

SHUILI GONGCHENG
HAIYANG GONGCHENG
XINCAILIAO
XINJISHU

水利工程海洋工程 新材料新技术

主编 蒋林华



河海大学出版社

水利工程海洋工程新材料新技术

主编 蒋林华

河海大学出版社

内 容 提 要

本书是一本关于水利工程海洋工程新材料新技术的综合性学术交流论文集。会议由中国水利学会、国家自然科学基金委工程与材料科学部、河海大学共同主办,河海大学材料科学与工程系承办。论文由长期从事这方面工作的专家、学者、技术人员根据自己的科研成果或实践经验撰写而成,其特点是以水利工程海洋工程为应用对象,集中反映了当今国内的最新成果,具有较高的理论和实用价值。全书分综述,混凝土材料与技术,外加剂、高分子材料及应用技术,防护材料、修补加固材料与技术和其他等部分。

本书可供广大水利工程海洋工程技术人员阅读,也可供高等学校、科研、设计、施工及管理单位的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程海洋工程新材料新技术:水工材料会议论文集 / 蒋林华主编. —南京:河海大学出版社,2006. 11
ISBN 7-5630-2304-6

I. 水... II. 蒋... III. ①水利工程—学术会议—文集 ②海洋工程—学术会议—文集 ③水工材料—学术会议—文集 IV. ①TV-53 ②P75-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 133515 号

书 名/水利工程海洋工程新材料新技术

书 号/ISBN 7-5630-2304-6/TV·284

责任编辑/杜文渊

责任校对/周 平 张雪琴

封面设计/杭永鸿

出 版/河海大学出版社

地 址/南京市西康路 1 号(邮编:210098)

电 话/(025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

电子信箱/hhup@hhu.edu.cn

经 销/江苏省新华书店

印 刷/南京捷迅印务有限公司

开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/30

字 数/826 千字

版 次/2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

定 价/150.00 元

编辑委员会

主编 蒋林华

编委 (以姓氏笔画为序)

王泽华 方永浩 刘小艳 吴玉萍

邹宁宇 蒋亚清 蒋林华 喻林

储洪强

全国水利工程海洋工程新材料 新技术学术交流会议

(2006年11月18日至20日 中国·南京)

主 办：中国水利学会
国家自然科学基金委水利学科
河海大学
承 办：河海大学材料科学与工程系

组 织 委 员 会

主 任：严以新
副主任：李赞堂 黎 明 蒋林华 赵 坚
委 员：林宝玉 陈改新 杨华全 黄绪通
王德库 李文伟 吴继敏 王泽华
秘书长：蒋林华(兼)
秘书处：邹宁宇 刘小艳 蒋志清 范志林 储洪强

学 术 委 员 会

主 任：张耀明
委 员：蒋林华 吴科如 李万红 Qiao Pizhong
吴伟良 Wang Linbing 束一鸣

前 言

我国是世界上水电资源最丰富的国家,同时也是水资源等资源短缺和时空分布不均的国家。建国以来,我国修建了数量众多的水电站大坝、水闸、港口码头等建筑物,水利工程、海洋工程材料取得了大量创新成果,基本满足了我国水利水电和水运工程建设的需要。但由于历史、体制等原因,水工材料的基础研究十分薄弱,有限的科研投入与规模宏大的水利工程、海洋工程建设相比显得极不协调,一些工程出现了耐久性不良等问题。

我国专门针对水利工程、海洋工程中应用的新材料新技术的学术交流并不多,20世纪曾举办过3届全国水工混凝土学术讨论会,分别是1965年在甘肃兰州召开的第一届全国水工混凝土学术讨论会(中心议题是提高水工混凝土的质量)、1979年在广西大化召开的第二届全国水工混凝土学术讨论会(中心议题是研究在水工混凝土中同时掺用粉煤灰和外加剂,即所谓“双掺”)和1989年在陕西安康召开的第三届全国水工混凝土学术讨论会。后因种种原因没有再举办过。

进入新世纪,我国的人口-资源-生态环境形势日趋紧张,水旱灾害依然严重。为此,国家计划实施“南水北调”、“西电东输”等一大批重大工程,计划开发雅砻江、金沙江、大渡河、乌江、红水河等水电资源。在这种背景下,水工材料的可持续发展自然成为需要高度重视的问题。为更好地交流我国和国际上水利工程、海洋工程领域新材料、新技术的动向和发展趋势,推动新材料、新技术产业自主创新和技术进步,由中国水利学会、国家自然科学基金委工程与材料科学部、河海大学共同主办“全国水利工程海洋工程新材料新技术学术交流会”,会议由河海大学材料科学与工程系承办。为扩大交流,决定编辑出版《水利工程海洋工程新材料新技术》论文集。本书可供广大水利工程、海洋工程技术人员阅读,也可供高等学校、科研、设计、施工及管理单位的有关人员参考。

