

华南理工大学百步梯攀登计划优秀论文汇编(2004)

攀登者的足迹

主编 陶韶菁
副主编 房俊东 张锅红 李卫青



华南理工大学出版社

百步梯攀登计划优秀论文汇编(2004)

攀登者的足迹

顾 问:陈建新

主 编:陶韶菁

副主编:房俊东 张锅红 李卫青

编 委:周 亮 黄艳华 邹 敏 莫海宁 杨佩尧

吴妙娴 杨 杰 李 昀 刘奇峰 吴耀华

洪梦晓 杨浩松 刘 博 王 科 王亚南

李 嘉 赵冉冉 韦 萍

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目(CIP)数据

攀登者的足迹/陶韶菁主编. —广州:华南理工大学出版社, 2005. 10
百步梯攀登计划优秀论文汇编(2004)
ISBN 7-5623-2322-4

I. 攀… II. 陶… III. 大学生-科学技术-课外活动-文集 IV. G644-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 119719 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话:020-87113487 87111048(传真)

E-mail:scut 202@scut.edu.cn

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

责任编辑:赵 鑫

印刷者:广东省农垦总局印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:28.25 字数:688 千

版 次:2005 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1~1 050 册

定 价:60.00 元

版权所有 盗版必究

序

从第八届“挑战杯”终审决赛闭幕式上会旗交接的那一刻起,第八届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛距今已经半年多了。然而,这场“科技盛宴”的精彩镜头依然在华工人记忆中反复回放:气势恢弘的开幕式,闪耀着科技光芒的学术作品展和激荡着智慧火花的 IT 论坛;那一张张洋溢着青春激情的面庞,那一句句学术大师深蕴哲理的话语……当然,最让华工人难忘的是在“挑战杯”大赛上我校取得了总分排名第四的骄人成绩,以及这些骄人成绩背后蕴涵着的华工学子攀登的足迹和洒下的辛勤汗水。

为了全面推进素质教育,培养学生的创新精神和实践能力,学校抓住承办第八届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛这个契机,加强学生科技创新活动,于 2002 年启动实施“百步梯攀登计划”,每年划拨专项经费,支持学生课外学术科技研究活动。学校成立了校院两级学生课外科技创新工作领导小组,组织了一批学术造诣深厚、科研能力较强的专家组成了学生课外科技创新专家委员会,对项目进行评定、审核和指导。各院系也分别组织了本学院的专家对项目跟踪辅导,对于跨学科的作品,则由几个学院的老师联合辅导。

除学校有力的组织保障和专家尽心竭力的辅导以外,同学们自己付出的努力也是此次获得成功必不可少的因素。无论是赤日炎炎的盛夏,还是寒风刺骨的严冬,他们或在教室,或在宿舍,更多是在实验室里;他们或激烈地争论着,或细心地演算着,更多是在大胆地设想着;他们或为一个小小的进步而会心微笑,或为一个成功的设计而击节赞叹,更多的是为了攻克一个个技术难题而茶饭不思、彻夜难眠。

转眼,“百步梯攀登计划”已经进入了第三个年头,计划实施的成效是有目共睹的,我校在第八届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛上获奖的 6 个项目,全部都出自“百步梯攀登计划”。由于“百步梯攀登计划”的启动,大学生学术科技创新活动在我校已蔚然成风。在已经立项的两年中,投入经费 200 多万元,扶持学生课外科研项目超过 200 个,参与科研立项的学生近 3 000 人;“百步梯攀登计划”还发现和培养了一批素质高、能力强的学生科技创新人才。然而,华工学子并没有沉浸在获奖的喜悦之中,而是以更大的热情投入到新的“计划”之中,向新的高峰发起冲击。“百步梯”精神感召着越来越多有理想、有抱负、乐于享受创新乐趣并为之付出辛勤劳动的青年学子加入这个行列,项目申报数目以每年 30% 左右的速度递增。随着形式多样的课外学术科技创新活动的开展,随着“百步梯攀登计划”的逐年深入,学校已经形成了培养学生科技创新能力和创新精神的良好氛围,初步构建了具有华南理工大学特色的创新人才培养体系。

党的十六届三中全会明确提出:“坚持以人为本,树立全面、协调、可持续的发展观,促进经济社会和人的全面发展。”科学发展观指导我们要致力于青年专业技能的培养,更要激发青年的创新能力。“青年强则国家强,青年兴则民族兴”,中华民族能否实现新世纪的伟大复兴,归根到底取决于青年的素质。我们关注的不仅是培养青年当下生存与发展所需要的知

识和技能,更重要的是青年未来发展潜力何在。要力争从可持续发展的高度,去培养他们开拓创新的能力,尤其要为当代大学生创造有利“创新、创业、创造”的良好环境。

高等学校是培养创新人才的重要基地,面对新形势发展的需要,改变传统教育观念,推进教育创新,不断探索和实践“三创”人才培养模式是高等学校面临的一个重大课题。进一步深化开展“百步梯攀登计划”,在科研实践活动中培养和锻炼学生的创造能力和创新意识,不仅有利于学生在老师的帮助下结合自身专业,开展初步的研究工作,而且有助于深化教学改革,贯彻我校“重人品、厚基础、强能力、宽适应”的人才培养思想,推动我校建设高水平大学的进程。

为此,我们从历年“百步梯攀登计划”的项目中,遴选部分优秀论文结集出版,为的是见证“百步梯”人在攀登路上留下的汗水和足迹,进一步深化和完善学生科技创新活动的功能和机制。这些作品也许还有几分稚嫩,在学术上也许还有各种各样的不足和欠缺,但它带给我们的是一种力量,一种幼芽破土的力量,也许就是这种力量激励着更多的大学生投身于这个队伍,在攀登科学高峰的道路上,将会有更多华工学子写下他们的风采!

