

 中国昆仑工程有限公司 CHINA KUNLUN CONTRACTING & ENGINEERING CORP		项目名称 Project	福建福海创石油化工有限公司芳烃装置优化节能改造项目		
		装置名称 Unit Name	芳烃装置优化节能改造		
文件号 Doc. No.	FAP302-00-MP-SP-0006	设计阶段 Design Phase	基础设计	页数 Pages	20
	01EN25001B-0000-MP-02-0004				

管道及设备绝热设计规定

P1			陈建发			2025.03
版次 REV.	说明 DESCRIPTION	编制 PRE'D	校核 CKD	审核 DISC APP.	审定 APPR.	日期 DATE

目 录

1 概述.....	3
1.1 适用范围.....	3
1.2 标准规范.....	3
2 设备和管道的绝热设计原则	4
2.1 绝热保温.....	4
2.2 绝热保冷.....	5
2.3 人身防烫保温	6
3 绝热材料及其制品	6
3.1 一般要求.....	6
3.2 保温材料及其制品	7
3.3 保冷材料及其制品	7
3.4 绝热结构辅助材料	8
4 绝热结构设计	9
4.1 绝热结构组成和形式.....	9
4.2 绝热层.....	9
4.3 防潮层.....	12
4.4 保护层.....	13
5 绝热厚度计算及绝热厚度	14
5.1 绝热厚度计算	14
5.2 地上管道绝热材料选用.....	14
5.3 绝热等级规定	16
5.4 绝热厚度表.....	17

1 概述

1.1 适用范围

1.1.1 本设计规定对福建福海创石油化工有限公司芳烃装置优化节能改造项目钢制设备和管道及附属元件的绝热工程设计。不适用于设备和管道的内绝热衬里设计和有特殊要求的管道、长输管道及临时设施绝热工程的设计，也不包括仪表、电气和通风等专业的管线。成套供货的设备及自身管道系统则由设备制造商提供或根据相关标准设计。

1.1.2 本设计规定适用的被绝热介质表面温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 标准规范

GB/T 702-2017	热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 2518-2019	连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
GB/T 3880.1~3-2012	一般工业用铝及铝合金板、带材
GB/T 4272-2008	设备及管道绝热技术通则
GB/T 8174-2008	设备及管道绝热效果的测试与评价
GB/T 8175-2008	设备及管道绝热设计导则
GB 8624-2012	建筑材料及制品燃烧性能分级
GB/T 16400-2015	绝热用硅酸铝棉及其制品
GB/T 17393-2008	覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范
GB T 34336-2017	纳米孔气凝胶复合绝热制品
GB T 39936-2021	深冷保冷用泡沫塑料
GB 50126-2008	工业设备及管道绝热工程施工规范
GB/T 50185-2019	工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范
GB 50264-2013	工业设备及管道绝热工程设计规范
SH/T 3010-2013	石油化工设备和管道绝热技术规范
SH/T 3522-2017	石油化工绝热工程施工技术规程
YB/T 5294-2009	一般用途低碳钢丝
08K507-1/08R418-1	管道与设备绝热-保温
08K507-2/08R418-2	管道与设备绝热-保冷

2 设备和管道的绝热设计原则

2.1 绝热保温

2.1.1 下列设备和管道应进行保温：

- 1 工艺生产过程要求绝热的设备和管道（含管件、阀门等）；
- 2 为减少设备和管道的热量损失，外表面温度大于 50℃者；当工艺有严格的热损失要求时，对外表面温度低于 50℃者也可以采取保温措施；
- 3 介质凝固点高于环境温度者。

2.1.2 常压立式圆桶形钢制储罐具有下列要求之一者，应进行绝热保温：

- 1 介质储存温度等于或大于 50℃时；
- 2 介质储存温度小于 50℃，储罐绝热保温后，有利于满足生产工艺要求，并有明显的经济效益时；
- 3 储存于浮顶罐、内浮顶罐的液体因降温在罐内壁产生凝结物而影响浮盘正常运行时；
- 4 储罐罐壁外侧设有加热盘管时。

2.1.3 储罐的绝热设计应与储存液体的加热方案统一考虑，并同时进行设计。

2.1.4 常压立式圆筒形钢制储罐的绝热设计应按罐壁、罐顶分别进行，并符合下列要求：

- 1 罐壁绝热厚度应按液体储存温度计算；
- 2 罐顶绝热厚度应按液面以上气体空间的平均温度计算；
- 3 液体储存温度等于或大于 120℃时，应对储罐罐顶、罐壁全部绝热。液体储存温度低于 95℃时，应仅对储罐罐壁绝热。

