

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CSHE XXXX—YYYY
代替 T/XXXX

换流阀表贴式蒸发冷却设备 组装及验收规范

Specification for the Installation of Surface-Mounted Evaporative Cooling
Equipment for Converter Valves

(征求意见稿)

中国水力发电工程学会 发布

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

目 次

前 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 安装环境条件	5
4.1 一般要求	5
4.2 温湿度控制要求	5
4.3 洁净度要求	5
4.4 防静电环境要求	5
4.5 作业空间与安全防护要求	5
4.6 照明要求	5
5 安装人员	5
5.1 资质要求	5
5.2 培训与考核要求	5
5.3 岗位职责	6
5.4 作业行为要求	6
6 安装前准备	6
6.1 技术准备	6
6.2 设备到货验收与保管	6
6.3 安装附件及配件要求	7
6.4 安装机具与计量器具准备	7
6.5 安装面预处理	7
7 安装	8
7.1 一般要求	8
7.2 表贴式散热器压装	8
7.3 冷凝器安装	9
7.4 管路系统安装	9
7.5 传感器与阀门安装	11
7.6 系统气密性试验	11
7.7 安装完工验收	12
索 引	13

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。

本文件由中国水力发电工程学会标准化管理办公室提出并归口。

本文件起草单位：XXXX。

本文件主要起草人：XXXX。

本文件为首次制定。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国水力发电工程学会标准化管理办公室（北京市海淀区车公庄西路22号院A座11层，100044）。

换流阀表贴式蒸发冷却设备组装及验收规范

1 范围

本文件规定了换流阀表贴式蒸发冷却设备的安装环境条件、安装人员、安装前准备及安装。

本文件适用于工厂内的换流阀单元级、阀段级表贴式蒸发冷却设备的工厂内换流阀单元级、阀段级表贴式蒸发冷却设备的组装作业，以及换流站阀厅内同类型设备的现场安装与验收。其他电压等级、结构类型的换流阀用表贴式蒸发冷却设备安装可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性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 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB 50235 工业金属管道工程施工规范

GB/T 90.1 紧固件 机械性能 螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 7894 水轮发电机基本技术要求

GB/T 34118 高压直流系统用电压源换流器术语

GB/T 37010 柔性直流输电换流阀技术规范

3 术语和定义

GB/T 34118、GB/T 37010界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气密性试验 airtight test

以气体对蒸发冷却设备或其管路、容器等部件所进行的一种泄漏检测压力试验。

3.2

运行压力 operation pressure

蒸发冷却设备在运行状态下，冷凝器顶部蒸发冷却介质产生的表压力。

3.3

气密性试验压力 operation pressure

蒸发冷却设备在气密性试验状态下，冷凝器顶部蒸发冷却介质产生的表压力。

3.4

密封面 seal interface

一对相互贴合的密封端面之间的交界面。

3.5

换热面 heat interface

功率器件与表贴式散热器进行热交换的接触面。

4 安装环境条件

4.1 一般要求

安装作业应在封闭、可控的专用场地内开展，场地应具备完善的安全防护、防静电、消防应急设施，环境参数应满足设备安装精度与工艺要求，严禁在露天、粉尘超标或存在腐蚀性介质的环境中开展安装作业。

