**** T/CECS 498-202x

**中 国 工 程 建 设 协 会 标 准**

**冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程**

**技术规程**

**Technical specification for cold storage thermal insulation**

 **Engineering based on rigid spray polyurethane foam**

**（征求意见稿）**

**2024.07.09**

**中国计划出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

**冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程**

**技术规程**

**Technical specification for cold storage thermal insulation**

 **Engineering based on rigid spray polyurethane foam**

**T/CECS498-202X**

**主编单位：华商国际工程有限公司**

 **中粮工科检测认证有限公司**

**批准单位：中国工程建设标准化协会**

**施行日期：202X年X月X日**

**中国计划出版社**

**20XX 北 京**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023]50号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，总结了近年国内冷库保温工程最新的实践经验，吸收了符合我国国情的相关国外先进技术和标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本规程。

本规程共分8章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、材料、工程设计、工程施工、工程质量验收、施工防火安全与劳动保护等。本次修订的主要内容如下：

1 修订了禁用发泡剂的规定、增加了阻燃剂的有关规定。

2 细化了隔汽层的水蒸气透过性能的规定。

3 增加了保护层的种类。

4 明确了不同喷涂部位的保温材料燃烧性能要求。

5 修订了部分条款文字。

本规程由中国工程建设标准化协会商贸分会归口管理，由华商国际工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：北京市丰台区右安门外大街99号，邮政编码：100069）。

主编单位： 华商国际工程有限公司、中粮工科检测认证有限公司

参编单位： xxx

主要起草人：xxx

主要审查人：xxx

目 次

（包括条文说明）

1 总则 1

2 术语 2

3 基本规定 3

4 材料 4

4.1 隔汽与防水透汽材料 4

4.2 喷涂硬泡聚氨酯 5

4.3 基层与保护层材料 8

5 工程设计 9

6 工程施工 13

6.1 一般规定 13

6.2 工程施工 14

7 工程质量验收 17

7.1 一般规定 17

7.2 隔汽层的验收 17

7.3 聚氨酯保温层的验收 18

7.4 保护层的验收 19

8 施工防火安全与劳动保护 20

8.1 防火安全 20

8.2 劳动保护 21

附录A 硬泡聚氨酯中戊烷类含量检测方法 22

本规程用词说明 26

引用标准名录 26

**Contents**

1　General provisions....................................................................................................1

2　Terms........................................................................................................................2

3　Basic requirements...................................................................................................3

4　Material....................................................................................................................4

4.1 Vapor barrier and breathable waterproof material.................................................. 4

4.2 Rigid spray polyurethane foam.............................................................................5

4.3　Protective layer.....................................................................................................8

5　Engineering design..................................................................................................9

6　Engineering construction.......................................................................................13

6.1General requirements..............................................................................................13

6.2　Engineering construction....................................................................................14

7　Engineering quality acceptance.............................................................................17

7.1　General requirements..........................................................................................17

7.2　Vapor barrier acceptance.....................................................................................17

7.3　Polyurethane thermal insulation layer acceptance..............................................18

7.4　Color steel plate acceptance................................................................................19

8 Fire safety and labor protection. in construction.......................................................20

8.1　Fire safety............................................................................................................20

8.2　Labor protection..................................................................................................21

Appendix A Detection method for pentane content in rigid polyurethane foam.........22

Explanation of wording in this specification...............................................................26

List of quoted standards...............................................................................................26

**1 总则**

1.0.1 为保证冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程的质量与安全，提高冷库的节能效果，使保温工程技术先进、经济合理，制定本规程。

1.0.1 建筑节能是我国实现节能减排长期坚持的一项重大国策，我国引进硬质聚氨酯泡沫用于冷库保温工程已有近40年的历史，硬泡聚氨酯作为新型的保温材料，具有导热系数低、尺寸稳定性好、吸水率低、与基层粘结牢固无缝、整体性好等优点，特别是现场喷涂硬质聚氨酯泡沫可以满足冷库温度低、湿度大,气密性要求高的特点，且施工方便，防潮效果好，可以达到较好的节能目标，是目前冷库保温工程节能材料中的首选。但近年来在冷库保温工程中也存在着现场喷涂施工现场混乱，管理上无章可循，没有统一的技术标准及规范指导的现象。在冷库保温施工和冷库运行过程中，也存在着火灾及安全隐患，特别是施工过程中发生火灾情况更为突出，运行中也发生硬泡聚氨酯龟裂、裂缝、收缩导致隔热性能下降，加大耗能，甚至保温性能严重失效等现象。这些情况的发生严重影响行业的发展，因此为保证喷涂硬泡聚氨酯保温系统的保温性能与保温工程施工安全，制定本技术规程是非常必要的。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建、改建冷库室内喷涂硬泡聚氨酯保温工程的设计、施工、检测及工程验收。

1.0.2 本条规定了喷涂硬泡聚氨酯技术规程的适用范围。本规程主要适用于量大面广的在围护结构基层内侧喷涂硬泡聚氨酯的保温工程。近年来出现的在围护结构基层外表面喷涂硬泡聚氨酯保温系统的冷库，因相关实践案例较少与经验欠缺，故暂不含在本规程范围之内。

1.0.3 冷库喷硬泡聚氨酯保温工程的设计、施工、质量验收除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.3 根据编制国家标准的有关规定，凡引用或参见其他现行标准、规范和其他有关规定的内容，除必要的以外，本规程不再另立条文。

**2 术语**

2.0.1 A组分料 component A

 由聚醚多元醇或聚酯多元醇、发泡剂、催化剂、泡沫稳定剂及阻燃剂等助剂组成的组合料，俗称白料。

2.0.2 B组分料 component B

主要成分为异氰酸酯的原材料，俗称黑料。

2.0.3 硬泡聚氨酯 rigid Polyurethane foam

 以A组分料与B组分料混合反应形成的具有保温隔热功能的硬质泡沫塑料。

2.0.4 现场喷涂硬泡聚氨酯 spray-in-place rigid polyurethane foam

 在施工现场，由人工操作专用的高压无空气喷涂设备，使A组分料和B组分料按一定比例从喷枪口喷出后瞬间均匀混合，经反应迅速发泡，在冷库围护结构基层或隔汽层上形成的无接缝的硬泡聚氨酯。

2.0.5 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统 cold storage thermal insulation system based on spray-in-place rigid polyurethane foam

 在冷库内，由围护结构基层、隔汽层、现场喷涂硬泡聚氨酯保温层及保护层构成的保温围护系统。

2.0.6 隔汽层 vapor barrier

设置在冷库聚氨酯泡沫保温层的高温侧，阻止水蒸气从高温侧向低温侧迁移，防止保温隔热材料的保温隔热性能因受潮而大幅下降的材料层。

2.0.6 当在冷库墙面或顶棚基层上喷涂硬泡聚氨酯时，若保温层低温侧没有阻隔，喷涂基层确能起到一定的隔汽的作用，但在冷间与相邻空间温差或绝对湿度差较大的工况下，仅靠基层并不能保证有足够的水蒸气阻隔，这时就需要增设隔汽涂膜来共同满足隔汽的要求，从而保证系统保温性能的长期稳定。另一种情况是楼（地）面基层上喷涂硬泡聚氨酯，保温层低温侧为钢筋混凝土板或金属板等水蒸气阻隔很大的材料，这时就需要在保温层的高温测使用高隔汽性能的隔汽膜材料来做隔汽层，以尽可能减少水蒸气在保温层内的积聚。

