

# Discussion and Technical Transformation of Air-cooled Double and Single Row Pipes of 135MW Unit

Yunliang Liu

Dianta Power Plant of Guoshen Company of National Energy Group, Yulin, Shaanxi, 719316, China

## Abstract

The air cooling system of 2×135MW coal gangue generator set in dianta power plant adopts mechanical ventilation direct air cooling system, also known as ACC system, and the cooling element adopts hot-dip galvanized fin double row pipe designed and manufactured by GEA company. Due to the long operation time of the equipment and the serious scaling and ash inside the air cooling radiator and the fins, the cooling capacity of the air cooling island cooling unit is significantly reduced, the back pressure of the direct air cooling unit is high and the load limit is large, which seriously affects the load capacity of the unit. After study, it is decided to replace it with a single row pipe with better cooling effect. Under the condition of not changing the original air cooling steel structure state and load bearing, the cooling area of the direct air condenser is increased to improve the steam cooling effect and improve the load capacity of the unit.

## Keywords

air cold tube bundle fin; surface scale and ash; double-row tube; single row tube; technical reconstruction

## 关于 135MW 机组空冷双排管与单排管的应用讨论及技术改造

刘云亮

国家能源集团国神公司店塔电厂，中国·陕西 榆林 719316

## 摘要

店塔电厂 2×135MW 煤矸石发电机组空冷系统采用机械通风直接空冷系统，亦称为 ACC 系统，冷却元件采用 GEA 公司设计制造的热浸镀锌翅片双排管。由于设备运行时间长，以及空冷散热器内部及翅片表面结垢积灰严重等原因，导致空冷岛冷却单元冷却能力明显下降，直接空冷机组运行背压高，限负荷量大，严重影响机组带负荷能力。经研究决定更换为冷却效果更好的单排管，在不改变原空冷钢结构状态及承重的情况下，通过增加直接空冷凝汽器的散热面积，从而提高蒸汽冷却效果，提高机组带负荷能力。

## 关键词

空冷管束翅片；表面结垢积灰；双排管；单排管；技术改造

## 1 引言

店塔电厂 2×135MW 直接空冷机组，采用机械通风直接空冷系统，亦称为 ACC 系统，冷却元件采用 GEA 公司设计制造的热浸镀锌翅片双排管，分别于 2006 年 1 月份、6 月份投入运行。每台机组设 12 个冷却单元，沿 A 排方向布置 3 列空冷器，每列为 4 个冷却单元，空冷风机平台高 27m。每列的第二冷却单元为逆流区，冷却面积为 342608m<sup>2</sup>，其中顺流面积为 270480m<sup>2</sup>，逆流面积 72128m<sup>2</sup>，12 台变频空冷风机，风机转速能在 20%~110% 转速间调速运行，风机减速机采用德国汉森减速箱，风机采

用意大利可风可风机，风机直径 9.75m；顺流管束自重约 12T，逆流管束约 10T。抽真空系统由三台水环真空泵等组成，机组正常运行过程中一台真空泵运行，两台备用，启动或真空突变时启动两台或三台真空泵运行。由于设备运行时间长，以及空冷散热器内部及翅片表面结垢积灰严重等原因，导致空冷岛冷却单元冷却能力明显下降，直接空冷机组运行背压高，限负荷量大，严重影响机组带负荷能力。

## 2 目前空冷系统现状

### 2.1 目前空冷系统运行情况

店塔电厂 2×135MW 机组 3# 和 4# 机分别于 2006 年 1 月份和 6 月份建成投运，至今为止已运行 20 年。由于设备运行时间长，加之内部喷淋系统在夏季的投运，陕北地区环境较差，导致空冷管束表面结垢、积灰严重等原因，致使空

【作者简介】刘云亮（1981-），男，中国陕西榆林人，本科，工程师，从事火力发电研究。

冷岛冷却能力明显下降, 机组运行背压明显高于设计值。夏季最大带负荷能力在 100MW 左右。当环境温度达到 35℃ 时, 带负荷能力下降至 75MW。在夏季机组实际运行中, 低压缸排汽压力时常超过设计值。其极大地影响了机组运行的经济性, 尤其在夏季高温时段严重限制机组出力。根据机组目前的运行情况现场统计了冬季和夏季具有代表性的几个工况, 具体数值见表 1。

表 1 机组运行数据表

名称	夏季		冬季	
	3#	4#	3#	4#
环境温度/℃	34.1	33.8	-15	-12
机组负荷/MW	65.5	64.8	114.7	102
运行背压/kPa	27.5	27.9	9.9	12.6
主汽压力/MPa	7.24	7.48	12.03	10.57
机组真空/kPa	-63.5	-63.1	-80.2	-78.35
给水温度/℃	203.17	201.14	235.57	231.33

