

西部劣质地基与基础 化学灌浆技术

—— 第十三次全国化学灌浆学术交流会论文集

主 编 汪在芹
副主编 张良秀 孙 亮



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

西部劣质地基与基础 化学灌浆技术

—— 第十三次全国化学灌浆学术交流会论文集

主 编 汪在芹

副主编 张良秀 孙 亮



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为中国水利学会地基与基础工程专业委员会化学灌浆分会主办、中国水电基础局有限公司承办的“第十三次全国化学灌浆学术交流会”的论文集。内容涵盖了浆材研究、设备研制、问题探讨、地基加固、防渗堵漏、裂缝处理等工程应用领域,辑录论文69篇,反映了2008年以来我国在化学灌浆领域的主要成果和当前化学灌浆领域的最新水平。

本书内容丰富,资料翔实,实用性强。可供水利水电、土木建筑、交通运输、地下采矿等相关专业的工程技术人员和院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

西部劣质地基与基础化学灌浆技术:第十三次全国
化学灌浆学术交流会论文集 / 汪在芹主编. -- 北京:中
国水利水电出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-5084-7957-6

I. ①西… II. ①汪… III. ①化学灌浆—学术会议—
文集 IV. ①TU472.5-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第192740号

书 名	西部劣质地基与基础化学灌浆技术 ——第十三次全国化学灌浆学术交流会论文集
作 者	主编 汪在芹 副主编 张良秀 孙亮
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 26.5印张 630千字
版 次	2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷
印 数	0001—1300册
定 价	78.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编委会名单

顾 问 蒋硕忠

主 编 汪在芹

副主编 张良秀 孙 亮

编 委 (排名不分先后)

李 珍 郑亚平 张 捷 唐玉书 饶 明

屈高见 邱 敏 邝健政 邓敬森 辜永国

冯志强 李 蓉 张 毅 魏 涛

审 稿 (排名不分先后)

汪在芹 蒋硕忠 张良秀 谭日升 张 捷

孙 亮

秘 书 李 玲 邵晓妹

中国水利学会化学灌浆分会

第六届委员名单

名誉主任 蒋硕忠

主 任 汪在芹

常务副主任 李 珍

副 主 任 (排名不分先后)

郑亚平 张 捷 唐玉书 饶 明 屈高见 邱 敏
邝健政 邓敬森 辜永国 冯志强 李 蓉 张 毅

秘 书 长 魏 涛

顾 问 (排名不分先后)

包银鸿 教授级高工 中水顾问集团华东勘测设计研究院
冯善彪 教授级高工 上海勘测设计研究院
杜嘉鸿 教授 东北大学
李汉阳 教授级高工 湖南省水利水电勘测设计研究总院
肖田元 教授级高工 中国水利水电科学研究院
张良秀 教授级高工 中国水电基础局有限公司
张声华 教授级高工 浙江省水利河口研究所
曹光钊 教授级高工 中国水利水电第三工程勘测设计研究院
梅锦煜 教授级高工 少将 武警水电指挥部
熊厚金 研究员 中国科学院广州化学研究所
谭日升 教授级高工 长江水利委员会长江科学院
薛绍祖 教授级高工 上海地铁咨询监理科技有限公司
朱祖熹 教授级高工 上海市隧道工程轨道交通设计研究院

委 员 (排名不分先后)

王 刚	王 杰	王 鑫	王福君	邓树密	边智华
叶 昊	叶林宏	田科洪	刘孔凡	刘伟区	刘玉军
吉永年	吕联亚	孙 亮	师存禄	李 焰	李伟丁
李亚军	李旺雷	何 巍	张亚峰	杜天刚	肖长华
邱小佩	陈宛平	陈小能	周和清	林天安	祝 红
赵少斌	胡铁桥	骆晓腾	唐志雄	殷素红	涂建湘
康德忠	崔开华	焦家训	谢益民	粮秋华	熊 进
蔡胜华	谭建平	樊盛祥			

