

ICS XXX
CCS XXX

团 体 标 准

T/CCOA XXX—XXXX

粮仓辐射制冷材料应用技术规程

Technical Regulations for Application of Radiative Cooling materials
in granary

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国粮油学会 发布

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。

本文件由中国粮油学会提出并归口。

本文件起草单位：宁波瑞凌新能源科技有限公司、河南工业大学、中储粮成都粮食储藏科学研究所、浙江省粮食局直属粮油储备库

本文件主要起草人：XXX，XXX，XXX，XXX

粮仓辐射制冷材料应用技术规程

1 范围

本文件适用于辐射制冷膜在建筑物、构筑物外表面应用时的设计、施工、验收、维护与保养。

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/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 14683 硅酮建筑密封胶

GB 50210 建筑装饰装修工程质量验收规范

GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准

JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范

T/ZZB 2304 辐射致（制）冷膜

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

辐射制冷膜 **radiative cooling film**

一种通过大气透射窗口波段(8 μm -13 μm)、以辐射红外电磁波的形式将热量源源不断向外太空冷源高效传递，而对太阳辐射及大气辐射可实现接近完全反射，具有大气窗口(8 μm -13 μm)发射率 >0.92 的薄膜。可直接应用于建筑和户外设备外表面，即可实现辐射制冷的物理过程。

3.2

贴膜安装 **external installation**

将辐射制冷膜通过粘贴至待施工建筑或结构外表面的过程。

3.3

表面处理 **surface treatment**

贴膜安装前，对施工表面进行处理，使辐射制冷膜能够粘贴牢固，常用的方式包括清洗、涂刷处理剂等。

3.4

基底清洗液 base cleaning solution

表面处理时，清洗基底表面脏污使用的液体，常用水、除胶剂、除锈剂等。

3.5

基底处理剂 base treatment agent

表面处理时，增强辐射制冷膜与基底粘贴强度使用的溶剂，常用底涂剂、沥青油等。

3.6

封边 edge sealing

辐射制冷膜贴膜安装完成后，外露的膜边缘需进行覆盖密封，防止水汽渗入膜与施工表面间的保护措施。

3.7

封边材料 edge sealing

封边使用的材料，常用硅酮耐候密封胶等。

3.8

褶皱 creases

辐射制冷膜表面不可逆转的折痕。

3.9

翘边 edge warping

辐射制冷膜施工过程中，边缘部位胶层失效无法与施工表面进行粘合的现象。

3.10

鼓包 bubbling

辐射制冷膜施工过程中，膜与基底间存有少量空气导致无法粘合，外观出现轻微气泡的现象。

3.11

包裹物 contaminations

辐射制冷膜施工过程中，浸入和混入在膜与施工表面之间的杂质、小石子等固体颗粒。

3.12

划伤 scratches

辐射制冷膜表面各种划痕，可见程度取决于它们的长度、宽度、位置 and 分布。

4 材料

4.1 辐射制冷膜

4.1.1 辐射制冷膜材料的性能应符合标准T/ZZB 2304的有关规定。

4.1.2 辐射制冷膜材料的贴膜安装为室外安装，安装后的膜材料应具有朝向天空的辐射角。

4.2 配套材料

4.2.1 基底清洗液应视施工表面工况进行选择，要求有效去除表面脏污的同时不得腐蚀基底，且可被清水冲刷掉。

4.2.2 基底处理剂应视施工表面工况进行选择，要求与辐射制冷膜及基底均粘接良好，且不会对二者产生腐蚀。

4.2.3 封边材料采用选户外用中性硅酮耐候密封胶。采用耐候胶时宜选白色，且应符合GB/T 14683的相关要求。

5 设计

5.1 辐射制冷膜适用工程部位

辐射制冷膜适用的工程部位见表1。

表1 辐射制冷膜适用工程部位

序号	产品名称	墙面工程				屋面工程				金属柜体
		混凝土墙面	金属墙面	涂料墙面	瓷砖墙面	混凝土屋面	金属屋面	沥青型防水卷材屋面	高分子防水卷材屋面	
1	辐射制冷膜 (胶厚 $<80\mu\text{m}$)	×	√	×	×	×	√	×	×	√
2	辐射制冷膜 (胶厚 $>500\mu\text{m}$)	×	-	×	×	√	√	√	√	-

