

中国矿业大学图书馆藏书



C01654718

煤炭技师学院“十二五”规划教材

综采电气设备维修

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

TD421.807
Z-215

煤炭技师学院“十二五”规划教材

综采电气设备维修

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编



中国矿业大学图书馆藏书



C01654718

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

综采电气设备维修/中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会编. --北京:煤炭工业出版社, 2011

煤炭技师学院“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3800-7

I. ①综… II. ①中… III. ①采煤综合机组-电气设备-维修-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TD421.807

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 014924 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₄
字数 356 千字 印数 1—5 000
2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷
社内编号 6610 定价 31.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

名誉主任	朱德仁					
主任	邱江					
常务副主任	刘富					
副主任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东
	李传涛	孙怀湘	程建业			
秘书长	刘富	(兼)				
委员	(按姓氏笔画为序)					
	牛宪民	王枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘富	吕一中
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱江	邹京生	陈季言
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵杰	赵俊谦
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董礼	谢宗东
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成	
主编	姚向荣					

前 言

高技能人才是我国煤炭工业人才队伍的重要组成部分，是煤炭行业产业大军的优秀代表，是煤炭技术工人队伍的核心和骨干。在煤炭工业调整产业结构、转变经济发展方式、加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动企业科技创新和技术进步等方面具有不可替代的重要作用。

近年来，煤炭企业认真贯彻落实党和国家关于加强高技能人才队伍建设的方针政策，在高技能人才队伍建设方面做了大量工作，部分企业根据本企业实际出台了相关规定，加强了高技能人才培养基地建设，完善了办学条件，为本企业开展高技能人才培养工作奠定了良好的基础。但是，由于煤炭行业高技能人才培养工作发展很不平衡，多数企业尚在起步阶段，经验不足，教师队伍整体素质有待于进一步提高，教学软件建设还有待于进一步加强。从行业总体上看，缺少规范的教学文件和配套的教材，严重影响了高技能人才培养工作的不断进步和发展。

为进一步认真贯彻落实党和国家《关于进一步加强高技能人才工作的意见》，加快培养一大批数量充足，结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型煤炭高技能人才，为实现煤炭工业安全、健康和可持续发展提供人才保障。中国煤炭教育协会结合煤炭行业高技能人才培养工作的实际，依据煤炭行业高技能人才培养要求，组织行业内有关教师、专家和企业专业技术人员研究制定了部分煤炭专业高技能人才培养教学指导方案，并编辑出版了配套教材。这套教材是煤炭高技能人才培养“十二五”规划教材，它的出版对推动煤炭行业高技能人才培养工作的进步与发展将起到重要作用。

这套教材以能力为核心，突出全面素质提高和能力培养，结构合理，针对性强，适合煤炭技师学院和在职培训使用，也适合相关专业的工程技术人员和致力于自学成才的技术工人自学。

本教材由姚向荣主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2011年4月

目 次

模块一 综采电气设备一般知识.....	1
课题一 综采电气设备的组成、类型、参数和性能.....	2
课题二 综采电气设备的型号及识别方法与选型	20
课题三 综采电气设备检修准备	35
模块二 综采工作面输配电设备	56
课题一 矿用智能高压真空隔爆配电箱	56
课题二 矿用智能低压自动馈电开关	70
课题三 矿用隔爆型移动变电站	87
课题四 矿用千伏级磁力起动器.....	102
模块三 采煤机控制.....	159
课题一 采煤机变频器.....	159
课题二 快插式接触器.....	175
课题三 综采电气设备调试与工艺编制.....	217
参考文献.....	234

模块一 综采电气设备一般知识

近年来,世界发达采煤国家积极发展和应用效率高,功率大,可靠性高,使用寿命长的综采设备。特别是美国、德国和澳大利亚等国研制和装备了大功率高速电牵引采煤机,电液系统控制的自移式液压支架,大功率重型可弯曲侧卸式刮板输送机,运输能力大且移动方便的转载机和带式输送机等,综采工作面单产水平有了大幅度的提高,高产、高效工作面相继涌现,大大提高了矿井生产效率和生产的集中化程度。

先进采煤国家综采工作面技术的发展主要有如下特点:

(1) 工作面产量大,效率高,平均月产原煤 30×10^4 t 以上,日产原煤 $(1 \sim 1.5) \times 10^4$ t。综采队人数少,工作面生产班 7.9 人/班,在册 30~40 人,工作面效率达 300~400 t/工。全自动化的无人工作面也已投入生产。

(2) 广泛采用大功率、高效能、重型成套机电设备,采煤机总功率在 2000 kW 左右,采高达 5 m 以上,大修周期为 2~3 年,可采煤量达 $(400 \sim 600) \times 10^4$ t。工作面刮板输送机装机功率已达 2200 kW,最大输送能力为 4 kt/h,过煤量在 600×10^4 t 以上。平巷带式输送机装机功率为 $(2 \sim 4) \times (400 \sim 500$ kW),最大输送能力达 3.5 kt/h,铺设长度在 2000 m 以上。液压支架普遍采用电液控制 and 高压大流量供液系统,架型向两柱掩护式方向发展,最大工作阻力已经达到 9.8 MN,移架速度已经达到 6~8 s/架,最快移架速度可达到 3 s/架。