学会秘书 邵晓妹

第十三次全国化学灌浆学术交流会

主办、承办、协办和赞助单位

主办单位 中国水利学会化学灌浆分会

承办单位 中国水电基础局有限公司



前 言

20 世纪 20 年代化学灌浆对工程的可靠性在西欧得到论证，化学灌浆技术从此发展起来。我国化学灌浆技术起步稍晚于西方，有资料记载的工程应用始于 1953 年。1958 年，“三峡工程基岩裂隙化学灌浆研究”作为国家科研攻关课题立项，1968 年举办了第一次化学灌浆技术全国学术交流活动，1982 年中国水利学会化学灌浆分会正式成立。自第一次全国学术交流活动以来，在 42 年内已成功举办 23 次全国性学术交流活动，出版 11 部论文集。这些学术活动对推动我国化学灌浆事业的发展起到了良好的促进作用。

由中国水利学会化学灌浆分会主办、中国水电基础局有限公司承办的第十三次全国化学灌浆学术交流会于 2010 年秋天在天津召开。本次会议的主题为：“西部劣质地基与基础化学灌浆技术”会议设有以下几个主要议题：①西部劣质地质条件下大坝基础的化学灌浆技术；②化学灌浆的发展与未来；③化学灌浆新材料、新技术的研究；④化学灌浆新工艺、新设备的研究；⑤化学灌浆典型工程应用实例分析；⑥化学灌浆效果检测与分析；⑦化学灌浆理论新进展。

近几年来，我国在西南地域，诸如金沙江、雅砻江、怒江、澜沧江等水资源的梯级规划及开发已具相当规模，而西南地域地形、地质条件复杂，在西南地区建坝的地基处理中遇到了许多前所未有的技术问题，如锦屏一级水电站的煌斑岩、断层等，为此，以“西部劣质地基与基础化学灌浆技术”为主题举办的这次学术研讨会是非常有必要的。

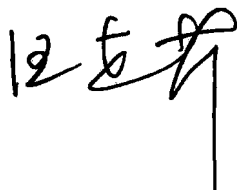
我们非常高兴地看到，本次会议论文征集得到广泛的响应和支持，

在短短不到半年时间，就已收到来自全国各地的稿件 70 余篇。稿件内容涵盖了会议所设主题和议题，另外也有不少化灌技术方面的成果介绍，内容相当丰富。我们相信，大家通过交流或阅读后，一定会彼此受到启发，也会对化学灌浆产业做大做强起到良好的促进和推动作用。

根据本次会议宗旨，经过专家审核、推荐，将其中有代表性的 69 篇会议论文以《西部劣质地基与基础化学灌浆技术》为题正式出版。

在论文集的征集、审稿和出版过程中，我们得到了与会同志、论文作者、学会顾问、长期从事化灌工作的老专家、出版社以及全体会务工作人员的大力支持，感谢他们为本次会议的成功举办及论文集的出版付出了辛勤的劳动！同时特别感谢中国水电基础局有限公司在人力及资金的大力支持！感谢中国水利学会地基与基础工程专业委员会主任夏可风教授、中国水电基础局有限公司总工程师肖恩尚教授对本次会议给予的关心、支持和指导！在此，我谨代表中国水利学会化学灌浆分会和长江水利委员会长江科学院对大家给予学会的一贯支持表示衷心的感谢！