注明：“√”适用，“×”不适用，“-”视工况确定。

5.2 辐射制冷膜常用施工做法

5.2.1 平面结构

- 1) 辐射制冷膜在平面结构上进行施工时，宜按照平面结构的组成单元，逐块进行施工。
- 2) 组成单元的长、宽尺寸中有一项小于或等于辐射制冷膜的宽度时，采用整体拼接方案；
- 3) 组成单元的长、宽尺寸均大于辐射制冷膜的宽度时，胶厚 $<80\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜应选择拼接方案，胶厚 $>500\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜应选择搭接方案，拼接/搭接缝应沿着流水方向设置，同时应保证整体美观。

4) 贴膜安装后，膜边缘应距离组成单元的边缘一定距离，如图1所示，用于后续的封边处理。使用耐候胶封边时距离约0.5-1cm。

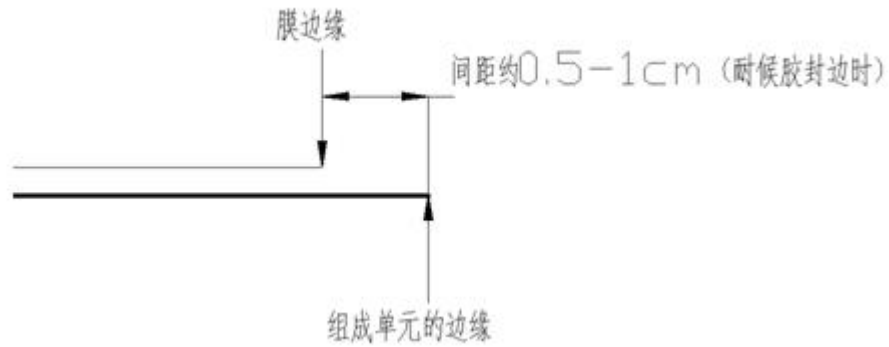


图1 辐射制冷膜平面结构施工时的边缘做法

5.2.2 金属屋面结构

- 1) 辐射制冷膜（胶厚 $<80\mu\text{m}$ ）在金属屋面结构上进行施工时，宜顺着瓦面结构的槽道进行铺设。
- 2) 单道膜的长度宜为槽道的长度，如长度较大导致无法正常施工时，可进行分段处理。各槽道的分段点应设置在同一位置从而保证整体外观。分段点处施工时采用“上搭下”的搭接处理方式，搭接宽度不低于10cm，如图2。

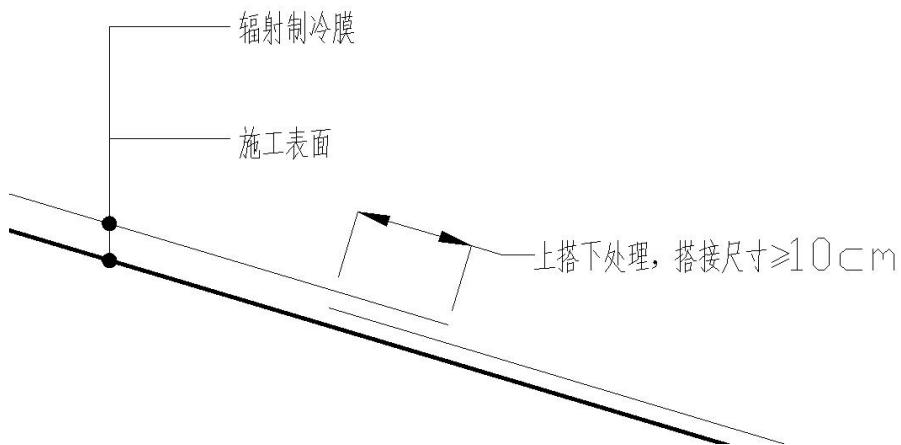
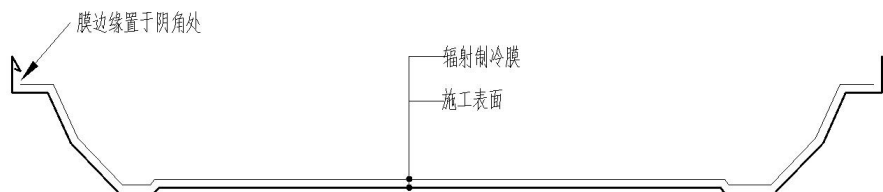