2.1.5 储罐罐壁的绝热层高度，应高于储存液体的设计最高液位 50mm。

2.1.6 内部温度随高度而变化的塔，其绝热保温厚度应随温度变化而变化。

2.1.7 下列设备和管道，不应进行绝热保温：

- 1 工艺要求必须裸露的设备和管道；
- 2 要求散热的设备和管道；
- 3 直接通向大气的排凝、放空、排气、排放系统、安全阀泄放管道；

4 蒸汽疏水器及其下游管线，除以下情况可以不保温：

- 1) 回水温度大于 50℃的回水热量回收系统。
- 2) 在回收冷凝水及排热量或有必要防止结冰堵塞以及图纸上另有规定者。

5 恒温型疏水阀阀前 1 米的管道不应绝热保温：

6 由于弹簧开启式安全阀开启空间要求，通常安全阀不保温，但在以下情况下可以保温或部分保温：

- 1) 有防烫要求的全封闭式安全阀，可以采取防烫措施。
- 2) 介质在环境温度下有结晶或凝固倾向，需保温至阀座位置。

7 各类管架；

8 移动部分的元件，如：移动接头和滑阀等；

9 膨胀节由于需要经常观察其是否失效，且不易做到不妨碍管系的热膨胀位移，一般要求尽量不保温，必须保温时应采用不影响管道膨胀的保温结构形式。

10 柔性元件，柔性接头、软管活接头、吹扫接头等；

11 具有耐火或绝热材料作为内衬的设备和管道，在其外部不应进行绝热保温，但必须控制金属温度的地方除外；

12 处理或通过易燃、易爆、有毒等危险物料，要求及时发现泄露的阀门、法兰处，不应设置绝热保温；

13 施工中的临时设施。

2.2 绝热保冷

2.2.1 具有下列工况要求之一者的低温设备和管道（含管件、阀门）及其附件必须保冷：

- 1 外表面温度低于环境温度，为减少冷介质在生产或输送过程中的冷量损失；
- 2 为防止在常温以下，0℃以上设备和管道外壁表面结露；
- 3 为减少冷介质在生产和输送过程中温升或气化；
- 4 低温设备及低温管道相连的低温附件需要保冷者。

2.2.2 通常操作温度在 10℃及其以下的设备和管道应采取保冷措施，设备或管道需要吸热的除外。

2.2.3 阀门的隔热保冷应该做到阀盖为止，安全阀应该做到该阀的排放口法兰一侧。

2.2.4 下列附件或突出物在没有设置中间隔热（冷）防止冷量传导设施，而要固定到管道或设备上隔热保冷时，其隔热保冷应以 4 倍保冷厚度延伸到附件或突出物上：

- 1 塔和罐的裙座或支腿；
- 2 管支架；
- 3 放空和放净管道的支线。

2.2.5 通常情况下，操作温度在 0℃ 及其以上工作的泵可不进行隔热保冷。

2.2.6 为防止工作温度在环境温度以下的设备和管道表面可能产生的凝结水对电气造成危害、设备损坏、对操作人员操作造成影响或引起不适的设备和管道，应根据工艺、防结露和经济性的要求进行防结露隔热保冷。

2.3 人身防烫保温

2.3.1 当表面温度超过 60℃ 时，需要经常维护而又无法采取其他防烫措施的不保温设备和管道，应在下列范围内设置防烫伤保温：

- 1 距离地面或工作平台高度在 2.1m 以内。
- 2 靠近操作平台，水平距离小于 0.75m 以内。

2.3.2 为防止高温设备和管道散热对周围环境的影响。

3 绝热材料及其制品

3.1 一般要求

3.1.1 应有随温度变化的导热系数方程式或图表。

3.1.2 应能耐受介质温度。

3.1.3 吸湿后应不变形。

3.1.4 化学性能应稳定，应不腐蚀设备和管道表面。

3.1.5 用于奥氏体不锈钢设备或管道的绝热材料，其氯化物、氟化物、硅酸盐、钠离子的含量应符合现行国家标准《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》GB/T 17393 的有关规定。

