

[变电所]

和成矿业井下中央变电所设计

文/五矿矿业（安徽）工程设计有限公司 王 金

在矿山供电系统中，井下中央变电所是井下供电的核心，乃是重中之重。建设一个好的变电所前提是有个好的设计，因此以和成矿业井下中央变电所为例，将变电所设计和设计过程中遇到的问题与发现的技巧进行整理分析。

和成矿业是五矿矿业下属建设中的矿山，该矿为公司带来可观的经济效益。其井下中央变电所向井下的主排水泵、通风机和采掘等所有设备供电。井下中央变电所供电系统是否可靠，是否能够在出现事故时迅速地排除故障、恢复供电是十分重要的。因此，在对井下中央变电站所的供电系统进行设计时，要严格按照相关的规范，认真设计，使变电所在运行时能够最大限度地避免或减少事故的发生。

井下现状

和成矿业现有副井、措施井供人员和材料上下，主井负责提升矿石，井下-240水平为主回风水平，-320水平为主运输水平，中央变电所建设在-320水平毗邻水泵房，属于常规井下矿山。中央变电所为井下所有用电设备供电。

设计内容

变电所设计步骤和内容：①确定负荷等级；②计算负荷容量；③确定供电系统；④选型；⑤设备平面布置；⑥继电保护定值计算；⑦通信。

1. 确定负荷等级

和成矿业井下水量较大，可能有淹没的危险，所以中央变电所负荷等级为一级，必须采用双重电源供电。

2. 计算负荷容量

该矿井下用电设备功率和电压等级全部确定后，采用需要系数法计算，计算结果为有功功率 $P=4\,332\text{ kW}$ ；无功功率 $Q=3\,828\text{ kvar}$ ；视在功率 $S=5\,781\text{ kV}\cdot\text{A}$ 。

3. 确定供电系统

该变电所采用双进线，单母线分段，放射式供电。同时井下采用不接地系统。

中央变电所的电源引自地表35 kV变电站的10 kV不同母线段，所以井下也可认同为双重电源供电。供电系统简图如图1所示。

4. 选型

中央变电所设备和材料主要包括电缆、高压开关柜、变压器、低压柜和直流屏等。

(1) 电缆

电缆主要包括进线电缆和出线电缆。

选择进线电缆时应根据国家规范和法律法规的要求。①下井电缆必须采用阻燃材料；②在竖井或倾角大于 45° 的巷道，应使用钢丝铠装电缆；③导体材料选择铜质电缆；④根据井下负荷总容量计算出电流值；⑤根据截面、温升、载流量和压降等方法校验选择的正确性。

