

文章编号:1671-251X(2011)10-0091-04

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110922.1334.023

选煤厂特大型煤仓电气设计经验

杨丰伟

(中煤科工集团武汉设计研究院,湖北 武汉 430064)

摘要:针对煤仓安全隐患问题,以某选煤厂特大型产品仓为例,介绍了其在电气安全防范、电气节能和模块化设计等方面的设计方法。实际应用表明,该设计方法确保了选煤厂的安全持续生产。

关键词:选煤厂;特大型煤仓;电气安全;节能;模块化设计

中图分类号:TD928.8 文献标识码:B 网络出版时间:2011-09-22 13:34

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110922.1334.023.html>

Experience of Electrical Design of Super Bunker of Coal Preparation Plant

YANG Feng-wei

(Wuhan Design and Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation, Wuhan 430064, China)

Abstract: In view of problem of hidden danger of coal bunker, taking super products bunker of one coal preparation plant as example, the paper introduced design methods in term of electrical safety prevention, electrical energy-saving and modular design of the bunker. The actual application showed that the design methods ensure safe and continuous production of coal preparation plant.

Key words: coal preparation plant, super bunker, electrical safety, energy-saving, modular design

收稿日期:2011-06-23

作者简介:杨丰伟(1980-),男,河南许昌人,工程师,现主要从事电气安全及设计研究工作。E-mail:yfw1014@126.com

0 引言

2005-11-27,黑龙江某煤矿地面煤仓发生煤

(2) 数据查询:查询水泵代号、水泵启动时间以及水泵单次运行时间,在设备运行总时间显示框里显示在该时间段内所选水泵运行的总时间。

(3) 参数设置:设置操作方式,显示水泵系统的状态信息,当水泵出现故障时,显示故障原因,包括启动状态、停泵状态等,以便维护人员快速、有效地处理故障,保证排水系统安全、可靠的运行。

(4) 用户登录:赋予系统操作人员不同的操作权限和管理范围,根据登录的权限控制操作人员的读写、维护、执行等行为。

4 结语

基于 PLC 的矿井排水监控系统以 PLC 为核心,利用 WinCC 强大的数据采集和处理能力,实现了矿井排水的集中显示和管理、报警处理等功能。当井下出现故障时,上位机监控画面可及时显示故

障部位并发出报警,使维修人员快速有效地处理异常状况。目前,该系统已在孔庄煤矿应用,不仅减轻了维修人员的劳动强度,还提高了矿井排水的安全运行水平。

参考文献:

- [1] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 廖常初. PLC 编程及应用[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 臧其亮,马勇. 节能型矿井排水泵控制系统[J]. 矿山机械,2010(5):120-122.
- [4] 沈毅,王增长,王强,等. 煤矿矿井排水的处理和综合利用[J]. 科技情报开发与经济,2008(4):160-161.
- [5] 西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团. 深入浅出西门子 WinCC V6[M]. 2 版. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.

尘爆炸事故,造成171人死亡,48人受伤,直接经济损失达4 293万元;2005-12-19,贵州某煤矿地面缓冲煤仓发生瓦斯爆炸事故,造成3人死亡,重伤2人,直接经济损失达40万元。因此,应高度重视煤仓安全。本文结合布尔台群矿选煤厂特大型产品仓,介绍其在电气设计即电气安全防范、电气节能和模块化设计等方面的设计方法。

1 项目概况

布尔台煤矿是集井工矿生产能力、主运输系统提升能力、煤炭洗选加工能力为一体的高产高效现代化矿井,矿井设计生产能力为2 000万t/a,与矿井配套建设的布尔台群矿选煤厂(四矿合一)年处理原煤能力为3 100万t。该选煤厂拥有8座直径为30m、储量为3万t的钢筋混凝土筒仓,其中原煤仓3座,结构净高为78.4m,长为100m,产品仓为5座,结构净高为81.05m,长为170m。

2 电气安全防范设计

为保证煤仓安全,群矿选煤厂在土建上采取预留瓦斯排放孔、预留通风窗等措施;在机械上采取强制机械通风、洒水除尘和加装除尘器等措施;在工艺上采用电驱动的空气炮取代传统的被筒炸药爆破疏通煤仓等有效措施,但电气事故往往是直接导火索,需引起高度重视。

