

国外机械工业基本情况

防 爆 电 器

沈阳电气传动研究所

机 械 工 业 出 版 社

一九八六

出 版 说 明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术装备的重任。为适应四化建设的需要，必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平，提高经济效益，是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训，了解国外机械工业的生产、技术和管理水平，以便探索我国机械工业具有自己特色的发展道路，我们组织编写了第三轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前两轮的基础上，更全面、系统地介绍了国外机械工业的行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况，着重报道了国外机械工业七十年代末和八十年代初的水平以及本世纪末的发展趋向。

第三轮《国外机械工业基本情况》共一百余分册，参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共一百余个，编写人员计达一千余人。本书为《防爆电器》分册，主编单位是沈阳电气传动研究所。参加编写单位有沈阳低压开关厂、上海电器厂、西安高压开关厂、瓦房店防爆电器厂、天津矿山电器厂、主要执笔人员有肖元珍、刘欲曙、黄开愚、李昉、陈朝盛、翟家珍等。责任编辑盛秀峰。

机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一章 概述.....	(1)
第二章 企业概况.....	(5)
第三章 产品.....	(9)
一、矿用隔爆型馈电开关	(9)
二、矿用隔爆型电磁起动器及组合控制站.....	(14)
三、低压漏电保护装置.....	(24)
四、高压防爆配电装置.....	(30)
五、防爆控制按钮.....	(34)
第四章 防爆电气设备试验方法.....	(36)
第五章 国际标准化组织及检验机构.....	(42)

第一章 概 述

煤——是当前世界的主要能源。根据目前生产发展速度，到2000年，世界煤炭产量将达到40亿吨，基本满足世界的需要。

由于煤矿井下大量存在着有害的、易燃易爆气体与矿尘，同时，随着矿井的不断延深和综合机械化采煤的发展，矿井瓦斯涌出量也大幅度地增加。同时，由于综合机械化、矿井的生产集中在少数几个工作面上，故在这些工作面上集中了许多大型、昂贵的设备，一旦出现不安全火花，就会发生爆炸事故。

同时，在石油、化工工业中，由于石油制品工厂的可燃性物质和有爆炸危险的化学物质的存在，一旦发生爆炸，也将造成大量物质的损害和人的生命损伤。

为此，煤矿井下和石油化工厂的安全是一个非常突出的问题，除在这些场所防止人的误判断、误操作、设备故障以及危险物异常漏出，以避免爆炸事故外，最主要的是使具有可能成为点火源的电器实现防爆化，即必须保证所使用的电器设备具有的点火源从周围危险气体中加以隔离所采取的各种手段，或使其火花成为不至于发生任何爆炸和火灾危险的点火源（安全火花）。随着煤矿和石化工业的发展，对防爆电气设备的需求量和质量的要求越来越高。

一、国外七十、八十年代防爆电器的状况

（一）规程向IEC靠拢

由于爆炸危险场所中的电气原因引起爆炸事故的发生，导致严重损失，故电气防爆技术引起各国政府的普遍重视，为了安全用电和供电，各国都制订了防爆规程。防爆规程是衡量一个国家防爆技术的综合标志。国外所有规程目前趋势都向IEC靠拢。

（二）提高供电电压

国外采矿工业的交流电压等级由起初的380伏提高至660伏，现在已提高到1000伏及1140伏，随着井下设备装机容量的增大，综合机械化工作面的供电电压已普遍采用千伏级供电，并向3.6千伏方向发展，井下平巷皮带运输机已大量采用5.6千伏中压鼠笼电机驱动，10千伏供电正在研究之中。

（三）大量采用可控硅直流调速系统

联邦德国AEG公司煤矿地面电气设备，大量选用可控硅直流调速系统，调速性能好，传动效率高，凡对调速性能要求高、电网容量大的设备，一律采用可控硅直流调速系统。

（四）大量采用标准化电子单元

联邦德国AEG公司大量选用集成块组成各类标准控制插件，并用通用结构将标准插件组成各类标准控制单元，供设计优先选用或利用通用结构将标准插件任意组合。

开关箱内组件均采用标准化组件，低压和中压开关箱均能完全通用。

西门子公司生产的防爆电器中，各种保护环节的电子器件，为集成块组件，组成不同功能密封式插件盒，同一品种规格可以任意互换。这样，既缩短了设计制造周期，又有利于组织成批生产和提高产品质量。

（五）外壳通用性好

煤矿井下防爆开关的外壳通用性好，电压为500伏、600伏、1000伏、1140伏、6千伏防爆开关均采用一种结构形式二种规格的防爆开关外壳。有利于专业化生产，大大提高生产效率。

（六）采用真空开关

真空开关具有体积小、电寿命高、分断能力高、功耗小和无喷弧区等特点，国外在煤矿井下大量采用真空开关。

（七）每台防爆电器均做隔爆试验

国外采取每台防爆电器产品均做隔爆试验，列为产品出厂试验的项目，这对保证产品质量是十分有效的。

（八）国外防爆电器设备的保护系统齐全，包括过载、漏电闭锁、短路、失压、单相运转、过压、超频、接地连续性、主控回路接地等，并设有漏电、过流、过载、合闸等显示装置。主控回路和漏电检测回路采用安全火花回路。

