

郭 海 穆连生 等 编著

高产高效矿井综连采电气技术

煤炭工业出版社

TD823.97
G-371

高产高效矿井综连采电气技术

郭 海 穆连生 刘蕴哲 编著
李荣生 史 禹 唐青松

煤炭工业出版社

• 北 京 •



郭海，男，汉族，1965年出生，硕士研究生毕业，高级工程师，山西省采矿工程专家，现任大同煤矿集团公司马脊梁矿矿长。先后取得省部级科技成果8项，发表论文15余篇，其中《大同“两硬”条件国产综采装备双高工作面开采技术研究》获2002年度煤炭工业十大科技成果之一，创造的《就近管理在煤炭企业中的应用》获2003年度全国煤炭工业企业管理现代化创新成果二等奖。曾获得省级以上荣誉15次，连续3年被评为“山西省优秀企业家”、山西省杰出青年企业家、山西省“金牛特等奖”，获得全国煤炭工业优秀矿长称号，被山西省委、省政府授予“个人三等功”、“劳动模范”等。

内 容 提 要

本书全面、系统、深入地阐述了高产高效矿井综连采电气设备的电气控制原理、操作及维护。主要内容有：国产隔爆型移动变电站、英国隔爆型移动变电站、3300 V 磁力起动器、真空磁力起动器、直流电牵引采煤机电气系统、交流电牵引采煤机电气系统、连续采煤机电气系统及其配套设备的电气系统。

内容选取了部分国产设备和近年来我国引进国外现代高产高效采煤工作面及连续采煤工作面机电设备的电气系统，国产设备和引进设备相结合。反映了本世纪初国内采煤行业最现代化的技术。

本书作为矿山机电工程技术人员参考书，也可作为高职院校综合机械化采煤专业、煤矿机电专业等的教学参考书。

此书为山西大同大学资助项目。

前 言

进入21世纪以来,我国在引进、消化、吸收国外先进的地下采煤作业的现代化设备越来越多,微电脑控制技术的应用已经很普遍,设计制造出现代化的采煤机电设备,其技术性能也较为完善。到目前为止,有关高产高效矿井综连采电气技术方面的书籍较少,体系合理、内容详实、通俗易懂、实用性强的书更少。为了满足现场工程技术人员对新技术的渴求和维护人员的急需,决定联合编写该书。

本书题材来源实际,具有先进性。在内容选取上反映了目前我国引进国际上最先进的综连采设备和国产部分设备,全面、系统地介绍了其工作原理、操作及维护,对矿山机电工程技术人员及维修人员来说,是一本必不可少的参考资料,对高职院校综合机械化采煤专业、煤矿机电专业等也是一本较好的教学参考书。

全书共14章。绪论、第一章、第四章、第八章由大同煤矿集团马脊梁矿郭海编写;第二章、第五章、第六章由山西大同大学工学院穆连生副教授编写并负责统稿;第十章、第十一章、第十二章、第十三章由山西大同大学工学院刘蕴哲副教授编写;第九章、第十四章由山西大同大学工学院李荣生副教授编写;第三章由大同煤矿集团员工培训中心史禹编写;第七章由神东天隆集团有限责任公司唐青松编写。

本书在编写过程中得到山西大同大学、大同煤矿集团马脊梁矿、塔山矿、员工培训中心、机电处领导的大力支持和帮助,神东煤炭公司教育培训处提供了部分资料,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中叙述如有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005年4月于山西大同