(3) 工作面长度一般在 200 m 以上,推进长度一般达 2000~3000 m,最大推进长度已经达到 6700 m。

(4) 工作面设备可靠性高。采、装、运和支护设备综合开机率达 90% 以上。美国高产高效设备可用率已达 97%。

(5) 工作面设备及外围系统能力配套合理。美国综采工作面刮板输送机、转载机、平巷带式输送机的生产能力一般大于采煤机最大生产能力的 120%,以便形成由工作面向外生产能力越来越大的煤流,为保持工作面稳定高产创造条件。

(6) 大型矿井采用 10~12.5 kV 高压下井,工作面用电设备电压分别为:美国 2.3 kV、4.16 kV,英国、南非、澳大利亚 3.3 kV,法国 5 kV。移动变电站向大容量、高电压、组合化方向发展。目前,最大容量的移动变电站已超过 3000 kV·A,一次侧电压为 6~12.5 kV,二次侧电压有 5 kV、4.16 kV、3.3 kV、2.3 kV、1.1 kV 等不同等级。开关装置也出现 12 回路组合开关,并能与移动变电站组合为动力中心。

(7) 工作面监测监控设施齐全,自动化程度高,工作面安全设施齐全,安全状况良好,原煤百万吨死亡率接近于 0。如德国的 PM4 综采通信系统可将支架压力监测与移架控制、工作面信号监测、工作面扩音电话集成在一个系统中传输。

(8) 矿井生产系统(包括煤炭运输、辅助运输、通风、排水、供电、供水、供热、安全生产监测监控及通信等系统)先进可靠,能满足高产高效综采工作面生产能力的要求。

进入 21 世纪,我国煤炭生产正向高产高效方向发展,各大原煤生产矿井逐步推行一井一面的集约化生产模式。因此,综采工作面机电设备装机功率逐渐增大,促进了高新技术的应用。例如,神华集团神东煤炭公司引进了国际上最先进的生产设备,如美国 6LS 型电牵引采煤机、德国 SL-500 型电牵引采煤机、英国 DBT 型液压支架及支架电液控制系统、美国久益公司的输送机等。此外,引进的工作面供电设备采用了微机控制技术,实现了故障查询、闭锁、先导保护和控制功能,保证了煤炭安全生产,建成了“百人千万吨”的高产高效矿井。

我国高产高效综采工作面设备选型配套有 3 种形式。第一种是全套国产设备,即采煤机、刮板输送机、液压支架及供电设备均为国产设备,日产原煤 7000 t 左右。第二种是部分引进设备和部分国产设备组成的综采设备。例如,大同煤矿集团马脊梁煤矿引进美国久益公司 4LS 型采煤机、英国 BRUSH 公司移动变电站、B.F 公司 3.3 kV 启动控制设备,刮板输送机和液压支架都是国产设备,日产原煤达 8000 t。第三种是工作面设备全部引进,即引进大功率高可靠性的电牵引采煤机、重型刮板输送机、转载机、破碎机及长距离大运量的带式输送机和电液控制的液压支架,生产效率高,自动化程度高,日产量可达 1×10^4 t 以上。如神华集团的哈拉沟煤矿就是一个百人年产 1000×10^4 t 的高产高效矿井。

随着科技的发展和煤炭生产能力的不断提高,大功率电牵引采煤机在我国煤炭生产中扮演着越来越重要的角色。根据生产需要,年产 600×10^4 t 以上的特大矿井需要高电压、大功率、大采高、高可靠性的重型采煤机设备。目前,国内各大采煤机生产厂家均已先后推出大功率交流电牵引采煤机,市场占有率正在普及。现在,西安煤机厂研制生产的 MG750/1910-WD 型电牵引采煤机已经投入使用,填补了我国大功率电牵引采煤机的空白。

课题一 综采电气设备的组成、类型、参数和性能

一、学习目标

认知 BGP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱的用途、结构、主要技术参数;了解并理解其电气工作原理;掌握其操作方法、安装维护与检修、调试;独立完成专题训练课题。

二、BGP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱

1. 概述

BGP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱适用于有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井,对 6 kV 电力线路进行控制和保护,作为配电或直接启动电机用。该装置具有绝缘监视、高压漏电、过载、短路、失压以及过压吸收等保护功能,特别适合中央或采区变电所作配电开关使用。其主要特点如下:

(1) 全功能数字化保护,箱门采用活节螺栓式压紧结构,主腔装有机芯小车,有安全连锁装置,具有本安远程控制功能,具备 RS485 计算机通信,采用 PLC 及人机屏 GOT,参数设置简单方便,保护灵敏可靠,画面简明直观。