由于时间仓促,错误缺点在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

(lhjiang@hhu.edu.cn)

2006年11月

目 录

一、综 述

中国水泥混凝土工业发展现状与展望	唐明述 (3)
玻璃纤维复合材料(玻璃钢)在水利工程、海洋工程中的应用(摘录)	张耀明 (9)
我国水工材料的现状与发展	蒋林华 (14)
三峡大坝三期工程建设中的新技术研究与应用	程义云 胡 琨 梁 凯 李 洁 (22)
舰船特种涂层材料技术研究进展	吴 飞 丁鹤雁 (27)
气蚀损伤机理及其研究现状探讨	吴玉萍 曹 明 胡俊华 林萍华 (33)
织物增强水泥基复合材料研究现状及展望	杜玉兵 荀 勇 刘小艳 (39)

二、混凝土材料与技术

高性能混凝土的耐久性能研究	储洪强 蒋林华 徐辉东 方体利 (51)
水工高性能混凝土密实性研究	李克亮 黄国泓 林 军 (59)
石灰石粉——一种新的碾压混凝土掺合料	陈改新 (64)
自诊断机敏混凝土的研究	刘小艳 姚 武 吴科如 伍建平 钟文慧 (70)
单掺磷渣与粉煤灰混凝土的性能比较与机理探讨	钟贻辉 周中贵 冉 璟 (75)
SCC工作性模糊综合评判	蒋亚清 (80)
二轴应力条件下混凝土静态受拉与受拉疲劳性能研究	杨健辉 方坤河 赵东拂 宋玉普 (86)
无砂大孔生态混凝土抗冻与抗冲刷耐久性试验研究	邢振贤 王 静 (96)
水工自密实混凝土试验研究	李克亮 李建平 王 永 (101)
水工碾压混凝土抗裂性能影响因素研究	曾 力 方坤河 吴定燕 (106)
粗集料表面包裹石粉对碾压混凝土性能影响初探	吴金灶 魏建忠 (112)
影响水工混凝土表面接触溶蚀的因素研究	阮 燕 方坤河 曾 力 吴定燕 (117)
水利护坡混凝土砌块配合比优化的试验研究	刘小艳 吴美安 (124)
粉煤灰混凝土强度的快速测定试验研究	章晓桦 江 影 曹 敏 付 磊 (129)
混凝土输水箱涵糙率系数测试分析	田世场 王松庆 李东丽 (137)

混凝土抗海水侵蚀试验研究	陈霞	戈学良	曾力	方坤河	(142)
冻融作用对硬化水泥浆体和混凝土结构的影响	王成	方永浩	肖婷		(149)
声发射累积能量与混凝土损伤对应关系的研究	钟文慧	姚武	刘小艳		(154)
单轴压缩 CT 实验条件下混凝土细观结构破裂分析	周尚志	党发宁	陈厚群	龙巧玲	(159)
偏高岭土对水泥性能与浆体结构影响的研究	张晶晶		方永浩		(166)
钢筋锈蚀对砂浆渗流结构的影响	张云莲	史美伦	陈志源		(172)
抗氯盐水泥的研制与性能	杨医博	梁松	莫海鸿	陈尤雯	(177)
抗氯盐硅酸盐水泥的开发及其在洋山深水港工程中的应用	汪冬冬	王成启	胡力平	时蓓玲	(181)
大掺量矿渣粉胶凝材料的研究	丁红霞	方永浩	陈焯		(188)
磷渣对胶凝材料性能的影响及水化机理探讨	林育强	杨华全	李家正		(193)
碱磷渣粉煤灰胶凝材料及其混凝土性能的研究	毛哲军		方永浩		(202)
双掺矿渣-粉煤灰复合胶凝材料及其混凝土性能研究	陈焯	方永浩	丁红霞		(207)
广东省某水电站闸门启闭机排架施工期间混凝土主梁裂缝原因分析	王立华	陈理达	韩平	邱弘	(213)
钢纤维混凝土墩墙结构早期温度特性的数值分析	梅明荣	杨勇	关战伟		(217)
钢筋混凝土工程保温层研究进展				邹宁宇	(223)
混凝土工程裂缝分析及其防治措施探讨	聂彦锋			李兴贵	(229)

