

ICS 27.100

F 20

备案号: 50073-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1428 — 2015

直接空冷系统验收导则

Acceptance guide for direct air-cooled system

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 一般性要求..... 2

5 资料验收..... 5

6 工厂试验、检验..... 5

7 安装验收..... 5

8 调试验收..... 6

9 运行性能验收..... 7

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站汽轮机标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、双良节能系统股份有限公司、北京首航艾启威节能技术股份有限公司。

本标准主要起草人：陈胜利、薛海君、黄文博、荆涛、王永新、李会利、吕凯、齐志鹏、李高潮、万超。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

直接空冷系统验收导则

1 范围

本标准规定了直接空冷系统的检验、试验和验收的方法。

本标准适用于直接空冷火发电机组的直接空冷系统的验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 1236 工业通风机 用标准化风道进行性能试验

GB 12348 工业企业厂界噪声标准

GB 26164.1 电业安全工作规程 第1部分：热力和机械

DL/T 244 直接空冷系统性能试验规程

DL/T 245 发电厂直接空冷凝汽器单排管束

DL/T 1290 直接空冷机组真空严密性试验方法

JB/T 8689 通风机振动检测及其限值

JB/T 9101 通风机转子平衡

3 术语和定义

3.1

直接空冷系统 direct air-cooled system

汽轮机的排汽直接用空气来冷凝，空气与蒸汽进行热交换，汽轮机排汽在空冷凝汽器冷却管内流动并凝结放热，冷却空气在管外流动并吸热。直接空冷系统通常采用风机强制冷却。

3.2

空冷凝汽器 air-cooled condenser

以空气作为冷却介质，使汽轮机排汽冷却凝结成水的换热器。

3.3

管束 bundle

空冷凝汽器的基本换热单元，由多根翅片管和上下管板等部件组成。

3.4

空冷岛 air-cooled island

在汽机房外侧一定高度的位置、安装有若干冷却单元组成的空冷凝汽器等设备所形成的独立区域。

3.5

冷却单元 cooling unit

由若干管束和一套空冷风机组成，冷却管束一般按人字形布置。若干冷却单元组成空冷凝汽器。

3.6

排汽压力 exhaust steam pressure

汽轮机排汽平面处的平均静压力。

3.7

凝汽器进汽压力 condenser inlet steam pressure

凝汽器进口平面处的平均静压力。

3.8

真空严密性指标 index of vacuum tightness

是衡量不凝结气体漏入机组真空系统多少的参数。其表征值是真空系统严密性试验中，排汽压力上升（排汽真空下降）的平均速率。

4 一般性要求

4.1 一般规定

4.1.1 直接空冷系统应符合本标准的规定，并按照规定（或用户和制造厂的协议）进行检验、调试、验收。

4.1.2 新建机组厂址地形、环境风速及风向对直接空冷系统性能有较大影响时，或者扩建机组空冷平台与原有机组空冷平台的距离较近、平台高度不同、有其他已有建筑物影响直接空冷系统性能时，宜进行直接空冷系统热力性能数值模拟计算。

4.1.3 空冷岛的设计应考虑当地地震烈度与风载荷的影响。

4.1.4 空冷岛的平台通道、设备操作平台、爬梯等应设置可靠的安全围栏，其设计应符合 GB 26164.1 的规定。

4.1.5 直接空冷系统的钢结构及其连接件、支吊架等部件和设备，应满足严寒、多尘的环境条件，应防止冷淬事故发生。

4.1.6 空冷凝汽器、管道、钢结构支撑等应采取防腐措施。

4.1.7 空冷凝汽器应有冬季防冻措施。

4.1.8 空冷岛的噪声应满足 GB 12348 的要求。

4.1.9 供货商应提供空冷系统的特性曲线（环境温度、热流量和汽轮机排汽压力之间的关系曲线）。

4.1.10 空冷系统性能试验应满足 DL/T 244 的规定，验收热力性能的环境风速应为 5m/s（空冷凝汽器上边缘上方 1m 处）或技术协议相关条款规定的性能。

