



## 目 次

前 言.....	2
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	4
4 要求.....	5
5 系统试验.....	7
6 调试、启动及验收.....	8
7 运行与维护.....	9
8 试验方法.....	10
9 检验规则.....	10
10 标牌、标志、包装、运输和贮存.....	11
附录 A(资料性) 典型尖峰冷却原则性系统图和设备.....	13
图 A.1 典型尖峰冷却原则性系统图.....	13
图 A.2 典型蒸发式冷凝器设备.....	13
表 1 泵单机试运转时间要求.....	8
表 2 离心泵填料密封泄露要求.....	9
表 3 尖峰冷却设备检验项目及要​​求.....	10

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由机械工业环境保护机械标准化技术委员会（CMIF/TC7）归口。

本文件起草单位：中国电建集团装备研究院有限公司、河北华电石家庄鹿华热电有限公司、北京能源投资山西漳山发电有限责任公司、山西阳城晋煤能源有限责任公司、青铜峡铝业发电有限责任公司、武汉格润沃环境科技技术工程有限公司、中国电建集团河北电建二公司、重庆大学、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、浙江万亨科技股份公司。

本文件主要起草人：李雄浩、陈逸伦、汪胡根、程厚德、何勇超、王腾达、赵涛、许一凡、李建海、白学利、汤拥华、王亚楠、田国胜、李献忠、郝玉成、李希余、李卫东、刘朝、李志阳、叶军。

本文件为首次发布。

## 火电厂空冷机组尖峰冷却装备

## 1 范围

本文件规定了火电厂直接空冷机组尖峰冷却装备的技术要求、安装及运行、维护要求、检验规则、标志、包装及运输、贮存及保养。

本文件适用于火电厂直接空冷机组尖峰冷却装备的制造，其它如垃圾发电、各类型余热发电、热电联产等行业具有蒸汽冷却装备的制造参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 150 压力容器

GB/T 191 包装储运图示标志

GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯

GB 4053.2 固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯

GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB 21258 常规燃煤发电机组单位产品能源消耗限额

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50040 动力机器基础设计规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50058 爆炸和火灾危险环境电气装置设计规范

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火规范

GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范

GB 50254 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范

- GB50660 大中型火力发电厂设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计规范
- JB/T 5000.12 重型机械通用技术条件 第12部分：涂装
- DL/T 641 电站阀门电动执行机构
- DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
- DL/T 1290 直接空冷机组真空严密性试验方法
- DL/T 1428 直接空冷系统验收导则
- DL 5031 电力建设施工及验收技术规范（管道篇）
- DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计规范
- DL/T 5072 火力发电厂保温油漆设计规程
- DL/T 5153 火力发电厂厂用电设计技术规定
- DL/T 5210.6 电力建设施工质量验收规程 第6部分 调整试验
- DL/T 5294 火力发电建设工程机组调试技术规范
- DL/T 5390 火力发电厂和变电站照明设计技术规定
- DL/T 5437 火力发电建设工程启动试运行及验收规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**背压** back pressure

汽轮机排汽平面处的平均静压力。

#### 3.2

**直接空冷系统** direct air-cooled system

以空气为冷却介质，直接由汽-气换热设备将汽轮机排汽冷凝成水后回到热井的系统装置。

#### 3.3

**真空系统** vacuum system

在汽轮机排汽侧建立并维持高度真空状态的凝汽器设备系统。

#### 3.4

**尖峰状态** peak condition

空冷机组的环境温度高、风速高、负荷率高的运行工况。

#### 3.5

**环境温度** environment temperature

作为直接空冷系统工作时冷却介质空气的干球温度和湿球温度。

#### 3.6

**蒸发式冷凝器 evaporative condenser**

冷却介质水在整体换热过程中被完全蒸发的低水耗高效表面式冷却设备。

注：间壁式换热器空气侧的喷淋水蒸发及与空气的传热，将换热器内的工质由气态冷凝成液态所释放的热量传递给大气。

**3.7****真空严密性指标 index of vacuum tightness**

不凝结气体泄漏到真空系统的严密性判别指标。

注：以背压上升（真空下降）的平均速率表示，单位是 kPa/min。

**3.8****尖峰冷却系统 peak cooling system**

在尖峰状态下，直接空冷机组配套设置蒸发式冷凝器及相关系统，有效降低汽轮机背压。

**4 要求****4.1 基本要求**

4.1.1 尖峰冷却装备应符合 GB 21258 的要求。

4.1.2 尖峰冷却装备应露天布置在直接空冷系统和汽机车间附近，路径最短，不影响空冷系统的进风温度，便于运行维护。其设计应符合 GB 50016、GB 50660 的规定。