中国水利学会化学灌浆分会主任
长江水利委员会长江科学院副院长



2010 年 8 月

于武汉

目 录

前言	汪在芹
----------	-----

浆 材 研 究

CW520 丙烯酸盐灌浆材料交联剂合成及浆液性能研究	张 健 汪在芹 魏 涛 李兴贵 (1)
GS22 型高触变抗水膏浆研究与应用	孙 亮 赵存厚 肖恩尚 姚朝铭 (8)
非离子型水性环氧树脂灌浆材料的制备研究	邹海良 张亚峰 邝健政 刘 军 徐宇亮 (15)
FN 型非水泥基超微灌浆材料室内试验研究	苏迎春 孙 亮 (23)
新型低黏度无糠醛化学灌浆材料的研制	魏 涛 李 珍 邵晓妹 陈 亮 韩 炜 (28)
新型聚氨酯堵水注浆材料的研究及应用	冯志强 康红普 (32)
改善聚氨酯灌浆材料阻燃性的研究	林忠华 王丽娟 包银鸿 (42)
改性糠醛—丙酮环氧树脂灌浆材料研究	高 南 张亚峰 邝健政 王永珍 (47)
聚氨酯/硅酸盐复合浆材的制备及性能	杨政鹏 管学茂 (56)
遇水膨胀聚氨酯丙烯酸酯灌浆材料的制备与性能研究	刘 军 张亚峰 邝健政 邹海良 (60)
AC—II 丙烯酸盐—水泥灌浆材料试验研究	何 巍 谭日升 何跃峰 (67)
CH 厚浆型环氧灌浆材料的研制	廖 波 李发权 王 鑫 董 嘉 (70)

设 备 研 制

化学灌浆设备浅析	李浩宇 黄 科 (73)
一种化学灌浆塞的研制及工程应用	赵卫全 张金接 符 平等 (81)
袖阀管注浆技术在特殊围岩处理中的应用	陈森森 (84)

问 题 探 讨

- 《丙烯酸盐灌浆材料》行业标准的制定 李晓鄂 李 珍 (89)
- 龙滩水电站细微裂隙岩体和断层灌浆处理技术研究
..... 漆巨彬 刘 涛 李 霄 郭元旺 (93)
- 浅论无机灌浆材料的本质与设计 孙 亮 赵存厚 肖恩尚 夏可凤 (100)
- 聚氨酯灌浆材料宣传与使用中的几点误区 张 捷 张继霞 吴启民 (104)
- 丹江口坝基丙凝灌浆帷幕耐久性分析与研究 ... 徐年丰 施华堂 李 珍 李洪斌 (108)
- 岩石断层深孔高压化学灌浆施工技术研究 魏 涛 邵晓妹 (113)
- 三代中化—798 高渗透改性环氧化灌浆材的应用及几点体会 叶林宏 (117)
- 大坝低渗透性软弱基岩化灌处理的若干共性问题 冼安如 何泳生 杨玉芹 (124)
- 地下混凝土构筑物病害原因及治理思路探讨 邱小佩 杨 洋 (131)
- 丹江口大坝河床坝段防渗帷幕效果监测及耐久性研究 ... 李晓鄂 李 珍 邹 涛 (140)

地 基 加 固

- 化学灌浆在抗震救灾应急工程中的应用 张良秀 肖恩尚 王 黎 韩立强 (149)
- 长江三峡水利枢纽 F_{23} 、 F_{215} 断层复合灌浆施工 曲卫国 王玉龙 (154)
- 四川广元某地下建筑物整改灌浆试验设计与施工
..... 孙 亮 肖恩尚 姚朝铭 王 黎 方英堃 李晨光 刘秀丰 (159)
- 构皮滩水电站 KM1 溶蚀破碎带水泥—环氧复合灌浆施工 周发海 黄 松 (167)
- 煌斑岩脉水泥化学复合灌浆补强加固处理技术 党玉辉 (172)
- 大岗山水电站辉绿岩脉化学灌浆试验 曲卫国 王玉龙 (177)
- 锦屏一级水电站左岸坝肩煌斑岩脉化学灌浆试验 刘贵军 姚 昕 石 军 (183)
- DCG 工法在条形基础楼房地基加固及抬升纠偏工程中的应用 吴承旺 (188)
- 化学灌浆在宜兴抽水蓄能电站环境水处理中的应用 汪立伟 (193)
- DCG 工法在治理高速公路通道沉陷漏泥病害中的应用 陈长洲 (198)
- 化学灌浆十八土工法在隧道堵水加固工程中的应用 杜天刚 徐少江 (202)
- 武广铁路客运专线隧道回填灌浆新技术 陈森森 (205)