陆建新
2004.7.9.

目 录

材料科学与工程学院

无机矿粉对碱激发碳酸盐胶凝材料性能的影响	1
----------------------	---

电力学院

便携式钳形电流谐波分析仪的研制	7
-----------------	---

电子与信息学院

基于射频识别技术的会议智能签到系统	11
基于 AMR7 微处理器的儿童启蒙学习机	23
基于 SHE 技术的逆变器消谐方程实时求解的 DSP 实现	48
基于视频的文字识别的人机交互	53

工业装备与控制工程学院

多画面广告机动作控制系统	61
智能交通信号控制系统	66

化工与能源学院

用淀粉磷酸酯制备循环冷却水处理剂的研究	72
分子蒸馏提纯乳酸	78
木素磺酸镁及其改性产物的缓蚀性能研究	85
微波合成 MCM-41 中孔分子筛	92

化学科学学院

有机磷酸酯疏赶效应的量子化学计算初探	105
基于连续小波变换的循环伏安弱信号特征信息提取	117
研究阻燃材料,防止灾难发生	122
高良姜与大高良姜的鉴别比较及应用研究	134
板栗壳的基本成分分析及其提取液的抗菌活性研究	142
吗啡及其衍生物镇痛药物的量子化学计算	146

机械工程学院

仿生物梯度泡沫铝型材的制备工艺研究	154
铜柱表面三维散热亚结构成形及毛刺控制机理	160
数控牙刷植毛机高速高精度反馈装置的研究	169
新型超声波空调消除滴水装置的研究	177
基于无线传输的通用虚拟仪器的研究	183

计算机科学与工程学院

网络时代的大学生状况调查	188
--------------	-----

建筑学院

城市空间的分类控制与引导——以广州为例·····	196
顺德碧桂园现象解析·····	211
交通学院	
公众对电子垃圾的认知程度和管理对策·····	217
城市交通地理信息系统设计探讨·····	227
电子教程界面设计研究及其优化方案·····	233
轻工与食品学院	
第一类整合子介导沙门氏菌耐药机制的分析·····	253
紫球藻多糖的分级分离和色谱纯化的技术研究·····	260
Tlh 基因在非副溶血弧菌中表达的 PCR 方法 ·····	271
大米淀粉的酶法分离和特性研究·····	275
生物科学与工程学院	
多生理参数远程检测系统网络应用平台的开发·····	281
生物信息学工作平台的构建与网络技术利用研究·····	286
数学科学学院	
电气机械及器材制造业科技活动分析·····	289
群体腐败的博弈分析·····	298
供销合作社现存问题与体制创新·····	307
关于广州大学生电脑购买情况的市场调查报告·····	311
外国语学院	
广州理工科院校人文社团对大学生人文素质的影响·····	331
广州高校外籍教师的现状及前景·····	349
广州地区高校英语专业学生第二专业学习的现状与研究·····	364
物理科学与技术学院	
嵌入式系统 TCP/IP 网络解决方案 ·····	374
自呼吸式微型甲醇燃料电池的研究·····	390
管理与自管——大学城宿舍管理模式探求·····	397
资源科学与造纸工程学院	
室内光催化空气净化器的研制·····	404
政治与公共管理学院	
广州市社区党建现状问题与对策研究·····	410
初步构建理工科大学学生人文素质测评体系调查报告·····	417
自动化科学与工程学院	
私人非营利性组织的可持续性发展战略——以“灯塔”计划为个案·····	426

无机矿粉对碱激发碳酸盐胶凝材料性能的影响

赵三银¹ 乔 飞² 余其俊² 殷素红² 文梓芸² 古国榜¹

1 化学科学学院;2 材料科学学院与工程学院

摘 要:采用正交试验方法,研究了矿渣、粉煤灰和偏高岭土等三种无机矿粉对碱激发碳酸盐胶凝材料的强度性能、抗渗压力以及凝胶时间的影响,并首次探讨了该材料浆体的流变特性。凝胶时间的测定方法采用作者自行设计的旋转粘度计法。研究结果表明:①三种无机矿粉中,对强度、抗渗性能、凝胶时间影响最为显著的是矿渣,矿渣的掺入能够大幅度提高材料的强度和抗渗能力,但会显著缩短凝胶时间;偏高岭土对强度影响特别显著,有利于强度的提高,但对抗渗压力和凝胶时间影响不显著;粉煤灰对所有性能的影响均不显著。②复合掺加无机矿粉后,碱激发碳酸盐胶凝材料的强度最高值达到了 43.9MPa,为空白样的 12 倍;抗渗压力最高可大于 1.5MPa,是空白样的 5 倍以上。因此,复合掺加无机矿粉使碱激发胶凝材料向结构材料发展成为可能。③碳酸盐-无机矿粉-水-水玻璃体系浆体属于宾汉流体。④掺加粉煤灰的碱激发碳酸盐胶凝材料浆体的流动性比掺加矿渣和掺加偏高岭土的好。