（九）发展部件隔爆新技术

联邦德国已成功地应用了部件隔爆的新技术，即每一部件都具有专用的隔爆外壳，这种外壳可由塑料制成。这些隔爆部件被单个或多个地装进防爆安全型(Ex)e的壳体中。

这项技术，联邦德国BBC公司于1938年就取得了专利权，当时隔爆部件还是由厚壁的陶瓷罐组成，经过数十年的生产实践，为了提高经济性，陶瓷材料逐渐被塑料所取代。

目前，联邦德国在安全自动开关、空气接触器和热过流继电器上实现了“隔爆部件”。安全自动开关额定电流最大到32安；空气接触器在电压380伏时，功率达到11千瓦，这种产品的壳体是由高机械强度的玻璃纤维增强的聚脂塑料制成。接触器和继电器的电气连接由密封防爆的、浇注导线引接螺栓来实现的。

单个触点隔爆式开关已有额定电流为63安的控制开关；以及负荷开关和电机开关。

部件隔爆的技术在石油、化工、国防工业中有着一定的实用性，它可根据现场需要组成电气控制系统，既适用，又经济。

（十）在安全火花防爆方面，稳压安全栅、稳压二极管安全栅得到了广泛应用。爆炸危险场所中的各种变换器、信号设备可作成安全火花型，并通过安全栅与非安全火花型的控制、执行机构连接起来，从而合理地解决了爆炸危险场所的防爆问题。

（十一）工艺专业化程度高

联邦德国的工艺专业化程度很高，门类齐全，如从原材料、各种型材、工程塑料件、工模具制造、塑料压制、材料改制、另部件加工等，根据社会需求，发展专业化生产厂，这些厂大部分是由几十个人或1~2百人组成，生产效率高，生产能力很大，这样，给用户提供了选择的条件。

（十二）原材料、元器件供货来源广阔

联邦德国的原材料、元器件供货来源不受国界限制，可以根据需要，自由选择，如齐尔(Ziehl)厂元件库内的半导体器件来自世界各大洲，如美国、英国、日本、香港、台湾、瑞士……等地，保证提供。

二、防爆技术发展动向

主要的发展动向有以下几点:

(一) 安全火花方面 一般, 矿井瓦斯的点燃是需要一定能量的, 为了安全生产, 人们千方百计改进线路或采取措施, 使火花及电弧释放出的能量不能点燃矿井瓦斯或爆炸性物质, 以保证设备或线路的使用安全, 这就成为安全火花型电气设备的理论基础, 随着生产过程自动化的实现, 安全火花这一防爆技术近年来得到了突飞猛进的发展。在过去十几年中, 英、苏、西德等在安全火花方面作了大量的试验研究工作, 如“点燃或燃率、点燃电流、点燃能量同爆炸性混合物浓度的关系”; “各种材料的电极在氢气-空气混合物中分断时, 点燃电流与电感的关系”; “点燃电流与电流频率的关系”; “电阻电路点燃电流与电压的关系”; “在甲烷-空气混合物中最小点燃电流同电感的关系”; “在甲烷-空气混合物, 氢气-空气混合物中, 最大点燃电压同电容的关系”等, 已成为安全火花型电气设备设计检验的依据。

另外, 在英国为了保证安全切断安全火花电路, 以便在误动作时不超过极限值, 对仪器误差的理论以及有关的电路的误差的理论进行了深入研究。联邦德国以用计算机对安全火花电路参数进行计算, 使火花试验提高效率。他们力求从物理角度探索安全火花型电路点燃瓦斯混合气体的先决条件, 以废除传统上的火花发生器试验的方法, 发展以电气测量和计算为基础的方法。

法国系统研究微粒子火焰传爆、安全火花型电路的安全性, 安全火花型电压回路的理论计算和白炽灯点燃的危险性等。这些研究为安全火花型电气设备提供了理论基础。

对于安全火花型电气设备, IEC 仅向各国推荐了联邦德国安全火花试验的火花发生机构, 还应进一步总结、分析安全火花基础研究成果, 总结安全火花型设备设计、制造、运行经验, 为制订世界各国统一的安全火花型设备的防爆规程创造条件。

(二) 隔爆外壳方面 随着煤矿生产机械化的实现, 电气设备的电压等级提高, 电弧短路或燃率上升, 在电弧作用下, 熔融金属颗粒穿过隔爆间隙引起隔爆外壳外部瓦斯爆炸的危险性大大提高, 这点已引起了国外很多国家的注意, 并作了相应的研究。

由于单机容量提高, 电气设备的外形尺寸相应增大, 外壳的强度必须保证在爆炸压力下不受破坏, 又要避免外壳笨重。为此, 英、日、苏等国研制出了新型隔爆外壳结构。

在第16届国际煤矿安全研究会议上, 波兰提出, 当短路时, 壳内压力上升是与短路容量、空腔容积、壳内冷却速度、绝缘材料种类、是否有爆炸性混合物、间隙大小等有关, 因此, 高压绝缘应用无机材料, 外壳最好应用防爆泄压装置。目前国外正在积极研制这种装置。

