

地下水源热泵空调系统在首钢杏山铁矿的应用

孟令民

(唐山首钢马兰庄铁矿有限责任公司)

摘 要 介绍了地下水源热泵空调系统的概念和工作原理以及杏山铁矿的地理环境、地质水源条件和应用水源热泵的可行性。概述了杏山铁矿水源热泵空调系统的构成;分析了自动控制和系统的经济效益。根据杏山铁矿水源热泵空调系统的实际运行情况和节能分析,总结了水源热泵空调系统的优势。

关键词 地下水源热泵 极端温度 自动控制系统 PLC 能效比

Application of Underground Water Source Heat Pump Air-conditioning System in Xingshan Iron Mine of Capital Steel

Meng Lingmin

(Malanzhuang Iron Mine Co., Ltd., Capital Steel Group Company)

Abstract The concept and operating principle of the underground water source heat pump air conditioning system is introduced, and the conditions of the geographic environment, geology and water source and the feasibility of water source heat pump are analyzed in Xingshan Iron Mine. Then, the component of the water source heat pump air-conditioning system is described and its economic benefit brought is analyzed. Based on the practical operating condition and energy saving analysis of the above system in Xingshan Iron Mine, its advantages are summarized.

Keywords Underground water source heat pump, Extreme temperature, Automatic control system, PLC, Energy efficiency ratio

地下水源热泵空调系统是一种从地下水资源中提取热量从而达到高效、节能、环保、再生的供热(冷)系统。该系统集成成熟的热泵技术、暖通空调技术及地质勘察成井技术于一体,在相对稳定的水体温度下高效、稳定、经济地运行。杏山铁矿引进了意大利克莱门特公司的水源热泵机组,利用地采井下外排水为水源,解决了杏山铁矿生产生活系统冬季供暖和夏季制冷以及职工洗浴问题。该系统节能环保,运行和维修方便,取得了良好的效果。

1 水源热泵的工作原理

水源热泵的工作原理如图1所示,系统由压缩机、蒸发器、冷凝器、膨胀阀、各种制冷管道配件和电器控制系统等组成。

在制冷模式时,高压高温的制冷剂气体从压缩机出来后进入水/制冷剂的冷凝器,向水中排放热量而冷却成高压液体,并使水温升高。到热膨胀阀进行节流膨胀成低压液体后,进入蒸发器蒸发成低压蒸汽,同时吸收空气的(水)的热量。低压制冷剂蒸汽又进入压缩机压缩成高压气体,如此循环不已。

此时,制冷环境需要的冷冻水在蒸发器中获得。

在供热模式时,高压高温制冷剂气体从压缩机压出后进入冷凝器,同时排放热量而冷却成高压液体,到热膨胀阀进行节流膨胀成低压液体,进入蒸发器蒸发成低压蒸汽,蒸发过程中吸收水中的热量将水冷却。低压制冷剂蒸汽又进入压缩机压缩成高压气体,如此循环不已。此时,供热环境需要的热水在冷凝器中获得。

2 杏山铁矿水源热泵空调系统构成

杏山铁矿位于河北省迁安市木厂口镇白龙港村西约0.5 km处,其地理坐标为东经118°31'53"~118°32'56",北纬39°55'51"~39°56'59",属燕山支脉南麓,低山丘陵地貌,年平均温度10.10℃,极端最高温度38.9℃,极端最低温度-28.2℃。杏山地采平均涌水量为447.4 m³/h,且温度恒定(常年17℃左右)。

孟令民(1971—),男,助理工程师,科长,064400 河北省迁安市马兰庄镇。

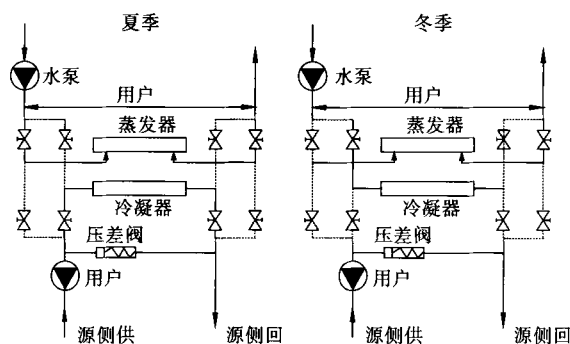


图 1 水源热泵工作原理

杏山铁矿在极端温度下需提供热量总负荷为 7 396.5 kW,其中厂区采暖需 1 151.6 kW,副井井口通风需 6 244.9 kW,故选择 4 台 1 500 kW 水源热泵用于厂区供暖和副井井口通风,不足部分采用 1 500 kW 电加热作为补充,利用旧试验机组 390 kW 热泵,常年供职工洗浴。4 台 1 500 kW 热泵采用串并联模式布置,390 kW 热泵与上述机组并联。水源热泵流程如图 2 所示。