4.2 温湿度控制要求

安装作业区域环境温度应稳定控制在18°C-28°C，相对湿度控制在20%-60%；严禁在结露风险环境下开展设备安装与密封面作业。

4.3 洁净度要求

作业区域内应无明显扬尘、金属碎屑及纤维类杂物。

密封面处理、管路连接等关键工序，应在局部百级洁净防护下开展，严禁裸手接触设备密封面与换热面。

4.4 防静电环境要求

安装作业区域应设置可靠的防静电接地系统，接地电阻应符合换流阀设备防静电设计要求，作业台面、工具架应做防静电接地处理。

作业区域入口应设置静电释放装置，配套防静电服、防静电鞋、防静电手套等防护用品存放区，严禁未释放静电的人员与物品进入作业区域。

4.5 作业空间与安全防护要求

安装作业区域应预留满足设备吊装、管路装配、力矩紧固的操作空间，吊装作业半径内严禁设置无关障碍物，作业通道应保持畅通。

作业区域应设置隔离围挡与安全警示标识，与其他带电作业区域保持安全距离；配套消防器材应符合电气设备消防要求，放置在便于取用的位置。

4.6 照明要求

照明设施应无频闪、无眩光，严禁使用产生大量热量的直射照明设备近距离照射半导体器件与绝缘部件。

5 安装人员

5.1 资质要求

设备安装作业人员应经过本规范及对应设备安装工艺的专业培训，考核合格后方可上岗作业，严禁无证人员开展核心工序作业。

起重等特种作业人员，应持有国家市场监督管理总局认可的特种作业操作证，且证书在有效期内。

安装项目负责人、技术负责人应具备3年及以上换流阀设备安装技术管理经验，熟悉蒸发冷却设备工作原理与安装工艺要求。

5.2 培训与考核要求

应定期对安装作业人员开展系统培训，每年至少培训一次；每次设备安装前，应针对本次项目的设计要求、工艺要点、安全规范开展专项技术交底与岗前培训。

培训内容应包含但不限于：设备结构与工作原理、安装工艺流程与关键参数、防静电管理规定、密

封面处理工艺、力矩紧固要求、气密性试验规范、安全作业规程、应急处置措施。

培训后应组织理论与实操考核，考核不合格人员不得参与本次安装作业。

5.3 岗位职责

项目负责人：全面负责安装作业的进度、质量、安全管理，审批安装方案，协调解决安装过程中的重大问题。

技术负责人：负责编制安装作业指导书，开展技术交底，指导现场安装作业，处理技术问题，确认安装质量记录。

现场安全员：负责作业区域安全管控，检查安全防护措施落实情况，监督作业人员合规操作，制止违章作业，开展安全巡查。

作业人员：严格按照作业指导书、技术交底及本规范要求开展安装作业，做好工序质量自检与安装记录，对本岗位作业质量负责。

5.4 作业行为要求

作业人员的作业行为应满足以下规范：

——作业人员进入作业区域前，应按规定穿戴防静电服、防静电鞋，完成静电释放；接触半导体器件、密封面、换热面前，必须佩戴洁净无粉防静电手套，严禁裸手接触上述部件；

——作业人员应严格执行安装工艺流程，严禁擅自更改安装参数、省略工序；上道工序检验不合格，严禁开展下道工序作业；

——作业人员应妥善保管安装工具与计量器具，严禁使用未经校验、校验过期的计量器具；作业过程中应保持作业区域整洁，严禁随意堆放零部件、工具与杂物。

6 安装前准备

6.1 技术准备

安装作业前，技术负责人应组织相关人员完成设计图纸、安装作业指导书、设备技术文件的会审，明确安装工艺要求、关键参数、质量控制点与验收标准。

应结合项目实际编制专项安装方案，明确安装流程、人员分工、进度计划、安全防护措施、应急处置预案，方案经审批后方可执行。

安装作业前，应对所有参与作业的人员开展全员技术交底与安全交底，留存交底记录与签字确认文件，未参与交底人员不得参与安装作业。

应提前准备完整的安装质量记录表格，明确各工序检验项目、标准、记录要求，确保安装过程可追溯。

6.2 设备到货验收与保管

6.2.1 设备到货验收

设备到货后，应组织业主、设备供应单位、安装单位共同开展开箱验收，验收内容包括但不限于：