目 录

绪 论	1
第一章 国产隔爆型移动变电站	3
第一节 KSGZY 隔爆型移动变电站概述	3
第二节 BGP ₄₁ -6 隔爆型高压真空配电箱	4
第三节 KSGB 隔爆型干式变压器	14
第四节 BXB ₁ -800/1140 隔爆型低压保护箱	18
第五节 电脑控制保护的 KSGZY 型变电站	26
第二章 英国隔爆型移动变电站	34
第一节 BRUSH-1 500 kV·A 矿用隔爆型移动变电站概述	34
第二节 BRUSH-1 500 kV·A 隔爆型移动变电站隔爆高压开关箱	36
第三节 BRUSH-1 500 kV·A 隔爆型移动变电站干式变压器	49
第四节 BRUSH-1 500 kV·A 隔爆型移动变电站低压开关箱	50
第五节 BRUSH-2 000 kV·A 隔爆型移动变电站	70
第三章 3 300 V 隔爆型起动器	83
第一节 LC33 隔爆型负荷控制中心	83
第二节 CHP33 隔爆型组合开关	120
第三节 TD33 起动器	141
第四章 千伏级磁力起动器	146
第一节 QJZ-200/1140 隔爆型真空磁力起动器	146
第二节 QJZ-300/1140 隔爆型真空磁力起动器	151
第三节 QJZ ₂ -315/1140 S 隔爆型双保护真空磁力起动器	158
第四节 BQD-300/1140 隔爆型真空磁力起动器	163
第五节 QJZ-300/1140 (660) Z 矿用隔爆智能型真空磁力起动器	166
第六节 TTQ400/1140 (660) 矿用隔爆兼本质安全型调压调频软起动器	173
第五章 6LS5 型直流电牵引采煤机电气系统	180
第一节 概 述	180
第二节 6LS5 型采煤机电气系统	182
第三节 采煤机启动控制原理	194

第四节	6LS5 型采煤机电气系统的保护	200
第五节	HOST 单元及相关电路	206
第六节	6LS5 采煤机的图形显示	214
第七节	6LS5 采煤机操作	216
第六章	艾柯夫SL500 型采煤机电气系统	221
第一节	概 述	221
第二节	SL500 型采煤机电气系统	224
第三节	采煤机启动控制过程	244
第四节	SL500 型采煤机电气系统保护	246
第五节	SL500 型采煤机电脑控制系统	250
第六节	SL500 型采煤机操作	253
第七节	SL500 型采煤机软件 17972C4	256
第七章	MGTY400/900-3. 3D 型采煤机电气系统	260
第一节	概 述	260
第二节	采煤机电气系统	262
第三节	采煤机启动控制原理	281
第四节	采煤机电气系统保护	287
第五节	采煤机操作	288
第八章	MG300/720—AWD 型采煤机电气系统	290
第一节	概 述	290
第二节	电气系统	292
第三节	采煤机启动控制原理	299
第四节	采煤机电气系统保护	300
第五节	采煤机的操作	301
第九章	12CM15 型连续采煤机电气系统	304
第一节	概 述	304
第二节	电气操作	308
第三节	电气控制系统	314
第四节	连续采煤机电气控制原理	318
第五节	采煤机电气系统保护	331
第六节	电气维护及故障处理	337
第七节	JNA 页面转换器及操作	350
第十章	488 型铲车电气系统	354
第一节	概 述	354

第二节	488 铲车电气系统	355
第三节	铲车的使用操作与维护调整	371
第十一章	給料破碎机电气系统	379
第一节	1030 給料破碎机电气系统	379
第二节	使用操作与维护调整	382
第十二章	锚杆钻机电气系统	388
第一节	概 述	388
第二节	TD ₂ -43 型锚杆钻机	388
第三节	SAA TB5000 型锚杆机	395
第四节	TB4095C 锚杆机电气系统	399
第五节	ARO-40-RELMB-WT 型锚杆钻机	400
第十三章	运煤车电气系统	417
第一节	10SC32 型梭车电气系统	417
第二节	848 型运煤车电气系统	435
第三节	CH818 型运煤车电气系统	450
第十四章	可伸缩胶带输送机控制及保护系统	453
第一节	CST 可控驱动装置	453
第二节	CST 控制器	457
第三节	CST 系统安装与调试	462
第四节	CST 控制系统故障处理	470
第五节	CST 胶带输送机电控系统	476
第六节	KJ50 型 PROMOS 系统	487
第七节	胶带输送机监测保护装置	500

绪 论

进入21世纪,我国煤炭生产正在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。生产工作面推进速度之快,各大煤矿集团日产万吨原煤的工作面比比皆是,这就要求长臂采煤的准备巷道应快速掘进,连续采煤机发挥其重要作用,日掘进速度达60 m/d以上。设备的电压等级,国产设备基本上保持在1 140 V电压等级上,大功率采煤机供电电压采用3 300 V;引进国外的采煤机供电电压为3 300 V。

