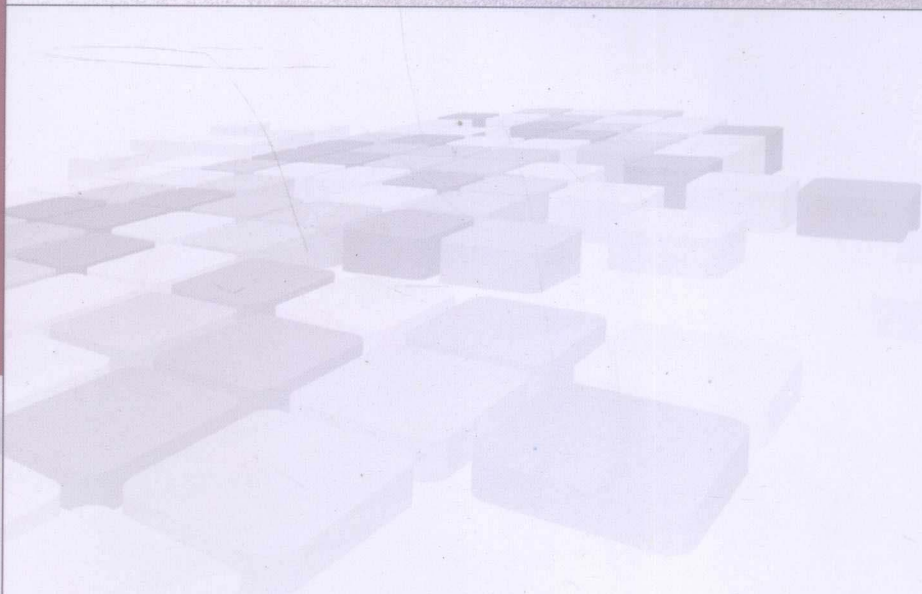


酚醛泡沫建筑保温系统 应用技术

FENQUAN PAOMO
JIANZHU BAOWEN
XITONG
YINGYONG JISHU

韩喜林 盛忠章 编著



中国建筑工业出版社

酚醛泡沫建筑保温系统应用技术

韩喜林 盛忠章 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

酚醛泡沫建筑保温系统应用技术/韩喜林等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 10
ISBN 978-7-112-13588-2

I. ①酚… II. ①韩… III. ①酚醛树脂-应用-建筑物保温工程 IV. ①TU761.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 192116 号

本书在详细介绍酚醛泡沫原料选用、合成酚醛泡沫配方与工程设计要点等内容的同时, 重点介绍了酚醛泡沫在节能建筑墙体、屋面保温系统工程中, 采用典型粘贴、模板内置、干挂、浇注和喷涂工法的施工技术, 也适当介绍了酚醛泡沫复合板作为建筑外保温的防火隔离带、空调通风管道安装和工程项目管理等内容。

本书侧重实用, 具有图文并茂、系统翔实等特点, 可供生产、设计、施工、监理和科研人员参考使用。

* * *

责任编辑: 刘婷婷

责任设计: 董建平

责任校对: 陈晶晶 姜小莲

酚醛泡沫建筑保温系统应用技术

韩喜林 盛忠章 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14¼ 字数: 355 千字

2011 年 11 月第一版 2011 年 11 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-13588-2
(21360)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

在节能建筑保温系统工程中,应用保温材料可简单划分为有机、无机两大类,它们单独、相互之间或与其他材料进行适当复合使用,由此构成多类建筑保温材料和建筑外保温系统。

酚醛泡沫属有机类硬泡保温材料中的一种,它兼具有机类保温材料和无机类保温材料优点。特别是近年我国建筑节能率和防火等级的逐步提高,使酚醛泡沫突出的防火、耐火焰穿透、低烟雾和耐高温等独特性能,更加适合节能建筑保温系统应用要求,无论在施工过程控制中,还是在工程验收后的正常使用中,都能对预防发生火灾事故起到重要作用。

酚醛泡沫在建筑业的保温应用技术已逐步成熟,愈来愈多应用于节能率为50%公用建筑和65%以上的民用建筑节能工程。

为使更多读者加深了解酚醛泡沫,初步掌握其现有生产和施工基本技术,充分利用该产(制)品技术特征,继续对该产品合成技术深入研究,扩大酚醛泡沫在节能建筑业应用技术,作者尽微薄之力,编写本书。

酚醛泡沫板类施工方法与常规聚苯乙烯泡沫板(XPS、EPS)、聚氨酯硬泡板施工法基本相似,而它的喷涂法、浇注法与聚氨酯硬泡喷涂和浇注施工法相似。因此,所编酚醛泡沫外保温系统性能和施工技术等,主要参照现行国家、行业有关同类产品的相应规范、规程和技术标准要求,同时也参照酚醛泡沫相关地方标准,并借鉴沈阳美好新型材料(集团)有限公司等单位有关技术文件,结合实际经验将所编内容具体化,使其更加实用、通俗易懂掌握。