图2 辐射制冷膜瓦面结构施工时长度方向的搭接做法

- 3) 膜长度方向的端头应距离单道槽的端头约0.5-1cm，与平面结构时的做法一致。
- 4) 单道膜的宽度宜为膜标准宽度的整分尺寸，如1/2、1/3、1/4等的标准膜宽，同时尽量将膜边缘置于瓦面结构的阴角区域或凸起的平面区域中，常见做法如图3所示。



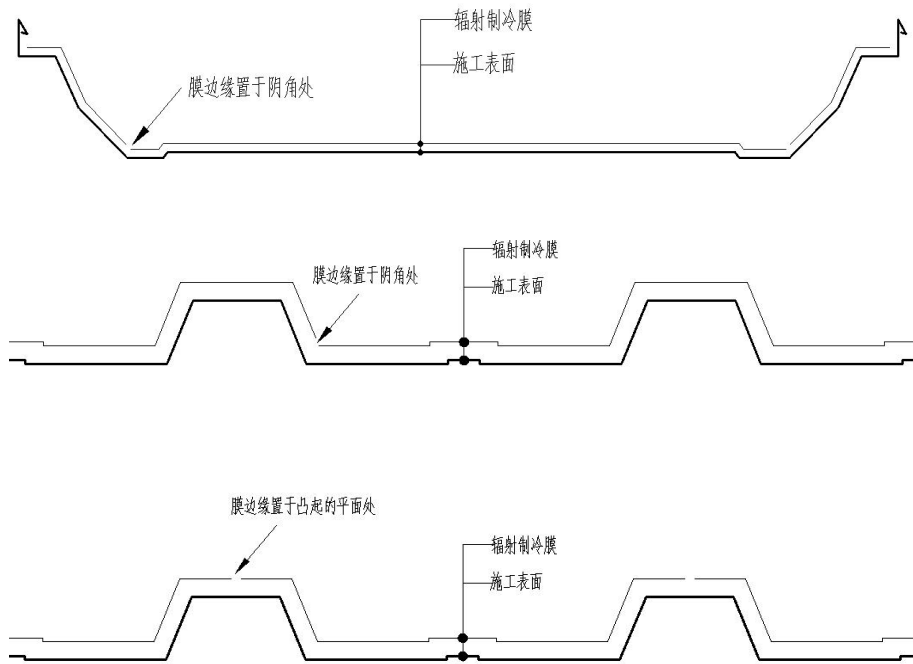


图3 辐射制冷膜瓦面结构施工时宽度方向的边缘做法

5.2.3 封边结构

1) 辐射制冷膜贴膜安装完成后，位于平面区域的膜边缘可选用耐候胶，做法参考图4。

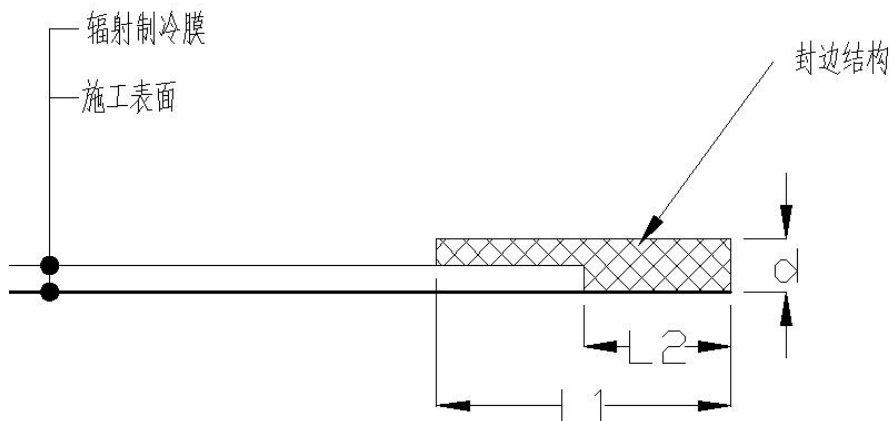


图4 辐射制冷膜位于平面区域的膜边缘的封边做法

说明：

a、采用耐候胶封边，应用胶厚 $< 80\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时， d 约为1-2mm， $L1$ 约为1-2cm， $L2$ 约为0.5-1cm。