## 2.2 系统真空状况影响空冷性能因素分析

基于系统运行及冬季防冻的要求, 直接空冷系统冷却单元配置有顺流凝汽器和逆流凝汽器。直接空冷系统中大部分的蒸汽在顺流凝汽器中被冷却, 剩余的小部分蒸汽再通过逆流凝汽器被冷凝。在逆流凝汽器中, 由于蒸汽和凝结水的运动方向是相反的, 保证了凝结水不易冻结。在逆流凝汽器的顶部设有抽真空系统, 可将系统内的空气和不凝结气体抽出, 以避免空冷器内某些部位形成死区, 影响冷却效果。

GEA 公司完成了本工程整个抽真空系统的基本设计、空冷岛平台范围内的抽真空系统详图设计和真空泵的选型设计, 抽真空管道接口在整套 ACC 平台范围内汇总为一根, 并伸出空冷凝汽器平台接至真空泵的管道。

本项目设置了三台真空泵, 根据现场运行情况, 目前真空泵在运行时, 一般为一台, 最多为两台, 正常运行期间真空泵尚有余量。故本次改造内容不包含真空泵改造内容。

空冷岛运行时真空严密性对系统运行背压有着很大的影响, 故对真空严密性的检测至关重要, 由于严密性不好, 应尽可能封堵漏汽点使机组高效运行, 每年需委托真空查漏队伍对两台机组真空严密性进行查漏测试, 才能保证真空严密性良好满足机组运行要求。

针对以上分析, 改造内容不包含真空泵改造及机组真空严密性改造内容。

## 2.3 空冷散热器管型发展分析

空冷凝汽器的管束形式经过应用及技术的更新换代, 经历了多排管(为圆管)、两排管(小椭圆管)、单排管(大椭圆管)的发展过程。

双排管的小椭圆管, 在盲区形成气动死区, 而大椭圆单排管不仅仅杜绝了圆管与小椭圆管的防冻问题, 更解决了汽动流体问题及热应力吸收的问题, 这也是管型发展到大椭圆单排管的必然趋势。单排管对于双管有如下优点:

- ①管内流通面积增大, 压力损失小。
- ②基本消除管内冷点和死区。
- ③防腐能力显著、寿命长。
- ④由于采用了铝翅片, 管束的重量较轻。
- ⑤管束易于清洗。
- ⑥耗功低, 减少厂用电的消耗。

将原来的双排管改为目前最新发展的单排管, 从节能特性、防冻效果、管内压降、清洗特性及结构重量及载荷等方面考虑都有极大的改善。

## 2.4 空冷系统增容改造必要性分析

### 2.4.1 空冷系统存在的问题

对机组的运行情况的检测结果及综合分析空冷运行情况, 造成空冷系统性能下降的主要原因如下:

①由于机组在二十年前建设, 空冷系统建设完全依靠国外技术, 单台机组空冷系统设计散热面积为 342608m<sup>2</sup>, 其设计余量偏小, 导致机组长期运行后空冷散热器散热性能下降明显, 机组运行背压升高。

②本机组直接空冷系统散热器采用的为冷却效率较低的钢制双排管技术, 该管型最大的缺点就是其不便于清洗。由于本机组位于陕北地区, 风沙较大、运行环境差、散热器表面脏污严重, 现场已使用多种手段进行清洗, 但在双排管翅片后排的污垢仍无法清理干净。目前, 由于散热器表面污垢也导致散热器能力明显下降。

③前些年由于空冷性能下降电厂增加了喷雾降温系统, 经过多年的运行由于喷雾系统导致散热器翅片目前结垢严重。散热器翅片结垢后导致的散热能力下降, 无好的手段和方法进行逆转。

目前, 由于机组运行时间较长空冷设备老化、表面结垢等原因, 空冷岛冷却能力下降明显。在夏季机组实际运行中, 低压缸排汽压力时常超过设计值, 其极大地影响了机组出力和机组运行的经济性。

### 2.4.2 机组安全运行的要求

由于机组在夏季运行工况背压比较高, 导致凝结水温度过高, 凝结水精处理系统被迫退出运行。其结果导致凝结水水质下降, 对低压加热器、高压加热器、锅炉受热面、汽轮机通流部分结垢产生不利影响。