关键词:碱激发碳酸盐胶凝材料;矿渣;粉煤灰;偏高岭土;强度;抗渗;流变特性

0 引言

碱激发碳酸盐胶凝材料是近年来研究开发出来的、在常温下反应生成水合硅酸钙(镁)凝胶而直接获得的一种新型胶凝材料^[1,2],其基本原材料是天然的边缘性碳酸盐矿和工业水玻璃,具有利废、节能、低成本和对环境影响小等特点,有着良好的发展前景。迄今为止,该材料主要开发用作灌浆材料,但其性能就目前的认识水平来说,仍存在下述两种不足需要加以改进:①硬化体早期强度较低,后期强度增长率不大。②固砂体和灌后砂柱抗渗性能还未能达到防水砂浆或防水混凝土的要求。改进的措施是,拟通过掺加其他类型碱激发胶凝材料中的主要组分——含铝硅酸盐物质(如矿渣、粉煤灰、偏高岭土等)来实现,以期能够较大幅度地提高碱激发碳酸盐胶凝材料的力学和抗渗性能等,使其发展成为高性能化的灌浆材料,甚至成为一种新型的结构材料。鉴此,本研究采用正交试验方法,研究了矿渣、粉煤灰和偏高岭土对碱激发碳酸盐胶凝材料的强度性能、抗渗压力以及凝胶时间的影响。此外,本研究首次探讨了该材料浆体的流变特性。

1 试验原材料与试验方法

1.1 试验原材料

本研究所用主要原材料为工业水玻璃、碳酸盐矿、粒状高炉矿渣、粉煤灰和偏高岭土。

水玻璃为工业级原料,波美度 $Be^{\circ}=38.5$,模数 $M=3.24$,经改性后使用;碳酸盐矿取自广东清远,经湿法微细粉磨后烘干、打散;矿渣取自广东韶关钢铁集团;粉煤灰为黄埔发电厂的Ⅱ级粉煤灰,它们均采用水泥厂化验室统一试验小磨粉磨 5h 后使用;偏高岭土采用广东茂名产商品酸洗高岭土在 800°C 下煅烧 2h 制备得到。经粉磨或煅烧处理后的各原料的化学成分、密度如表 1 所示,粒度分布如表 2 所示。

表 1 原材料的化学成分(wt %)和密度

	I. L.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	密度/(kg/m ³)
碳酸盐矿	44.91	1.11	0.62	1.35	37.15	14.39	0.10	0.36	2 740
矿渣	0.01	31.14	19.33	1.03	34.24	11.75	0.43	0.60	2 936
粉煤灰	5.75	52.42	30.31	4.89	2.62	0.91	1.03	0.53	2 532
偏高岭土	0.78	54.60	40.65	2.16	0.54	0.26	0.75	0.10	2 525

表 2 原材料的颗粒粒度分布(wt %)

粒径/ μm	<3	3~5	5~10	10~15	15~20	20~30	30~40	40~60
碳酸盐矿	77.51	14.65	7.84	0	0	0	0	0
粉煤灰	47.02	15.74	20.20	12.41	4.19	0.44	0	0
矿渣	47.18	14.33	17.88	7.91	6.29	5.88	0.53	0
偏高岭土	23.10	17.37	27.52	12.26	7.38	7.47	3.51	1.39

1.2 料浆的制备

粉磨后的碳酸盐矿、矿渣、粉煤灰、偏高岭土等固相原材料以及水和改性水玻璃,按设计的配比配合后,先经水泥净浆搅拌机搅拌 2min,再用 GSM-Ⅲ型高效水泥湿磨机粉磨,由此制备得到高均匀性的料浆。

1.3 性能测试

强度性能试验参照 GB/T 17671-1999 进行;抗渗性能试验参照 JC 474-92 砂浆的渗水压力试验方法进行。不同之处在于:①胶砂比不同。本试验所用胶砂比是根据料浆与 GB-T 17671-1999 标准砂自然堆积的体积之比按 $1.4m_s$ (m_s 为标准砂的空隙率,试验值为 0.33)确定的。②试体养护方式不同。本试验中,为尽可能减少碳化的影响,试体先用保鲜膜包裹起来,再盖上湿毛巾进行养护。

采用 NXS-11A 型旋转粘度计测定 25°C 下料浆的流变特性和凝胶时间。采用旋转粘度计测定凝胶时间的方法,是我们根据该胶凝材料浆体的特点自行探索出来的,该方法的试

验结果与倒杯法的基本一致,但比倒杯法更为客观。具体方法如下:以各原料开始混合搅拌的时间作为计时的零点,在 4.481s^{-1} 的剪切速率下,至料浆所需的剪切应力达 425Pa 为止,所经历的时间视为凝胶时间。

2 试验结果与分析

本研究采用 $L_{16}(4^5)$ 正交设计表进行配方设计。采用

$$a = \frac{\text{矿渣质量}}{\text{碳酸盐矿质量}}, \quad b = \frac{\text{粉煤灰质量}}{\text{碳酸盐矿质量}}, \quad c = \frac{\text{偏高岭土质量}}{\text{碳酸盐矿质量}}$$

三个比率作为试验因素,并分别安排在正交表中的第 1、2、3 列。 a 因素的 4 个水平分别为 0.00,0.05,0.10,0.15; b 和 c 因素的 4 个水平分别为 0.00,0.10,0.20,0.30。水玻璃和水的用量固定。本文中的试样号与 $L_{16}(4^5)$ 正交表中的试验号一致。