2.1 人身触电防范

为了节约与节能,群矿选煤厂主要动力设备低压采用660V供电,由于电压较高,严重影响现场作业人员的人身安全,需制定专业的防人身触电措施。

(1) 变压器中性点运行方式的选择

正确选择660V变压器中性点运行方式是确保人身触电安全的关键。当人身单相触电时流经人身

$$\vec{I} = \frac{U_{ca}G_R}{\sqrt{3}} \frac{1}{\frac{G_R}{G_0 + 3G + j3\omega C} + 1} \quad (1)$$

式中: U_{ca} 为供电系统线电压,V; $G_R = \frac{1}{R}$, R 为人体电阻, Ω ; $G_0 = \frac{1}{R_0}$, R_0 为变压器中性点接地电阻, Ω ; $G = \frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_C}$, R_A 、 R_B 、 R_C 为三相对地绝缘电阻, Ω ; $C = C_A = C_B = C_C$, C_A 、 C_B 、 C_C 为三相对地分布电容,F。

由式(1)可知,当供电系统确定后,即 U_{ca} 、 G_R 、

G 、 C 固定不变时,同一点的 $|\vec{I}|$ 随 R_0 的增大而减小,即当人身单相触电接地时,流经人身的触电电流在变压器中性点对地绝缘供电系统中($R_0 = \infty$)比在变压器中性点经电阻接地供电系统(即高阻接地系统)中的电流大。

另外,在变压器中性点经高阻接地供电系统中,供电系统确定后(即变压器中性点接地电阻大小确定不变),由于不同的人体电阻不同,即使同一个人的人体电阻在不同环境条件下相差也较大,使得同一点的人身单相触电电流大小变化不定,造成变压器中性点接地电阻大小不能准确选择。

为保证人身单相触电安全,设计采用变压器中性点对地绝缘供电系统,即 $R_0 = \infty$, $G_0 = 0$,同时辅以独特的漏电保护系统来确保人身安全。

(2) 漏电保护

目前,国内660V供电系统中多数采用变压器中性点经高阻接地供电系统^[2],当单相接地或人身触电时,流经人身的既有线路对地电容电流,又有比电容电流更大的中性点接地电阻电流,为确保保护装置动作的灵敏性,往往以牺牲一定的安全性为代价,即增大流经中性点的故障电流;再者,中性点经高阻接地供电系统的保护装置常作用于跳闸,这样会破坏供电的连续性,影响生产。

因此,设计采用专门的检漏装置对变压器中性点对地绝缘供电系统进行漏电保护,既能确保触电时人身安全,又能确保供电的连续性。当人身单相触电时,检漏装置动作使故障相瞬间旁路接地,分流触电电流,使通过人体的电流限制在10mA以下,同时发出报警信号,人体通过条件反射可迅速脱离电源,从而达到有效保护人身安全的目的,若故障消除,检漏装置使故障相旁路接地自动返回,报警信号解除,供电系统正常供电。若为持久性单相接地故障,检漏装置使故障相旁路接地经5~10s(可调)延时自动返回,为便于准确选出故障线路,检漏柜再经0.4~1s延时,使变压器中性点短时(2h)转为经高阻接地供电系统,由于故障线路电压仍然保持对称,根据《DL/T584—2007 3~110kV电网继电保护装置运行整定规程》^[3],供电系统可以继续运行2h,同时检漏装置告警,故障线路指示灯亮,在该期间内可以找出故障线路并进行排除。

另外,电动机等电气设备因内部线圈绝缘损坏、线头松动等原因使金属外壳及与之相连的金属物上出现危险的的对地电压是常见事故,为进一步确保人

身安全,电气设备所有正常不带电的金属外壳均需与接地装置可靠电气连接,即保护接地。

2.2 电气明火防范

当空气中瓦斯浓度在5%~16%时,遇明火就极具爆炸性;当空气中粉尘浓度为30~2 000 g/m³时,遇明火也极易发生粉尘爆炸事故。由于群矿选煤厂特大型产品仓仓上、仓下胶带输送机、给料机等设备较多,再加上良好的密封性,偶尔会出现瓦斯聚集及粉尘浓度超标的现象。因此,必须采取可靠的措施以防止电气明火引起爆炸事故。