### 2.4.3 机组在电网中的地位

店塔电厂 2×135MW 机组是榆林地网较大的火电机组, 此火电机组都维持了较高的利用小时。全网单机容量最大的火电机组, 属于电网支撑电源, 在电网安全稳定运行、迎峰度夏方面发挥着重要作用。电网近期将对神木周边网架结构进行升级改造, 届时电网将按照机组有多大能力发多少电的方式进行调度, 135MW 机组利用小时将会得到保障。

## 3 改造技术方案

对于空冷机组而言, 降低汽轮机的排汽压力是提高机

组热经济性的有效方法之一，也是保证其安全运行的有效途径。由于直接空冷机组易受环境流场及温度变化的影响，尤其受夏季高温大风天气的影响较大。因此，在保证机组安全经济运行，同时降低供电标准煤耗的前提下，增加空冷机组冷端散热能力，便成了保证直接空冷机组迎峰度夏的有效方法。目前，国内现有降低机组的夏季背压主要有增设喷淋（雾）降温系统、增加直接空冷系统风机风量、更换空冷凝汽器管束方案、增加直接空冷凝汽器的散热面积及增加尖峰冷却器几种方案，本项目采用更换空冷岛冷却管束的技术方案。

### 3.1 更换空冷凝汽器管束方案

随着空冷设备技术的发展，原来早期的空冷凝汽器管束多采用冷却效率较低的钢制双排管或多排管，已完全被散热效率更高的钢管铝翅单排管所取代。目前，近十年国内几乎所有的直接空冷系统均采用的为单排管系统。本次改造就是保留原钢结构体系、设备蒸汽分配管、下联箱、供风系统、电气及热控系统，将原有机组空冷岛双排管管束更换为换热能力更好的单排管换热管束，大大降低空冷改造的费用和成本。

①原有空冷管束全部更换，将原有机组双排管管束更换为换热能力更好的单排管换热管束，原空冷每台机组散热面积约 $342608\text{m}^2$ ，更换后的空冷每台机组散热面积 $437335\text{m}^2$ 。其他的附属设施整体利旧，改造后机组的年运行平均背压为 $13.9\text{kPa}$ ，实现机组整体背压下降 $4.6\text{kPa}$ ，全年平均降低机组煤耗约 $4.6\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 。

②蒸汽分配管、下联箱收集管、检修平台步道、热工、电气等附属部件，整体利旧。

③施工工序：空冷平台挡风墙或密封件拆除→空冷清洗系统拆除→蒸汽分配管及凝结水下联箱拆除→设备管道拆除→空冷凝汽器拆除→空冷凝汽器吊装→蒸汽分配管道安装→空冷凝结水管道、抽真空管道安装→改造平台、中心步道、清洗系统安装→严密性试验→管道防腐→系统调试。

④增加气密性试验堵板安装，为进行气密性试验，每台机组增加气密性试验盲板一套。气密性盲板采用分块制作，由主排汽管道人孔门倒运至主排汽管道水平段内部，在原设计气密性试验盲板处进行组合焊接，在凝结水小管道回水末端和抽真空管道抽气末端增设盲板。上述工作完成后进行空冷岛整体气密性试验。气密性试验采用压缩空气进行升压，试验方法及标准按电力行业最新设计标准或技术协议要求确定。

### 3.2 技术改造效果

①新换单排管在同样的布置区域内可布置更多的散热面积，有利于提高机组运行效率。

②新管束散热效率较原管束提高幅度较大。

③新管束采用钢管铝翅片，单位面积内重量较原钢管翅片管束轻。

## 4 结论

①本工程对空冷系统的增容改造，提高了机组的运行效率，达到了降耗的目的，符合国家的产业政策要求。

②本工程对空冷系统的增容改造，提高了机组安全稳定运行，进而在电网安全稳定运行、迎峰度夏方面发挥着重要作用。

③本工程对空冷系统的增容改造的方案一更换空冷散热器管束和方案二增加直接空冷凝汽器的散热面积在技术上均是可行的。方案三增加蒸发冷却器尖峰冷却装置针对本工程在技术上是不可行的。

④改造后，机组的年运行平均背压为 $15.84\text{kPa}$ ，平均降低 $3.32\text{kPa}$ ；由机组的背压变化情况对年平均供电煤耗也做了测算。目前，机组的供电煤耗为 $359.04\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，经过改造后机组的供电煤耗为 $355.65\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，下降了 $3.32\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

### 参考文献

- [1] 包伟伟,孙桂军,李贺莱,等.660MW超临界空冷机组双背压低真空供热改造[J].热力透平,2017(4):252-257.