3.1.6 所选择材料及其制品的各项技术性能，应由指定的检测机构按国家有关标准的规定测定合格。

3.1.7 pH 值不应小于 8。

3.1.8 绝热材料及其制品，必须具有产品质量检验报告和出厂合格证，其规格、性能等技术指标符合相关技术标准及本设计文件的规定。

3.1.9 绝热材料及其制品应具有安全使用温度和耐燃烧性能（不燃性、难燃性、可燃性）数据。必要时，尚应提供防潮性能（吸水性、吸湿性、防水性）、线膨胀率或收缩率、抗压强度、腐蚀或抗腐蚀性、化学稳定性、热稳定性、渣球含量、纤维直径等的测试报告。

3.2 保温材料及其制品

3.2.1 在平均温度为 70℃时，保温材料的导热系数不应大于 0.080W/m·℃。

3.2.2 硬质绝热制品的密度不得大于 240kg/m³，半硬质绝热制品的密度不得大于 200kg/m³，软质绝热制品的密度不得大于 200kg/m³。

3.2.3 对于硬质无机成型保温制品其抗压强度不得小于 0.4MPa，对于有机成型保温制品其抗压强度不得小于 0.2MPa。

3.2.4 保温材料的含水率不得大于 7.5%（质量比，下同）、憎水率不得小于 98%，软质保温材料的回弹率不得小于 90%。

3.2.5 复合硅酸盐制品应尽量选用离心法制作的产品。

3.3 保冷材料及其制品

3.3.1 用于保冷的泡沫塑料及其制品在平均温度为 25℃时的导热系数不应大于 0.044W/(m·K)。

3.3.2 用于保冷的泡沫塑料制品的密度不应大于 60kg/m³。

3.3.3 对于硬质无机成型保冷制品其抗压强度不得小于 0.3MPa，对于有机成型保冷制品其抗压强度不得小于 0.15MPa。

3.3.4 阻燃型保冷材料及其制品的氧指数不应小于 30（不燃）。

3.3.5 保冷材料应选用闭孔结构的自熄型非纤维类制品。

3.3.6 I 类泡沫玻璃制品在平均温度为 25℃时的导热系数不应大于 0.045 W/(m·K)，II 类泡沫玻璃制品在平均温度为 25℃时的导热系数不应大于 0.064 W/(m·K)，密度不应大于 180 kg/m³，体积吸水率不应大于 0.5%。

3.4 绝热结构辅助材料

3.4.1 防潮层材料的质量要求：

- 1 防潮层抗蒸汽渗透性好，防潮、防水性强，吸水率不应大于 1%；
- 2 应阻燃、自熄，火焰离开后能在 1~2s 内自熄，其氧指数不小于 30（不燃）；
- 3 密封及粘接性能好，20℃时粘接强度不应小于 0.15MPa；
- 4 有一定的耐温性，软化温度不低于 65℃，夏季不软化、不起泡、不流淌。有一定的抗冻性，冬季不脆化、不开裂、不脱落；
- 5 化学性能稳定，挥发物不大于 30%，无毒且耐腐蚀，不对保冷层和保护层材料产生腐蚀或溶解作用；
- 6 在气候变化与振动情况下仍能保持完好的稳定性；
- 7 干燥时间短，在常温下能使用，施工方便；
- 8 材料对人体应无害；
- 9 耐大气腐蚀及生物侵袭，不得发生虫蛀和霉变现象。

3.4.2 马蹄脂应符合以下要求：

- 1 阻燃性：施工时无引火性，干燥后具有阻燃性，离开火源 1 秒钟自熄。
- 2 耐热性：在 95℃温度下 45 度斜搁 4 小时，温度升到 120℃下 45 度斜搁 1 小时无流淌起泡现象。
- 3 粘结力：20℃ 2.5kg/cm²。
- 4 延伸率：3%。

