

关于提高开式冷却塔冷却效率的探索和实践

胡志强

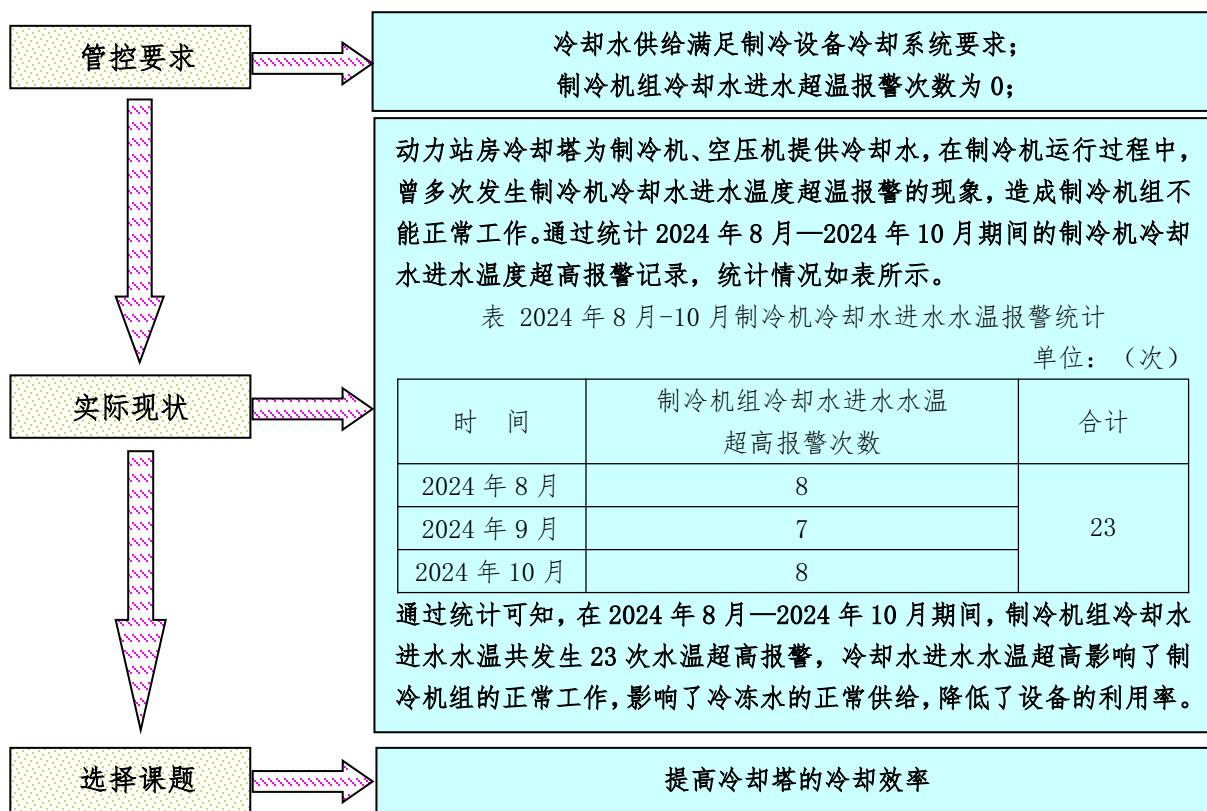
红塔烟草（集团）有限责任公司楚雄卷烟厂，云南省楚雄市，675000；

摘要：工厂动力站房担负着全厂压缩空气和冷冻水的供给任务，其中动力站房冷却塔为制冷机、空压机提供冷却水，冷却水流经冷却系统，带走设备所产生的热量，最终流回冷却塔进行冷却，形成冷却水循环。在过去一段时间的使用过程中，制冷机组冷却水进水多次发生超温报警，严重影响制冷机组的正常运行。为保证冷却水的正常供给，对冷却塔及冷机系统进行调查研究，对此开展课题攻关：提高冷却塔冷却效率。

关键词：开式冷却塔；冷幅；冷却效率

DOI: 10.69979/3029-2727.25.06.042

1 课题研究背景



2 设备现状调查

2.1 设备简介

2.1.1 冷却塔简介

冷却塔是用水作为循环冷却剂，利用水与空气流动接触后进行冷热交换，实现降低水温的散热装置。工作过程中，通过循环冷却水喷淋到填料（散热片）上，通过水与空气的接触，达到换热的目的，再由风机带动塔

内气流循环，将与水换热后的热气流带出，从而达到冷却的效果。动力站房冷却塔采用的是马利冷却塔。

2.1.2 制冷机组与冷却塔

制冷机组冷却水环路：配置YK离心式冷水机组，制冷机组运行时冷却水流经冷凝器、过冷器，带走设备所产生的热量，最终流回冷却塔进行冷却，再由冷却水泵送回机组形成闭式冷却水循环。

