ICS 27.120.99

CCS F 63

|  |
| --- |
|  |

**T/CNS**

中国核学会团体标准

T/CNS XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂氦净化与氦辅助系统

安装及验收规范

Code for installation and acceptance of helium purification and helium auxiliary systems of high temperature gas-cooled reactor nuclear power plant

|  |
| --- |
| 征求意见稿 |
| 本稿完成日期：2025年7月 |

XXXX- XX - XX发布

XXXX- XX- XX实施

中国核学会   发布

|  |
| --- |
|  |

目  次

[前言 III](#_Toc204094982)

[1 范围 1](#_Toc204094983)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc204094984)

[3 术语和定义 2](#_Toc204094985)

[4 设备安装技术要求 2](#_Toc204094986)

[4.1 施工准备 2](#_Toc204094987)

[4.2 设备检查 2](#_Toc204094988)

[4.3 设备基础验收 3](#_Toc204094989)

[4.4 放线 4](#_Toc204094990)

[4.5 布置垫铁 4](#_Toc204094991)

[4.6 地脚螺栓的安装 5](#_Toc204094992)

[4.7 设备安装 5](#_Toc204094993)

[4.8 静电接地 7](#_Toc204094994)

[4.9 设备试验 8](#_Toc204094995)

[4.10 设备保护、现场清理 8](#_Toc204094996)

[4.11 设备涂装 8](#_Toc204094997)

[4.12 设备绝热安装 8](#_Toc204094998)

[4.13 设备安装记录 9](#_Toc204094999)

[4.14 设备安装验收文件 9](#_Toc204095000)

[5 管道安装技术要求 9](#_Toc204095001)

[5.1 施工准备 9](#_Toc204095002)

[5.2 管道元件和材料的检验 10](#_Toc204095003)

[5.3 管子、管件的制作 12](#_Toc204095004)

[5.4 管道、阀门安装 14](#_Toc204095005)

[5.5 管道的检查 18](#_Toc204095006)

[5.6 管道系统的试验 19](#_Toc204095007)

[5.7 管道涂漆 24](#_Toc204095008)

[5.8 管道保温工程 24](#_Toc204095009)

[5.9 管道保冷工程 28](#_Toc204095010)

[6 吹扫清洗技术条件 33](#_Toc204095011)

[6.1 清洁度等级及检验方法 33](#_Toc204095012)

[6.2 清洁剂 34](#_Toc204095013)

[6.3 清洁前的准备 35](#_Toc204095014)

[6.4 安装前的清洗 36](#_Toc204095015)

[6.5 安装后的清洗 37](#_Toc204095016)

[6.6 其它技术要求 38](#_Toc204095017)

[6.7 验收标准 38](#_Toc204095018)

[6.8 清洁度的维护 39](#_Toc204095019)

[7 施工安全要求 39](#_Toc204095020)

[8 验收 39](#_Toc204095021)

[附　录　A （资料性附录） 保温结构图 41](#_Toc204095022)

[A.1 保温结构图 41](#_Toc204095023)

[附　录　B （资料性附录） 保冷结构图 49](#_Toc204095024)

[B.1 保冷结构图 49](#_Toc204095025)

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。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：中核能源科技有限公司，清华大学核能与新能源技术研究院。

本文件主要起草人：蒲洋、马力源、王姗姗、周慧琴、银华强、何学东、常华、刘向群、姜鹏、凌云、苗雅君、李昊。

高温气冷堆核动力厂氦净化与氦辅助系统安装及验收规范

1. 范围

本文件规定了球床模块式高温气冷堆（以下简称高温气冷堆）核动力厂氦净化与氦辅助系统设备和管道的安装及验收准则，包括施工准备、元件检验、制作、安装、试验、清洗、涂漆、绝热、检查和验收等技术要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂氦净化与氦辅助系统的安装及验收。

1. 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/T 222-2006 钢的成品化学成分允许偏差

GB 567-2012 爆破片安全装置

GB/T 1172-1999 黑色金属硬度及强度换算值

GB/T 3864-2008 工业氮

GB/T 4844-2011 纯氦、高纯氦和超纯氦

GB/T 6026-2013 工业用丙酮

GB/T 8174-2008 设备及管道绝热效果的测试与评价

GB/T 8979-2008 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 9445-2024 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 13979-2008 质谱检漏仪

GB/T 14976-2012 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 15823-2009 无损检测 氦泄漏检测方法

GB/T 20801.4-2020 压力管道规范 工业管道 第4部分:制作与安装

GB/T 20801.5-2020 压力管道规范 工业管道 第5部分:检验与试验

GB/T 20878-2024 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分

GB/T 28123-2011 工业氦

GB 50030-2013 氧气站设计规范

GB 50126-2008 工业设备及管道绝热工程施工规范

GB 50184-2011 工业金属管道工程施工质量验收规范

GB 50235-2010 工业金属管道工程施工规范

GB 50236-2011 现场设备、工业管道焊接工程施工规范

GB/T 50252-2018 工业安装工程施工质量验收统一标准

GB 50316-2000 工业金属管道设计规范(2008年版)

GB/T 50448-2015 水泥基灌浆材料应用技术规范

CB/T 3595-2013 不锈钢酸洗钝化膏

DL/T 515-2018 电站弯管

HG 20202-2014 脱脂工程施工及验收规范

NB/T 20003.3-2021 核电厂核岛机械设备无损检测 第3部分：射线检测

NB/T 47013 承压设备无损检测

NB/T 47014-2023 承压设备焊接工艺评定

1. 术语和定义

无。

1. 设备安装技术要求

施工准备

技术准备

设备安装前应具备下列技术文件：

——设备安装图纸、基础图、总装配图、安装技术要求、设计变更和设计澄清等技术文件齐全并达到CFC状态；

——全套设备及配件、备件的装箱清单；

——材料及附件的质量证明文件；

——焊接工艺评定报告和焊接作业指导书；

——相关标准规范齐备。

现场准备

设备安装前施工现场应具备以下条件：

——施工图设计交底会议已完成，会议纪要已完成签字分发；

——施工工具和测量仪表必须满足施工需要，计量器具应在检定有效期内；

——施工辅助材料应符合设计规定，并应具有质量合格证。对其质量有怀疑时应进行复验，复验合格后才能使用；

——施工人员应经过专业的岗位技能培训并合格；

——施工现场应满足设备安装文件中对清洁度的要求，施工用水、电、气等满足要求，并保证连续施工；

——施工现场应有完善的消防制度和措施，消防通道畅通。并满足施工用水、电和压缩空气等的要求。

设备检查

设备开箱检查应在有关人员参加下进行，按下列项目进行检查，并作记录：

——注意包装箱的标志和注意事项；

——设备的名称、编码、型号、规格和数量等应符合订货合同、设计图纸和技术条件；

——检查设备的外观和包装保护情况，如有缺陷、损坏或锈蚀应作记录；

——按照装箱清单清点零件、部件、专用工具、附件、附属材料、出厂合格证和其他随机技术文件，并作记录；

——设备、零部件和主要材料，必须符合订货合同和技术条件；

——仔细检查设备和接管、管口、人孔、支腿及有关附件是否齐全，有无损坏情况，如损伤严重应经设计等有关单位共同协商制定修补方案，修补完后经检查合格方能安装；并应将修补与检查情况以书面资料备案存档；

——开箱检验后，应提交有签证的检验记录。

设备检查时应注意：

——对设备内外表面清洁度进行检查，清洁度应符合本文件6.1节的要求。

——设备的转动或滑动部件，在防锈涂料未清除前，不得转动或滑动。由于检查而除去的防锈涂料，在检查完成后应及时涂上相同的涂料。

——与机器设备配套的电气、仪表等设备及配件，应由各专业人员进行验收及妥善保管。

——对暂不安装的零部件及备品、备件应妥善保管，严防变形、损坏、锈蚀、老化、错乱及丢失。

设备基础验收

一般规定

施工单位应根据本文件的规定对设备基础进行复测，基础移交时应有质量合格证明书及测量记录。在基础上应标注有明显的标高基准线及基础的纵横中心线。基础外观不应有缺陷，螺栓孔内不得有碎石、泥土、木屑等杂物。设备基础原则上宜满足设备安装文件要求，否则应与相关单位（土建单位、设计单位）协商，确定解决方案后，才可进行下一步工作。

钢筋混凝土基础

钢筋混凝土基础验收应符合以下要求：

1. 所有基础表面的模板，地脚螺栓固定架及露出基础外的钢筋等都要拆除，杂物和水应清除干净，预留地脚螺栓孔内的杂物也应清理干净。
2. 按设备安装图纸、基础图及本技术要求的规定，检查所有相关预埋件的正确性。
3. 优先考虑根据设备安装文件和基础图的要求，检查基础的位置和尺寸。无特殊要求时，按表1验收。

表1 设备基础位置及尺寸允许偏差表

单位为mm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | | 允许偏差 |
| 坐标位置 | | 20 |
| 不同平面的标高 | | 0，-20 |
| 平面外形尺寸 | | ±20 |
| 凸台上平面外形尺寸 | | 0，-20 |
| 预埋地脚螺栓 | 标高 | +20,0 |
| 中心距 | ±2 |
| 预留地脚螺栓孔 | 中心线位置 | 10 |
| 深度 | +20,0 |
| 孔壁垂直度 | 10 |

表1 设备基础位置及尺寸允许偏差表（续）

|  |
| --- |
| 注1：需二次灌浆的设备基础表面应铲麻面，麻点深度应大于10mm，密度以100×100mm内不少于5个为宜。  注2：基础表面的油污和疏松层必须清除掉。 |

钢结构基础

对于钢结构/钢平台基础的允许偏差应符合表2的规定：

表2 托架、支吊架、平台、梯子、栏杆的允许偏差表

单位为mm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 允许偏差 |
| 1 | 支架立柱 | 位置度 | 5 |
| 垂直度 | H×1‰（总的不大于10mm） |
| 标高 | ±5 |
| 2 | 支架横梁 | 标高 | ±5 |
| 侧向弯曲 | L×1‰（总的不大于10mm） |
| 3 | 平台标高 | | ±10 |
| 4 | 平台支柱的铅垂度 | | L×1‰（总的不大于10mm） |
| 5 | 平台横梁的水平度 | | L×1‰（总的不大于10mm） |
| 6 | 直梯的铅直度 | | L×1‰（总的不大于10mm） |
| 注：托架、支吊架、平台、梯子、栏杆的焊接应牢固可靠，焊接饱满。 | | | |

放线

设备就位前，应按施工图和相关建筑物的轴线、边缘线、标高线，划定设备安装的基准线。

相互有连接、衔接或排列关系的机械设备，应划定共同的安装基准线，并按设备的具体要求埋设中心标板或基准点。

布置垫铁

首先应根据设备安装图纸及技术说明书的要求布置垫铁，无规定时，宜按下列要求布置垫铁：

——垫铁应布置在设备底座主要受力部位下方和地脚螺栓两侧；

——相邻两组垫铁距离不应超过1000mm；

——基础与垫铁接触表面应水平、光滑，其水平度允许偏差为2mm/m；

——每组垫铁组的块数不宜超过5块；

——采用平垫铁时，较厚的宜放在下面，较薄的宜放在中间且薄垫铁的厚度不小于2mm；

——每组垫铁应放置平稳，接触良好。设备调平后，垫铁应均匀压紧，并应用手锤逐组轻击听音检查；

——采用0.05mm的塞尺检查垫铁之间以及垫铁与设备底座面之间的间隙时，在垫铁同一端面处以两侧塞入的长度总和不得超过垫铁长度或宽度的1/3；

——设备调平后，垫铁端面应露出设备底座外边缘，平垫铁露出长度为10～30mm，斜垫铁露出长度为10～50mm。垫铁组伸入设备底座下面的长度应超过地脚螺栓的中心；

——检查合格后，垫铁间用点焊固定。

——对不利用垫铁而采用其他方法调整的设备，按相应的设备安装图纸或技术说明书进行施工。有预埋件的应做预埋记录。

地脚螺栓的安装

地脚螺栓首先根据设备安装图纸进行安装，如没有相关要求，按下列方法施工：

1. 安装在预留螺栓孔中的地脚螺栓应符合下列要求：

地脚螺栓在预留孔中应垂直，与孔壁的净距应大于15mm，底部不应与孔底接触；螺纹部分应涂上少量黄油，光杆部分应除锈去污。

1. 预埋地脚螺栓应符合下列要求：

地脚螺栓的坐标、尺寸应符合基础施工图和设备安装图的要求；基础表面及螺杆表面的污物应清理干净；螺纹部分应涂少量黄油，并加以保护，防止在施工过程中碰伤螺纹，保证螺母拧动灵活；露出设备基础的部分应垂直，长度应符合设备安装图的要求。

1. 对于其他类型的地脚螺栓，均应按照设备安装图纸和安装技术说明书等技术文件的要求进行安装。

设备安装

一般规定

设备到场验收后的包装、贮存、吊装和运输应按照项目通用规定，除此之外还应满足本文件及设备供应商的专用规定，当通用规定和专用规定有冲突时按专用规定执行。

设备安装一般在土建工程基本结束后进行，部分特定设备允许交叉进行作业。交叉作业时应特别注意防止污染物进入设备内，在设备安装处应进行局部清理。安装就位后的设备需采取保护措施，保持设备内、外表面清洁，内表面不应有任何损伤。设备不应有局部变形及位移。

设备的电气及仪表进行安装及接线时，应按有关专业安装技术要求进行。

设备吊装

设备吊装方案应根据设备的相关参数、安装图、吊装机械和运输设备确定，并应注意以下几点：

——对较重要的设备（≥5吨/单价10万元以上/吊装过程较复杂的设备），应编制相应的吊装方案；

——设备一般宜整体吊装；

——吊装用到的所有工具和设备必须经过检查，合格后才能使用；

——吊装时应防止碳钢(如钢丝绳)与设备的不锈钢部分直接接触；

——不允许用单根绳索吊装设备；

——设备吊挂位置不应低于设备重心；

——不应利用设备接管进行吊装；

——应防止由于吊装方法不妥引起的设备变形或损坏；

——吊车不应超负荷起吊，必须经过试吊，证明安全后才能正式起吊；

——应控制吊装速度和加速度，保证吊装作业平稳、缓慢、不能急起/停；

——吊装过程中设备不能和建筑物或其他无关物项相碰；

——利用建筑结构作为吊装的承力点时，应对结构的承载力进行核算，必要时要经过设计单位的同意后方可利用。

设备就位

设备就位时应满足下列要求：

——对预埋地脚螺栓，设备套入时不应有卡阻现象；

——设备在安装平面上，其位置对基准线的距离及其相互间的相对位置的距离允许偏差应符合设备安装图、技术说明书等技术文件的规定，如无规定，其允许偏差取±5mm；

——设备安装标高的允许偏差应符合设计图纸、设备说明书等技术文件的规定，如无规定，其允许偏差取±5mm；

——设备定位的量度起点，若施工图有明确规定时，按图上规定进行。如仅有外形轮廓者，应从设备实际形状的最外点算起；

——应根据施工安装图检查设备的管口、铭牌方位无误，尤其是对称型设备。

找平找正

设备的找平找正应满足下列要求：

1. 找正；应使设备中心线或设备进出口中心线与基础上的设备定位基准线的偏差在允许范围内。
2. 找平；应使设备水平度/垂直度偏差及标高的偏差符合设计图纸、设备说明书的规定；找平时，凡是采取与图纸或技术文件不同的方法，或是图纸没有规定而采取的其他的方法时，按相关标准规范执行。
3. 按设备安装文件的要求，测量设备的水平度和垂直度时，安装精度偏差应符合设计要求和技术条件的规定，如无明确规定，则按以下要求执行：卧式设备的水平度允许偏差为≤L/1000(L为设备的长度尺寸，mm)，立式设备的垂直度允许偏差为≤L/1000(L为设备的高度尺寸，mm)。
4. 将设备调整至规定的水平及垂直度后，垫铁的侧面应用点焊固定。

灌浆

灌浆的混凝土骨料按照GB/T 50448描述的要求，一般采用细碎石混凝土，其标号应比基础或地坪的混凝土标号高一号。对于有抗震要求或大功率设备的灌浆层与设备底座底面接触要求较高时，应采用微膨胀或无收缩混凝土。环境温度应高于5℃，否则应采取防冻措施。

预留地脚螺栓孔的一次灌浆工作，必须在设备的初找平找正，并经检查合格后进行。地脚螺栓的有关要求应符合本文件4.6节的要求。

一次灌浆时应符合下列规定：

——灌浆前，必须将预留孔内的杂物、污垢、积水等清理干净并需浸润；

——灌浆时，应捣固密实，并不应使地脚螺栓歪斜或使设备产生位移以免影响设备的安装精度；

——应在预留地脚螺栓孔中的一次灌浆混凝土达到设计强度的75%以上，才能拧紧地脚螺栓，拧紧力应均匀，拧紧螺母后螺栓必须露出螺母1.5~3个螺距。

二次灌浆工作应在设备的最终找平、找正及隐蔽工程检查合格后24h内进行，如超过24h，要对垫铁、地脚螺栓、设备的水平度或垂直度进行复查。

二次灌浆时，应符合下列规定：

——灌浆前应清除基础表面的杂物和油污，并应进行浸润；

——与二次灌浆层相接触的设备支座底面应清洁无油垢、无防锈漆等；

——同一灌浆区域里的灌浆应一次完成；

——地脚螺栓预留孔内的二次灌浆层的灌浆工作必须连续进行，不应分次浇灌；

——灌浆后应注意养护，养护期间不应施加任何载荷。

设备固定

设备固定前，必须进行找正、找平的检查，在确保无误的情况下进行。

若设备与基础的预埋板进行焊接固定，应首先确定焊接工艺，然后利用点焊的方法将设备临时固定在基础上，点焊点不应少于4个且能保证在焊接过程中，设备不跑位，不变形。应在预留孔中的一次灌浆混凝土达到设计强度的75%以上后拧紧地脚螺栓。

紧固螺栓应注意的事项包括：

——紧固地脚螺栓时，螺母下应放置垫圈；

——螺栓拧紧的顺序应从设备中间开始，然后向两边交错对角进行，同时用力要均匀。严禁拧完一边再拧紧另一边的做法，并在紧完螺母后再复查一次设备的水平度。拧紧顺序如图1所示：