当外壳容积为20升、短路电流为5千安, 电压为500伏时的不传爆间隙应为0.3~0.4毫米; 电压为1000伏时, 不传爆间隙应缩小为0.27毫米, 即随短路电压的升高, 安全间隙应缩小。不仅如此, 安全间隙还随短路电流的上升而缩小, 在短路电流为7.5~10千安时, 安全间隙最小。在强电弧短路时, 仅速容防爆结构有效。当隔爆面上敷盖有机物涂层时, 在电弧短路条件下, 安全间隙值还应缩小。

还有一种狭缝结构, 该结构系用钢板网叠装而成, 钢板网具有一定弹性, 网孔的周边、对角线方向都有一定承载能力, 网股凸起, 能承受横向弯曲应力, 这种结构可作为动力设备的外壳。经试验证明, 对于135升、95升和90升的容器, 钢板网的层数分别为9、6~8和5

层就能保证安全。钢板网9层亦仅几毫米厚。试验得出,未加该狭缝结构时,爆炸压力为6.5公斤/毫米²;但加上后,大致为3公斤/毫米²,而多数为2公斤/毫米²,压力持续时间下降为原来的十分之一。故狭缝结构(钢板网组成)外壳可减少壳内的爆炸压力。

日本研究一种在电气设备的封闭外壳上装一个膜盒,在盒内装有圆柱体和活塞,活塞的移动靠壳内的压力,圆柱体与活塞经销子连接起来,当爆炸压力达到某一整定值时,销子被切断,活塞移动,保证壳内压力下降。故装有膜盒的外壳也可减少壳内的爆炸压力。

美国、苏联根据相邻两隔爆空腔不会同时发生爆炸的原理,在两相邻隔爆空腔间装有消焰隔爆元件,一个空腔中的爆炸压力可经消焰隔爆元件泄放到另一空腔中,从而达到降低爆炸压力的效果,对外壳结构强度的要求可相应降低。

隔爆空腔经消焰元件向大气泄压,从而减轻外壳结构重量。这种消焰器还可避免压力重叠。这种消焰元件由不锈钢或镍带折叠后,绕在金属芯上,然后将它们装在一个锻造园环中构成。

安装消焰器后,并不影响隔爆外壳的试验安全间隙,而爆炸压力却大大下降。

(三)在不违背基本电路的安全火花原则的前提下,大力开展安全栅、大容量安全火花电源方面的研究

(四)静电引爆危险性的研究 工程塑料在防爆外壳上广泛应用所带来的静电危险成为各国注意的课题,在美国工业企业中,2%的火灾事故是由静电引起的,仅在1969年一年中,静电引起的5万次火灾事故,造成5千万美元的损失。在苏联,仅1969年的瓦斯爆炸事故中,1%是因静电引起的。

日本预防静电产生的方法是消极的,而消除静电的最有效方法就是接地、改变带静电物体的导电状态(如提高环境湿度、在带电体上涂上某种防带电药剂等),为了防止静电造成的人身触电事故,让工作人员穿着防静电鞋。

国外对静电放电的点燃能力进行了计算,确定静电放电不点燃矿井瓦斯的静电电压值为400伏,而实际上是远远超过的,故还必须采取接地和提高湿度等措施。

另外,国外正在研究无线电高频发射的引爆问题;冲击波点燃爆炸性混合物的问题;在通风自动化、瓦斯遥测等方面,大量采用热导式传感元件,而出现的热丝点燃爆炸性混合物问题等。

第二章 企业概况

在生产防爆电器的日本、英国、法国、苏联、联邦德国等国家中，联邦德国的产品是较发达的。联邦德国的企业生产特点主要是专业化程度高、工人技术素质高、全员劳动生产效率高。下面介绍联邦德国四大公司所属的生产防爆电器的企业概况。

一、西门子公司

西门子公司是比较大的一个公司，该公司共有职工34.4万人，销售额为31960百万马克（1981年），一万人以上工厂有4个，5千~1万人的工厂有5个，其所属单位分布在世界130个国家，科研费用为30亿马克。

西门子研究中心设在埃尔兰根（Erlangen）有5800人。

该公司所属的柏林开关厂是防爆电器生产厂，该厂建厂有60年的历史，全厂职工有3000多人，管理人员1000人，防爆电器主要产品为组合开关站，有8 SK81、8 SK82、8 SK83三个等级。最近又发展了小型的只有二个回路的8 SK 1组合开关，其开关的门改为方形的，打开较方便，比8 SK 8系列圆形门结构好。还生产少量半圆轴结构的小型防爆开关，6000伏高压防爆配电柜8 SN 2和6000伏高压防爆起动器8 SN 8系列以及防爆测量仪器配套元件等。

装配车间生产防爆电器产品的工人约80人，生产面积为1500米²，每月生产组合开关站20台左右，小型防爆电器100~150台。车间有一个高层货架，约6米高，作为零件库，有7200个存放位置，有5吨的起重车，零件的存储数量及品种等均由计算机管理。

二、史达尔公司

该公司有职工2000人，销售额为2.5亿马克。该公司与西门子公司合作，生产一些防爆电器，史达尔公司生产外壳及一般元件，内部元件由西门子公司提供。

它主要生产适用于化工、石油及天然气工业用防爆电器及防爆成套装置，年产百万台件，其生产工艺是有二条装配生产线，灌胶和烘干二道工序用自动灌胶机和自动烘干机在装配生产线上完成。装配的主要工具为气动扳手。