b、采用耐候胶封边，应用胶厚 $> 500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时， d 约为2-4mm， $L1$ 约为2cm， $L2$ 约为1cm。

2) 辐射制冷膜贴膜安装完成后，位于阴角区域的膜边缘可选用耐候胶封边，做法参考图5。

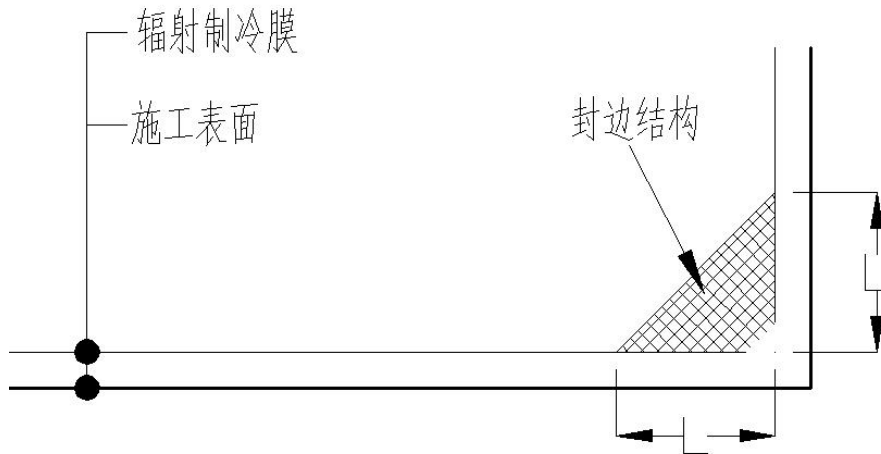


图 5 辐射制冷膜位于阴角区域的膜边缘的封边做法

说明:

- a、应用胶厚 $<80\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，L约为1-1.5cm。
- b、应用胶厚 $>500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，L约为1.5-2cm。
- 3) 辐射制冷膜贴膜安装完成后，位于拼接缝的膜边缘可选用耐候胶，做法参考图6。

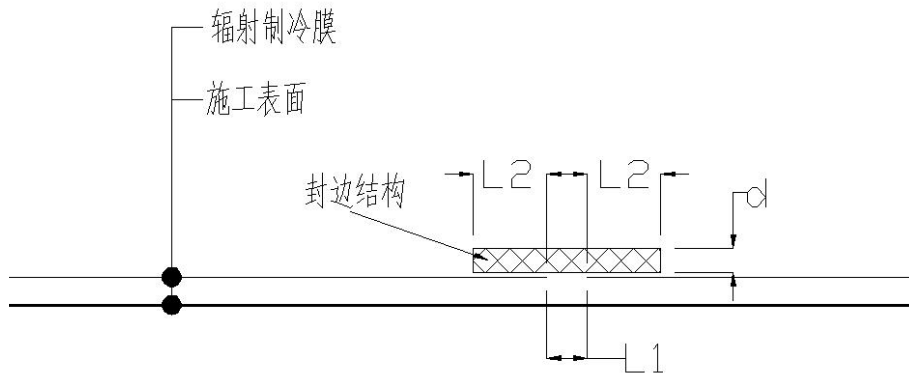


图 6 辐射制冷膜在拼接缝处的封边做法

说明:

- a、应用胶厚 $<80\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，拼缝间距L1应不大于2mm。应用胶厚 $>500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，拼缝间距L1应不大于5mm。
- b、采用耐候胶封边，应用胶厚 $<80\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，d约为1-2mm，L2约为0.5-1cm。
- c、采用耐候胶封边，应用胶厚 $>500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，d约为2-4mm，L2约为1-1.5cm。
- 4) 辐射制冷膜贴膜安装完成后，位于搭接缝的膜边缘可选用耐候胶封边，做法参考图7。

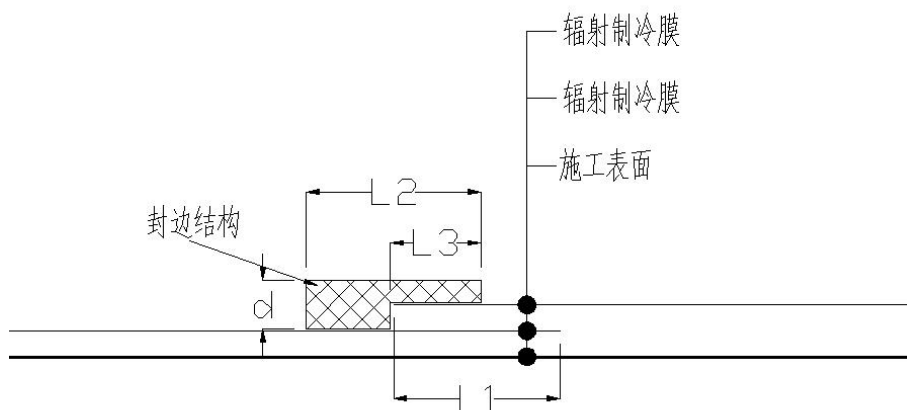


图 7 辐射制冷膜在搭接缝处的封边做法

说明:

- a、应用胶厚 $<80\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，搭接尺寸L1应小于10cm。应用胶厚 $>500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，拼缝间距L1应不小于5cm。
- b、采用耐候胶封边，应用胶厚 $<80\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，d约为1-2mm，L2约为1-2cm，L3约为0.5-1cm。
- c、采用耐候胶封边，应用胶厚 $>500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜时，d约为2-4mm，L2约为2cm，L3约为1cm。

6 施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 施工队伍需满足 GB 50345-2012 所要求的一般规定。
- 6.1.2 辐射制冷膜施工应采用专用贴膜工具。
- 6.1.3 施工时，环境温度宜为 5-35℃。风力大于 4 级或遇雨、雪、沙尘等天气时不得进行室外施工。
- 6.1.4 胶厚 $>500\ \mu\text{m}$ 的辐射制冷膜应用的场景对外观要求较高时，施工环境温度应不低于 20℃。

6.2 施工前准备

- 6.2.1 施工前应确定好铺设方案，若实施基底外表面存在异常情况（如表 2 所示），经处理仍不能达到正常施工要求的，甲乙双方在施工前确定区域并商定好处理方案、验收标准和质保条件。

表 2 基底外表面异常情况

序号	异常问题	处理方式
1	涂层与膜粘接不强	不宜施工或由甲乙双方协商处理方案、验收标准和质保条件。
2	无几何规律鼓起	
4	破损	
5	表面凹凸无规律	
6	颗粒状物质较多	经处理仍不达要求时，不宜施工或由甲乙双方协商处理方案、验收标准和质保条件。
7	表面脏污	
8	腐蚀	