(2) PLC 智能型保护具有系统自检、故障诊断、巡检及记忆功能,实时检测并数字

化显示运行状态及故障指示,便于系统使用、维护和故障判断、处理。

(3) PLC 实现远程联网通信,可由上位机集中控制,实现远距离合分闸等操作,并可直接显示远端开关当前的运行状态及故障情况。

(4) 支持故障原因记忆查询,可方便查询本次及之前发生的故障与参数。

(5) 具有独特的高压隔离开关腔室,运行及维护安全、可靠。

(6) 结构合理小巧,采用先进的高压真空断路器,保证合分闸灵敏准确;连接采用快速接插机构,方便维护及配套组合。

(7) 保护功能强大,可实现对负载的过载、短路、超压、欠压、断相、漏电的稳定可靠保护;选择性漏电保护保证了正确切断故障电路,保障了正常生产。

BGP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱由真空断路器(由真空开关管、操作机构、电压互感器、电流互感器、压敏电阻、电机等组成)、插销式隔离开关、继电保护、指示仪表及显示装置等组成,通过连接全部安装于主箱体内,零序电流互感器安装在后接线箱出线口内。

真空断路器(主体)为小车式。隔离开关采用插销式、微电脑继电保护及快开箱门加机械连锁;所有零部件采用积木式组合,连线均为标准安插件。装置可手动、电动或远距离操作。工作可靠,结构紧凑,使用维护特别方便。

箱体采用优质钢板及加强筋焊接而成,并进行高温回火处理后精加工,以确保箱体不变形;所有隔爆面粗糙度为 $6.3\ \mu\text{m}$;平面度为 $0.1\ \text{mm}$;隔爆间隙不大于 $0.25\ \text{mm}$ (箱门法兰间隙+箱门法兰与弯钩、抓钩间隙);并进行表面化学处理,以免生锈。

箱门内侧装有继电保护、工作状态指示、故障指示、电压显示、电流显示、电度表、分闸、合闸、各种功能自检、复位按钮以及中继接线盒。箱体内装有断路器主体、随机小车架,右侧为操作手柄和连锁装置。箱内后部为插销式隔离开关(并作为进出线接线柱),与主体配合,左下侧有七芯接线柱,用以远距离控制(通信)、零序电流和终端元件引入。

后接线箱两侧开口,为进线和联台而设,下方为出线口,零序电流互感器安装在其内,旁边是为远程控制而设的小接线嘴。

BGP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱的外形如图 1-1 所示。

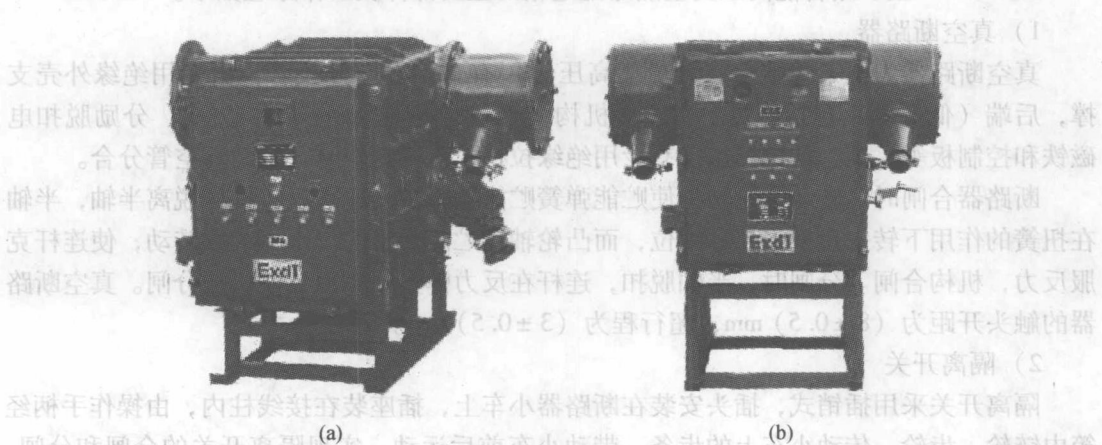


图 1-1 BGP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱外形图

2. 主要技术参数

额定工作电压	6 kV (E)
最高工作电压	7.2 kV
额定电流	400 A (400 A 以下均适用)
额定频率	50 Hz
额定开断电流	12.5 kA
额定最大关合电流	31.5 kA (峰值)
额定动稳定电流	31.5 kA (峰值)
2 s 热稳定电流	12.5 kA
断路器分闸时间	< 0.1 s
断流容量	150 mV · A

配用 LMZ-6 型电流互感器, 其技术参数见表 1-1。

表 1-1 LMZ-6 型电流互感器的技术参数

额定一次电流/A	400	
额定二次电流/A	5	
额定二次容量/(V · A)	A 组 5	B 组 10
准确级次	0.5	3

注: A 组为测量组, 供仪表用; B 组为信号组, 供保护用。在额定二次负荷下, 允许在 1.1 倍额定电流下长期运行。

配用 JSZW2-6 型电压互感器, 其技术参数见表 1-2。

表 1-2 JSZW2-6 型电压互感器的技术参数

额定电压/V			额定容量/(V · A)		最大容量/(V · A)	准确级次
一次	基本二次	辅助二次	基本二次	辅助二次	200	0.5 级
6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	30	30		