——核对设备、零部件、附件的规格、型号、数量与装箱清单、设计图纸一致，无错发、漏发；

——检查设备外观：表贴式散热器、冷凝器、管路、阀门、传感器等部件表面无划痕、变形、尖角毛刺、涂漆缺陷，密封面无损伤、锈蚀，螺纹完好无滑丝；

——查验产品合格证、出厂检验报告、技术说明书等质量证明文件齐全有效，关键部件应提供型式试验报告；

——对冷凝器、管路等承压部件，应查验出厂水压试验、气密性试验记录，符合设计要求方可接收；

——验收过程中发现的缺陷、缺件问题，应做好书面记录与影像留存，由相关责任单位落实整改，整改合格后方可入库。

6.2.2 设备保管

设备及零部件应分类存放于阴凉干燥、洁净通风的库房内，存放环境温湿度应符合产品技术文件要求，严禁露天存放、日晒雨淋。

蒸发冷却介质应密封储存于阴凉干燥的库房内，推荐维持储存环境温度5°C-35°C、相对湿度≤75%。

表贴式散热器、冷凝器、管路的密封面应采用专用堵头封堵，严禁敞口存放；换热面应做防护处理，避免磕碰、划伤与污染。

紧固件、密封圈/垫、传感器、阀门等精密配件应采用原包装密封存放，分类标识，防潮、防尘、防变形。

设备出入库应做好台账记录，做到账物相符，可追溯管理。

6.3 安装附件及配件要求

6.3.1 通用要求

安装用附件、配件应符合设计图纸与设备技术文件要求，无国家标准、行业标准的，应符合设备供应企业的标准要求；关键附件、配件应经设备供应单位授权使用，严禁擅自替换。

6.3.2 紧固件要求

安装用紧固件应满足以下要求：

——紧固件规格、型号、材质应符合设计要求，性能等级不低于GB/T 90.1相关规定，配套平垫、弹垫、防松件应齐全完好；

——紧固件主要用于管路系统密封连接、关键换热设备结构性固定，安装前应核对规格与安装力矩要求，分类标识存放；

——关键换热设备的结构性固定点数量不应少于设计图纸与安装说明书规定，确保安装稳定、牢固、可靠。

6.3.3 管路及密封件要求

管路及密封件应满足以下要求：

——连接冷凝器与外部供水系统的管路，应具备足够的机械强度、韧性与绝缘性能，满足换流阀电气设计与系统承压要求。

——蒸发冷却设备循环管路的规格、材质、结构形式应符合设计要求，内壁洁净、无毛刺、无锈蚀，密封面完好。

——密封圈/垫的规格、材质、硬度应符合设计要求，与密封面匹配，无老化、变形、裂纹、缺口等缺陷，严禁使用过期、不合格的密封件。

6.3.4 关键附件要求

传感器、光纤、阀门等关键附件，应核对规格型号与设计一致，外观完好，功能正常，附带产品合格证明与校验报告，严禁使用不合格产品。

6.4 安装机具与计量器具准备

应根据安装工艺要求，配齐所需安装机具，包括但不限于：力矩扳手、起重设备、清洁工具、无水乙醇、无纺布、压接工装、橡胶锤、真空泵、气压试验设备等。

安装用计量器具，包括但不限于：力矩扳手、压力表、温湿度计、平面度检测仪、粗糙度仪、洁净度检测仪等，应经法定计量机构校验合格，且在有效期内，严禁使用未经校验、校验过期的计量器具。

起重设备、压力容器等特种设备，应具备合格证明与年检报告，操作人员持证上岗，作业前应检查设备性能完好，安全防护装置齐全有效。

作业前应对所有机具、工具进行清洁处理，满足洁净度与防静电要求，严禁使用易产生粉尘、碎屑的工具开展密封面、换热面作业。

6.5 安装面预处理

6.5.1 一般要求

换热面、管路连接面、结构性固定面等所有设备安装面在安装前必须完成预处理，达到设计要求后方可开展安装作业；预处理过程中应做好防护，避免二次污染。

6.5.2 表贴式散热器安装面预处理

散热器安装面包括换热面与管路连接面，预处理后应达到目视无灰尘、油污、异物及氧化层的标准。

换热面应平整、光滑，无划伤、变形；若无特殊设计要求，换热面平面度不应超过 $30\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 R_a 不应超过 $0.8\mu\text{m}$ 。