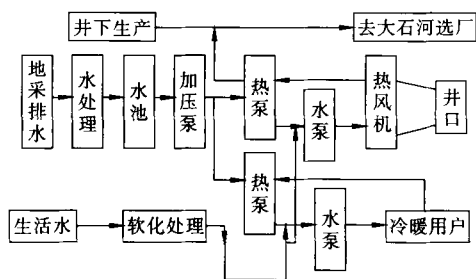


图 2 水源热泵流程

杏山铁矿地下开采水源热泵工程分为井口防冻系统;生活办公建筑供暖、制冷系统和浴室洗浴热水加热系统。针对上述系统定制的监控系统,使得管理者和项目维护人员可以在线实时监控设备运行情况,处理现场的异常状况或进行工程维护,使维护工作变得及时、高效,并降低了工程维护成本。

3 自动控制系统

自动控制系统选用德国西门子品牌 6ES7400 系列 PLC,带以太网通讯处理器。过程站选用 ET200 及配套组件通过使用 PROFIBUS 总线与主 PLC 实现通讯。主机通过交换机与上位机连接(采用光纤连接),可以在中控进行集中控制。实现了新增 4 台水源热泵机组及 1 台旧水源热泵机组、组合式空调机组、循环泵系统的集中控制功能,并有 5 台水泵的控制(启停)及 4 个模拟信号输入接口,在副井井口设置铂热电阻测温装置,能实现由井口混合后热风温度自动调整组合式空调机组、电加热、水源热泵机组的运行状况,循环水泵、组合式空调机

组、水源热泵机组能实现机旁控制和集中控制功能。整个系统实现全流程自动控制,正常生产时采用主控室集中控制,机旁配操作箱,用于检修时现场操作,通过手自动转换开关进行转换。

杏山铁矿地下开采水源热泵工程自控系统可分为实时应用信息系统、硬件设备 2 个部分,其中硬件设备又可分为监控数据中心、数据采集、机电设备启停控制、压力/温度/液位传感器等。完成各种工艺设备启停控制与过程参数的检测、报警、联锁及 PID 调节回路的连续控制和逻辑控制。对各种参数进行实时、历史趋势记录。上位软件采用 Wincc6.2,编程软件采用 STEP7 V5.4。

(1) 监控中心。机房内配备 1 台标准机柜,用于存放服务器、交换机和 UPS 电源等设备。主服务器负责现场采集数据的分析、存储及备份等,方便监控人员及相关人员进行历史数据查询。电力方面,配备 UPS 电源,保证在电力中断的情况下能正常工作 4 h。布线:采用专用阻燃/屏蔽通用信号电缆由副井到热泵机房,再由热泵机房到控制中心。

(2) 设备运行实时监控。通过 BS 结构的组态技术,将热泵机房 5 台热泵机组、4 台组合式空调机组、5 台水泵、管路的进出水温度、压力、阀门开闭状态的实时数据通过专用阻燃/屏蔽通用信号电缆传输到主服务器上,实时监测运行状态及工况、故障报警、维护提醒等全方位的运行生产信息,保障设备正常运行,将设备故障阻止在萌芽状态,节约设备维修养护费用。主机设备自带 PLC 控制系统并通过 DP 网与主 PLC 进行数据交换,以达到可以通过中空进行控制,各辅机设备均纳入主 PLC 控制系统内,方便管理操作。

(3) 井口防冻实时监控。通过在副井井口及送风处(组合式空调机组)安装温度传感器,将井口的实时温度上传到监控中心的上位机,上位机经过实时应用信息系统分析温度数据,与室外气温变化,调节送风温度,保证井口温度控制在 2℃ 以上,实现自动化控制应用。

(4) 历史查询智能分析系统。通过对首钢矿业公司杏山铁矿地下开采水源热泵工程的热泵机组、组合式空调机组、水泵、管路的进出水温度、压力、阀门开闭状态实时数据的采集,利用实时应用信息系统进行相关的智能分析,以科学的数据分析手段对现场实时数据与历史数据进行分析比较,评估设备运行工况,制定出更优化的系统运行方案。

4 效益分析

按照地下总排水量 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 考虑, 390 kW 热泵正常用水为 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ (最低 $14 \text{ m}^3/\text{h}$ 也可使用), 4台 1500 kW 水源热泵总用水量为 $276 \text{ m}^3/\text{h}$, 单台用水情况及耗电情况见表1。