2.2 统计调查

为取得可靠、准确的数据，对冷却塔的进水、出水温进行了统计，考虑到统计数据的便利性，结合制冷机组的闭式冷却水循环系统，小组将冷却塔的进水、出水温度等效为制冷机组的冷却水出水、进水温度来进行统计，如表 1 所示。

表 1：冷却塔与制冷机组冷却水进出水关系表

冷却塔	等效统计	制冷机组
冷却塔进水温度	等效为	制冷机冷却水出水温度
冷却塔出水温度	等效为	制冷机冷却水进水温度

小组通过查看 2024 年 8 月至 2024 年 11 月的制冷机组运行记录统计情况，随机抽取了五周内的制冷机组的冷却水进、出口温度，统计情况如表 2 所示。

表 2：2024 年 8 月~2024 年 11 月制冷机组冷却水进出温度统计表

单位：(℃)

序号	制冷机运行机组	冷却水出水温度	冷却水进水温度	冷幅	备注
1	2#	33.8	27.5	6.3	
2	3#	32.4	29.2	3.2	超温报警
3	1#	32.5	28.7	3.8	超温报警
4	4#	31.1	27.8	3.3	
5	1#	32.8	27.1	5.7	
6	2#	31.8	26.6	5.2	
7	3#	32.6	28.9	3.7	超温报警
8	1#	33.3	29.1	4.2	超温报警
9	4#	32.8	27.3	5.5	
10	2#	33.2	28	5.2	
11	3#	32.8	28.9	3.9	超温报警
12	4#	34.2	27.9	6.3	
13	1#	32.8	27.3	5.5	
14	2#	32.7	29.2	3.5	超温报警
15	3#	31.5	28.7	2.8	超温报警
16	1#	33.4	28.9	4.5	超温报警
17	3#	32.5	27.6	4.9	
18	2#	32.7	27.3	5.4	
19	4#	33.3	29.1	4.2	超温报警
20	3#	33.8	29.2	4.6	超温报警
21	1#	32.5	28.4	4.1	
22	4#	31.9	27.5	4.4	
23	2#	33.7	28.8	4.9	超温报警
24	3#	33.8	27.9	5.9	
25	4#	32.5	28.7	3.8	超温报警
平均值		32.78	28.22	4.56	

注：

(1) 冷幅：冷却塔冷却水进、出水温度之差。

(2) 冷却塔冷幅计算公式

$$\text{冷却塔冷幅} = T_i - T_o$$

T_i : 冷却塔入口水温

T_o : 冷却塔出口水温

(3) 冷却塔冷幅 = 冷却塔进水水温 - 冷却塔出水水温 = 制冷机冷却水出口温度 - 制冷机冷却水进口温度。

从调查统计数据可知，制冷机组冷却水进水超温次数为 12 次，制冷机组冷却水进水温度平均值为 28.22℃，出水平均温度为 32.78℃，冷却水进、出水温差值（冷幅）较小，冷却塔平均冷幅为 4.56℃。通过查阅马利冷却塔的设计资料得知设计要求：冷却塔冷幅 $\geq 5^\circ\text{C}$ 。因此冷却塔冷却水进、出水温差较小是制冷机组冷却水进水超温报警频发的主要原因。

3 改进目标

根据前期统计与分析，结合马利冷却塔的设计要求，查询冷却塔的竣工资料及名牌标识，马利冷却塔的设计要求：冷幅 $\geq 5^\circ\text{C}$ ，且当冷却塔冷幅大于 5°C ，制冷机组冷却水进水没有发生超温报警，因此，将目标定为冷却塔进出水温温差 $> 5^\circ\text{C}$ ，即冷却塔冷幅 $> 5^\circ\text{C}$ 。

4 原因分析

针对冷却塔冷幅 $< 5^\circ\text{C}$ 这一问题展开头脑风暴，集思广益，从冷却塔的工作原理和结构进行了梳理和讨论，并从人、机、料、法、环五个方面进行了汇总归类，绘制出了因果图。

5 要因确认

根据因果图，提取 10 条末端因素，并分别进行依次确认，如表 3 所示。

表 3：末端因素汇总表

序号	末端原因	序号	末端原因
1	设备维护保养不到位	6	外界环境温度高
2	冷却水流量过大	7	散热片损坏
3	冷却水含杂质	8	风机机翼锈蚀
4	冷却塔工艺落后	9	布水喷头部分堵塞
5	温度传感器失效	10	配水槽水流偏流