一、综采工作面机电设备概述

高产高效矿井主要特点为产量高,日产原煤1.0~1.5万t,效率高,矿井全员效率40~60 t/工,年生产能力一般为300~500万t,甚至更高。高产高效矿井的主要特征是一矿一井一个工作面。例如神华集团神东煤炭公司大柳塔矿,设计年产600万t,采煤机供电电压3.3 kV,综采工作面装机容量达5 100 kW,采煤机是引进美国久依公司6LS5型,其装机功率为1 530 kW。2002年引进7LS-6型采煤机,其装机功率为1 860 kW,3.3 kV。移动变电站引进英国BRUSH公司的产品,容量为1 500 kV·A和2 000 kV·A,还使用部分国产移动变电站。2002年神东公司、大同煤矿集团引进德国艾柯夫公司SL500型交流电牵引采煤机,总装机功率为1 815 kW,供电电压为3.3 kV,已达到国外同期装备的水平。

20世纪80年代以后,美国、德国等大型矿井已经用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、组化方向发展。目前最大容量的移动变电站已超过3 000 kV·A,一次侧电压为6~12.5 kV,二次侧电压有5,4.16,3.3,2.3,1.1 kV不同等级。开关装置也出现8回路组合开关,并能与移动变电站组合为动力中心。

我国目前多数矿井采用6 kV电压向井下供电,个别矿井采用10 kV供电,工作面用电设备电压等级基本维持在1 140 V,国产移动变电站最大容量为1 250 kV·A,大容量隔爆型移动变电站正在研制及工业试验中;引进国外的采煤机电压等级为3.3 kV,相应引进6/3.4 kV的移动变电站和3.3 kV控制开关。

我国高产高效综采工作面设备选型配套有3种形式。第1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,日产量原煤7 000 t/d左右;第2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矿引进美国久依公司4LS型采煤机,引进英国BRUSH公司移动变电站,B & F公司的3.3 kV启动控制设备,刮板机和液压支架都是国产设备,日产原煤达8 000 t/d;第3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1万t/d以上。

我国综合机械化采煤飞速发展，综采工作面通讯与控制日新月异，工作面设备由分散控制逐步改为集中控制，工作面通讯由原来的单一电铃信号，改为有线扩音电话及工作面无线电话，综采工作面和地面通讯设备日趋完善。通讯控制设备原来主要依靠进口，如引进英国的赛瓦得通讯控制系统，德国的WL-20系统，日本的扩音电话通讯控制系统等，逐步被国产化设备所取代。如天津天宇电子设备厂生产的TK-100通讯控制系统，济南无线电厂生产的CK-1，CK-2通讯系统等，综采工作面通讯控制系统为原煤生产提供了可靠的保障。

二、连采设备概述

1949年美国利诺公司研制成功第一台连续采煤机，主要用在房柱式采煤，回收边角煤，还可以用于开采钾盐、铝土、硼砂、页岩及永冻土层等。20世纪60年代后，美国推广应用于长臂采煤的准备巷道快速掘进中，取得了较好的成绩，经过半个世纪的发展历程，到现在连续采煤机已日臻完善，掘进工艺走向成熟。在世界上许多国家连续采煤机在房柱式采煤、回收边角煤及长臂开采的煤巷快速掘进中得到了广泛的应用，效益显著。

20世纪40年代，以利诺公司CM12H型和久依公司3JCM及6CM型为代表的截链式连续采煤机，其缺点是结构复杂，装煤效果差；20世纪50年代以久依公司的8CM型为代表的摆动式截割头连续式采煤机，优点是生产效率高，装煤效果好，缺点是振动大，维护费用高；到70年代末至今久依公司生产出10CM、11CM滚筒式连续采煤机，经过改进又生产出12CM系列滚筒式连续采煤机，如适应开采中硬煤层的12CM-10B型、12CM-15-10D型、12CN18-10D型，适用于特别坚硬煤层的12CM31C型等。我国引进的主要有12CM15-10D型和12CM18-10D型及12CM27型。在神东矿区用的较多，主要用于煤巷的矩形断面掘进，少部分用于回收边角煤及房柱式采煤。