2.1 强度、抗渗压力与凝胶时间

各配方胶砂试体的 7d、28d 抗折强度 R_f 与抗压强度 R_c ,胶砂试体 28d 抗渗压力,净浆试体 28d 抗折强度 R_f 和抗压强度 R_c ,各配方料浆的凝胶时间列于表 3 中。

对表 3 中的试验结果进行直观分析、方差分析和显著性检验。对三位级以上的显著性因素进一步作成对位级间的比较(即 q 检验)。分析的结果列于表 4 中。

表 3 强度、抗渗压力、凝胶时间的试验结果

试样号	胶砂强度/MPa				净浆强度/MPa		抗渗压力 /MPa	凝胶时间 /(min:s)
	抗 折		抗 压		抗 折	抗 压		
	7d	28d	7d	28d	28d	28d	28d	
1	0.9	1.0	2.9	3.6	0.3	1.8	0.3	143:19
2	1.6	2.7	5.4	10.2	0.8	3.3	0.8	162:12
3	1.3	3.8	8.0	18.9	1.6	7.3	0.7	163:12
4	2.1	5.4	7.8	26.1	2.8	16.7	0.6	149:24
5	3.2	3.6	12.7	16.3	1.6	9.1	1.4	41:24
6	1.8	2.3	6.4	14.0	1.0	5.7	1.2	55:00
7	4.5	7.4	24.1	43.9	4.1	26.0	1.3	61:00
8	4.0	5.4	17.9	31.0	2.3	19.9	1.0	37:32
9	5.4	5.8	24.7	30.5	3.0	20.3	1.4	37:44
10	5.8	7.3	30.4	38.5	3.7	23.5	1.1	41:38
11	2.4	2.9	9.3	12.2	1.3	8.6	>1.4	29:38
12	3.8	4.4	15.1	24.4	2.3	15.5	>1.5	36:44
13	6.2	7.4	31.8	39.2	3.4	24.1	1.3	23:51
14	5.1	5.7	21.8	29.8	2.5	20.7	1.4	24:52
15	3.9	4.4	16.4	25.3	2.1	24.5	1.5	25:37
16	2.5	3.4	9.7	14.2	1.7	9.0	>1.5	30:57

表4 强度、抗渗压力、凝胶时间试验结果的正交分析

性 能		各因素影响 大小的次序	显著性分析			显著性因素各位级之间的 q 检验		最优生 产条件
			a	b	c	a	c	
胶 砂 强 度	7d R_f	$a > c > b$	**	○	**	a_1 与 a_2 之间显著, a_1 与 a_3 、 a_4 之间特 别显著	c_1 与 c_3 、 c_4 之间显著	$a_4 c_4 b_1$
	7d R_c	$c > a > b$	**	○	**	a_1 与 a_3 、 a_4 之间显 著	c_1 与 c_4 之间显著	$c_4 a_4 b_1$
	28d R_f	$c > a > b$	**	○	**	a_1 与 a_3 、 a_4 之间特 别显著, a_1 与 a_2 之间 显著	c_4 与 c_1 、 c_2 、 c_3 之间、 c_1 与 c_3 之间特别显著, c_2 与 c_1 、 c_3 之间显著	$c_4 a_4 b_4$
	28d R_c	$c > a > b$	**	○	**	a_1 与 a_2 之间显著	c_1 与 c_4 之间特别显著, c_1 与 c_3 之间、 c_2 与 c_4 之间显著	$c_4 a_4 b_3$
净 浆 强 度	28d R_f	$c > a > b$	**	○	**	○	c_1 与 c_4 之间特别显著, c_4 与 c_2 、 c_3 之间显著	$c_4 a_3 b_3$ $c_4 a_3 b_4$
	28d R_c	$c > a > b$	*	○	**	○	○	$c_4 a_4 b_3$
抗渗压力		$a > c > b$	—	—	—	—	—	$a_4 c_2 b_3$
凝胶时间		$a > b > c$	**	○	○	a_1 与 a_2 、 a_3 、 a_4 之间 特别显著	○	$a_1 b_2 c_4$

注：“**”表示“特别显著”，“*”表示“显著”，“○”表示不显著，“—”表示未作显著性检验。

根据试验结果和正交分析可以得到如下规律：

(1)三种无机矿粉中,对强度、抗渗性能、凝胶时间影响最为显著的是矿渣,矿渣的掺入可以显著提高碱激发碳酸盐胶凝材料的强度性能和抗渗性能,但会显著缩短其凝胶时间。而且,对于材料的不同性能,矿渣的掺量存在不同的最佳值。掺量在最佳值以上时,其后相邻位级间的差异已不显著。

(2)粉煤灰的掺入对碱激发碳酸盐胶凝材料的强度性能、抗渗性能和凝胶时间的影响均不显著。

(3)偏高岭土的掺入对碱激发碳酸盐胶凝材料的强度性能影响特别显著,而且以偏高岭土的最大位级为最优,说明继续提高偏高岭土的掺入量仍可进一步改善材料的强度性能。但偏高岭土的掺入对该材料的抗渗性能以及凝胶时间的影响不显著。