3.4.3 保护层材料的质量要求：

- 1 保护层材料应选择强度高，在使用的环境温度下不得软化、不得脆裂，且应抗老化，其使用寿命不得小于设计使用年限；

2应具有防水、防潮、耐大气腐蚀、化学稳定性好等性能，不腐蚀绝热层或防潮层；

3采用不燃或阻燃性材料；储存或输送易燃、易爆物料的设备及管道，以及与此类管道架设在同一支架或相交叉处的其他管道，其保护层必须采用不燃性材料；

4外观美观无毒，并应便于施工；

5金属保护层的表面涂料应具有防火性能。

4 绝热结构设计

4.1 绝热结构组成和形式

4.1.1 保温结构应由保温层和保护层组成，在保温结构中保护层可以兼作防潮层。

4.1.2 保冷结构应由保冷层、防潮层和保护层组成。对于地沟内的管道的保温结构，也需要防潮层。

4.1.3 法兰、阀门、人孔等需拆卸检修的部位，宜采用可拆卸的绝热结构；设备筒体、管段等无需检修的部位，宜采用固定绝热结构。

4.1.4 公称直径 $DN \geq 350$ 管道采用硬质绝热材料时，绝热结构由多瓣组成。

4.1.5 管道的绝热材料，公称直径 $DN \leq 300$ 时采用保温管壳；公称直径 $DN \geq 350$ 时采用保温毡。

4.1.6 伴热管道保温管壳公称直径的选择不仅与被伴热管的直径有关，还受到伴热管数量和直径的限制。

1伴热管公称直径之和与被伴热管公称直径之比 ≤ 0.50 ，可以选用大一档公称管径的管壳或使用保温毡。

2伴热管公称直径之和与被伴热管公称直径之比 > 0.50 ，可以选用大二档公称管径的管壳或使用保温毡。

4.1.7 对于硬质绝热材料，在施工中应预留适当的伸缩缝。伸缩缝间应填塞与硬质材料厚度相同、耐温性能和导热系数相近的软质绝热材料。伸缩缝按第 4.2.8 节执行。

4.2 绝热层

4.2.1 绝热结构应有一定的机械强度，不因受自重或偶然外力作用而破坏。对有振动的设备与管道的绝热结构，应进行加固。

4.2.2 绝热结构一般不考虑可拆卸性，但需要经常维修的部位宜采用可拆卸绝热结构。

4.2.3 绝热层厚度以 5mm 为单位进行分档。硬质绝热材料制品最小厚度为 30mm。

4.2.4 除浇注型和填充型外，在无其他说明的情况下，绝热层应按下列规定：

1 绝热层总厚度 $\delta \geq 80\text{mm}$ 时应分层敷设；

2 当内外层采用同种绝热材料时，内外层厚度宜近似相等；

3 采用同层错缝，内外层压缝方式敷设。内外层接缝应错开 100~150mm。

4 水平安装的管道和设备最外层的纵缝拼缝位置应尽量远离垂直中心线上方。纵向单缝的缝口朝下。

5 保冷管道和设备的支座等凸出部位应按上述分层规定进行保冷，其保冷层长度为保冷层厚度的 4 倍或至垫座底部，并先于管道和设备主体部位施工。

4.2.5 对立式设备，管道和平壁面以及立卧式设备的底面，其上的某些绝热结构，应设支承件。其支承件的设计，应符合下列规定：

1 支承件的承面宽度应小于绝热层厚度 10~20mm；

2 支承件的间距应符合下列规定：

1) 立式设备和管道，包括水平夹角大于 45° 的管道，支承件的间距：保温时，平壁为 1.5~2m；保温圆筒，在高温介质时为 2~3m，在中低温介质时为 3~5m；

2) 卧式设备应在水平中心线处设支承架，承受背部及兜挂腹部绝热层；

3 立式圆筒绝热层可用环形钢板，管卡顶焊半环钢板，角铁顶面焊钢筋等做成的支承件支承；

4 设备底部封头可用封头与圆柱体相切处附近设置的固定环或设备裙座周边线处焊上的保温钉来支承绝热层；对有振动或大直径底部封头，可用在封头底部点阵式布置螺母或带环销钉来兜贴绝热层；

5 支承件的位置应避开法兰、配件或阀门，对立管及设备，支承件应设在阀门、法兰等的上方，其位置不应影响螺栓的拆卸；

6 不锈钢与合金钢设备管道上的支承件，宜采用抱箍型结构；

7 凡施焊后必须热处理的设备上的焊接型支承件应在设备制造厂预焊。

4.2.6 钩钉和销钉设置应符合下列规定：

1 保温层用钩钉、销钉，宜用 $\Phi 3 \sim \Phi 6\text{mm}$ 的低碳圆钢制作，对软质绝热材料时应采用下限；

1) 硬质材料保温钉之间距 $300 \sim 600\text{mm}$ ，且钉宜根据制品几何尺寸设在缝中做攀系绝热层的柱桩之用；

2) 软质材料保温钉之间距不宜大于 350mm ；每平方米面积上钉的个数为：侧面不宜少于 6 个，底部不宜少于 8 个；

2 对有振动的情况，钩钉应适当加密；

3 第 4.2.5 条支承件已满足承重及固定绝热层要求时，可不再设钩钉；

4 钩、钉预焊应符合第 4.2.5 中的第 8 款规定。

4.2.7 捆扎件结构应符合下列规定：

1 保温层捆扎结构应符合下列规定：

1) 保温结构中一般采用镀锌铁丝、镀锌钢带作保温结构的捆扎材料；

2) $\text{DN} \leq 300\text{mm}$ 的管道和设备，用 $\Phi 1.2\text{mm}$ 双股镀锌铁丝捆扎；

3) $300 < \text{DN} \leq 600\text{mm}$ 的管道和设备，用 $\Phi 1.6\text{mm}$ 双股镀锌铁丝捆扎；

4) $600 < \text{DN} \leq 1000\text{mm}$ 的管道和设备，用 $12\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 镀锌钢带捆扎；