——螺母的拧紧力矩应分2至3步达到技术文件要求的力矩。

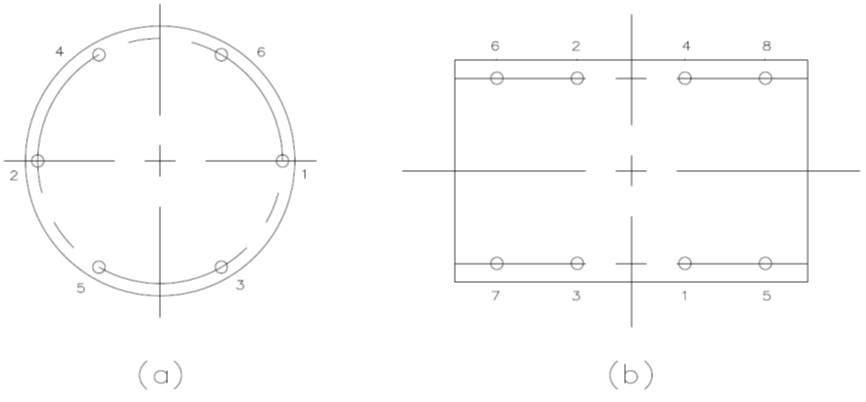


图1 地脚螺栓紧固顺序示意图

静电接地

设备安装就位后应将设备支座上的接地板与厂房内的静电接地连接系统连接，以便及时导走设备上积聚的静电荷。若设备到货时支座上没有设置接地板，应按照工艺要求现场加工支座接地板，焊接到设备支座的适当位置上（如图2），再连接到静电接地连接系统。连接方式和接地电阻应满足静电接地连接系统的相关规定。当设备直径≥2.5m或容积≥50m3时，其接地点应设两处以上，接地点应均匀布置。接地用螺栓规格不应小于M10。



图2 接地板加工图

设备试验

应按照设备技术文件的要求进行单体(单机)试验、综合试验及其他试验。

设备保护、现场清理

设备固定后，应根据该房间后续工作的内容并结合设备安装文件中的清洁度要求来确定相应的保护方法。采取并行施工的方法之前，应取得设计单位的书面同意。

设备所在房间土建施工基本完毕，可在设备表面用聚乙烯塑料膜包覆，并用宽胶带或铁丝与设备贴紧固定保护；

设备所在房间屋顶还需支模板打砼的情况下，为防止土建施工过程中对设备的碰伤损坏，应采取必要的设备保护措施，比如可在设备周围及上方架设脚手架并在脚手架上铺设防护板，必要时还需用防火布对设备进行包覆。

安装结束后应拆除设备安装用的临时设施，整理残留材料及清扫场地，保持施工现场清洁有序。

设备涂装

设备表面的涂装、涂漆应满足项目相关要求，设备表面涂层损坏的地方应及时补涂与原表面涂层一致的面漆。

设备绝热安装

设备绝热施工应在系统压力试验和泄漏试验合格后进行，需要现场安装绝热的设备参数按照项目文件执行（注：所有低温氦/氦热交换器、中温氦/氦热交换器和电加热器的绝热层厚度以最外侧传热管开始计算，而不是从设备框架开始计算，若计算绝热厚度小于传热管到外框架时绝热层外表面应和外框架平齐；换热管与绝热层的间隙填充超细玻璃棉毡），设备的外形尺寸见相关设备安装图纸，设备绝热施工验收要求参见本文件5.8和5.9节，并及时填写设备绝热工程质量验收记录。

设备安装记录

设备安装过程中及完毕以后应及时、准确、如实地整理安装记录，保证记录的完整性。在安装配合土建阶段，由安装到土建的中间移交按照相关规定执行。

设备安装验收文件

设备安装工程验收时，机械设备安装工程试运转合格且具备以下相关资料后，应及时办理工程交工验收工作。

——设备竣工图；

——设计修改的有关文件；

——开箱检验记录；

——主要材料、加工件和成品的出厂合格证，检验记录或试验资料；

——重要焊接工作的焊接质量评定书，检验记录，焊工考试合格证复印件；

——隐蔽工程质量检查及验收记录；

——地脚螺栓、无垫铁安装和垫铁灌浆所用混凝土的配合比和强度试验记录；

——试运转各项检查记录；

——质量问题及处理的有关文件和记录；

——其他有关资料。

1. 管道安装技术要求

施工准备

技术准备

管道施工前应具备以下技术条件：

——工程设计图纸和安装相关技术文件齐全并达到CFC状态；

——施工人员和施工质量检查、检验的人员具备相应的资格；

——焊接施工人员根据设计文件规定，完成焊接工艺评定报告。并根据焊接工艺评定报告编制出焊接工艺规程；

——相关标准规范齐备。

本文件范围内涉及的压力管道等级划分见表3：

表3 氦净化与氦辅助系统压力管道等级划分表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **介质** | **管径DN** | **设计压力**  **MPa** | **设计温度**  **℃** | **压力管道等级** |
| 氦气、氮气、压缩空气 | ≥50 | ≥10.0 | 不限制 | GC1 |

表3 氦净化与氦辅助系统压力管道等级划分表（续）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **介质** | **管径DN** | **设计压力**  **MPa** | **设计温度**  **℃** | **压力管道等级** |
| 液氮 | ≥50 | ≥0.1，＜10.0 | -196 | GC2 |
| 氦气、氮气、压缩空气 | ≥150 | ≥0.1，＜10.0 | ≤350 | GC2 |
| 氦气、氮气、压缩空气 | ≥50，≤125 | ≥1.6，＜10.0 | ≤350 | GC2 |

现场准备

管道安装前施工现场应具备以下条件：

1. 施工方案已经批准，技术交底会议已完成，会议纪要已完成签字分发；
2. 土建和设备等与管道安装相关的工程验收合格并移交；
3. 用于管道施工的机械、工器具应安全可靠，计量器具应检定合格并在有效期内；
4. 管道组成件、管道支承件、施工辅助材料等符合设计规定，并具有质量合格证。对其质量有怀疑时应进行复验，复验合格后才能使用；
5. 施工人员应经过专业的岗位技能培训并合格；
6. 施工环境应满足安装文件中对清洁度的要求，施工用水、电、气等满足要求，并保证连续施工；
7. 施工现场应有完善的消防制度和措施，消防通道畅通。并满足施工用水、电和压缩空气等的要求；
8. 施工场所/现场制定了相应的职业健康安全与环境保护应急预案；
9. 管道、管道附件等已经检查合格，并具有相关的技术证明文件；
10. 管道、管道附件等已按设计要求核对无误，内部已清理干净，不存在杂物，其清洁度满足本文件6.1节规定。

管道元件和材料的检验

一般规定

对于管道元件及材料检验的一般规定如下：

1. 管子和管道附件在使用前均应复查，并作标记。应按要求核对质量证明书、规格、材质、数量、标志、安全等级等，所有指标应符合项目与之相应的技术要求。
2. 管子的质量证明书应包含下列内容：

* 制造厂名称、合同号；
* 产品标准号；
* 钢的牌号；
* 炉号、批号和订货合同规定的其它标识；
* 品种名称、规格和质量等级；
* 交货状态、重量和件数；
* 产品标准和订货合同规定的各项检验结果；
* 质量检查部门的印记；

1. 管件的质量证明书应包括以下内容：

* 制造厂名称；
* 制造日期、批号和定货合同规定的其它标识；
* 产品名称、规格、材料、材料标准号及产品标准号；
* 原材料化学成分和力学性能；
* 标准和订货合同规定的各项检验结果；
* 质量检查部门的印记。

1. 管道元件和材料的标志应清晰完整，其内容包括制造厂名称或商标、材料（牌号、规格、炉批号）、产品标准号等，并且应符合安全技术规范及其相应的标准要求，从产品标志应能追溯到产品质量证明文件；
2. 进行外观和几何尺寸的检查验收，其结果应符合订购合同、技术条件、设计文件和相应产品的标准规定。管道元件的数量应与产品装箱单及订货文件一致。
3. 对不锈钢材料的管道组成件，应采用光谱分析或其他方法对材质进行复查，检测比例为100%。应按照GB/T 20878-2024描述的要求复查所有不锈钢管道组成件对应材料牌号的化学成分，化学成分的允许偏差应符合GB/T 222-2006的相关规定。材质复查后应做好标识，以防止错用。
4. 合金钢螺栓、螺母应采用光谱分析或其他方法对材质做好复验，并应做好标识，以防止错用。
5. 本系统涉及的GC1级管道用螺栓、螺母（指成套设备或管道元件中需要在管道安装中现场拆装的螺栓、螺母，其余的由供应商负责提供证明文件）应进行硬度检验。硬度强度换算关系按照GB/T 1172-1999的要求，相关硬度值或强度值应满足螺栓、螺母对应材质的规定。
6. 所有管道元件的检验后应填写“管道元件检查记录表”。
7. 管道组成件经检查合格后，才能投入使用。对检查不合格的管道组成件应做好标识及隔离。对管道元件或材料的性能数据或检验结果有异议时，在异议未解决前，该批管道元件或材料不应使用。

管子和管件检验

对管子和管件的检验应符合以下要求：

1. 管子和管件在使用前应进行出厂包装完整性的确认检查和外观检查，要求其表面无裂纹、缩孔、夹渣、折叠、重皮、超过壁厚负偏差等缺陷。
2. 所有的无缝钢管在使用和安装前应逐根进行外观检验，复核其外径、壁厚及其表面质量，应符合GB/T 14976-2012和订货文件的规定。
3. 所有三通、异径接头等管件均应逐个进行外观检查及尺寸复核，应符合相关标准的规定。
4. 对GC1级管道的管子和管件应进行外表面渗透检测（对304、316等奥氏体不锈钢一般情况下没有磁性的材料，而磁性材料通常采用磁粉检测），检测结果应遵守NB/T 47013.5的质量分级等级Ⅰ类规定。经渗透检测发现的表面缺陷应进行修磨，修磨后的实际壁厚不应小于管子名义壁厚的90%，且不应小于设计壁厚。

阀门检验

对阀门的检验应符合以下要求：

1. 对所有阀门的外观质量应进行检查，阀体应完好，阀体上的尺寸、流向、阀门位号和压力温度等级标识清晰，开启机构应灵活，阀杆无歪斜、变形、卡涩现象，标牌齐全。
2. 阀门在出厂前已进行壳体压力试验和密封试验，具有上密封结构的阀门还应进行上密封试验。阀门到现场后的检验要求应符合相关技术文件或GB 50184和订货文件的规定，不合格者不应使用。
3. 爆破片的验收，应符合GB 567和采购文件的要求。
4. 安全阀的验收，应按国家现行标准、《安全阀安全技术监察规程》和设计文件的规定进行整定压力调整和密封试验，当有特殊要求时，还应进行其他性能试验。安全阀验收应做好记录、铅封，并应出具验收报告。

管子、管件的制作

一般规定

对于管子及管件制作的一般规定如下：

1. 管道元件的加工制作除应符合本文件的规定外，还应符合设计文件和相关国家标准的规定。
2. 在制作、加工和安装前，技术检验部门应按本文件第6章要求对所有管道元件进行清洁度检验，不合格的应执行相关要求清洗直至合格。
3. 在管道元件的加工过程中，宜尽量保存原始标记，并应及时进行标记移植。低温用钢和不锈钢不应使用硬印标记。当采用色码标记时，印色不应含有对材料产生损害的物质。

管道切割与坡口

管道切割和坡口的制备应符合以下要求：

1. 不锈钢管应采用机械加工或等离子切割方法切割和制备坡口。碳素钢管宜采用机械方法，也可采用火焰或等离子弧方法切割和制备坡口，如采用火焰切割方法，切割后应采用机械加工或打磨方法消除热影响区。当采用砂轮切割或修磨不锈钢管时，应采用专用的铝基无铁砂轮片。
2. 当管道的壁厚小于3mm时为I形坡口。当管道的壁厚大于等于3mm时应遵守GB 50236-2011表C.0.1-1序号2的规定加工V形坡口。
3. 管道切口表面应平整、无裂纹、重皮、毛刺、凸凹、缩口、熔渣、铁屑等，切口端面倾斜偏差应控制在管道外径的1%以内，且不应超过3mm；
4. 管子坡口及内外表面的≥10mm范围内，应在焊接前去除油漆、油污、锈斑、熔渣、氧化皮以及有害的其他物质。

弯管制作

弯管的制作应符合以下规定：

1. 弯管的制作应符合管道ISO图的规定。无缝不锈钢管应采用机械冷弯，碳钢管应采用机械热弯。一般情况下，管道弯曲半径为管外径的5倍。其他情况下，应符合现行标准GB 50235的规定。
2. 无缝钢管弯管所用的管坯应无油脂等污染，弯管所用夹具的夹紧面应光滑。为避免弯管碰伤或污染，夹紧面宜垫厚纸或软布加以保护。
3. 管道热弯或冷弯后，应按设计文件或国家现行标准的规定进行热处理。
4. 管子弯制后应将内外表面清理干净。弯管工艺评定的评定有效范围、试验内容、技术要求和文件应符合DL/T 515-2018附录D的规定。其中，弯管的弯曲半径允许偏差为±1%R(R为弯曲半径，mm)，对DN50及以下的管道，管道的弯曲半径允许偏差不应超过+50mm，其他规格管道的弯曲半径允许偏差不应超过±50mm。弯管的质量还应符合现行标准GB 50184-2011第5.1条的规定。
5. GC1级管道的所有弯管应按照现行标准NB/T 47013.5的有关规定进行表面无损探伤，合格标准应不低于规定的Ⅰ级。有缺陷时，可进行修磨。修磨后的弯管壁厚不应小于管子名义壁厚的90%，且不应小于直管要求的设计壁厚。
6. 弯管加工合格后，应作管道弯管加工记录和管道热处理报告(如果有)。

管道预制

管道的预制应符合以下要求：

1. 管道预制应满足设计文件的要求，设计文件包括管道布置图、管道轴测图、支架安装图和材料清单；
2. 预制管道要便于运输和安装；
3. 应合理选择自由管段和封闭管段，封闭管段应按现场实测后的安装长度加工；
4. 自由管段和封闭管段的加工尺寸允许偏差应符合表4规定：
5. 管道的预制应根据经过审查确认的管道轴测图绘制的管段加工图进行，预制加工图应标注预留的现场组焊位置和调节余量以便于现场组装；
6. 管道预制应按图纸规定的数量、规格、材质选配管道组成件，并应标明管道系统号和按预制顺序标明各组件的序号；
7. 管道预制过程中的每一道工序都应核对管子的标记，并做好标记的移植工作，特别需要注意，管道标记必须满足5.3.1条一般规定要求，以免影响管道的正常使用；
8. 预制完毕的管段，应将内部清洗干净，清洗要求按本文第6章；封闭管口，严防杂物进入；
9. 预制管道组合完毕应具有足够的刚性，不得产生永久变形；
10. 管段预制完毕后应及时编号，并妥善保管。

表4 自由管段和封闭管段加工尺寸允许偏差表

单位为mm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差 | |
| 自由管段 | 封闭管段 |
| 长度 | | ±10 | ±1.5 |
| 管口端面与管子中心垂直度 | DN<100 | 0.5 | 0.5 |
| 100≤DN≤300 | 1.0 | 1.0 |
| DN＞300 | 2.0 | 2.0 |
| 法兰螺栓孔对于水平度 | | ±1.6 | ±1.6 |

管道、阀门安装

一般规定

对于管道及阀门安装的一般规定如下：

1. 管道的焊接工艺评定应符合NB/T 47014-2023的规定。焊接和焊后热处理应符合GB 50235和GB 50236的有关规定。
2. 氧气管道施工验收应符合GB 50030-2013中11.0.19条规定：
3. 氧气管道、阀门及管件应无裂缝、鳞皮、夹渣等；接触氧气的表面应彻底去除毛刺、焊瘤、焊渣、粘砂、铁锈和其他可燃物等，保持内壁光滑清洁；管道内、外表面除锈应进行到出现本色为止；
4. 碳钢材质的氧气管道的焊接应采用氩弧焊打底。不锈钢管道的焊接应采用氩弧焊；
5. 氧气系统严密性试验达到试验压力后持续24h，平均小时泄漏率不应超过0.25%。平均小时泄漏率应按公式（1）计算：

（1）

式中：

A——平均小时泄漏率；

P1、P2——试验开始、终了的绝对压力（MPa）；

t1、t2——试验开始、终了的温度（℃）。

1. 本技术条件中未明确时焊接技术要求应满足项目通用规定；
2. 管道焊缝位置应符合下列规定并且焊缝位置应根据管道ISO图的规定。若有变更，应经设计单位确认后再施工。
3. 除采用定型弯头外，管道焊缝的中心与弯管起弯点的距离不应小于管子外径，且不小于100mm；
4. 管道焊缝不宜在管托的范围内，环焊缝外侧距支、吊架边缘的净距离不应小于50mm，需热处理的焊缝，外侧距支、吊架边缘的净距离宜大于焊缝宽度的5倍，且不小于100mm；
5. 除定型管件外，直管段上两条对接焊缝间的距离不应小于3倍管件的厚度，需焊后热处理时，应不小于6倍焊件厚度，且应符合下列要求：

管道公称直径小于150mm时，焊缝间的距离不小于管道外径，且不小于100mm；管道公称直径大于或等于150mm时，焊缝间的距离不小于150mm。

1. 在焊接接头及其边缘上不宜开孔。碳钢管道的焊接应采用氩弧焊打底，不锈钢管道的焊接应采用氩弧焊，道间温度不应高于150℃，所有焊缝都应采用全焊透形式，焊接时，管道里面应充入微正压氩气进行施焊，以保证内侧焊缝的平滑。
2. 氦气介质管道的螺纹接头应采用密封焊，外露螺纹应全部密封焊。
3. 承插焊管件或阀门与管子的焊接时，角焊缝的最小焊脚尺寸应为直管名义厚度的1.25倍，且应不小于3.2mm。焊前承口与插口的轴向间隙宜为1.6mm。支管连接的焊缝形式应符合设计文件和GB 50235-2010第6.08条的规定。
4. 焊接接头的坡口形式、尺寸及组对要求应符合设计文件的规定。
5. 管道组成件组对时，对坡口及其内表面进行清理，清理范围≥10mm，被清理物包括：油漆、毛刺、锈斑、氧化皮及其它对焊接过程有害的物质，清理方法：手工或机械，清理合格后应及时焊接。
6. 焊接接头的组对应满足GB/T 20801.4-2020第7.4.3条的规定。
7. 除设计文件规定的管道预拉伸或预压缩焊口外，不应强行组对，需预拉伸或预压缩的焊接接头，组对时所使用的工卡具应在整个焊接及热处理完毕并检验合格后拆除；组对时应垫置牢固，并应采取措施防止在焊接和热处理过程中产生附加应力和变形。
8. 管子对口时应在距离接口200mm处测量平直度（见图3），当管子公称尺寸小于DN100时，允许偏差为1mm；管子公称尺寸大于等于DN100时，允许偏差为2mm，且全长允许偏差均为10mm。

