

文章编号 :1671 - 251X(2009)11 - 0081 - 03

# 高温矿井降温系统的设计

杨争光, 叶平, 张晓磊, 毕于业

(中国矿业大学机电学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:**结合某煤矿的具体情况, 通过对多个矿井降温方案的技术经济比较, 确定了可行的矿井降温方案, 并根据该高温矿井的实际情况, 设计了一种可靠的降温系统, 详细介绍了系统的工作原理与系统各组成部分的设计。实际应用表明, 该系统解决了井下冷凝热排放困难的问题, 取得了良好的应用效果。

**关键词:**矿井; 制冷站; 降温系统; 冷凝器; 保温

**中图分类号:**TD727

**文献标识码:**B

## 0 引言

我国是世界上第一产煤大国, 也是高温热害矿井最多的国家。随着矿井开采深度的增加, 矿井高温热害问题越来越严重。有关资料显示, 中国大约有八十多对矿井存在不同程度的高温热害问题, 井下高温高湿的气候条件, 不仅损害工人的身体健康, 而且大大降低了劳动生产率, 甚至使采掘工作无法进行<sup>[1~2]</sup>。某矿井下温度已超过《煤矿安全规程》所规定的 28℃, 而通风降温不能解决实质问题, 因此, 对高温矿井实施人工降温十分必要。为此, 笔者根据该高温矿井热害程度及具体结构情况, 确定了降温方案, 并设计了冷水降温系统, 对保证该矿的安全生产有着重要的意义。

## 1 降温方案的确定

矿井热害治理措施可分为两大类: 一是对原有通风系统进行调整, 二是利用空调系统对高温地点

的进风流进行强制降温。根据该矿具体情况和近几年矿井热害治理的实践经验, 对己 17 - 23200 综采工作面的降温提出以下 3 种方案并进行比较。

### (1) 通风降温

加大风量对改善工作面环境有一定作用, 但不能从根本上解决问题。并且该矿采掘工作面的供风量已达 1 200 m<sup>3</sup>/min, 受巷道断面和通风能力等因素影响, 已无法再加大风量。

### (2) 原制冷系统降温

该矿 1996 年安装并投入运行的制冷系统, 制冷量为 1 000 kW, 制冷机组安装在制冷峒室, 排热系统将热水输至己三采区风井地面进行喷淋, 冷冻水通过保冷管路输至热交换器, 再通过局部通风机向工作面供冷。设计时主要为 -300 ~ -450 m 水平降温服务, 降温设备性能和稳定性较差, 如果利用原制冷系统恢复运行服务 -450 m 以下将受供冷距离和制冷能力的限制, 不能满足生产降温需要, 并且受制于排热、系统压力及冷损较大, 因此, 该方案不宜采用。

### (3) 综合制冷降温

综合制冷降温方式是新建 -650 m 制冷站, 冷凝热可以利用北山风井中淋水, 该淋水的水温比较

中的应用 [J]. 煤炭, 2005, 14(3): 30~31.

- [4] 茹峰, 薛钧义. Profibus 协议实时性能的仿真计算 [J]. 系统仿真学报, 2002, 14(6): 789~792.
- [5] 刘富强, 钱建生, 曹国清. 多媒体图象技术及应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [6] 孟凡芹, 孙新梅, 马正. 煤矿井下计算机监控网络及其应用 [J]. 煤炭工程, 2003(2): 61~63.

## 参考文献:

- [1] 李景平. 基于现场总线思想的煤矿综合监控系统设计 [J]. 测控技术, 2000, 19(12): 21~23.
- [2] 成继勋, 孟祥忠. 煤矿用现场总线标准的研究 [J]. 煤炭学报, 2001, 26(6): 657~662.
- [3] 芦建军. Profibus - DP 现场总线在煤矿设备监控系统

低,一般为 14~22℃,水量为 110~120 m<sup>3</sup>/h,这是一种难得的天然冷源。以机械制冷降温为主,采面上部采用冷水喷淋降温为辅,并结合回风巷安装抽放管抽放采面上隅角热量,以及单独排放热水的综合治理降温措施。

对上述 3 个降温方案进行技术经济比较可以看出,最经济有效、切实可行的降温方案是以机械制冷降温为主、其它降温方式为辅的综合制冷降温方案,该方案实施工期短,系统简单可行,易于管理。方案技术经济比较如表 1 所示。

表 1 降温方案技术经济比较表

降温方式	总投资 / 万元	温度降幅 /	服务范围	备注
通风降温	-	1~1.5	己三采区	受条件限制
原制冷系统降温	180	1.5~2	1 个采掘工作面	冷损大、压力大
综合制冷降温	190	3~5	1 个采煤工作面	简单可行,易管理