三、AEG公司

AEG公司是联邦德国三大电工制造公司之一，1883年建于柏林，在国内有30几个有投资关系的公司，在国外有26个国家设有几十个制造及销售公司。

AEG公司所属主要工厂有45个，10个设在西柏林，35个分别设在国内其他地区，它下设有许多研究试验单位，如自动化研究室、核能研究室、化学试验中心、高压试验研究所、材料试验中心等。

该公司人员为138100人, 1980年订货为147.1亿马克, 研究费用为9.96亿马克。

该公司低压电器产品72% (包括装入开关板上) 在国内销售, 故出口量可达50%。

(一) 门登厂:

门登厂是防爆电器生产厂, 该厂位于西部, 离联邦德国最大采煤区不远, 建于1973年, 该厂职工229人, 计时工人162人, 职员56人, 培训人员17人, 大部分为工程技术人员。占地面积约45000米², 厂房建筑面积为9095米², 办公生活面积 (包括食堂) 为3000米², 仓库约2000米², 年销售额为3500万马克。

该厂主要生产为MSL型多回路组合开关站, 每月生产能力为60台, 另外还生产塑料外壳的厂用防爆电器。

该厂主要元件由AEG公司的奥依铭斯特厂供给, 该厂的防爆外壳是由AEG公司所属的哥尔特厂 (Gorter) 供给。

该厂仅负责组合开关站外壳的机械加工、部分零件的制造、外壳及成品装配和出厂试验。

该厂主要生产工艺特点:

1. 设备布置紧凑、合理、生产场地整齐、清洁、通风良好;
2. 机加工设备较先进。所有机加工工序均在一台数控机床 (附有一个带数十把刀、刃、钻夹具的圆盘形工具台) 上加工, 只要事先编好加工程序, 便可进行车、镗、钻、铣等多种加工工序。其钻孔不用钻具, 也无须划线, 组合开关站的壳身、壳盖的部份加工工序, 如隔爆面、防颗粒传爆护板槽、法兰盘及出线板的孔均在这台设备上加工;

3. 该厂产品严格遵循VDE0170/0171 (至1988年) 规程、BVOE安装规程、EN50014—EN50020欧洲共同体标准以及煤矿用户的要求;

4. 该厂产品质量控制严格、检测手段先进。凡生产的每台防爆开关站及贯穿接线端子个个都要进行壹次爆炸性气体试验, 进行爆炸试验时, 用测量混合气体中各组含量的干涉仪, 能较快而准确地示出试验罐或试件中各种气体的百分比含量, 用爆炸压力测量的传感器及其附属装置, 能及时测出爆炸压力和给出压力曲线图。还可用一种测量仪, 可快而准确地用数字显示出防爆面的平均粗糙度;

5. 组合开关站的观察窗, 是用一种耐高温的有机玻璃, 圆柱面有螺纹, 涂胶后拧在钢制框架上, 24小时气干后再进行7个巴的气压试验。

6. 隔爆面刷涂防锈膏 Molykote (3420), 这种防锈膏有永久性防锈作用, 且不燃烧。

(二) 奥依铭斯特厂:

该厂是为门登厂配套元件的生产厂, 是AEG公司A53 (低压电器部) 部的所在地, 它于1936年开始投产, 工厂占地面积42719米², 建筑面积32919米², 职工总数1350人其中计时工人937人, 职员341人、培训人员72人。

该厂主要产品为ME系列自动开关、LS系列接触器、NH型熔断器等。

该厂有电器试验室, 其变压器容量为5000千伏安, 电压10千伏/140~3300伏, 共有12个抽头。额定电流可达100千安, 有10个电寿命试验室、6个机械寿命试验室。

(三) 哥尔特厂 (Gorter)

该厂位于埃森 (Essen) 地区, 有职工50人, 其中职员10人, 专为门登厂加工防爆外壳, 年销售额为800~1000万马克。

四、BBC 公 司

BBC公司创建于1891年，是世界上最早创立的电工制造企业之一，1900年才正式改名为BBC股份有限公司，现有职工10万名。有二个总部，一个在瑞士巴登，一个在联邦德国曼海姆。该公司由六个部门组成，联邦德国BBC 3万8千人，瑞士BBC 2万人，法国BBC 10万人，北美BBC 2千人，BBC国际部15000人，BBC中型制造公司15000人。在瑞士其资本为56%。在德国的销售额为47.16马克，研究费用为8亿。在国外有35个办事机构。

BBC—NG为BBC公司低压电器经营部，由五个部门（见表2-1）组成，有建筑面积98837米²，厂区占地面积356.723米²，职工为4149人，其中工人3057人。