2.0.7 氰凝 polyurethane damp proof paint

 由多异氰酸酯与聚醚多元醇反应生成端基为异氰酸酯根（-NCO）的聚氨酯预聚体，再配以其他助剂而组成的起隔汽作用的化学浆料，也叫聚氨酯防潮漆。

氰凝按是否使用溶剂分为溶剂型和无溶剂型两类。

**3 基本规定**

3.0.1 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统的防火性能应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑设计防火规范》GB 50016 和《冷库设计标准》GB 50072的有关规定。

3.0.1 若冷库保温材料的燃烧性能差，就容易在冷库施工及运行过程中发生火灾，因此，保温材料的燃烧性能不能低于国家规范、标准的规定。

3.0.2 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统应具有良好的气密性和长期稳定的保温性能。

3.0.2 冷库冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统，首先要保证所有孔洞缝隙的严密不透气，门窗等处的密封性要好，以尽量减少冷热空气的交换；其次，要能满足在长期的低温或温差波动大的使用环境中喷涂硬泡聚氨酯保温层不产生有害变形、开裂或脱落。这里长期是指不少于25年。

3.0.3 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统各组成材料应具有良好的相容性、良好的物理、化学稳定性和耐久性，不应采用散发有毒、有害或异味等对食品有污染的材料。

3.0.3 冷库储存的大多是食品，故围护结构所使用的材料应符合食品安全的要求。

3.0.4 隔汽与保温工程的施工应在建筑墙体、楼（地）面或顶棚等基层通过工程质量验收并获得验收合格文件后进行。混凝土基层应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定，砌体墙基层应符合现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203和《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定，压型钢板基层应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

3.0.5 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温施工前应编制专项施工组织设计方案。大面积施工前，应做样板墙试喷涂。

3.0.6 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300和《冷库施工及验收标准》GB 51440的有关规定进行施工质量验收。

3.0.7 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统在正常使用、维护下，其设计使用年限不应少于25年。

3.0.8 冷库冷间试运转降温幅度应符合下列规定：

1当房间温度在4℃以上时，每日降温幅度不应超过3℃。

2当房间温度降至4℃时，应暂停降温，保持房间温度不少于5d，再继续降温。

3当房间温度从4℃降至-4℃时，每日降温幅度不应超过2℃。

4当房间温度从-4℃降至-4℃以下设计温度时，每日降温幅度不应超过3℃。

3.0.8 房间温度在4℃时暂停降温，有利于库房保温系统与结构构件中水分的析出，从而避免或减少结冰对冷间内水泥砂浆或混凝土材料的破坏。

**4 材料**

**4.1 隔汽与****防水透汽材料**

4.1.1 当采用氰凝做喷涂硬泡聚氨酯保温系统的隔汽层时，宜采用无溶剂或少溶剂的双组分产品。氰凝外观应为均匀液体且无凝胶、结块，基本性能指标应符合表4.1.1的规定。

表4.1.1 氰凝基本性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 技术指标 | 试验方法 |
| 表干时间（h） | ≤12 | 《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728 |
| 实干时间（h） | ≤24 |
| 固含量（%） | ≥96 | 《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777 |
| 粘结强度（MPa） | ≥1.0 |
| 不透水性（0.3 MPa，2 h）  | 不透水 |
| 耐碱性（5%NaOH，72 h）  | 漆膜未出现起泡、脱落现象 | 《色漆和清漆 耐液体介质的测定》GB/T 9274 |
| 低温弯折性（-35℃） | 无裂纹 | 《喷涂聚脲防水涂料》GB/T 23446 |
| 透湿系数（实验条件B）[ng /(m·h·Pa)] | ≤52.5 | 《建筑材料及其制品水蒸气透过性能试验方法》GB/T 17146 |

4.1.1 本条给出了冷藏库喷涂硬泡聚氨酯用聚氨酯防潮隔汽涂膜的关键技术指标。为提高施工的环保与安全性，要尽量采用无溶剂或少溶剂的产品，不要采用易燃的低沸点溶剂。

由于溶剂含量较多的溶剂型氰凝施工时空气污染较严重，施工人员需佩戴防毒面具等，影响喷涂质量且危害人员健康。因此鼓励采用隔汽性能良好、无溶剂或少溶剂的氰凝。

考虑到基层以水泥混凝土为主，故增加了耐碱性要求。

为规范隔汽涂膜的防潮隔汽性能，增加了均质材料透湿系数（水蒸气透过系数）的最低性能要求。透湿系数是水蒸气透过量与膜两侧水蒸气分压力差的比值，水蒸气透过量（湿流密度）按现行国家标准《建筑材料及其制品水蒸气透过性能试验方法》GB/T17146试验条件B测定，试验条件B为（23±0.5）℃、试件两侧相对湿度分别为0%和（85±3）%。

4.1.2 当选用其他隔汽膜作为隔汽层时，隔汽膜材料应符合以下规定：

 1 隔汽膜生成过程中与基层、补强材料或硬泡聚氨酯应无不良化学反应。

 2 在喷涂硬泡聚氨酯之前施工的隔汽膜应能承受硬泡聚氨酯发泡过程的放热而不熔融、碳化、变质或脱落。

3 隔汽膜应为无溶剂或少溶剂的环保型材料。

4.1.2 为了保证硬泡聚氨酯与喷涂基面结合可靠，本条对在喷涂硬泡聚氨酯之前施工的隔汽膜材料的性质做了相关要求。

有的冷库用改性聚氨酯防水涂料等水性涂料做隔汽膜，该类涂料在低温潮湿环境易水解，且受热会熔融变形，造成喷涂硬泡聚氨酯与基层的剥离、脱落，该类材料不适合作为喷涂硬泡聚氨酯之前施工的隔汽层使用。

用于楼面的隔汽膜蒸汽渗透阻要求高，当隔汽膜先于喷涂硬泡聚氨酯施工时，可采用自粘型耐热隔汽膜、耐热隔汽膜一布一涂或在隔汽膜与喷涂保温层之间增设水泥砂浆或细石混凝土层。

4.1.3 当楼（地）面选用防水卷材做隔汽层时，防水卷材的隔汽性能应满足本规程相关规定，其他性能应满足相关材料国家或行业标准的要求。

4.1.4 当楼（地）面采用抗氧化铝箔膜做隔汽层时，抗氧化铝箔膜的隔汽性能应满足本规程相关规定，其他性能应符合现行行业标准《隔热防水垫层》JC/T 2290中织物类材料的有关规定。