第一章 国产隔爆型移动变电站

本章主要讨论联合设计的国产矿用隔爆型移动变电站,由长沙变压器厂、吉林通化变压器厂和太原变压器厂生产。我国在20世纪80年代初研制的隔爆型移动变电站由高压负荷开关箱、隔爆干式变压器和低压馈电开关组成,容量为315,500,630 kV·A 3种,电压等级为1 200 V或693 V。由于综采工作面装机容量逐渐增加,要求隔爆移动变电站容量也在增大。目前又生产出800,1 000,1 250 kV·A移动变电站(大容量的移动变电站正在研制中),变电站低压侧仍为1 200 V,原设计配套的高低压开关箱已不能满足要求。目前,太原平阳矿山机械厂研制出GKDZ-200/6隔爆型高压真空开关箱可以代替原高压负荷开关;北京四博连华能机电公司生产的BGP₄₁-6隔爆型高压真空开关箱、BXB1-800/1140型低压保护箱可与隔爆干式变压器组成移动变电站,其保护装置有电子保护和电脑保护两种,电脑保护装置工作可靠,提高了供电的可靠性和安全性。

本章只对四博连高压开关和低压保护箱组成的移动变电站进行讨论。

第一节 KSGZY 隔爆型移动变电站概述

一、用途

KSGZY型变电站用来把煤矿井下中央变电所或采区变电所送来的6 kV高压变为1 200 V或660 V电压,向采区设备供电。由于采用隔爆结构,故可用于沼气矿井的采区。

使用条件:海拔高度不超过1 000 m;周围环境温度不高于35℃;周围空气相对湿度不大于95%(环境温度+25℃);有甲烷和煤尘爆炸危险的矿井中;在无强烈颠簸震动以及与垂直面的斜度不超过15°的环境中。KSGZY隔爆型移动变电站可以在上述条件及额定容量下持续长期工作。

二、结构特点

KSGZY型变电站主要由BGP₄₁-6隔爆型6 kV真空配电箱、隔爆型干式变压器和BXB1-800/1140型低压保护箱组成,如图1-1所示。

3个部分之间用法兰隔爆面和紧固螺栓连成一个整体,安装在拖橇上,拖橇下面装有直径为220 mm的有边滚轮,可在轨距为900 mm轨道上滚动,以便随着综采工作面的推进而移动。

