

矿井水余热利用在魏墙煤矿的研究及应用

魏涛涛, 王攀

陕西延长石油集团横山魏墙煤业有限公司, 陕西 榆林 719100

摘要 : 魏墙煤矿矿井水资源丰富, 是一种高品质的低位热源, 魏墙煤矿以此为契机, 对矿井水余热进行热平衡分析, 并通过和传统热源对比。拟定利用矿井水余热采用热泵机组在采暖季代替 10 蒸吨燃煤锅炉解决并筒防冻供热需求, 缓解供热不足问题; 非采暖季解决洗浴热水需求及夏季解决制冷需求。通过矿井水余热利用, 可以大幅度降低系统运行的成本, 同时符合魏墙煤矿“绿色矿山”发展及“碳达峰、碳中和”的国家政策要求。

关键词 : 矿井水余热利用; 魏墙煤矿; 研究

中图分类号 : X752

文献标识码 : A

文章编号 : 2023030095

Research and Application of Waste Heat Utilization of Mine Water in Weiqiang Coal Mine

Wei Taotao, Wang Pan

Shaanxi Yanchang Petroleum Group Hengshan Weiqiang Coal Industry Co., Ltd., Shaanxi Yulin 719100

Abstract : Weiqiang Coal Mine is rich in mine water resources, which is a high-quality low-level heat source. Taking this as an opportunity, Weiqiang Coal Mine analyzes the heat balance of mine water waste heat and compares it with traditional heat sources. It is proposed to use the waste heat of mine water to replace the 10-ton coal-fired boiler with a heat pump unit in the heating season to solve the antifreeze heating demand of the shaft and alleviate the problem of insufficient heating; Solve the hot water demand for bathing in non-heating season and the cooling demand in summer. Through the utilization of waste heat of mine water, the cost of system operation can be greatly reduced, and at the same time, it meets the national policy requirements of “green mine” development and “carbon peak, carbon neutrality” in Weiqiang Coal Mine.

Key words : waste heat utilization of mine water; Weiqiang Coal Mine; study

引言:

魏墙矿井的供热对象包括该工业场地的工业建筑、辅助附属设施及行政、公共设施的采暖通风、洗浴用热。魏墙煤矿采用 2 台 20 蒸吨及 1 台 10 蒸吨燃煤蒸汽锅炉供热, 采暖季时所有锅炉同时运行。当出现极端气温时, 进风井有结冰现象, 供热效果不佳, 原有锅炉房供热不足问题日显突出。在当前国家对于排放环保政策日益趋紧情况下, 10 蒸吨燃煤锅炉不符合国家环保政策需求, 需进行拆除。

一、工程项目概述

魏墙矿井及选煤厂是国家发改委批复的《陕西省榆横矿区南区总体规划》项目之一, 是延长石油集团靖边综合产业园区一期启动项目的配套煤矿^[1]。矿井设计年生产能力 300 万吨/年, 于 2010 年 6 月开工建设, 2017 年 9 月正式生产, 2018 年 5 月顺利通过国家一级安全生产标准化矿井验收, 2019 年 11 月取得 600 万吨/年产能核增批复,^[2]2020 年 12 月建成公司第一个智能化综采工

作面, 实现了采煤工作面智能化生产, 是延长石油集团建成投产的首座现代化矿井, 如图 1 所示。

二、魏墙煤矿当前供热现状分析

魏墙矿井的供热对象和范围包括该工业场地的工业建筑、辅助附属设施及行政、公共设施的采暖通风、洗浴用热。热源为设在工业场地的集中供热燃煤锅炉, 内设两台 SZL20-1.25-AII 型



>图1 魏墙煤矿航拍图

蒸汽锅炉（出力为20t/h）和一台SZL10-1.25-AII型（出力为10t/h）蒸汽锅炉^[5]。2013年1×10t/h+2×20t/h锅炉建成投用，其中每台锅炉配套一体化脱硫除尘设施。^[7]2016年根据国家及当地环保部门要求本矿锅炉房进行除尘、脱硫、脱硝改造，并设有烟气在线监测系统，主要监测项目有：流量、压力、温度、含氧量、烟尘浓度、SO₂浓度、NO_x浓度、湿度。^[3]改造后1台10t/h锅炉彻底停止运行，采暖期二台20t/h蒸汽锅炉同时运行，提供矿井、选煤厂工业场地的采暖、通风、洗浴热煤；非采暖期仅运行一台20t/h蒸汽锅炉，提供洗澡热水。^[4]矿井工业场地内生产系统采暖管道采用0.2MPa表压的饱和蒸汽管道；井筒防冻蒸汽管道采用0.3MPa表压的饱和蒸汽管道；^[9]行政福利、公共设施的采暖热煤采用95～70℃热水管道；洗浴热煤采用60℃热水管道。