管路连接面应平整、光滑，无划痕、磕碰；若无特殊设计要求，管路连接面表面粗糙度 R_a 不应超过 $1.6\mu\text{m}$ ，且表面不涂漆，确保密封性能。

清洁作业时，应先封堵管路接口，采用洁净无纺布蘸取无水乙醇单向擦拭，严禁往复擦拭，清洁完成后及时做好防护，避免二次污染。

6.5.3 冷凝器安装面预处理

冷凝器安装面包括结构性固定面与管路连接面，预处理后应达到目视无灰尘、油污、异物的标准。

结构性固定面应无变形、锈蚀，紧固孔位与设计图纸一致，具备足够的机械强度。

管路连接面应平整、光滑，无划痕、磕碰；若无特殊设计要求，管路连接面表面粗糙度 R_a 不应超过 $1.6\mu\text{m}$ ，且表面不涂漆，确保密封性能。

冷凝器蒸发冷却介质侧，安装前应完成烘干处理，烘干后冷凝器内腔气体常压露点 $\leq -40^\circ\text{C}$ ，无杂质。烘干可按安装说明书要求加热烘干或自然晾干，烘干环境应洁净可控。若无明确要求，一种推荐的烘干温度为 $60^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ ，烘干时长 $\geq 4\text{h}$ ；自然晾干时长 $\geq 48\text{h}$ ，晾干环境相对湿度 $\leq 50\%$ 。

6.5.4 管路安装架及其他安装面预处理

管路安装架安装面应无变形，形位公差符合相配合设备要求，紧固孔位与设计图纸一致，具备足够的机械强度与稳定性，安装完成后轴向偏差不得超过 2mm 。

阀门、传感器的安装连接面，应清洁无异物，螺纹完好，密封面无损伤，预处理后达到设计要求。

7 安装

7.1 一般要求

安装作业应严格按照审批后的安装方案、作业指导书及本规范要求执行，按工序流程有序开展。

安装过程中应做好设备、零部件的防护，严禁磕碰、划伤、污染换热面、密封面与绝缘部件；敞口的管路、设备接口应随时用专用堵头封堵，严禁异物进入系统内部。

所有螺栓紧固作业，应采用力矩扳手按规定力矩执行，严禁超力矩、欠力矩紧固；严禁一次性单边旋紧。

安装过程中应做好全程质量记录，关键工序应留存影像资料，所有记录应真实、完整、可追溯。

安装过程中发现设备缺陷、安装偏差等问题，应立即停止作业，上报技术负责人，经处理确认合格后，方可继续作业，严禁擅自处理、隐瞒问题。

7.2 表贴式散热器压装

7.2.1 压装前复核

压装前应再次复核表贴式散热器外观、换热面清洁度、平面度、粗糙度，确认符合设计要求；核对半导体器件规格型号与设计一致，外观完好，引脚无变形。

7.2.2 导电硅脂涂刷

涂刷作业前，采用无纺布蘸取无水乙醇，将作业台面、半导体器件压接面、散热器换热面擦拭干净，达到目视无灰尘、油污、污渍的标准，晾干后方可涂刷。

导电硅脂应均匀涂覆在半导体器件与散热器的整个压接面，每个压接面均需完整涂刷，无漏涂、堆积现象；若无特殊设计要求，涂刷厚度应控制在 $0.08\text{mm}-0.12\text{mm}$ ，涂覆覆盖率 100% ，无漏涂、局部堆积。

涂刷完成后，应在10分钟内完成压装作业，避免硅脂固化、污染，影响压接效果与接触热阻。超过时限需重新清洁、涂刷。

7.2.3 子模块压装作业

首次压接时，宜在器件两面放置压接试纸，压装后检查压接痕迹，确认压接试纸完全覆盖压装面、压接面接触均匀、无偏载，压接效果符合设计要求。

压装时，应保证半导体器件与散热器的中心在同一轴线上，无偏移、歪斜，压装方向与换热面垂直。应按照设计图纸与安装说明书要求施加压紧力，压紧力应均匀加载，严禁冲击加载、超压加载。

若无特殊设计要求，子模块压装后，各散热器密封面高度差不应大于0.2mm，散热器沿压装方向的中心面偏差不应大于0.5mm，所有散热器密封面的总体平面度不应大于0.4mm。

