

水泥基渗透结晶型防水材料

沈春林 主 编

章宗友 副主编



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

水泥基渗透结晶型防水材料/沈春林主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 7

ISBN 7-5025-7514-6

I. 水… II. 沈… III. 水泥-渗透-结晶-防水材料 IV. TU57

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 088075 号

水泥基渗透结晶型防水材料

沈春林 主 编

章宗友 副主编

责任编辑: 窦 臻

责任校对: 边 涛

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 171 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7514-6

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

水泥基渗透结晶型防水材料是近年来发展较快、应用较广的一种新型建筑防水材料，它具有自我愈合能力强、渗透性好、黏结强度高、施工简便等优点。

建筑物（构筑物）发生渗漏，不仅会损坏该工程的内部装潢、设备，严重者还会破坏工程结构，使其丧失使用功能，导致报废，甚至危及人们的生命安全，故建筑防水历来为人们所重视。笔者从 20 世纪 80 年代开始从事建筑防水领域的研究，20 多年来一直密切关注并实际工作在建筑防水科研第一线。研制开发了防水堵漏材料等一系列新型防水材料产品，主持了北京“中南海 9856 工程防水堵漏”等一系列国家重要工程的防水设计与施工，在全国有关科技杂志、学术会议上发表了 50 余篇学术论文，编写了《防水工程手册》、《防水密封材料手册》等 30 余部科技图书，主持和参与制定了 5 项国家标准和行业标准，创办了中国建筑防水网站。

为了适应建筑防水工程对防水材料的要求，笔者在从事水泥基渗透结晶型防水材料研究的基础上，参考了一些国内外专家的论述和最新的相关资料，编写了《水泥基渗透结晶型防水材料》一书。全书就水泥基渗透结晶型防水材料分类、性能、组成材料、配方设计、生产工艺、产品检测、应用范围、防水工程的设计与施工做了较为全面详尽的介绍。笔者从自身工作实践出发，在本书中侧重介绍了 3 方面的内容：一是水泥基渗透结晶型防水材料的组成以及各种原材料的性能、应用、配比要求、加量原则；二是水泥基渗透结晶型防水材料的配方设计要点，分析了各材料在配方中的作用，以及水泥基渗透结晶

型防水材料的生产工艺流程、生产设备、质量检验，这部分内容对读者在生产水泥基渗透结晶型防水材料方面能起到较大帮助作用；三是水泥基渗透结晶型防水材料防水工程的设计与施工，并提供了大量的施工图，为了便于施工单位了解水泥基渗透结晶型防水材料产品的性能，在书中收集了许多生产厂商的产品资料，以及常用施工设备、基本操作技术、施工工法、施工要点、施工质量检验等内容，这对有关设计和施工人员会有较大的帮助。此外，为了帮助读者较快地掌握有关水泥基渗透结晶型防水材料的生产、设计与施工方面的知识，笔者还收集了部分防水专家所编撰的有关水泥基渗透结晶型防水材料的产品研制报告和施工实例论文，这些资料均为成功的经验总结，对读者来说具有较强的实用性。笔者将诸多有关水泥基渗透结晶型防水材料的产品开发、防水设计和施工方面的技术经验奉献给广大读者，以期完成一个防水工作者为防水事业做贡献的心愿。衷心希望本书的出版能够满足广大防水工程技术人员、生产和施工人员掌握水泥基渗透结晶型防水材料的生产、设计、施工的要求。

参与本书编写的人员还有上海市建筑科学研究院的姚利君高工，上海申济设备制造有限公司刘树献先生，北京城荣防水材料有限公司方一苍总经理，深圳市环绿新建材科技发展有限公司利宜总经理，福州创益化工建材有限公司王创焕总经理，深圳市建筑科学研究院王莹高工，武汉理工大学余剑英教授、王桂明先生，中建总公司防水分公司焦德贵先生、刘方泉先生，中华世纪坛组委会程庆余总工，上海市地铁运营公司孙建平先生，深圳市前海股份有限公司陈江涛先生，杭州铁路分局杭州东工务段杨连军先生等。