5) $\text{DN} > 1000\text{mm}$ 的管道和设备，用 $20\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 镀锌钢带捆扎；

6) 捆扎间距： $200 \sim 400\text{mm}$ （软质材料宜靠下限）。每块绝热材料至少要捆扎两道；

7) 管道双层、多层保温时应逐层捆扎，内层可采用镀锌钢带或镀锌铁丝捆扎。大管道外层应用镀锌钢带捆扎。设备双层保温时，内外均应采用镀锌钢带捆扎；

2 保冷层捆扎应符合下列规定：

1) 保冷层捆扎应以不损伤保冷层为原则，采用不锈钢带材料；多层保冷时的内层应逐层捆扎，捆扎材料宜采用不锈钢带或纤维加强塑料带；

2) $D1 \leq 300\text{mm}$ 管道的内保冷层，用 12mm 纤维加强塑料带捆扎；

3) $300 < D1 \leq 1000\text{mm}$ 设备及管道的内保冷层，用 12×0.5 不锈钢带捆扎；

4) $D1 \leq 1000\text{mm}$ 设备及管道的外保冷层，用 12×0.5 不锈钢带捆扎；

5) $D1 > 1000\text{mm}$ 的设备及管道，应用 20×0.5 不锈钢带捆扎；

3 设备封头的各层捆扎，可利用活动环和固定环呈辐射型固定；

4 严禁用螺旋缠绕法捆扎；

5 对有振动的情况，应适当加强捆扎；

4.2.8 绝热层的伸缩缝设置应符合下列规定：

1 绝热层为硬质制品时，应留设伸缩缝。伸缩缝的扩展或压缩量宜按《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 有关规定计算，但伸缩缝的宽度不宜小于 20mm 并采用软质绝热材料将缝隙填平，填充材料的性能满足介质温度要求。

2 伸缩缝间距：直管或设备直段长每隔 3.5~5m 即应设一伸缩缝(中低温宜靠上限，高温和深冷宜靠下限)。

3 伸缩缝应设置在支吊架处及下列部位：

- 1) 立管、立式设备的支承件（环）下或法兰下；
- 2) 水平管道、卧式设备的法兰、支吊架、加强筋板和固定环处或距封头 100~150mm 处；
- 3) 弯头两端的直管段上应各留一道伸缩缝。当两弯头之间的间距较小时，其直管段上的伸缩缝可根据介质温度确定仅留一道或不留设；
- 4) 管束分支部位。

4 多层绝热层伸缩缝的留设，应符合下列规定：高温保温层各层伸缩缝必须错开，错缝间距不宜大于 100mm，且在外层伸缩缝外进行再保温。

4.2.9 当被绝热设备或管道材质为不锈钢时，绝热结构中的镀锌辅材不得与被绝热设备或管道接触。

4.3 防潮层

4.3.1 设备和管道的保冷层外表面、管沟内敷设管道的保温层外表面，应设防潮层。

4.3.2 在环境变化与振动情况下，防潮层应能保持其结构的完整性和密封性。

4.3.3 防潮层不得设置铁丝、钢带等硬质捆扎件。

4.3.4 防潮层材料应选择具有良好抗蒸气渗透性、防水性和防潮性，且其吸水率不大于 1.0% 的材料。

4.3.5 防潮层材料必须阻燃，其氧指数不应小于 30%。

4.3.6 涂抹型防潮层材料，20℃粘结强度不应小于 0.15MPa，其软化温度不应低于 65℃，挥发物不得大于 30%。

4.3.7 防潮层选用应符合表 4.3.7 的规定：

表 4.3.7 防潮层材料选用

类型	防潮层厚度	防潮层材料
主防潮层	3 mm	第一层：阻燃型石油沥青马蹄脂
	0.2 mm	第二层：有碱粗格平纹玻璃布
	3 mm	第三层：阻燃型石油沥青马蹄脂
次防潮层	≥50 μ m	双层聚酯薄膜中间夹铝箔