注: 该互感器为单端绝缘, 一次工频耐压试验只能以感应电压代替, 由二次 (或辅助二次) 加压, 一次 X 端接地, 使 A 端对地感应至 21 kV, 试验频率为 400 Hz, 时间为 30 s。

3. 主要部件及电气工作原理

BGP53-6 型矿用智能高压真空防爆配电箱的主要部件及工作原理如下。

1) 真空断路器

真空断路器为框架式结构, 前端 (高压侧) 有 3 个真空开关管, 由专用绝缘外壳支撑, 后端 (低压侧) 包括弹簧贮能操作机构, 手动、电动合闸机构, 失压、分励脱扣电磁铁和控制板等, 高、低压侧连接有专用绝缘拉杆, 机构动作时, 带动真空管分合。

断路器合闸时, 转动凸轮轴先使贮能弹簧贮能, 弹簧过死点后, 杠杆脱离半轴, 半轴在扭簧的作用下转一角度将杠杆限位, 而凸轮轴在贮能弹簧的作用下继续转动, 使连杆克服反力, 机构合闸。分闸时, 半轴脱扣, 连杆在反力弹簧的作用下使机构分闸。真空断路器的触头开距为 (8 ± 0.5) mm, 超行程为 (3 ± 0.5) mm。

2) 隔离开关

隔离开关采用插销式, 插头安装在断路器小车上, 插座装在接线柱内, 由操作手柄经箱内链轮、齿轮、传动小车上的齿条, 带动小车前后运动, 实现隔离开关的合闸和分闸。手柄转动角度为 90°时, 逆时针方向转动为合闸。

3) 电流互感器

电流互感器采用穿芯式，型号为 LMZ-6，两个互感器直接固定在两边相线插头上。每个互感器有两个绕组，分别提供仪表（1K1、1K2）和保护（2K1、2K2）电流信号。

4) 电压互感器

电压互感器采用三芯五柱式，型号为 JSZW2-6，一次（A、X）星形接高压；基本二次（a、x）星形提供工作电源；辅助二次（ad、xd）开口三角形提供信号电压。

5) 连锁机构

为运行安全，在断路器隔离开关和箱门之间装有机电连锁。关上箱门，逆时针转动隔离开关手柄，门销杆将箱门销住，手柄转动至 90°时，隔离开关合上，解除断路器锁定状态，小车顶部到位开关接通。断路器可进行电动和手动（手动为应急时使用）操作，断路器合闸，连锁锁杆将隔离开关锁定。断路器分闸后，需逆时针转动断路器传动轴，使连锁锁杆回位，顺时针转动隔离开关手柄，隔离开关断开，同时锁住断路器，手柄转动至 90°时，门锁杆回位，解除门锁，打开箱门。

6) 继电保护

该继电保护器基本工作原理如图 1-2 所示。



图 1-2 保护器基本工作原理示意图

主要电气保护包括：

(1) 电缆绝缘监视保护：①当屏蔽芯线与屏蔽地线之间的绝缘电阻值 R_d 降低至 $R_d < 3 \text{ k}\Omega$ 时，保护器可靠动作， $R_d > 5 \text{ k}\Omega$ 时，保护器不动作；②当屏蔽芯线与屏蔽地线之间的回路电阻 R_k 增加至 $R_k > 1.5 \text{ k}\Omega$ 时，保护器可靠动作， $R_k < 0.8 \text{ k}\Omega$ 时，保护器不动作，监视保护动作时间小于 0.1 s。

(2) 低电压保护：当电网进线电压降低至额定值的 65% 以下时，能可靠保护（根据用户要求可一次性调整）。

(3) 高电压保护（用户选定）：当电网进线电压升至额定值的 110% 时，保证正常工作；当电网进线电压达到额定值的 118% 以上时，能可靠保护。

保护器额定工作电压为交流 100 V/50 Hz，内部工作电压为直流 +5 V。电源电压在 +20% 范围内变化时，能保证保护器正常工作。保护器所显示的电压、电流值是 1.5 s 内的平均值，以便人眼读数。

此外，BCP53-6 型矿用智能高压真空隔爆配电箱备有电动（远控）合闸及保护：电机启动约 3 s 后，自动停机，以免机械故障时出现电机连续运行的状况。操作过电压吸