另外,《建筑材料燃烧性能分级法》GB 8624—2006已修订,但为了能与公安部、住房和城乡建设部《民用建筑外保温系统及外墙装饰防火暂行规定》公通字[2009]46号文件、《绝热用硬质酚醛泡沫制品》GB/T 20947—2007内容中涉及燃烧性能分级相符,又便于本书中涉及保温材料分级相互对比直观,所以在本书有关内容中,除含有两个标准的燃烧等级对照内容外,主要引用原《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222中相对简单、概括划分的建筑材料燃烧性能分级法。

在编写本书过程中,辽宁省住房和城乡建设厅建筑节能与建设科技发展中心、辽宁省保温材料协会和辽宁省建筑节能环保协会给予了大力支持,同时得到行业领导、专家赵亚明、陈德龙、刘策、包淑兰、张玉书、宋怀亮、许琳等同志热情帮助,并邀请王全、张伶俐、陈哲和李春参加部分内容编写,在此谨向有关单位、专家和相关人员一并表示衷心感谢。

由于我们施工经验和生产技术水平有限,加之酚醛泡沫类建筑保温材料的生产和应用技术,仍在不断积极完善、发展当中,因此本书所编内容存在错误和不足在所难免,敬请读者批评指正,以资改进。

目 录

概述	1
第1章 基本知识	4
1.1 酚醛泡沫	4
1.1.1 酚醛泡沫原料选用及化学反应	4
1.1.2 酚醛泡沫、复合面材类型及板材生产	14
1.1.3 酚醛泡沫特点及适用范围	18
1.2 工程常用术语与发泡机	24
1.2.1 工程常用术语	24
1.2.2 酚醛泡沫发泡机	26
第2章 基本规定	28
2.1 外保温系统性能与工程设计要点	28
2.1.1 酚醛泡沫外保温系统性能	28
2.1.2 外保温工程设计要点	29
2.2 施工一般规定与施工方案编制	33
2.2.1 施工一般规定	33
2.2.2 施工方案编制	34
第3章 酚醛泡沫外墙外保温系统施工	38
3.1 外墙外保温系统基本优点与常用工法	38
3.1.1 酚醛泡沫外墙外保温系统基本优点	38
3.1.2 酚醛泡沫施工常用工法	39
3.2 粘贴法施工	40
3.2.1 粘贴酚醛泡沫板涂料饰面系统	40
3.2.2 粘贴酚醛泡沫水泥层复合板系统	57
3.2.3 粘锚酚醛泡沫水泥层装饰复合板系统	73
3.2.4 粘锚酚醛泡沫装饰复合板系统	79
3.2.5 酚醛树脂发泡粘贴酚醛泡沫装饰复合板系统	87
3.2.6 粘贴酚醛泡沫板幕墙保温系统	89
3.3 模板内置板材法施工	89
3.3.1 酚醛泡沫无网板现浇混凝土系统	90

3.3.2 酚醛泡沫钢丝网架板现浇混凝土系统	100
3.4 喷涂法施工	103
3.4.1 喷涂酚醛泡沫保温系统	103
3.4.2 喷涂酚醛泡沫与外挂板饰面系统	117
3.5 模浇法施工	119
3.5.1 可拆模浇酚醛泡沫系统	119
3.5.2 免拆模浇酚醛泡沫系统	128
3.6 干挂板材法施工	131
3.6.1 有龙骨干挂系统	132
3.6.2 无龙骨干挂系统	138
第4章 夹芯酚醛泡沫复合墙体保温系统施工	144
4.1 砌体夹芯酚醛泡沫板复合墙体系统	144
4.1.1 夹芯复合墙体特点及适用范围	144
4.1.2 材料要求与设计要点	144
4.1.3 砖砌体夹芯复合墙体系统	147
4.1.4 混凝土空心砌块夹芯复合墙体系统	150
4.2 空心墙体浇注酚醛泡沫复合墙体系统	151
4.2.1 空心浇注保温墙体特点及适用范围	152
4.2.2 空心墙体浇注酚醛泡沫施工	152
第5章 酚醛泡沫围护结构内保温（冷）系统施工	155
5.1 喷涂酚醛泡沫内保温（冷）隔热系统	156
5.2 酚醛泡沫板材安装冷库系统	158
第6章 屋面防水保温系统施工	160
6.1 屋面保温工程施工	160
6.1.1 酚醛泡沫保温设计要点	160
6.1.2 酚醛泡沫保温工程施工	164
6.2 保温屋面防水工程施工	176
6.2.1 防水材料性能	177
6.2.2 屋面防水工程设计要点	180
6.2.3 屋面防水工程施工	183
第7章 酚醛泡沫防火隔离带施工	192
7.1 防火隔离带设计要点	192
7.2 防火隔离带施工要点	194
7.3 质量要求	195

第 8 章 铝箔复合酚醛泡沫板空调风管安装	196
8.1 空调风管特性及应用范围	196
8.2 空调风管制作安装要点	198
8.3 安装质量要求	199
第 9 章 工程项目管理	200
9.1 工程质量管理	200
9.1.1 工程材料检验项目	200
9.1.2 工程出现质量缺陷及防治	201
9.2 施工管理	208
9.2.1 施工技术管理	208
9.2.2 工程质量验收管理	210
9.3 安全技术管理	211
9.3.1 施工安全管理	211
9.3.2 文明施工措施	213
主要参考文献	221

