

# 600MW直接空冷机组冬季深调工况下空冷岛防冻的对策探讨

关志成 贾二平 赵 涛

北方联合电力达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

**摘要：**本文浅析和探讨了直接空冷燃煤机组冬季深调工况下空冷岛防冻的技术措施和组织措施，描述了空冷岛防冻工作的主体思路、处置要点和操作注意事项，为空冷机组集控运行值班员在冬季深调工况下空冷岛防冻工作总体处置提供一个优秀的参考方案，在工作中结合本厂空冷岛运行参数和自身岗位总结出更合规的处置方案。旨在提升技能水平，保障电力生产安全稳定运行。

**关键词：**空冷机组；防冻措施；背压；凝结水温度

## 引言

随着新能源消纳需求提升，600MW直接空冷机组冬季深度调峰成为常态。低负荷工况下，空冷岛散热效率下降、管排易出现冻结隐患，直接威胁机组安全稳定运行。本文结合空冷岛运行特性，聚焦冬季深调场景下的防冻痛点，系统探讨技术优化与组织管理双重对策，明确处置要点与操作规范，为集控运行值班员提供实操性参考，助力提升机组防冻应急处置能力，保障电力生产连续可靠。

## 1 研究背景

蒙西电网开展现货市场化调度以来，火电机组经常性进入深调工况（25%额定工况）运行，在冬季环境温度低于-4℃时，直接空冷机组深调工况下排汽量较小，同时凝结水温度较低，容易引发空冷岛凝汽器末端冰冻事故，会对凝汽器管束造成损坏，机组背压下降，经济性下降，严重时会引起机组低压缸碰磨和变形，机组被迫停运。

## 2 引起直接空冷机组空冷岛凝汽器管束冻损的原因

北方冬季当环境温度降到-4℃后，直接空冷机组的空冷岛过冷保护成为保障机组安全运行的首要工作，此项工作主要目的是防止凝结水过冷冻结。直接空冷机组的凝结水在空冷岛中结冰导致主机排汽装置管道堵塞，如果故障频繁发生，直接空冷机组排汽装置冷却管道会发生变形甚至破损。因此，北方地区直接空冷机组在环境温度低于-4℃运行时，要相应采取一系列有效措施来避免排汽装置中凝结水过冷现象。在机组正常运行期间并且当环境温度低于某一结霜点时，在逆流凝汽管束的上部会发现结霜，这是由于排汽装置部分管道积存不可凝气体的发生过冷现象。如果机组以此工况连续运行较长时

间，环境温度24h内连续低于-4℃，就可能会逐渐地结冰并堵塞排汽装置逆流管束芯管的下端，并且阻碍不凝气体的排出<sup>[1]</sup>。

## 3 应对措施与对策

以北方公司达拉特发电厂600MW直接空冷机组为例。汽轮机排汽装置采为直接空冷系统，采用机械式通风直接空冷系统（ACC），冷却元件为单排椭圆型翅片管束。排汽装置布置于汽机房A列外侧空冷平台上，机械式通风直接空冷系统（ACC）翅片采用单排管换热，排汽装置通过空气强制通风冷凝汽轮机排汽。排汽装置由八列“A”拱顶型散热翅片管组成，每列由八个冷却单元组成，以排汽流向分为六个顺流单元和两个逆流单元。每个ACC冷却单元由十个散热翅片管组成。每个冷却单元配置一台轴流式强制通风风机，强制通风风机置于拱顶散热翅片管下面，将空气吹过换热翅片管束冷却排汽装置。轴流式强制通风风机采用变频调速，风机调速范围在30%到110%设计转速之间，用于排汽装置逆流单元的风机应可以反转运行。

### 3.1 直接空冷凝汽器冬季深调工况运行时的防冻对策

3.1.1 ACC防冻保护是用于在冬季环境温度低于冰点时，空冷岛排汽装置运行期间防止冷却单元管道冻结。当环境温度持续低于-4℃延时5min后启动防冻保护，当环境温度持续高于+4℃延时5min后退出防冻保护。

3.1.2 当直接空冷机组排汽装置运行中的半数列（共8列）管束（蒸汽阀打开时）的凝结水温度 < 25℃，汽轮机背压设定值提高2~4kpa。

3.1.3 如果排汽装置运行中凝结水温度仍然 < 25℃，则需要在30min后手动将汽轮机背压再提高2~4kpa，以提高汽轮机排汽温度和凝结水温度。

3.1.4 在直接空冷机组排汽装置背压设定值改变后,当所有8列凝结水温度都 $> 30^{\circ}\text{C}$ ,满足冬季防冻要求,则在延时60min后手动汽轮机背压设定值降低2~4kpa,以减少排汽损失。