压装完成后，应复核压装尺寸、压紧力符合设计要求，做好压装质量记录，检验合格后方可转入下道工序。

7.3 冷凝器安装

7.3.1 安装前复核

安装前应再次复核冷凝器外观、管路连接面清洁度、水压试验合格记录，确认内部烘干合格，无水分、杂质；核对安装孔位与设计图纸一致，吊装配件齐全完好。

7.3.2 吊装作业

冷凝器吊装应使用符合额定载荷要求的起重装备，由持证专业人员操作，吊装过程设专人监护，严禁超载吊装。

吊装时，仅允许使用安装说明书规定的专用吊装位置受力，严禁利用管路接口、仪表接口作为吊装点，严禁斜拉、斜吊。

采用可拆卸式吊环时，吊装前应将吊环完全旋紧，吊装完成后及时拆卸，做好接口封堵。

吊装过程中应平稳起吊、缓慢移动，避免冷凝器磕碰、摆动、撞击，严禁与周边设备、构筑物发生碰撞。

7.3.3 紧固与调平作业

冷凝器吊装至设计安装位置后，应先核对连接孔位完全对正，无错位、偏斜，方可穿入紧固件。

紧固件应先对角预紧，预紧后检查安装位置、水平度符合设计要求；若有轻微偏离，可采用橡胶锤等工具轻柔调整，严禁强力敲击、强行对位。

位置复核合格后，按照安装说明书规定的力矩值，对角、对称、分步将紧固件旋紧至额定力矩，做好紧固力矩记录。

如图1所示：带汇流底面的冷凝器，紧固后应保证冷凝器出口位置处于最低点；无汇流底面的冷凝器，紧固后底面与水平面的平行度偏差不应大于2mm。

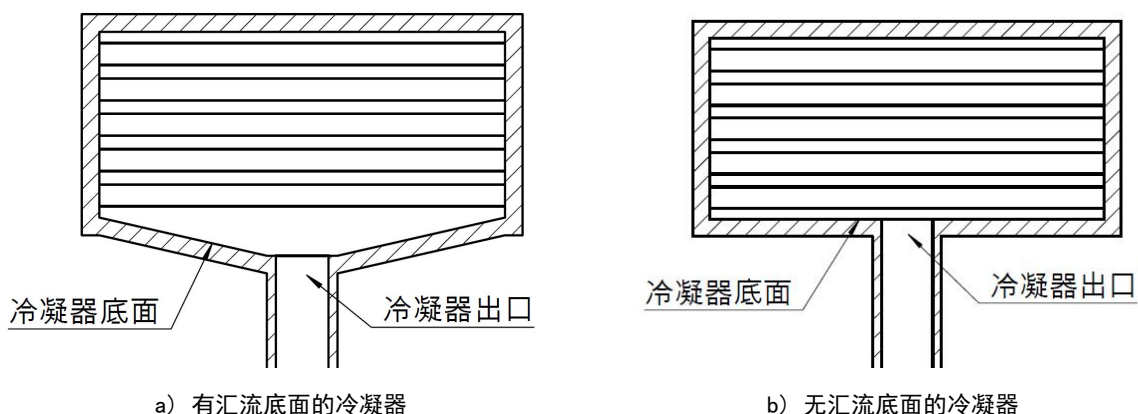


图1 冷凝器底面区别示意图

安装完成后，应复核冷凝器安装位置、水平度、紧固力矩符合设计要求，做好安装质量记录。

7.4 管路系统安装

7.4.1 安装前复核

安装前应再次复核管路外观、密封面完好性，核对管路规格、长度、结构形式与设计图纸一致。

7.4.2 管路架装作业

换流阀蒸发冷却设备管路分为两类：连接冷却水主管道与冷凝器的冷却水管路、蒸发冷却介质循环通路，应按设计图纸要求的走向、标高、坡度进行装配。

对于如下图所示的有支管的管道布置，汇流集气管及分液管均与散热器之间通过支管连接，需为汇流集气管及分液管配置安装架，出气管道安装前应确保安装架紧固到位，检查各支管长度偏差不得超过1mm。