概 述

中国是世界上建筑业发展最快的国家之一，全国到处都是建筑工地。据市场调查报告称，全球保温材料将以 5% 的速度增长，到 2014 年预计中国将占到全球保温材料市场的 29%，目前中国是世界上保温材料需求最多的国家。

建筑应用保温材料可简单划分为有机型、无机型和复合型，我国近 15 年保温材料生产和应用获得高速发展，不少产品从单一到多样化、功能化。材料合成技术、生产设备达到先进，使产品质量、防火等级普遍从低到高，已成为品种比较齐全的产业。

根据建筑构造特点、节能率和安全防火等要求，各类建筑保温材料采用不同技术措施，在节能建筑保温系统中被广泛选择使用。

目前，常用的无机类轻体、复合膏（浆）状外墙外保温材料，有建筑保温砂浆、发泡水泥（混凝土）、膨胀珍珠岩（蛭石）板、矿（岩）棉板、聚苯颗粒水泥复合板、泡沫玻璃板（块）、喷涂岩棉、珍珠岩、无机轻质（硅藻土、珍珠岩、玻化微珠）保温材料、胶粉聚苯颗粒复合保温浆料，以及氮尿素泡沫、脲甲醛泡沫等。

常用的有机类外墙外保温材料，有聚氨酯硬质泡沫（喷涂、浇注和板材）、聚苯乙烯泡沫板（XPS 板、EPS 板）、酚醛泡沫板等。

常用的金属压型夹芯保温复合板，如矿（岩）棉夹芯板、聚氨酯（或聚异氰脲酸酯）硬泡夹芯板、聚苯乙烯泡沫夹芯板、酚醛泡沫夹芯板，以及保温板与其他饰面复合保温板、钢丝网架水泥聚苯乙烯夹芯板等。

各类保温材料性能和应用各有利弊，单从保温材料防火性能比较，无机类轻体状保温材（浆）料，虽然有很好防火性能（燃烧等级为 A 级），但因导热系数偏高，应用厚度必然加大，施工中多数需多次涂抹才能达到设计厚度，也增加建筑荷载。因此，如不在建筑保温的构造上采取措施，在我国南方地区可使用无机类轻体状保温材（浆）料作为外墙外保温外，而按北方地区现有 65% 建筑节能率和防火要求，无机类轻体浆（膏）状保温材料仅适用于不采暖楼梯间、分户间隔墙、地下室顶棚保温或个别外保温、热桥等部位修补。其中，氮尿素泡沫和脲甲醛泡沫制品具有很好防火性能和其他优点，但有些制品强度较低，特别适用于夹芯复合墙体保温系统施工。

无机纤维类保温板（如玻璃棉、岩棉等）燃烧等级为 A 级（不燃），虽有憎水性能，但施工涉及保护层处理和与基层固定等技术问题，主要用于公共节能建筑的填塞式施工较多，较少在民用节能建筑应用。

有机类保温材料具有密度小、导热系数低和施工方便等优点，聚苯乙烯泡沫（XPS、EPS）板燃烧等级普遍达到 B2 级（可燃），改性后可达到 B1 级（难燃）。但聚苯乙烯泡沫受热（ $\geq 80^{\circ}\text{C}$ ）后易出现软化、收缩，形成空腔。聚氨酯硬泡的性能和应用方法具有很多优点，且施工技术非常成熟，硬泡燃烧后无熔滴现象，燃烧等级多数为 B2 级，改性后可达到 B1 级，与聚氨酯硬泡同类的聚异氰脲酸酯（PIR）硬泡燃烧等级可达 B1 级。

在有机类酚醛泡沫性能和应用技术上,酚醛泡沫本身具备有机类保温材料基本优点的同时,还具备无机类保温材料突出的防火性能,最普通酚醛泡沫燃烧等级为 B1 级,它在高温明火直接接触下,只在其表面产生炭化而无熔融滴落物,具有耐火焰穿透性能,能有效在建筑外保温施工过程中或工程验收后,减少火灾事故发生、控制火势蔓延。

为提高建筑防火等级,常采用无机材料与有机材料复合使用。酚醛泡沫与无机抹面材料,或与燃烧性能为 A 级的无机(保温)材料包裹(面层)复合后,或通过其他防火保温构造设计(如防火分仓、三明治等)后,更加体现其独特优势,使外保温系统的整体燃烧等级可等效达到 A 级(不燃),即在达到最好保温效果同时,又具有使用范围广、施工方便和安全防火等特点。

历史上,酚醛泡沫的研制技术虽在聚氨酯硬泡之后,但早在 1940 年,德国首先将其应用在飞机上作为保温隔热层。

在 1970 年前,几乎各国对酚醛泡沫研制和应用都没有太大进展,主要是经济原因和没能有效地利用酚醛泡沫的最大特点:耐温性、难燃性、低发烟性、耐火焰穿透性。

之后,北美、西欧一些国家对其进行深入研究后,原联邦德国、前苏联、美国以及日本等国,将酚醛泡沫作为建筑隔热保温的主体材料。

20 世纪 80 年代英国(HP chemical)、美国(koppers)、原联邦德国(dynamite Nobel)、前苏联、日本和韩国等国,已经具有连续层压酚醛泡沫保温板材生产技术,其中前苏联还开发了现场喷涂酚醛泡沫的施工技术。