选出的电缆型号为ZR-YJV42-8.7/10 kV-1(3×185) mm²。

出线电缆选择时与进线电缆基本相同，但是需要区分高压和低压，以及在硐室内敷设的可以

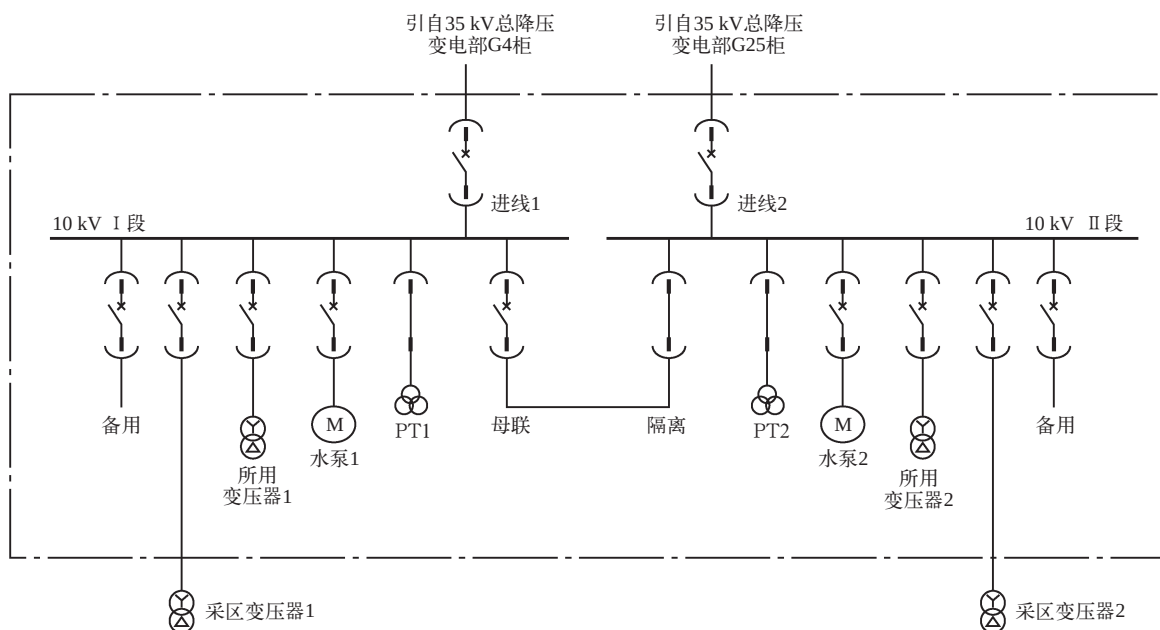


图1 供电系统

不带铠装，硐室外巷道敷设的需要铠装保护。

选出的具有代表性的电缆型号如下。

高压：ZR-YJV₂₂-8.7/10 kV-1 (3×50) mm²；ZR-YJV-8.7/10 kV-1 (3×50) mm²。

低压：ZR-YJV₂₂-0.6/1 kV-1 (3×70+1×35) mm²；ZR-YJV-0.6/1 kV-1 (3×70+1×35) mm²。

(2) 高压开关柜

高压开关柜是井下中央变电所的核心设备。高压柜的选择应注意以下几点。

首先，开关柜必须具有矿用安全合格标志KA，该标志由国家安标中心颁发。选择KCY-12矿用一般型侧装移开式高压真空开关柜。该柜体还具有主导电插头插接状况透明可见，具有明显可见的手车隔离断口，同类产品体积最小，安装维护方便的优点。

其次，选择性能良好的微机综合保护装置。根据开关柜完成功能不同分别对应进线和母联采用DSL型线路保护；高压水泵电动机采用DMP型电动机保护；所用变压器或采区变压器采用DSB型变压器保护；电压互感器柜采用DSJ型绝缘监测保护。该系列微机综保装置的内部由CPU主板、继电器出口板、人机对话（MMI）板及工作电源构成。本装置设计为便捷的键盘操作和128×64汉化液晶显示，为用户提供友好的使用界面。用户借助该界面可以很方便地浏览测量数据，修改定值及系数，进行传动试验。除此之外，系统还提

供了详尽的故障告警信息和追忆SOE的功能，帮助用户及时准确地处理问题。在开关柜上采用嵌入式安装，节省空间，美观大方。微机综保装置的功能都已涵盖本次设计所需要的保护，只需要选择该项功能和输入定值即可。装置电源电压采用直流220 V。

再次，高压断路器选择。选择高压断路器时应注意：①与开关柜柜体的配合；②额定电压12 kV，电流630 A， $I_{\Sigma} = S/1.732U = 320 \text{ A} < 630 \text{ A}$ ，所以630 A的选择校验通过（ I_{Σ} 为计算总进线电流， U 为系统电压10.5 kV）；③额定短路开断电流为25 kA，该处本应进行短路电流计算，通过数值进行比较来确定是否正确，但笔者有一经验对比法与读者分享。方法是上一级变电所站出线断路器参数是该处断路器选择的一个对比依据。因为地表35 kV站10 kV出线G4柜（即本变电所的进线柜）额定短路开断电流为25 kA，所以该处选择25 kA是合理的；④分合闸装置额定电源电压采用直流220 V；⑤断路器应有可靠的“防跳”功能，设电气“防跳”回路，防跳装置接线应便于用户根据设计要求；选择接入或解除。断路器的操动机构，在任何状态都可以电气或机械跳闸。电气操作的断路器均有就地电气跳、合闸的操作设施，当断路器在就地试验和断开位置时，断路器的远方操作回路被闭锁，断路器有汉字分、合闸指示。选择断路器型号为VE1-12/630-25。

最后,互感器选择时应注意:①互感器除应满足一次回路的额定电压,额定电流和短路时的动稳定要求外,还应对面互感器的限值系数曲线进行校验,使在保护装置动作时,其误差不超过允许值;②保护装置和测量标记一般分别由单独的互感器绕组供电;③注意互感器的测量准确度。