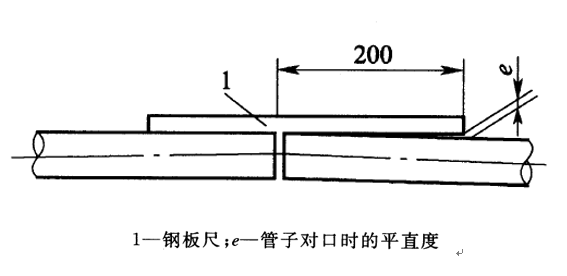


图3 管道对口平直度

1. 锻制支管座与主管的连接应全焊透，应将支管座与主管的焊脚填满，角焊缝厚度应不小于填角焊缝有效厚度，见图4。

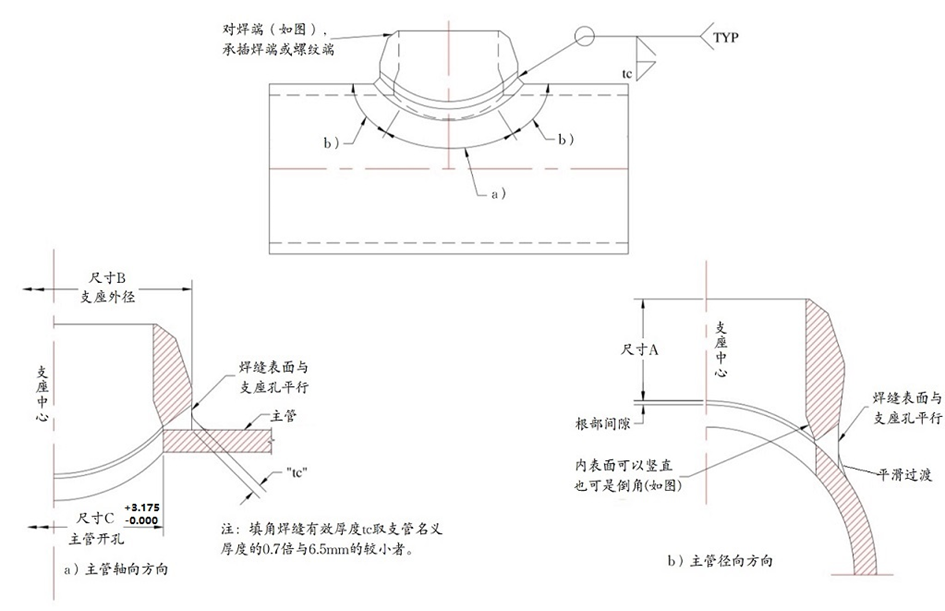


图4 锻制支管座焊脚尺寸要求

1. 管道安装时不应采用铁质工具进行敲打，管道连接时，不应用强力对口或其他方法来消除接口端面的空隙、偏差、错口或不同心等缺陷。保证管道安装合格后，不承受设计以外的附加荷载。
2. 碳钢、不锈钢、异种不锈钢以及不锈钢与碳钢管道的焊接材料选用应符合GB 50236-2011附录D的规定。
3. 除焊接工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝应一次连续焊完。如因故被迫中断，应采取防裂措施。再焊时应进行检查，确认无裂纹后方可按原工序继续施焊。
4. 焊缝焊完后应在焊缝附近作焊工标记，工厂预制的管道组合件还应在适当位置标记出与管道轴测图对应的管道组合件编号，标记须符合5.3.1条规定。同时在管道轴测图上标明焊工代号。
5. 对装有仪表、取样点及流量孔板的管道，应在安装前完成管道开孔和取源部件的焊接，应满足仪表专业和其他专业的分工界限以及取源部件或在线仪表的安装要求，宜在安装时和仪表安装负责人员联系，以保证安装正确。管道安装的允许偏差应符合安装文件的规定，并满足GB 50235-2010表7.3.19的规定。
6. 调整段只用于调整因土建、设备等位置与设计文件不一致情况，不允许用于包络管道安装偏差，且尺寸调整或超出包络范围时需找设计单位确认。
7. 应按管道轴测图纸要求保证管道的坡度要求。
8. 预制完毕的管段，应将内部清理干净，清洁度应满足本技术条件第6章要求，并应及时封闭管口。管道安装过程中的管口也应及时封闭管口以防止坡口损坏和异物进入。
9. 管道表面的涂装应满足项目相关要求，所有管道穿墙或楼板的套管及孔洞（含预留用套管和孔洞），应按项目统一安排，根据项目相关规定要求进行封堵。

管道和设备的连接

管道和设备的连接应符合以下要求：

1. 管道与设备的连接应在设备安装定位并紧固地脚螺栓后进行。安装前应将与设备连接的管道内部清理干净。
2. 设备管口不应承受设计以外的附加载荷和强制对口连接。
3. 隔膜压缩机的管口连接前，应在自由状态下检验法兰的平行度和同心度，法兰面平行度允许偏差应≤0.40mm同心度允许偏差应≤0.80mm。
4. 设备上带有临时压力表的焊接管口或临时焊接堵头时应根据设备图纸要求，切割掉多余部分并加工坡口。加工方法应符合GB50236-2011第7.2.1条规定，加工完成后应将端面及进入设备内部的杂质清理干净。当设备管口的壁厚小于3mm时为I形坡口。当设备管口的壁厚大于等于3mm时应按照GB50236-2011表C.0.1-1序号2的规定加工V形坡口。
5. 氦气储罐的管道连接，应在基础初阶段沉降后，再进行连接。
6. 碳钢或低合金钢的设备管口与连接焊缝应在焊接检验合格后及时补刷与原设备管口一样的油漆。
7. 管道试压、吹扫与清洗合格后，应对管道与动设备的接口进行复位检查，其偏差值应符合现行标准GB 50235-2010表7.3.19的规定。
8. 管道与设备连接后不允许管道对设备有附加外力，管道安装因故中断时应采用保护措施封闭开放的管口。

不锈钢管道的安装

不锈钢管道安装时，表面不应出现机械损伤。使用钢丝绳、卡扣搬运或吊装时，钢丝绳、卡扣不应与管道直接接触，应采用对管道无害的石棉制品或木板等软材料进行隔离。

安装不锈钢管道时，应采取防止管道污染的措施。安装工具应保持清洁，不应使用可能造成铁离子污染的铁质工具。不锈钢管道安装后，应防止其他管道切割、焊接时的飞溅物对其造成污染。

不锈钢管道与碳钢支架之间应垫入不锈钢垫片。

排水管道的安装

排水管道的坡度应符合管道安装文件的规定。排水管的支管与主管连接时，宜按介质流向稍有倾斜。

阀门的安装

阀门的安装应符合以下规定：

1. 阀门进行安装时应符合产品合格证及强度及严密性试验记录。阀门安装前，应按设计文件要求核对其型号、规格及位号，按施工图要求进行安装，并按照介质流向确认其安装方向。
2. 非特殊说明，水平管道上的阀门，阀杆方向应竖直向上安装。安装操作困难的情况下，经设计单位书面同意可考虑水平或者向上倾斜45°安装，不允许向下安装。
3. 当阀门与管道以焊接方式连接时，阀门应在开启状态下安装，应采用氩弧焊打底，且应对阀门采取防变形措施；阀门与管道以法兰或螺纹方式连接时，阀门应在关闭状态下安装；
4. 阀门不应强行组对连接或承受外加重力负荷。
5. 焊接连接的阀门，其焊接和热处理措施不应破坏阀门的严密性。

静电接地

管道系统的静电接地应符合以下要求：

1. 管道系统的接地电阻值、接地位置及连接方式应符合设计文件的规定。
2. 静电接地引线宜采用焊接形式。不锈钢管道的焊接接地，导线跨接或接地引线不得与管道直接连接，应采用材质连接板过渡。
3. 用作静电接地的材料元件，安装前不应涂刷涂料。导电接触面应除锈并应紧密连接。
4. 当接头间的电阻超过0.03Ω，应设置导线跨接。静电接地安装完毕后，应进行测试，电阻值超过规定时应进行调整。测试完毕并应作管道静电接地测试记录。

管道的检查

一般规定

管道的检查与验收除了满足本文件规定的内容外，还应满足现行标准GB 50235、GB 50184、GB/T 50252、GB 50316和GB/T 20801.5等的规定。氧气管道的验收还应符合GB 50030-2013的11.0.19条之规定。

焊缝无损检测应安排在焊缝外观检查合格后进行。抽样检验发现不合格时，应按原规定的检验方法进行扩大检验，质量合格标准不变，检验数量按照GB 50184-2011的第8.2.2条规定。对检验发现不合格的管道元件、部位或焊缝，应进行返修或更换，并采用原规定的检验方法重新进行检验。

目视检查

目视检查的范围应符合GB/T 20801.5-2020 5.2条规定。

除设计文件或焊接工艺规程有特殊要求的焊缝外，应在焊接完成后立即除去熔渣和飞溅，并应将焊缝表面清理干净，同时应进行焊缝的外观检查。应借助5～10倍放大镜对所有焊缝及其热影响区进行检查。

焊缝目视检查的质量验收标准应符合GB/T 20801.5-2020的表2中的规定，GC1级管道、设计温度低于-20℃的管道和氧气介质管道的检查等级为Ⅰ级，其余为Ⅱ级。

渗透检测

在目视检查合格后，应对所有氧气介质管道、氦气介质管道和设计温度低于-20℃的管道的承插焊焊缝及支管连接的焊缝表面及相邻两侧不小于15mm的母材表面进行液体渗透检验。检查应符合NB/T 47013.5-2015中Ⅰ级合格标准的规定。

射线检测

管道对接焊及承插焊缝的射线检测应符合如下要求：

1. 除另有规定外，管道的对接焊缝的射线检测应满足以下要求：
2. GC1级管道和设计温度低于-20℃的管道的对接焊缝检查比例为100%，GC2级氦气介质管道和氧气介质管道的对接焊缝检查比例为20%，其它管道的对接焊缝检查比例为5%；以上要求射线检查的焊缝中，固定焊口的抽检比例不应小于40%；选择被抽检焊缝应包括每个参加产品焊接的焊工或焊接操作工所焊的焊缝；
3. GC1级管道、设计温度低于-20℃的管道和氧气介质管道的对接焊缝的射线检查按照NB/T 47013.2-2015的Ⅰ级合格规定；GC2级氦气介质管道和氧气介质管道的对接焊缝按照NB/T 47013.2-2015的Ⅱ级合格规定，其它管道的对接焊缝按照NB/T 47013.2-2015的Ⅲ级合格规定；
4. 射线检测采用C5类胶片，AB级射线检测技术；
5. 由于条件限制需改用超声检测时，应得到设计单位的许可。
6. 除设计文件另有规定外，管道的承插焊焊缝的射线检测应满足以下要求：
7. 承插焊焊接接头的射线检测方法应满足NB/T 20003.3-2021的附录H “特殊情况的射线检测技术”的规定；
8. GC1级管道和设计温度低于-20℃的管道的承插焊焊缝检查比例为100%，GC2级氦气介质管道和氧气介质管道的承插焊焊缝检查比例为20%，其它管道的承插焊焊缝检查比例为5%；以上要求射线检查的焊缝中，固定焊口的抽检比例不应小于40%；选择被抽检焊缝应包括每个参加产品焊接的焊工或焊接操作工所焊的焊缝；
9. 具有下列任何一种情况的焊接接头均为不合格：

* 裂纹、未熔合、未焊透；
* 任何尺寸大于等于1.5mm的焊接缺陷；
* 任何导致最小焊喉值不合格的焊接缺陷；
* 承插焊底部间隙尺寸不满足相关法规标准或技术文件的规定。

硬度检查及其他检查

要求热处理的焊缝和管道组成件，热处理后应进行硬度检查。检查标准应符合GB 50184-2011中8.4.1和8.4.2条的规定。检查完成后应填写“管道热处理硬度检查报告”。

当规定进行管道焊缝金属化学成分分析、焊缝铁素体含量测定、焊接接头金相检验、产品试件力学性能等检验时，应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。检查完成后应填写“光谱分析及其他理化实验报告”。

管道系统的试验

压力试验

需要进行管道耐压试验和泄漏试验的管道应在焊缝检查合格后进行，压力试验应满足GB 50235-2010的规定，气压试验还应符合本部分的规定，试验参数根据轴测图中要求。压力试验的技术要求、验收要求、试验报告还应符合下列规定。

1. 技术要求
2. 试验方案已经过批准，并已进行了现场交底。
3. 操作人员应经过专门的技术培训和资格认可后方可上岗。
4. 气压试验应在清洁度检査及管道系统安装符合性检査之后进行；另外气压试验前应对受检系统的完工报告进行检查以确认该系统：

* 试验范围内的管道安装工程除涂漆、绝热外，已按设计图纸全部安装完成，安装质量符合有关规定；
* 焊缝及其它待检部位尚未涂漆和绝热；
* 管道上的膨胀节已设置了临时约束装置；
* 热处理和无损检测的结果合格；
* 已完成规定的最后工序（完成表面精整、清洁度和标记等）；
* 没有任何未关闭的不符合项；
* 下列资料已经由建设单位和有关部门复查：

管道组成件的质量证明书；

管道组成件的检验或试验记录；

管子加工记录；

焊接检验及热处理记录；

设计修改及材料代用文件；

待试管道与无关系统已用盲板或采用其它措施隔开；

待试管道上的安全阀，爆破板及仪表元件等不应经受试验压力的附件已经拆下或加以隔离；

对系统安装遗留的问题应编制相关文件予以明确。若在气压试验后进行大范围的机械打磨或焊接操作，则此检验无效，除非有文件规定和充分的理论根据证明无影响。

1. 每个系统在试验前，安装单位应编制气压试验专用程序和压力试验图等文件，该文件应至少规定下述内容：

* 压力试验系统的压力边界（涉及的所有管线）；
* 试验压力（包括保压时间应符合图纸和相关技术条件的规定）；
* 压力试验用气体的种类；
* 下述接口和支管的位置：

充气、加压、压力表、排气、安全装置（安全阀与爆破片安全装置的组合）、临时隔离装置（给出装置的特性）和阀门堵塞装置。

1. 试验所用测量仪表均应在标定的有效期范围内。试验用直读式压力表，应满足以下要求：

* 压力表量程应为被测最大压力的1.5～2倍，压力表不应少于2块；
* 压力表的精度不应低于1.6级；
* 压缩机。

1. 试验用气体介质应为干燥洁净的空气、氮气或惰性气体，严禁试验温度接近金属的脆性转变温度。
2. 气压试验中应用模拟管段（替代管段）代替易损坏或未安装的设备。必要时将逆止阀旁路，并安装必要的临时隔离装置，阀门应按照试验流程图中所示的状态开启或关闭，并固定在该位置。
3. 为提醒并保护公众和操作员的安全应安装下列设施：

* 禁止入内标识和警告牌；
* 对受检系统和检验区域作可去除的标记；

在气压试验过程中，上述安全措施应一直保留。

1. 气压试验时间应得到业主和现场安全部门的批准。承受内压管道及有色金属管的试验压力应为设计压力的1.1倍，真空管道的试验压力应为0.2MPa。当管道设计压力大于0.6MPa时，应经建设单位同意，并采取有效的安全措施方可进行气压试验；

试验前，应用空气进行预试验，试验压力宜为0.2MPa；

试验时应装有压力泄压装置，其设定压力不应高于试验压力的1.1倍；

加压程序：试验时应缓慢提升压力，当压力升至试验压力的50％时，如未发现异常状况或泄漏，继续按试验压力的10％逐级升压，每级稳压至少3min，直至试验压力；

升到试验压力后，稳压至少10min，再将压力降至设计压力，对所有接头和连接处进行全面检查；保压时间应根据查漏工作需要而定。以发泡剂检验不泄漏，且目测无变形为合格。

1. 专用试验文件应规定试验压力和最短保压时间。保压时间应能使检验的各方能进行所有的检验；

保压和检验分为两个阶段。

第一阶段：在规定试验压力下保压；检验内容为：对系统的所有外表面进行目检，检查系统表面可能存在的泄漏、变形或缺陷；并用压力表监测试验压力的保持情况；如果此时压力稍有下降，应用肥皂水检査阀门是否泄漏。

第二阶段：从试验压力降压至设计压力保压；检验内容为：用肥皂水检查焊缝表面。

1. 当检查全部完成且核实检验结果后开始将系统压力降至大气压，然后进行目视检查以便发现变形；当系统降到大气压力后，才可拆除安全设施；
2. 试验后应拆除试验时安装的仪表、设备等，使整个管线恢复到原始状态，并撤除安全警示牌。
3. 验收要求

气压试验的保压期间的目视检查合格要求如下：

1. 保压期间系统设备、管道和焊缝表面应没有泄漏；
2. 系统保压及降至大气压后，管线系统表面不能产生变形和缺陷；在规定的试验压力下保压期间，压力表的读数保持不变。

如果这些要求不能满足，则该系统不能验收。在此情况下，应对引起不能验收的问题进行处理，然后重新进行气压试验。如果阀门垫片处泄漏，只要该泄漏不影响邻近表面的检查且由此引起的在超过规定保压时间内出现压力变化较小（30分钟后下降1%)，则本次检验仍为有效。

1. 试验报告

建设单位应参加气压试验，气压试验合格后建设单位和施工单位一同按规定格式填写“管道系统压力气压试验记录”。试验报告应至少包括以下内容：

1. 试验设备的有效证明文件；
2. 气压试验专用程序和检验图等文件；
3. 相关的等轴图编号；
4. 试验前管道清洁度和安装符合性检查的结果；
5. 试验期间执行检查的结果；
6. 最终结论；
7. 试验人员及见证人员、签字和日期。

此外，该报告可附带其他检测或检查报告（如：外部清洁度报告）当报告经有关各部门签署后，该报告可作为气压试验合格证书。

气密性试验

对氦气介质的管道应进行气密性试验，具体要求如下：

1. 气密性试验应在气压试验合格后进行，气压试验完毕后在管道上无修补或增添物项。试验介质采用氦气浓度大于等于10%的干燥、洁净、惰性气体或者混合气体。
2. 气密性试验压力应为设计压力；
3. 气密性试验可结合试车一并进行；
4. 气密性试验应重点检验阀门填料函、法兰或螺纹连结处、放空阀、排水阀等，以发泡剂检验不泄漏为合格；
5. 气压试验合格，且在试验后未经拆卸过的管道可不进行气密性试验。
6. 真空系统在气压试验合格后，还应按设计文件规定进行24h的真空度试验。增压率不应大于5％。
7. 在管道系统试验过程中，如发现泄漏，应降压清除缺陷后重新进行试验，严禁带压修理。

氦泄漏检测

氦泄漏检测适用于氦净化系统正常列、氦净化系统事故除湿列、氦净化再生子系统、氦供应与贮存子系统、氦辅助抽真空子系统、氦辅助排气子系统、氦辅助排水子系统和氦辅助废气子系统等共八个子系统中承受氦气介质内压的管道系统，也可用于设备的氦泄漏检测。