4.1.11 空冷系统应具有防雷措施。

4.1.12 直接空冷系统运行寿命不应少于 30 年。

4.2 空冷凝汽器

4.2.1 单排管束应符合 DL/T 245 的规定。

4.2.2 翅片的设计与选材，应根据具体的使用环境，应考虑严寒、多尘的影响。

4.2.3 在机组所有运行工况和运行条件下，翅片管束不应有水平和垂直方向的变形；翅片应有足够的强度，不应有开裂、变形等现象，应能够承受高压水冲洗而不发生损伤和变形。

4.2.4 管束、凝结水箱及相关管道宜采用自排水设计，其布置应便于蒸汽的有效分配及凝结水的顺利回收。

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

4.2.6 风机桥架主梁中间位置或减速机底板振动速度不应超过 6.4mm/s。

4.2.7 汽轮机排汽应在各顺流冷却管束内均匀分配。

4.2.8 所有管束焊缝应进行无损探伤（渗透试验）检验。

4.2.9 空冷凝汽器在安装完成后，应在与排汽装置接口处设气密性试验盲板，进行正压或负压的气密性试验。

4.2.10 所有真空系统（包括蒸汽管道）应保持真空严密性；机组带负荷调试期间，应进行机组真空严密性试验。试验应满足 DL/T 1290 的要求。

4.2.11 旁路冷却空气的缝隙不应超过 3mm。

4.3 空气供给系统

4.3.1 空冷风机的选用应符合下列要求：

- a) 空冷风机宜采用变频调速风机。
- b) 风机应能在潮湿、灰尘大的户外环境中正常运行，有防腐性能。
- c) 变频风机应能在 20%~110%额定转速间连续或间歇运行。
- d) 逆流单元配置的变频风机应具有反转运行的功能，能在 30%~50%额定转速之间的任何转速下连续或间歇反转正常运行。
- e) 风机应能在静态时调整叶片安装角度，叶片与轮毂连接应牢固，不应由于运行使叶片松动。
- f) 风机出厂前应进行叶片、轮毂和联轴器的静平衡试验，静平衡应符合 JB/T 9101 的要求。所有叶片应按基准叶片进行重量和力矩的平衡检验。
- g) 额定工况风机的静压效率不应低于 60%。
- h) 风机运行应稳定，振动应满足 JB/T 8689 的规定；风机应设置轴振的保护装置及振动开关。
- i) 应设置风机防护网，防护网承载能力不应小于 1000N/m²。
- j) 应便于检修维护。在检修及正常维护时，其他风机不应为维护检修人员造成危害。
- k) 风机除应具有产品合格证书等质量文件外，还应具有性能试验报告，性能试验应符合 GB/T 1236 的规定。

4.3.2 齿轮箱的选用应符合下列要求：

- a) 在满负荷、全速条件下设计寿命不应小于 10 万 h。
- b) 齿轮箱输入轴轴承寿命应大于 5 万 h，输出轴轴承寿命应大于 10 万 h；齿轮箱使用寿命不应低于 30 年。
- c) 传动效率不应低于 97%。
- d) 在寒冷地区齿轮箱应配置恒温控制电加热器，防止油系统结冻。
- e) 采用变频风机的齿轮箱机械容量服务系数不应低于 2.0，其他风机的齿轮箱机械容量服务系数不应低于 2.5。
- f) 齿轮箱应配备起吊环。
- g) 齿轮箱应配备油流量（或油压力）开关。

4.3.3 电动机的选用应符合下列要求：

- a) 电动机及其附件的设计和制造应符合 GB 755 的规定。
- b) 电动机应满足风机的各种运行工况要求。
- c) 功率储备系数不应低于 1.05。
- d) 电动机防护等级不应低于 IP55、端子绝缘等级不应低于 F 级、端子温升等级不应低于 B 级、效率不应低于 94%。
- e) 母线电压降到 55%额定电压时应能正常启动。
- f) 电动机应满足当地冬季气温条件下的防冻要求。
- g) 电动机轴承结构应密封良好，防止水、灰尘等进入。
- h) 电动机应防水、防潮，在管束清洗时，不应受影响。
- i) 电动机应配置空间加热器。
- j) 在规定电压内，每小时应能至少启动 4 次。
- k) 电动机轴承应具有耐磨性，设计使用寿命不应低于 5 万 h。