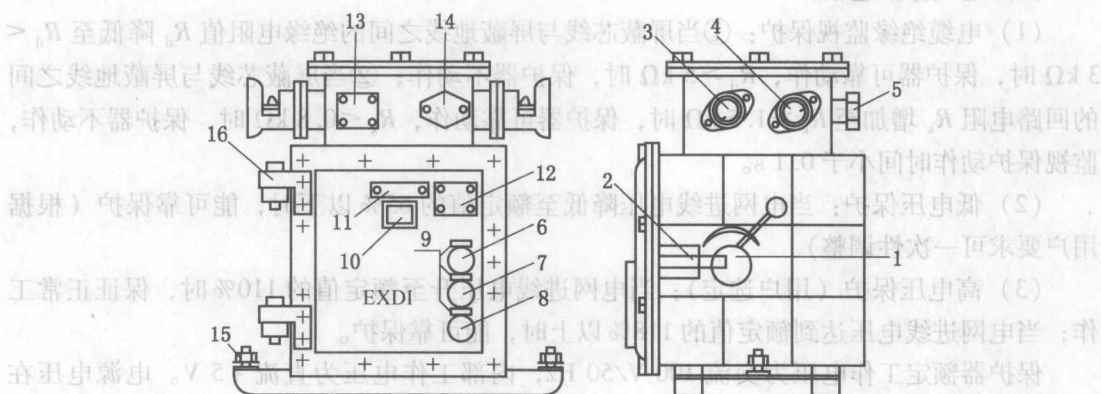
收：使用 MYGK-6 型氧化锌压敏电阻，当断路器分断出现较高电压时，均被吸收在 3.5 倍相电压峰值以下。

三、BKD5 型矿用智能低压自动馈电开关

矿用低压自动馈电开关是将隔离开关、断路器、保护装置组装在隔爆外壳内的一种成套配电装置，用于接收和分配低压电能、控制和保护低压线路。主要应用于井下变电所或配电点，作为低压配电总开关或分路开关使用。目前使用较多的有矿用隔爆型自动馈电开关和矿用隔爆型真空自动馈电开关。矿用隔爆型自动馈电开关有 DW80 和 DWKB30 两大系列，前者结构简单，可用于 380 V 和 660 V 系统；后者采用电子保护装置，保护功能齐全，具有信号显示装置，可用于 380 V、660 V、1140 V 系统。作总开关时，两者均可同检漏继电器配合实现漏电保护。矿用隔爆型真空自动馈电开关有 DKZB、DZKB、BKD 等多种系列，均采用真空断路器和电子保护装置。随着单片机的使用，新型的智能真空自动馈电开关取代了电子保护装置，得到了越来越广泛的使用。

BKD5 型矿用智能低压自动馈电开关按额定电流分有 200 A、400 A 两种；按额定电压分有 660 V、1140 V 两种；按作用分有总开关和分路开关两种，其中总开关具有漏电保护功能，分路开关具有选择性漏电保护功能并可实现风电闭锁。

BKD5 型矿用智能低压自动馈电开关的外形如图 1-3 所示，采用方形隔爆外壳。外壳的顶部为隔爆接线盒，接线盒的两侧设有电缆引入装置 3、电缆引出装置 4，后面有控制电缆接线喇叭嘴 5，接线盒内设有各电缆的接线柱，实现电路的连接。外壳的中部为主腔，内设隔离开关、真空断路器、电流互感器、控制变压器及一次侧熔断器。外盖为提升铰链门结构，只有先将铰链门提升起来，方可绕着铰链 16 转动开门。铰链门与外壳右侧的分合闸操作手柄 1 之间设有机械闭锁 2，当手柄置于合闸位置时，闭锁螺栓被顶入铰链门的缺口内，从而阻碍铰链门的提升，门不能被打开；只有当手柄置于分闸位置，闭锁螺栓才能退出铰链门的缺口，铰链门方可提升后打开。门上设有过流试验按钮 6、漏电试验按钮 7、复位按钮 8 及显示窗 10。门上设有过流试验按钮 6、漏电试验按钮 7、复位按钮 8 及显示窗 10。



- 1—分合闸操作手柄；2—机械闭锁；3—电缆引入装置；4—电缆引出装置；5—控制电缆接线喇叭嘴；
6—过流试验按钮；7—漏电试验按钮；8—复位按钮；9—按钮用途标牌；10—显示窗；11—
警示牌；12—显示说明牌；13—铭牌；14—煤矿安全标牌；15—接地螺栓；16—铰链

图 1-3 BKD5 型矿用智能低压自动馈电开关外形图

四、矿用隔爆型移动变电站

(一) 概述

世界先进产煤国为了大幅度提高采煤工作面的产量和工效，在矿井长壁工作面装备上采取了一系列卓有成效的改革，从而使一批大型矿井实现了集约化生产。我国到 2006 年已建成 214 座高产高效矿井，并把建设高产高效矿井作为 21 世纪我国煤炭发展的主要任务。高产高效矿井的主要特点：高产，指规模为 $300 \times 10^4 \text{ t/a}$ 以上的矿井，均为一井一面；高效，指采、掘、运和支护设备功率大、效率高，工作面推进速度快，工作面长度和平巷走向长度大，全员效率最高已达 150 t/工；安全，指矿井生产系统的监测监控装置及通信先进可靠，自动化程度高，操作维修简单方便，工作面安全设施齐全，安全状况良好。高产高效工作面供电、控制系统有以下几个特点：

(1) 变压器容量大，电压等级高。

(2) 变压器一次侧和二次侧均采用真空断路器，具有可靠、灵敏的保护和试验功能，并且可以指示和观察断路器的工作状态及各种保护的动作情况，还具有直观的故障查询系统，有些还带有自动重合闸装置，可迅速恢复供电。