被检系统和设备的氦气泄漏检测除应符合本技术条件外，还应符合GB/T 15823-2009及其附录的其它有关规定，具体要求如下：

1. 检测人员的资格

承担本项氦泄漏检测工作的检测人员，应经过专门的业务培训，具有按GB/T 9445规定取得的承压设备无损检验资格证书。

1. 检测方法与示踪气体
2. 检测方法

要求检测的是整个被检系统（或设备）的氦气泄漏率，或可能的泄漏部位。被检系统上可能产生氦气泄漏的主要部位有现场焊接的承压焊缝和阀门密封处等（设备的氦泄漏检测应在制造过程中进行），氦泄漏检测的方法主要按照GB/T 15823附录A的“吸枪技术”，也可根据具体情况采用附录B的“示踪探头技术”或附录C的“护罩技术”规定。

1. 示踪气体

采用氦-氮或氦-空气混合气体作为加压气体。氦气的浓度在试验压力下体积百分比不低于10%。所用氦气应满足GB/T 4844-2011或GB/T 28123-2011，氮气应满足GB/T 8979-2008或GB/T 3864-2008。

1. 检测设备

所用的各种检测设备和仪器均应具有质量合格证明书，压力表的量程应符合GB/T 15823附录A～附录C中的规定，在使用前，所用的指示式和记录式压力表/真空表应检定合格，内部必需按第6节要求进行除油污清洁处理。

1. 质谱检漏仪 所选用的质谱检漏仪应符合GB/T 15823附录A 2.1.1的规定，并应符合GB/T 13979-2008的规定，其灵敏度不应低于1x10-11Pa·m3/s；质谱检漏仪上应有相应的信号装置来指示泄漏。
2. 泄漏标准漏孔 应准备相应的标准漏孔，用于检漏仪和系统的校准。
3. 辅助设备 需用的辅助设备有稳压变压器、吸枪、真空计、真空泵、旁通接头等。这些辅助设备应符合GB/T 15823的规定。
4. 检漏准备工作要求
5. 待检设备与系统的内、外表面应保持满足清洁度要求，检测前应充分干燥。
6. 待检设备与系统在检测前应采用能在检测后易于全部除去的适当材料（不含有害元素）把所有的孔加以密封，将待检系统和设备与其它系统分界的截止阀全部关闭。
7. 检验单位应按照GB/T 15823第6章的规定编写检测工艺规程。
8. 检测

检测方法按照GB/T 15823中规定的“吸枪技术”执行。

1. 向被检系统或设备内逐步通入预定量（≥10%全压）的氦气，然后再逐步充入空气或氮气，直至系统或设备达预定检测压力（≥工作压力）时为止。
2. 混合气体绝对压力达到检测压力后，保压至少0.5h后，开始扫查检测，在整个检漏期间，应基本保持系统或设备压力不变。
3. 按GB/T 15823确定的扫查距离、扫查速率进行扫查检测。
4. 检测时应从被检系统的最低点开始，而后渐渐向上扫查。
5. 应在检测前和检测完工后及检测过程中测定检测系统的灵敏度（检测过程中应每隔2小时测定系统灵敏度），如发现灵敏度低于1×10-7Pa·m3/s，则仪器应重新校准，并且从上次合格的标定核查起，以后所有检验的部位均重新作检验。
6. 检测评定、验收与返修
7. 检测评定

应按照本技术有关条款对检测结果进行认真评定，检验单位技术负责人应在检测数据记录和评定结果上签字，并对其正确性负责。

1. 合格标准

经评定，每个被检系统的承压焊缝和其它部位未发现有实际泄漏率大于～10-7Pa·m3/s的漏孔，该被检测系统的氦泄漏检测为合格。

1. 返修

检测过程中，发现一个被检系统的承压焊缝或其它部位有一个或一个以上的实际泄漏率大于～10-7Pa·m3/s的漏孔时，应在漏孔处作标记，并进行堵漏。待全部检漏完毕后，对有漏孔的焊缝进行返修，返修后的部位应按上述要求重新检漏，直至符合上述合格标准。

如果采用焊接修补，同一部位的返修次数不应超过两次。

1. 检测报告

每个被检系统进行氦泄漏检测并合格后，检验单位应提供正式的泄漏检测报告。系统验收时，该泄漏检测报告应作为安装质量合格证明文件之一提供给业主。检测报告应包括下列内容：

1. 检测日期；
2. 检测单位名称和印章；
3. 检测人员的姓名和资格证书复印件；
4. 被检系统的名称和编号；
5. 被检工艺编号或修订号；
6. 检测的方法或技术；
7. 所用检测仪器、标准漏孔等级、型号、规格、数量、合格证复印件和材料标记；
8. 氦质谱检漏仪和检测系统的灵敏度；
9. 检测条件、检测压力和气体浓度；
10. 实际检测数据和评定结果；
11. 返修记录。

管道涂漆

涂漆施工一般在管道耐压试验及泄漏试验合格后进行。不锈钢管道或不锈钢保护层不涂漆。所有碳钢和低合金钢外露表面应涂防锈漆，涂漆前钢材表面应采用喷射或抛射方法彻底清除铁锈、焊渣、毛刺、油污等杂物，除锈等级达到 Sa2级后涂刷油漆。所有碳钢螺栓连接件应涂防锈油，所有滑动面上应涂润滑剂。钢材及预埋件防锈涂刷防锈涂料应由底层、中间层和面层组成。涂漆要求按项目相关要求执行，否则按以下要求执行：

——室内钢结构构件可采用环氧富锌底涂料2遍，厚度70μm；

——环氧云铁中间涂料2遍，厚度 110μm；

——丙烯酸聚氨酯面漆3遍，厚度 100μm进行防锈涂刷。

管道保温工程

一般规定

系统耐压试验和泄漏试验合格后，方可根据对需要保温的管道进行保温施工。需要保温的管道见管道ISO图中的要求。

施工准备

管道保温施工前现场应具备以下条件：

1. 应检查到达现场的保温材料及其辅助材料的出厂合格证书及化验、物理试验记录，其技术性能应符合工艺要求。不符合性能要求的不应使用，有疑问时需要抽样检验复核。
2. 保温层的施工应在管道强度试验、气密性实验合格以后进行。
3. 确认对需进行保温施工的管道及其支吊架及结构附件、仪表接管部件安装完毕及检验合格。
4. 设备、管道的支吊架及结构附件、仪表接管部件均安装完毕。
5. 需保温的设备、管道和相应的附件表面的污垢、铁锈已清除干净，涂刷防腐层。
6. 支撑件、固定件的材质应和设备、管道的材质匹配，并就位齐备。支撑件应采用抱箍型支撑件。
7. 应配备保温层、保护层和预制品加工的施工机具。
8. 已完成对设备、管道的安装、焊接及防腐等工序的交接手续。
9. 施工现场应临时设置供水、供电、消防等设施，道路应通畅，且有相应的加工场地。
10. 施工单位应根据现场情况制定详细的安全操作规程，并应符合GB 50126-2008的第8章-安全技术的有关规定。

保温层的施工

保温层结构复杂，对于施工方法及伸缩缝、膨胀间隙的留设应符合以下规定：

1. 保温结构见附录A；
2. 施工方法
3. 保温层采用超细玻璃棉板和毡。保温层厚度大于100mm时，应分两层施工，各层的厚度宜相近。安装厚度应符合施工图纸上的规定。
4. 保温层应错缝敷设，里外层应错缝，其搭接长度应为100-150mm。然后用不锈钢丝扎紧，钢丝间距大约在200mm左右。超细玻璃棉毡之间的接缝应紧靠，不允许存在间隙。
5. 阀门等结构形状较复杂的保温制品，宜根据具体形状在现场进行加工，尽量使保温材料与被保温面之间严密结合。在保温材料与被保温材料表面之间贴合不严密的地方，应用小块的玻璃棉毡充填密实。
6. 施工时的要求
7. 立式设备或垂直管道应设置抱箍型支撑件，碳钢支撑件不应与设备或管道直接接触，支撑件的宽度应小于保温层厚度10mm，但不小于20mm。
8. 立式设备或垂直管道的保温层应从支撑件开始，从下而上拼装。
9. 方形设备的绝热层其四角角缝应做成封盖式搭缝，不应形成垂直通缝。拐角处应用不锈钢带包角后再捆扎不锈钢带。
10. 管道附件应与相连的管道一起保温。
11. 氦净化与氦辅助系统设备绑扎采用不锈钢带，管道保温层的绑扎采用不锈钢丝。
12. 保温管道的分支管应进行延伸保温，保温延伸长度应不小于主体保温层厚度的5倍或直接敷设至分支阀门处。延伸保温层厚度不低于主体保温层的1/2。
13. 施工后的设备保温层，不应遮盖设备铭牌，当保温层厚度高于设备铭牌时，可将铭牌周围的保温层切割成喇叭形开口，开口处应规整。
14. 施工完的保温结构，不应妨碍滑动支架的滑动。
15. 伸缩缝和膨胀间隙的留设
16. 为补偿管道的热膨胀，管道保温应按设计留出伸缩缝或膨胀间隙。

两固定管支吊架间水平管道保温层的伸缩缝，至少应留设一道。弯管两端的直管段上，应各留设一道伸缩缝。当两弯管之间的间距很小时，其直管段上的伸缩缝可根据实际情况仅留设一道或不留设。三通所在管道的伸缩缝留设方法与弯管一样。

1. 立式设备或垂直管道，应在支撑件下面留设伸缩缝。

伸缩缝留设的宽度一般在20mm左右。对双绝热层伸缩缝，每一层的伸缩缝应错开留设，错开距离应大于100mm。

金属保护层的施工

金属保护层的施工应符合以下要求：

1. 金属保护层施工应在保温层施工完毕，检查合格后进行。
2. 在安装前，不锈钢板或钢带两边先压出两道半圆凸缘。对于设备保温，为增加强度，可在钢板或钢带对角线上压两条交叉筋线。
3. 垂直方向保温施工：将相邻两张不锈钢板/钢带的半圆凸缘重叠搭接，自下而上，上层板压下层板，搭接50mm。当采用销钉固定时，用木锤对准销钉将不锈钢板/钢带打穿，去除孔边小块渣皮，套上3mm厚胶垫，用自锁紧板套入压紧。当采用支撑环固定时，支撑环的布置间距应和金属保护层的环向搭接位置方向一致，钻孔应对准支撑环。
4. 水平管道金属保护层的环向接缝应沿管道坡向，搭向低处，其纵向接缝宜布置在水平中心线下方的15°～45°处，并应将缝口朝下。当侧面或底部有障碍物时，纵向接缝可移至管道水平中心线上方60°以内。
5. 管道金属保护层的接缝的搭接处采用抽芯铆钉固定，铆钉的间距宜为150-200mm，间距应均匀一致。
6. 保温层留有膨胀间隙的部位，金属保护层也应留设。
7. 保护层施工应使保温结构外形整齐美观。
8. 不允许在保温结构的金属保护层的外表涂漆。
9. 严禁踩踏已安装的金属保护层或在其上堆放物品。

其他施工要求

除上述规定外，保温结构的施工还应满足下列要求：

1. 在施工中应注意，不要损坏施工现场的机器设备及其他管道等。
2. 在经常有人通行处的保温层，应加防护罩，以免损坏保温结构。
3. 在保温施工结束后，应对因为施工而暂时而不能保温的地方进行修补。
4. 施工结束后，应将现场清理干净。

施工质量检查及工程验收

保温层的施工质量检查及工程验收应符合下列要求：

1. 一般要求

保温工程的施工质量保证应符合GB50126-2008的有关规定，并满足以下规定：

1. 管道保温工程在施工过程中及施工完毕后，应进行工序的质量检查和竣工验收；
2. 验收时，应仔细检查每一层的保温质量。尤其是接头质量；
3. 检查各工序的施工记录和中间质量检查记录。每次验收均做出记录，并注明以完成的工程质量和有无缺陷等。并办理工序交接记录，由质量检查单位签证。
4. 质量检查的取样布点规定

管道和附件的质量检查的取样布点应符合下列规定：

1. 管道每隔10m抽查一处（不足10m的管道应抽查一处），应在不合格处附近加倍取点复查，仍有1/2不合格时，应认定该处不合格。
2. 管道附件（包括伸缩缝）按系统抽查20%，但不应少于5处。
3. 防腐层的检查

保温施工前，在管道外壁上涂刷的防腐层，保温施工结束后，在保温层结构外保护层涂刷色标，均应检查是否均匀一致、漆膜是否附着牢固、有无剥落、气泡等缺陷，是否按要求做上介质色环及流向箭头，如发现不符要求处应进行修补。

1. 保温层的质量检查

保温层的质量检查应符合下列规定：

1. 检查保温固定件、支撑件的安装是否正确、牢固，支撑件不应外露，其安装间距应符合设计要求。垂直管道、立式设备及平壁设备的金属保护层应设置环形挂板。
2. 保温层容重的检查应现场切取试样检查，安装容重允许偏差为+5%。
3. 用针形厚度计或钢探针检查保温层的厚度是否达到设计要求的厚度。检查时，应在管道周围四个相对应的点上将钢探针垂直刺入，直达到管壁上，再用钢尺度量厚度，度数精度达到1mm。对于水平铺设的管道，可选择与管道轴线成水平位置的两个点来戳刺保温层，然后测量厚度。保温层的厚度允许偏差为±5mm。
4. 用钢尺检查拼缝的宽度，拼缝宽度不应大于5mm。
5. 应检查管道保温结构的端部是否妨碍管道附件（如法兰、阀门等）螺栓的拆装和门盖的开启。
6. 伸缩缝的检查验收

伸缩缝的检查验收应符合下列规定：

1. 保温层与保护层的伸缩缝和膨胀间隙，应按本技术条件的规定检查缝的位置宽度（金属护壳为搭接形式）、间距、膨胀方向等。
2. 施工应正确，缝内填充物的使用温度应符合要求。
3. 用尺检查伸缩缝的宽度，其允许偏差为±5mm。
4. 金属保护层的质量检查

金属保护层的质量检查应符合下列规定：

1. 用1m长靠尺和楔形塞尺检查保护层的平整度，允许局部凹凸不平度偏差不应超过4mm。
2. 金属保护层不得有松脱、翻边、豁口、翘缝和明显的凹坑。
3. 金属保护层的环向接缝，应与管道轴线保持垂直，纵向接缝应与管道轴线保持平行。设备的保护层的接缝应横平竖直。
4. 金属保护层的接缝方向应与管道的坡度方向一致。
5. 金属保护层的椭圆度（长短轴之差）不应大于10mm。
6. 抽芯铆钉的布置应均匀一致。
7. 保温效果的测定

保温结构完成施工和检查后应对保温效果进行测定，并符合下列规定：

1. 在热调试过程中，当系统达到正常运行工况的温度和压力并稳定以后，施工单位应测定保温层外表面温度及冷损失，并提出报告。
2. 施工单位可根据自身实际情况，选用适当的测试方法，按照GB8174的有关要求测试保温层外表面温度及热损失。
3. 测试报告内容至少应包括：测试时间、测试环境、测试对象、工况、测点位置布置图、测试参数、测试误差和保温效果评价等。
4. 测试参数一般包括：保温结构外表面温度、保温结构外表面热损失、环境温度、风速、管道及附件外表面温度、保温材料热物性等其他参数。

竣工文件

保温工程竣工后，应按GB 50126第9章的规定及时与业主或总包单位办理工程交接。

管道保冷工程

一般规定

系统耐压试验和泄漏试验结束后，方可根据对需要保冷的管道进行保冷施工。需要保冷的管道见管道ISO图中的要求。

保冷施工准备

管道保冷施工前现场准备应具备下列条件：

1. 应检查到达现场的保冷材料及其辅助材料的出厂合格证书及化验、物理试验记录，其技术性能应符合相关技术文件和标准的要求。不符合性能要求的不应使用，有疑问时需要抽样检验复核。
2. 保冷材料及其辅助材料不应在露天堆放，否则应采取防潮、防雨雪、防海雾措施。
3. 保冷层的施工应在管道强度试验、气密性实验合格以后进行。
4. 确认对需进行保冷施工的管道及其支吊架及结构附件、仪表接管部件安装完毕及检验合格。
5. 设备、管道的支吊架及结构附件、仪表接管部件均安装完毕，并根据具体情况设置硬木垫块绝热，并做好防潮处理。
6. 需保冷的设备、管道和相应的附件表面的污垢、铁锈已清除干净，涂刷防腐层。
7. 必须配备保冷层、防潮层、保护层和预制品加工的施工机具。
8. 已完成对设备、管道的安装、焊接及防腐等工序的交接手续。
9. 施工现场必须临时设置供水、供电、消防等设施，道路应通畅，且有相应的加工场地。
10. 施工单位应根据实际情况制定详细的安全操作规程，并应符合GB 50126-2008的第8章-安全技术的有关规定。

保冷层的施工

保冷层结构复杂，对于施工方法、要求及伸缩缝、膨胀间隙的留设应符合下列规定：

1. 保冷结构见附录B；
2. 施工方法
3. 保冷层采用泡沫玻璃预制品现场粘贴施工。保冷层厚度大于80mm时，应分两层施工，各层的厚度宜相近。
4. 将耐磨密封剂涂在预制品的粘合面上，或将耐磨密封剂直接涂在金属表面上，再在预制品端面、侧面涂上低温粘结剂，使得预制品与管道之间，预制品与预制品之间相互粘结。粘结时，挤出缝外的粘结剂应及时刮去，缝口用耐磨密封剂或不干胶带封缝。封缝必须挤紧、刮平、严密。
5. 粘结好的保冷层预制品，待粘结剂完全干固后，用玻璃纤维带（双层保冷层的内层）和不锈钢带（保冷层外层）绑扎，两道之间的间隔约为200mm且每块管壳上的绑扎不应少于两道。
6. 阀门等结构形状较复杂的保冷制品，宜根据具体形状在现场进行加工，尽量使保冷材料与被保冷面之间严密结合。在保冷材料与被保冷材料表面之间贴合不严密的地方，应用粘结剂充填密实。
7. 施工时的要求
8. 粘贴前须确认保冷制品的外形，棱角有明显缺陷的不应使用，小的缺陷应事先修补完整后再粘贴。
9. 立式设备或垂直管道应设置抱箍型支撑件，碳钢支撑件不应与设备或管道直接接触，支撑件的宽度应小于保冷层厚度10mm，但不小于20mm。
10. 立式设备或垂直管道的保冷层应从支撑件开始，从下而上拼装。
11. 水平管道上两块预制管壳合扣时，拼接缝宽度不应大于2mm，其纵向接缝的位置不应布置在管道垂直中心线两侧45°范围内。同层之间的纵向接缝应至少错开15°。上下层应压缝，其搭接长度宜大于100mm。见图24.
12. 方形设备的绝热层其四角角缝应做成封盖式搭缝，不应形成垂直通缝。拐角处应用不锈钢带包角后再捆扎不锈钢带。见图25.
13. 粘贴操作时，应符合下列规定：