表1 单台耗水及耗电情况

温差 /℃	制热量 /kW	耗水量 /(m^3/h)	耗电量 /kW	能效比
5	1 550	211	319.5	4.85
6	1 500	169.5	318	4.71
7	1 440	138	315	4.57
8	1 395	116.3	313	4.45
9	1 350	99.2	312	4.32
10	1 290	84.3	309.5	4.17
11	1 245	73.3	306.7	4.06
12	1 177.5	62.6	304	3.87

井口进风温度必须保证 2°C 以上, 避免出现井口结冰形成悬挂冰凌, 威胁井下作业人员安全。室外温度变化与杏山铁矿水源热泵需水量关系计算如表2所示。气温 -11°C 以上时, 1~2台 1500 kW 热泵供热; 气温 $-11\sim-15^\circ\text{C}$ 时, 3~4台 1500 kW 热泵; 气温 $-15\sim-21.9^\circ\text{C}$ 时逐步投入 1500 kW 电加热供热。

根据杏山铁矿实际情况, 水源热泵共投资 1 738.96 万元, 较传统的燃煤锅炉加太阳能热水器方式需投入 1 631.59 万元高 107.37 万元。但每年的运行费用仅 127.95 万元, 比传统的方式少 128.78 万元, 0.83 a 收回多投入的资金。因此由水源热泵取代热风炉作为副井井口通风预热热源, 同时作为

其他点位供暖热源总体效益远高于传统方式。

表2 室外温度变化与杏山铁矿水源热泵需水量关系计算

室外 温度 /℃	井口 温度 /℃	采暖通风 热负荷 /kW	4台泵 中运行 台数/台	电加热 功率 /kW	需要地 下水量 /(m^3/h)	水源侧 水温变化 /℃	热泵电 机输出 功率 /kW
0	2	1 671.65	2	0	184	6	390
-3	2	2 452.62	2	0	270	6	572.6
-6	2	3 233.67	3	0	300	7.1	754.6
-9	2	4 014.67	3	0	300	8.8	937.1
-12	2	4 795.67	4	0	300	10.5	1 119.1
-15	2	5 576.67	4	0	300	12.3	1 301.6
-18	2	6 356.83	4	375	303	13	1 400
-21.9	2	7 395.9	4	1 500	299	13	1 378

5 结 语

水源热泵系统可供暖、制冷, 还可供生活热水, 一机多用, 一套系统可以替换原来的锅炉加空调的 2 套装置或系统。水源热泵机组工况稳定, 系统简单, 运行可靠, 维护费用低, 环保, 自动控制程度高, 使用寿命长可达到 15 a 以上, 在地采矿山的应用前景广阔。

参 考 文 献

- [1] 马最良, 等. 哈尔滨工业大学热泵研究工作的回顾[J]. 制冷空调, 2004(3): 1-7.
- [2] 曲云霞, 张林华, 方肇洪, 等. 地下水源热泵及其设计方法[J]. 可再生能源, 2002(6): 11-14.
- [3] 李 艳, 王召文. 开式水源热泵水系统方式的研究[J]. 煤炭工程, 2006(8): 95-97.

(收稿日期 2012-11-22)

(上接第 118 页)

除石英岩脉锆异常不明显, 其余地质体锆呈负异常。金矿体、花岗碎裂岩、片岩、花岗岩脉的配分模式相似, 都属右倾型, 具有锆负异常的 REE 富集型, 这说明它们在漫长的地质作用过程中具有继承性演化且具有密切的成岩成矿关系, 致使其稀土配分模式相似, 稀土各参数发生有规律的演变。石英岩脉与矿区其他地质体的稀土配分模式曲线相差较大, $w(\text{REE})$ 最低, 可能来源于下地壳, 在成矿过程中提供了热源。后期的变质过程引起中元古界抱板群元素的活化、迁移, 为金矿床的矿源层; 后期花岗岩脉抱板群岩石在地壳深部部分熔融形成的。

参 考 文 献

- [1] 韩吟文, 马振东. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 2007:

189-201.

- [2] 陈德潜. 实用稀土元素地球化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990: 50-94.
- [3] 胡云沪, 黄永平, 尹意求. 江西岗美山金矿床地质地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2001, 37(3): 7-10.
- [4] 顾雪祥, 刘建明, 付绍洪, 等. 湖南沃溪金-锑-钨矿床成因的稀土元素地球化学证据[J]. 地质化学, 2005, 34(5): 428-433.
- [5] 冯建之. 小秦岭金矿田稀土元素地球化学特征[J]. 矿床与地质, 2011, 25(3): 217-226.
- [6] 张 强, 汪雄武, 苟正彬, 等. 陕西青山金矿床稀土元素地球化学[J]. 矿物学报, 2009(S1): 357-358.
- [7] 杨元根, 吴学益. 海南二甲金矿的地质地球化学研究[J]. 黄金科学技术, 1995, 3(3): 19-25.

(收稿日期 2012-12-07)