由于笔者水平有限，这本书中肯定存在着许多不尽如人意之处，恳请广大读者批评指正。

沈春林

2005年8月18日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 水泥基渗透结晶型防水材料的基本介绍	1
一、定义和分类	1
二、水泥基渗透结晶型防水材料的技术要求	3
三、水泥基渗透结晶型防水材料的性能特点	7
四、水泥基渗透结晶型防水材料的防水机理	9
五、水泥基渗透结晶型防水材料的工程应用	13
第二节 水泥基渗透结晶型防水材料的重要地位、研究开发 与市场前景	17
一、水泥基渗透结晶型防水材料在建筑防水工程中的重要地位 ...	17
二、国内外水泥基渗透结晶型防水材料的研究、开发和生产 现状	19
三、水泥基渗透结晶型防水材料的发展趋势和前景分析	21
第二章 原辅材料与配方设计	23
第一节 水泥	23
一、通用硅酸盐水泥	24
二、铝酸盐水泥	31
第二节 硅砂（石英砂）	37
一、硅砂的矿石类型	38
二、硅砂的矿物性质	38
三、硅砂的主要用途	39
四、石英砂（粉）	40

第三节	助剂	40
一、	催化剂	41
二、	速凝剂	43
三、	缓凝剂	44
四、	减水剂	45
第四节	粉料	51
一、	粉煤灰	52
二、	石膏	55
第五节	水泥基渗透结晶型防水剂	56
一、	产品特点	56
二、	物理力学性能	58
三、	常见的几种防止渗水的用法	58
四、	施工说明	59
第六节	配方设计	60
第三章	水泥基渗透结晶型防水材料的生产	64
第一节	水泥基渗透结晶型防水材料生产的主要设备	64
一、	粉料混合设备（全封闭式干粉料搅拌混合机）	64
二、	产品出厂检测设备	69
第二节	水泥基渗透结晶型防水材料的生产工艺	70
第三节	产品的包装、运输、储存	71
第四章	水泥基渗透结晶型防水材料的检验	73
第一节	检验的特点和范围	73
第二节	检测设备	75
一、	水泥净浆搅拌机	76
二、	单卧轴式混凝土搅拌机	79
三、	电动抗折试验机	81
四、	自动调压混凝土抗渗仪	84
五、	混凝土振动台	87

六、干燥箱	88
七、水泥混凝土标准养护箱	89
八、砂浆凝结时间测定仪	91
九、压力试验机	93
十、雷氏夹	93
十一、沸煮箱	95
第三节 检验的规则和方法	97
一、水泥基渗透结晶型防水材料的检验规则	97
二、水泥基渗透结晶型防水材料的检验方法	98
第五章 水泥基渗透结晶型防水材料防水工程的设计与施工	103
第一节 水泥基渗透结晶型防水材料防水工程的设计	103
一、水泥基渗透结晶型防水材料防水工程的设计原则	103
二、水泥基渗透结晶型防水材料防水涂层的构造	105
三、水泥基渗透结晶型防水材料的设计构造简图	107
第二节 水泥基渗透结晶型防水材料防水工程的施工	115
一、常用施工工具	115
二、基本操作技术	131
三、水泥基渗透结晶型防水材料施工工艺流程	136
四、水泥基渗透结晶型防水材料常用施工方法	136
五、施工要点和特殊情况处理	138
六、施工质量检查验收	140
第六章 水泥基渗透结晶型防水材料施工实例和实验研究	142
第一节 地下侧墙防水工程的施工实例	142
第二节 地下底板、顶板防水工程的施工实例	151
第三节 其他防水、堵漏工程的施工实例	156
第四节 水泥基渗透结晶型防水材料的研究	174

附录	194
----------	-----

附录一	水泥基渗透结晶型防水材料（GB 18445—2001）	194
附录二	水泥基渗透结晶型防水材料生产企业名录（部分）	204
附录三	水泥基渗透结晶型防水材料检测设备供应厂家名录 （部分）	205
附录四	施工指南	205
附录五	设计指南（XYPEX）渗透结晶型防水材料的应用 图例	213
参考文献		242