4.4 保护层

4.4.1 保护层设计，应符合下列要求：

1绝热结构外层，应设置保护层。保护层结构应严密牢固，在环境变化与振动情况下，不渗水、不裂纹、不散缝、不坠落；

2选用金属材料作为保护层，金属保护层不需涂防腐涂料；

3本项目设备和管道采用防锈铝合金薄板(GR.3003)作为保护层。有防火要求的管道绝热保护层应采用不锈钢薄板作为保护层。

4.4.2 金属保护层厚度，应符合表 4.4.2 的规定：

表 4.4.2 常用金属保护层厚度(mm)

类别 保护层材料	管道		设备	立式储罐罐壁 (DN≥3000) 及需要 增加刚度的保护层	可拆卸结构
	DN≤700	DN>700			
铝合金薄板 (GR. 3003)	0.6	0.8	1.0	1.0	0.8

注：1. 铝合金薄板执行《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880.1~3。

4.4.3 金属保护层接缝，可根据具体情况选用搭接、插接或咬接型式，并符合下列规定：

1硬质绝热制品金属保护层施工时，不应损坏里面制品及防潮层；

2垂直安装的保护层应有防坠落措施；在水平管道上搭接或插接的保护层环缝，不宜使用自攻螺钉或抽芯铆钉固定；

3金属保护层应有整体防（雨）水功能。对水易渗透进绝热层的部位，应用玛蹄脂

4.4.4 用金属做保护层时，保温层的表面应平整、干燥。

5 绝热厚度计算及绝热厚度

5.1 绝热厚度计算

5.1.1 为减少保温结构散热损失的保温层厚度应按“经济厚度”的方法计算，并且其散热损失不得超过表 5. 1. 1-1 或表 5. 1. 1-2 的数值。只有在用“经济厚度”的方法计算无法满足本条规定或无法使用“经济厚度”公式时方可按允许散热损失计算。

表 5.1.1-1 季节运行工况允许最大散热损失值

设备、管道及其附件	323	373	423	473	523	573
外表面温度/K(℃)	(50)	(100)	(150)	(200)	(250)	(300)
允许最大散热损失值/(W/m ²)	104	147	183	220	251	272

表 5.1.1-2 常年运行工况允许最大散热损失值

设备、管道及其附件	323	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823
外表面温度/ K(℃)	(50)	(100)	(150)	(200)	(250)	(300)	(350)	(400)	(450)	(500)	(550)
允许最大散热损失值/ (W/m ²)	52	84	104	126	147	167	188	204	220	236	251

5.1.2 防烫绝热层厚度：按表面温度法计算。

5.1.3 工艺介质管道可以采用伴热的方式防止介质流动不畅，公用工程介质管道可以采用设置绝热层的方法延迟冻结的产生。

5.1.4 绝热层厚度符合第 4. 2. 4 节分层要求，且内外层采用不同绝热材料时计算原则：可按《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 中 5. 6 的公式计算内外层交界处的界面温度，再以经济厚度法计算外绝热层厚度。

5.2 地上管道绝热材料选用

5.2.1 保温材料选用

设计温度在 20℃至 400℃之间时，管道保温使用硅酸铝棉制品；设计温度大在 400℃至 550℃之间时，管道保温使用纳米气凝胶毡+硅酸铝棉毯保温结构。

设备保温和管道防烫使用硅酸铝棉制品。保温材料除应满足第 3 章的相关要求外，

还需满足：

1 硅酸铝棉及其制品应符合：《绝热用硅酸铝棉及其制品》GB/T 16400。

2 纳米气凝胶毡应符合：《纳米孔气凝胶复合绝热制品》GB/T 34336。

3 保温材料选用见下表：

表 5.2.1 保温材料选用表

材料名称	使用密度 kg/m ³		推荐使用温 度℃	常温导热系 数 λ_0 W/m·K	导热系数参考方程 λ W/m·K		抗压 强度 MPa
硅酸铝棉及其制品	毡(1号)	≤200	≤800	≤0.044 (70℃时)	注 2	$\lambda_{500} \leq 0.161$	符合 GB/T 16400
	板、管壳	≤220	≤1000			$\lambda_{500} \leq 0.153$	
纳米气凝胶	200±10		≤550	0.025 (25℃时)	$\lambda = 0.02996 - 6.13554 \times 10^{-5} \times t_m + 6.7226 \times 10^{-7} \times t_m^2$		—