(3) 变压器

变电所内变压器俗称所用变,主要是为变电所内提供380/220 V电源。按照规范和规程要求:①选择两台型号一样的变压器,达到一用一备的目的,同时变压器电源源自变电所不同母线段;②采用具有矿用安全标志合格证的产品,即具有KA认证;③电压等级为10/0.38 kV;④接线组别Yd11;⑤变压器容量计算时,按技术容量占变压器容量的85%选择变压器容量,使变压器能在经济效率区运行;⑥变压器类型选择干式,带金属封闭外壳,避免了消防对变压器油的要求。

本文选择变压器型号为KSG-500/10, 500 kV·A, 10/0.4 kV Yd11。

(4) 低压柜

低压柜在设计时,根据GB 50070-2009《煤矿电力设计规范》、GB 16423-2006《金属非金属矿山安全规程》和其他法律法规的规定要求,应注意以下几点:①采用具有矿用安全标志合格证的产品,即具有KA认证;②根据500 kV·A变压器容量,低压柜设单独进线柜,采用框架式智能断路器CW2-2000,抽屉式,垂直后置,因为是两台变压器,所以是两台进线柜,同时两进线断路器应具有互锁功能,只有一台能接通变压器;③出线柜,内部配置采用CM3系列塑料外壳式断路器,根据所带不同负荷选择不同型号的断路器,同时设备厂家已经制作出快速选型样本,可以根据负荷容量直接选出厂家推荐的产品,减少了设计人员大量反复计算的时间,较为方便;④根据GB 16423-2006《金属非金属安全规程》要求,低压馈出线应装设漏电保护装置,因为和成矿属于无爆炸危险的矿井,所以保护装置能实现漏电检测并动作于信号即可,选择YNY-III AC380 V型检漏继电器,安装于进线断路器处;⑤数字仪表选用THM智能型多功能电力仪表,该仪表具有可编程、自动化测量、LCD显示、电能累加、谐波测量、事件记录、开入(遥信)开出(遥控)和数字通信等功能完全满足该处使用要求。

柜体选用KDC1(G)矿用一般型低压固定式

开关柜。

(5) 直流屏

直流屏是井下直流220 V电源的来源,具有重要的作用。选择好直流屏的配置也同样重要,主要参数为:①蓄电池组要求。采用阀控式密封铅酸蓄电池,每只电池12 V,共18只,100 A·h,保证电池寿命10年以上;②交流要求。直流电源成套产品应可输入双路交流电源,交流电源输入为三相三线制,无中性点;③充电要求。充电设备采用高频开关模块,充电浮充电装置为长期工作制,自冷方式;④直流输出。输出电压为220 V,输出电流连续,馈出回路I段4回路,II段4回路;⑤直流屏主要数据和信息能输出至微机综保后台显示;⑥直流屏具有两路逆变输出AC 220 V电源,2 kV·A的容量,可以很好地解决应急照明的电源问题。相对于普通的壁挂式应急灯,该方案有电源容量大,应急时间长和电池易维护、寿命长的优点。

