

洗浴废水余热优化利用技术及效益分析

Optimization Technology and Benefit Analysis of Waste Heat from Bathing Wastewater

丁旭松

Xusong Ding

上海大屯能源股份有限公司孔庄煤矿 中国·江苏 徐州 221600

Shanghai Datun Energy Co., Ltd. Kongzhuang Coal Mine, Xuzhou, Jiangsu, 221600, China

摘要: 煤矿职工澡堂中无论是淋浴还是浴池用水的水量都很大, 废水中含有大量的余热, 并且煤矿澡堂废水水温较高。通过利用系统采用换热器及污水源热泵机组, 提取洗浴废水中的余热作为低位热源转化成煤矿澡堂洗浴用水的热能来源, 实现澡堂废水余热回收再利用, 循环加热供应职工澡堂和干部澡堂的淋浴及浴池用水, 节约首次能源供应, 达到了余热优化, 减少了能源损耗。秉承了绿色矿山, 节能减排理念。

Abstract: The amount of water used in both shower and bath in coal mine staff bathhouse is very large, the waste water contains a lot of residual heat, and the temperature of waste water is high. By using the heat exchanger and sewage source heat pump, the waste heat of bathing wastewater is extracted and converted into heat energy of bathing water in coal mine bathhouse as a low-level heat source, and the waste heat of bathing water in bathhouse can be recovered and reused, the circulation heating supplies the shower and bath water of the staff bath and the cadre bath, saves the first energy supply, achieves the waste heat optimization, reduces the energy loss. Adhering to the concept of green mines, energy conservation and emission reduction.

关键词: 余热优化; 节能减排; 绿色矿山

Keywords: waste heat optimization; energy saving and emission reduction; green mine

DOI: 10.12346/etr.v4i1.5174

1 引言

煤矿矿井井下 24h 都有矿工工作, 每班的下井职工人数都在几百人, 当班地面职工也有几百人。煤矿职工澡堂需要 24h 不间断地供应热水, 因而洗浴废水也在不间断的排放。孔庄煤矿职工澡堂和干部澡堂的淋浴及浴池设计水量在 300m³/d, 每日平均用水量约为 180m³, 热水温度一般为 30℃~40℃, 浴池热水温度一般为 35℃~45℃, 高热量的洗浴废水直接导入下水道, 不仅造成了水资源的浪费, 还导致了余热能源的浪费, 并且对环境也会造成一定的污染。

论文以孔庄煤矿澡堂洗浴废水余热作为研究对象, 引入余热利用技术, 采用换热器及污水源热泵机组, 回收利用澡堂洗浴废水余热, 经过板式换热器进行初级提热, 再经过热泵机组冷凝器继续加热, 每经过热泵循环一次温升为 3℃~5℃, 最终加热至洗浴所需温度。降低了水资源损耗,

减少了污染排放, 优化了洗浴废水余热利用, 节省了大量成本。

2 现状分析

孔庄煤矿三期改扩建工程完工以后, 由原来的一处澡堂改扩建为两处澡堂, 共设立 9 个约 15m³ 的浴池, 约 300 个淋浴喷头, 每天的用水量约为 180m³, 每天采用天然气锅炉供应热源, 淋浴热水温度一般为 30℃~40℃, 浴池热水温度一般为 35℃~45℃, 洗浴废水多直接流入下水管通道, 通往污水处理厂, 洗浴废水的大量热能在过程中消散殆尽。

3 洗浴废水余热利用技术

3.1 洗浴废水余热利用原理

孔庄煤矿洗浴废水余热利用系统采用换热器及污水源热

【作者简介】丁旭松 (1977-), 男, 中国江苏灌云人, 本科, 工程师, 从事煤矿安全生产节能环保研究。

泵机组，提取洗浴废水中的余热，洗浴废水余热利用系统由压缩机、热力膨胀阀、蒸发器、冷凝器、干燥过滤器、电控系统、保护系统等组成。压缩机不断地从蒸发器中抽出制冷剂蒸气，经过压缩机压缩，制冷剂由低温低压蒸气转变成高温高压蒸气。高温高压制冷剂蒸气在冷凝器内冷凝，放出大量热被热媒水吸收，从而达到制热的目的。

3.2 洗浴废水余热利用流程

①澡堂全部的洗浴用水回收汇集至一次污水池。一次污水池中的废水经水泵和板式换热器转移至二次污水池，同时，自来水经过板式换热器进行初级提热。视环境温度，自来水初级提热后的温度在 23℃~30℃。

②二次污水池中被提取一部分热量后的洗浴废水作为污水源热泵的热源，经热泵机组蒸发器提取热量后回到二次污水池。经初级提热的自来水经过热泵机组冷凝器继续加热后，输送至预热水箱。