## 2 降温系统设计

### 2.1 降温系统工作原理

制冷站建在 -650 m, 制冷机组制取低温冷冻水, 通过输冷管道向己<sub>17</sub>-23200 综采面机巷输送, 通过安装在机巷的空冷器对己<sub>17</sub>-23200 综采工作面进风流进行冷却降温, 再通过回水管重新回入制冷机组进行制冷循环。为避免采面降温下冷上热冷热不均的现象, 采面上部采用冷冻水喷淋降温, 降温系统布置如图 1 所示<sup>[3]</sup>。

### 2.2 降温系统设计

降温系统设计主要包括制冷机、冷凝器排热计算、供、回水管路水力计算、供冷水泵选型、保温层厚度的计算、空冷器的选型设计等部分。

#### (1) 制冷机制冷量计算及选型

$$Q_w = (1.2 - 1.5) \times (Q_i + Q_h) \quad (1)$$

式中:  $Q_i$  为冷冻水管内损失冷量, kW;  $Q_h$  为采面所需冷负荷, kW。

取余量系数 1.35, 得  $Q_w = 763.75$  kW, 根据煤矿特点, 选用 LSL GF800 型防爆冷水机组, 其制冷量为 800 kW。

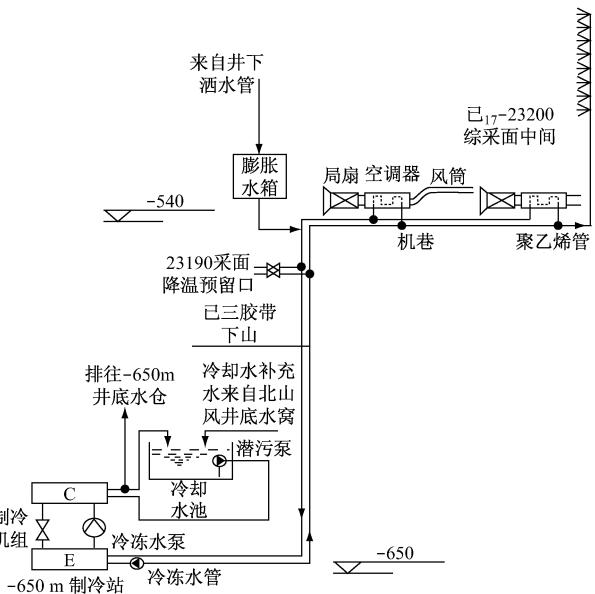


图 1 己三采区降温系统布置示意图

#### (2) 冷凝器排热计算

根据能量平衡计算出制冷机冷凝器总排热量为 1 050 kW。北山风井井筒淋水水温为 14~22℃, 水量为 110~120 m<sup>3</sup>/h, 设计冷凝器出口水温为 30℃, 井筒淋水可带走 1 200 kW 以上的热量, 可以满足 LSL GF800 型冷水机组的排热要求。

#### (3) 供、回水管路水力计算

选取空冷器进出口温差为 6℃, 空冷器效率 = 0.8, 根据采煤工作面所需的冷负荷为 486 kW, 由热力学基本原理:

$$Q = c \times q_v \times \Delta t \quad (2)$$

式中:  $Q$  为采煤工作面所需冷负荷, kW;  $c$  为水的比热;  $q_v$  为冷水的体积流量, m<sup>3</sup>/h;  $\Delta t$  为空冷器进出口温差, ℃。

得:

$$q_v | \text{m}^3/\text{h} = 87.5$$

针对该矿采面用冷水喷淋, 喷水量为 5 m<sup>3</sup>/h, 则供水管路流量为

$$Q_v | \text{m}^3/\text{h} = 87.5 + 5 = 92.5$$

取经济流速  $v = 1.5$  m/s, 由  $Q_v = \rho \times v \times D^2 \times L$ , 得:

$$D | \text{m} = 0.147$$

故可选用 D159 × 6 无缝钢管。

#### (4) 供冷水泵选型

流体在管内流动过程中, 由于流体的粘滞力造

成的损失称为沿程阻力损失,可用式(4)计算<sup>[4]</sup>:

$$h_f = \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (3)$$

式中: $h_f$  为沿程损失, $m H_2O$ ;  $\lambda$  为沿程损失系数; $L$  为管道长度, $m$ ;  $d$  为管道的内径, $m$ ;  $\frac{v^2}{2 \times g}$  为单位重力流体的动压头。