型号含义:如KSGZY-1250/6,K表示矿用,S为三相,G干式,Z组装,Y移动,变压器的容量为1 250 kV·A,6表示变压器高压侧额定电压为6 kV。

三、技术特征

KSGZY隔爆型移动变电站主要技术数据见表1-1。

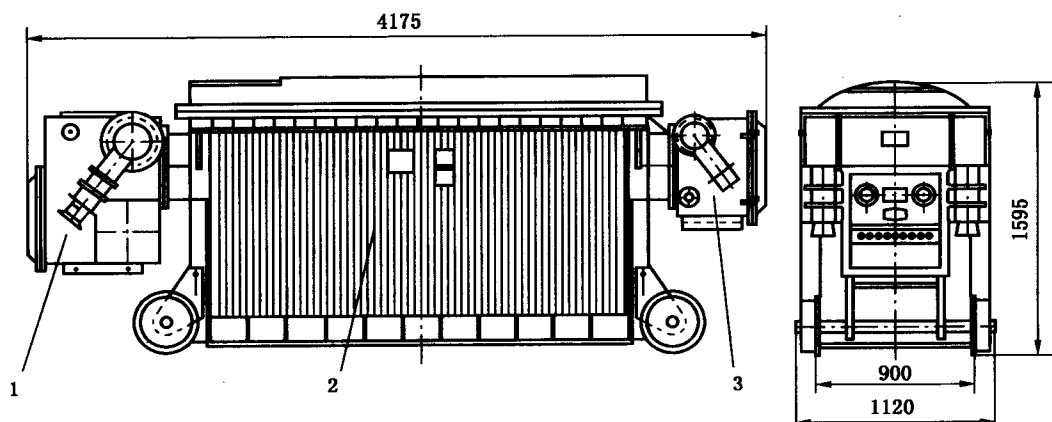


图1-1 KSGZY 隔爆型移动变电站外形

1—矿用隔爆型高压真空配电装置；2—矿用隔爆型干式变压器；3—矿用隔爆型低压保护箱

表1-1 KSGZY 隔爆型移动变电站主要技术数据

型 号	额定容量 /(kV·A)	额定电压/kV		损耗/W		阻抗电压 /%	空载电流 /%	连接组别	外形尺寸 L×B×H /mm	总重量 /kg
		高压	低压	空载	负载					
KSGZY-315/6	315	6-2×4% 6±5%	1.2/ 0.69	1 400	2 100	4	2.5	Yy0 Yd11	3 200×1 100× 1 225	2 650
KSGZY-500/6	500	6-2×4% 6±5%	1.2/ 0.69	1 900	3 000	4	2	Yy0 Yd11	3 324×1 100× 1 335	3 380
KSGZY-630/6	630	6-2×4% 6±5%	1.2	2 000	3 850	4	2	Yy0	3 450×1 100× 1 455	4 000
KSGZY-800/6	800	6±5%	1.2	2 300	5 100	5.5	1.5	Yy0	3 536×1 100 ×1 530	5 300
KSGZY-1000/6	1 000	6±5%	1.2	2 700	5 900	6	1.5	Yy0	3 600×1 100 ×1 600	6 000
KSGZY-1250/6	1 250	6±5%	1.2	3 200	7 200	6	1.5	Yy0	3 750×1 100× 1 620	6 920

第二节 BGP₄₁-6 隔爆型高压真空配电箱

BGP₄₁-6 隔爆型高压真空配电箱，亦称高压配电装置，分为A型和B型两种形式。其中A型可单独使用，B型可作为移动变电站的高压开关，采用6 kV真空断路器，GZB-1型高压综合保护器。可实现就地合闸、跳闸操作，也可实现远方跳闸操作。具有过载、短路、漏电保护和相应的故障显示功能和操作状态显示功能。

A型。加装隔爆出线腔，可作为综采工作面顺槽入口、掘进工作面配电点和采区变电所的配电开关，也可作为高压电动机的控制开关。其特点是体积小，移动方便，可联合使用。GZB-1型综合保护装置，具有漏电保护、动力电缆绝缘监视、过载、短路、失压和过

电压保护功能。

B 型。安装在移动变电站的高压侧，与安装在移动变电站低压侧的BXB₁-800/1140 隔爆型低压保护箱一起组成移动变电站。适用与 315, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 500, 1600 kV·A 容量等的变电站干式变压器。BGP₄₁-6 型开关箱增加一过渡头也可与引进英国的移动变电站配套，是目前移动变电站高压侧开关的替代产品。采用GZB-1 型高压综合保护装置。

一、概述

(一) 结构特点

BGP₄₁-6 型开关箱外形如图1-2 所示，隔爆外壳采用厚8 mm 的冷扎钢板焊接而成，形成一个隔爆主腔、两个隔爆接线腔、一个出线隔爆腔（作单独开关）。主腔内装有真空断路器总成、GZB-1 型保护器。断路器总成固定在主腔底部的滑槽导轨上，当打开前大门，拧松固定螺钉，断路器总成既可自由拉出或推进，检修方便；主箱体两侧上方是隔爆接线腔，供6 kV 主回路的引入或引出使用；出线腔布置在主箱体的后方。大门内侧装有GZB-1 型保护装置，大门的面板上装有电压表、电流表、指示窗口及相应的试验按钮。指示窗分别指示工作、过载、短路、漏电或超温状态等。

(二) 闭锁装置

真空断路器与隔离刀闸之间设有机锁装置，保证隔离刀闸在不带负荷情况下分断。隔离刀闸跳闸和合闸操作时，必须按下闭锁按钮，即电磁铁失压，真空断路器处于跳闸后的位置，才能操作隔离刀闸手柄，进行分合闸操作；隔离刀闸分合不到位，闭锁按钮没有弹起来，真空断路器不能合闸；断路器处于合闸状态下，不能操作隔离刀闸；大门与隔离刀闸之间设有可靠的机械联锁装置，即隔离刀闸在合闸位置，大门不能打开，大门未关闭，隔离刀闸不能操作。