我国从 20 世纪 90 年代初开始,酚醛泡沫技术研究发展较快。早期生产的酚醛泡沫存在酸性大(与金属接触会有一定腐蚀性)、脆性过大(运输、应用不便)、残存甲醛味大(尤其生产中,或室内应用保温对人体健康有害)和闭孔率低(导热系数高)等普遍缺点,现酚醛泡沫生产技术逐步提高,酚醛泡沫性能也逐渐得到改善。

目前酚醛泡沫板的生产技术已达到工业化生产水平,无论是间歇式生产技术,还是连续式生产技术都比较成熟,各项技术性能指标达到或接近国际先进水平。但使酚醛泡沫体本身燃烧性能达到 A 级,还应长期努力研究。酚醛树脂生产批次量、贮存稳定性和质量稳定性还应继续提高。

特别是近年,我国建筑业的节能率和建筑保温防火等级逐渐提高后,酚醛泡沫在建筑业应用得到高度重视,而且在建筑业应用市场逐渐扩大,已广泛应用于公共、民用等节能建筑。

根据建筑节能率、防火安全提高和施工经验积累,酚醛泡沫成套系统施工技术逐渐向规范化发展,只是其中酚醛泡沫喷涂施工技术还没达到十分普及,有待继续完善和提高。

在新标准未发布前,酚醛泡沫外墙外保温施工技术仍执行现行国家行业《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144 标准,屋面保温防水工程施工技术可参照现行国家《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404 标准,外保温施工质量验收执行现行国家《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 标准。

为有效防止建筑外保温系统火灾事故发生,2009 年 9 月,公安部和住房和城乡建设部联合发布了《民用建筑外保温系统及外墙装饰防火暂行规定》[2009] 46 号文件。

2011 年 3 月,公安部消防局下发 65 号文件通知,对建筑防火提出更严格规定,明确将民用建筑外保温材料纳入建筑工程消防设计审核、消防验收和备案抽查范围,并要求各

地公安消防部门加强对民用建筑外保温材料的监督管理。各地受理的建设工程消防设计审核和消防验收申报项目，要求严格执行通知要求。

国家现行标准、规范和有关规定的发布，体现我国节能建筑保温、防火与时俱进的发展和节能建筑工程质量的提高，使酚醛泡沫在建筑业节能的施工、应用更加规范化，使设计、施工和验收有正确依据。

酚醛泡沫所构成施工的工法，适用于全国不同温度区域各类新建、既有民用建筑和公共建筑。在我国寒冷地区、严寒地区和夏热冬冷地区大面积推广应用，已取得可喜节能效果。

我国建筑年竣工面积超过所有发达国家之和，在既有建筑中，超过 95% 以上是高耗能建筑，至少有 1/3 既有建筑需要进行节能改造。从全国范围看，酚醛泡沫建筑保温已诞生很大的市场，同时相关酚醛泡沫产业链的生产企业也将迎来更好的发展良机。

酚醛泡沫从建筑防火安全、节能保温效果、施工技术、泡沫制品（工程）单价和使用寿命等全方位综合分析，相对具有很大优势，是未来很有发展的建筑保温材料，必然会在节能建筑保温系统中继续扩大使用。

第1章 基本知识

1.1 酚醛泡沫

酚醛泡沫 (Phenolic Foam, PF) 是以酚醛树脂为主体原料, 在发泡剂、表面活性剂以及增韧剂和添加剂等组分存在下, 通过加入酸性硬 (固) 化剂, 将各组分充分混合均匀后, 发泡混合料在室温或在板材连续生产线上, 控制在 $40\sim 80^{\circ}\text{C}$ 范围的某恒定温度时, 在组分间共同反应后, 发生交联、发泡、固化而成的热固型硬质酚醛树脂泡沫塑料, 简称酚醛泡沫, 俗称酚泡, 因酚醛泡沫外观呈粉色而又称“粉”泡。

1.1.1 酚醛泡沫原料选用及化学反应

1.1.1.1 酚醛泡沫原料选用

1. 酚醛树脂

酚醛树脂是酚类和醛类经缩合反应生成的高分子材料。1910 年由美国的贝克兰德 (L. H, Backeland) 发明并使之工业化生产。通过不同的生产工艺条件, 可分别生产不同技术性能的粉状和液状酚醛树脂, 它们主要用于耐火材料、铸造、砂轮、电子、胶合板和建筑防火、保温等行业。

酚醛树脂是制备酚醛泡沫的主体核心原料, 制备酚醛泡沫所用酚醛树脂, 包括线性酚醛树脂和可溶酚醛树脂两种类型。线性酚醛树脂生产工艺非常成熟, 而且质量易于控制, 但生产周期长、效率低、能耗大、不易连续化生产, 目前主要使用可溶酚醛树脂。