(4)与1[#]空白样(100.0%C,C代表碳酸盐矿)相比,复合掺加矿渣、粉煤灰和偏高岭土后,碱激发碳酸盐胶凝材料的强度和抗渗性能得到了大幅度的提高。无论是净浆试体还是胶砂试体的28d抗折和抗压强度,均以7[#]试样(64.5%C+3.2%S+12.9%F+19.4%M,其中C代表碳酸盐矿,S代表矿渣,F代表粉煤灰,M代表偏高岭土,下同)为最高,其28d胶砂抗折和抗压强度分别为7.4MPa和43.9MPa,28d净浆抗折和抗压强度分别为4.1MPa和26.0MPa,分别为空白样的7.4、12.2、13.7和14.4倍。抗渗压力最高可达1.5MPa以上,比空白样提高了5倍以上。

2.2 流变特性

在本研究中,对碱激发碳酸盐基胶凝材料的流变特性^[3, 4]进行了初步探讨。我们选择了2[#]、5[#]和6[#]试样进行了流变曲线测定的试验。2[#]、5[#]、6[#]试样料浆在6min时的流变曲线分别如图1、图2和图3所示。对其进行回归分析所得的回归方程、相关系数以及各料浆的屈服值和塑性粘度列于表5中。

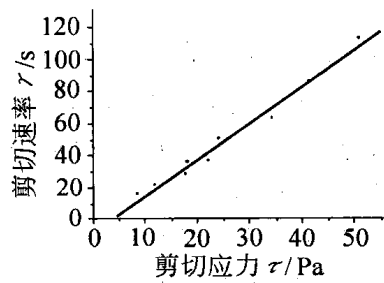


图1 2[#]样的流变曲线

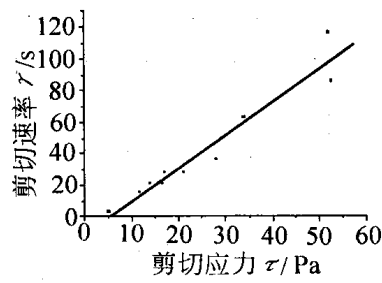


图2 5[#]样的流变曲线

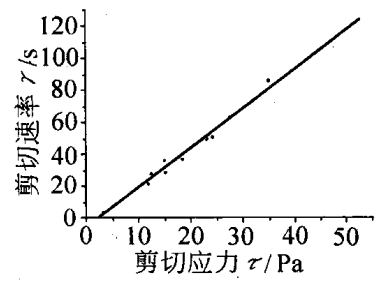


图3 6[#]样的流变曲线

表5 流变曲线回归分析的结果

	试样	回归方程	相关系数	屈服值/Pa	塑性粘度/(Pa·s)
2 [#]	(83.4% C+8.3% F+8.3% M)	$\tau = 3.821\ 9 + 0.434\ 3\gamma$	0.990\ 2	3.82	0.434\ 3
5 [#]	(87.0% C+4.3% S+8.7% M)	$\tau = 5.264\ 9 + 0.473\ 7\gamma$	0.971\ 8	5.26	0.473\ 7
6 [#]	(87.0% C+4.3% S+8.7% F)	$\tau = 2.478\ 6 + 0.400\ 2\gamma$	0.995\ 8	2.48	0.400\ 2

由此可见:

(1)碳酸盐-无机矿粉-水-水玻璃体系的浆体属于宾汉流体。与大多数属于牛顿流体的化学灌浆材料相比,碱激发碳酸盐用做灌浆材料时其料浆具有较高的流动阻力。

(2)在矿渣掺量相同时,掺加8.7%粉煤灰的6[#]料浆的屈服值和塑性粘度均小于掺加8.7%偏高岭土的5[#]料浆,表明掺加粉煤灰的料浆流动性比掺加偏高岭土的好;在偏高岭土掺量相近时,掺加8.3%粉煤灰的2[#]料浆的屈服值和塑性粘度均小于掺加4.3%矿渣的5[#]料浆,说明掺加粉煤灰的料浆流动性比掺矿渣的好。可见,掺加粉煤灰的料浆其流动性比掺加矿渣及偏高岭土的料浆均要好。

3 讨论

矿渣经碱激发后便会呈现相当的水硬性^[5]。矿渣在水玻璃的激发下,其玻璃体的解体比较迅速,反应形成方沸石类和钙沸石类的水化硅铝酸盐胶凝产物^[6]。大量胶凝产物的形成,有利于硬化体孔结构的细化和改善。因此,矿渣的掺入可以显著提高碱激发碳酸盐胶凝材料的强度性能和抗渗性能。然而,由于矿渣在水玻璃激发下的快速反应,使得料浆的初始粘度大幅度增大,流动性变差,凝胶时间显著缩短;矿渣掺量超过一定值时,试体的成型变得困难,使材料的强度难以进一步提高。

本研究所用粉煤灰的化学组成中钙硅比(0.05)小,活性较差,与水玻璃反应速度慢,对材料28d以内的强度性能和抗渗性能的改善作用不明显,但粉煤灰能否有利于材料长期性

能的改善有待于进一步的研究。尽管如此,就对料浆流动性的影响而言,粉煤灰较矿渣和偏高岭土有利。

经过高温处理得到的无定形偏高岭土活性较高。偏高岭土受到水玻璃这种强碱物质的侵蚀时会较快地解聚,并与 Ca^{2+} 离子和 Na^{+} 离子等反应形成新的类沸石胶凝产物^[7],从而使材料的强度性能显著提高。但是,从形态上看,偏高岭土是一种鳞片状结构,不仅比表面积大,需水量大,而且片状颗粒的流动性较差,加上其与水玻璃之间的反应速度较大,反应初期生成了较多的胶凝产物,从而使掺偏高岭土后的料浆粘度和流动性相应变差。至于偏高岭土对材料抗渗性能的影响并不显著的原因,尚需作进一步的研究。