4.1.3 尖峰冷却装备应设置平台通道、爬梯、栏杆，其设计应符合 GB 4053.1、GB 4053.2、GB 4053.3 的规定。

4.1.4 尖峰冷却装备的噪音应满足 GB 12348 的规定。

4.1.5 尖峰冷却装备的生产安全卫生应符合 GB/T 12801 的规定。

4.1.6 尖峰冷却装备应有防雷、接地措施，其设计应符合 GB 50057、GB/T 50065、GB 50660 的规定。

4.1.7 尖峰冷却装备的土建和钢结构设计应符合 GB 50009、GB 50010、GB 50011 的规定。

4.1.8 尖峰冷却装备的设计寿命应不小于机组的剩余寿命。

4.1.9 管道的颜色、标识、色环，以及设备、仪表和平台通道的标牌应与火电厂一致，其设计应符合 GB 50660、DL/T 5054 的规定。

4.1.10 尖峰冷却装备保温油漆设计应符合 DL/T 5072 的规定。

**4.2 技术要求**

4.2.1 尖峰冷却装备的设计工况的环境温度、机组满负荷运行时需要下降的背压值应根据机组上一个年度或二个年度 4~11 月的运行台账，统计机组运行负荷和汽轮机背压来确定。

4.2.2 尖峰冷却装备的抽汽容量应根据需要下降的背压值和直接空冷系统性能曲线确定。

4.2.3 尖峰冷却装备宜采用蒸发式冷凝器技术，水耗应不大于 0.7 吨（水）/吨（汽）。

4.2.4 尖峰冷却装备的厂用电率应不大于 0.14%。

4.2.5 尖峰冷却装备的管道要设计合理坡度和低点放水口，负压管道的放水口应考虑负压对排水的影响，放水口应设一次门和二次门，其设计应符合 DL/T 5054 的规定。疏放水应回收。

### 4.3 尖峰冷却装备工艺系统

#### 4.3.1 蒸发式冷凝器系统

4.3.1.1 蒸发式冷凝器系统由大口径蒸汽管道、电动隔离碟阀、蒸发式冷凝器、蒸汽管道膨胀节组成的负压系统。见附录 A 中图 A.1 典型尖峰冷却原则性系统图。

4.3.1.2 蒸发式冷凝器系统蒸汽管道弯头内应有导流板，管系应进行应力计算，并设置补偿器和支吊架。

4.3.1.3 蒸发式冷凝器系统蒸汽管道直径应按机组 90% 负荷、背压降低后的蒸汽压力计算。

4.3.1.4 蒸发式冷凝器系统蒸汽管道与汽轮机主排汽管道的接口处，应设置双绞膨胀节；管系根据布置情况和应力计算，设置双绞膨胀节或单绞膨胀节。膨胀节设计应符合 DL/T 5054 的规定。

4.3.1.5 电动隔离碟阀下游应设置检修人孔门及相应的平台、爬梯、栏杆。

4.3.1.6 电动隔离碟阀宜设置电伴热带及保温，管道系统可不保温，但应涂覆防腐油漆。

4.3.1.7 蒸发式冷凝器见附录 A 中图 A.2 典型蒸发式冷凝器设备。板片换热元件材质为碳钢或不锈钢。采用碳钢时，壁厚应不小于 1.5mm，采用不锈钢时，壁厚应不小于 1.2mm。