4.1.5 冷库采用的防水透汽膜，应符合现行行业标准《透汽防水垫层》JC/T 2291中II型材料的有关规定。

**4.2 喷涂硬泡聚氨酯**

4.2.1 喷涂硬泡聚氨酯原料组分应符合下列规定：

1 A组分料和B组分料应满足健康、安全和环保要求。A组份料不应使用国家明令禁止的氯氟烃及易燃易爆物质作为发泡剂，也不应采用含重金属的阻燃剂；B组分料不应使用甲苯二异氰酸酯（TDI）材料。

2 原料组分中阻燃剂的使用应确保喷涂硬泡聚氨酯的燃烧性能与保温性能的长期稳定。

3 无论采用聚醚或聚酯作为发泡基料，都应保证泡沫的交联性。

4 B组分料中异氰酸酯（PAPI）的理化性能应符合《多亚甲基多苯基异氰酸酯》GB/T 13658的规定。

4.2.1 本条规定了冷库硬泡聚氨酯的原料组分构成。

国家环境保护总局规定从2008年1月1日起，任何企业不得在产品生产和施工过程中使用氯氟烃（CFCs）物质作为发泡剂，其中的氯氟烃（CFCs）物质包括了三氯一氟甲烷（CFC-11）、二氯二氟甲烷（CFC-12）、（CFC-113）、（CFC-114）和（CFC-115）等。这些材料的使用，会造成地球臭氧层的破坏，国家对上述材料有明确的淘汰时限，我们需严格遵守。

易燃易爆发泡剂包括戊烷、甲酸甲酯等。由于硬泡聚氨酯在现场施工，环境封闭，使用易燃易爆发泡剂极易造成燃爆、对施工人员人身安全构成很大的威胁。故本条规定A组分内不应含有上述易燃易爆材料。附录A中提供了硬泡聚氨酯中戊烷发泡剂含量检测方法，以供行业各界监督。

TDI蒸汽、重金属等会对人体造成危害，故在冷库喷涂中不能采用。

由于近年冷库的大量建设，火灾事故频发，国家标准对冷库使用的保温材料提出了较高的要求，市场上出现了很多阻燃型材料组分，阻燃剂分有机与无机两大类物质，其阻燃性能及对硬泡聚氨酯保温性能的影响良莠不齐，有的阻燃剂经过几年的使用很快就挥发殆尽，阻燃性能不能保证，有的阻燃剂虽提高了阻燃性能却严重影响了硬泡聚氨酯的保温性能，泡沫导热系数下降很多或极容易开裂。这些情况都要尽量避免。

只有发泡基料的交联性好，才能保证冷在降温过程中硬泡聚氨酯不出现龟裂、裂缝或大幅度收缩脱落。

冷库处在冷、热温差大的环境中，因此要求硬泡聚氨酯材料的闭孔率要高、尺寸稳定性要好、交联性要强。A组分料各种成分如果采用劣质的材料会严重影响泡沫的各项物理性能。根据多年的工程实践，A组分料若采用聚醚为主要成分，保证交联聚醚在A组分中的比例，可以有效避免降温过程中硬泡聚氨酯的收缩开裂。

掺入残液的B组分料，导热系数高、开孔率高，其隔热性能不能满足冷库的隔热性能要求，故不能使用。

4.2.2 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温层材料应符合现行国家标准《绝热用喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 20219的有关规定，喷涂硬泡聚氨酯材料性能指标应符合表4.2.2的规定。

表4.2.2 喷涂硬泡聚氨酯材料性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 性能要求 | 试验方法 |
| 墙面/顶棚 | 地面 |
| 表观芯密度（kg/m3） | ≥35 | ≥45 | 《泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定》GB/T 6343 |
| 导热系数（平均温度23℃）（W/m·K） | ≤0.024 | ≤0.024 | 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294 |
| 压缩强度（形变10％的压缩应力） （kPa） | ≥150 | ≥250（行驶叉车≥300） | 《硬质泡沫塑料 压缩性能的测定》GB/T 8813 |
| 尺寸稳定性（-25℃，48h）（％） | ±1.0 | ±1.0 | 《硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法》GB/T 8811 |
| 闭孔率（％） | ≥85 | ≥90 | 《硬质泡沫塑料 开孔和闭孔体积百分率的测定》GB/T 10799 |
| 吸水率（体积比）（％） | ≤3 | ≤3 | 《硬质泡沫塑料吸水率的测定》GB/T 8810 |
| 粘结强度（MPa） | ≥0.1且破坏发生在硬泡体内部 | 《绝热用喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 20219 |
| 燃烧性能 | B1级或B2级 | 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 |

4.2.2本条规定了喷涂硬泡聚氨酯保温层材料的各项性能要求，指标的确定是根据冷库工程实际及大量的实验验证得来的。冷库保温隔热材料的导热系数随材料密度的提高而增加，并且与材料的孔隙构造特征有关。

**4.3 基层与保护层材料**

4.3.1 喷涂硬泡聚氨酯的基层所使用的混凝土材料应符合现行国家标准《冷库施工及验收标准》GB 51440的有关规定。

4.3.2 冷库不高于0℃的冷间承重墙采用的砖的强度等级不应低于MU 20、非承重砌体墙或保护墙裙采用的砖的强度等级不应低于MU 10、砌筑与抹面的水泥砂浆的强度等级不应低于M 7.5，砖的抗冻性应符合现行国家标准《冷库设计标准》GB 50072的要求。

4.3.2 冷间内的砖砌体多采用烧结普通实心砖或混凝土实心砖。考虑到不高于0℃的冷间内冻融循环对结构的影响，实心砖的抗冻性要符合现行现行国家标准《砌墙砖试验方法》GB/T2542冻融试验要求。

4.3.3 采用压型钢板做基层或保护层时，应满足下列要求：

 1 压型钢板保护层所选用压型钢板的性能指标应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755的有关规定。

 2 压型钢板的波高、波距应满足承重强度、稳定与刚度的要求；板型构造及涂层材料的选择应满足冷库防水、防腐蚀、耐低温等功能要求。

4.3.4 当采用聚合物砂浆抹面（喷涂）做保护层时，聚合物砂浆基本性能应符合表4.3.4的要求。

表4.3.4 聚合物砂浆基本性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 性能要求 | 试验方法 |
| 与硬泡聚氨酯拉伸粘结强度（MPa） | 原强度 | ≥0.10且破坏部位不得位于粘结界面 | 《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404 |
| 耐水 |
| 耐冻融 |
| 压折比 | ≤3.0 |