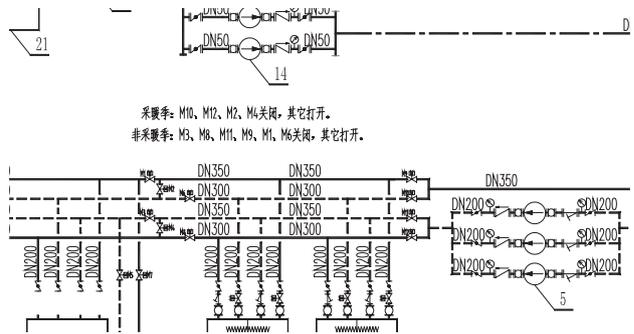
三、矿井水余热利用方式

利用矿井水余热，采用水源热泵技术通过少量的高位电能输入，实现低位热能向高位热能的转移。水源热泵机组工作的大致原理是，夏季将建筑物中的热量转移到水源中，由于水源温度低，所以可以高效地带走热量，而冬季，则从水源中提取热量。^[8]

制冷模式：高温高压的制冷剂气体从压缩机出来进入冷凝器，制冷剂向矿井水中放出热量，形成高温高压液体，并使矿井水水温升高。制冷剂再经过膨胀阀膨胀成低温低压液体，进入蒸发器吸收冷冻水（建筑制冷用水）中的热量，蒸发成低压蒸汽，并使冷冻水水温降低。低压制冷剂蒸汽又进入压缩机压缩成高温高压气体，依次循环在蒸发器中获得冷冻水。

制热模式：高温高压的制冷剂气体从压缩机出来进入冷凝器，制冷剂向供水（建筑供暖用水）中放出热量而冷却成高压液体，并使供水水温升高。制冷剂再经过膨胀阀膨胀成低温低压液体，进入蒸发器吸收矿井水中的热量，蒸发成低压蒸汽，并使低温热源水水温降低。低压制冷剂蒸汽又进入压缩机压缩成高温高压气体，依次循环在冷凝器中获得供水。

四、矿井水余热利用系统流程图



五、矿井水余热利用方案

（一）矿井水余热计算

魏墙煤矿矿井水持续排放，每天约8000m³/d，冬季排水温度16℃，经过水源热泵蒸发器侧，温度降至4℃。^[8]

魏墙煤矿矿井排水余热计算：

$$\text{计算式：} Q_m = W_{\max} \times 4.18 \times \Delta T_m / 3.6 \text{ (kW)} = 8000 / 24 \times 4.18 \times 12 / 3.6 = 4652 \text{ (kW)}$$

式中，Q_m—煤矿井下排水最大余热量（kW）；

W_{max}—24小时平均排水量（333t/h）；

ΔT_m—设计取热温差（12℃）。

水源热泵供回水温度设计工况50/40℃，热泵能效为4.45；

$$\text{水源热泵供热能力：} Q_g = Q_m \times \text{COP} / (\text{COP} - 1) = 4652 \times 4.45 / (4.45 - 1) = 6000 \text{ (kW)}$$

（二）矿井水余热设备选型

经计算魏墙煤矿采暖季井筒防冻负荷为5749kW，非采暖季洗浴热水负荷为1661kW，夏季建筑制冷负荷为3748kW。选择3台SMEET-YSZ-2400H型水源热泵机组，单机制热量2436kW，最大功率665kW，供回水温度50/40℃；制冷量2308kW，输入功率388kW，供回水温度7/15℃。总计供热量7308kW，制冷量6924kW。

采暖季时3台热泵同时运行，产生高温热水通过循环水泵输送至主、副井口空气加热室，通过井口空气加热机组散热，实现主、副井筒的井筒防冻；非采暖时运行1台热泵，用于制备生活热水，通过水泵向联建楼及宿舍楼提供热水；夏季开启另外2台水泵制备冷冻水，通过水泵输送至办公楼、食堂、探亲楼及宿舍楼，通过末端风机盘管实现夏季制冷目的。

六、经济效益

（一）水源热泵能效分析

项目	单位	参数					
矿井水取热前温度	℃	16	16	16	16	16	16
矿井水取热后温度	℃	14	12	10	8	6	4
水源热泵能效		4.92	4.71	4.51	4.34	4.17	4.03
水源热泵平均能效		4.45					