低温粘结剂在使用前，必须进行实地试粘结。粘结剂取用后，应及时密封，并不应受冻；粘结剂的涂抹厚度，宜为2.5～3mm，并应涂满、挤紧和粘牢；连续粘贴时，应根据粘结剂的固化时间决定施工速度。泡沫玻璃制品可随粘随用卡具或橡胶带临时固定，应待黏结剂干固后拆除。

1. 保冷设备及管道的支座、吊耳、分支管、支吊架等形成冷桥的金属附件应进行延伸保冷，保冷延伸长度应不小于主体保冷层厚度的5倍或敷设至临近的分支阀门处。低温阀门加长杆的保冷延伸长度不宜高于滴水盘高度。延伸保冷层厚度不低于主体保冷层的1/2，且不小于40mm。
2. 施工后的设备保冷层，应将设备铭牌处遮盖，设备铭牌应粘贴在保护层的外表面，粘贴铭牌时不得刺穿防潮层。
3. 伸缩缝和膨胀间隙的留设
4. 为补偿管道的“冷膨胀”，管道保冷应按设计留出伸缩缝或膨胀间隙。

两固定管支吊架间水平管道保冷层的伸缩缝，至少应留设一道。弯管两端的直管段上，应各留设一道伸缩缝。当两弯管之间的间距很小时，其直管短上的伸缩缝可根据实际情况仅留设一道或不留设。三通所在管道的伸缩缝留设方法与弯管一样。

1. 立式设备或垂直管道，应在支撑件、法兰下面留设伸缩缝。

伸缩缝留设的宽度一般在20mm左右。伸缩缝内应预先清除杂质和硬块，然后填充。保冷层的伸缩缝内应用发泡型粘结剂充填严密，外面用50mm宽的不干胶带粘贴密封。在缝的外表面应再进行保冷。对双绝热层伸缩缝，每一层的伸缩缝应错开留设，错开距离应大于100mm。

1. 管道支吊架活动部位在安装保冷层时应留出适当的缺口和间隙，保证管道“冷膨胀”时，支吊架能自由移动，不至损坏保冷层。

防潮层的施工

保冷结构防潮层的施工应符合下列要求：

1. 保冷结构的防潮层由里到外分为以下三层：
2. 第一层为阻燃性沥青玛帝脂，厚度为3mm；
3. 第二层为有碱粗格平纹玻璃布，厚度为0.1～0.2mm；
4. 第三层为阻燃性沥青玛帝脂，厚度为3mm。
5. 防潮层的施工应与保冷层施工同时进行，以免保冷层受潮或损坏。
6. 设置防潮层的保冷层外表面，应清理干净，保持干燥，并应平整、均匀，不应有突角、凹坑或起砂现象。
7. 涂抹阻性燃沥青玛帝脂时，应涂满至规定厚度，其表面应均匀平整。并应符合下列规定：
8. 玻璃布的缠绕应在第一层沥青玛帝脂涂抹的同时，其环向、纵向缝搭接不应小于50mm，搭接处必须粘贴密实；
9. 垂直管道的环向接缝，应为上搭下。水平管道的纵向接缝位置应在两侧搭接，缝口朝下；
10. 待里层完全干燥后，再在玻璃布表面涂抹第三层沥青玛帝脂。
11. 防潮层必须完整严密，厚薄均匀，无气孔、无鼓泡或开裂等缺陷。
12. 设备筒体、管道上的防潮层应连续施工，不得有断开、断层现象，防潮层在封口处应形成封闭。
13. 防潮层施工后必须注意保护，严禁损坏刺伤，在保护层施工时也要避免损伤防潮层。

金属保护层的施工

金属保护层的施工应符合下列要求：

1. 金属保护层施工应防潮层施工完毕，检查合格后进行，在施工时不能破坏防潮层。
2. 金属保护层的接缝可选用搭接、咬接、插接及嵌接的形式。
3. 直管段金属保护层的外圆周长下料，应比防潮层外圆周长加长30～50mm。金属保护层环向搭接一端应压出凸筋，其环向搭接尺寸不应小于50mm。
4. 弯管与直管段上的金属保护层搭接尺寸应为30～50mm，并且搭接部位不得固定。
5. 安装保护层时，应贴紧防潮层，但严防刺破防潮层。金属保护层搭接处，不允许使用自攻螺丝从外围拧入保冷层。
6. 金属保护层的搭接位置和方向，应能防止外界液体浸入。
7. 垂直（或倾斜）管道应由下而上敷设保护层，在搭接处，位于上面的金属保护层应压在位于下面的保护层上；
8. 水平管道金属保护层的环向接缝应根据管道的坡向，由低到高地敷设保护层。其纵向接缝应布置在水平中心线下方150～450mm处，其上半壳搭在下半壳上。仅当侧面或底部有障碍物时，纵向接缝可移至管道中心线上方600mm以内。
9. 在下列位置处，金属保护层必须嵌填密封剂或在接缝处包缠密封胶带：
10. 保冷管道的直管段与其附件（如阀门、伸缩缝等）的金属保护层接缝部位；
11. 管道支吊架穿出金属护壳的部位；
12. 穿墙套管部位。
13. 直管段金属护壳膨胀缝的环向接缝部位，不应加置固定件，应做成活动接缝。金属护壳的接缝尺寸为5～10mm。
14. 管道上阀门、管支吊架和伸缩缝等外形比较复杂的部位，在安装金属保护层时，宜根据实际情况在现场临时制作金属护壳，尽量使金属护壳与防潮层之间贴合紧密。
15. 保护层施工应使保冷结构外形整齐美观。
16. 不允许在保冷结构的金属保护层的外表涂漆。
17. 严禁踩踏已安装的金属保护层或在其上堆放物品。

其他施工要求

除上述规定外，保冷结构的施工还应满足下列要求：

1. 在每次施工前，应将施工好的保冷层表面的露水、潮湿面处理干净后方可进行下一道工序施工。
2. 在施工中应注意，不要损坏施工现场的机器设备及其他管道等。
3. 在经常有人通行处的保冷层，应加防护罩，以免损坏保冷结构。
4. 在保冷施工结束后，应对因为施工而暂时而不能保冷的地方进行修补。
5. 施工结束后，必须将现场清理干净。

施工质量检查及工程验收

保冷层的施工质量检查及工程验收应符合下列要求：

1. 一般要求

保冷工程的施工质量应符合GB 50126-2008的有关规定，并满足以下规定：

1. 管道保冷工程在施工过程中及施工完毕后，应进行工序的质量检查和竣工验收；
2. 验收时，应仔细检查每一层的保冷质量。尤其是接头质量；
3. 检查各工序的施工记录和中间质量检查记录。每次验收均做出记录，并注明以完成的工程质量和有无缺陷等。并办理工序交接记录，由质量检查单位签证。
4. 质量检查的取样布点规定

管道每隔10m抽查一处（不足10m的管道应抽查一处），应在不合格处附近加倍取点复查，仍有1/2不合格时，应认定该处不合格。

管道附件（包括伸缩缝）按系统抽查20%，但不应少于5处。

1. 防腐层的检查

保冷施工前，在管道外壁上涂刷的防腐层，保冷施工结束后，在保冷层结构外保护层涂刷的防腐层和色标，均应检查是否均匀一致、漆膜是否附着牢固、有无剥落、气泡等缺陷，是否按要求做上介质色环及流向箭头，如发现不符要求处应进行修补。

1. 保冷层的质量检查

保冷层的质量检查应符合下列规定：

1. 检查保冷固定件、支撑件的安装是否正确、牢固，固定件不得穿透保冷层，支撑件不得外露。固定件、支撑件及管道支吊架部位的绝热垫块不得漏设。自锁紧板不得产生向外滑动。
2. 泡沫玻璃制品的容重检查应现场切取试样检查，容重允许偏差为+5%。
3. 用针形厚度计或钢探针或直尺检查保冷层的厚度是否达到设计要求的厚度。检查时，应在管道周围四个相对应的点上将钢探针垂直刺入，直达到管壁上，再用钢尺度量厚度，度数精度达到1mm。对于水平铺设的管道，可选择与管道轴线成水平位置的两个点来戳刺保冷层，然后测量厚度。保冷层的厚度允许偏差为±5mm。
4. 用钢尺检查拼缝的宽度，拼缝宽度不应大于5mm。
5. 应检查管道保冷结构的端部是否妨碍管道附件（如法兰、阀门等）螺栓的拆装和门盖的开启。
6. 伸缩缝的检查验收

伸缩缝的检查验收应符合下列规定：

1. 保冷层与保护层的伸缩缝和膨胀间隙，应按本技术条件的规定检查缝的位置宽度（金属护壳为搭接尺寸）、间距、膨胀方向等。
2. 施工应正确。缝内填充物的使用温度应符合要求。
3. 用尺检查伸缩缝的宽度，其允许偏差为±5mm。
4. 防潮层的质量检查

防潮层的质量检查应符合下列规定：

1. 所有接头及层次应密实、连续，无漏设和机械损伤。表面平整、无气泡、翘口、脱层、开裂等缺陷。其表面平整度偏差不应大于5mm。
2. 涂层防潮层的总厚度不应少于5mm。
3. 金属保护层的质量检查

金属保护层的质量检查应符合下列规定：

1. 用1m长靠尺和楔形塞尺检查保护层的平整度，允许局部凹凸不平度偏差不得超过4mm。
2. 金属保护层不得有松脱、翻边、豁口、翘缝和明显的凹坑。
3. 金属保护层的环向接缝，应与管道轴线保持垂直，纵向接缝应与管道轴线保持平行。设备的保护层的接缝应横平竖直。
4. 金属保护层搭接结构的方向应与管道的坡度方向一致。
5. 金属保护层的椭圆度（长短轴之差）不应大于10mm。
6. 在规定的地方不得漏贴密封剂或密封胶带。
7. 金属保护层的搭接尺寸应符合设计要求。
8. 保冷效果的测定

保冷结构完成施工和检查后应对保冷效果进行测定，并符合如下规定：

1. 在热调试过程中，当系统达到正常运行工况的温度和压力并稳定以后，施工单位应测定保冷层外表面温度及冷损失，并提出报告。
2. 施工单位可根据自身实际情况，选用适当的测试方法，按照GB/T 8174-2008的有关规定测试保冷层外表面温度及冷损失。
3. 测试报告内容至少应包括：测试时间、测试环境、测试对象、工况、测点位置布置图、测试参数、测试误差等。
4. 测试参数一般包括：保冷结构外表面温度、保冷结构外表面冷损失、环境温度、风速、管道及附件外表面温度、保冷材料热物性等其他参数。

竣工文件

保冷工程竣工后，应按GB 50126第9章的规定及时与业主或总包办理工程交接。

1. 吹扫清洗技术条件

清洁度等级及检验方法

一般规定

根据系统管道、设备的材料和表面所接触的工作介质特性，对管道和设备表面上的杂质含量提出不同的清洁要求，将清洁度要求分为A、B两类。

杂质的类别包括：

——有机物如有机防锈剂、木质、纸、纤维、涂料等；

——异物如手套、胶带、施工材料、施工工具等；

——焊接熔渣及飞溅物、金属屑、焊丝残头及类似的金属物；

——砂子、灰尘、锈蚀及类似的固体颗粒物质；

——浮锈及氧化皮；

——清洗液及水；

——油及油脂。

A类清洁度

对于A类清洁度要求的管道设备等应符合下列规定：

1. A类清洁度要求适用于与氦气或者氧气接触的管道和设备的内表面。
2. 在清洁作业完成之后，不锈钢工件表面应呈金属光泽而无热轧氧化皮、焊接或气割飞溅物、水膜、油污或油脂、疏松异物等。
3. 检查时，用脱脂无毛白布擦拭清洗后的清洁表面，擦拭物上不应有氧化皮、锈迹、油迹、及污尘等脏物，基本上能保持擦拭物本身的洁白程度，且在被擦拭表面上不应留有肉眼可见的擦布纤维和绒毛。
4. 应按照HG 20202-2014规定的检验方法进行检验，其中与氧气接触表面的表面油脂残留量应≤50mg/m2。与氦气接触表面的表面油脂残留量应≤120mg/m2。

B类清洁度

对于B类清洁度要求的管道设备等应符合下列规定：

1. B类清洁度要求适用于与其他介质（除氦气、氧气）接触的管道和设备的内、外表面及与氦气或者氧气接触管道和设备的外表面。
2. 清洁后的管道和设备表面不应存在肉眼可见的颗粒状杂质或异物。

清洁剂

通用要求

采用的清洁剂主要有压缩空气、生活用水、除盐水、工业丙酮和不锈钢酸洗钝化膏。

压缩空气

用于吹扫的压缩空气应经除油、干燥和过滤处理。压缩空气的品质应符合下列要求：

颗粒尺寸 ≤1 μm；

颗粒含量 ≤1 mg/m3；

油含量 ≤1 mg/m3；

水含量 露点-20℃。

生活用水

系统中的碳钢管道和排放管道采用生活用水进行清洗。生活用水的水质应符合下列要求：

氯离子含量 ≤25 mg/kg

氟离子含量 ≤2 mg/kg

电导率 ≤400 µs/cm

应无异味、目视透明、无浑浊、无油、无沉淀。

除盐水

在整个清洗作业中，用于清洗不锈钢管道和设备的水应采用除盐水。水质应符合表5要求：

表5 水质要求表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 级别 | |
| A级 | B级 |
| 氯离子最大含量，ppm | 0.15 | 1.0 |

表5 水质要求表（续）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 级别 | |
| A级 | B级 |
| 氟离子最大含量，ppm | 0.15 | 0.15 |
| 电导率，µs/cm | 2.0 | 20 |
| 悬浮固体最大含量，ppm | 0.1 | - |
| PH值 | 6.0-8.0 | 6.0-8.0 |
| 目视透明度 | 无浑浊、无油、无沉淀 | |

工业丙酮

工业丙酮用于清洗氦气或者氧气接触的不锈钢管道和设备的内表面。

擦洗用丙酮应符合GB/T 6026-2013标准，应采用工业丙酮中的优等品。

不锈钢酸洗钝化膏

不锈钢酸洗钝化膏用于所有不锈钢管道焊接接头（包括焊缝、熔合区和热影响区三部分）外表面的酸洗钝化。

不锈钢酸洗钝化膏应符合CB/T 3595-2013标准的规定，采用的产品分级代号为SDG-Ⅰ。

清洁前的准备

清洗程序

施工单位应根据现场实际情况，编制合理的清洗程序，程序中除满足本技术条件的要求外，还应结合工程实际，明确操作步骤、配置临时管线、接口部件、安全措施、环境保护措施等，以使清洗工作安全有序地进行。

清洗方法

在满足清洗质量要求的前提下，施工单位可根据具体情况参照GB 50235-2010第9章中的规定，选用合适的清洗方法进行清洗。

工装和材料准备

至少应配备下列材料和工具：

——合格的清洁剂；

——切割工具；

——手工装配工具：对不锈钢件的安装应采用不锈钢工具；

——适用于不锈钢件刷洗的专用刷子；

——脱脂无毛白布；

——装卸和安装工具。

包装材料

施工单位还应准备适量包装材料用于设备和管道的包装和保护，如塑料膜、堵头和胶带等。用于包装不锈钢物项的材料应满足下列要求：

——含卤素或含硫量小于0.10%（重量）；

——氯化物和氟化物的溶解过滤分离量小于50mg/kg；

——塑料膜应具有防水、防蒸汽、可热密合、耐撕扯和穿孔等特性。

清洁工作区

施工单位应以房间为界，设置满足下列要求的清洁工作区：

——有醒目的标志划出工作区的边界，并设有限的出入口；

——人员和设备的进入应予以管理，但不需系统性的控制；

——进入工作区的人员应穿干净的服装和鞋或鞋套；

——工作区内禁止饮食、吸烟和如厕；

——每天应做到工完、料净、场地清。

安装前的清洗

通用要求

所有待安装的设备、管道和管件等均要进行清洗。为管道吹扫与清洗安装的临时供水、供气管道及排放管道，应预先吹扫与清洗干净后再使用。化学清洗废液、脱脂残液及其它废液、污水的处理和排放，应符合国家现行有关标准的规定，不得随地排放。

设备的清洗

设备的清洗包括外表面及内表面的清洗，具体要求如下：

1. 设备外表面的清洗
2. 设备外表面应清除所有杂物如：焊接飞溅物、焊剂等。
3. 设备安装前应对设备外表面进行清洗。可用满足质量要求的水或压缩空气进行擦拭、冲洗或吹洗以除去尘土、污物等。如有油污，可用丙酮擦拭。
4. 清洗前应保证所有设备开孔均密闭良好的情况下，才能对设备外表面进行清洗。
5. 设备内表面的清洗

宜采用工业内窥镜通过设备开孔对设备内表面清洁度进行检查。设备到场验收时和开孔最终封闭之前，设备内部清洁度不满足设计要求时，须制定并执行相应的清洗程序（到场验收的内部清洁度不合格应在与供货商协商一致后进行）直到检查合格。

管道的清洗

管道的清洗包括外表面及内表面的清洗，具体要求如下：

1. 管道外表面的清洗

管道在安装前应将其外表面上的尘土、油污等清理干净。清洗方法同5.4.1 1条。外表面清洗，应在保证管道开口均被封密闭良好的情况下进行。

1. 管道内表面的清洗
2. 不锈钢管道的内表面可用不锈钢丝系上蘸有丙酮的脱脂无毛白布在管道内反复擦拭，直到清洁为止，然后再用除盐水将残留的丙酮冲洗干净。
3. 宜在管道弯制前进行清洗，然后封住两端进行弯制。

脱脂

管道、阀门、管件、仪表、垫片及与介质直接接触的其他附件的脱脂应符合HG 20202-2014或施工设计文件的规定；脱脂合格后的管道应封闭管口，并宜充入干燥氮气。

干燥

设备和管道外表面可用清洁的拭布揩干或者自然挥发晾干。

脱脂后，应及时将脱脂件内部的液态脱脂剂排净，严禁用蒸发干燥的方法清除残液。

设备和管道的内表面应采用60～80℃的干燥、无油的热空气吹干。

清洗后的保养

如果清洗后的设备不立即安装，首先应将所有开孔堵塞，然后用塑料膜将设备整体包装，存放在规定的区域。

如果清洗后的管道不立即安装，须立即将开口堵塞好，并用塑料膜将管道包裹起来，存放在规定的区域，除了正在连接的开口外，管道及其附件的其他开口在安装暂停时，均应堵塞。

设备和管道临时存放时，应置放于货架或垫板上，存放区应定期清洁。

安装后的清洗

总的要求

设备和管道安装完毕后，应进行清洗，防止焊条残头、布头以及金属切屑等异物留在管道和设备内。为管道吹扫与清洗安装的临时供水、供气管道及排放管道，应预先吹扫与清洗干净后再使用。