4.3.5 当采用不燃性无机涂料做保护层时，无机涂料底涂层材料应与硬泡聚氨酯结合紧密。温度频繁波动的冷间内所使用的无机涂料应为防霉型涂料。

4.3.5 在顶棚硬泡聚氨酯保温层下喷涂的不燃性防火保护层，因硬泡聚氨酯易变形，需要一层结合紧密的底漆涂层，使面漆附着牢固、不容易起鼓剥落。

使用时经常有温度波动的房间，如冷却间、控温穿堂等，墙面、顶棚极易结露，所以保护层涂料防霉性能要好。

**5 工程设计**

5.0.1 冷库硬泡聚氨酯保温系统基本构造层次应符合表5.0.1的规定，设计人员可根据材料特性、气候条件和使用功能等因素进行组合。

表5.0.1 冷库硬泡聚氨酯保温系统基本构造层次

|  |  |
| --- | --- |
| 保温喷涂部位 | 基本构造层次 |
| 墙体基层上喷涂 | 基层、隔汽层、保温层、防火保护层 |
| 下方为高温侧的楼（地）面基层上侧喷涂（由下至上） | 基层、隔汽层、保温层、防水透气层、钢筋混凝土面层 |
| 下方为低温侧的楼（地）面或顶棚基层上侧喷涂（由下至上） | 基层、保温层、防水或隔汽层、钢筋混凝土面层或防火保护层 |
| 楼、地面或顶棚基层下侧喷涂（由上至下） | 基层、隔汽层、保温层、防火保护层 |

5.0.1 本条规定了冷库硬泡聚氨酯保温系统基本构造层次，设计中可根据材料特性、气候条件和使用功能等因素进行组合。

砌体墙基层要先做找平层、钢筋混凝土墙或板基层不抹灰但应修补平整后，再进行隔汽层的施工。

5.0.2 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统的保温层厚度计算应符合现行国家标准《冷库设计标准》GB50072的有关规定。

5.0.2 喷涂硬泡聚氨酯保温系统为现场发泡而成，因此会产生保温材料的导热系数不均匀现象，且保温随使用年限增长，其热阻会缓慢衰减，因此，在设计中应按现行国家标准《冷库设计标准》GB50072的要求，考虑不同部位的表面换热阻、温差与材料导热系数的修正等进行保温厚度的计算，以保证保温系统的长期节能效果。

5.0.3 当硬泡聚氨酯与两侧不小于50mm厚不燃性材料构成无空腔复合保温系统时，硬泡聚氨酯的燃烧性能不应低于B2级。

5.0.3 一般墙体、顶棚喷涂硬泡聚氨酯的保护层厚度均小于50mm，这时的硬泡聚氨酯要符合难燃性材料的要求。当喷涂硬泡聚氨酯与双侧不燃性基层或保护层材料形成无空腔的保温复合体时，例如钢筋混凝土楼面上喷涂硬泡聚氨酯、上部又设钢筋混凝土面层，这时保温材料的燃烧性能可适当降低，但不能采用易燃性保温材料。

5.0.4当采用喷涂硬泡聚氨酯做楼、地面基层上的保温层时，地面均布活荷载值不应大于20kN/㎡。

5.0.4 喷涂硬泡聚氨酯抗压强度一般不超过300kPa，若地面荷载较大，面层混凝土厚度需加大很多，才能保证硬泡聚氨酯不发生破坏，故要控制其上部荷载。

5.0.5 当喷涂硬泡聚氨酯保温层两侧温差大于5℃时，应在保温层高温侧设置隔汽层。

5.0.5 当保温层两侧温差较大时，为保证保温层保温性能的长期稳定，需要在水蒸气分压力大的一侧，通常是高温侧，设置水蒸气阻隔构造层。

5.0.6 冷库喷涂硬泡聚氨酯基墙采用框架填充砌体材料时，砌体应选用密实、导热系数大、遇水不粉化的材料；当采用装配板材或砌体框架填充墙时，板与板或填充材料与框架之间的接缝处应有可靠的密封措施。

5.0.6 内保温冷库墙体的隔汽系统是由喷涂基层材料与隔汽涂膜共同构成的，其中一方失效，都会造成隔汽系统的失效，因此保证基层的密实、不开裂是非常重要的。基层导热系数大，对隔汽层要求会相对低一些。加气混凝土砌块遇水易粉化，受潮抹面易脱落，因此不适合作为基层材料。

5.0.7 喷涂保温层所在外墙、屋面基层外侧防水等级应符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030的有关规定。应做好防水构造设计，确保雨水不会渗入围护结构，造成保温系统的破坏。

5.0.7 本条对冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统的基层外表面提出了相关要求。若防水层遭到破坏，会导致隔汽与保温层的开裂。

5.0.8 用于冷库墙体与顶棚的隔汽层涂膜厚度不应小于0.2mm厚。

5.0.8 隔汽涂膜本身有兼起密封基层和增加保温层与基层的结合力的作用，故提出涂膜最小厚度要求。

5.0.9 当冷库外墙为双面抹灰的砌体墙，墙内侧喷涂硬泡聚氨酯时，隔汽层的蒸汽渗透阻不应小于表5.0.9的规定。

表5.0.9 砌体外墙内侧隔汽层的蒸汽渗透阻

|  |  |
| --- | --- |
| 气候分区 | 隔汽层的蒸汽渗透阻（[㎡·h·Pa/g）](http://xn--8xk.h.Pa/g%EF%BC%89) |
| ≥-5℃冷间 | -18℃~-7℃冷间 | ≤-20℃冷间 |
| 严寒与寒冷地区 | 1500 | 3000 | 7000 |
| 夏热冬冷与温和地区 | 2000 | 5000 | 11000 |
| 夏热冬暖地区 | 3000 | 7000 | 15000 |

5.0.9 对于冷库砌体外墙保温的隔汽层的蒸汽渗透阻，现行《冷库设计标准》只有一个经验公式，因条件不清，无法计算。现经参照美国ASTM标准进行研究计算，根据冷库所在气候分区，对隔汽层的蒸汽渗透阻或透湿阻进行了规定，以提高冷库保温的耐久性，计算按240mm厚烧结普通砖双侧水泥砂浆抹灰墙、硬泡聚氨酯不少于25年使用寿命计算。喷涂隔汽涂料所需厚度为隔汽膜蒸汽渗透阻（透湿阻）与水蒸气透过系数（透湿系数）的乘积。例如：夏热冬冷地区-18℃冷间外墙蒸汽渗透阻应为5000㎡·h·Pa /g，采用水蒸气透过系数为50ng/(㎡·h·Pa)的隔汽涂膜，则隔汽涂膜厚度不应小于0.275mm，该涂膜喷涂0.3mm厚即可满足要求。

内墙喷涂硬泡聚氨酯冷库的隔汽系统是由基层墙体与隔汽层共同形成的，缺一不可。本条规定基于保温层低温侧水蒸气阻隔很小的情况。

当采用钢筋混凝土基层墙体时，隔汽膜的蒸汽渗透阻要求可以适当降低，当采用密封很好的钢板墙时，则无需设置隔汽膜。

5.0.10 用于冷库地面喷涂硬泡聚氨酯的隔汽层的水蒸气透过量（湿流密度）应符合现行协会标准《冷库地面工程技术规程》T/CECS 1456的有关规定。

5.0.10 保温层低温侧存在水蒸气渗透阻较大的材料时，会阻挡冷库喷涂保温系统高温侧水蒸气流顺利进入冷间，而在保温层中产生冷凝，经长期累积后，易使保温材料保温性能大幅下降，从而造成系统的破坏或能耗的大幅增加。尽管喷涂硬泡聚氨酯保温比XPS挤塑板保温对隔汽性能的要求要稍高一些，但隔汽性能符合现行有关标准的要求即可，本标准不作另行规定。