(3) 控制负荷的组合开关可同时控制多台负载电动机，最多可配有 10 个出线模块，每个出线模块包括真空接触器和控制、保护装置。

(4) 使用微机 (PLC) 控制技术，如在各控制开关上采用可编程控制器等进行控制和通信，增强了这些设备的功能，可以实现多种控制方案。因此，高产高效工作面采用了高电压、大容量的移动变电站供电和组合开关控制。

向高产高效工作面供电有两种方式：一种是典型的常规供电方式，即由地面变电所用两趟电缆线路供至井下中央变电所，再由中央变电所用电缆送至设在工作面平巷的移动变电站，通过起动机、负荷控制中心等分别向采煤机、刮板输送机、转载机、破碎机和带式输送机供电；另一种供电方式是以美国为代表的由地面变电所以 $6 \sim 12.5 \text{ kV}$ 电压下井，入井电缆直接送至采区移动式供电中心 (Power Center)。该移动式供电中心是一台大型多回路出线移动变电站，一个工作面装一台，可分别向多台不同电压的电气设备供电。

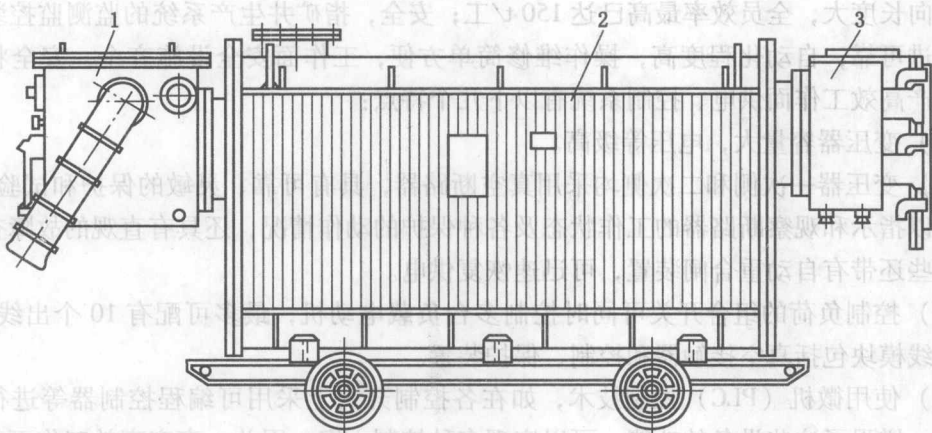
这种大型多回路出线移动变电站由低压馈电开关、干式变压器、高压配电开关 3 部分组成，而朗威达移动变电站是采用低压保护箱、干式变压器、高压真空配电装置，所有低压线路上的故障均通过信号线驱动高压侧断路器分断，从而降低了分断电流，克服了低压馈电开关的频繁分断故障，同时也克服了变压器低压绕组至低压馈电开关回路漏电不能分断故障点的死区问题，具有先进的、完善的微电脑综合保护系统，提高了整体供电的可靠性，且不必打开箱体大门即可进行保护参数的整定。

矿用隔爆型移动变电站主要用于综采工作面的供电。随着工作面装机容量的增大和供电电压的升高，移动变电站已向大容量、高电压组合方向发展。目前，移动变电站的最大容量已超过 $3000 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ，一次侧电压也由 6 kV 发展到 12.5 kV ，二次侧电压也由 1.2 kV 发展到 5 kV 。为适应二次侧多种电压等级的需要，美国的大型移动式供电中心还采用多线圈变压器，二次侧可以提供 4.16 kV 、 2.3 kV 、 0.95 kV 、 0.55 kV 、 0.44 kV 、 0.22 kV 等多种电压。

(二) 组合方式

矿用隔爆型移动变电站的外形如图 1-4 所示。移动变电站可以由矿用隔爆型变压器和各种高低压隔爆开关组成,其组合有 3 种方式。

第一种组合方式是隔爆变压器的高压侧采用 FB-6 型隔爆高压负荷开关,低压侧采用 DZKD 型或 BKD 型、KDZ 型等隔爆低压自动馈电开关。该种组合方式结构简单,但是由于高压负荷开关仅能分断正常的负荷电流,不能分断故障电流,其高压进线侧需设置高压配电开关,实现短路、过载及漏电保护;低压自动馈电开关虽然具有漏电保护,但变压器低压绕组至自动馈电开关间一旦发生漏电,自动馈电开关无法实现保护。



1—隔爆高压配电装置; 2—隔爆干式变压器; 3—隔爆低压自动馈电开关

图 1-4 矿用隔爆型移动变电站的外形图

第二种组合方式是隔爆变压器的高压侧采用 BGP41-6 型或 GKDZ-200/6 型隔爆高压真空配电箱,低压侧采用 BXB-800/1140 型隔爆低压保护装置。该种组合中变压器二次绕组发生漏电,可使高压断路器动作,从而消除了这一保护盲区,但是利用高压真空配电箱通断负荷和切断短路会产生较高的过电压,容易使电路绝缘薄弱处击穿。