(三) BGP₄₁-6 隔爆型高压配电装置主要技术参数

BGP₄₁-6 隔爆型高压配电装置主要技术参数（见表1-2）。

表1-2 BGP₄₁-6 隔爆型高压配电箱主要技术参数

额定电压/kV	6	绝缘水平/kV	工频电压	23 (1min)
最高工作电压/kV	6.9		冲击电压	40
额定电流/A	50, 100, 200, 300, 400	额定电流分断次数/次		10 000
频率/Hz	50	机械寿命/次		10 000
2 s 热稳定电流/kA	10	平均合闸速度/ (m·s ⁻¹)		0.4~0.8
动稳定电流/kA	25	平均分闸速度/ (m·s ⁻¹)		0.8~1.1
额定分合电流/kA	25	三相不同期性/ms		≤2
额定短路电流开断次数/次	16, 30	触头开距/mm		8±1

二、电气原理

BGP₄₁-6 电气原理如图1-3 所示。它由主回路、断路器控制回路和保护回路组成。

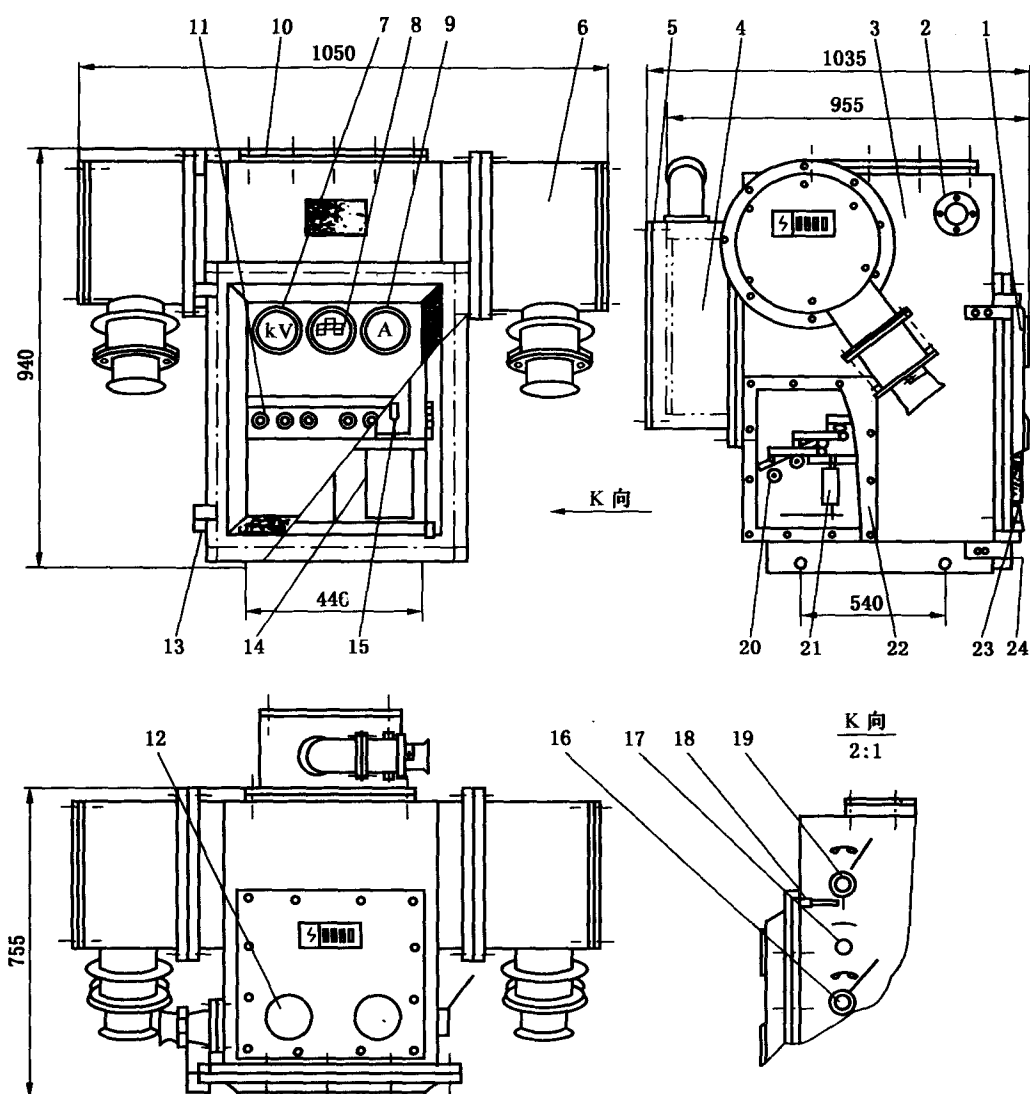


图1-2 BGP₄₁-6型高压开关箱

1—前大门；2—7 芯接线盒；3—主箱体；4—过渡头（另加）；5—出线腔；6—接线腔；7—电压表；8—指示窗；9—电流表；10—顶盖板；11—按钮；12—观察窗；13—铰链；14—真空断路器；15—脱扣器；16—储能手柄；17—闭锁按钮；18—闭锁轴；19—合闸手柄；20—电流互感器；21—压敏电阻；22—侧方窗；23—综合保护装置；24—螺栓

(一) 主要电气元器件

1. 隔离开关 GK

隔离开关 GK 作用是将高压配电装置的元件与电源隔离，它在分断状态有明显可见的断口，在合闸状态下可通过正常工作电流或短路电流。由于隔离开关没有灭弧装置，只能切除相当小的电流，严禁带负荷进行分合闸操作。



2. 高压真空断路器GD

高压真空断路器GD是采用真空作为灭弧介质,核心部件是真空灭弧室,在真空灭弧室内空气非常稀薄,其真空度约为 10^{-4} 托,1托=133.332 Pa,故其内气体几乎无游离作用,随着触头的分离能迅速熄灭电弧,不可能产生较大电弧。因此,高真空度具有很高的绝缘强度。