在可溶酚醛树脂生产时, 有两种生产工艺, 其中一种是在苯酚/甲醛摩尔比通常在 $1:1.5\sim 1:2.5$ 范围, 以碱作催化剂, 在 90°C 以下的水溶液中, 对苯酚与甲醛摩尔比、反应时间和温度控制等因素下进行化学反应, 当物料缩合反应完成后, 再经酸中和、脱水后, 便可得到低分子量的液体可溶酚醛树脂, 树脂中含有活泼的羟甲基, 具有不同支链度和交联度。根据支链度和交联度的不同, 酚醛树脂在水、碱、醇中有不同的溶解度。

可溶酚醛树脂属于热固性液态低分子量的酚醛树脂, 或称甲阶酚醛树脂。在生产可溶酚醛树脂时, 应根据所选择酚醛泡沫技术方案, 相应调整生产可溶酚醛树脂工艺条件、原料配合比, 以适应酚醛泡沫使用。典型可溶酚醛树脂性能参见表 1-1。

酚醛树脂性能指标

表 1-1

项 目	指 标
含固量 (%)	≥ 78
黏度 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$, 25°C)	$250\sim 500$

续表

项 目	指 标
pH 值	6.5~7.0
游离醛 (%)	<2.0
游离酚 (%)	<6.0
水分 (%)	≤8
密度 (g/cm ³)	1.26~1.27
凝胶时间 (130℃) (min)	7~8
贮存稳定性 (20℃) (周)	≥4

2. 表面活性剂

表面活性剂主要有两个作用，首先在发泡固化反应中减少、降低物料的表面张力和增加液膜的强度，保持泡沫的稳定性，直到酚醛树脂矩阵凝胶。同时使发泡剂在酚醛树脂中分布更加均匀，达到调节泡孔的大小、均匀，可显著调节泡孔结构，有利于促进形成泡沫，防止泡孔破裂和塌陷（收缩）。

通常使用的表面活性剂能溶于水、不分解，而且是在酸性介质中稳定的非离子型表面活性剂，如山梨糖醇酐、脂肪酸酯类、硅氧烷基环氧杂环共聚物、蓖麻油乙烯氧化物和烷基苯酚聚氧化乙烯醚，以及聚氧化乙烯甲基硅油等，还可适当使用乳化剂（如 OP-7、OP-10；吐温-20、吐温-40、吐温-60、吐温-80 等）。

国外道化学公司生产表面活性剂的牌号有 DC-193、DC-190、DC-19，联合碳化物公司生产的牌号有 L-530、L-5310、L-5430、L-5420、L-5340 等。

3. 发泡剂

酚醛泡沫的发泡混合料在酸性催化剂作用下，聚合反应产生热量或外加热量汽化发泡剂，发泡剂受热挥发，促使发泡混合料膨胀发泡。

发泡剂不仅有混合原料膨胀发泡主要作用，而且具有溶解、稀释发泡混合原料作用，增加发泡混合原料流动性。在生产酚醛泡沫板材或现场喷涂施工时，有利于在短时间内将发泡料充分混合均匀。在发泡中，可选用物理发泡剂、化学发泡剂或它们的混合发泡剂。

1) 物理发泡剂

物理发泡剂可分为三大类：惰性气体（如氮气、二氧化碳）、低沸点液体和固态空心球等。目前使用较多的是低沸点液体物理发泡剂，其突出优点是发气量大、发泡剂利用彻底、残留物少或没有。如环（正）戊烷体系、氢氯氟烃（HCFC）141b 体系（暂时替代品），甚至有具备发泡作用又兼有阻燃功能的辅助产品等。

在氢氯氟烃类发泡剂的分子中含有氯成分，它对臭氧层有一定破坏作用。因此，1992 年在哥本哈根举行的国际保护臭氧层会议，提出对氢氯氟烃生产和使用限制要求：在 2010 年减少到 35%，2015 年减少到 10%，2020 年减少到 0.5%，2030 年完全禁用。

选用物理发泡剂应注意以下几方面要求：

- (1) 无臭气、无毒、无腐蚀性、符合环保要求；
- (2) 不可燃；
- (3) 不影响聚合物本身的物理和化学性能；

- (4) 具有对热和化学药品的稳定性；
- (5) 在室温下，蒸汽压力低，呈液态，以便贮存、输送和操作；
- (6) 低比热容和低潜热，以利于快速气化；
- (7) 分子量低，相对密度高；
- (8) 通过聚合物膜壁的渗透速度应比空气小；
- (9) 来源广，价廉。

2) 化学发泡剂

化学发泡剂包括有机化学发泡剂和无机化学发泡剂两大类。化学发泡剂在发泡过程中，本身发生化学变化，分解放出气体使聚合物发泡。

(1) 有机化学发泡剂

有机化学发泡剂是目前塑料化学发泡中用的主要发泡剂，根据酚醛树脂性能和发泡成型工艺，可使用偶氮甲酰胺、P-甲苯磺酰和苯磺酰肼等。

(2) 无机化学发泡剂

无机化学发泡剂有碳酸氢钠和碳酸铵等。这类发泡剂价格低，碳酸氢钠和碳酸铵在聚合物中的分散性较差，不易分散均匀，产生的 CO_2 气体渗透力强，容易透过膜壁散逸。分解放出气体的温度范围比较广，不易控制，常被用作辅助发泡剂，分解时属于吸热反应。无机化学发泡剂的发泡性能如表 1-2 所示。