3.1.5 由于环境温度过低且进入深调工况后,空冷岛排汽装置装设的全部64台风机运行转速已低至15Hz时,则执行本应防冻措施,首先将排汽装置每隔一排的顺序停运顺流空冷岛排汽装置强制冷却风机,即每次停8台强制冷却风机,若汽轮机背压设定值不加以改变时,检查停运最后一列顺流风机后,排汽装置逆流风机的转速将同时升高( $> 15\text{ Hz}$ ),当其余运行顺、逆流风机的转速均降低至15Hz时停运第一列顺流风机

如果所有排汽装置逆流冷却单元运行冷却风机减速15Hz后,则按照隔列停运顺序停运对应列排汽装置冷却单元的逆流冷却风机并且隔离该列,若汽轮机背压设定值保持不变时,检查排汽装置停运最后一列逆流风机后,其余冷却单元逆流风机的转速同时升高( $> 15\text{ Hz}$ ),当剩余7列冷却单元的逆流风机转速降至15Hz时,停运排汽装置的第一列冷却单元的逆流风机。若汽轮机背压设定值保持不变时,检查排汽装置剩余冷却单元的逆流风机转速将会升高( $> 15\text{ Hz}$ ),照此方式直到排汽装置中间运行冷却单元的逆流风机停运,同时启动防冻中间列逆流风机反转程序。

3.1.6 在空冷岛加热期间,ACC控制系统将不会改变运行工序。

3.2 冬季深调工况运行期间,直接空冷机组正常运行时防冻注意事项

3.2.1 冬季深调工况运行时注意监视空冷岛排汽装置各冷却单元凝结水出水温度不小于 $25^{\circ}\text{C}$ ,抽气口(抽真空处)温度不小于 $25^{\circ}\text{C}$ 。运行班组加强就地检查和测温。

3.2.2 机组启动过程中投运空冷岛后要求专人加强对空冷岛各排、各列凝结水温度检查,最好检查期间就地对用红外线测温仪实测各排汽管壁温,有异常及时汇报并且增加检查次数。

3.2.3 锅炉点火后尽快建立真空,启动两台真空泵保持相对较高真空,减少排汽在空冷岛排汽装置内滞留时间。

3.2.4 机组并网前空冷岛排汽装置各列冷却风机尽可能不投,防止排汽温度下降过快。

3.2.5 锅炉点火至机组并网前,此时汽轮机进汽量较小,在保证汽轮机低压缸胀差不超限、排汽温度不大于 $120^{\circ}\text{C}$ 情况下,尽量提高低压缸排汽温度,防止排汽装置低流量末端汽温下降过快冻结。

3.2.6 若主机凝结水温度 $< 5^{\circ}\text{C}$ ,防止空冷岛排汽装置末端冻结,尽可能启动第三台真空泵运行,提高凝汽器真空,加快排汽循环速度。

3.2.7 机组并网后严密监视空冷岛排汽装置各列凝结水回水温度的变化情况,然后根据机组低压缸排汽装置入口背压设定值与测量值的偏差,按照空冷机组ACC的相关规定投入排汽装置各列冷却风机运行。

3.2.8 冬季空冷岛正常运行期间,尽量保持排汽装置所有列冷却风机的频率相同,机组深调工况时尽可能保持多投入冷却风机,但尽量保持低频运行(应 $> 15\text{ Hz}$ )。

3.2.9 冬季深调工况运行时空冷岛排汽装置同列冷却风机绝不能出现某一冷却风机频率过高情况,防止管束局部过冷,温度测点偏差造成冻裂情况。

3.2.10 冬季深调工况期间,应尽量保持机组负荷高于空冷岛在对应环境温度下的最低负荷,如有必要修改深调机组负荷调整下限。

3.2.11 冬季深调工况期间,在DCS画面上设定排汽装置入口背压与测量背压的差值来调节空冷岛各列冷却风机转速,使空冷岛排汽装置各列下联箱凝结水温度 $> 35^{\circ}\text{C}$ ,最低不得 $< 25^{\circ}\text{C}$ ,且空冷岛排汽装置各列回水凝结水过冷度 $< 6^{\circ}\text{C}$ 。