(1) 为防止因电气设备的操作等引起的明火,在设备选型上可以选用防爆型变配电设备,在结构上可以采取变配电设备与危险场所相隔离的措施^[4]。近些年,防爆灯具、防爆配电箱等小型防爆电气设备技术相对比较成熟,但10 kV、660 V等高低压防爆配电柜、大型防爆电气设备技术仍比较落后,特别是存在保护装置功能简单、元件散热不能得以根本性解决、元器件更换麻烦、外形尺寸大且笨重等诸多问题。因此,若将井下防爆电气设备复制到地面特大型煤仓,一方面技术不能满足要求,再者投资、管理也不科学。

针对群矿选煤厂特大型产品仓的实际情况,并结合目前防爆电气设备的发展实际,采取以下防护方案:

① 产品仓仓上、仓下及与其直接相通的房间和栈桥内的所有电气设备采用防爆型,动力照明线路、控制线路均采用绝缘性高的电力电缆,且所有电缆沿电缆桥架或穿钢管防护敷设,从而避免操作电气设备或线路受机械损伤引起明火事故,做到从源头上防范。

② 产品仓仓上、仓下变电所内高低压变配电电气设备仍旧采用技术成熟、保护可靠的一般型电气设备,仓下变电所建在产品仓附近,成独立建筑,通过电缆沟与仓下电动机设备连接,做到完全隔离;仓上变电所通过室外露天过渡平台与产品仓相连,电缆线路沿夹层内的电缆沟敷设,在线路进出变电所时穿钢管防护,敷设后并严密封堵,这样即使产品仓出现了瓦斯或粉尘浓度超标现象,也会通过过渡平台散发到室外大气中,不会因变电所内操作电气设备引发爆炸事故;同时,变电所内变压器等设备采用无油高低压电气设备,既避免了因设备漏油引起爆炸事故的可能性,又减轻了电气设备对仓体的荷载。

(2) 在做好电气设备选型及隔离措施的同时,还需加强安全监测能力。通过瓦斯传感器实时监测

产品仓仓上、仓下及产品仓内部的瓦斯浓度,当监测到瓦斯浓度达到警戒值时,及时采取机械通风等措施降低瓦斯含量,若产品仓仓上、仓下瓦斯浓度达到0.5%或产品仓内部瓦斯浓度达到1.5%时,自动切断区域内全部设备的电源;通过粉尘浓度传感器实时监测粉尘浓度,当监测到产品仓仓上、仓下粉尘浓度达到10 mg/m³时,自动切断区域内全部设备的电源。通过安全监测可有效避免瓦斯或粉尘超标时与明火发生爆炸事故。

2.3 过电压防范

过电压主要通过形成过高的电压及过强的电磁脉冲表现形式来威胁人身及电力电子设备的安全。

(1) 为防止大气过电压,产品仓按二类建筑物进行直击雷设防,仓上金属门窗、栏杆、金属构架等金属物均与防雷装置电气连接,通过法拉第笼效应来预防侧击雷及雷电电磁脉冲。为避免产品仓钢筋因雷电流产生热氧化,采用单独设置的避雷引下线卸放雷电流。同时在10 kV高压柜装设氧化锌避雷器,防止雷电流沿室外线路侵入高压供电系统。660 V低压供电系统通过检漏装置内的击穿保险以避免大气过电压绕过高压侧而直接对低压供电系统的入侵。

(2) 在每台高压柜装设过电压保护器及二次消谐装置,防止供电系统产生的操作过电压、电弧接地过电压及谐振过电压等内部过电压对电力电子设备的损害。

3 节能设计

供电系统运行节能型和投资节约型是绿色电力发展的方向和要求^[5]。群矿选煤厂在电气设计过程中把节能和节约放在了重要位置。

3.1 运行节能

在正常运行的三相供电线路中,由于导线电阻及电抗的存在,致使线路上时时存在着有功功率损耗和无功功率损耗,即^[6]

$$\begin{cases} \Delta P = \frac{P_{ca}^2}{U_{ca}^2 \cos^2 \phi} R \times 10^{-3} \\ \Delta Q = \frac{P_{ca}^2}{U_{ca}^2 \cos^2 \phi} X \times 10^{-3} \end{cases} \quad (2)$$

式中: ΔP 为三相有功功率损耗,kW; ΔQ 为三相无功功率损耗,kvar; P_{ca} 为线路所带负载的有功功率,kW; $\cos \phi$ 为供电线路的功率因数; R 为供电线路的电阻, Ω ; X 为供电线路的电抗, Ω 。