5.0.11 当楼层间温差大于5℃，钢筋混凝土楼面上喷涂硬泡聚氨酯保温时，隔汽层的水蒸气透过量或蒸汽渗透阻应符合表5.0.11的规定。

表5.0.11 楼层间楼面上隔汽层的蒸汽渗透阻

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 两侧房间温差（℃） | 水蒸气透过量[g/(㎡·24h)] | 蒸汽渗透阻（[㎡·h·Pa/g）](http://xn--8xk.h.Pa/g%EF%BC%89) |
| 5~17 | ≤7.0 | ≥8187 |
| 18~29 | ≤0.7 | ≥81870 |
| ≥30 | ≤0.2 | ≥286528 |

5.0.11 用于冷库内钢筋混凝土楼面上喷涂硬泡聚氨酯的隔汽材料可以是涂膜、卷材或卷材与涂膜的复合材料，故本表给出水蒸气透过量与蒸汽渗透阻两个指标，两个指标相互对应，满足其一即可。

5.0.12 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温层与隔汽层不宜跨越变形缝。当必须跨越时，应具备抗变形和保证连续性的有效措施。

5.0.13 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统的冷桥部位应有可靠的防冷桥措施。

5.0.13 在冷库门、窗或洞口处需设置密封装置，管道、电缆、吊架等穿保温层处也要采用现场发泡聚氨酯，以保证系统的气密性和防止能量损失。

5.0.14 冷库墙面、地面或顶棚的隔汽层在交接处应保证连续，并应在交接处附加一道隔汽层，交角两边长度均不应小于150mm。

5.0.15 硬泡聚氨酯的保护层应为不燃性材料。当硬泡聚氨酯的保护层为金属板、砌体等材料时，保护层与硬泡聚氨酯之间应留有不小于30mm可通风空气间层。当采用抹面或喷涂形式的附着保护层时，保护层的水蒸气渗透阻不应大于150 ㎡·h·Pa /g。

5.0.15 硬泡聚氨酯表面应设不燃性保护层，是为了满足现行国家标准《建筑设计防火规范》的要求。

依据热工原理，冷库保温隔热层高温侧材料的水蒸气渗透阻要大，低温侧材料的要小，这样水蒸气才能从低温侧顺利扩散到冷间而不在保温层内发生冷凝，从而延长冷库保温材料的使用寿命。由于压型钢板或砌体水蒸气渗透阻较大，为便于水蒸气从硬泡聚氨酯中析出，应在硬泡聚氨酯与其之间留有可通风空气间层。

顶棚等部位设置的附着保护层要轻薄而有良好的透气性，抹面不应过厚，以防降温后保护层脱落，可采用喷涂形式，并应控制好喷涂厚度。3mm厚聚合物砂浆的水蒸气渗透阻约为150 ㎡·h·Pa /g。

5.0.16 当冷库喷涂硬泡聚氨酯的保护层采用压型钢板时，预埋龙骨固定支座或吊点的间距不宜大于1.2m，龙骨间距不宜大于1.5m。龙骨宜采用轻钢龙骨，压型钢板与龙骨应可靠固定。

5.0.17 配电线路不应沿冷间保温材料的表面敷设或在保温材料中敷设，确有需要沿保温材料表面敷设时应采取穿金属套管，并应采取防火隔离和气密封堵的措施；电线（缆）穿越冷间保温材料的防火要求，应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037的有关规定。

**6 工程施工**

**6.1 一般规定**

6.1.1 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程的施工单位应具备相应的施工资质；施工现场应有经项目技术负责人审查批准的施工组织设计、施工技术方案、施工安全措施等技术文件；施工人员均应经过与其所从事工作相适应的培训及考核，特殊工种应持证上岗。

6.1.1 本条对施工单位资质、人员执业资格、施工组织设计等提出了要求。对于特殊施工作业人员，要持有相关的有效证件上岗。

6.1.2 施工单位应遵守国家有关施工安全、劳动保护、环境保护、防火和防毒的规定，应建立相应的管理制度，并应配备必要的设备、器具和标识。冷库工程施工现场所包含大量涉氨设备、管线及可燃性保温材料等，施工单位开工前应制订出施工现场安全生产及消防制度应急预案，颁布施工现场用火工作审批程序。

6.1.3 每道工序完成后，应经监理或建设单位检查验收合格后方可进行下道工序的施工，并应采取成品保护措施。

6.1.4 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统工程所采用的材料应有产品合格证书和性能检测报告，材料的品种、规格、性能等应符合设计要求。

6.1.4 当冷库喷涂硬泡聚氨酯所用A组分原料时，要采用生产厂家原包装并直接运至施工现场的原料。单体原料需带有生产厂家原始标签，内容包括生产厂家名称、货物名称、堆号或批号、净重、推荐贮存范围、标明贮存温度及安全操作说明的警示牌及产品合格证和出厂检测报告。

6.1.5 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统的原材料进入施工现场后，应在监理工程师监督下进场验收；各种原材料应分类储存，防雨、防潮、防暴晒、防火，且不宜露天存放。

6.1.6 各类作业机具、工具应齐备，并应经检验合格、安全、可靠；各种测量工具应进行校核。

6.1.7 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温系统均应做好保温与隔汽材料的各项安全防护工作。施工现场应有防火、防风、防雷、防潮、防触电等措施，并应有各项安全标识，施工过程中应注意加强安全检查，做好施工人员的劳动保护。应做好冷库喷涂硬泡聚氨酯保温施工的各项防护工作。

6.1.8 冷库墙面、顶棚的预埋件等应在保温喷涂施工前完成。

6.1.8 墙面、顶棚固定压型钢板保护层龙骨用预埋的固定支座或吊筋等要在喷涂聚氨酯之前做好。若喷涂一定厚度后再挖开聚氨酯做支座或吊件，这样不能保证保温层热阻的整体连续性。

6.1.9 喷涂硬泡聚氨酯施工宜按照先顶棚、再墙面、最后楼（地）面的顺序施工。

6.1.10 喷涂施工时的环境温度宜为15℃~35℃；相对湿度不应大于80%。当施工时环境温度低于10℃或相对湿度大于80%时，应采取可靠的技术措施保证喷涂质量。

6.1.11 现场喷涂作业不应与其他具有火灾隐患的作业交叉施工；保温系统完成后，其它作业施工应满足消防要求。

6.1.12 基层低温侧保温工程的施工应在基层与隔汽层施工质量验收合格后进行；基层高温侧保温工程的施工应在基层施工质量验收合格后进行。

6.1.13 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程应防止碰撞造成已完成的喷涂硬泡聚氨酯保温层的破坏。穿过保温层的管线、结构或金属构件等应做好防冷桥处理。