真空断路器的优点是,触头开距小、动作快、燃弧时间短,电弧能量小,维护工作量小,防火防爆,动触杆惯性小,适用于频繁操作。正常工作时接通切断负荷电流,发生短路时能切断规定值以下的短路电流。缺点之一是造价高。由于真空断路器灭弧速度快,一般只有半个周期,断流能力强。所以在断开小电感电流(特别是高压电动机空载电流)时截流值高,有可能产生较高的操作过电压。因此,对控制200 kW以下的高压电动机时,需采取降低操作过电压的措施,如采用阻容吸收装置或压敏电阻吸收操作过电压等。

3. 压敏电阻RY1~3

RY1~3为氧化锌电阻,作为过电压保护装置,用来吸收真空断路器的操作过电压,使操作过电压倍数小于相电压的3.5倍,保证安全运行。

4. 高压双屏蔽电缆UGSP

在组成移动变电站时,不使用UGSP电缆,也不装设零序电流互感器OLH,故本装置没有高压漏电保护及绝缘监视功能,只有单独使用时才装设。

(二) 断路器控制回路

断路器控制回路由熔断器RD₂、失压脱扣电磁铁SQ、整流桥Q₁、跳闸电磁铁TQ、断路器辅助接点FK₁~FK₃等组成。

(1) 失压脱扣电磁铁SQ作为欠压保护装置,当电源电压为额定电压的80%~120%时可靠吸合,断路器可以合闸或合闸运行中的断路器不跳闸。当电压降低至额定电压65%时可靠释放,断路器跳闸或不能合闸。

(2) 直流脱扣电磁铁TQ。电压互感器PT送来100 V(AC)经Q₁整流后给直流脱扣电磁铁TQ供电。当断路器跳闸后,其辅助常开接点FK₁打开,TQ不能动作,当断路器合闸后,辅助接点FK₁闭合,为TQ动作准备。

(3) 断路器合闸控制

当6 kV电压送入接线腔后,合上隔离开关GK→PT得电,6000/100 V→

- 经端子1、2送入BXB₁低压保护箱,作为低压保护箱保护装置的电源;
- 经DQ₈、DQ₁₀端子送入断路器控制板→Q₁整流→作为直流脱扣器TQ电源;
- 经ZB₈、ZB₁₈(ZB₁₉)端子送入GZB-1保护装置→作为保护装置电源。