③预热水箱中的自来水通过水泵在热泵机组和预热水箱之间循环加热，一般每经过热泵循环一次温升为 3℃~5℃，待温度加热至洗浴所需温度时（温度可通过热泵机组控制面板、手机、PLC、电脑等就地或远程调节），自动输送至成品水箱^[1]。

④二次污水池，预热水箱，成品水箱中的水通过液位控制自动补水。

⑤成品水箱中的洗浴用水通过淋浴变频泵和浴池变频泵供至澡堂，自动启停。其中淋浴供水泵可供职工澡堂和干部澡堂的淋浴用水和浴池用水，需用水时只需开启相应阀门。职工澡堂浴池用水设置单独供水管路，目的在于澡堂淋浴和浴池同时供应时，浴池供水泵可分担一部分淋浴供水压力。

⑥洗浴废水余热利用系统和原供水系统互为备用，互不

干涉。

一般情况下，洗浴废水余热利用系统可满足职工澡堂全部用水需求。特殊情况下（如断电，用水量突然增大），系统检测成品水箱水位不足时，自动开启原自来水电动阀门，由原蒸汽系统供水。

孔庄煤矿洗浴废水余热利用原理图见图 1。

3.3 系统运行操作流程。

除有专业操作运行人员在场值班，不建议采用手动模式运行系统。除特殊情况下，切勿开关系统各处阀门。

3.3.1 自动模式下开机

开机前，检查各水泵、机组及管路，确保手动阀门开启，各通路通水正常。热泵系统开机前，需有人员在场，确保现场各设备无异常。开机遵循先开自控系统，然后开启水泵，最后开启热泵机组^[2]。

①打开参数调节界面，确认各参数设置正常后，点击界面右下角开按钮。

②打开水泵操作界面，将以此污水泵自动切换、二次污水泵自动切换、保温循环泵自动切换淋浴泵自动切换、泡池泵自动切换打开至自动状态。变频泵开启前需确认参数设置无误。

此时水泵将依据液位自动启动，在确定保温循环泵、二次污水泵正常运行，管路正常通水后（水泵停止运行后，管路内会充进部分气体，需水泵运行一段时间后自动排气），开启热泵机组。