3.2.12 冬季深调工况期间,如果空冷岛排汽装置任意一列凝结水回水温度有明显下降趋势,应将该列逆流冷却风机切手动并停运,也可以每隔4h将空冷岛排汽装置各列两台逆流冷却风机切手动并停运30min,然后启动冷却风机并将频率调整到与该列其他运行冷却风机相同后投自动,防止冷却风机频率过调。当真空泵抽气口温度 $< 15^{\circ}\text{C}$ 时,可将排汽装置该列逆流冷却风机切手动并停运<sup>[2]</sup>。

3.2.13 冬季深调工况期间,调节空冷岛排汽装置冷却风机转速,以维持机组排汽装置背压在15~20kpa运行,并严密监视主机凝结泵出口凝结水温度不超过 $60^{\circ}\text{C}$ ,否则适当提高机组排汽装置背压设定值或适当降低机组负荷降低凝结泵出口凝结水温度,防止化学精处理切旁路。

3.2.14 冬季深调工况运行时空冷岛排汽装置凝结水回水的任一测点温度降至 $25^{\circ}\text{C}$ 以下时,应及时分析查找原因,并做相应调整机组负荷、排汽装置背压设定值等,凝结水回水温度持续降低至 $20^{\circ}\text{C}$ 以下时,使机组背压设定值提高2~4kpa,必要时将排汽装置该列冷却风机切手动降低风机转速,若30min内温度不上升,则增开一台真空泵运行,当空冷岛排汽装置凝结水回水温度上升

至25℃且空冷岛排汽装置进汽温度与空冷岛排汽装置凝结水回水温度之差 $<6^{\circ}\text{C}$ 时停运。

3.2.15 冬季深调工况运行期间,关闭空冷岛排汽装置各列散热器端部小门及同一列中各冷却单元通行小门。

3.2.16 冬季深调工况运行期间,值班员应就地实测空冷岛排汽装置各列及联箱表面温度,发现投运空冷岛排汽装置各列凝结水联箱外表面温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时,或排汽装置各列所有冷却风机转速低到15Hz时,按隔排的顺序停运顺流列冷却风机,当冷却风机未停运列的两端空冷岛排汽装置凝结水回水温度或联箱外表面温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时,必要时可将该列首、尾两台冷却风机切手动运行并停运。

3.2.17 冬季深调工况运行时,加强各空冷岛排汽装置凝结水回水管外表面温度监视与检查,要求就地测量凝结水回水联箱和回水管壁温,发现温度与正常运行时偏差较大时,及时查找原因。

3.2.18 冬季深调工况运行期间,加强对除氧器、排汽装置的补水量及水位的监视,发现除氧器、排汽装置水位下降,补水量异常增大时,及分析和检查空冷岛排汽装置以及凝结水回水联箱和管道是否冻结。

#### 4 冬季深调工况防冻措施长效机制效果

经过2024至2025年冬季北方公司达拉特发电厂 $2\times 600\text{MW}$ 直接空冷机组环境温度低于 $-35^{\circ}\text{C}$ ,机组负荷深调工况运行至150MW以下(25%额定负荷)常态化。

两台机组经受内蒙古西部极寒天气和深调工况双重考验,机组空冷岛机组真严密性保持在5min下降不大于150kpa,排汽口温度平均值 $>6^{\circ}\text{C}$ ,最低温度为 $4^{\circ}\text{C}$ ,取得较明显的防冻效果。本文所综措施和注意事项具有符合现场运行工况和要求,便于操作和参数控制具有,向同类型机组推广性<sup>[3]</sup>。

#### 5 结束语

综上所述,直接空冷机组在极寒地区冬季深调工况下空冷岛一旦发生冰冻事故,威胁机组安全运行,考虑当前电网现货市场运营,应当从排汽温度、凝结水温度与过冷度、空冷岛投运列数和风机运行频率上加以细致周密的措施,加强运行方式调整,是保障直接空冷机组的空冷岛在冬季深调工况下具备可靠防冻能力技术措施,是组安全运行的可靠保障。

#### 参考文献

- [1]王鲁荣,刘月正,朱洪伟,等.峡谷效应下直接空冷机组高背压成因分析及空冷岛数值模拟[J],节能.2018.37(8):1-6.
- [2]眺攜隊祿馮毆測鶻締个明殮尤棟张来平,陈全明,直接空冷岛启动阶段冬季防冻措施优化[J].电力勘测设计,2018(6):28-32.
- [3]任亮:直接空冷机组冬季运行的防冻要点[J]华电技术,2018,40(5):53-55,79.