**6.2 工程施工**

6.2.1 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程施工工序宜按图6.2.1的流程进行施工。



图6.2.1 冷库喷涂硬泡聚氨酯保温工程施工流程图

6.2.2 主要施工机具应符合下列规定：

 1 根据具体工程的施工要求，在施工前期准备及施工全过程中，应保证充足、齐全、先进的机械机具设备，以满足施工要求及施工过程的需要，同时施工机械、手持电动工具和用电安全装置应由专人管理，并及时进行机械机具设备保养和维修，确保使用正常。

 2 主要施工机具应包括：聚氨酯喷涂机、空气压缩机、配电箱、专用喷枪、聚氨酯喷涂设备维修所需全套工具、手工锯、活动脚手架，以及防护眼镜、薄胶手套、过滤面具等劳动保护用品。

6.2.3 施工前应做好下列准备工作：

1 基层应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204和《砌体结构工程施工质量验收规范》GB50203的有关规定。保温工程施工前，结构主体等应经相关部门验收并合格。墙面基层的垂直度、平整度应符合国家现行施工及验收规范要求。

2 施工前应清洁基面，基层应干燥、平整、不应、浮尘、滴浆、油污、空鼓及翘边等，含水率不应大于10%。砌体墙基层抹面水泥砂浆的平整度不应大于10mm。隔汽层基面不应有尖锐凸起物。

3当基层上有埋件时，应在隔汽层、保温层施工之前预留。

6.2.4 墙面与顶棚低温侧喷涂硬泡聚氨酯氰凝隔汽层的施工应符合下列规定：

 1 氰凝涂刷或喷涂不应少于两遍，前后两遍喷涂的方向应相互垂直。单组分氰凝每遍施工的间隔时间不应小于12h，第一遍涂料浓度宜小，第二遍涂料浓度宜大。双组份氰凝每遍施工的间隔时间不应小于6h。

 2 有溶剂氰凝涂膜的干燥过程中，应加强通风。减少可燃气体在冷库内的存量。

 3 氰凝施工完成后，应注意保护。

6.2.4 本条对聚氨酯氰凝的施工条件及操作要点提出了具体要求。第一遍涂料浓度小，是为了保证其与基层的粘结力；第二遍涂料浓度大，是为了保证成膜的隔汽性能。

 加强通风，是为了减少可燃气体在冷库内的积聚，从而避免火灾的发生。

6.2.5 硬泡聚氨酯喷涂施工应符合下列规定：

 1 低温侧硬泡聚氨酯喷涂施工应在氰凝防潮隔汽层施工完成24h后进行。

 2 低温侧硬泡聚氨酯喷涂前必须严格检查隔汽层与基层粘接情况，发现剥离部分必须重做。

 3 硬泡聚氨酯应分层逐次喷涂到设计厚度，每层喷涂厚度不应超过35mm。上道硬泡层基本硬化后，才能喷涂下一道，直至达到规定厚度。

 4 喷枪头距作业面的距离应根据喷涂设备的压力进行调整，宜为0.5m

~1.5m；喷涂时喷枪头移动的速度要均匀。喷涂过程中要随时检查喷涂厚度。

 5 喷涂后的硬泡聚氨酯应经过48h~72h充分熟化后，再进行下道工序施工。

 6 硬泡聚氨酯喷涂施工完成后，不应在硬泡聚氨酯体上穿刺或试烧，以免破坏隔热性能或引起火灾。

 7 楼（地）面高温侧硬泡聚氨酯喷涂完成，绑扎钢筋，浇筑钢筋混凝土面层前应对隔汽层加以防护，以免破坏隔汽层。

6.2.5 硬泡聚氨酯生成过程为放热反应，其中心最高温度可达140℃左右。为避免泡沫烧芯，影响质量，喷涂时应控制每次喷涂厚度，要分层逐次喷涂，每次喷涂厚度要控制在25mm~35mm，以保证泡沫各种性能达到最佳水平。

 从喷涂成形到降温使用，硬质聚氨酯泡沫将历经从高温至常温再至低温的降温过程。由于受温度应力的影响，易造成基层拉动。应采取切断基层收缩应力的措施，避免基层拉动造成空鼓、脱壳。

 冷库在降温过程中，围护结构基层与保温层收缩不同步，易造成保温层的破坏，施工单位要对冷库各部位和节点仔细分析，制定切实可行的技术措施，严格按照施工步骤进行施工。

6.2.6 当局部采用浇注硬泡聚氨酯施工时应符合下列规定：

 1 浇注施工所用的模板应规格配套，表面平整，易于安装和拆卸。单次浇注面不宜过大。

 2 浇注施工时，枪头移动的速度应均匀，应保证保温层内浇注饱满，不得出现空鼓，浇注后的硬质聚氨酯泡沫保温层应熟化48h~72h后，再进行下道工序的施工。

6.2.6 冷库硬泡聚氨酯隔热层的施工方法以现场喷涂为主，当局部现场喷涂施工有难度时，可采用浇注施工。如果浇注面过大，会引起硬泡聚氨酯烧心或发生火灾，所以要加以控制。

6.2.7 压型钢板保护层采用经过防潮、防腐及阻燃处理的木质材料作为支座时，应与墙基面或顶棚牢固连接，且应保证隔汽层的连续。

6.2.8 砌体墙保护层的施工应满足现行国家标准《砌体工程质量验收规范》GB 50203的有关要求。

**7 工程质量验收**

**7.1 一般规定**

7.1.1 保温工程资料审核及验收应包括保温工程施工的竣工图、设计变更资料、材料的出厂合格证书、第三方法定检测单位的材料性能报告、材料进场验收记录、材料进场复检报告、隐蔽工程验收记录、施工质量记录等。

7.1.2 材料和设备进场验收应符合下列规定：

 1 应对材料和设备的品种、规格、包装、外观和尺寸等进行检查验收，并经监理工程师或建设单位代表确认，形成相应的验收记录。

 2 应对材料和设备的质量证明文件进行核查，并经监理工程师或建设单位代表确认，纳入工程技术档案。进入施工现场的材料和设备均应具有出厂合格证、说明书及相关性能检测报告。

 4 工程使用的材料应符合现行有关标准对材料有害物质限量的规定，不得对周围环境造成污染。

7.1.3 保温工程作为单位建筑工程的一个分部工程，其分项工程和检验批的划分，应符合下列规定：

 1 保温分项工程可划分为隔汽工程、顶棚保温工程、墙体保温工程、楼（地）面保温工程和保护工程分项工程。

 2 保温工程应按照分项工程进行验收。保温分项工程一般按施工面积每100㎡抽查1处，每处10㎡，且不应少于3处。当保温分项工程的工程量较大时，可以将墙面每500㎡～1000㎡划分为一个检验批，不足500㎡划分为一个检验批，分批进行验收。