4.3.1.8 管式换热元件材质为碳钢或不锈钢，壁厚应不小于 2.5mm。

4.3.1.9 蒸发式冷凝器的基础设计应符合 GB 50040 的规定。

4.3.1.10 蒸发式冷凝器的土建基础设计应符合 GB 50040 的规定。

#### 4.3.2 真空系统

4.3.2.1 尖峰冷却装置应设置真空系统。

4.3.2.2 蒸发式冷凝器可接入主机直接空冷系统的真空管道，也可接入单独的真空泵，形成尖峰冷却装置的真空系统。真空管道应设计坡度和低点放水口。

4.3.2.3 真空泵的土建基础设计应符合 GB 50040 的规定。

#### 4.3.3 凝结水系统

4.3.3.1 运行中凝结水应流动畅通、无阻塞；停运后各部位凝结水应能排放干净。

4.3.3.2 根据蒸发式冷凝器的布置高度，其凝结水满足自流到汽轮机热井的要求时，可接入主机直接空冷系统的凝结水管系进行回收；不满足要求时，应设置独立的凝结水箱和凝结水泵，将凝结水接入主机直接空冷系统的凝结水管系进行回收。

4.3.3.3 凝结水箱应按压力容器设计，材质为不锈钢，并符合 GB/T 150 的规定。

4.3.3.4 凝结水泵应按机组背压为 5kPa 时计算安装高度，并设置备用泵。

4.3.3.5 凝结水泵进口应设滤水器和关断阀，出口应设止回阀和电动关断阀。

4.3.3.6 尖峰冷却装置的出力随汽轮机的背压而变化，凝结水系统应设有电动调节阀。

4.3.3.7 凝结水电导仪的排水应回收。

4.3.3.8 凝结水管系应设有流量计量装置。

4.3.3.9 凝结水箱、凝结水泵的土建基础设计应符合 GB 50040 的规定。

#### 4.3.4 冷却水系统

4.3.4.1 尖峰冷却装备的冷却水来自火电厂主机组工业水系统。

4.3.4.2 冷却水压力不小于 0.4MPa。

4.3.4.3 冷却水管应设有流量计量装置。

4.3.5 电气系统

4.3.5.1 尖峰冷却装备通常接自火电厂直接空冷系统的供电系统，也可接自火电厂主机组的低压厂用供电系统，其设计应符合 DL/T 5153 的规定。

4.3.5.2 照明和检修系统设计应符合 DL/T 5153、DL/T 5390 的规定。

4.3.5.3 电缆敷设应符合 GB 50217 的规定。

4.3.5.4 防雷和接地应符合 GB/T 50065 规定。

4.3.5.5 火灾探测及报警系统应接入火电厂并实现通信，其设计应符合 GB 50229 的规定。

4.3.5.6 有爆炸和火灾危险场所的电气装置设计应符合 GB 50058 的规定。

4.3.6 控制系统

4.3.6.1 尖峰冷却装备热工仪表的选择应与火电厂机组一致。

4.3.6.2 尖峰冷却装备控制系统应与火电厂机组一致，设远程操作站，并将其纳入火电厂的分散控制系统（DCS）或可编程控制器（PLC），其设计应符合 DL/T 1083、DL/T 5157 的规定。