综上所述,在碱激发碳酸盐胶凝材料中复合掺加矿渣、粉煤灰或偏高岭土后,能够显著提高体系的反应程度,增加胶凝产物的数量,细化和改善硬化体的孔结构,使材料的强度性能和抗渗性能得到显著提高。试验结果表明,复合掺入矿渣、粉煤灰和偏高岭土后,碱激发碳酸盐胶凝材料的力学和抗渗性能有了质的飞跃,这为把其从原先的灌浆材料开发成为用途更为广泛的结构材料奠定了一定的基础。但是,延长该材料的凝胶时间和改善其流动性,是实现碱激发碳酸盐灌浆材料高性能化和进一步开发成为结构材料的技术关键,还需要进行深入的研究工作。

4 结论

(1)正交试验表明:三种无机矿粉中,对强度、抗渗性能、凝胶时间影响最为显著的是矿渣,矿渣的掺入能够大幅度提高材料的强度和抗渗能力,但会显著缩短凝胶时间;偏高岭土对强度影响特别显著,有利于强度的提高,但对抗渗压力和凝胶时间影响不显著;与前两者相比,粉煤灰对所有性能的影响均不显著。

(2)掺入无机矿粉后,碱激发碳酸盐胶凝材料的强度最高达到 43.9MPa,为空白样的 12 倍;抗渗压力最高可大于 1.5MPa,是空白样的 5 倍以上。

(3)碳酸盐-无机矿粉-水-水玻璃体系浆体属于宾汉流体。

(4)掺加粉煤灰的碱激发碳酸盐胶凝材料浆体的流动性比掺加矿渣和掺加偏高岭土的好。

参考文献

- 1 尹芪. 低品位石灰石用作胶凝、灌浆材料的基础研究[D]. 华南理工大学学报(自然科学版). 1998
- 2 殷素红,文梓芸. 石灰岩-水玻璃系统灌浆材料的研究[J]. 新型建筑材料. 2001(1): 42~45
- 3 王启宏. 材料流变学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985. 38
- 4 胡纪华, 杨兆禧, 郑忠. 胶体与界面化学[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1999
- 5 S. SONG, D. SOHN, H. M. JENNINGS, T. O. MASON. Hydration of Alkali - activated Ground Granulated Blast Furnace Slag[J]. Journal of Materials Science. 2000(35): 249~257
- 6 钟白茜, 杨南如. 水玻璃-矿渣水泥的水化性能研究[J]. 硅酸盐通报. 1994(1): 4~8
- 7 代新祥. 碱激发土聚水泥的制备、结构与性能[D]. 华南理工大学学报(自然科学版). 2002: 99

便携式钳形电流谐波分析仪的研制

电力学院 邹祖冰

摘 要:谐波问题逐渐引起人们重视,准确地检测和分析电网谐波是当前需要迫切解决的问题。本文针对当前的问题研制了一种便携式钳形电流谐波分析仪,它基于数字信号处理技术和现代检测技术提取电网中的电流,实现了实时测量分析和历史数据管理等功能,具有操作简单、小巧轻便等优点,可以取代普通的钳形电流表。本设备达到了国家标准对谐波测量、分析的要求。

关键词:电力谐波;DSP;傅立叶分析;分析仪

0 引言

随着微电子技术、计算机技术、电力电子技术的迅猛发展,大量非线性负载被广泛使用,这些负载对电网造成了很大的干扰,在一定程度上引起了严重的危害^[1]。另外,随着国家对电力市场的进一步管理,按质论价也提到议事日程,电力公司可以依据一定的标准,对电流谐波含量超标的电力用户采用惩罚性电价^[2]。所以,研制一种便携型、操作方便的谐波分析装置是非常必要的^[2]。

本课题组开发的便携式钳形电流谐波分析仪利用 TI 公司的数字信号处理器(DSP)作为核心,它既能实现数据的采集、快速傅立叶变换(FFT)运算、实时分析电流的谐波含量以及电流的有效值,又能保存数据以及与其他设备进行通信。该系统可以测量电流有效值,对 63 次以下的谐波进行分析,计算出幅值、畸变率以及超标时报警,通过操作键盘得到各种指标值。

1 测量原理

该设备基本框架由传感器、量程选择电路、预处理电路、信号处理器以及输入/输出设备组成,图 1 为系统结构图。

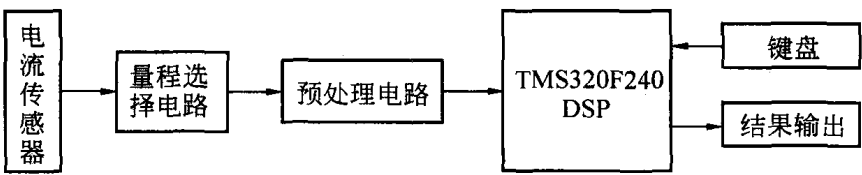


图 1 系统结构图

从图 1 可以看出,该仪器的核心是数字信号处理器,它实现了对传感器送来的信号进行

分析处理,得到各次谐波的谐波率、幅值、总电流有效值。其原理是采用快速傅立叶变换(FFT)^[3],假设对电流进行 N 次采样,采样频率 f_i ,采样信号的时域表示为 $x(n)$,其中 $0 \leq n \leq N-1$ 。相邻采样间隔为 $\Delta t = 1/f_i$,对这 N 个采样点进行离散傅立叶变换,其表达式为:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn}, \quad (1)$$