化学清洗废液、脱脂残液及其它废液、污水的处理和排放，应符合国家现行有关标准的规定，不得随地排放。具体清洗要求如下：

1. 应按系统、子系统分别进行清洗；
2. 在进行正式清洗之前，应明确以下内容：
3. 要清洗的对象；
4. 必须停止已运转、工作的系统装置；
5. 必须隔离或拆除的设备；
6. 需安装的临时装置。
7. 各子系统的清洗应在系统压力试验合格以后分别进行。

A类清洁度要求的管道的清洗

A类清洁度要求的管道清洗按以下步骤操作：

1. 管道安装后，用压缩空气对其进行直流吹洗或循环吹洗；
2. 吹扫用的空气须经除油、过滤和干燥处理；
3. 吹洗前，应将系统内的仪表加以保护。不允许吹洗的设备及管道应予以隔离；
4. 吹洗时应用锤子（不锈钢管道不得用碳钢工具直接与其接触）敲打管子，对焊缝、死角和管底等部位应重点敲打，但不得损伤管子；
5. 空气吹扫时，空气流速不小于20m/s，吹扫10分钟后无铁锈、尘土、水分及其他杂物被携带出即可。

B类清洁度要求的管道的清洗

B类清洁度要求的管道清洗按以下步骤操作：

1. 分段进行清洗，清洗顺序一般宜按主管、支管、疏排管依次进行；
2. 可选择用直流水冲洗或者在系统上装上过滤器，用循环水冲洗；
3. 清洗前，应将系统内的仪表加以保护；
4. 清洗时，管道内的杂物不应进入设备。

清洗后的保养

管道清洗后的保养按以下步骤操作：

1. 按A类清洁度要求进行清洗的管道，可以选择抽真空后充以干燥的氮气保养，或者洁净、无油的压缩空气（含尘粒径小于0.1μm，含尘浓度小于0.1mg/m3，含油量≤0.1mg/m3，露点≤-40℃），或者用热空气吹干保养。
2. 按B类清洁度要求进行清洗的管道，在清洗完毕后，用热空气吹干，并作定期检查。

其它技术要求

除上述规定外，设备管道的清洗还应满足下列要求：

1. 管道压力试验合格后，在不锈钢管道焊接接头外表面均匀涂刷2～3mm厚的不锈钢酸洗钝化膏，并保持钝化膏使用说明书规定的时间，然后将表面的钝化膏用除盐水清洗干净至冲洗水pH值呈中性后擦干水迹，以接头表面达到均匀的银白色、且无明显的锈斑、焊斑和氧化色为合格；
2. 在清洗过程中，不能损坏施工现场的机器、设备和管道等；
3. 使用丙酮进行清洗时，应加强通风，火种不得带入该区域，更不得进行动火作业。注意防火防爆；
4. 在清洗过程中，不允许设备和管道表面产生碰伤、划伤、点腐蚀及其它降低表面质量的现象；
5. 在清洗或组装、调试、封存过程中，施工人员必须穿戴专用工作服装，不允许用手直接接触被清洗的设备和管道的表面；
6. 在设备和系统施工安装时，应有专人督促，随时检查清洁度维护工作。施工现场应有专人负责日常的清扫工作，并不得使用扫把等容易扬尘的清扫工具；
7. 妥善安排现场各工种作业面及工作进度，尽量减少相互矛盾，确保设备和管道在安装期间的清洁度；
8. 清洁度检查按系统进行验收，并编制相应的清洁检查报告，记载所进行的清洁检查及其结果。

验收标准

凡有清洁度要求的设备和管道附件清洗后，应逐件检查其清洗质量。检查合格后的部件应附上清洁度检验合格证。

1. 管道和设备的清洁度检验应符合本文件6.1节的要求；
2. 用水冲洗后的管道和设备，如果用脱脂无毛白布来检查其内表面清洁度时有困难，应立即检查出口出水的pH值和电导率，以符合入口处水的相应指标为合格；
3. 用空气吹洗时，通气约10分钟，确认无阻塞物，可以为合格。

清洁度的维护

设备管道清洗后，清洁度的维护应符合下列要求：

1. 清洗、检查和包装工作应连续进行，以防沾污；
2. 清洗合格后的设备、管道及其附件，应在清洁的条件下进行运输、贮存和安装，直到完成移交；
3. 设备、管道和阀门等与外界大气相通的所有接口应采用适当方式密封；
4. 所有包扎好的物项，无论是贮存或是运输期间，均要防止封口件的脱落或损坏，更不准随意打开。如必须开封时，应在清洁的场所进行；
5. 安装过程中，不应随意拆除设备、管道和阀门等的封口件，当安装工作临时中断时，必须用清洁的封口件将各开口堵住；
6. 管道的开孔和焊接工作均应在车间内事先完成，并清洗好。如非要在安装现场进行开孔、焊接或返修时，则应采取有效措施，以防止在安装现场留下铁屑、毛刺、焊渣或油污等杂物。切割管子或钻眼扩孔，只允许采用机械方法；
7. 宜尽可能保持现场施工环境的清洁，无关物品不要保留在施工现场；
8. 在贮存和安装过程中清洁度变坏的设备和管道应重新进行清洗和检查直至合格；
9. 清洁后的设备、管道应持续保养，直至调试或投入运行。
10. 施工安全要求

进入施工现场后应执行如下安全要求：

1. 进入施工现场必须佩带安全帽，穿安全鞋；
2. 在距离地面2m以上作业必须系挂安全带/安全绳；
3. 钢平台等临边、临孔处应有适当的警示标志及防护措施；
4. 设备吊装时严格遵守国家和工程的吊装安全规定；
5. 受限空间的施工活动，应采取防窒息等安全措施；
6. 作业过程中可能吸入有害物质的作业应在室外或者通风良好的室内进行；
7. 工业丙酮和不锈钢酸洗钝化膏等化学品的存储和使用中应有相应的防护措施；
8. 在进行吹扫、气压试验时，应有专用的、有效的安全防护措施；
9. 有完善的消防制度和消防措施，消防通道必须畅通，现场有可用的灭火设备。
10. 验收

管道工程验收除了满足本文件规定的内容外，还应满足现行标准GB 50235-2010、GB 50184-2011、GB/T 50252-2018、GB 50316-2000和GB/T 20801.5-2020等的规定。氧气管道的验收还应符合GB 50030-2013的11.0.19条规定。

施工单位根据合同规定的范围完成全部工程项目后，应及时与建设单位办理交接验收手续。

工程交接验收前，建设单位应对合同范围的管道工程进行检查，以确认施工范围和内容符合合同、设计文件的规定，工程质量符合设计文件以及相关法规标准的规定。

工程交接验收前，应检查施工的下列技术文件、施工记录和报告：

管道组成件、支承件和焊接材料的产品合格证、质量证明文件或复验、实验报告。

施工检查记录和检验、实验报告，其格式应符合现行标准GB 50235-2010。应包括如下内容：

1. 管道元件检查记录；
2. 阀门试验记录；
3. 安全阀校验报告；
4. 管道弯管加工记录；
5. 管道焊接检查记录；
6. 焊缝返修检查记录；
7. 管道安装记录；
8. 管道隐蔽工程（封闭）记录；
9. 管道补偿装置安装记录；
10. 管道支吊架安装记录；
11. 管道支吊架安装完工合格证书；
12. 管道静电接地测试记录；
13. 渗透检测报告；
14. 射线检测报告；
15. 超声检查报告；
16. 管道热处理报告；
17. 管道热处理硬度检查报告；
18. 光谱分析及其他理化实验报告；
19. 安全保护装置安装检查记录；
20. 管道系统压力试验和气密性试验记录；
21. 管道系统吹扫与清洗记录；
22. 管道防腐、绝热施工检查记录。
23. 管道安装竣工图、设计修改文件及材料代用单。

无损检测和焊后热处理的管道，应在管道轴测图（竣工图）上准确表明焊缝位置、焊缝编号、焊工代号、无损检测方法、无损检测焊缝位置、焊缝补焊位置、热处理和硬度检查的焊缝位置等信息。