第三种组合方式是隔爆变压器的高压侧采用隔爆高压真空配电箱,主要负责高压侧的控制、保护以及变压器二次绕组的漏电保护;低压侧采用隔爆自动馈电开关,主要负责负荷的通断及低压侧的各种保护。该种组合方式低压侧也可直接与组合开关及其他控制设备相连,形成动力中心。该种组合既保留了第二种组合的优点,又克服了其缺点,但是设备投资较大。

(三) BGP30-6/400/630 型隔爆型高压真空配电箱的功能与特点

1. 主要作用

该装置适用于具有甲烷混合气体和有煤尘爆炸危险的煤矿井下,对额定电压 6 kV,额定频率 50 Hz 的三相交流中性点不直接接地的供电系统进行控制、保护和测量。可作配电开关,也可直接启动电机。装置符合中华人民共和国机械行业标准《矿用隔爆型高压配电装置》(JB 8739—1998),引用了《爆炸性气体环境用电气设备》(GB 3836—2000)、《交流高压断路器》(GB 1984—1989)、《交流高压隔离开关》(GB 1985—1989)、《交流高压电器在长期工作时的发热》(GB/T 763—1990)、《高压输变电设备的绝缘配合》(GB

311—1997)、《高压开关设备常温下的机械试验》(GB/T 3309—1989)、《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db: 交变湿热试验方法》(GB/T 2423.4—1993)、《交流高压电器动、热稳定试验方法》(GB/T 2706—1989)、《10 kV 户内高压真空断路器通用技术条件》(JB 3855—1996) 等规范, 采用的高压真空断路器其性能符合 GB 1984 及 JB 3855 标准。

选用的电脑程控高压综合保护, 对电网二次交流信号不加任何变形和修饰, 直接高速采样, 对每组信号进行幅度、陡度、频度的计量; 对信号的形状、频率、相位、强度、谐波量进行判别和测算, 识别并剔除干扰, 甄别并检出偶然。然后对需控量进行监视、分析、统计和判断。可信度、可靠度高于一般模拟量综合保护。并可与工控机连接, 实现通信功能, 进行程控。

电脑综合保护对电网电压、负载电流有显示功能、自检功能、故障性质判断功能, 并以代码显示。还有闭锁功能, 即故障未排除, 不能合闸。以及掉电后, 故障性质长期记忆功能。

2. 主要技术参数

- (1) 额定工作电压: 6 kV。
 - (2) 最高工作电压: 7.2 kV。
 - (3) 额定频率: 50 Hz。
 - (4) 额定电流: 50 A、100 A、(150 A)、200 A、315 A、400 A、(500 A)、630 A。
(注: 高爆装置的额定工作电流是按电流互感器一次电流分挡的: 额定电流为 400 A 及以下的高爆装置, 采用 400 A 的真空断路器; 额定电流为 500 A、630 A 的高爆装置, 采用 630 A 的真空断路器; 括号内的 150 A、500 A 的高爆装置可根据用户要求制造)
 - (5) 额定短路开断电流: 10 kA、12.5 kA (有效值)。
 - (6) 额定短路关合电流: 25 kA、31.5 kA (峰值)。
 - (7) 每相主回路电阻: $< 300 \mu\Omega$ 。
 - (8) 额定操作电压: 100 V AC。
 - (9) 真空断路器机械寿命: 10000 次。
 - (10) 真空断路器电寿命: 8000 次。
 - (11) 隔离小车触头嘴机械寿命: 2000 次。
 - (12) 额定短路电流开断次数: 30 次。
 - (13) 固有分闸时间: $< 50 \text{ ms}$ 。
 - (14) 合闸速度: $0.4 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。
 - (15) 分闸速度: $0.8 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。
 - (16) 合闸弹跳时间: 不大于 3 ms。
 - (17) 三相触头分、合闸不同期性: 不大于 2 ms。
 - (18) 真空管主触头额定开距: 400 A 真空管 8_0^{+1} mm ; 630 A 真空管 10_0^{+1} mm 。
 - (19) 真空管主触头超行程: 400 A 真空管 2_0^{+1} mm ; 630 A 真空管 3_0^{+1} mm 。
- 额定绝缘水平见表 1-3。
- 配用 LM-6 型母线式双绕组电流互感器, 其技术数据见表 1-4。
- 配用 JSZW2-6 型三相五柱电压互感器, 其技术数据见表 1-5。

表1-3 额定绝缘水平

1 min 工频耐压 (有效值)/kV			标准雷电冲击全波 (峰值)/kV	
对地、相间及断路器的断口间	隔离开关断口间	二次回路对地	对地、相间及断路器的断口间	隔离开关断口间
23	26	2	60	70

表1-4 LM-6 型母线式双绕组电流互感器的技术数据

额定一次电流/A	50、100、(150)、200、315、400、(500)、630			
额定二次电流/A	5			
额定二次负荷/(V·A)	A 组 (信号源绕组)		B 组 (电流源绕组)	
	3.75		50	
准确级次	3 级		B 级	