第一章 绪 论

我国现行新型建筑防水材料，大的方面来说，一般分为五类，即：防水卷材、防水涂料、密封材料、刚性防水材料和堵漏止水材料。水泥基渗透结晶型防水材料归属于刚性防水材料，同时也属于可液化之固体粉末状态的防水涂料，能均匀涂覆并且能牢固地附着在混凝土等材料表面，并对被涂物体起到防水、堵漏、防腐、补强及其他特殊保护作用。

第一节 水泥基渗透结晶型 防水材料的基本介绍

随着人们的环境保护意识的逐步提高，无机环保型防水材料应用范围越来越广，水泥基渗透结晶型防水材料已逐渐成为地下混凝土结构防水堵漏工程的主要新型防水材料。2001年9月，国家颁布了GB 18445—2001《水泥基渗透结晶型防水材料》，于2002年3月起正式实施，对水泥基渗透结晶型防水材料的广泛应用起到了很好的规范和推动作用。

一、定义和分类

1. 定义

水泥基渗透结晶型防水材料是一种刚性防水材料（简称CCCW，英文Cementitious Capillary Crystalline Water-

proofing Materials), 是以硅酸盐水泥 (即国外通称的波特兰水泥) 或普通硅酸盐水泥 (简称普通水泥)、精细石英砂 (或硅砂) 等为基材, 掺入活性化学物质 (催化剂) 及其他辅料组成的一种新型刚性防水材料。外观呈粉状, 经与水拌和可调配成涂刷在水泥混凝土表面的浆料, 组成防水涂层, 亦可将其以干粉撒覆并压入未安全凝固的水泥混凝土表面, 或者直接作防水剂掺入混凝土中以增强其抗渗性能。

水泥基渗透结晶型防水材料以前在国内外市场上的商品名称很多, 诸如法国的 VANDEX (稳档水系列)、加拿大的 XYPEX (赛柏斯系列)、法国的 DIPSEC 系列、美国的 PENETRON (澎内传系列)、新加坡的 FORMDEX (防档水系列)、澳大利亚的 CRYSTAL (捷邦)、美国 COPROX (确保时) 等, 但基本是以注册商标为产品名称, 缺乏准确性和科学性。根据国家标准规定, 并经我国有关方面专家和知名生产厂家讨论研究, 最终采用“水泥基渗透结晶型防水材料”这一标准名称, 统一执行国家标准 GB 18445—2001 (见附录一)。

2. 分类

按国家标准, 水泥基渗透结晶型防水材料可分为两类产品: 一是 C 型防水涂料, 其中又可分为 C I 型和 C II 型, I 型和 II 型的区别在于产品的抗渗压力、第二次抗渗压力、渗透压力比等三方面的性能指标有所不同; 二是 A 型防水剂。

目前在市场上流通的还有其他类型的产品也冠之以“水泥基渗透结晶型防水材料”名称, 如速凝、堵漏、嵌缝、增效用的同类材料, 但在工程应用时对其性能要求不同, 尤其是在凝结时间上的要求不同, 不能执行 GB 18445—2001 标准, 可参照 JC 900—2002 《无机防水堵漏材料》。还有如美

国“永凝液”系列产品呈液体状而不是粉状，其基材就与国家标准所认定的有所不同，但同样具备渗透结晶功能，有良好的防水效果。此类产品不在本书的论述范围之内。

根据国家标准的分类，各生产厂家均有自身的产品分类，名称与形式多种多样，主要有浓缩剂、干撒剂、添加剂、增效剂、堵漏剂、养护剂、修补剂等，还有以英文字母或阿拉伯数字代替产品名称的，如 DH-I 型、HC 系列、DC-I 型、KG 系列、K11、PQ2000 等，如果进行全性能（型式报告）的性能检测，个别产品并不能全部达标，如堵漏型的初凝时间就不可能符合国家标准，只是根据实际工程的需要而确定产品性能指标。使用者必须事先弄清楚不同厂家不同类型产品的不同用途，以保证防水工程的施工质量。