式中, $k=1,2,3,\dots$; $W = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。输出的结果 $X(k)$ 就是 $x(n)$ 的频率显示。与时域中的时间间隔 Δt 类似,在频率中相邻采样点间也存在频率间隔 $\Delta f = \frac{f_i}{N} = \frac{1}{N\Delta t}$,称为分辨率。

FFT 算法采样点数 N 必须是 2 的整数幂。该仪器中 $N=1024$,由式(1)定义将输入信号序列 $x(n)$ 按 n 的奇偶分成 2 个子序列:

$$\begin{cases} x(2r) = x_1(r) \\ x(2r+1) = x_2(r) \end{cases} \quad \left(r = 0, 1, \dots, \frac{N}{2} - 1 \right),$$

则式(1)可化为:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn} = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x_1(r) (W_N^2)^{rk} + W_N^k \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x_2(r) (W_N^2)^{rk},$$

由于

$$W_N^2 = e^{-j\frac{2\pi}{N} \cdot 2} = W_{N/2},$$

则上式变为:

$$X(k) = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x_1(r) W_{N/2}^{rk} + W_N^k \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x_2(r) W_{N/2}^{rk} = X_1(k) + W_N^k X_2(k),$$

式中, $X_1(k)$ 、 $X_2(k)$ 是 $x_1(r)$ 和 $x_2(r)$ 的 $N/2$ 点的 DFT。它表明了一个 N 点的 DFT 被分解为 2 个 $N/2$ 点的 DFT,由 W 系数的周期性可得到:

$$X_1\left(\frac{N}{2} + k\right) = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x_1(r) W_{N/2}^{rk}, \quad X_1\left(\frac{N}{2} + k\right) = X_1(k) \quad (2)$$

$$X_2\left(\frac{N}{2} + k\right) = X_2(k) \quad (3)$$

式(2)、(3)说明了后半部分 k 值对应的 $X_1(k)$ 、 $X_2(k)$ 完全重复了前半部分 k 值对应的 $X_1(k)$ 、 $X_2(k)$ 值。由此可将 $X_1(k)$ 表达成前后两部分:

$k=0 \rightarrow \frac{N}{2}-1$ 的前半部分为:

$$X(k) = X_1(k) + W_N^k X_2(k), \quad k=0, 1, \dots, \frac{N}{2}-1;$$

$k=\frac{N}{2}-1 \rightarrow N-1$ 的后半部分为:

$$X\left(\frac{N}{2} + k\right) = X_1\left(\frac{N}{2} + k\right) + W_N^{\frac{N}{2}+k} X_2\left(\frac{N}{2} + k\right) = X_1(k) - W_N^k X_2(k), \quad k=0, 1, \dots, \frac{N}{2}-1。$$

可见,只要求出 $0 \sim \left(\frac{N}{2}-1\right)$ 区间内的各个整数 k 值所对应的 $X_1(k)$ 、 $X_2(k)$ 值,即可求出 $0 \sim (N-1)$ 区间内的全部 $X(k)$ 值。这样就可以节省大量的计算时间^{[4][5]}。

2 硬件设计

该系统是便携式设备,为了便于测量,采用钳形电流互感器,采样电路如图 2 所示。电流测量的范围为 $0.5\text{A}\sim 500\text{A}$,测量范围宽,不宜采用霍尔传感器,因为霍尔传感器在 $0.5\text{A}\sim 50\text{A}$ 易产生较大的漂移。因此,该设计采用了高精度的电磁型互感器,误差线性度为 0.2% ,互感器变比为 $1/2000$,副边电流为 $0.25\text{mA}\sim 250\text{mA}$,动态范围为 $1\ 000$ 倍。由于系统 AD 为 10bit , 10bit 的 AD 测量动态范围 $1\ 000$ 倍的信号误差显然很大,所以系统在测量电流时采用双量程的办法:测量小信号用大的采样电阻,测量大信号则采用小的采样电阻。将 $0.25\sim 250\text{mA}$ 分为两段: $0.25\sim 20\text{mA}$ 采用 R_1 为 200Ω 的采样电阻,取样电压为 $0.05\sim 4\text{V}$,最大瞬时功率为 0.16W ; $20\sim 250\text{mA}$ 间的电流采用 R_2 为 5Ω 的采样电阻,最大瞬时功率为 0.625W 。这样,可以保证测量的精度。为保证采样点的小信号的幅度能够在 AD 满量程附近,需要输入信号有较高的放大倍数,但这样一来大信号幅度就可能超过 AD 的测量范围,所以电路安排了分流网络,分流网络各节点电压依次递减 $1/2$ 并依次连接到模拟开关的输入端。采样时,由 CPU 扩展 I/O 口依次控制选择通道进行选择,选择原则是:从最小通道开始依次开通,选择通过电压最大而没有超过 AD 测量范围的通道,这样可以使每次采样的信号幅度尽可能逼近 AD 满量程,提高了测量的精度;经过模拟开关的信号是幅度比较小的双极性信号,不适合 AD 采样要求,所以又经过 10 倍范围内放大,电平提升,成为 $0\sim 5\text{V}$ AD 可以测量的信号引入 CPU 进行采样处理。因此,测量电路大致分为量程选择、模拟开关选通、信号的放大和提升三个部分。