由式(2)可知,供电系统确定后,供电线路上的

三相有功功率损耗和无功功率损耗与供电系统线电压的平方成反比,即 $\Delta P \propto \frac{1}{U_{ca}^2}$ 、 $\Delta Q \propto \frac{1}{U_{ca}^2}$ 。同一台设备由相同截面的电缆供电时,660 V 供电线路损耗是 380 V 供电线路损耗的 1/3,10 kV 供电线路损耗约是 660 V 供电线路损耗的 0.44%、380 V 供电线路损耗的 0.14%。

为降低供电线路上的三相有功功率损耗和无功功率损耗,200 kW 以下动力设备采用低压 660 V 供电,200 kW 及以上动力设备采用高压 10 kV 供电。在实现降低线路损耗的同时,增加了供电距离,提高了供电质量,特别是在 660 V 供电系统中减小了电动机启动过程中对供电系统的冲击;另外,200 kW 及以上动力设备采用 10 kV 供电,限制了 10/0.69 kV 变压器的容量,解决了大容量变压器二次侧大短路容量与目前 660 V 低压塑壳断路器分段能力小的技术难题。

3.2 投资节约

采用 660 V 低压供电系统较 380 V 供电系统电缆线路一次性投资节约铜材约 1/3~1/2,使一些在 380 V 供电系统本应通过软启动器才能启动的电动机改为 660 V 直接启动,节省了软启动器等设备的投资。通过产品仓仓上变电所的巧妙设计,使产品仓仓上变电所内的一般型变配电设备取代笨重且技术不十分成熟的防爆型变配电设备,节约了设备投资,减轻了仓体荷载;同时,比产品仓仓上电气设备由产品仓仓下供电的方案节约了大量的电缆,仅产品仓即可节省约 9 000 余米不同截面的高低压电力电缆。

4 模块化电气设计

模块化电气设计理念的引入,使因某环节设备故障而造成停电、停产的范围最小,使生产管理、故障排查变得简单有序,为高产高效打下坚实的基础。

就地面生产系统而言,整体上分为 3 个电气模块:原煤系统电气模块、洗选系统电气模块、装车系统电气模块,其中主井井口房至原煤仓上为原煤系统电气模块,原煤仓下至产品仓上为洗选系统电气模块,产品仓下至装车站为装车系统电气模块。每个大模块根据工艺流程、建筑物结构特征分为若

干个小电气模块。当原煤系统电气模块故障时,洗选系统电气模块可继续运行 15.3 h,装车系统电气模块可继续运行 25.5 h;当洗选系统电气模块故障时,原煤系统电气模块可继续运行 15.3 h,装车系统电气模块可继续运行 25.5 h;当装车系统电气模块故障时,原煤系统电气模块可继续运行 40.8 h,洗选系统电气模块可继续运行 25.5 h。

通过非故障电气模块的持续运行为排除故障争取了充足的时间,确保了生产的连续性,极大程度地减少了经济损失(群矿选煤厂整体每停产 16 h 的直接经济损失高达 3 000 多万元)。同时,当其中一个电气模块故障时,通过模块化的控制系统使故障电气模块停止运转,其它电气模块正常运行,使故障问题的查找变得简单易行。

5 结语

通过采取正确的中性点运行方式、漏电保护的配置、电气设备的选型和安全监测系统的设置等电气措施,确保了群矿选煤厂特大型产品仓的安全运行;供电电压的合理选用使供电系统投资节约、运行节能;供电模块化和控制模块化使日常维护、管理变得简单有序。安全、节能、模块化等电气设计理念奠定了群矿选煤厂作为现代化选煤厂安全、高产、高效的基础,并使其进入可持续发展模式。

参考文献:

- [1] 王崇林,邹有明. 供电技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,1996.
- [2] 中国煤炭建设协会. GB50359—2005 煤炭洗选工程设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2006.
- [3] 中华人民共和国电力工业部. DL/T584—2007 3~10 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [4] 国家安全生产监督管理总局. AQ1010—2005 选煤厂安全规程[S]. 北京:煤炭工业出版社,2005.
- [5] 唐整生. 供电企业供电系统节能增效技术浅析[J]. 化学工程与装备,2011(4):103-105.
- [6] 顾永辉,范延瓚. 煤炭电工手册第二分册——矿井供电[M]. 北京:煤炭工业出版社,1994.