1. （资料性附录）  
   保温结构图
   1. 保温结构图

水平直管的单层保温结构示意图见图A.1所示；

水平直管的双层保温结构示意图见图A.2所示；

弯管的保温结构示意图见图A.3所示；

三通的保温结构示意图见图A.4所示；

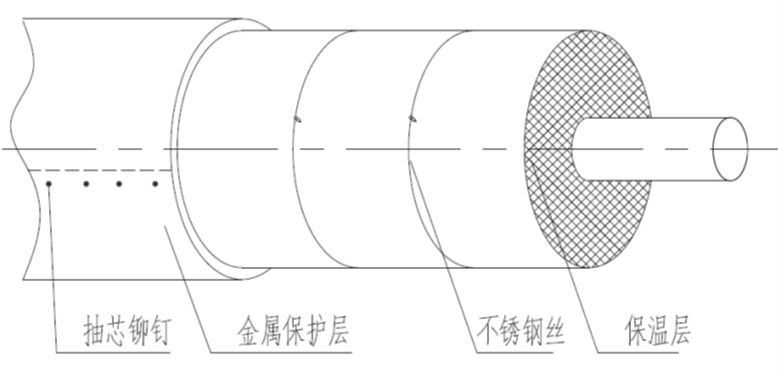
阀门的保温结构示意图见图A.5所示；

贯穿件的保温结构示意图见图A.6所示；

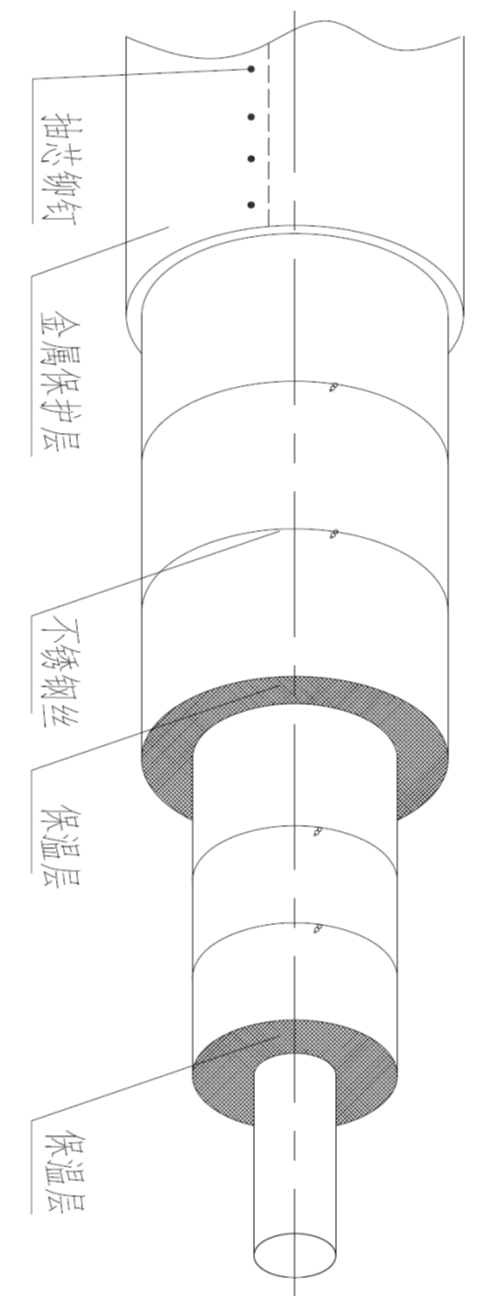
立式设备的保温结构示意图见图A.7所示；

卧式设备的保温结构示意图见图A.8所示；

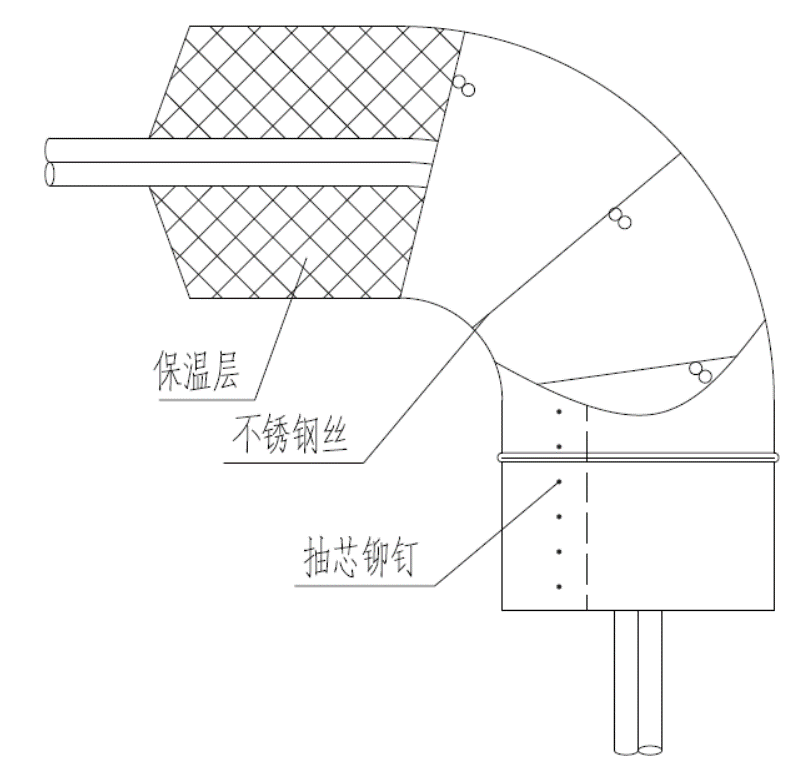
平壁设备的保温结构示意图见图A.9所示。



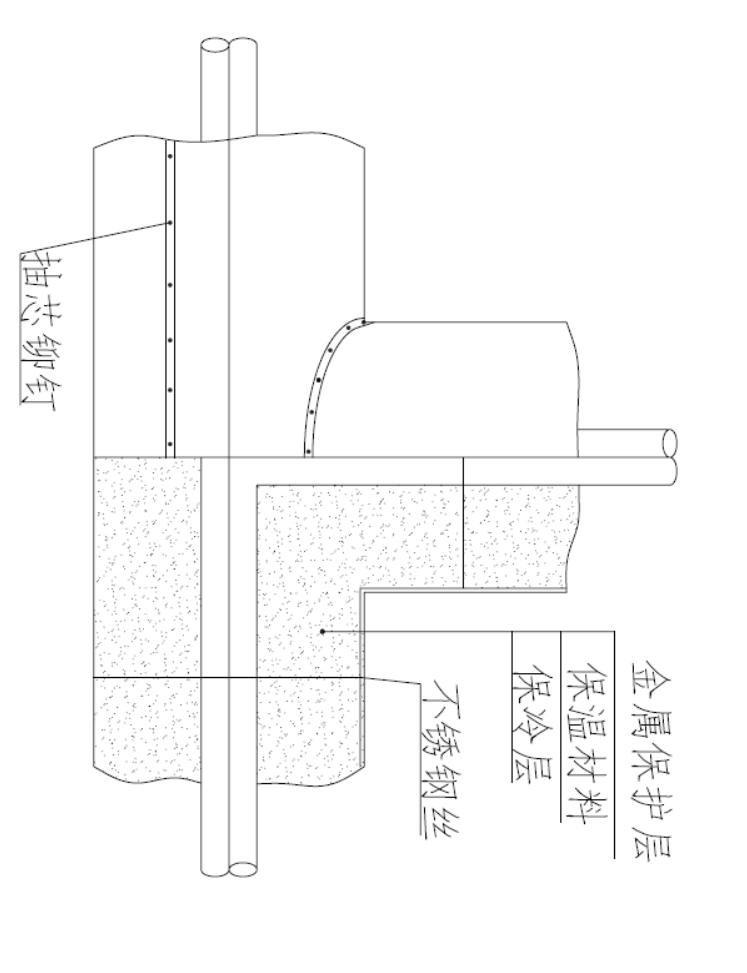
图A.1 水平直管的单层保温结构示意图



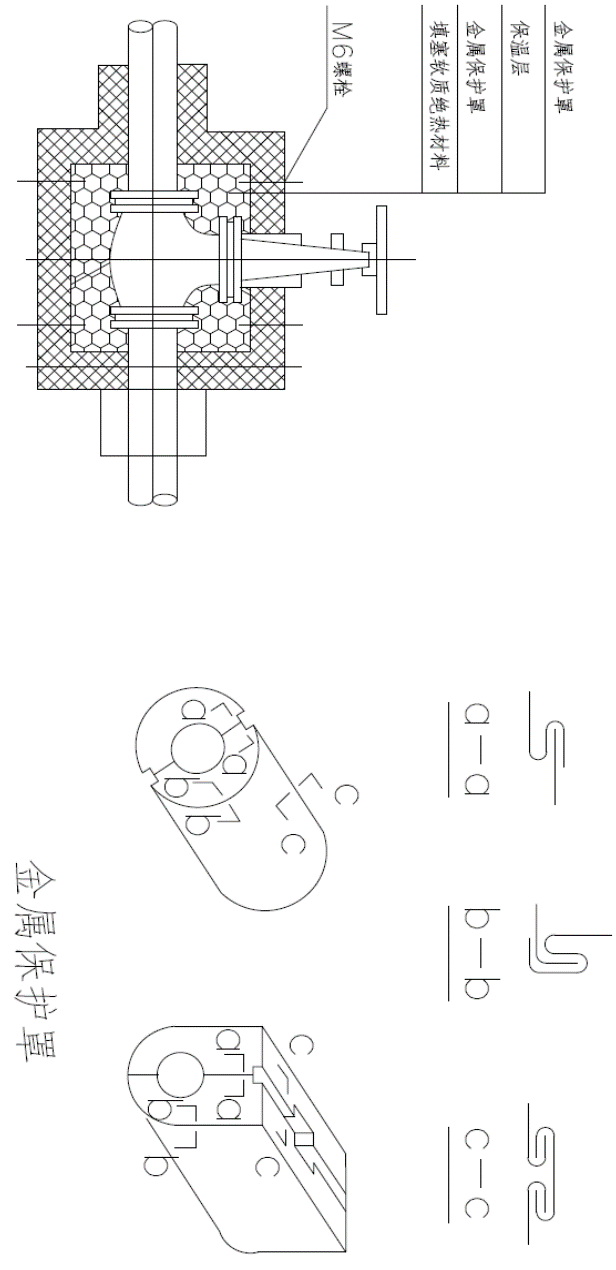
图A.2 水平直管的双层保温结构示意图



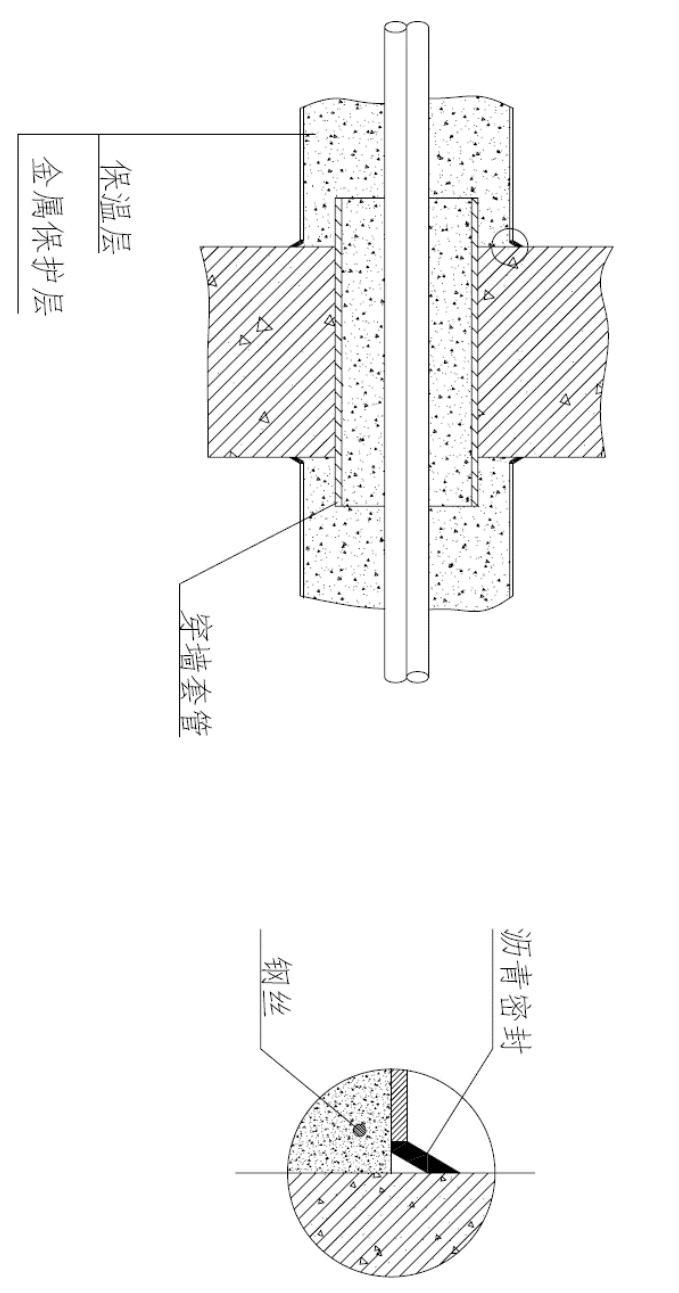
图A.3 弯管的保温结构示意图



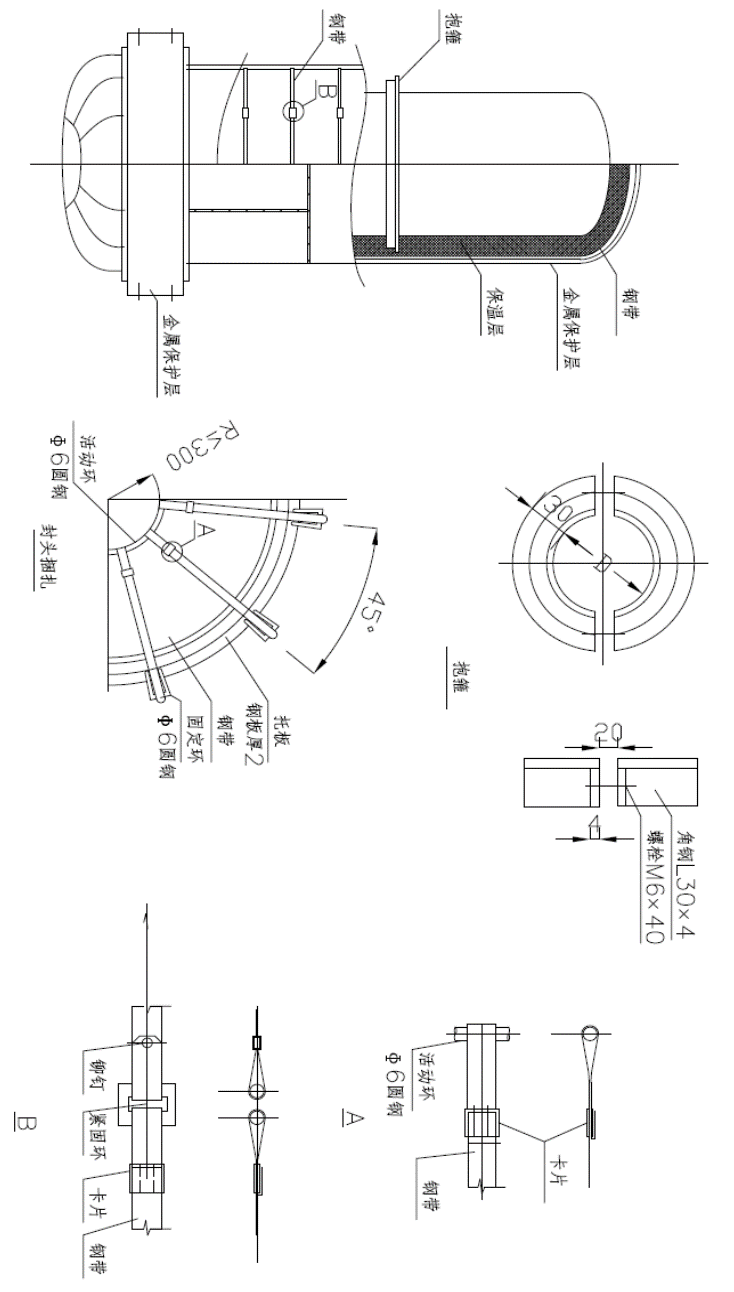
图A.4 三通的保温结构示意图



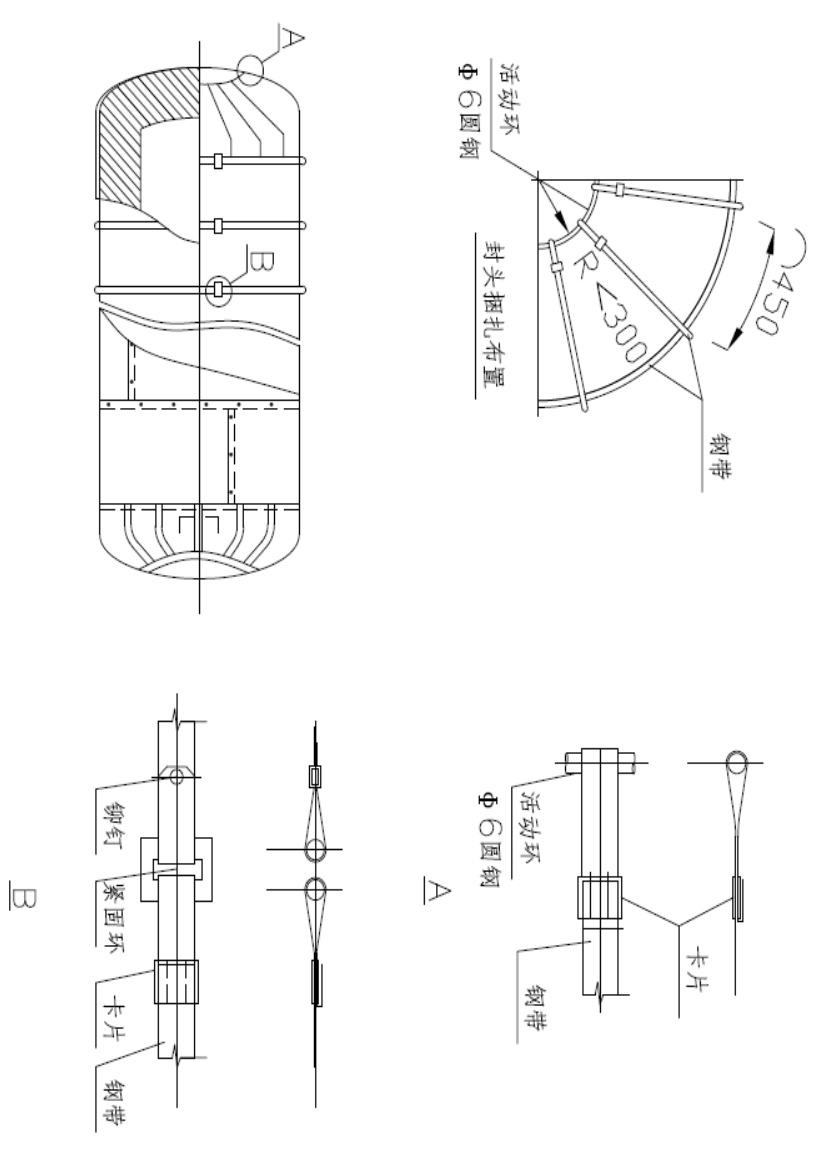
图A.5 阀门的保温结构示意图



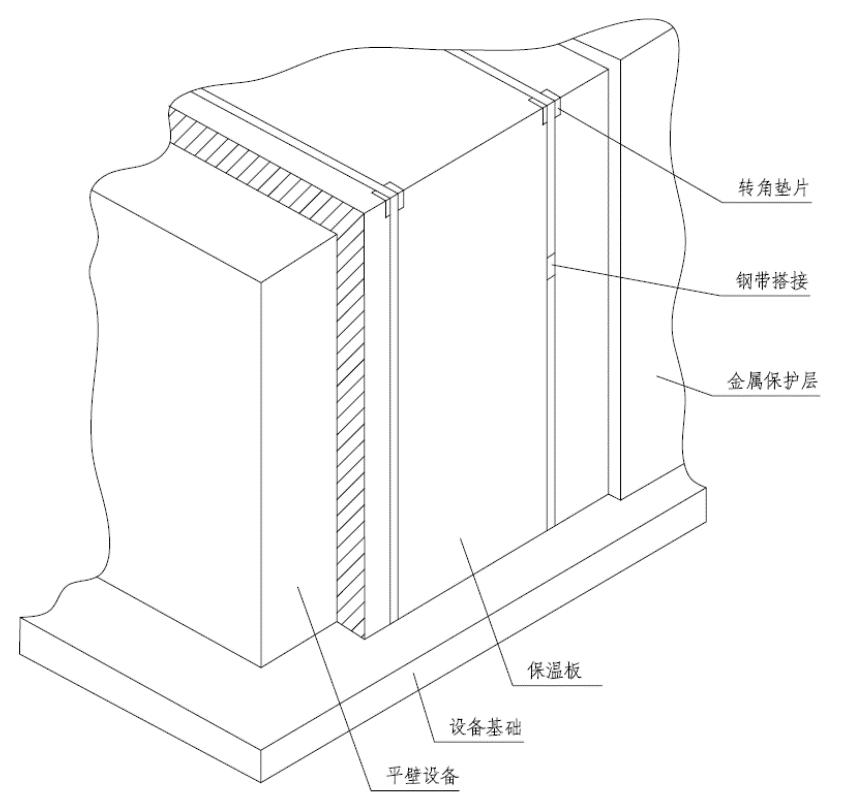
图A.6 贯穿件的保温结构示意图



图A.7 立式设备保温结构示意图



图A.8 卧式设备保温结构示意图



图A.9 平壁设备保温结构示意图

1. （资料性附录）  
   保冷结构图
   1. 保冷结构图

水平直管的单层保冷结构示意图见图B.1所示;

水平直管的双层保冷结构示意图见图B.2所示;

垂直管道的保冷结构示意图见图B.3所示;

弯管的保冷结构示意图见图B.4所示;

三通的保冷结构示意图见图B.5所示;

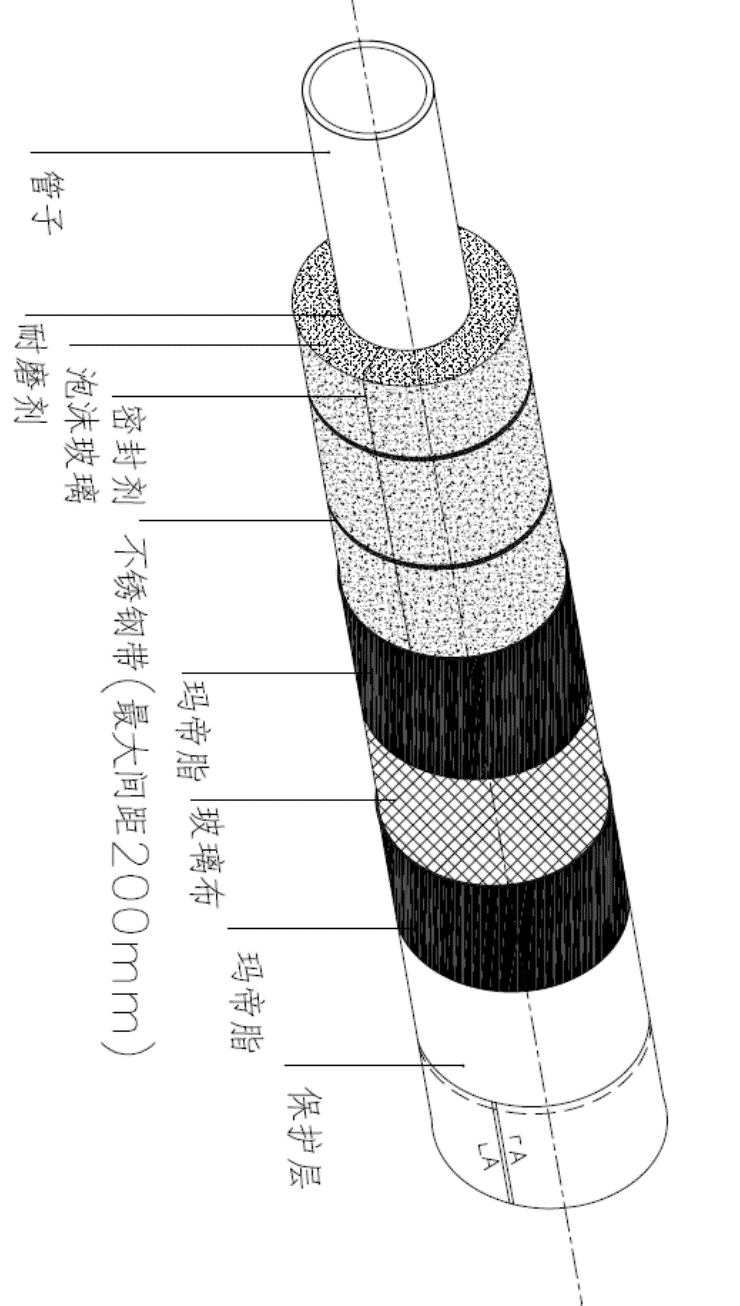
阀门的保冷结构示意图见图B.6所示;

贯穿件的保冷结构示意图见图B.7所示;

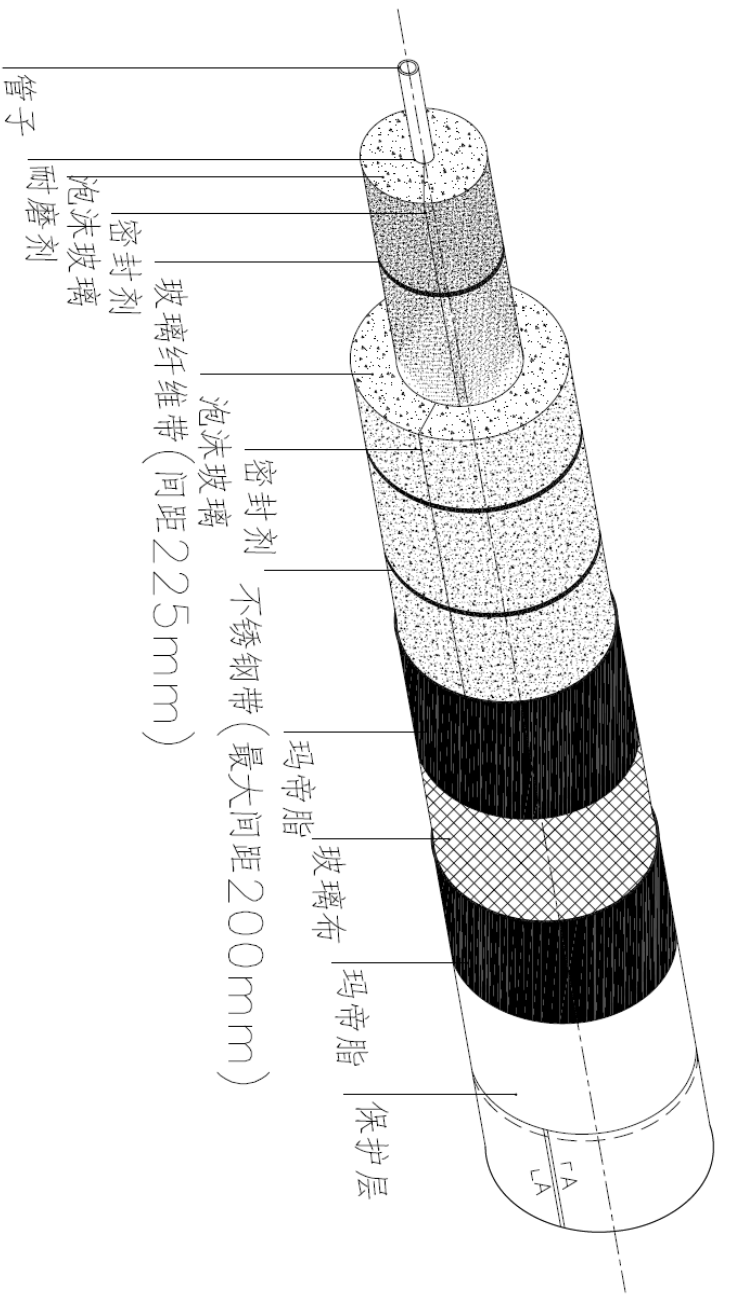
立式设备的保冷结构示意图见图B.8所示;

卧式设备的保冷结构示意图见图B.9所示;