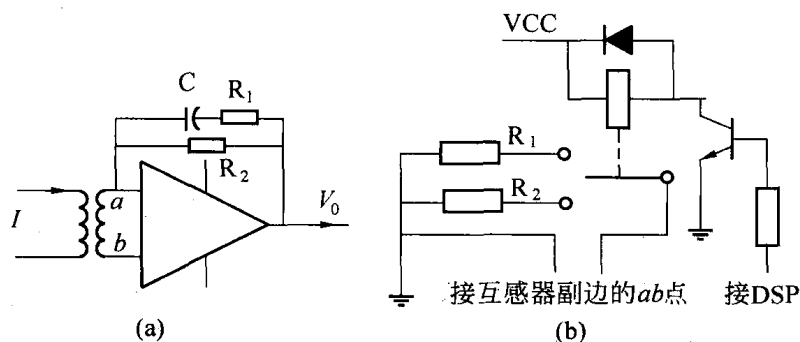


图 2 采样电路

3 软件设计

软件设计是本设计的核心。程序按功能分为初始化功能模块、AD 转化功能模块、参数计算及指标分析功能模块,可分为主程序、采样中断子程序、键盘中断子程序 3 个部分。

图 3 是主程序流程图,主程序完成系统的初始化,设定各种标志位和相应的状态标志位,然后等待中断,判断键盘的设定,判断数据是否采集完毕。数据采集完后,进行运算得到各种指标输出到 LCD。

图 4 是采样中断流程图。采样中断子程序响应 AD 数据转换完毕的中断信号,存取采样数据,对采样进行计算,确定一个周期的数据采样是否完毕及能否进行 FFT 运算和其他

的计算工作,控制 DSP 定时器。

图 5 是键盘中断流程图。为简化电路设计,利用了 F240 的 I/O 进行键盘模块的硬件设计。键盘事件以中断形式通知 CPU,键盘的中断引脚是 I/O 口复用引脚,所以等键盘中断事件发生后,将该引脚设置为输入引脚,避免中断事件的再次触发,延迟 30ms 后读取该引脚电平,如果电平为低,说明是正确的中断触发,否则是抖动。键盘模块完成的功能是系统与用户之间的交互,允许用户通过键盘进行各种功能指标的操作和设定。

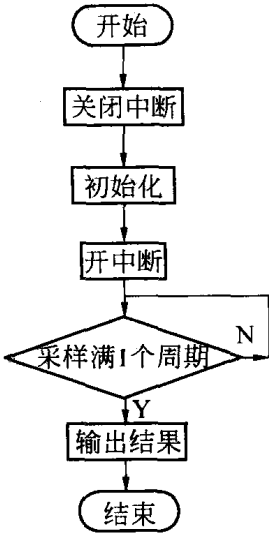


图 3 主程序流程图

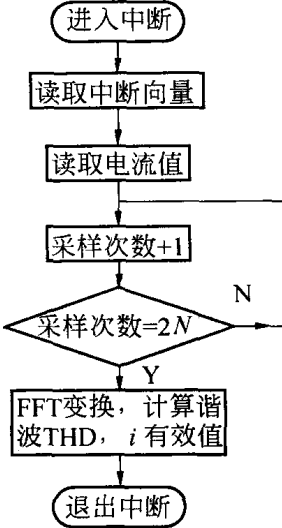


图 4 采样中断流程图

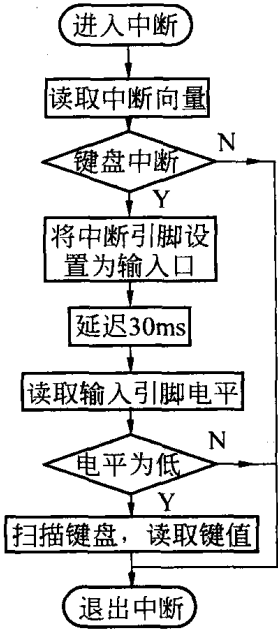


图 5 键盘中断流程图

4 结论

谐波以及电能问题越来越引起用户和供电部门的关注,供、用电双方都需要监测和治理电能的恶化问题,准确方便地分析电流谐波是必要的^[6]。本文将先进的数字信号处理技术和高精度的检测技术应用到电能质量及谐波的分析,可以取代普通的钳形电流表。试验结果表明,该分析仪可以分析到 63 次谐波,检测仪的测量误差小于 3%,检测仪的测量精度达到了国标对 B 级谐波测量仪器的要求。

参考文献

- 1 刘开培,张俊敏. 基于 DFT 的瞬时谐波检测方法. 电力自动化设备,2003(3):8~10
- 2 邹祖冰,蔡丽娟. 城市中压配电网接线方式探讨与配电网自动化. 华北电力技术,2003(8):15~17
- 3 姜建国,曹建中. 信号与系统分析基础. 北京:清华大学出版社,1997
- 4 邵如平,宣勇,艾欣. 电能质量在线监测新方法研究. 电力自动化设备,2003,23(1): 72~75
- 5 许遐,王慧仁. 电能质量的全过程检测技术. 电测与仪表,1999(8):4~9
- 6 林海雪. 现代电能质量的基本问题. 电网技术,2001,25(15):5~12