表2-1 BBC-NG所属厂生产概况

厂 名	生 产 内 容	备 注
海德堡总厂 Heidel-berg	1. 金属零部件冲压冷加工 2. 热固性塑料成型加工 3. 金属件电镀 4. 继电器、接触器、磁力起动器产品装配 5. 产品试验基地 6. 零部件储存库	是BBC-NG的经理部，行政、供销、质量、生产管理部门的所在地
伐尔道夫厂	1. 装配小容量接触器 2. 装配小容量中间继电器 3. 电子器件装配 4. BBC-NG的现代化仓库—高架成品仓库	职工200人，管理人员4人，厂房面积为4000米 ² 。月产6万台
埃伯尔哈姆厂 Eppelheim	1. 主要是模具设计与制造和专用设备制造 2. 新产品试制 每月模具生产量为240套	在此培训工人，是BBC-NG的工艺中心 职工350人，其中徒工140人，模具设计员22人
莱茵豪森厂 Rheinhausen	1. 主要生产S型自动开关	全厂职工302人，管理人员7人，厂长1人，月产50万台，年产值3000万马克。 有四条装配生产线，每条线上26名女工，日产5400台
埃伯巴赫电器厂 Eberback	1. 大容量接触器 2. 防爆电器 3. 热塑性压制车间 4. 可程序控制器	对防爆电器部份作重点介绍

埃伯巴赫电器厂是BBC—NG部的防爆电器生产厂，全厂职工1200人，徒工38人，生产防爆电器和接触器的有520人，从事防爆电器和接触器部份技术人员60人，防爆电器和接触器生产能力为5500马克。

其中有关防爆电器生产部门有：

（一）防爆插接装置的装配 防爆插接装置的装配是用二条生产线，一条有5个装配位置，另一条有6个装配位置，每个位置都有零件盒、气动扳手和专用夹具。

(二) 防爆电器元件的装配 防爆电器元件的装配有15条装配线,每个线有7~10人,零部件装配均由夹具组装,每条线的末端都有试验台进行功能试验,还有包装台和名牌打字机,每组装产品都由一条公用的传送带将产品运到库内。

(三) 防爆配电装置的装配 防爆配电装置的装配是由工人包干一台进行手工配线及安装。

(四) 防爆开关外壳的加工及涂漆 防爆外壳的加工是采用加工中心进行的。所谓加工中心就是一台日本生产的MN-500型设备,该设备有24把刀可进行钻、镗、铣、铰等工序,壳身用长立车加工,加工后打水压为10公斤/厘米²。

喷漆是采用一条静电粉末涂复生产线,工艺过程为:

清洗、除油→预烘→喷涂→烘干→取下工件。其中清洗是用除油剂喷淋。

(五) 灌胶 凡防爆开关的接线柱都用环氧树脂灌注,用VARI-O-MIXS灌胶机灌注的。

第三章 产 品

一、矿用隔爆型馈电开关

矿用隔爆型馈电开关是煤矿井下供电系统使用最多的电气设备之一，它在交流50赫兹，额定电压1140伏以下，额定电流500安以下的线路中作为供电系统的总开关、分支开关，也可作为大容量电动机不频繁起动之用。当线路出现过载或短路故障时，馈电开关能根据要求自动切断电路，同时馈电开关也可与漏电继电器配合使用或自动装设漏电保护单元，对系统中的漏电故障实现保护。

（一）发展动向

馈电开关的心脏是断路器，因此采用什么样的断路器是选择馈电开关元件的关键，目前选用的一般都是框架式自动空气断路器作为主回路开关，低压侧选用装置式自动空气断路器。现在国外已向采用真空断路器的方向发展。

从七十年代开始，煤矿生产向机械化、自动化方向发展，特别由于综合机械化采煤的发展，国外已设计制造了大电流的馈电开关，同时制造了能控制多台电动机的组合式馈电开关。

随着现代科学技术的飞跃发展，煤矿生产量不断提高，用电量成倍增长，使得用电设备也逐渐向大型化、连续化、自动化方向发展，这样对供电系统的要求也愈来愈高，为了适应这一要求，提高用电设备的额定电压，完善保护性能，提高断流容量，同时又要结构紧凑，工艺性能好，成本低，这是现阶段馈电开关的主要发展方向。

1. 提高设备额定电压

提高用电设备的额定电压是投资少，见效快的一项措施，早在五十年代，欧洲各国就对扩大用电设备的额定电压有所争论，当时矿山多采用380伏电压作为供电，六十年代苏联和东欧国家又发展了660伏额定电压等级，国际电工委员会在1967年批准了660伏电压作为低压标准，1975年又推荐1000伏电压作为低压标准。随合世界各国的电器行业都以提高额定工作电压来满足煤矿生产的需要，目前世界上尚有480伏、500伏、600伏、660伏、1000伏、1140伏等各种电压等级的供电系统，从标准化优选的方法来看，因为 $\sqrt{3} \times 380 = 660$ 伏， $\sqrt{3} \times 660$ 伏 = 1140伏，符合相与线的 $\sqrt{3}$ 关系，技术上较为合理，所以在苏联、英国、联邦德国等国家都采用380伏、660伏、1140伏作为煤矿供电系统的额定电压是较为合理的。