三、外加剂、高分子材料及应用技术

FRP 筋材制备技术及其应用	赵谦	戴方毕	夏涛	杨中平	王善元	(235)	
高温型缓凝高效减水剂的试验研究及在碾压混凝土中的应用	温金保	王毅	李克亮	黄国泓		(243)	
UWB II 型水下不分散混凝土絮凝剂的研究与应用	许海彬	林鲜	周伟	丁新龙	张长民	(249)	
SAF 高效减水剂对水泥石微观结构的影响	王毅	赵晖	温金保			(254)	
减缩剂对混凝土裂缝的影响研究	陈宇峰	宣飞	陆晓燕			(259)	
配合比及膨胀剂对石屑砂浆的干缩性能研究	左锦中	刘兴荣	李志君	李忠会	詹挺	蒋林华	(264)
蛭石/尼龙纳米复合材料的制备及其在水利水电工程中的应用展望	李珍	韩炜	汪在芹	刘炜	吴驰飞		(269)

废旧轮胎在闸下消能防冲中的应用	牟献友 文 恒 (274)
单组分水溶性聚氨酯化学灌浆材料的研制	赵 晖 刘益军 王 毅 黄国泓 卢安琪 (279)
基于 EPDM 生胶的高吸油树脂的合成	吴 波 周美华 鲁 丹 (283)
四、防护材料、修补加固材料与技术	
等离子喷涂 $\text{Cr}_2\text{O}_3-8\%\text{TiO}_2$ 涂层和镀硬铬腐蚀行为研究	王泽华 陆 婕 林萍华 (291)
海洋环境钢筋混凝土涂层防腐蚀保护技术	徐雪峰 徐 强 施孟杰 胡迪春 (299)
混凝土表面硅烷渗涂技术在沿海水工混凝土防腐蚀中的应用	崔绍炎 (303)
防治水泵气蚀损坏的措施	刘家春 (307)
热喷涂技术在水利机械上的应用	张晶晶 王泽华 林萍华 (311)
热喷涂 WC 陶瓷涂层在水利机械上的应用	张京贤 曹 明 陆益军 王 萍 谢国治 (316)
激光重熔等离子喷涂 $\text{NiCr-Cr}_3\text{C}_2$ 涂层微观结构和性能研究	陆益军 张京贤 王 萍 贺子义 胡 冰 林萍华 谢国治 (321)
等离子熔覆技术的研究现状及发展趋势	胡俊华 吴玉萍 曹 明 林萍华 (326)
等离子熔覆 $\text{Ni60A}+\text{TiC}$ 梯度涂层的微观结构和性能	孙 达 吴玉萍 蒋林华 (332)
浅析电化学方法在防护和修复混凝土结构裂缝中的应用	储洪强 蒋林华 (337)
混凝土裂缝电沉积修复技术研究	储洪强 蒋林华 (340)
混杂纤维布加固钢筋混凝土梁抗弯性能研究	喻 林 余吉平 蒋林华 (345)
用于水工结构快速修补的 Na-PSS 型地聚合物材料的制备及结构形成机理	张云升 孙 伟 贾艳涛 (350)
水下钢筋混凝土结构裂缝修补新技术论证	吕子义 周 冰 周剑婷 黄赛帅 李成巍 贾徐晨 杜宏建 (356)
碳纤维布加固混凝土柱耐久性研究	喻 林 王凤霞 蒋林华 (360)
玻璃钢加固闸门的计算与分析	殷 波 (365)
溶液浓度及温度对混凝土电沉积效果的影响	孙 达 储洪强 赵 明 张洪智 苗成祥 蒋林华 (368)
关于混凝土裂缝修复技术的思考	叶义群 (374)

五、其 他

- 自进式中空注浆锚杆施工试验及探讨 屈劲松 赵永红 (381)
- 大土工包机械化抢险技术研究 张宝森 王震宇 汪自力 (384)
- 分布式光纤传感技术在土木工程结构安全与健康监测中的联合应用
..... 徐卫军 侯建国 李端有 (390)
- 基于小波包的遥感图像融合 李 江 刘辅兵 (397)
- 外筒支环板在线性荷载作用下的极限荷载分析
..... 李巧燕 赵均海 张凤华 田宏伟 (401)
- 中空冷却塔热力计算模型的研究 齐晓霓 刘震炎 李丹丹 (408)
- 配水渠均匀配水水力设计 陈金锥 (417)
- 脉冲电沉积金属纳米线的工艺和性能研究 潘云峰 (422)
- GdBO₃:Eu³⁺ 粉体的水热合成和发光性能 杨培杰 蒲锡鹏 (426)
- 有机玻璃类实验件的加工处理方法 李 军 (430)
- 解析法在公路与水电土工液塑限试验中的应用与比较 盛海洋 (434)
- 高土石坝膜土联合防渗对心墙“拱效应”的改善
..... 邢玉玲 束一鸣 花加凤 李永红 周维垣 (438)
- 悬挂式防渗墙防渗效果的研究 陈西安 (443)
- 膨润土对水泥浆溶液的影响 朱 艳 陈匀序 (448)
- 一般形式的 KFVS 方法应用实例 陈秀荣 于加举 张好治 (454)
- 当今的化学外加剂 郭 莉(译) 蒋亚清(校) (459)