防 渗 堵 漏

- 龙口水电站大坝横缝漏水处理施工工艺 屈高见 王 健 马东辉 田科宏 (209)
- 采用水泥—化学复合灌浆封堵加固平洞集中喷水
..... 焦家训 辜永国 周 兵 石艳军 (214)
- 大渡河沙湾水电站右岸山体防渗施工 肖 华 (221)
- 高拱坝衔接帷幕灌浆技术研究 易 明 梅运生 郑 伟 (232)

长沙引水工程砰山 3 号隧洞掌子面涌水处理化学灌浆	杨继忠	卓 彬	(240)
高寒高温差地区水电站防渗施工技术与应用	郭国战	姚流娟	樊盛祥 (246)
化学灌浆技术在治理水工建筑物渗漏中的应用		唐结齐	(251)
无衬砌地下洞室围岩涌水化学灌浆封堵	屈高见	马东辉	(255)
海底矿道涌水快速堵漏灌浆施工	吴启民	谭建平	(260)
浅谈湖南浏阳引水隧洞 F ₈₆ 断层超前固结灌浆		邓金桥	(263)
用 DCG 工法快捷围堵地下涌水的四个窍门		邓敬森	(268)
化学灌浆在高速客专铁路隧道堵漏中的应用		陈森森	(274)
水溶性聚氨酯及凯顿材料在混凝土结构缝渗漏中的应用	杜 林	王 勇	(281)
新上海一号矿井副井井筒注浆堵水施工	杜志龙	杨 猛	王国庆
丙烯酸盐灌浆材料在混凝土伸缩缝堵水防渗中的应用	张维欣	李业琛	胡文东
		陈雪亮	(289)

裂 缝 处 理

化学灌浆在小湾水电站坝体混凝土裂缝处理中的应用	陈小华	康德忠	(299)
泸定水电站泄洪洞混凝土裂缝修补施工	于 剑	李 焰	(307)
环氧浆材固化体系研究及其在混凝土裂缝处理中的应用	韩立强	张良秀	肖恩尚
	唐玉书	孙 亮	(313)
化学灌浆在龙滩水电站混凝土裂缝修补中的应用	刘 涛	漆巨彬	李 霄
	郭元旺		(321)
多孔并联化灌工艺在混凝土裂缝处理中的应用	徐 勇		(324)
无溶剂环氧灌浆材料在地铁建设中的应用	许 森	杨 勇	陈伟明
			(328)
小湾水电站左岸坝体混凝土裂缝处理化学灌浆试验	占忠心	朱 旭	(331)
某水电站坝前混凝土细微裂缝化学灌浆施工技术	郭国华	姜命强	(337)
高渗透环氧灌浆材料在水库溢洪道裂缝灌浆中的应用	张维欣	叶顺祥	徐宇亮
			(343)
江阴临港新城 3 号码头海损事故修复实录	王 鑫	尹作坊	李发权
		廖 波	(348)

其 他

化学灌浆在灾后重建工程中的应用	钟永兵		(353)
南水北调中线一期基段箱涵混凝土缺陷处理施工	陈 烽	孙 亮	(357)
西部硫酸盐渍化软土中水泥土桩的应用	薛 炜	杨元龙	叶顺祥
			黎新基 (364)
化学综合处理技术在水工厂房结构加固修补中的应用	马建革		彭先兵 (371)
苏巴姑水电站压力钢管与内衬钢管环隙化灌处理	董建军	廖 波	吕书云
			李发权 (377)
钢管拱桥拱肋脱空负压灌浆修复研究与应用	袁 航	饶 明	(381)
SCBK 环氧砂浆在溪洛渡水电站 2、3 号导流洞缺陷处理中的应用	陈 凡		(386)

附 录

附录 1	化学灌浆与化灌学会组织	(389)
附录 2	我国化学灌浆学会组织及历年学术活动	(401)
附录 3	阳江宣言及桂林共识	(410)