2. 提高接通和分断能力

尽量提高馈电开关的断流容量是发展馈电开关的重要科研项目，对工作条件较为苛刻带三段保护和有强大短路电流通过后才能分断的馈电开关来说更为重要。

由于矿用隔爆型馈电开关是将主开关元件置于隔爆外壳之内，一方面外壳近似密封，分断时产生的游离气体和金属微粒不易扩散到壳外，这样影响了分断能力的提高，当充满到一定程度时就会使相-相，相-地发生短路。另一方面，过分大电流分断会造成在腔内分断瞬间高压，使炽热粒子，甚至电弧火花通过隔爆面泄出壳外，从而引起壳外的可燃性气体爆炸，这样使馈电开关的极限通断能力因此而受到限制，所以有人认为，不能将断流容量定得过高。

对馈电开关的元件来说,断流容量的大小主要由触头、灭弧系统的结构和材料以及触头断开速度等因素来决定的。国外主触头材料大都采用银合金,耐弧触头材料一般都采用银钨合金或银石墨合金,这与我国现行的断路器触头材料相似,但联邦德国AEG公司生产的ME型框架式自动空气断路器则采用铜合金。灭弧系统大多数采用去离子栅带磁吹灭弧,材料采用耐弧塑料,即耐弧树脂绝缘材料。断路器的分断时间一般为30~40毫秒,有的为15毫秒不等。为了提高分断能力,有时在断路器上装有不延时的快速脱扣器,以便在短路电流大到一定值时,快速机构迅速分断电路。

3. 完善保护性能

馈电开关的保护性能主要根据选用的元件,是装置式空气断路器还是框架式空气断路器,目前,这二种断路器有限流型和非限流型二种,国外对这二种类型都在尽力改善其保护性能。

对非限流型自动空气断路器的保护性能一般较为完善,都具有选择性的过电流三段保护,欠电压脱扣器,漏电脱扣器,过电流报警,过电流指示及其他联锁装置,有的还装有自动重合闸联锁装置,如美国西屋公司的DS型空气断路器。

限流型断路器均采用快速机构,在短路电流达到峰值时将电路切断,故其分断能力较大,也降低了对回路动热稳定电流的要求,适用于负载集中的网路。

馈电开关的短路保护目前国外已向电子器件方向发展。因此半导体脱扣器已为许多国家重视和采用,但由于其可靠性还不稳定和成本高,所以阻碍了半导体脱扣器的普遍采用。当前一些国家都在进一步研究性能可靠而价格便宜的半导体脱扣器。

4. 带有漏电保护装置

随着采煤工作面综合机械化设备的发展,井下采煤作业及运输手段的机械化、自动化日益提高,要求煤矿井供电系统各级控制和保护环节的电气性能更加可靠和完善,近年来在馈电开关中配备了比较完善的漏电保护装置,以便对系统中的漏电故障实现保护,同时对于供电系统运行中发生的故障状态配备了明显的信号显示装置,特别在英国的漏电保护系统中,其故障显示更为齐全。以明确的灯光显示判别故障存在与否,这样,对操作者带来了方便。

国外的漏电保护电路都由微型插件和印制电路组成,这样,在使用维护时更换插件更为方便。

表3-1示出国外漏电保护装置技术性能数据。

根据IEC规范规定,漏电保护电器动作电流值一般有10、30、200、500毫安等几种,适合不同用途的需要。如:

- (1) 10毫安:防止潮湿场所的人身触电,特别适用于水下照明与潜水泵等。
- (2) 30毫安:防止一般场所的人身触电,如电动工具等。
- (3) 200、500毫安:用于成套开关柜、分电盘,防止漏电引起的火灾。

因此必须根据使用要求,选择动作电流值的漏电保护电器,以保证充分的安全性,并防止由于正常泄漏电流而造成的误动作,在日本工业标准中规定,30毫安的高灵敏漏电保护电器仅允许用于过电流保护电器容量为100安以下的照明电路或50安以下的动力电路,在负载更大的场合,应在每条分支电路中设置不大于上述电流容量的高灵敏漏电保护电器。

日本矿用漏电继电器广泛使用下列二种类型:

- (1) RENA-110 B漏电继电器,这种漏电继电器是矿用隔爆型的,用于井下中性点不接地的低压(660伏以下)动力网路中,作为网路的绝缘聚控。当网路绝缘降低至一定值时,漏

表3-1 国外漏电保护装置技术性能数据

国 别	型 号 (或标准)	网路电压 (伏)	网路绝缘电阻 (千欧)	漏电电流 (毫安)	最大动作时间 (秒)
波兰	UKS 1	380~1000	当网路电压525伏时 为 $7 \pm 5\%$ 当网路电压1000伏时 为 $20 \pm 5\%$		0.3
英国	TEL 4 M		10		0.3~0.4
日本	JISC 8371				高速型: 0.1以内 延时型: 0.1~2 以内
				额定敏感电流 1.4倍额定敏感电流 4.4倍额定敏感电流	反时限型: 0.2~1 以内 0.1~0.5以内 0.005以内
IEC				额定敏感电流30	1
				1.4倍额定敏感电流	0.5
				1.6倍额定敏感电流	0.4
				2.2倍额定敏感电流	0.2
				3.0倍额定敏感电流	0.1
				4.4倍额定敏感电流	0.06
				5.6倍额定敏感电流	0.03
西欧有关 电力部门				30	1
				40	0.25
				60	0.1
				300及以上	0.03以内