4.3.6.3 电动执行机构的设计应符合 DL/T 641 的规定。

4.4 安装要求

4.4.1 蒸发式冷凝器进风侧距建筑物应大于 2m，保持进排风通畅。

4.4.2 蒸发式冷凝器应水平安装，单台设备的水平度和垂直度允许偏差不大于 2%。

4.4.3 负压系统管道、设备、零部件现场焊接应氩弧焊，并符合 DL/T 869 的规定。

4.4.4 尖峰冷却装备的安装应符合 DL 5031 的规定。

4.4.5 动力电缆和控制电缆应分别布置，符合 GB 50217 的规定。

5 系统试验

5.1 系统正压气密性试验

5.1.1 系统正压气密性试验用于检测系统的进汽管道及关断阀门、凝结水母管及阀门、真空管道及阀门等的严密性。

5.1.2 关闭蒸汽系统和凝结水系统阀门。

5.1.3 试验用压力表不得少于两块，经校验合格，精度不得低于 1.6 级，表的量程应为被测最大压力的 1.5~2 倍。

5.1.4 用压缩空气将系统管系加压到 0.03MPa（表压），维持 24h，每隔 30min 记录系统压力和环境温度。

5.1.5 在试验期间，管系压力 24h 内下降值不大于 2.5kPa，系统的正压气密性试验合格。

5.1.6 系统的气密性试验不合格时，需检查管系，找出泄漏位置，进行堵漏处理，重新进行



正压气密性试验，直至达到真空严密性指标要求。

## 5.2 系统负压气密性试验

5.2.1 进汽管道及关断阀门、凝结水母管及阀门、真空管道及阀门应进行负压气密性试验。

5.2.2 关闭蒸汽系统和凝结水系统阀门。

5.2.3 试验用压力表利用尖峰冷却系统的真空压力表。

5.2.4 利用主机真空系统，将尖峰冷却负压系统抽吸 2h，关断真空阀门，维持尖峰冷却系统负压 2h，每隔 10min 记录系统压力和环境温度。

5.2.5 在试验期间，管系压力 2h 内应没有明显上升，真空严密性指标不大于 200Pa/min，系统的负压气密性试验合格。

5.2.6 系统的负压气密性试验不合格时，需检查管系，找出泄漏位置，进行堵漏处理，重新进行正压气密性试验和负压气密性试验，直至达到真空严密性指标要求。

## 5.3 系统热洗

5.3.1 系统热洗主要包括蒸汽管道、蒸发式冷凝器、凝结水管、凝结水箱、凝结水泵及其管件。

5.3.2 系统利用蒸汽热洗，电动关断阀开度不大于 30 度，并调整凝结水量不大于 30%。

5.3.3 热洗产生的凝结水应回收综合利用。

5.3.4 系统热洗时，电动关断阀开启速度不大于 1° /min。

5.3.5 系统热洗时间不小于 3d，凝结水的电导率不大于 8 $\mu$ S/cm 时，系统热洗合格。

## 5.4 电气试验

5.4.1 电气柜应进行相间电压试验。

5.4.2 电气柜应进行接地试验。

5.4.3 电气柜应进行绝缘试验。

5.4.4 配电装置应分别进行模拟试验，操作、控制、联锁、信号和保护。

5.4.5 配电装置应进行过电流保护整定、过负荷报警整定、三相一次重合闸整定、零序过电流保护整定、过电压保护整定。

5.4.6 电气试验应符合 GB 50254 的规定。

## 6 调试、启动及验收

### 6.1 泵单机试运转

6.1.1 泵在额定工况下连续运转时间不应少于表 1 规定。

表 1 泵单机试运转时间要求

泵的轴功率 (kW)	<50	50~100	100~400	>400
连续试运转时间 (min)	30	60	90	120

6.1.2 离心泵试运转时，机械密封的泄漏量不应大于 5mL/h；填料密封的泄漏量不应大于表 2 规定。

表 2 离心泵填料密封泄露要求

设计流量 (m <sup>3</sup> /h)	≤50	>50~100	>100~300	>300~1000	>1000
泄漏量 (mL/min)	15	20	30	40	60

## 6.2 蒸发式冷凝器系统试运行

6.2.1 向蒸发式冷凝器的集水盘注入冷却水至蒸发式冷凝器运行时的最低水位以上。

6.2.2 顺序开启蒸发式冷凝器的水泵和风机，水泵、风机的转向、震动、噪音均应正常。

## 6.3 尖峰冷却系统试运行

6.3.1 向蒸发式冷凝器注入冷却水至工作水位。

6.3.2 开启抽真空系统隔离阀，建立尖峰冷却系统真空。

6.3.3 开启蒸发式冷凝器水泵，再开启风机。

6.3.4 开启进口蒸汽管道上的电动隔离阀，系统开始进汽，尖峰冷却系统即投入运行。

6.3.5 尖峰冷却系统运行负荷（以凝结水量计）与机组降背压的能力应符合尖峰冷却系统设计工况曲线。

6.3.6 尖峰冷却系统应进行 168h 连续试运行，在尖峰状态和常规状态下，尖峰冷却系统运行负荷（以凝结水量计）、机组降背压、电气连锁保护应符合设计文件要求，并实现自动控制。

## 6.4 调试、启动及竣工验收

6.4.1 尖峰冷却设备投产前，应进行启动验收。工程试生产结束，应及时进行工程的竣工验收，竣工验收按照 DL/T 5437 执行。尖峰冷却设备的性能试验应符合合同要求。