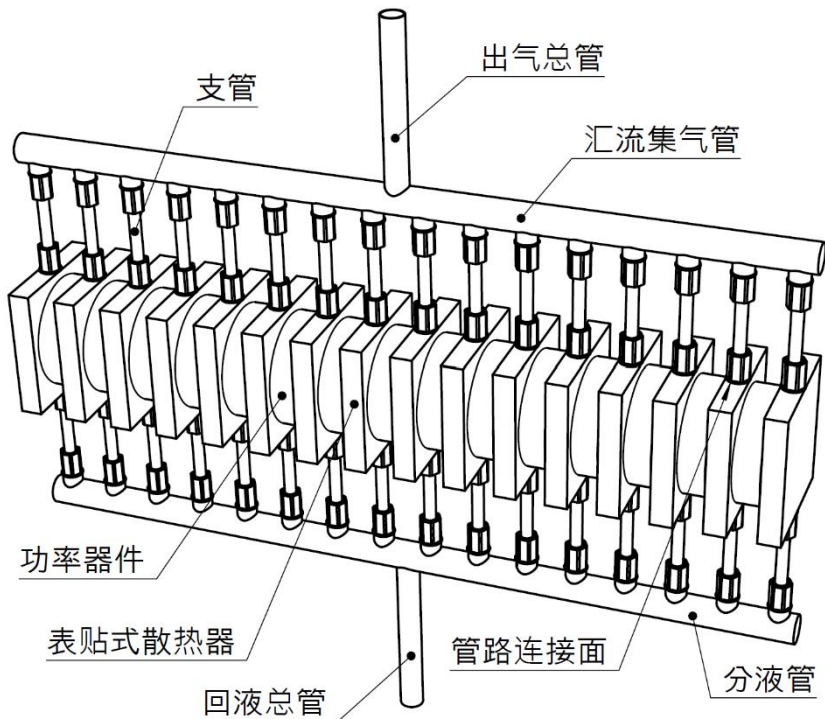


图2 有支管的管道布置示意图

对于如下图所示的无支管的管道布置，汇流集气管及分液管均与散热器直接连接，无需管路安装架。

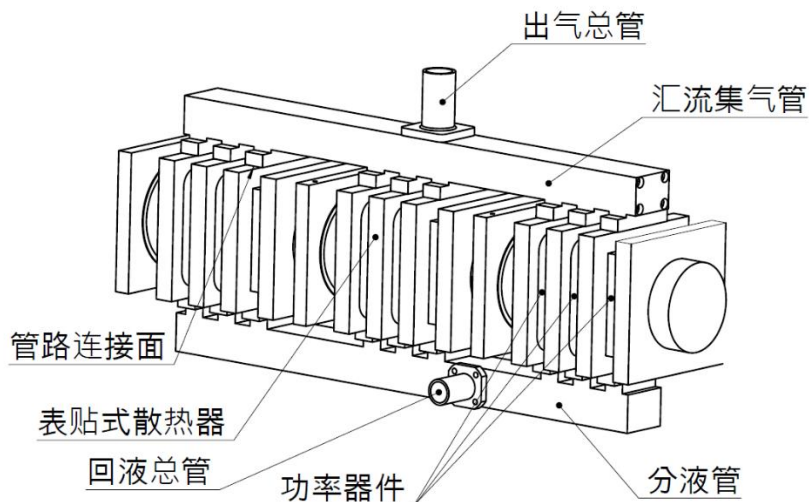


图3 无支管的管道布置示意图

管路安装前，应先完成管路安装架的固定，安装架应牢固、稳定，孔位与设计一致，严禁无支架悬空安装管路。

有支管的出气管道，出气汇流管与散热器之间通过支管连接，应先固定汇流集气管安装架，确认紧

固到位后再装配支管；各支管长度偏差不应超过1mm，装配后无扭曲、拉拽应力。

无支管的出气管道，出气汇流管与散热器直接连接，应保证连接面对正，无错位、偏斜，装配后无附加应力。

管路装配应保证走向顺直，无急弯、扭曲，管路坡度应符合设计要求，确保回液通畅、无积液死区。

7.4.3 管路连接与紧固

管路连接前，应再次清洁管路接口与密封面，核对密封圈/垫规格与接口匹配，放置位置准确、无偏移。

管路紧固件不可一次性旋紧，应先对角预紧，预紧后检查安装位置、接口对正度、密封圈/垫状态符合要求，无错位、挤压变形。

复核合格后，按照安装说明书规定的力矩值，对角、对称、分步将紧固件旋紧至额定力矩，做好紧固力矩记录。

管路连接完成后，应复核管路走向、标高、坡度符合设计要求，接口无错位、无附加应力，支架固定牢固。

7.5 传感器与阀门安装

7.5.1 传感器安装

安装前，按照物料清单核对传感器规格、型号、数量与设计一致，检查传感器螺纹、密封面无外观缺陷，校验报告合格有效。

按照设计图纸与安装说明书要求，在对应安装孔位安装传感器，螺纹连接时应缠绕生料带或配套密封件，旋紧力矩符合要求，严禁超力矩旋紧导致螺纹滑丝、壳体开裂。

传感器安装完成后，按照设计要求梳理引线、光纤，走线顺直、固定牢固，无弯折、拉拽，标识清晰准确，做好防护。

安装完成后，应接通电源与上位机，测试传感器信号传输正常，数据采集准确，符合设计要求。

7.5.2 阀门安装

安装前，按照物料清单核对阀门规格、型号、数量与设计一致，检查阀门螺纹、密封面无外观缺陷，开关动作灵活无卡涩，出厂检验合格。

按照设计图纸与安装说明书要求，在对应管路接口安装阀门，核对阀门流向与系统介质流向一致，严禁反向安装。

阀门连接时，应保证接口对正，无错位、偏斜，紧固件按规定力矩对称紧固，确保密封性能良好，无渗漏风险。

安装完成后，应复核阀门安装位置、流向正确，开关动作灵活，做好开关状态标识与安装质量记录。

7.6 系统气密性试验

7.6.1 一般要求

气密性试验是蒸发冷却设备安装质量检验的核心工序，兼具设备密封性能检验与传感器通信检验双重功能，系统整体安装完成后，必须开展气密性试验，试验合格后方可进行后续工序。