电继电器自动发出声光报警信号，如果绝缘水平继续降低至另一值时，漏电继电器输出跳闸信号，通过断路器切断故障的线路，其主要技术数据列于表 3-2。

(2) RP-141XB型漏电继电器，这种继电器用于井下中性点不接地的仟伏级（1500伏以下）的动力网路中，除检测回路采用运算放大器外，其他功能与RENA-110B相同。

表3-2 日本矿用漏电继电器主要技术数据

型 号	网 路 电 压 (伏)	频 率 (赫)	操 作 电压	报 警 整定值 (千欧)	跳 闸 整定值 (千欧)	触点开 断容量	报 警 电 源
RENA 110B	380 660	50 60		10、25、 40、55、 70、100	5、10 20、40	400伏 5安	50伏 25伏安
RP 141XB	1000 ~1500	50 60	100 200 500	500、1000 1500、2000 3000、	100、250、 500、1000、 1500、2000	550伏 5安	

5. 改进隔爆外壳的材料和结构

为了提高劳动生产率和降低生产成本，目前各国都在致力改进产品结构和隔爆 外壳的

材料, 这方面联邦德国走在最前面。隔爆外壳大致上可分为二个类别:

(1) 外壳是隔爆的, 内部所按装的元件是一般的。

(2) 将壳内部件制成隔爆的, 所谓部件隔爆, 而外壳则为增安型的是指采用高强度防静电的塑料制成“部件隔爆”。部件的容量目前已达到100安~200安, 甚至到更高400安。随着这种部件隔爆的进一步发展, 又发展一种“单个触点隔爆”, 它以塑料作为外壳再浇注密封。这样把上述基本隔爆单元放在金属或塑料制造的增安型外壳内构成隔爆电器。这种设备除联邦德国外, 在使用VDE 0171规程的国家也使用这种设备, 目前IEC和EN正在进行这方面的统一工作, 可能将在世界范围内推广。它的优点是能达到高级组别和使防爆电气设备与一般电气设备的价差降低到最低限度, 且防腐蚀性能好, 塑料外壳解决了隔爆面腐蚀问题。

(二) 国外馈电开关技术性能

1. 波兰防爆移动式变电站用低压侧馈电开关

防爆移动式变电站把6千伏电压变为525、1050伏供工作面设备使用。它由电力变压器, 高压隔离开关, 低压馈电开关和低压侧漏电保护装置等组成。低压馈电开关为变压器二次侧的总馈电开关, 其型号有Z500和Z630二种, 它可以手动接通或断开, 也可以通过电磁脱扣线圈实现远距离断电, 操作手柄有三个位置, 开关有过载热脱扣器和短路电磁脱扣器二种保护。

2. 联邦德国DT bsa 400/u71型低压馈电开关

该开关是一种以DT bsa 400型空气断路器为主回路的开关, 并配备有u71型检漏继电器的防爆开关。其额定电压为1000伏, 额定电流为400安。它用作采煤反移动变压器低压侧馈电总开关。

DT bsa 400型空气断路器是一种装置式的自动空气断路器, 通过操作手柄进行手动合闸和分断, 它带有电磁脱扣线圈。操作电压为220伏, 过热过载释放装置为260~400安, 电磁过流释放装置为1200~3200安, 用以保护1000伏馈电线路。

3. 联邦德国HJM631/u71型防爆馈电开关

该开关是以HJM631型空气断路器为主回路的开关, 配有u71型检漏继电器的低压馈电总开关, 其额定电压为1140伏, 额定电流为400安, 并设有过载、过流和漏电保护装置, 其性能和数据基本同上。

HJM631型空气断路器是一种装置式自动空气断路器, 额定电压为1140伏, 额定电流为600安。断路器内设有电磁脱扣线圈, 其操作电压为220伏, 且有过热过载释放装置和电磁过流释放装置, 在线路过载或短路故障时能自动切断电源。

4. 英国防爆移动变电站用馈电开关

该电站是一台SF₆型高压防爆开关, 一台干式防爆变压器和一个低压防爆箱组成。在电气线路上只装高压侧的一个SF₆型的六氟化硫高压开关, 低压侧不装总开关, 只装有TEL-4M型过流接地保护装置。低压侧保护装置动作时, 断开高压侧主开关的无压释放线圈, 因而断开电源。变压器低压侧(1100伏)中性点经电阻和扼流线圈接地, 故漏电接地保护装置动作有选择性, 但动作电流较大, 最大的入地电流达750毫安。其次是低压侧和高压侧的继电保护装置都采用晶体管线路, 调节范围较大, 而且所采用的电路都是“故障—安全”型的, 即平时有一个检测电流通过接地线构成回路, 以保持晶体管及继电器处于工作状态, 这样随时随地在监视着接地线及保护继电器本身的好坏, 一旦接地线断开或晶体管线路出现故障, 继电器释放, 使高压开关跳闸, 保证隐患不致扩大而造成事故。

TEL4M型保护装置是1100伏低压系统的总继电保护装置，它以单独的一个箱体装在移动变电站低压侧的防爆箱内，该保护装置可以保护1100伏系统的短路故障和接地漏电故障，在发生上述故障时保护装置动作，断开高压侧SF₆断路器的无压释放线圈电路，切断电源。