注 1：绝热材料内外表面温度的算术平均值为 t_m

注 2：当 $t_m \leq 400^\circ\text{C}$ ： $\lambda_L = \lambda_0 + 0.0002(t_m - 70)$ ，当 $t_m > 400^\circ\text{C}$ ： $\lambda_H = \lambda_L + 0.00036(t_m - 400)$ 。

4 硅酸铝棉渣球含量≤16%，抗拉强度≥0.04MPa，Al₂O₃含量≥40%，憎水率≥98%，质量吸湿率≤5%。在供货时，需提供这些性能的检验报告。

5 硅酸铝棉按《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 达到 A 级不燃，对设备和管道表面无腐蚀，浸出液离子含量应符合 GB/T 17393 的要求，覆盖奥氏体不锈钢不腐蚀。

5.2.2 硅酸铝棉毡为软质保温材料，硅酸铝管壳为硬质保温材料。

5.2.3 保冷材料选用：

介质温度在 0℃至 20℃之间时，保冷使用阻燃型硬质聚氨酯泡沫塑料制品。保冷材料除应满足第 3 章的相关要求外，还需满足：

1 聚氨酯泡沫塑料制品：《深冷保冷用泡沫塑料》GB/T 39936 要求；

2 保冷材料选用见表 5.2.3。

表 5.2.3 保冷材料选用表

材料名称	使用密度 kg/m ³	推荐使用温 度℃	常温导热系数 λ_0 W/m·K	导热系数参考 方程 λ W/m·K	抗压强度 MPa
硬质聚氨酯泡沫塑料制品 PUR	45~55	-65~+80	≤0.023(25℃)	注 1	≥0.2

注 1： $\lambda = \lambda_0 + 0.000122(t_m - 25) + 3.51 \times 10^{-7}(t_m - 25)^2$ ， $-80^\circ\text{C} \leq t_m \leq 100^\circ\text{C}$

3 聚氨酯（PUR）泡沫制品的抗压强度不得小于 0.2MPa，闭孔率不得小于 90%，体积吸水率不得大于 5.0%。水蒸气透湿系数不得大于 $6.5 \times 10^{-9} \text{g}/(\text{Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ 。

5.2.4 必须选用符合 5.2 要求绝热材料，但选择不在 5.2 中其他材料时，需另行说明并单独批准。

5.3 绝热等级规定

5.3.1 绝热等级代号

图纸上以 H 表示保温；ST 表示蒸汽伴热；PP 表示防烫；C 表示保冷。

5.3.2 绝热材料厚度

1 代号 H, ST（操作温度 $\leq 400^\circ\text{C}$ ），管道绝热厚度见表 5.4.1。

2 代号 H（操作温度 $> 400^\circ\text{C}$ ），管道绝热厚度见表 5.4.2。

3 代号 PP，管道绝热厚度见表 5.4.3。

4 代号 C，管道保冷厚度见 5.4.4。

5 设备绝热厚度 H, PP, C 见表 5.4.5。

5.4 绝热厚度表

5.4.1 管道绝热厚度表 1 - H, ST（操作温度 $\leq 400^{\circ}\text{C}$ ）

操作温度 $^{\circ}\text{C}$ 公称直径 DN	20~60	61~150	151~250	251~300	301~350	351~400
	硅酸铝棉(mm)					
15	30	40	50	60	70	80
20	30	40	60	70	70	80
25	40	50	60	70	70	90
40	40	50	60	70	80	90
50	40	50	70	80	80	100
80	40	60	80	80	90	100
100	40	60	80	90	100	110
150	40	60	80	90	100	120
200	40	60	90	100	110	120
250	40	70	90	110	120	130
300	40	70	100	110	120	130
350	40	70	100	110	120	140
400	40	70	100	110	120	140
450	40	70	100	110	130	140
500	40	70	100	120	130	140
600	40	70	100	120	130	150
650	40	70	110	120	130	150
700	40	70	110	120	130	150
750	50	80	110	120	140	150
800	50	80	110	120	140	150
850	50	80	110	120	140	150
900	50	80	110	120	140	150
950	50	80	110	120	140	150
1000	50	80	110	120	140	150
1050	50	80	110	130	140	160
1100	50	80	110	130	140	160
1150	50	80	110	130	140	160
1200	50	80	110	130	140	160