 3 当保温工程无法按照上述要求划分分项工程或检验批时，可由建设、监理、施工等各方协商进行划分。但验收项目、验收内容、验收标准和验收记录均应遵守本规程的规定。

 4 保温分项工程和检验批的验收记录应单独填写，验收资料应单独存档。

**7.2 隔汽层的验收**

Ⅰ 主控项目

7.2.1 隔汽层的质量应符合设计要求。

 检验方法：检查出厂合格证、质量检验报告和进场检验报告。

7.2.2 隔汽层在转角、变形缝和管线穿过处的加强构造应符合设计要求。

检验方法：观察检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

7.2.3 隔汽层平均厚度应符合设计要求，且最小厚度不应小于设计厚度的85%。

 检验方法：采用钢尺法或取样量测。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

Ⅱ 一般项目

7.2.4 涂膜隔汽层应与基层粘接牢固，涂膜应表面平整、涂布均匀，不得有漏点，不应有堆积、空鼓或起泡等缺陷。卷材不应扭曲、褶皱、翘边，接缝处应粘接严密，搭接宽度允许偏差为-10mm。

检验方法： 观察检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

7.2.5 涂膜隔汽层收头应多遍涂抹。自粘卷材收头应与基层粘接牢固、密封严密。

检验方法：观察检查。

检验数量：全数检查。

**7.3 聚氨酯保温层的验收**

Ⅰ 主控项目

7.3.1 喷涂硬泡聚氨酯保温层所用原材料的质量及配合比，应符合设计要求。

检验方法：检查原材料的出厂合格证、质量检验报告和计量措施。

7.3.2 喷涂硬泡聚氨酯保温层的厚度应符合设计要求，且不得有负偏差。

检验方法：采用钢针插入和尺量检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

7.3.3 喷涂硬泡聚氨酯的材料性能指标应符合设计要求。

检验方法：抽样检查。

检验数量：燃烧性能检验抽查不应少于1处；导热系数、密度、压缩强度、吸水率、尺寸稳定性和闭孔率，当喷涂聚氨酯面积在7000㎡以下时抽查不少于3处、在7000㎡以上时抽查不少于5处。

7.3.4 各层冷库门口、穿墙管线、保护层支座、吊点等处防冷桥构造节点做法应保证保温层与隔汽层的连续，符合构造设计要求。

检验方法：观察检查。

检验数量：全数检查。

Ⅱ 一般项目

7.3.3 喷涂硬泡聚氨酯应分层喷涂，粘结应牢固，表面应平整。 喷涂硬泡聚氨酯保温层无流挂、塌泡、破泡、发脆、发酥、大孔、开裂和烧芯等不良现象，泡孔应均匀、细腻。

检验方法：观察与触摸检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

7.3.3 硬质聚氨酯泡沫喷涂后的表面质地应类似于“桔皮”，不允许有“爆米花”的表面。同时，不允许表面出现塌陷、裂缝及孔穴。

7.3.4 喷涂保温层与墙体以及各构造层之间应粘接牢固，无脱层、空鼓及裂缝。

检验方法：观察与敲打听音检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查

7.3.4 喷涂保温层的表面平整度的允许偏差不应大于5mm。

检验方法：2m靠尺和塞尺检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

**7.4 保护层的验收**

Ⅰ 主控项目

7.4.1 金属压型钢板成型后，板材边缘应平整无毛刺，成型后的压型板材、泛水板、包角板不得有裂纹。涂层应光洁，无肉眼可见驳落、擦痕、涂层均匀无缺陷，压型钢板表面应干净、无油污泥沙及明显凹凸和皱褶。

检验方法：观察检查。

检验数量：按本规程第7.1.3条规定的检验批检查。

7.4.2 金属压型钢板及制造金属压型板所采用的原材料，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检验方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志和检验报告。

检验数量：全数检查。

7.4.3 聚合物砂浆或不燃性无机涂料的工程验收应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定。

Ⅱ 一般项目

7.4.4 金属压型钢板的规格尺寸及允许偏差、表面质量、涂层质量等应符合设计要求和本规程的规定。

检验方法：观察及尺量。

检查数量：抽查5%，且不应少于3件。

7.4.5 金属压型钢板的安装过程中，应定段检测，检查两端平直度、板的平直度，以保证安装质量。

 检验方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

**8 施工防火安全与劳动保护**

**8.1 防火安全**

8.1.1 施工现场应根据现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140的相关要求配备适当种类、数量的灭火器材。

8.1.1在冷库施工现场失火事件屡屡发生，发生事故的原因多种多样，为控制初期火灾，配备灭火器材是非常有必要的。

8.1.2 喷涂硬泡聚氨酯施工工序应合理。施工现场严禁吸烟，严禁与电焊等明火作业交叉施工。喷涂硬泡聚氨酯现场应通风良好。

8.1.2 通过对喷涂硬泡聚氨酯保温隔汽工程发生火灾原因分析得知，大部分案例都发生在施工阶段，主要是施工现场管理不严，对动火没有严格的控制，导致火灾的发生。因此，要按照相关的设计和施工标准的要求对施工现场的动火进行控制，确保生产安全。

8.1.3 硬泡聚氨酯成型过程放热较高，应考虑基层材料的特性，控制分层逐次喷涂的设计厚度，随时检查硬泡聚氨酯附着物的材料有无炭化迹象。

8.1.4 喷涂硬泡聚氨酯完成后，当确需进行电焊等明火作业时，应按规定办理动火证，并派专人采取消防措施，以防火灾发生。
8.1.5 电焊等明火作业完成后，应派专人进行检验，严禁残火或焊条直接接触硬泡聚氨酯成品。 8.1.5 喷涂工作每天告一段落后，需有专人进行检查，主要是防止因原料反应、温度过高引起基层碳化，燃烧。

8.1.6 原料贮存应符合防火要求，并应有良好通风。

8.1.7 施工过程中应随时清理、收集泡沫残渣移出现场，严禁现场滞留泡沫残渣。

8.1.8 施工现场严禁堆放易燃、易爆物品。

8.1.8施工现场危险等级高，施工现场不允许堆放易燃易爆物品。

**8.2 劳动保护**

8.2.1 进行喷涂施工的所有人员均应配戴防护面具、防护服和防护手套。

8.2.1 由于冷库喷涂硬泡聚氨酯位于室内，通风条件较差。因此，在喷涂施工过程中，要求施工人员配戴合适的防护面具、防护服和防护手套。

8.2.2 开启原料桶时，应仔细阅读包装上的操作说明，严格按照规程操作，使用后的包装桶不得随意丢弃，应妥善回收处理。

8.2.3 在施工现场或附近应配备必要的清洗设施。

8.2.3 当皮肤不小心接触到本规程8.2.1条条文说明所述挥发性化学品时，要立即用肥皂和水进行沐浴和洗涤；当眼睛不小心接触到本规程8.2.1条条文说明所述挥发性化学品时，要立即用活水冲洗15min，必要时立即送医。因此，要求在施工现场或附近配备必要的清洗设施。

8.2.4 施工现场应有带水龙头的密封饮用水容器并提供足够的饮用水。且每只水杯应只能使用一次。水杯应置于卫生的容器中。
8.2.5 施工中应满足现场安全要求，施工人员应戴安全帽。
8.2.6 施工过程中当需要在硬泡聚氨酯成品表面行走的人应穿无后跟的软底鞋。