CW520 丙烯酸盐灌浆材料交联剂合成 及浆液性能研究

张 健^{1,2,3,4} 汪在芹^{1,3,4} 魏 涛^{1,3,4} 李兴贵²

(1. 长江水利委员会长江科学院 2. 河海大学 3. 水利部水工程安全与
病害防治工程技术研究中心 4. 国家大坝安全工程技术研究中心)

【摘 要】 本文介绍了一种环保交联剂的合成方法。该交联剂无毒且可溶于水, 取代原丙烯酸盐化学灌浆材料常用交联剂甲撑双丙烯酰胺, 解决了甲撑双丙烯酰胺不易溶解和污染环境等问题。以此种交联剂为原料进行 CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料配方试验研究, 确定其配方。对这种浆液和凝胶体的性能测试表明, CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料具有黏度低、流动性好、可灌入细微裂缝、凝胶时间可控、渗透系数低、固沙体抗压强度较高等特点, 具有很好的推广利用价值。

【关键词】 丙烯酸盐 交联剂 合成 化学灌浆 浆液性能

1 引言

丙烯酸盐在灌浆中的应用研究始于 20 世纪 40 年代, 美国海军和马萨诸塞工科大学将其试用于军事地基加固并取得成功。1963 年日本有丙烯酸盐用于土壤加固和隧道防渗的报道。但由于当时丙烯酸产能较低, 在较长的时间内, 丙烯酸盐化学灌浆材料的研究进展缓慢, 应用也较少, 在永久工程防渗灌浆领域丙烯酰胺灌浆材料占主导地位。1974 年日本应用丙烯酰胺灌浆材料造成水质污染, 为此, 许多国家限制了丙烯酰胺灌浆材料的应用, 丙烯酸盐灌浆材料受到广泛关注^[1,2]。

国外主要的丙烯酸盐灌浆材料有日本于 20 世纪 60 年代开发的阿隆 A, 美国研制的

基金项目: 长江科学院中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (YWF0907)。

作者简介: 张健 (1982~), 男, 甘肃武威人, 硕士研究生, 主要从事高分子材料的开发和研究。邮箱: zhangjian00113@163.com。

AC—400, 以及比利时 De Neef 公司的 Gelacryl 系列产品。国内同类产品有长江科学院研制的丙烯酸盐灌浆材料、北京朗巍时代科技有限公司的 AC 系列丙烯酸盐灌浆材料、广州化学研究所研制的 XT—丙烯酸盐化学灌浆材料及中国水利水电科学研究院研制的 AC—MS 丙烯酸盐灌浆材料等。这些材料广泛应用于防渗灌浆, 并取得很好的效果。

随着社会的进步和科技的发展, 人们对环保的要求越来越高, 化工产品是否有毒, 在使用过程中是否会对环境造成污染, 已成为化工研究的重点。笔者在前人工作的基础上, 研制出一种可溶于水的无毒液态低聚物交联剂, 取代原丙烯酸盐化学灌浆材料常用的具有毒性交联剂甲撑双丙烯酰胺, 制得 CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料。该灌浆材料具有黏度低、流动性好、可灌入细微裂缝、凝胶时间可控、渗透系数低、固沙体抗压强度较高等特点。除此之外, CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料的浆液及凝胶毒性较现有采用甲撑双丙烯酰胺作为交联剂的丙烯酸盐化学灌浆材料低, 此种灌浆材料更符合环保要求, 同时, 由于所合成交联剂可与丙烯酸盐单体溶液混溶, 生产工艺得到了改进。

2 交联剂合成

现有丙烯酸盐灌浆材料多选用甲撑双丙烯酰胺做交联剂, 甲撑双丙烯酰胺是一种难溶于水的固体, 因分子结构中含有丙烯酰胺取代基而具有一定的毒性。

本文选用一种多羟基化合物与丙烯酸进行酯化反应制得新型环保交联剂, 其分子结构

可表示为:
$$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{R}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}=\text{CH}_2$$