断路器辅助常闭接点FK₃闭合,分闸指示灯FD灯亮,显示断路器处于分闸状态,电压表指示6 kV。

按下复位按钮FA,GZB-1型高压综合保护装置复位,故障指示灯全部熄灭,断路器可以合闸。

操作断路器储能手柄,使断路器合闸→

- 对变电站或馈电线路供电;
- 辅助接点FK₁闭合→为TQ得电断路器跳闸准备;
- FK₂闭合→合闸指示灯HD点亮;
- FK₃打开→分闸指示灯FD熄灭。

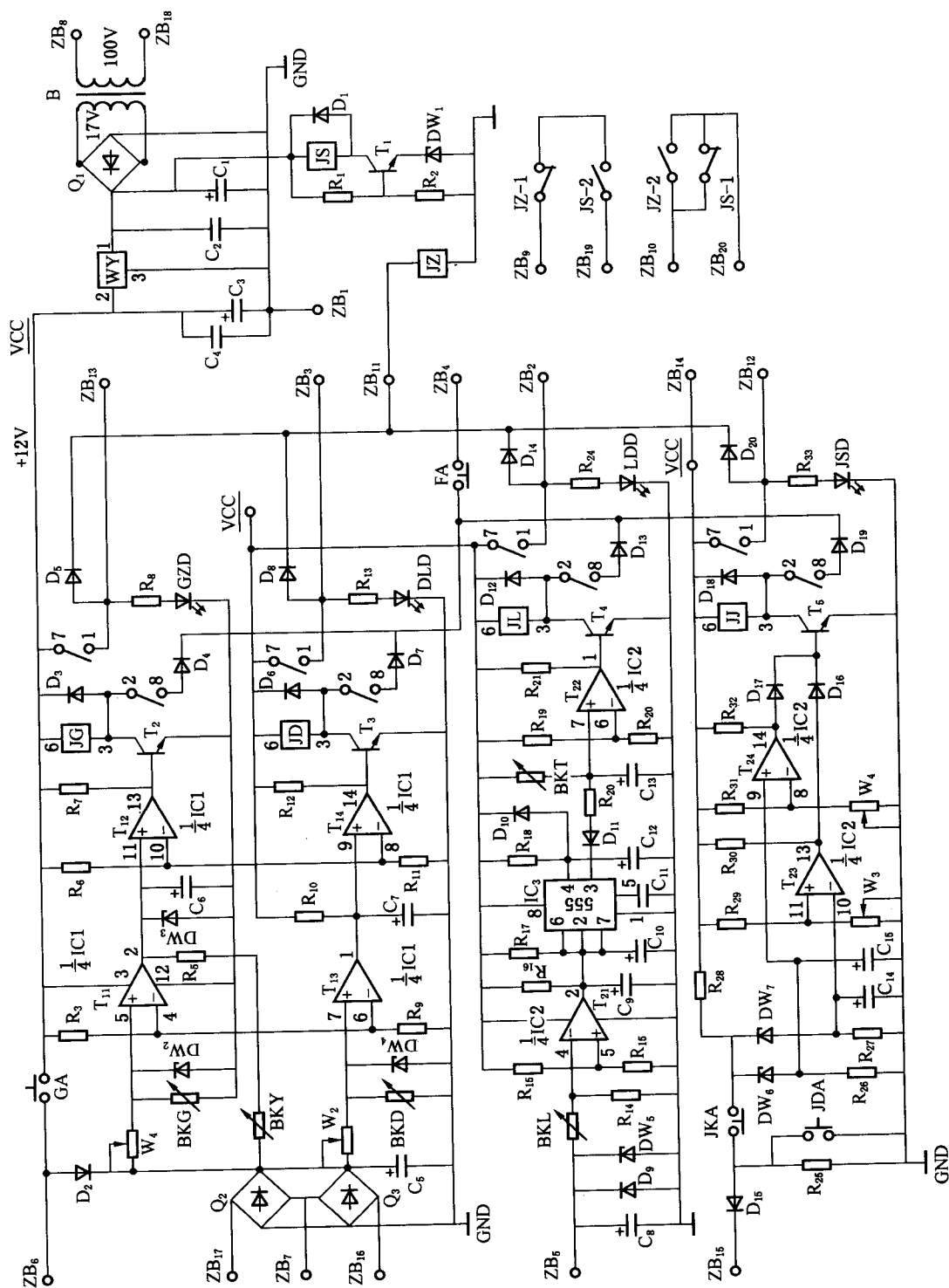


图 1-4 GZB-1 型高压综合保护装置电气原理