二、水泥基渗透结晶型防水材料的技术要求

水泥基渗透结晶型防水材料在产品技术要求方面，主要体现在以下几个方面。

1. 对 C 型防水涂料的要求

首先是水泥基渗透结晶型防水涂料的物理力学性能，包括安定性、凝结时间、抗折强度、抗压强度、湿基面黏结强度、抗渗压力、第二次抗渗压力、渗透压力比八项指标均须符合国家标准。

其中凝结时间，主要考虑是否影响施工。由于我国地域跨度较大，南北温差十分悬殊，生产厂家很难确定产品在施工现场实际的凝结时间。初凝时间太短，不易涂覆；终凝时间太长，又影响施工周期。所以，在常温（10～25℃）下，以初凝时间不少于 20min，终凝时间不大于 24h 为宜。

水泥基渗透结晶型防水涂料是刷涂在水泥混凝土表面，

依靠活性化学物质渗入混凝土内部，形成不溶于水的结晶体，堵塞毛细孔道使混凝土致密，同时，涂层与基层形成一个整体，达到抗渗、防水的目的。因此，涂层与基层混凝土的黏结就显得十分重要，是形成整体防水的必要前提，按照国家标准，涂层与湿基面的黏结强度必须大于 1MPa。市场上流通的产品，其黏结强度基本上都保持在 1.3~1.8MPa。

抗渗压力可以分为迎水面与背水面抗渗压力，一般防水材料都用作外防水，只需要做迎水面抗渗压力测试；水泥基渗透结晶型防水材料即可用于外防水，亦可用于内防水，虽说迎水面与背水面的抗渗压力有一定的相关性，但采用背水面进行测定的话，会对产品的抗渗性能要求更高。标准规定为：C I 型必须 $\geq 0.8\text{MPa}$ ，C II 型必须 $\geq 1.2\text{MPa}$ 。

水泥基渗透结晶型防水材料由于其作用标准是“渗透结晶”、“堵塞毛细孔道”达到抗渗防水，而这种物理化学反应在整个使用过程中是持续进行的。混凝土表面在内部出现细微裂纹与无害裂缝时，由于这种材料中的活性化学物质能“渗透结晶”，已出现的裂纹与裂缝可以自动愈合。为了直观表征这种材料的自愈能力，一般在检测验证过程中采用两种试验方式：一是涂有这种材料的试件在 28 天抗渗试验破坏后，继续在水中养护 28 天，然后进行第二次抗渗试验，观察其有无抗渗能力；二是试件在养护 28 天后，凿去表面涂层，进行抗渗试验，观察其是否“渗透结晶”，检测抗渗压力高低。

基准混凝土 28 天的抗渗压力为 0.3~0.4MPa，涂刷防水层后抗渗压力提高至 0.6~2.5MPa 之间，相当于无涂层基准混凝土的 2~6 倍。凿去涂层后，抗渗压力有所下降，变化在 28%~100%之间，但仍有一定抗渗能力，为基准混

凝土抗渗能力的 2 倍。第一次抗渗试验破坏后，在水中继续养护 28 天，由于其“渗透结晶”，使第一次抗渗试验产生的裂缝自动愈合，所以第二次抗渗试验，仍能承受一定的抗渗压力，其抗渗压力变化在 0.6~0.9MPa 之间，相当于 28 天抗渗压力的 36%~100%。经专家验证，不同厂家产品的不同处理方法对抗渗压力的影响见表 1-1。

表 1-1 不同厂家产品的不同处理方法对抗渗压力的影响

涂料用量 /(kg/m ²)	迎水面最大 抗渗压力 (28d)/MPa	背水面最大 抗渗压力 (28d)/MPa	迎水面凿涂层后 最大抗渗压力 (28d)/MPa	迎水面第二次 抗渗压力 (56d)/MPa
1.5	0.9	1.2	0.7	0.8
2.0	1.3	2.0	1.0	—
1.5	1.0	1.3	0.7	0.8
1.3	2.5	2.0	0.7	0.9
1.2	—	0.9	0.8	0.7
2.0	0.7	1.2	0.8	0.7
2.0	0.6	0.7	0.6	0.6