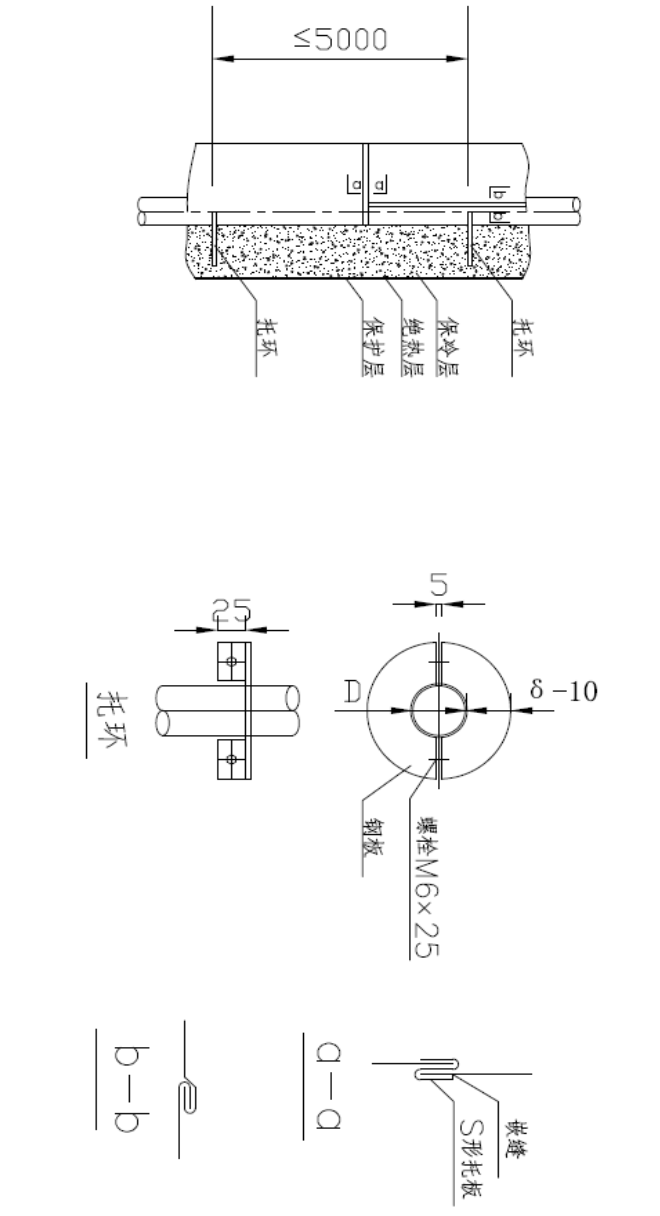
平壁设备的保冷结构示意图见图B.10所示。



图B.1 水平直管的单层保冷结构示意图

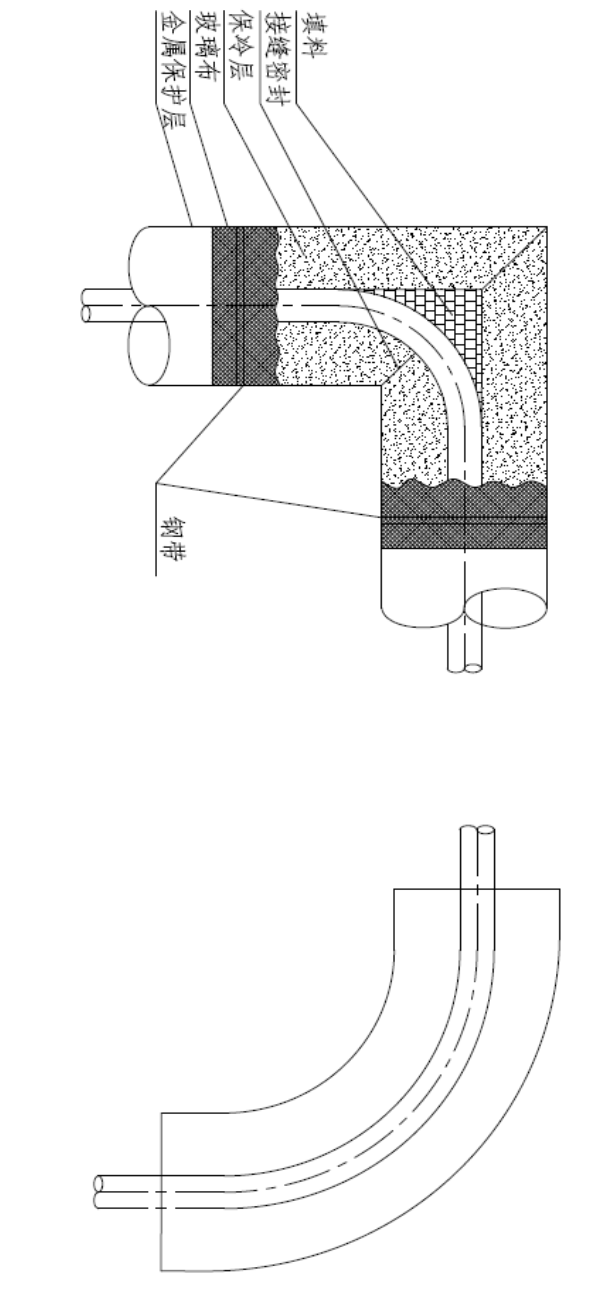


图B.2 水平直管的双层保冷结构示意图

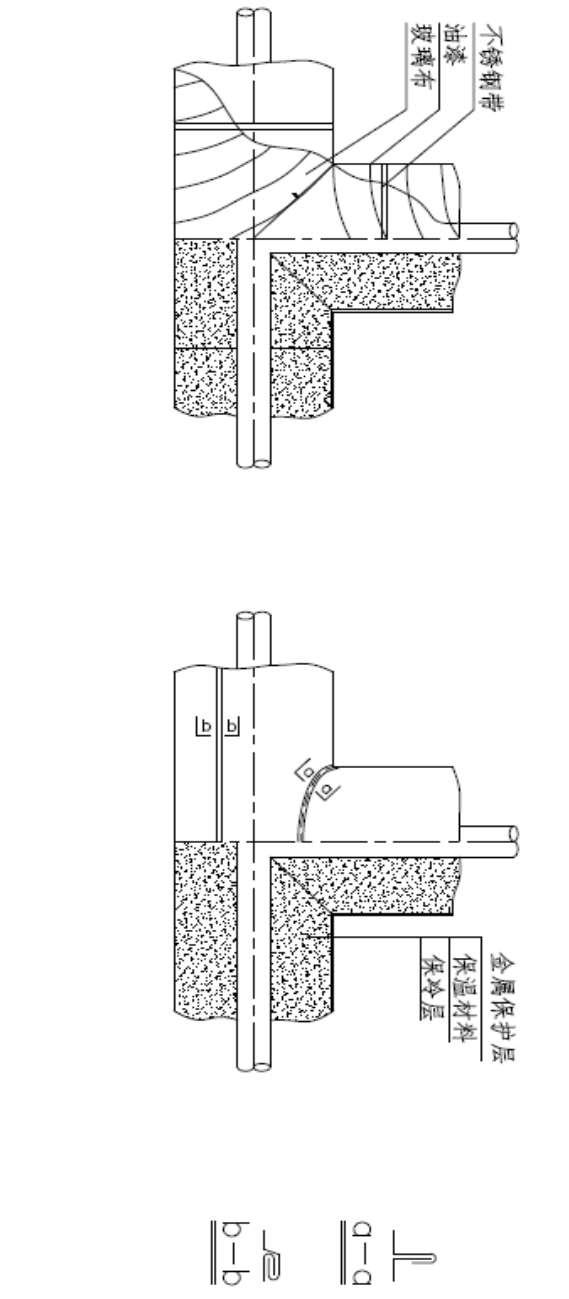


注：托环若为碳钢材料时不应直接与不锈钢管道/设备接触，中间应增加0.4mm的不锈钢板。

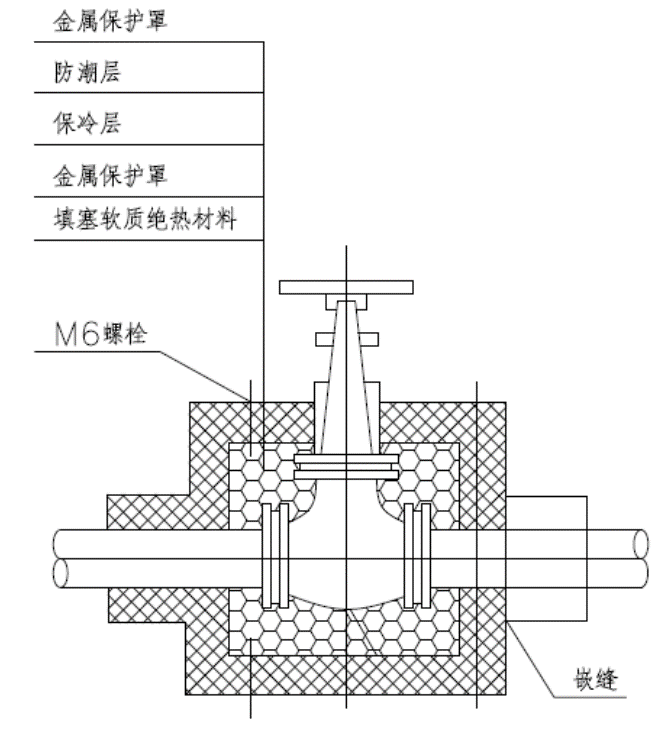
图B.3 垂直管道的保冷结构示意图

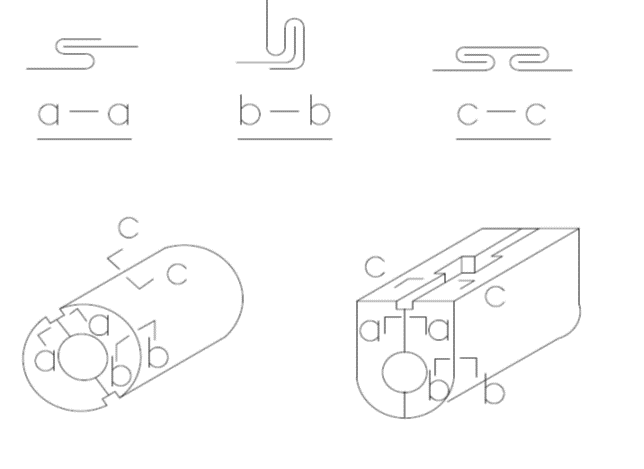


图B.4 弯管的保冷结构示意图

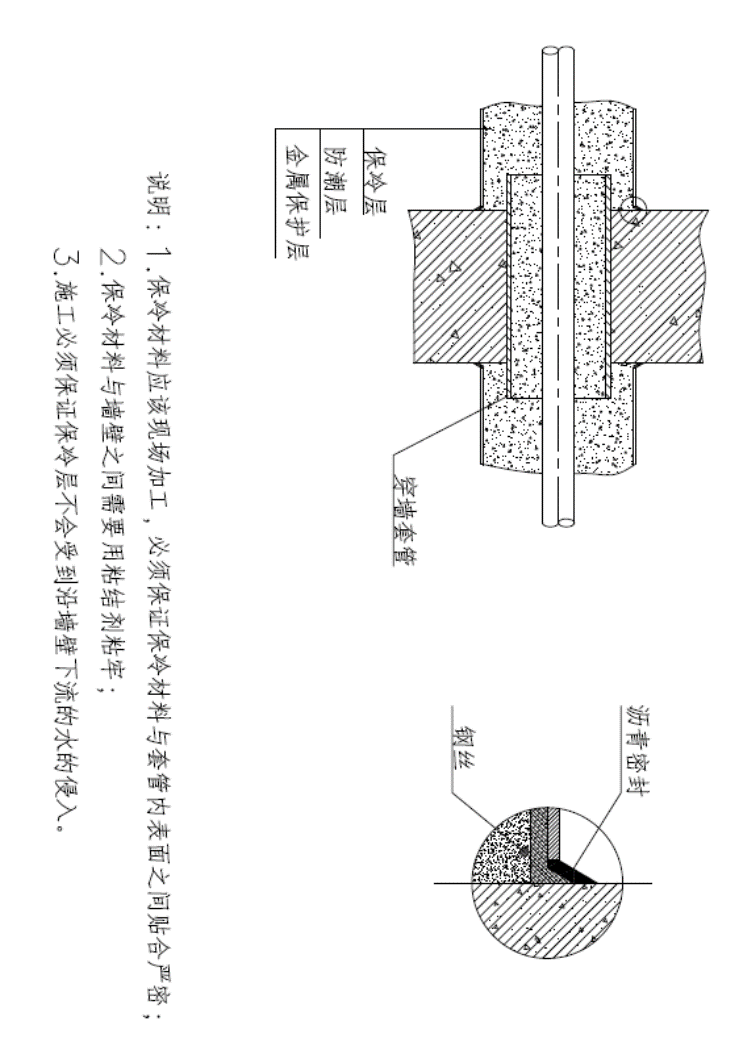


图B.5 三通的保冷结构示意图

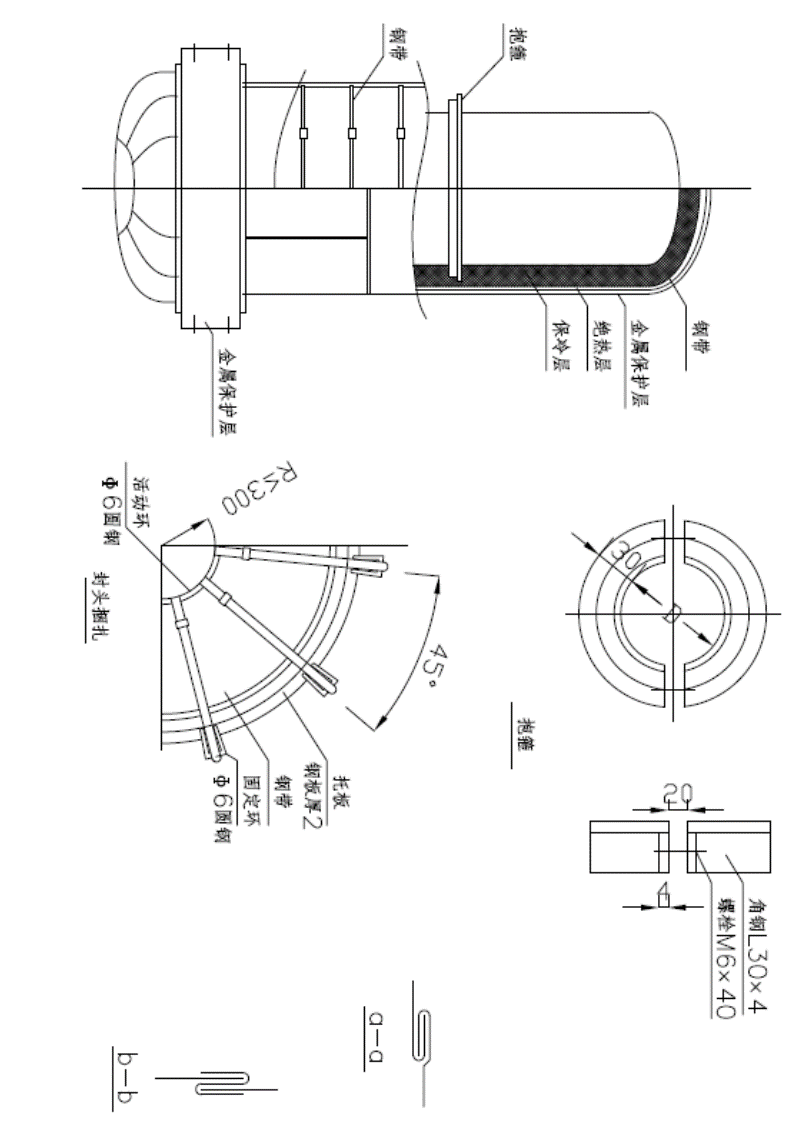




图B.6 阀门的保冷结构示意图

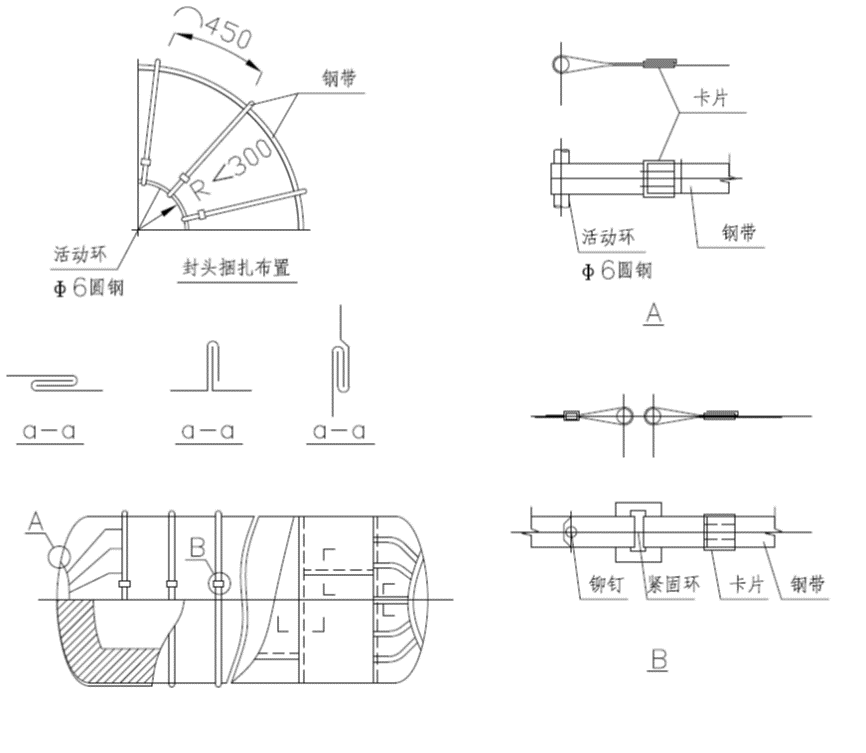


图B.7 贯穿件的保冷结构示意图

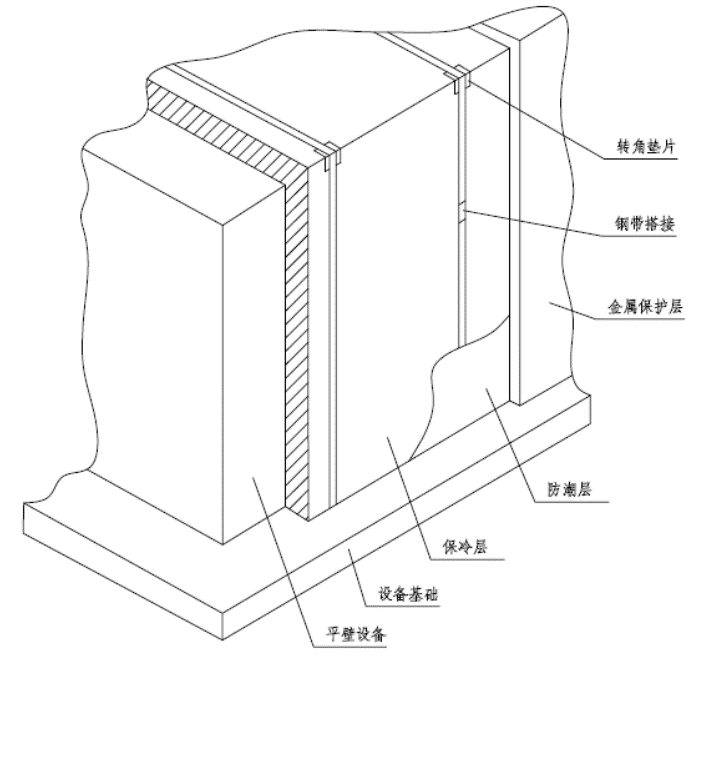


注：抱箍若为碳钢材料时不应直接与不锈钢设备接触，中间应增加0.4mm的不锈钢板。

图B.8 立式设备保冷结构示意图



图B.9 卧式设备保冷结构示意图



附图B.10 平壁设备保冷结构示意图