该分子结构中不含丙烯酰胺取代基, 是一种无毒低聚物; 主链 R 中含有亲水基团, 使交联剂分子能够溶解在水中, 可与丙烯酸盐溶液混溶; 末端含有两个 (或以上) 乙烯基, 可以发生自由基聚合反应, 形成空间网状结构的聚合物。以该交联剂为原料制得的凝胶结构中的交联键稳定, 凝胶体性能好。

2.1 合成过程

在装有回流冷凝管、分水器、搅拌器、温度计的三口烧瓶中依次加入阻聚剂、多羟基低聚物后搅拌并加热, 待阻聚剂完全溶解后再加入丙烯酸、催化剂、甲苯, 在 30min 内升温到回流, 保持反应 1~4h, 反应分出水量达到理论出水量 90% 以上停止反应, 冷却到室温, 用弱碱溶液中和到中性, 再用蒸馏水洗涤 2~3 次。分离后减压蒸馏除去溶剂和少量的水分即得到所需的交联剂。

2.2 产物红外分析

用 BRUKER TENSOR 27 红外光谱仪对制得的产品进行红外分析, 得到谱图 1。

图中 2960cm^{-1} 处为脂肪族 C—H 吸收峰; 1730cm^{-1} 处为酯羰基 C=O 的伸缩振动峰; 1640cm^{-1} 处为 C=C 的伸缩振动峰; 1410cm^{-1} 、 1290cm^{-1} 处为 C—H 的面内弯曲变形振动峰; 1180cm^{-1} 、 1070cm^{-1} 处为酯类化合物 C—O—C 的伸缩振动峰; 810cm^{-1} 、 982cm^{-1} 处为 C—H 的面外弯曲变形振动峰。由以上分析可知, 该合成产物分子结构中含有酯基和端烯基。

谱图中 3600cm^{-1} 处的醇—OH 基特征吸收峰变得很弱, 可知反应物中的醇—OH 基绝大部分参与酯化反应。

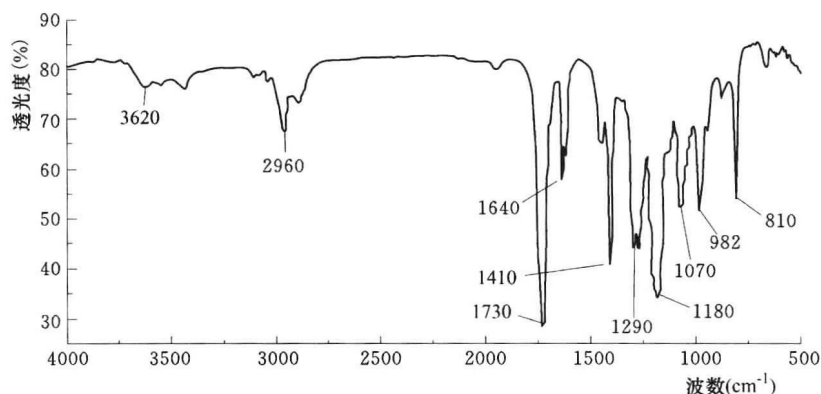


图1 交联剂的红外光谱图

3 CW520 丙烯酸盐灌浆材料合成及其性能

3.1 试验方法

丙烯酸盐化学灌浆材料的基本组成有主剂、交联剂、引发剂、促进剂、缓凝剂及溶剂等。其中，主剂为含有一个 $C=C$ 的丙烯酸盐；交联剂为含有两个（及以上）可与主剂反应的官能团的单体或低聚物，在引发剂的作用下与主剂发生反应，生成具有空间网状结构的聚合物；引发剂在水中形成初级自由基，与促进剂共同作用形成能够引发链增长的活性自由基，引发单体和交联剂进行自由基聚合形成具有空间网状结构的聚合物；缓凝剂可捕捉初级自由基，延长自由基与单体结合的时间，使聚合反应的诱导期变长，以此控制凝胶时间。通过调整缓凝剂用量可控制浆液凝胶时间在几分钟到几十分钟之间。