注: 1. A 组为信号源绕组, 供计量用; B 组为电流源绕组, 供综保继电保护用。
2. 在额定二次负荷下, 允许在 1.1 倍额定电流下长期运行。
3. 供继电保护的 B 组电流源绕组, 当外接负载 $\cos\varphi=0.8$ 时, 10% 误差特性曲线的倍数不小于 15 倍。

表1-5 JSZW2-6 型三相五柱电压互感器的技术数据

额定电压/V			每相额定容量及准确级次			最大容量/(V·A)
一次	基本二次	辅助二次	30 V·A	50 V·A	100 V·A	200
6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	0.5 级	1 级	3 级	

3. 功能与特点

电脑综保直接对电压、电流互感器二次侧进行采样检测, 通过数据处理直接显示电网电压及负载电流。其显示值为防闪烁, 取 1.5 s 平均值作显示。精确度为 +5%。电脑综保的额定工作电压为交流 100 V。当综保输入电压在额定工作电压的 20% ~ 50% 时仍能可靠工作。

对高压真空断路器负载侧出现的短路故障, 进行速断保护。对高压真空断路器负载侧出现持续过载时, 实施反时限保护。对高压真空断路器负载侧出现断续过载时, 利用过载出现和过载终止时的热积累与热发散的关系, 进行运算, 实施反时限保护。热发散系数可由用户来定。

对高压真空断路器负载侧使用的双屏蔽电缆, 进行绝缘监视, 实行超前保护。

对进线电压不足额定值的 65% 时, 进行欠电压保护; 失压电磁铁在额定电压 35% 时动作, 构成双重保护。

若对电动机单独进行保护, 低电压动作值、延时值可根据用户要求设定来制造。采用零序功率方向型的漏电保护方式, 对有漏电故障的设备, 进行有选择的保护。对进线电压超过额定值的 118% 时进行过电压保护。

电脑综保具有自检、闭锁、显示故障性质功能，以及掉闸断电后对故障性质有记忆功能。具备通信功能，和工控机连接可实现群控。电脑综保的主要技术参数如下：

1) 短路保护

整定电流分 8 挡可调，标称值分别为开关额定工作电流（电流互感器的一次电流）的倍数，有 1.6 倍、2.0 倍、3.0 倍、4.0 倍、5.0 倍、6.0 倍、8.0 倍、10.0 倍。短路保护动作时间：从短路信号出现至确认无误后，发出保护指令，小于 0.1 s。精确度为 $\pm 8\%$ 。

2) 过载保护

整定电流分 8 挡可调，标称值分别为开关额定工作电流（电流互感器的一次电流）的倍数，有 0.2 倍、0.3 倍、0.4 倍、0.6 倍、0.8 倍、1.0 倍、1.2 倍、1.4 倍。负载电流超过额定电流标称值的整定倍数时，实施反时限和定时限保护，精确度达 $\pm 8\%$ 。过载保护的動作时间由波段开关分 8 挡选择。过电流值的大小和動作时间成反时限特性，见表 1-6。

表 1-6 电流和動作时间成反时限特性的关系

过载电流整定值的倍数/倍	挡 位							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	延时时间/s							
0.2	2.50	25.0	35.0	50.0	70.0	100.0	140.0	200.0
0.3	1.67	16.7	23.3	33.3	46.7	66.7	93.3	133.3
0.4	1.25	12.5	17.5	25.0	35.0	50.0	70.0	100.0
0.6	0.83	8.3	11.7	16.7	23.3	33.3	46.7	66.7
0.8	0.63	6.3	8.8	12.5	17.5	25.0	35.0	50.0
1.0	0.50	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0	28.0	40.0
1.2	0.42	4.2	5.8	8.3	11.7	16.7	23.0	33.3
1.4	0.36	3.6	5.0	7.1	10.0	14.3	20.0	28.6

3) 漏电保护

零序电流整定值分 7 挡可调，一次零序电流标称值为 0.5 A、1.0 A、2.0 A、3.0 A、4.0 A、5.0 A、6.0 A，误差不超过 $\pm 8\%$ 。零序电压整定值分 6 挡可调；一次零序电压标称值为 3.0 V、5.0 V、10.0 V、15.0 V、20.0 V、25.0 V，误差不超过 $\pm 8\%$ 。漏电保护延时動作时间分 8 挡可调，标称值为 0.1 s、0.2 s、0.3 s、0.5 s、0.7 s、1.0 s、1.5 s、2.0 s。

4) 绝缘监视

当双屏蔽电缆的屏蔽芯线与屏蔽地线之间的绝缘电阻 R_d 降低至 $R_d < 3\text{ k}\Omega$ 时，综保应可靠動作；当 $R_d > 5.5\text{ k}\Omega$ 时，综保不允许動作。当双屏蔽电缆的屏蔽芯线与屏蔽地线之间的回路电阻 R_k 增大至 $R_k > 1.5\text{ k}\Omega$ 时，综保应可靠動作；当 $R_k < 0.8\text{ k}\Omega$ 时，综保不允许動作。绝缘监视保护動作时间小于 0.1 s。