无机化学发泡剂的发泡性能

表 1-2

发泡剂	分解温度 (°C)	发气量 (mL/g)	放出的气体	备注
碳酸铵	60~100	>500	氨气, CO_2	贮存性差
碳酸氢钠	100~140	267	CO_2 , 水蒸气	贮存性好

选用化学发泡剂应注意以下几方面要求：

- ① 发气量大而迅速，分解放出气体的温度范围不宜太宽，应稳定，能调节；
- ② 发泡剂分解放出的气体和残余物应无毒、无味、无色、无腐蚀性，符合环保要求，对聚合物及其他添加剂无不良影响；
- ③ 在聚合物中有良好分散性，且发泡剂分解时的放热量不能太大，不影响聚合物本身的物理和化学性能；
- ④ 化学性能稳定，在贮存过程中不会分解；
- ⑤ 在发泡成型过程中能充分分解放出气体；
- ⑥ 来源广，价廉。

4. 酸类硬化剂

酸类硬化剂能够加速促使酚醛树脂发泡固化的助剂，或称酚醛泡沫固化剂。

酸类硬化剂是合成酚醛泡沫的重要助剂之一，酸类硬化剂引发酚醛树脂加快缩聚反应、调节聚合速率（促进聚合物链增长）和发气速率，能使泡沫壁具有足够的强度包住气体，保持起泡速度与扩链速度的平衡。

酸类硬化剂是控制喷涂法施工的发泡速度固化时间、模浇流动时间、连续（间歇）生产板材速度和固化时间，是保证泡沫制品质量的关键助剂，准确地选择催化剂的类型、浓度（或有效含量）和加入量是发泡工艺过程中很重要的技术条件。

在制备酚醛泡沫中选用酸类硬化剂，有机酸和无机酸均可采用。有机酸包括：甲苯磺酸、对甲苯磺酸、苯酚磺酸、甲烷磺酸、乙烷磺酸、二甲苯磺酸、草酸、醋酸和萘磺酸；无机酸包括：磷酸、硼酸、氢溴酸、硫酸、盐酸，包括在混合物料加热时能放出酸的化合物。

盐酸作为硬化剂，可使泡沫孔很细，但它与醛生成毒性较大的双一氯乙醚，加之很强的无机酸在可溶树脂里溶解比较困难，使用时常将盐酸或磷酸溶解在甘油或乙二醇中使用。

硫酸在可溶酚醛树脂里分散比较困难，为防止在局部出现凝胶化现象，在发泡前，需预先稀释后再使用，可用丙醇、丁醇、乙二醇、丙二醇、聚乙二醇、多元醇等为稀释剂，通过对强无机酸催化剂稀释后，以达到减蚀，缓解强无机酸作用。

按制备酚醛泡沫配方和发泡工艺要求，经常采用无机酸与有机酸按一定比例混合使用，通过复合使用酸固化体系后，一方面是调节发泡和凝胶反应速度，另一方面可以使用最少量的催化剂而达到最佳催化效果。

为提高酚醛泡沫发泡、固化速度，特别避免过量加入酸硬化剂，防止泡沫显示酸性。

另外，利用糠醇聚合物和 4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）对酚醛树脂进行技术改性时，为促进酚醛树脂缩聚，以及糠醇聚合物与 4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）的聚合作用、酚醛树脂与糠醇聚合物反应、MDI 与酚醛树脂游离苯酚反应，可使用与聚氨酯硬泡相同的催化剂，如 2,4,6-三（二甲胺基）苯酚（俗称：三聚催化剂、DMP-30）、二月桂酸二丁基锡，或其他与其相似的固（催）化剂。

典型磺酸类硬化剂技术性能见表 1-3。

磺酸类固化剂技术性能指标

表 1-3

项 目	指 标		
	苯磺酸	对甲苯磺酸	苯酚磺酸
外观	灰色结晶	白色片状结晶	—
纯度（%）	≥98	≥90（以甲苯磺酸计）	65%~66%
凝固点（℃）	≥62	—	—
HCl 含量（%）	≤0.1	—	—
水分（%）	≤0.1	≤14（包括结晶水）	—
pH（水溶液）	≤2	—	—
游离酸（以 H ₂ SO ₄ 计）（%）	—	≤3	≤0.6
总酸度（%）	—	—	19~20
密度（kg/m ³ ）	—	—	1.315~1.320

5. 附加阻燃剂

为提高普通酚醛泡沫燃烧性能，在生产酚醛树脂过程中，或在配制发泡混合料时，还应添加阻燃剂或进行其他适当化学改性。

任何物质燃烧时，必须具备可燃物质、温度和空气中氧气的条件，减少其中一个条件，火就会熄灭。通过切断氧气、降低系统温度或降低燃烧浓度可防止燃烧。

1) 选用阻燃剂条件

选用阻燃剂时, 应具备下列条件:

添加量少而效果好, 即应有高效作用;

添加型应与酚醛树脂泡沫原料混溶性好, 不应有分层;

对泡沫的其他物理性能影响小;

无毒或毒性甚小, 以保安全使用;

价格相对低廉;

防火效果不随时间推移而降低;

液态阻燃剂的黏度不能过大;

无腐蚀性。

有些阻燃剂加入后, 通过隔绝氧气作用而防火, 如: 当酚醛树脂中含有磷类阻燃剂时, 由于燃烧使磷化合物发生分解生成较稳定的多聚磷酸, 覆盖在燃烧层, 隔绝空气而起到阻燃作用。

膨胀石墨微粒为近年保温材料中广泛应用的阻燃剂, 它在遇热后产生数倍膨胀, 形成类似蠕虫状膨胀体(片), 致使占据在泡沫表面, 从而达到覆盖燃烧区域、隔绝泡体与外部燃烧的火焰, 有效阻止泡体燃烧、降解和减少烟密度。

另外, 酚醛树脂等碳氢化合物, 在一定热量作用下会引起化学键的断裂, 受热分解后, 往往会生成分子量大小不等的许多物质, 其中有在氧作用下而产生活泼的自由基, 而加入的阻燃剂受热分解产生离子, 当活泼的自由基与受热分解产生离子反应后, 消耗自由基后, 火焰就会熄灭。

2) 常用附加阻燃材料

通常选用的阻燃材料有硼酸类、磷酸、氯化铵、尿素、氢氧化铝、炭黑、三氧化二锑、聚磷酸铵和可膨胀石墨等。

硼酸类阻燃材料具有很好的阻燃和低发烟效果。有时加入两种阻燃剂可起到协同效应。

如果使用有阻燃性的液体固化剂(如磷酸酯类、芳香磺酸类等), 可防止酚醛树脂变质, 又可避免搅拌过程中出现增黏现象。

磷酸氯化铵缩合体, 在可溶酚醛树脂中稳定、阻燃性也很好, 特别在燃烧时起路易斯酸的作用, 对改进酚醛树脂聚合物的炭化有很大作用。

6. 改性(填充)剂

为使酚醛泡沫保持燃烧性能为 A 级, 提高抗压强度、增加韧性而减少脆性和酸性, 保持低导热值系数长期稳定性等, 或为降低材料成本等目的, 均可在酚醛树脂生产工艺中或在调试发泡配方时, 进行适当改性处理。

1) 填充型

珍珠岩、石墨(炭黑)、浮石、石膏、硅藻土等无机轻质材料, 在液体中加入固体填料导致黏度上升、发泡困难, 应综合全面适当使用。

2) 尿素改性树脂

该类树脂较受欢迎, 不仅能降低原料成本, 而且使泡沫制品固化快、易于成型、稳定性好、耐水性优异、富于可挠性、闭孔率高、热导值低;

尿素和间苯二酚改性型，能减少泡沫脆性、腐蚀性，提高压缩强度。邻甲酚改性型，泡沫制品韧性好，成本低；

尿素不仅有一定阻燃效果，且对降低甲醛水溶液的味道有一定效果。

用尿素和甲醛缩合反应后的酚醛树脂来改性酚醛泡沫后，可使酚醛泡沫泡孔减小、均匀，减少游离酚、甲醛量，并增加泡沫可挠性。

3) 糠醇（糠醛树脂）改性型，泡孔结构好，使用发泡设备方便。

4) 利用三聚氰酰胺或相似胺类反应物与酚醛树脂里游离醛反应，可减少泡沫燃烧形成烟雾量。

5) 提高泡沫韧性，减少脆性。

为提高泡沫韧性，降低粉化现象，可在发泡混合料中预先加入适量的增韧剂进行改性，如作为改性的增韧剂有：丙醇、丁醇、乙二醇、聚乙二醇、聚丙三醇、矿物油、聚乙烯醇、聚乙烯醋酸酯、聚丙烯酸酯、聚异氰酸酯、聚氨酯预聚体、糠醇聚合物、聚酯、橡胶、木质素、蔗糖改性，以及线性酚醛树脂和可溶性酚醛树脂联合使用改性等。

6) 氟硅酸钠加入（最佳量是3%）后，不但增加泡沫防火性能，而且不降低强度，又有利于发泡时产生放热反应，为发泡提供一定温度条件。

另外，还有苯胺、双酚 A 和环氧树脂等。

1.1.1.2 酚醛泡沫基本配方

调配酚醛泡沫配方时，在保证泡沫物理性能合格的条件下，还应重点考虑发泡速度和固化时间。

酚醛泡沫的发泡成型温度，有加温发泡（一般在工厂自动化生产线上连续生产板材，使泡沫发泡时间短、固化快，生产速度快，且减少催化剂加入量）、常温浇注发泡和喷涂发泡（要求发泡时间短、泡沫固化快，相对酸类硬化剂用量大）。