国外矿用馈电开关性能见表3-3。国外自动开关主要技术数据列于表3-4。

表3-3 国外矿用馈电开关性能数据

国别	型 号	内装自动 开关型号		技 术 性 能 指 标			保 护			指示
		型号	型式	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	分断能力 (千安)	过 载	过 流	漏电及动作时间 (秒)	
波兰	ISOL Z 500	Z 500	装置	500	630	25	热偶式	热偶式	电流继电器动作时间0.172	表计
	ISOL Z 630	Z 630		1000	500	10				
西德	C III 53X	HJM631	装置	1000	400	$\cos\phi=0.7$ 时为6	热偶式	热偶式	电子式071型 绝缘监视装置	表计
		CA 63		500 1000	200 200	12 5				
苏联	AΦB	A-15	框架	1000 660	200 350	7.5 7.5	自动脱扣 电磁式	自动脱扣 电磁式	动作时间 0.25	表计
				660 1140	200 400	7.5	电子式	电子式	<0.15	
	DWKB 30		框架	660 1140	200 400	7.5	电子式	电子式	<0.15	灯光

表3-4 国外自动开关主要技术数据

国 别	型 号	额定电流 (安)	寿 命 (万次)	极 限 分 断 能 力(安)		
				380伏	660伏	1140伏
奥地利	NLS 200	200	4	13		
	NLS 400	400	4	22		
	NLS 600	600	4	33		18
民主德国	EL 250	250	3	15	12	
	EL 400	400	3	25	20	
	EL 630	630	3	30	25	
联邦德国	3 WE 31	630	2	30	25	
	A 2-253	250		12		
	A 2-403	400		20		
	A 2-633	630		20		
意大利	RA	200		20		
		400		20		
		600		20		
	ISOL 2500	500		25		
	ISOL 2630	630		25		
英 国	HJM631	400				6"
日 本	DS 206	600		30	22	
	DS 416	1600		50	42	
	DS 532	3200		50	50	
瑞 典	ALG-1600	1600		60		
	ALG-2000	2000		60		
	ALG-3000	3000		75		

二、矿用隔爆型电磁起动器及组合控制站

(一) 矿用隔爆型电磁起动器

矿用隔爆型电磁起动器（以下简称起动器）是开发煤炭能源不可缺少的电器设备之一，特别是在采掘工作面和运输巷道中。它用于控制通风机、联合采煤机、滚齿刨煤机、装载机、卷扬机和电钻等设备上的各种隔爆三相鼠笼型电机的起动、停止和换向。

1. 国外起动器的特点及发展趋势

(1) 提高起动器的额定工作电压。随着煤矿井下机械化采煤（简称机采）和综合机械化采煤（简称综采）的发展，主机容量不断加大。从七十年代开始，原来机采的主机容量为200~300千瓦已满足不了要求，综采的主机容量已达1000~2000千瓦，这样，原有的380伏甚至660伏供电系统已满足不了生产发展的需要，因而纷纷提高采区供电电压（见表3-5），新电压标准是把原来的额定电压提高了 $\sqrt{3}$ 或2倍，这样，有利于电器设备的制造和安装。

表3-5 国外采区电压变更情况

国 别	电 压 (伏)		备 注
	原 主 回 路	升 压 后 主 回 路	
英 国	550, 380	1100, 600	接触器线圈用串、并联法
联邦德国	500, 525	1000, 910	
波 兰	500, 200	1000, 660	
苏 联	380, 660	1140	

(2) 防爆外壳结构标准化、系列化

为方便生产、使用、维护和管理，对于矿用隔爆型起动器，必须采用标准外壳结构。联邦德国尤为重视采用标准外壳，不仅防爆外壳、接线箱、出线装置等做到标准化、系列化，连螺纹堵头也实现了标准化、系列化。如AEG公司生产的起动器外壳型式主要有dzGEA和dzSKV系列，共有七个规格，可组成12种以上的起动器或其它控制设备，接线箱与主体的不同组合可形成32种外壳结构型式。法国起动器的隔爆外壳也是采用标准结构。

(3) 采用新的防爆型外壳

随着起动器的电压等级的提高和容量的增大，因而引起壳内产生弧光短路的可能性也增多。联邦德国早在六十年代初已经考虑到壳内发生短路时，金属热颗粒从隔爆间隙中喷出，引起外部可燃性气体爆炸的问题，因此，联邦德国的起动器外壳都有防颗粒传爆的结构。

(4) 设计为煤矿专用的接触器，大容量起动器采用真空接触器。

起动器的主要部分是接触器，接触器的结构分单断点和双断点两种型式，大多数国家都在同时生产，有些国家并采用直流来控制接触器的线圈，实现高压起动、低电压保持，使接触器既吸合可靠，又减少线路损耗，选用什么样的接触器是设计起动器的主要关键，由于煤矿井下供电网络长，压降大，电机不易起动，加上井下潮湿，环境恶劣，并常有碰撞现象，目前国外设计了一种专供煤矿用的接触器，以满足煤矿的特殊要求。

由于真空接触器采用真空灭弧原理，在频繁的通断过程中，电弧熄灭是在真空管内进行，空气中不会产生电弧蒸气，所以对防爆电器中的元件及线路无影响。并且，真空接触器采用