6.4.2 启动调试的一般程序包括：分部调试、整套启动调试。启动调试按照 DL/T 5294、DL/T 5210.6 执行。

6.4.3 分部调试从尖峰冷却设备带电开始到整套设备启动前为止。分部调试包括单体调试和分系统调试。单体调试由安装单位完成，分系统调试和整套启动调试由调试单位完成。

6.4.4 尖峰冷却设备完成合同规定时间（如 168h）连续试运行后移交试生产，移交试生产时应实现零缺陷。

## 7 运行与维护

### 7.1 一般规定

7.1.1 尖峰冷却装备根据环境温度和机组运行背压要求启停。

7.1.2 尖峰冷却装备运行应在满足设计工况的条件下进行，并根据工艺要求，定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检查维护。

7.1.3 尖峰冷却设备的技术人员、维护人员和运行操作人员应经过尖峰冷却系统技术基本原理、工艺流程、设备操作及维修维护等专门培训。

### 7.2 维护保养

7.2.1 尖峰冷却设备的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中，制定维护保养规定。

7.2.2 维修人员应按规定定期检查、更换或维修必要的部件并做好维护保养记录。

7.2.3 尖峰冷却设备的维护应按照技术标准、制造厂提供的设计文件、设备状态评估结果及同类型设备的检修经验等合理安排。

## 8 试验方法

8.1 涂层漆膜厚度和漆膜附着力检验应按 JB/T 5000.12 和 DL/T 5072 执行。

8.2 现场设备、工业管道焊接及验收试验方法应符合 GB 50236 要求。焊缝质量检验应按 DL/T 869 和 DL/T 5031 执行，焊缝气密性可用煤油渗透法检验，被检验密封性焊缝应按 100% 检验。

8.3 换热器及有关设备进行流体静力学的试验，以设计压力的 1.5 倍为试验压力，时间不小于 30min。

8.4 换热器应作无损探伤、对流传热试验。

8.5 换热器的关键部位密封面应进行材料试验和探伤检查。

8.6 尖峰冷却设备的真空严密性试验按 DL/T 1290 执行。

8.7 尖峰冷却设备的性能验收试验按 DL/T 1428 执行。

## 9 检验规则

### 9.1 检验分类

尖峰冷却设备的检验分为出厂检验、安装检验和性能检验。

### 9.2 出厂检验

9.2.1 每台尖峰冷却设备每单元所有零、部件应经制造厂质量检验部门检验合格方可交付使用。

9.2.2 检验项目见表 3。

### 9.3 安装检验

安装检验在现场进行，检验项目见表 3。

### 9.4 性能检验

每台尖峰冷却设备均应做性能检验，检验项目见表 3。

表 3 尖峰冷却设备检验项目及要

序号	项目名称	“试验方法” 的章条号	出厂 检验	安装 检验	性能 检验
1.	主要件				
1.1	蒸发式冷凝器				
1.1.1	蒸发式冷凝器的气密性	8.3	√	√	
1.1.2	蒸发式冷凝器的对流传热性能	8.3	√		
1.1.3	换热元件的探伤	8.4	√		
1.1.4	本体安装和焊接	8.2,8.5	√	√	
1.1.5	进汽管道安装和焊接	8.2,8.5	√	√	
1.1.6	凝结水管道安装和焊接	8.2,8.5	√	√	

1.1.7	进水管道安装和焊接	8.2,8.5	√	√	
1.1.8	排污水管道安装和焊接	8.2,8.5	√	√	
1.2	真空泵		√	√	
1.3	凝结水泵		√	√	
1.4	凝结水箱		√	√	
1.5	真空隔离阀门	8.6	√	√	
2.	油漆	8.1	√	√	
3.	材料				
3.1	原材料/标准件			√	
3.2	焊接材料的品种、规格、性能	8.2	√	√	
3.3	钢材质量	8.2	√	√	
3.4	焊条、焊剂质量	8.2	√	√	
3.5	包装、保护检查	8.2	√	√	
4	尖峰冷却设备性能测试				
4.1	凝结水流量	8.6			√
4.2	机组负荷	8.6			√
4.3	机组原运行背压	8.6			√
4.4	机组现运行背压	8.6			√
4.5	单位时间的电耗量	8.6			√
4.6	单位时间的冷却水耗量	8.6			√
4.7	单位时间的排污水量	8.6			√