- 6.2.2 施工前应进行技术安全交底，施工人员经过培训合格后方可上岗。
- 6.2.3 现场施工、清洗、维护时，应配备必要的防护措施，高处作业应符合 JGJ 80 的有关规定。
- 6.2.4 施工前，进场材料应查验质量证明文件，并按相关规定进行复验。材料质量证明文件查验及复验项目应符合表 3 的规定。

表 3 材料质量证明文件查验及复验项目

类别	质量证明文件查验	复验项目
辐射制冷膜	出厂合格证、产品质保书	厚度、宽度、剥离强度
施工辅材 (如基底清洗液、处理剂， 耐候胶、丁基胶带等)	出厂合格证、产品质保书	/

6.2.5 工程的各类材料在施工过程中应分类保存，并采取防潮、防水等保护措施，保存期及保存条件应符合产品说明书的规定，不宜露天存放，不得重物挤压。

6.3 贴膜安装

辐射制冷膜的贴膜安装分为四个过程，依次为：“基层处理”、“测量裁剪”、“粘贴施工”、“封边处理”。

6.3.1 基层处理

辐射制冷膜的安装工程施工前应仔细查勘现场，结合基层状况制定处理方案，应符合下列规定：

- 1) 基层处理过程中应避免损伤待施工表面。
- 2) 优先选择清水冲洗、擦洗的处理方式，如仍无法满足施工要求，可针对性地选择基底清洗液或处理剂进行处理。
- 3) 合理安排清洗进度，避免单次清理面积过多、过早，以免发生二次污染。
- 4) 清理完成后待施工表面的状态应基本整洁、平整，无可视附着物、尖锐物存在，目视无痕印、油污、灰尘等影响粘结强度的异常现象。
- 5) 基底经处理仍不达标要求时，不宜施工或由甲乙双方协商处理方案、验收标准和质保条件。

6.3.2 测量裁剪

复核现场各项尺寸，依据施工方案的要求，裁剪出合适尺寸的辐射制冷膜，应符合下列规定：

- 1) 裁膜尽量选择在干燥环境中进行，下雨天气、潮湿环境中裁好的膜应尽快使用或用缠绕膜包裹密封，减少与潮湿空气的接触时间；
- 2) 裁膜使用的刀具应锋利，并在裁切前将刀具擦干、擦净，确保无水、汗水附着；
- 3) 裁膜时使用直尺等辅助定位，力度控制好一次切透，裁切过程流畅一次完成，避免产生岔口；
- 4) 裁切好的膜应在 8 小时内进行施工，禁止长时间暴露而不使用。
- 5) 胶层 > 500 微米的辐射制冷膜应用于外观要求较高的项目时，裁膜前宜提前将膜摊开胶面朝上，静置于阴凉处 1-2h。
- 6) 裁剪后的余料、尾料应做好存储，并在满足施工要求的条件下合理应用，减少产品损耗。

6.3.3 粘贴施工

取裁剪好的辐射制冷膜，揭开背面的离型层后，利用刮板将其粘贴至实施区域，保证二者粘贴紧密，膜面外观无划痕、褶皱、气泡等异常。应符合以下规定：

- 1) 施工时应根据提前制定的施工方案进行施工作业；
- 3) 粘贴时随着靠近膜边缘用力程度应逐步增大，尽可能将内部空气排出；
- 4) 粘贴过程中可采用揭起辐射制冷膜去除鼓泡的方法，但单处区域的揭起次数不宜超过 3 次；
- 5) 粘贴过程中造成辐射制冷膜产生穿透性破损或胶层失效时，应及时进行更换。