3.2 丙烯酸盐单体选择

可用于灌浆的丙烯酸盐单体有很多，如丙烯酸钙、丙烯酸镁、丙烯酸锌、丙烯酸钾、丙烯酸钠等。20 世纪 80 年代，长江科学院在总结了多种丙烯酸盐溶液亲水性及其凝胶性状的基础上，综合考虑了不同金属离子引力场对水的吸附作用、生物毒性效应以及丙烯酸盐浆液和凝胶的力学性能，选用吸水性较强的丙烯酸镁作为主要的聚合单体，同时考虑到过量镁盐会导致中毒，添加了丙烯酸钙作为拮抗剂，得到一种毒性很低且凝胶性能良好的丙烯酸钙、丙烯酸镁复合单体溶液^[3]。本文试验均选用该复合单体溶液作为灌浆液主剂。

3.3 浆液及凝胶性能研究

本文通过试验确定了 CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料的基本配方，并对浆液及凝胶性能进行测试。各性能测试分别依据以下标准进行，浆液密度按 GB/T 4472—1984 中密度计法测定；浆液黏度按 GB/T 10247—2008 中旋转黏度计法测定；pH 值按 SL 352—2006 中水质分析 pH 值测定方法测定；渗透系数按 GB/T 50123—1999 渗透试验方法进行；遇水膨胀率按 GB/T 18173.3—2002 附录 A 的规定测定；固砂体抗压强度取 $\phi 40\text{mm} \times 100\text{mm}$ 试件 1d 的抗压强度值，抗挤出破坏比降以凝胶在 $\phi 0.3\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的玻璃毛细管

中固化 1d 后被挤出的最小水压力代入公式 $i = \frac{(P - 0.05) \times 10^4}{5}$ 计算。

3.3.1 灌浆液的配方组成

通过大量的试验确定出各组成的最佳配比,以获得较好的凝胶性能,制得 CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料。其基本配方组成见表 1。

表 1 浆液配方组成			
配方组成	质量百分含量(%)	配方组成	质量百分含量(%)
丙烯酸盐单体	10~20	引发剂	0.5~2
促进剂	1~2	溶剂	70~80
交联剂	2~5	缓凝剂	根据固化时间需要调整

3.3.2 浆液及凝胶的主要性能

CW520 丙烯酸盐化学灌浆材料可按质量比 1 : 1 或 2 : 1 两种比例双液灌浆设计。A 液含主剂、促进剂、交联剂等组分; B 液中包括引发剂、膨胀剂、溶剂等组分,两种组分按比例混合后形成浆液。A 液、B 液及浆液的主要物理性能见表 2。

表 2 A 液、B 液浆液的主要物理性能					
性能 \ 名称	A		B	浆液	
	15%	20%		15%	20%
外观	淡蓝色溶液		无色透明液体	淡蓝色溶液	
密度 (g/ml)	1.09	1.14	1.00	1.06	1.10
pH 值	7~8	7~8	9~10	7~8	7~8
黏度 (mPa · s)	4.2	5.0	—	3.6	4.7
毒性	微毒	微毒	无毒	实际无毒	实际无毒
凝胶时间* (min)	—	—	—	3	2

* 此凝胶时间是在 25℃ 下测定的不含缓凝剂的浆液凝胶时间。

按照设计比例称取 A 液和 B 液,将两组份均匀混合,加入缓凝剂溶液调节凝胶时间为 30min,按 3.2 中列出的试验方法测试凝胶体的各项性能,结果见表 3。

表 3 凝胶主要物理性能		
性能名称	丙烯酸盐含量	
	15%	20%
外观	半透明弹性凝胶	
溶解性	不溶于水、稀酸和稀碱	
遇水膨胀率 (%)	94	71
渗透系数 (cm/s)	3.0×10^{-8}	2.0×10^{-9}
固砂体抗压强度 (MPa)	0.32	0.54
抗挤出破坏比降 (MPa/cm)	500	800

3.3.3 浆液毒性

为确定 CW520 丙烯酸盐灌浆材料是否会对环境造成污染,委托同济医科大学对丙烯