7.6.2 试验准备

按照安装说明书要求，在系统预留阀门处连接试验软管、标准压力传感器、干燥洁净高压气源，管路连接牢固、无渗漏。

将系统自带压力传感器、标准压力传感器与上位机连接，检查接线、通信线路连接质量，确保信号传输正常。

开启上位机与传感器供电电源，检查供电正常，设备无报警；确认系统所有阀门状态符合试验要求，无敞口、盲板缺失。

试验环境温度应稳定，无阳光直射、无剧烈温度波动，试验用压力表精度不应低于0.5级，量程应为试验压力的1.5倍-3倍，且在校验有效期内。

7.6.3 传感器信号校验

缓慢开启气源，向系统内注入少量气体，观察上位机压力示数随气体注入同步变化，无卡顿、无延迟。

继续以升压速率 $\leq 50\text{kPa}/\text{min}$ 的速度缓慢升压至额定运行压力，保压5分钟，观察系统自带传感器示数与标准压力传感器示数偏差在设计允许范围内，确认传感器信号采集准确、通信正常。

7.6.4 气密性试验作业

气密性试验分为初步气密性试验与最终气密性试验两个阶段，试验介质应采用常压露点 $\leq -40^\circ\text{C}$ 的干燥洁净压缩空气或氮气，严禁使用氧气、易燃易爆气体进行试验。

初步气密性试验：试验压力为额定设计压力的1.1倍，缓慢升压至试验压力后，关闭气源，保压4小时。试验过程中，定时记录压力数据与环境温度，试验结束后检查压力变化。若安装说明书有明确规定，压力变化阈值以说明书要求为准；无明确规定时，压力下降不应大于 1kPa ，且无肉眼可见泄漏，即为初步试验合格。若试验不合格，应排查泄漏点，消缺后重新开展试验，直至合格。

最终气密性试验：初步试验合格后，开展最终气密性试验，试验压力为额定设计压力的1.1倍，保压24小时。试验过程中，每小时记录一次系统压力与环境温度，进行温度修正后核对压力变化。若安装说明书有明确规定，压力变化阈值以说明书要求为准；无明确规定时，压力下降不应大于 1kPa ，即为最终试验合格。

试验完成后，应缓慢泄压，严禁快速泄压导致系统部件损坏；完整留存试验记录、压力变化曲线，试验报告经相关方签字确认后归档。

7.7 安装完工验收

所有安装工序完成后，应整理完整的安装质量记录等工艺文件，组织相关方开展完工验收。

验收内容应包括：安装位置与尺寸偏差、紧固力矩、管路走向与坡度、传感器与阀门安装状态、气密性试验报告等，所有项目应符合设计要求与本规范规定。

验收合格后，各方签署验收确认文件，安装作业完成；验收不合格的项目，应落实整改，整改完成后重新验收，直至合格。

索 引

M

密封面..... 3.4

Q

气密性试验..... 3.1

气密性试验压力..... 3.3

R

热换面..... 3.5

Y

运行压力..... 3.2