5.4.2 管道绝热厚度表 2 - H（操作温度 $>400^{\circ}\text{C}$ ）

操作温度 $^{\circ}\text{C}$ 公称直径 DN	401~425	426~450	451~475	476~500	501~525	526~550
	内层气凝胶毡+外层硅酸铝棉毯 (mm)					
15	20+60	10+80	10+80	10+90	10+90	10+100
20	20+70	20+70	10+90	20+80	10+100	20+90
25	20+70	20+80	20+80	20+90	20+90	20+100
40	20+80	20+80	20+90	20+90	20+100	20+110
50	30+70	20+90	20+100	20+100	20+110	20+110
80	30+80	30+90	30+100	30+100	30+110	30+120
100	30+90	30+100	30+100	30+110	30+120	30+130
150	40+90	40+100	30+120	40+110	40+120	40+130
200	40+100	40+110	40+120	40+120	40+130	40+140
250	50+90	50+100	40+120	40+130	40+140	40+150
300	50+100	50+110	50+120	50+120	50+140	50+150
350	50+100	50+110	50+120	50+130	50+140	50+150
400	50+110	50+120	50+130	50+130	50+140	50+160
450	50+110	50+120	50+130	50+140	50+150	50+160
500	50+110	50+120	50+130	50+140	50+150	50+160
600	50+120	50+130	50+140	50+140	50+160	50+170
650	50+120	50+130	50+140	50+150	50+160	50+170
700	50+120	50+130	50+140	50+150	50+160	50+170
750	50+120	50+140	50+140	50+150	50+160	50+180
800	50+120	50+140	50+140	50+150	50+160	50+180
850	50+120	50+140	50+150	50+160	50+170	50+180
900	50+120	50+140	50+150	50+160	50+170	50+180
950	50+130	50+140	50+150	50+160	50+170	50+180
1000	50+130	50+140	50+150	50+160	50+170	50+180

5.4.3 管道绝热厚度表 3 - PP

操作温度℃ 公称直径 DN	20~60	61~ 150	151~ 250	251~ 300	301~ 350	351~ 400	401~ 450	451~ 500	501~ 550
硅酸铝棉 (mm)									
15	30	30	30	30	40	40	50	60	70
20	30	30	30	30	40	50	60	60	70
25	30	30	30	30	40	50	60	70	80
40	30	30	30	40	40	50	60	70	90
50	30	30	30	40	50	60	70	80	90
80	30	30	30	40	50	60	70	90	100
100	30	30	30	40	50	70	80	90	100
150	30	30	30	50	60	70	80	100	110
200	30	30	30	50	60	70	90	100	120
250	30	30	40	50	60	80	90	110	130
300	30	30	40	50	60	80	100	110	130
350	30	30	40	50	70	80	100	110	130
400	30	30	40	50	70	80	100	120	130
450	30	30	40	50	70	80	100	120	140
500	30	30	40	50	70	80	100	120	140
600	30	30	40	50	70	90	100	120	140
650	30	30	40	50	70	90	110	130	150
700	30	30	40	50	70	90	110	130	150
750	30	30	40	50	70	90	110	130	150
800	30	30	40	50	70	90	110	130	150
850	30	30	40	50	70	90	110	130	150
900	30	30	40	50	70	90	110	130	150
950	30	30	40	50	70	90	110	130	150
1000	30	30	40	50	70	90	110	130	150
1050	30	30	40	60	70	90	110	130	150
1100	30	30	40	60	70	90	110	130	150
1150	30	30	40	60	70	90	110	130	150
1200	30	30	40	60	70	90	110	130	150

5.4.4 管道绝热厚度表 4 - C

操作温度℃ 公称直径 DN	0~10	11~20
	阻燃型硬质聚氨酯泡沫塑料	
15	30	30
20	30	30
25	30	30
40	30	30
50	30	30
80	30	30
100	30	30
150	40	30
200	40	30
250	40	30
300	40	30
350	40	30
400	40	30
450	40	30
500	40	30
600	40	30
650	40	30
700	40	30
750	40	30
800	40	30
850	40	30
900	40	30
950	40	30
1000	40	30
1050	40	30
1100	40	30
1150	40	30
1200	40	30

5.4.5 设备绝热厚度表 - H, PP, C

操作温度℃ 绝热类型	20~ 100	101~ 200	201~ 250	251~ 300	301~ 350	351~ 400	401~ 450	451~ 500	501~ 550
	硅酸铝棉 (mm)								
H	75	100	125	125	150	200	200	200	225
PP	50	50	75	100	125	150	175	200	225
	0~20℃, 阻燃型硬质聚氨酯泡沫塑料 (mm)								
C	50								