由于流体微团的碰撞,流体中产生的漩涡等造成的损失成为局部损失。通常,管流中单位重力流体的局部能量损失可用式(4)表示:

$$h_f = \frac{v^2}{2 \times g} \quad (4)$$

式中: $h_f$  为局部损失, $m H_2O$ ;  $\lambda$  为局部损失系数,是一个无量纲量。

由上述数据求得雷诺数  $Re = 2.205 \times 10^5 > 2000$ ,可知水在管内呈紊流状态。查表得  $\lambda = 0.19 \text{ mm}, / d = 0.00129$ ,由莫迪图查得  $\lambda = 0.021$ ,得  $h_f = 29.14 \text{ m H}_2\text{O}$ 。

结合该矿井下实际条件, $h_f = 0.8 \text{ m H}_2\text{O}$ 。制冷站布置在 -650 m 水平,工作面为 -540 m 水平。冷冻水泵需克服  $h = 110 \text{ m}$  的水的高度压差,整个管道上的损失为  $(29.14 + 0.8 + 110) = 139.94 \text{ m H}_2\text{O}$ ,故选用 D125 - 25 × 7 型多级泵,流量为  $72 \sim 119 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $122 \sim 179 \text{ m H}_2\text{O}$ ,电功率为  $75 \text{ kW}$ ,防爆。

### (5) 保温层

输冷管道的保温性能直接影响到工作面的降温效果,因此,必须对管道进行保温,保温材料特性如表 2 所示。

表 2 保温材料特性表

保温材料	导热系数 W/(m · K)	吸水率 mg/cm <sup>2</sup>	耐腐蝕性	燃燒性能	使用年限	單价元/m <sup>3</sup>
聚氨脂	0.035	1.9~2.7	一般	离火即灭	5~10	2 200
玻璃钢	-	-	-	-	-	9 000

根据矿井降温的特点,防止潮湿空气中水蒸汽在保温管道或设备表面凝结的保温层厚度为<sup>[5]</sup>:

$$\phi = 0.274 \times \frac{(t_2 - t)}{[D_i \times (t_a - t_2)]} \quad (5)$$

$$= D_i \times (D_o - D_i) / (2 \times D_i) \quad (6)$$

式中: $\phi$  为系数,与  $D_o/D_i$  有关;  $\lambda$  为保温层厚度, $m$ ;  $\lambda$  为保温材料导热系数, $W/(m \cdot K)$ ;  $D_o$  为管道保温层外径, $m$ ;  $D_i$  为管道保温层内径, $m$ ;  $t$  为

设备及管道外壁温度,  $t_a$  对无内衬材料的金属外壁设备及管道取介质温度; $t_a$  为保温结构周围环境的空气温度,  $t_2$  为周围空气露点温度,  $t_a$  从 I-d 图查取。

保温层厚度计算结果如下:  $DN = 150$  时,  $\lambda = 40 \text{ mm}$ ;  $DN < 150$  时,  $\lambda = 30 \text{ mm}$ 。对于设备保温,如制冷机蒸发器及相关管路的保温,其保温层全部选用  $\lambda = 30 \text{ mm}$ ; 保温管结构型式为内管(无缝钢管) + 聚氨脂保温层 + 玻璃钢外保护层。

### (6) 空冷器

根据前面计算,水泵克服供水管道压损为  $139.94 \text{ m H}_2\text{O}$ ,水泵扬程为  $122 \sim 179 \text{ m H}_2\text{O}$ ,选 HSPC - 100 - 2.5 型空冷器 6 台,主要技术参数要求如下:进水温度为  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,水侧阻力  $< 200 \text{ kPa}$ ,入风量为  $400 \text{ m}^3/\text{min}$ ,入水量为  $14.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,额定功率为  $100 \text{ kW}$ 。

## 3 结语

本文通过对增大通风量降温、利用原制冷系统降温和综合制冷降温 3 种降温方案进行技术经济比较,确定了某矿降温的方案,即以机械制冷降温为主、其它降温方式为辅的综合制冷降温方案。并结合实际情况,利用北山低温淋水对冷凝热进行排热,解决了井下冷凝热排放困难的问题。该矿井降温系统运行后,井下温度一直被控制在规定的温度范围内,达到了设计的预期效果,为该矿取得了一定的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 金梁,殷勤业.时空 DOA 矩阵方法[J].电子学报,2000,28(6):8-12.
- [2] 张朝昌,厉忠彦,苏林,等.透平膨胀制冷在高温矿井降温中的应用[J].西安科技大学学报,2003,23(4):397-399.
- [3] 王永强,于洪海,李红阳.矿井空调特点及制冷降温装备的研制[C]//全国第十五届矿井降温技术交流会论文集,武夷山,2005,10.
- [4] 孔珑.工程流体力学[M].北京:中国电力出版社,2001.
- [5] 杨世铭,陶文铨.传热学[M].北京:高等教育出版社,1998.