通过依次确认，发现配水槽水流偏流，出现“中间水流大、两边水流小”的偏流情况。

经过对 10 条末端因素逐一进行分析确认后，找到造成冷却塔出水水温高的主要原因：配水槽水流偏流。

6 制定对策

6.1 方案提出

针对“配水槽水流偏流”的要因展开讨论和分析，

对症施策，针对要因制定三个方案。

方案一：冷却塔进水口加装旋转式喷头，均匀水流；具体为：原进水为直流式，六个配水槽间水流差异大，进水口加装旋转式喷头，可均匀配水槽水流量，有效解决配水槽的偏流现象。

方案二：倾斜式设计配水槽，（倒V式）。具体为：一个进水口对应六个配水槽，六个配水槽高度为同一水平，将配水槽设计为两边倾斜式，（倒V式），利用水

流自身重力均匀分配六个配水槽间的水流量。

方案三：根据与进水口的距离，依次改变分水孔大小。具体为：原配水槽上的分水孔为等直径，现将分水孔大小由中间向两侧依次减小。

6.2 方案的可行性分析

针对上述所制定的三个方案，从方案的有效性、可实施性、安全性和成本方面进行方案的可行性分析，其对比分析如表5所示。

表5：方案对比分析表

方案对比项目	方案一	方案二	方案三
有效性	在进水口加装旋转式进水喷头，可均匀进水口流向六个配水槽间的水流量。	将配水槽设计为两边倾斜式（倒V式），利用水流自身重力均匀分配六个配水槽间的水流量。	将分水孔大小由中间向两侧依次减小，可均匀流向散热系统的水流量。
可实施性	需要增设电源模块；安装位置为高水温环境，加装旋转式进水喷头后期维护保养工作量大	将配水槽设计为两边倾斜式（倒V式），需要对整个配水系统进行改造，改造工作量大。	可利用废旧材料制作分水塞，制作不同大小的分水塞，由中间向两侧依次减小分水孔大小。
安全性	存在较大安全隐患	改造过程工作量较大，存在一定的安全隐患	无安全隐患
成本	电源模块，旋转式喷头约8000元	配水槽技术改造预算50000元	除去人工成本无其他费用
结论	不采用	不采用	采用

对比分析以上三个方案，主要从方案的有效性、可实施性和成本方面进行考虑，并结合节能减排、降本增效、修旧利废的目标，最终选择方案三：利用现有技术和资源制作分水塞，改变分水孔大小，由中间向两侧依次减小分水孔大小。

7 对策实施

7.1 选材

考虑到分水孔的性能，既要求有水流通过，又不能完全堵死，所选材质须具有一定的缓冲性能，且结合冷却塔的工况要求，材质须具有一定的耐浸泡、耐水温性能（冷却水具有一定的温度），分别考虑了木材、塑料泡沫、废旧皮带三种材质来制作分水塞，从有效性、经济性等维度进行筛选，最终选择废旧三角皮带。

7.2 制作分水塞

(1) 冷却塔配水槽。

(2) 利用废旧三角皮带制作分水塞。分水塞下端制作成锥度，既能保证分水孔不被完全封住，又能保证不易脱落。

7.3 安装

(1) 清洗配水槽；(2) 安装分水塞；

8 效果检查

(1) 目标完成情况：实施完成后，对2025年1月至4月份期间的制冷机组的冷却水进出水温及冷却塔进出水温进行跟踪统计，计算出制冷机组冷却水的进水平均温度，出水平均温度，并转化为冷却塔的冷幅，改造后制冷机组冷却水进水温度均满足制冷机组冷却水进水要求，改造后冷却塔冷幅达到6.33℃，超过预期目标。

(2) 改造实施前，制冷机组冷却水进水超温报警共发生7.67次/月，对配水槽加装分水塞后，冷却塔冷幅达6.33℃，冷却效果大幅度提高，制冷机组从未发生冷却水进水超温报警情况。

9 小结

本次技术改造找准问题症结，以“小”切入口解决了“大”问题，通过对冷却塔配水槽加装分水塞，均匀了水流，增大了冷却水的散热面积，提高了冷却塔的冷却效果，解决了设备运行中的实际问题，保证了制冷机组冷却水的正常供给，做到了“小技改见大成效”。

参考文献

- [1] 庞宗强, 张晓晓, 毛连鑫. 冷却塔在造纸废水降温冷却处理中的应用 [J]. 中华纸业, 2025, 46(04): 90-91.
- [2] 苏定邦, 谢颖, 何美悦. 工业常用的冷却循环水系统类型与特点 [J]. 科技风, 2025, (08): 1-3. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202508001.