最后,选择PGD型智能成套直流屏

5. 平面布置

由于和成井下中央变电所已经完成井建工程,所以在布置设备时,不光需要按照规范要求,同时也要兼顾既有实事,给设计工作带来了一定的难度。设备布置如图2所示。

6. 继电保护

继电保护定值计算包括三部分:①区分电压等级;②保护功能选择;③保护定值计算。

(1) 保护功能选择

1) 10 kV部分

进线和母联采用线路保护(DSL),需投入的保护功能为过电流一段、过电流二段和过电流三段。

高压水泵电动机采用电动机保护(DMP),需投入的保护功能为过电流一段、过电流二段和过负荷。

所用变或采区变采用变压器保护(DSB),需投入的保护功能为过电流一段、过电流二段和过负荷。

所有高压出线柜都需加零序保护。

电压互感器柜采用绝缘监测保护(DSJ),需投入的保护功能为低电压保护、过电压保护。

2) 0.38 kV部分

低压进线,需投入的保护功能为过电流一段、过电流二段和过负荷。

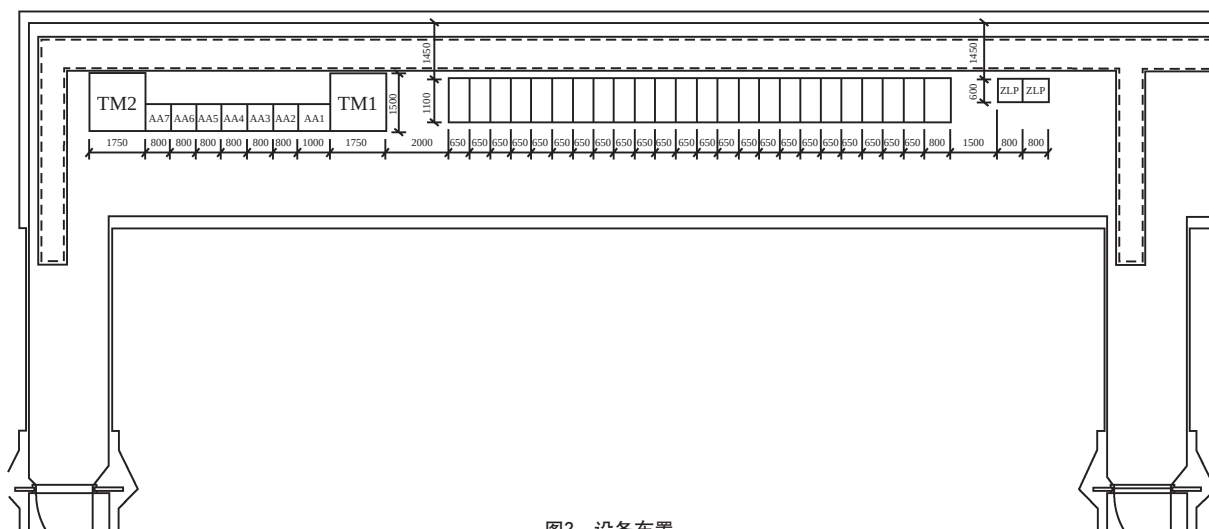


图2 设备布置

(2) 保护定值计算

继电保护定值计算参见《工业与民用配电设计手册》第7章继电保护和自动装置。

这里介绍一个简便计算方法,适用于一些特定场合。以500 kV·A变压器为例,首先计算出高压侧额定电流为28.87 A,过电流一段(即速断)保护一次侧为额定电流的5倍,时间为0 s,跳闸;过电流二段(即过电流)保护一次侧为额定电流的2倍,时间为0.5 s,跳闸;过电流三段(即过负荷)保护一次侧为额定电流的1.2倍,时间60 s,告警。二次值除以相应互感器变比即可。此计算方法仅作参考,在实际中可用来大致推测,但具体计算时仍需严格遵守设计手册。

7. 通信

井下中央变电所通信应结合井下安全六大系统,采用共用网络和设备,可节约大量投资。

通信包括:①有线、无线电话;②视频监控;③高压柜综保数据上传至地表调度中心;④低压柜数字仪表数据上传至地表调度中心。

(1) 有线、无线电话

有线电话采用本案型电话KTH-3,将电话经语音模块后接入井下光纤环网,最后接入地表调度中心交换机。

无线电话选用KT132-S型矿用手机,信号接入定位基站KJ272-F后进入工业环网,最后到达地表调度中心交换机。可以保证井上井下通话畅通。

(2) 视频监控

根据安全六大系统要求,井下中央变电所应设视频监控,在变电所内端部墙上设摄像头1

部。摄像头类型为网络摄像头,经数据线直接接入副井马头门附近交换机,摄像视频保存至地表调度中心数据库,方便地表对中央变电所的观察。

(3) 高压柜综保数据上传至地表调度中心

将高压柜数据(电压、电流、位置信号和SOE等参数)全部上传至地表调度中心,根据调度需要不断变化对设备的控制和调度。

(4) 低压柜数字仪表数据上传至地表调度中心

将低压柜数据(电压、电流和电度等参数)全部上传至地表,供调度人员及时安排对工作的调整。

以上所有通信功能的完成,为日后打造数字化矿山奠定了良好的基础。

结束语

井下中央变电所的设计除了上述所描述的内容外,还包括照明、接地等其他方面的设计,由于篇幅有限下次再与读者分享。

和成矿业井下中央变电所现已按设计施工、安装和调试完毕,经过一段时间的运行各项功能正常,本次设计经过实践的检验是成功的。

以上内容为笔者根据规范和法律法规等条文的认识之后,对和成矿业井下中央变电所进行的设计,其中普通的计算都已省略,读者若需要详细了解计算过程可参考《工业与民用配电设计手册》。本人总结了一些简便计算的小技巧,供读者在设计或其他工作中参考。EA

(收稿日期:2020.05.11)