4.3.4 变频器的选用应符合下列要求：

- a) 空冷风机变频器应选用工业级重载型变频器，采用工程型矢量控制。
- b) 变频器应配置交流输入电抗器、交流输出电抗器、输入侧 EMI 滤波器、输出侧 EMI 滤波器。

- c) 变频器频率范围应在风机额定转速的 0%~110%范围之内, 并考虑风机和电动机的反向旋转。
- d) 变频柜应有按键操作面板, 可通过变频器实现对风机就地启停以及远程/就地操作切换。
- e) 当电动机电流超过过载能力时, 变频器应有保护措施; 变频器过载 150%时, 应能运行 60s, 过载 200%时, 应能运行 3s。
- f) 变频器额定输出电流应满足风机带 110%额定转速所需的电动机电流, 还应考虑配电间环境温度、当地海拔高度、电网电压波动、电抗器压降、变频器与电动机间电缆引起的压降等因素。
- g) 在-15%~+15%额定电压下, 变频器应能正常工作。
- h) 变频器柜应采用风冷降温, 其布置应充分考虑元件发热, 装设排气扇等机械通风装置, 柜体内绝对温升应小于 30℃。
- i) 变频装置应具备故障诊断功能, 发生故障应在就地显示并远方报警, 便于运行人员和检修人员辨别和消除故障。
- j) 变频装置应具有与 DCS 通讯的接口。

4.4 排汽管道系统

- 4.4.1 排汽系统应减少管道的长度、弯头等, 降低排汽管道压损。
- 4.4.2 排汽管道上, 应设置人孔, 以便对排汽管道内部进行检查和维护。
- 4.4.3 根据冬季环境温度和空冷系统最小防冻流量, 应考虑冬季空冷系统运行工况及启停机, 应合理设置蒸汽分配管隔离蝶阀的数量。
- 4.4.4 管道系统应严密, 管道之间的连接应采用焊接, 转弯处的弯管内应有导流板, 管道系统中应有防止振动和吸收热位移的措施。
- 4.4.5 排汽管道上应考虑疏水设计, 并应保证疏水通畅不冻结。
- 4.4.6 真空系统的阀门应采用真空密封阀, 应保证空气不漏入真空系统。各系统的阀门应严密、灵活, 并应有防腐、防冻的措施, 不得采用铸铁阀门。

4.5 空冷凝汽器清洗系统

- 4.5.1 清洗系统应能够将管束空气侧表面清洗干净。
- 4.5.2 清洗水压力和流量应合适, 清洗时不应损伤翅片。

4.6 运行监测及控制仪表

- 4.6.1 空冷系统应配置必要的运行监测仪表。
- 4.6.2 仪表的布置、安装、精度、数量符合 DL/T 244 的规定。
- 4.6.3 运行监测仪表应接入数据采集和处理系统 (DCS)。
- 4.6.4 空冷系统应配置下列参数监测和控制仪表:

- a) 汽轮机排汽压力、排汽温度;
- b) 凝汽器进汽压力、进汽温度;
- c) 凝结水箱入口、出口凝结水温度;
- d) 凝结水回水总管与排汽管道之间流体压差;
- e) 凝汽器进口空气温度;
- f) 每台空冷风机转速 (频率)、电流;
- g) 风机电动机绕组、轴承温度;
- h) 齿轮箱油温及温度开关;
- i) 齿轮箱油压力开关、流量开关;
- j) 每列凝汽器凝结水联箱凝结水温度;
- k) 逆流单元抽空气温度;
- l) 环境风速、风向、大气压力。

5 资料验收

5.1 空冷系统资料应齐全，包括空冷系统的设计、加工、安装施工、调试、运行及维护说明等资料。

5.2 资料应包含下列内容：

- a) 出厂试验报告及质量证明等；
- b) 系统图；
- c) 空冷系统设计性能参数、设计性能曲线；
- d) 冬季运行防冻方案；
- e) 各设备结构图和说明书。