根据制品的性能、工厂生产（间歇法或连续法生产板材的浇注法）泡沫板材环境温度和采用喷涂法施工等具体因素综合后，在保证酚醛泡沫各项技性能指标时，无论在工厂的板材生产过程中，还是现场喷涂、浇注施工，在具备施工条件（如机械、环境温度等方面因素）的情况下，酚醛泡沫配方都应有很好操作性。

浇注法（除现场施工外，包括在工厂间断、连续生产板材用浇注发泡法）常在工厂采用层压机设备，选用一定规格尺寸的模具（或饰面层），注入酚醛泡沫发泡混合料发泡。在工厂生产酚醛泡沫板材工艺条件基本恒定，加温发泡的条件容易保证，不但可减少催化剂加入量，而且加温有利于促进泡沫板材发泡时间短、固化快，有利于保证板材质量。

根据施工要求，也可将酚醛泡沫发泡混合料注入块状箱模具，由于该混合原料的化学反应历程所放出热量缓慢，有利于发泡而不会造成硬泡烧芯，泡沫固化后，拆模切割成所需规格、形状的板材保温材料，或通过电脑控制仿形线切割机切割成管壳等。

在施工现场向模具内浇注常（室）温发泡混合料发泡保温，或在工厂浇注成各种形状的保温预制件（板），在施工现场安装在门窗洞口、阴阳角等特殊部位。

发泡混合料在常（室）温浇注发泡施工时，固化时间决定发泡混合料流动性（试验配

料时,常测流动指数),发泡混合料流动性受模浇泡沫施工和生产板材的模具壁的摩擦阻力和环境温度等因素影响,在发泡过程中,凝胶时物料黏度迅速提高。出现凝胶前,物料黏度低、流动性好,要求在模具内固化的硬泡能完全充满空间,酚醛泡沫发泡混合料浇注法的发泡时间与其流动性的两者间,控制在最佳范围内。

反之,发泡混合料流动性差,在物料没完全充满发泡模具情况下,而提前发泡、固化,且造成泡沫密度分布不均匀,局部有较大泡沫密度。

为了对酚醛泡沫性能改进,在发泡配方中加入固体阻燃剂、改性(填充)剂,使发泡混合料的液体黏度上升,过量加入易导致发泡困难,要全面考虑,适当使用。

在调配发泡原料配方时,酸类硬化剂的用量与气温关系甚大,环境温度低时施工,相对催化剂用量大,反之施工用量少,泡体应在设置时间内固化而不迟缓。

喷涂法用于现场施工时,与喷涂油漆方法相似,是将流动性好的发泡混合料,经空气或高压作用,喷涂在被施工的表面发泡成型。

喷涂法不仅对喷涂机械(采用高压或低压发泡机)性能要求苛刻,而且对物料发泡速度、黏度有严格要求,尤其应保证加入发泡混合料中的填料有足够的细度,防止堵塞喷枪。

喷涂发泡混合料黏度尽可能小,流动性好而且相互间的互溶性要强。因为喷涂发泡混合料是借助高压或空气的作用在喷枪体外雾化混合的,接触时间短,所以只有喷涂发泡混合料黏度小、流动性好的情况下,才能充分分散雾化混合。

酚醛泡沫喷涂法施工时,喷涂泡沫不是在一定形状的模具内发泡,而是直接在喷涂的物体表面发泡,这样就要求发泡混合料喷出后,在常(室)温(或现场环境温度)能达到快速发泡、固化要求。

尤其对垂直于顶部施工的表面,要求喷涂发泡混合料未流失之前(一般在3~7s内)已开始发泡,固化速度适中。防止喷到工作面不固化而发生流淌、挂料、滴落,或出现固化后的泡体与工作面粘合不牢,甚至泡体出现脱落,或对连续喷涂不利,易导致前一层泡沫被后一层喷涂吹动、脱落等不良现象,应使用高活性催化剂且应适当增加有效含量,同时还应适当降低物料相对黏度。

在喷涂发泡施工配方中,酸类硬化剂用量受环境气温和基层温度影响,施工的基层温度低,不仅在配方中应增加酸类硬化剂用量,而且需要适当加热发泡料温度。低温基层(尤其金属结构物体传热速度大)吸收发泡热量,进行喷涂发泡时,底层泡沫因散热而使发泡剂汽化能力降低,导致底层泡沫密度较大。在泡沫中残存过量酸类硬化剂时,泡沫与金属(如钢结构、夹芯板)接触使用后,容易引起金属腐蚀现象。喷涂发泡施工对发泡原料和喷涂机械性能要求相对比较严格。

现场施工(浇注、喷涂)常有环境温度高低变化或基层湿度影响等因素,在调配酚醛泡沫原料配方时,应根据不同用途、采用施工工法、施工环境温度和技术性能要求等条件,模拟现场环境条件,在化学发泡配方反复调试、测试基础上,最终设定。尤其喷涂发泡的物理性能必须符合施工要求,以满足多种用途和各种环境变化的需要。

根据酚醛泡沫具体用途和施工法,要求酚醛泡沫合成技术通过各种技术措施,能在较宽范围内调整,酚醛泡沫传统基本配方参见表1-4~表1-8。