其次是水泥基渗透结晶型防水材料的匀质性指标，包括含水量、总碱量、氯离子含量、细度四项指标，是反映生产企业质量管理水平与产品质量稳定的一个重要指标。

水泥基渗透结晶型防水材料一般以粉状材料供应用户，因此，含水量的高低会影响产品的贮存与使用性能，所以，国家标准规定各生产企业应控制在本厂控制值的 5% 以内。

碱集料反应导致混凝土的破坏，混凝土中的碱主要由水泥、集料、外加剂等带入，因此，严格规定产品的总碱量 ($\text{Na}_2\text{O}+0.65\text{K}_2\text{O}$)，降低混凝土中总碱量，可以提高建筑与构筑物的耐久性。

氯离子对钢筋有锈蚀作用，所以，国家标准也规定各生产企业应控制在本厂控制值相对量的 5% 以内。

各生产企业掺合料细度差别较大，但作为防水材料、细度的影响不像对水泥那样大，国家标准也就同样要求产品出厂时，其细度实测值控制在本厂生产控制值的 10% 以内。

2. 对 A 型防水剂的要求

水泥基渗透结晶型防水剂外掺入混凝土内，可以减少其用水量，有微膨胀作用，能改善、提高抗压强度，防止钢筋锈蚀，其综合改善混凝土性能的优势是其他防水剂所不具备的。

已掺水泥基渗透结晶型防水剂混凝土的物理力学性能，包括减水率、泌水率比、抗压强度比、含气量、凝结时间差、收缩率比、渗透压力比、第二次抗渗压力、对钢筋的锈蚀作用九项指标，均须符合国家标准。

根据水泥基渗透结晶型防水剂的特性，GB 18445—2001 参照了 JC 474 规定了产品的技术要求：①减小率不小于 10%，相当于高效减水剂与缓凝高效减水剂合格品的指标；②泌水率不大于 70%，相当于 JC 474 合格品的指标；③抗压强度比不小于 120%，指标高于 JC 474 标准；④含气量不大于 4%，相当于 GB 8076 中普通减水剂、高效减水剂、早强减水剂等合格品的指标，一定的引气作用能增强防水效果，但太大会导致其他性能下降；⑤凝结时间差参照 GB 8076 缓凝剂的指标定为 $> -90\text{min}$ ；⑥28 天收缩率比规定不大于 125%，相当于 JC 474 中一等品的指标；⑦采用常用的抗渗性试验方法测定抗渗压力，计算渗透压力比，规定不小于 200%；⑧第二次抗渗压力表征水泥基渗透结晶型防水材料的自愈能力，可参照 C 型防水涂料的测试方法；⑨对使用于钢筋与预应力钢筋混凝土，掺入水泥基渗透结晶型防水剂必须保证对钢筋无锈蚀作用。

水泥基渗透结晶型防水剂的匀质性指标与水泥基渗透结晶型防水涂料相同。

三、水泥基渗透结晶型防水材料的性能特点

水泥基渗透结晶型防水材料的主要特征是渗透结晶，一般的表面防水材料在经过一段时间的老化作用后，即可能逐渐丧失它的防水功效，而水泥基渗透结晶型防水材料在水的引导下，以水为载体，借助强有力的渗透性，在混凝土微孔的毛细管中进行传输充盈，发生物化作用，形成不溶于水的结晶体，与混凝土结构结合成为封闭式的防水层整体，堵截来自任何方向的水流及其他液体侵蚀，即达到长久性防水、耐腐蚀作用，又起到保护钢筋、增强混凝土结构强度的作用。不同生产厂家的不同产品，其性能特点也略有不同，但其主要性能特点如下。

1. 具有双重的防水性能

水泥基渗透结晶型防水材料所产生的渗透结晶能深入到混凝土结构内部堵塞结构孔缝，无论其渗透深度有多少，都可以在结构层内部起到防水作用；同时，作用在混凝土结构基面的涂层由于其微膨胀的性能，能起到补偿收缩的作用，能使施工后的结构基面同样具有很好的抗裂抗渗作用。