6 工厂试验、检验

6.1 一般规定

6.1.1 空冷系统的设备应严格按照设计规范、标准要求加工生产。

6.1.2 应按照设计图纸的工艺、质量要求制造。

6.1.3 加工中每个工艺过程均应有质量检验记录。

6.2 材料检验

应按照有关材料规范规定对所需材料进行相关的检验、检查和试验，并应有检验、试验的报告和证明。

6.3 工厂检验和试验

6.3.1 应严格进行厂内各生产环节的检验和试验，各设备应有质量证明、检验记录和测试报告。

6.3.2 所有焊缝应进行检验。

6.3.3 组装好后的管束应经过水下严密性充气检验或真空严密性检验。

6.3.4 管束的水下严密性充气检验，充气压力不应低于表压 50kPa，水下保持时间不应小于 30min，在此期间管束的任何部位不应有气泡溢出。

6.3.5 管束的真空严密性检验，检测时管束内抽真空压力应低于 0.5kPa（绝对压力），保压时间不应小于 10min；此过程压力增加值不应大于 0.1kPa。

6.3.6 应至少对 1 台风机机组（包括风机、电动机、齿轮箱、变频器）按照有关标准进行整机装配和运转试验，以及风机整机模拟现场实际工况的性能试验。最少应按额定转速、110%额定转速、75%额定转速、50%额定转速、30%额定转速进行风量、风压、功率等特性试验和振动、噪声测量；并提供相应的性能试验报告。

6.3.7 风机应具有试验报告。报告应包括实验台介绍、试验时间、仪表及标定数据、试验过程、试验数据及试验计算结果。性能试验结果应绘成曲线，总压头、效率、功率、保证性能点及试验空气温度应标在曲线上。风机振动、噪声测量等数据应按照不同转速填写齐全。

6.3.8 管道部件的焊缝应进行无损探伤检验。

7 安装验收

7.1 安装验收内容和要求

7.1.1 散热管束无变形且间隙均匀；翅片与基管无开裂，翅片无损伤、倒塌和变形。

7.1.2 每个空冷单元管束表面的平面度应在±3mm 之内。

7.1.3 安装过程中的所有焊缝应进行检验，满足技术文件和相关标准要求。

7.1.4 应检查电动机和驱动设备的旋转方向。

7.1.5 空冷风机叶片与轮毂应牢固，叶片应无破损现象，叶片端部与风筒壁应无接触摩擦现象。

7.1.6 空冷风机叶片安装角度应达到设计值，风机转动方向应正确。

7.1.7 阀门关闭应严密。

7.1.8 每个空冷单元除散热管束的正常间隙外，不应有其他漏风间隙；风机风室应无漏风，单元隔离门应密封良好。

7.1.9 管束之间间隙应均匀，不得大于翅片间隙。

7.1.10 散热器清洗架和喷嘴组移动应轻松、无卡涩。

7.1.11 空冷系统安装完成后，应进行气密性试验，检查空冷系统气密性。

7.1.12 钢结构及各设备的防腐、油漆等应满足用户技术协议要求。

7.1.13 安装资料应齐全，应包括安装方法、安装过程记录、检验数据及报告等。

7.2 气密性试验

7.2.1 气密性试验分为正压气密性试验和负压气密性试验。

7.2.2 气密性试验应包括下列范围：

- a) 排汽管道及其疏水管道；
- b) 蒸汽分配管；
- c) 散热管束；
- d) 凝结水管道；
- e) 抽空气管道。

7.2.3 正压气密性试验过程和气密性应符合下列要求：

- a) 在排汽管道起始端应加堵板；
- b) 排汽管道上爆破膜应用堵板封死；
- c) 凝结水回水进入水箱处应加堵板；
- d) 应关闭所有排汽管道、配汽分配管道上的人孔；
- e) 应关闭真空泵入口抽空气管道阀门；
- f) 应打开蒸汽分配管道上蝶阀；
- g) 应用压缩空气向系统充压至 30kPa（表压）后，关闭充气阀，应将系统与气源设备彻底隔离；
- h) 系统应带压维持 24h，每隔 30min 应记录一次系统压力和环境温度；
- i) 在试验期间系统压力应无明显的衰减，24h 内压力下降未超过 2.5kPa，则认为系统的气密性合格。