**附录A 硬泡聚氨酯中戊烷类含量检测方法**

A.0.1 适用范围：本方法适用硬质聚氨酯泡沫中异戊烷、正戊烷、环戊烷等含量的检测。

A.0.2 检测方法：在密封的顶空瓶中，硬泡聚氨酯样品经乙醇胺-异辛醇混合溶剂高温降解，使样品内的发泡剂完全释放，通过顶空进样-气相色谱进行分析，以氢火焰离子化检测器（FID）进行检测，采用外标法测定样品中发泡剂含量。

A.0.3 实验应在通风橱中进行，实验过程中应穿戴好防护用品，注意安全。

A.0.4 在分析中使用的试剂和材料应符合下列规定：

1 乙醇胺：分析纯。

2 异辛醇：分析纯。

3 乙醇胺-异辛醇混合溶液：分别用移液枪移取相同体积的乙醇胺和异辛醇，充分混合，超声除气泡后静置。

4 异戊烷、正戊烷、环戊烷纯品：纯度不低于99.99%。

5 载气：氮气，纯度不低于99.999%。

6 燃气：氢气，纯度不低于99.999%。

7 辅助气（隔垫吹扫和尾吹气）：与载气具有相同性质的氮气。

8 助燃气：空气，经充分干燥和净化。

9 顶空瓶：20 ml。

10 容量瓶：10 ml、50 ml。

11 移液枪：1-5 ml。

A.0.5 试验仪器和设备应符合下列规定：

1气相色谱仪：配置有分流/不分流进样口、氢火焰离子化检测器（FID）的气相色谱仪，配备顶空进样器和色谱工作站。

2色谱条件：本方法采用的色谱仪参数应符合表1的规定，能达到同等分离效果的其他色谱柱和色谱条件亦可使用。

表1 色谱仪（GC-FID）参数

|  |  |
| --- | --- |
| 色谱柱 | 毛细管柱 |
| 柱管材质 | 熔融石英 |
| 固定相 | HP-VOC（6%-氰丙基-苯基-聚甲基硅氧烷） |
| 柱长/m | 60 |
| 柱内径/mm | 0.32 |
| 液膜厚度/μm | 1.8 |
| 载气 | 氮气 |
| 载气流速/（ml/min） | 1.5（恒定流量） |
| 柱温 | 初始温度50℃保持2 min，然后以5℃/min升温至80℃，再以15℃/min升温至250℃，保持10 min。 |
| 汽化室温度/℃ | 200 |
| 检测器温度/℃ | 260 |
| 分流比 | 30:1 |
| 氢气流速/（ml/min） | 30 |
| 空气流速/（ml/min） | 400 |
| 尾吹气流速/（ml/min） | 25 |

3顶空进样器：顶空进样参数应符合表2规定。

表2 顶空进样条件（Agilent 7697A Headspace Sampler）

|  |  |
| --- | --- |
| 炉温/℃ | 60 |
| 取样针/℃ | 70 |
| 传输线/℃ | 80 |
| 进样时间/min | 0.5 |
| 定量环体积/ml | 1.0 |
| 压力平衡时间/min | 0.1 |
| 保温时间/min | 30 |
| GC分析循环时间/min | 40 |
| 载气 | 氮气 |

4分析天平：精度0.1 mg。

A.0.6 测定步骤应符合下列规定：

1 标准品溶液的配制：

取约10 ml乙醇胺-异辛醇混合溶剂于50 ml容量瓶中，再分别称取0.5 g异戊烷、正戊烷、环戊烷于乙醇胺-异辛醇混合溶剂中，准确记录质量（精确至0.1 mg），并继续添加乙醇胺-异辛醇混合溶剂定容。配制成异戊烷、正戊烷、环戊烷质量浓度分别为10000 mg/L的50 ml混合标准品溶液，摇匀备用。

取上述配置好的适量10000 mg/L标准品溶液逐级稀释，得到浓度范围在1000~10000 mg/L的异戊烷、正戊烷、环戊烷混合标准溶液各10 ml。

2 标准曲线绘制：

依次取4 ml 1000~10000 mg/L的标准溶液至顶空瓶中，压盖密封，并准确称量质量（精确至0.1 mg）。按照表1和表2仪器分析条件，标准溶液浓度从低到高，依次进样分析，得到不同浓度标准样品中对应的目标分析物（异戊烷、正戊烷、环戊烷）各自的峰面积，以目标分析物的峰面积为纵坐标，目标分析物含量为横坐标，绘制目标分析物含量范围为4000~40000 μg的外标校正曲线。

3 样品测定：

将硬泡聚氨酯样品快速裁剪成约1cm（长）×1cm（宽）×3~5 cm（高）的长方体，使取样质量保持在0.1~0.2 g，并去除外表皮，使长方体的六个表面均为新的切口，准确称重（精确至1 mg）放入顶空瓶中，加入4 ml 乙醇胺-异辛醇混合溶剂，密封瓶盖，烘箱150℃加热30-60 min，待样品降解至均匀透明液体，无硬泡颗粒残留，取出冷却至室温，按照表1和表2仪器分析条件，进样分析，每个样品至少进行3个平行样品分析。

A.0.7 计算及结果表述：

1 计算公式

样品中目标物含量以质量分数*ω*i计，数值以mg/kg表示，以正戊烷为例，计算公式如下：

$$ω\_{i}=\frac{A−b}{mk}$$

式中：*ω*i——待测物的含量（mg/kg）；

*A*——待测物的峰面积；

*b*——待测物标准曲线的截距；

*k*——待测物标准曲线的斜率；

*m*——样品质量（g）。

计算结果表示到小数点后两位。

2 允许误差

同一分析者对同一试样同时两次平行测定所得结果相对偏差不大于5%。

3 合格判定

检出戊烷含量不应大于100 mg/kg。

A.0.8 典型谱图：标准品色谱图如图1所示，代表性样品色谱图如图2所示。



图1 标准品气相色谱图



图2 代表性样品气相色谱图

# 本规程用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样作不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”；

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

#

# 引用标准名录

《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624

《建筑设计防火规范》GB 50016

《冷库设计标准》GB 50072

《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140

《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404

《冷库施工及验收标准》GB 51440

《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030

《建筑防火通用规范》GB 55037

《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728

《砌墙砖试验方法》GB/T 2542

《泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定》GB/T 6343

《硬质泡沫塑料吸水率的测定》GB/T 8810

《硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法》GB/T 8811

《硬质泡沫塑料 压缩性能的测定》GB/T 8813

《色漆和清漆 耐液体介质的测定》GB/T 9274

《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294

《硬质泡沫塑料 开孔和闭孔体积百分率的测定》GB/T 10799

《建筑用压型钢板》GB/T 12755

《多亚甲基多苯基异氰酸酯》GB/T 13658

《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777

《建筑材料及其制品水蒸气透过性能试验方法》GB/T 17146

《绝热用喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 20219

《喷涂聚脲防水涂料》GB/T 23446

《隔热防水垫层》JC/T 2290

《透汽防水垫层》JC/T 2291

《冷库地面工程技术规程》T/CECS 1456