6.3.4 封边处理

辐射制冷膜施工完成后，使用封边材料覆盖所有外露的膜边缘，确保膜的裁切面没有外露或接触空气，从而避免水汽侵蚀影响膜或膜与施工表面的粘结强度。应符合以下规定：

- 1) 封边方式依据施工方案确定。
- 3) 封边前确保膜边缘无水汽残留，封边后确保膜边缘完全被覆盖。
- 4) 封边应在单块膜施工结束后的 8h 内完成，遇突发雨雪应立即封边。

6.3.5 拼接及搭接的相关要求

- 1) 施工区域的组成单元的长、宽尺寸均大于辐射制冷膜的宽度时，应选择拼接/搭接方案。
- 2) 拼接/搭接缝宜沿着流水方向设置，同时保证整体美观。
- 3) 一般情况下，在膜的宽度方向，胶厚 $<80\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜应选拼接方案，胶厚 $>500\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜宜选搭接方案，部分工况下可选拼接方案。
- 4) 拼接/搭接时，优先使用机器裁剪边对齐机器裁剪边；
- 5) 胶厚 $<80\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜在宽度方向进行拼接时，拼缝宽度不宜超过 2mm。
- 6) 胶厚 $>500\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜在宽度方向进行拼接时，拼缝宽度不宜超过 2mm。
- 7) 胶厚 $>500\mu\text{m}$ 的辐射制冷膜在宽度方向进行搭接时，搭接宽度不宜低于 8cm。
- 8) 一般情况下，在膜的长度方向，宜选择整条膜实施，但当作业水平难以完成超长长度的施工时，可选搭接方案。
- 9) 搭接时，应采用“逆水搭接”的形式，即先贴低（降雨时排水方向）的一块膜，再贴高的一块膜。
- 10) 胶层 <80 微米的辐射制冷膜在长度方向进行搭接时，搭接长度应大于 10cm。
- 11) 胶层 >500 微米的辐射制冷膜在长度方向进行搭接时，搭接长度应大于 8cm。
- 12) 拼接缝及搭接缝均需进行封边处理。

7 工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 辐射制冷膜安装工程验收应符合 GB 50300、GB 50210 的有关规定。

7.1.2 辐射制冷膜安装工程的验收工作宜在施工完成后的 7 天内完成。

7.1.3 工程验收时应检查以下文件及记录：

- 1) 施工相关的方案及其他设计文件；
- 2) 辐射制冷膜及施工辅料的质量保证书、有效期内的技术性能检测报告或说明；
- 3) 材料进场质量证明文件查验记录及复验报告；
- 4) 施工记录、施工自检记录。

7.1.4 辐射制冷膜安装工程的检验批划分和检查数量应符合以下规定：当膜层功能、种类、厚度、使用场所、安装工艺相同时，应按 1000m^2 划分为一个检验批，总量不足 1000m^2 时应作为一个检验批；一般项目检查数量不应少于总数的 5%。

7.1.5 辐射制冷膜安装工程的合格判定应按照 GB 50300 的规定执行。

7.2 主控项目

7.2.1 辐射制冷膜的安装工程工时，内表面的离型膜全部揭除干净，膜与基底间的空气排尽，二者贴合紧密，无虚贴、空鼓现象。

检验方法：用手敲击检查，观察检查并检查隐蔽工程记录。

检查数量：全数检查。

7.2.2 辐射制冷膜的安装工程完工后，外表面的保护膜均已揭除，无残留。

检验方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

7.2.3 辐射制冷膜的安装工程完工后，外露的膜边缘均已进行封边处理，无外露区域。

检验方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

7.2.4 辐射制冷膜安装工程施工应密切注意天气，雨、雪、沙尘等天气时，严禁进行室外施工。

检验方法：核查各工序文字记录和图像资料。

检查数量：全数检查。

7.3 一般项目

7.3.1 辐射制冷膜与辅材进场时的包装和外观应完整无破损，符合设计要求和国家现行有关产品标准的规定。

检查方法：查验材料进场记录。

7.3.2 施工基底经处理后，应坚实、平整，无蜂窝、麻面和气孔，不得有疏松、空鼓、起砂、开裂和积水现象。

检查方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

7.3.3 表面观感质量验收

辐射制冷膜安装工程的表面观感质量验收通过抽检进行，膜层功能、种类、厚度、使用场所、安装工艺相同时，应按 1000 m²划分为一个检验批，总量不足 1000 m²时应作为一个检验批。每个检验批中随机挑选出 3~5 处区域，单处长度不低于 5m，宽度不低于 1m。

