式结构的高压开关柜，已经受到用户的欢迎。智能型高压开关柜将是配电网自动化广泛采用的产品，它除了能满足配电自动化要求的电压、电流、功率测量和保护功能外，还有自身状态检测功能。与远方终端和计算机网络联结，能及时被遥测、遥信、遥调和遥控。

箱式变电站 具有成套性强、体积小、安装方便、运行安全可靠、能伸入负荷中心、对环境适应性强等一系列优点，是近年来发展较快的一种高压成套变配电设备。

全封闭式组合电器 (GIS) 因其体积小、占地少、不受环境影响、少维护、可靠性高的特点，已成为广大用户的热门产品。

电压等级为 110~500kV 的 SF₆ 全封闭式组合电器正在向着机电一体化技术发展。

直流电源屏 阀控式密封免维护铅酸蓄电池已得到广泛应用。GFM-Ⅱ代新型免维护蓄电池的多项重要性能,已达到甚至超过了国际水平。TEP-M 系列高频开关电源模块作为对蓄电池充电设备广泛适用于变电站的直流操作电源系统以及 UPS 不间断电源等设备中。针对电力系统的高可靠、高性能要求而设计的 GZD(W)微机自控高频开关电源直流系统,能同时满足无人值班和“四遥”以及其他远程自动化的一切要求。

防爆电动机 YB2 系列隔爆型三相异步电动机是更新换代的防爆电机基本系列,该系列的功率等级、安装尺寸符合国际电工委员会(IEC)标准,其对应关系与德国 DIN42673 标准相同。TAKW 增安型无刷励磁同步电动机、YW 系列无火花型防爆电动机均有取代国外产品之势。

第二节 电气设备中的电弧

电弧,从本质上说,是一种极强烈的电游离现象。它是电气设备运行中经常发生的一种物理现象,其特点是光亮很强和温度极高。电弧对供电系统安全运行的影响主要表现在:

① 电弧延长了电路开断时间。在开关分断短路电流时,开关触头上的电弧就延长了短路电流通过电路的时间,使短路电流危害的时间延长,这可能对电路设备造成更大的损坏;

② 电弧的高温可能烧损开关的触头,烧毁电气设备及导线电缆,还可能引起电路的弧光短路,甚至引起火灾和爆炸事故。

此外,强烈的弧光可能损伤人的视力,严重的可使人失明。因此,在选用开关设备时,必须考虑灭弧的方法以及对电气触头的要求。

一、电弧的产生

开关触头在分断电流时会产生电弧,根本原因在于触头本身及触头周围的介质中含有大量可被游离的电子。当分断触头之间

存在着足够大的外施电压的条件下，大量可被游离的电子就有可能发生强烈电离而产生电弧。具体过程分析如下：

① 当开关触头分断电流时，阴极表面由于大电流逐渐收缩集中而出现炽热的光斑，温度很高，因而使触头表面分子中外层电子吸收足够的热能而发射到触头间隙中去形成自由电子，这一过程称为热发射。

② 开关触头初分瞬间，间隙距离约为 10^{-4}cm ，电场强度可高达 $10^5 \sim 10^6 \text{V/cm}$ 。在这种强电场的作用下，触头表面的电子可被强拉出来，进入触头间隙，也形成自由电子，这一过程称为强电场发射。

③ 当触头间隙存在着足够大的电场强度时，其中的自由电子以相当大的动能向阳极移动，在移动中碰撞到中性质点，就可能使中性质点中的电子游离出来，从而使中性质点变成带电的正离子和自由电子，这一过程为碰撞游离。

这些游离出来的带电质点在电场的作用下，继续参加碰撞游离，结果使触头间介质中的离子数越来越多，形成“雪崩”现象。当离子浓度足够大时，介质击穿而产生电弧。

(4) 电弧的温度很高，表面温度达 $3000 \sim 4000^\circ\text{C}$ ，弧柱温度可高达 10000°C 。在这样的高温下，电弧中的中性质点本身就具有极高的动能而做剧烈的热运动，在无规则的热运动中，相互碰撞游离为大量的正离子和自由电子，这一过程称为热游离。触头越分开，电弧越大，热游离也越显著。

二、电弧的熄灭

游离现象还伴随着一个相反过程：即游离气体中带电质点失去电荷变为中性质点或离开游离区，这个过程叫去游离。它通过复合与扩散两种方式来完成。要使电弧熄灭，必须使触头间电弧中的去游离率大于游离率，即其中离子消失的速率大于离子产生的速率。

1. 正负带电质点的“复合”

复合就是正、负带电质点重新结合为中性质点。复合进行的