2. 具有极强的耐水压能力

能长期承受强水压，部分产品的测试结果表明：在厚50mm，抗压强度为13.8MPa的混凝土试件上，涂刷两层水泥基渗透结晶型防水材料，至少可承受123.4m的水头压力(1.2MPa)。

3. 具有独特的自我修复能力

水泥基渗透结晶型防水材料是无机防水材料，所形成的

结晶体不会产生老化，晶体结构许多年以后遇水仍能激活水泥，产生新的晶体将继续密实，密封或再密封小于 0.4mm 的裂缝，完成自我修复的过程。

4. 具有防腐、耐老化、保护钢筋的作用

混凝土的化学侵蚀和钢筋锈蚀与水分和氯离子渗入分不开。水泥基渗透结晶型防水材料的渗透结晶和自我修复能力使混凝土结构密实，从而最大程度地降低了化学物质、离子和水分的侵入，保护钢筋混凝土免受侵蚀。

水泥基渗透结晶型防水材料产生的不溶于水的晶体不影响混凝土呼吸的能力，能保持混凝土结构内部的正常透气、排潮、干爽，在保持混凝土内部钢筋不受侵蚀的基础上延长了建筑物的使用寿命。同时，用水泥基渗透结晶型防水材料处理过的混凝土结构还有效地防止了因冻融而造成的剥落、风化及其损害。

5. 具有对混凝土结构的补强作用

用水泥基渗透结晶型防水材料施工后的结构，由于它不是晶体结构重新激活，而是未水化水泥被激活，增加了密实度，对结构起到了加强作用，一般能提高混凝土强度的 20%~30%。

6. 具有长久性的防水作用

水泥基渗透结晶型防水材料所产生的物化反应最初是在工作面表层或临近部位，随着时间的推移逐步影响混凝土结构内部进行渗透。各生产企业的产品渗透深度 10~30cm 不等（个别生产企业表示其产品渗透深度更大）。在通常情况下，所形成的晶体结构不会被损坏，且性能稳定不分解，防水涂层即使遭受磨损或被刮掉，也不会影响防水效果，因为其有效成分已深入渗透到混凝土结构内部，故其防水作用是

长久性的。

7. 符合环保标准，无毒、无公害

水泥基渗透结晶型防水材料一般能适用于饮用水、食品加工、泳池、水库等建筑施工项目。通常可按《工业产品安全卫生通用技术要求》进行“急性经口毒性试验”和“皮肤刺激试验”。急性经口毒性试验 $LD_{50}mg/kg$ 的技术要求为 ≥ 500 ，皮肤刺激试验，积分均值技术要求为 ≤ 0.4 。也可按环保（绿色）建材的通用标准进行检测。

8. 具有施工方法简单，省工省时的优点

水泥基渗透结晶型防水材料施工时对基面要求简单，对混凝土基面不需要做找平层；施工完成后也不需要做保护层。只要涂层完全固化后就不怕磕、砸、撞、剥落及磨损。对渗水、泛潮的基面可随时施工，对新建或正在施工的混凝土基面，在养护期间（水分未完全挥发时）即可同时使用。底板施工若采用干撒法则更为简单（具体参阅第五章第二节内容）。

四、水泥基渗透结晶型防水材料的防水机理

水泥基渗透结晶型防水材料是一种水泥基加入无机骨料，混配而成的淡灰色无机粉末状材料，以水为介质的水化反应生成物与混凝土成分相似。水泥基渗透结晶型防水材料中含有的活性化学物质在水的作用下，通过表层水对结构内部的侵蚀，被带入了结构表层内部孔缝中，与混凝土中的游离氧化钙交互反应生成不溶于水的硫铝酸钙（ $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ）渗透结晶物。结晶物在结构孔缝中吸水膨大，由疏致密，使混凝土结构表层向纵深逐渐形成一个至密的抗渗区域，大大提高了结构整体的抗渗能力。由