胶层<80 微米的辐射制冷膜施工完成后的外观应符合表 4 的规定。

表 4 胶层<80 微米的辐射制冷膜安装工程表面观感质量验收要求及检查方法

验收项目	指标	要求	检验方法
膜面破损	穿透性破损	不允许存在	目视观察
斑纹	目视可见	不允许存在	
褶皱	目视可见	不允许存在	
翘边	目视可见	不允许存在	
缺胶	目视可见	不允许存在	
气泡	直径≤1cm	气泡个数≤5*S，且气泡间距>100mm	
	直径>1cm	不允许存在	
膜面划伤	0.1mm<宽度≤0.3mm 且长度≤100mm	划伤条数≤5*S，且划伤间距>100mm	目视观察、钢直尺 检查
	宽度>0.3mm 或长度>100mm	不允许存在	

注：1. S 是以平方米为单位的膜面积，保留小数点后两位；

2. 允许数量为各系数与 S 相乘所得的数值，按 GB/T 8170 修至整数；

3. 目视指距离反射膜表面约 2m，垂直表面入视。

胶层>500 微米的辐射制冷膜施工完成后的外观应符合表 5 的规定。

表 5 胶层>500 微米的辐射制冷膜安装工程表面观感质量验收要求及检查方法

验收项目	指标	要求	检验方法
膜面破损	穿透性破损	不允许存在	目视观察
翘边	目视可见	不允许存在	
缺胶	目视可见	不允许存在	
膜面划伤	宽度>0.3mm 或长度>100mm	不允许存在	
注：1.S 是以平方米为单位的膜面积，保留小数点后两位； 2.允许数量为各系数与 S 相乘所得的数值，按 GB/T 8170 修至整数； 3.目视指距离反射膜表面约 2m，垂直表面入视。			

7.4 验收

7.4.1 辐射制冷膜的安装工程的检验批质量验收合格，应符合下列规定：

- 1) 检验批应按主控项目和一般项目验收；
- 2) 主控项目应全部合格；
- 3) 一般项目应合格；当采用计数检验时，至少应有 90%以上的检查点合格，且其余检查点不得有严重缺陷；
- 4) 应具有完整的施工操作依据和质量验收记录。

7.4.2 辐射制冷膜安装工程竣工验收应核查下列资料，并纳入竣工技术档案：

- 1) 施工方案、施工变更记录、施工记录清单；
- 2) 主要组成材料的产品合格证、出厂检验报告和进场核查记录；
- 3) 各工序文字记录和相关图像资料；
- 4) 现场验收记录；
- 5) 其他对工程质量有影响的重要技术资料。

8 养护与维护

8.1 工程竣工验收时，施工方应提供使用与维护说明书，并应包含以下内容：

- 1) 辐射制冷膜的主要性能和产品质保年限；
- 2) 使用注意事项；
- 3) 施工方的保修责任。

8.2 膜面上不得吸附悬挂、胶粘固定、打钉固定任何物品。

8.3 膜面上的污染物宜采用中性清洁剂清除。清洗工具应选用无纺布、橡胶刮条等软质材料，不得使用清洁球、刷子以及含砂砾的硬质工具。

8.4 采用拼接/搭接工艺的辐射制冷膜应沿着拼接/搭接缝的方向进行清洗。

8.5 辐射制冷膜应用过程中，因外力作用导致穿透性破损时，应及时密封破损处防止恶化，情况严重可联系施工方进行维护处理。

参考文献

- [1] GB 50345-2012 屋面工程技术规范
-