7.2.4 负压气密性试验过程和气密性应符合下列要求：

- a) 在排汽管道起始端应加堵板；
- b) 排汽管道上爆破膜应用堵板封死；
- c) 凝结水回水进入水箱处应加堵板；
- d) 应关闭所有排汽管道、配汽分配管道上的人孔；
- e) 应打开真空泵入口抽空气管道阀门；
- f) 应打开蒸汽分配管道上蝶阀；
- g) 应启动真空泵对系统抽真空；
- h) 当系统压力降到 10kPa（绝对压力）时，应关闭真空泵入口阀，停运真空泵；
- i) 系统负压应维持 2h，每隔 10min 应记录一次系统压力和环境温度；
- j) 在试验期间系统压力应无明显的增加，压力上升速率不超过 2Pa/min，则认为系统的气密性合格。

注：试验时空冷系统中的空气压力会随着环境温度和日照的影响而变化，系统中空气温度升高将导致系统压力上升，因此试验时应考虑温度的变化。

8 调试验收

8.1 调试应包括冷态和热态调试，调试工作应有专业调试单位编制的调试大纲和调试报告。

- 8.2 应详细记录调试过程，包括调试中出现的问题、解决方法、处理结果。
- 8.3 空冷风机在各转速下运行，风机（包括电机等）振动等指标应满足 4.3 的要求。
- 8.4 空冷风机应在额定转速下进行整体试运行 4h 以上，试运行中应测量并记录振动值，运行情况和振动等性能指标应满足要求。
- 8.5 空冷系统管道、散热器内表面应清洗、吹扫干净。
- 8.6 各阀门开关应灵活，旋转设备运行应正常。
- 8.7 蒸汽分配管道蝶阀应关闭严密，蝶阀位于关闭位置时应不发生泄露。
- 8.8 热态调试时，各设备性能应正常，控制及信号显示应正确。
- 8.9 真空泵和抽真空系统工作性能应正常，应按照规定时间使系统达到真空要求值。
- 8.10 蒸汽管道、凝结水管道、抽真空管道等应无异常振动。
- 8.11 凝结水系统应无水击、气塞等现象，凝结水流动应顺畅。
- 8.12 热态冲洗后，凝结水应满足凝结水系统的水质要求。
- 8.13 各测点测量参数显示应正确。
- 8.14 真空严密性试验应符合 DL/T 1290 的规定，真空严密性指标不应大于 200Pa/min。
- 8.15 凝结水溶氧量应合格。
- 8.16 凝结水过冷度应合格。
- 8.17 空冷凝汽器各顺流散热器温度应均匀，应无过冷现象。
- 8.18 机组启停及各负荷工况下运行，空冷系统各设备应运行正常。

9 运行性能验收

- 9.1 运行性能验收应由有资质的第三方进行性能验收专项试验，并出具试验报告。
 - 9.2 参加试验的各方应包括用户、供应商和试验单位。
 - 9.3 性能验收试验应包括夏季工况空冷系统热力性能、空冷岛噪声、空冷风机功耗等性能指标的测试。
 - 9.4 应根据用户与供应商合同规定的空冷系统性能指标作出验收结果的评价。
 - 9.5 性能验收试验应符合 DL/T 244 的规定。
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
直接空冷系统验收导则

DL/T 1428 — 2015

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2015年9月第一版 2015年9月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 16千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2613 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

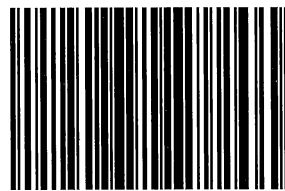
版权专有 翻印必究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2613

上架建议：规程规范/

电力工程/火力发电