③打开热泵操作界面，核对参数设置正常，在热泵机组操作箱前，确认热泵机组无报警提示，蒸发器、冷凝器水流开关开启后，开启热泵机组。

3.3.2 自动模式下关机

若非有特殊情况需停用本系统，一般不建议关闭。关机

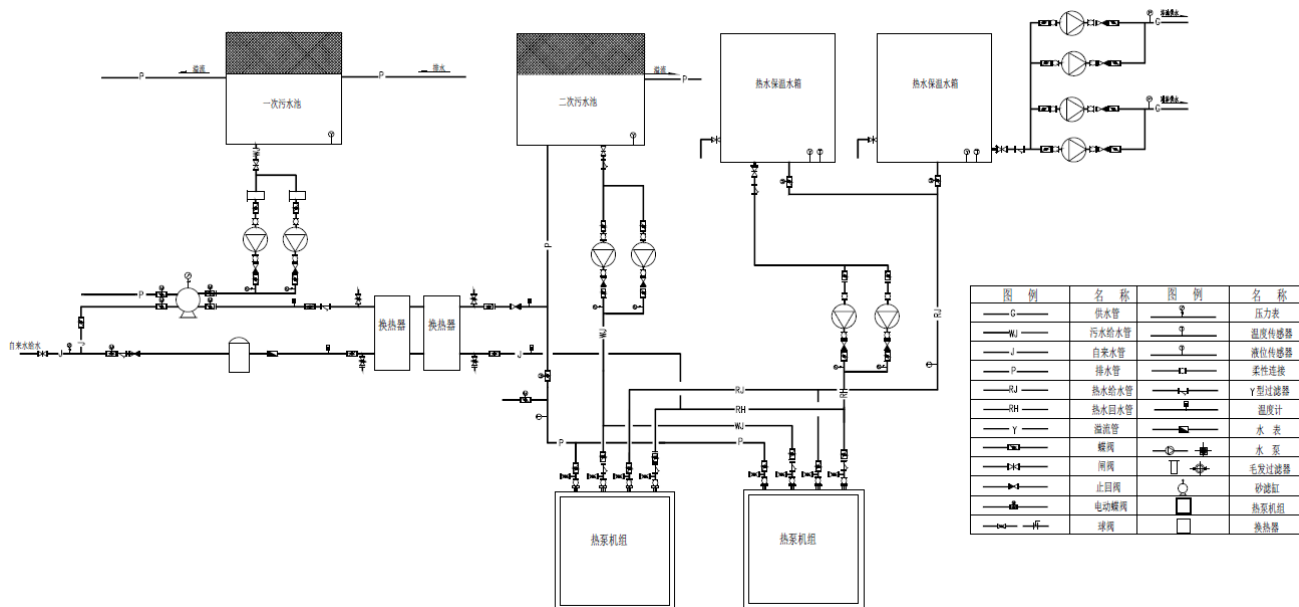


图 1 孔庄煤矿洗浴废水余热利用原理图

遵循先关热泵机组，然后关闭自控系统，最后关闭水泵。

- ①打开热泵操作界面，关闭热泵机组。
- ②打开参数调节界面，点击界面右下角按钮，关闭。
- ③打开水泵操作界面，将5组水泵全部设置为手动后，关闭水泵。

此处注意，在参数调节界面右下角按钮为开启状态时，水泵操作界面除淋浴供水泵和浴池供水泵可手动开启或关闭外，其余三组水泵均无法手动操作。

3.4 常见故障及排除

①电源故障：检查供电线路是否正常，排除故障后重新启动。

②热泵机组高压报警：冷凝器侧水流减小所致，检查保温循环泵运行是否正常，保温循环泵和热泵机组冷凝器侧沿途阀门是否开启，水路是否通畅。

③热泵机组低压报警（同时伴随蒸发器结霜，压缩机及铜管结霜）：蒸发器侧水流减小所致，检查二次污水泵运行是否正常，二次污水泵和热泵机组蒸发器侧沿途阀门是否开启，水路是否通畅。

④液位报警：检查预热水箱、成品水箱、一次污水池、二次污水池液位是否正常。预热水箱水位低限报警：自来水进水是否为通路，自来水是否停水。预热水箱水位高限报警：液位传感器故障或5号、8号电动阀门故障。成品水箱水位低限报警：用水量偏大，系统制水能力不足，等待自动系统补水。检查系统是否正常运行。成品水箱水位高限报警：液位传感器故障或9号电动阀门故障。一次污水池液位低限报警：液位传感器故障或一次污水泵手动运行一直抽取一次污水池的水。二次污水池液位低限报警：用水量增大，系统制水能力不足，导致二次侧热源水消耗过快，有自动补水系统，一般不会出现报警，报警时检查12号电动阀门是否正常，自来水供水是否正常，水泵是否为手动运行仍在开启一直排水^[3]。

⑤其他故障联系厂家。

4 效益分析

4.1 经济效益

根据热力学公式：

$$Q=V \times C \times \Delta_t$$

式中，Q——热回收量；

V——废热水池的容积；

C——水的比热容常数，取值 $4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

Δ_t ——废热水池内进水温度与废热水池排水口温度之间的温差。

可以得出热回收量(Q)随水容量(V)与温差(Δ_t)的变化而变化：V增大， Δ_t 增大，则Q增大，即热回收量增加。

依据孔庄煤矿澡堂年用水量 6.57万 m^3 ，洗浴废水起始温度约 35° ，自来水水温 20° ，温差 Δ_t 取 15° 。计算得出，全年余热可利用总量为 $9.8 \times 10^8 \text{kcal}$ ，即全年洗浴余热可利用总量约116万kW，每天洗浴余热可利用总量约3100kW，折合电量约689度。根据电表统计，制备 354m^3 洗浴用水，平均日耗电量为108.5度电，年用费用1.95万元。

按天然气价格2.7元/ Nm^3 计，每立方米热水需天然气 7.7Nm^3 。年热水总用量按365天计，则为 $180 \text{m}^3 \times 365 = 65700 \text{m}^3$ ，则为 $7.7 \times 2.7 \times 65700 = 136.59$ 万元。锅炉年检及维护费用5万元；其他费用(脱硫脱硝等)90万元；增加人工费用， $3 \text{人} \times 0.6 \text{万元}/(\text{月} \cdot \text{人}) \times 12 \text{月} = 21.6$ 万元。则运行费用为 $136.59 + 5 + 90 + 21.6 = 253.19$ 万元。

对比可知，矿井水余热利用年运行费用比燃气锅炉年运行费用节省约200万元。

4.2 社会效益

孔庄煤矿洗浴废水余热优化利用系统上线之后，将实现洗浴废水余热回收利用，符合孔庄煤矿绿色矿山、节能高效的理念，符合国家循环经济、节能减排的发展要求，同时可以实现水资源高效利用，保护环境。

5 结语

论文主要探讨了煤矿澡堂洗浴废水余热优化利用的分析，得出了利用矿井水源热泵技术，提取 $24^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 矿井外排水中的热量，把废水中的低品位热能转化为高品位热能，解决矿井新增负荷扩容问题是可行的。切实解决了实际问题，又节约了成本。同时，使得水源热泵技术有了新的应用领域，拓宽了应用空间，环保效益突出、经济效益可观、社会效益显著。

参考文献

- [1] 徐则民.热泵技术及其应用[J].东北电力技术,1996(1):40-48.
- [2] 赵云.既有建筑的节能改造技术[N].中华建筑报,2011-10-21.
- [3] 李萌.矿井水水源热泵技术在煤矿中的应用[J].能源与环保,2012(12):73-74.