（二）水源热泵运行负荷分析

（1）采暖季井筒防冻运行负荷分析

冬季通风室外计算温度为 -9°C ，极端天气最低温度为 -28°C ，井筒进风混风温度 2°C ，热泵运行负荷为： $(2+9)/(2+28)*100=36.67\%$ 。

（2）夏季办公楼制冷运行负荷分析

夏季空气调节计算温度为 32.1°C ，极端天气最高温度为 38.4°C ，夏季空气调节日平均温度为 26°C ，热泵运行负荷为： $(32.1-26)/(38.4-26)*100=49.1\%$ 。

（三）采暖季井筒防冻运行费用

采暖季井筒防冻设备运行耗电量为 233 万度，执行电价为 0.5 元/吨，共计 116.5 万元。

（四）非采暖季洗浴热水运行费用

非采暖季洗浴热水设备运行耗电量为 138.70 万度，执行电价为 0.5 元/吨，共计 69.35 万元。

（五）夏季制冷运行费用

夏季制冷设备运行耗电量为 20.28 万度，执行电价为 0.5 元/吨，共计 10.14 万元。

（六）运行费用汇总

序号	名称	井筒防冻	洗浴热水	建筑制冷
1	运行费用（万元）	116.51	69.35	10.14
2	合计（万元）	196.00		

七、社会效益

根据我国“节能减排”分析计算规范要求，需按“节约标煤量”作为节能减排量的依据。

本项目实施后可取代 1 台 10t/h 的燃煤蒸汽锅炉，项目实施前小时耗煤量约 1.7 吨，全天耗煤量约 40.8 吨，采暖季耗煤量约 6120 吨，非采暖季耗煤量约 2193 吨，1 台 10 吨锅炉全年耗煤量约 8313 吨。折算标煤量约 5937 吨。

项目实施后，全年耗电量约 400.47 万 kwh，1kwh 折算标煤量约 0.1229kg。全年消耗标煤量约 492.2 吨。项目改造后节约标煤 5444.8 吨。

根据相关标准查询，1 吨标煤减排 CO_2 量 2.62 吨，减排 SO_2 量 8.5kg，减排 NO_x 量 7.4kg。

经计算，减排 CO_2 量 14265.4 吨，减排 SO_2 量 46.3 吨，减排 NO_x 量 40.3 吨。

结束语：

在魏墙煤矿项目工程中利用矿井水余热，不仅可以降低成本支出，同时也能有效支持国家提倡的可持续发展理念。在节能减排方面，魏墙煤矿矿井水余热利用可以将原本会被浪费的热能转化为可用的能源，减少了传统能源消耗。^[9]这有助于降低温室气体的排放，对缓解全球气候变化具有积极的影响。在资源高效利用方面，通过利用矿井水余热发电或供热，可以实现能源资源的高效利用，相比传统的能源采集方式，矿井水余热利用能够提供更为可持续和环保的能源解决方案，减少了对有限资源的过度开采^[10]。在经济推动方面，魏墙煤矿矿井水余热利用技术的推广应用，可以促进相关产业的发展，并带动其他相关产业的生长，例如，余热发电可以增加就业机会，提升当地经济水平。同时，采用矿井水余热供热也能减少能源支出，降低居民取暖费用，改善居民生活条件。

参考文献

- [1] 李科燃. 唐家会矿矿井水余热利用技术研究及应用 [J]. 煤炭工程, 2020, 52(S1):24-26.
- [2] 晏锐. 魏墙煤矿绿色矿山建设技术与应用 [J]. 陕西煤炭, 2022, 41(01):167-170.
- [3] 张海涛. 煤矿环保技术在绿色矿山建设中的应用研究 [J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(12):55-56+62.
- [4] 杨甲甲. 绿色矿山建设中煤矿环保技术的应用 [J]. 绿色环保建材, 2020(01):64-65.
- [5] 严明林. 基本煤矿环保技术在绿色矿山建设中的应用 [J]. 科技风, 2019(08):121-122.
- [6] 徐向宇. 煤矿环保技术在绿色矿山建设中的应用 [J]. 山东工业技术, 2018(22):82.
- [7] 骆祥波, 史强, 陈福广. 绿色矿山建设中煤矿环保技术的应用研究 [J]. 内燃机与配件, 2018(02):237-238.
- [8] 毕晓华. 矿井水余热利用技术在赵固一矿的设计与应用 [J]. 能源与环保, 2019, 41(08):114-116+120.
- [9] 徐国强. 矿井低温余热综合利用技术研究与应用 [J]. 中国煤炭, 2022, 48(10):103-108.
- [10] 陶长青. 矿井余热综合利用技术研究与应用 [J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(09):155-157.