### 9.5 判定规则

尖峰冷却设备性能指标有不合格项时，应对其进行调整、消缺，重新做性能检验。

## 10 标牌、标志、包装、运输和贮存

### 10.1 标牌和标志

在合适而明显位置上固定产品标牌，其型式和尺寸应符合 GB/T 13306 的规定。主要包括以下内容：

- a) 制造单位名称；
- b) 工艺方式；
- c) 额定处理能力；
- d) 性能指标；
- e) 执行标准号；
- f) 产品编号；
- g) 投运日期。

### 10.2 包装标志

包装标志要求如下:

a) 尖峰冷却设备包装应符合 GB/T 13384 的规定, 保证在正常运输条件下不致因包装不善而损坏;

b) 包装标志应包括收发货标志、包装储运图示标志, 并应符合 GB/T 191 的规定。

### 10.3 使用说明书

使用说明书的编写应符合 GB/T 9969 的要求, 主要包括以下内容:

a) 设备总清单;

b) 设备总图、基础图、管路图及安装图;

c) 产品合格证;

d) 包装清单及备品备件清单;

e) 上述图样及技术文件清单。

### 10.4 安装说明书

安装说明书主要包括以下内容:

a) 外形及安装尺寸;

b) 安装时主要技术要求;

c) 安装时注意事项。

### 10.5 运输和贮存

运输和贮存主要包括以下内容:

a) 运输时应应对设备的接管法兰表面加以保护, 采用合理装载加固措施;

b) 尖峰冷却设备要轻装轻放, 防止剧烈震动和机械损伤;

c) 尖峰冷却设备本体可露天贮存, 电子设备及保温材料等不应露天贮存, 设备配件装箱库存。

附录 A  
(资料性)

典型尖峰冷却原则性系统图和设备

A.1 典型尖峰冷却原则性系统图如图 A.1。

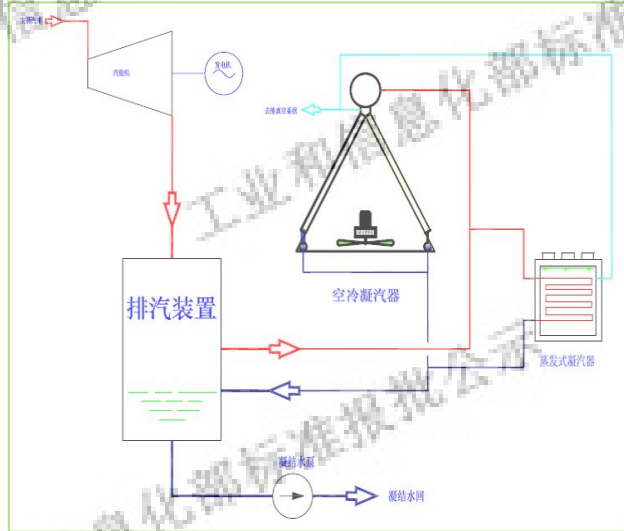


图 A.1 典型尖峰冷却原则性系统图

A.2 典型蒸发式冷凝器设备如图 A.2。

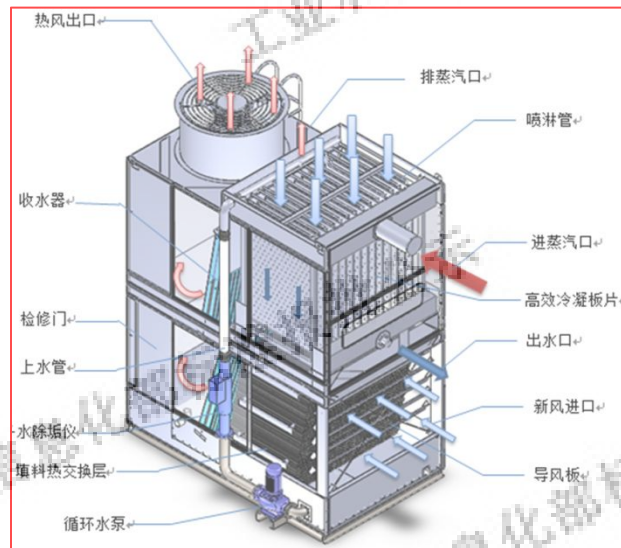


图 A.2 典型蒸发式冷凝器设备