综 述



ZONGSHU

中国水泥混凝土工业发展现状与展望

唐明述

(南京工业大学, 江苏 南京 210009)

摘要 本文叙述了中国水泥混凝土和基础工程的高速发展, 为了达到可持续发展的目标, 必须有效利用工业废渣和延长基础工程的使用寿命, 为此有必要重新修订不恰当的标准, 加强基础研究, 只有这样才能保持持续快速发展。

关键词 水泥; 混凝土; 基础工程; 工业废渣; 使用寿命; 标准; 基础研究

1 基础工程蓬勃发展

这里的基础工程包括大坝、桥梁、公路、机场、隧道、港口、码头、海上海下建筑以及工业和民用建筑等所有的建筑工程。在过去的 100 年中, 中国的建筑业以惊人的速度发展, 特别是近二十年来更是盛况空前, 这在表 1 中水泥产量的变化中可以得到充分证明。

表 1 中国水泥产量的变化

单位: 10^6 t

年份	1908	1949	1962	1978	1990	2003	2005
产量	0.01	0.66	6.00	65.24	210	823	1060

从表 1 中可以看出, 2005 年水泥产量为 1962 年的 177 倍, 1990 年的 5 倍, 这在全世界都是史无前例的。

根据网上数据^[1], 2004、2005 年全世界水泥产量位居前 10 名的国家如表 2 所示。

表 2 2004、2005 全球水泥产量 (10^6 t) 前 10 名的国家

No	国家	2004 年	2005 年
1	中国	9.34	10.00(10.60)
2	印度	1.25	1.30
3	美国	0.99	0.99
4	日本	0.67	0.66
5	韩国	0.54	0.50
6	西班牙	0.47	0.48
7	俄罗斯	0.43	0.45
8	泰国	0.36	0.40
9	巴西	0.38	0.39
10	意大利	0.38	0.38
	全球	21.30	22.20(22.80)

括号内为按我国公布的数据计算。可见我国水泥产量占世界的 47%, 约为其他 9 国产量总和的 2 倍。同时 2005 年我国钢产量为 3.52×10^8 t, 占有全球总量的 30% 以上。水泥和钢材主要用于建筑业, 由此可见我国基建工程可能为世界总量的 30%~40%。据称我国大坝和桥梁的

建设达世界的 50% 以上,但我国 2005 年的 GDP 为 2.23 亿美元,仅占世界的 4%,人口却为世界的 1/5。这些对比数据可以充分说明我国的基建工程规模在整个国民经济中占有极大的比例,仅建筑工人就达到 4 000 万之多。要建设节约型社会,最值得重视的应该是这一领域,因此真正提高基建工程寿命以节约资源、能源应该是我国当前刻不容缓的重要战略目标。

基于我国当前宏观发展的态势,在未来 20~30 年内基础设施建设仍将持续高涨。首先是城市化的需要,改善农民的生活水平是当前举国上下关注的大问题,重要措施之一就是部分农民迁移到城市。当前我国城市化程度为 42%,到 2050 年,若将城市化程度提高到 70%~80%,则将有 7 亿多农民由农村转移到城市,为此必须修建相应的住宅、办公和商业用房、学校、通讯、交通和医疗、运动等设施,水泥混凝土用量必将大增。

其次是各类基础工程将大幅度增加,这方面的数据不够完整,但从如下一些数据资料也可预见其规模之庞大。

公路:将从 2005 年的 1.92×10^6 km 扩大到 2010 年的 2.30×10^6 km,并向 2.74×10^6 km 的目标前进。

高速公路:将从 2005 年的 4.1×10^4 km 扩大到 2010 年的 6.50×10^4 km。

铁路:将从 2005 年的 7.5×10^4 km 扩大到 14×10^4 km。

电力设施:将从 2005 年的 5×10^9 kW 的装机容量扩大到 2049 年的 15×10^9 kW,其中水电将达到 4.3×10^9 kW。

长江:三千多公里的长江上,拟 30 km 建一座桥,总计将达到 120 座桥,仅长江的水利开发,水电装机容量将达 10 个三峡大坝的装机容量。加上其他大江、大河、交通水利设施规模十分宏大。

2 充分利用工业废渣

要以空前规模建设基础工程,又希望不因水泥产量增加而造成环境污染,唯一途径就是增加水泥中混合材的掺量,这样既能增加水泥基材料的数量又不增加或少增加熟料产量。现我国中长期规划提出 2020 年实现水泥零增长,我们能否考虑在 2015 年左右实现水泥熟料零增长,以增加工业废渣的用量来满足工程的巨大需求。2005 年我国原煤产量已达 21.9 亿 t,估计粉煤灰量可达 2.7 亿 t,加上煤矸石以及油页岩渣,仅此工业废渣就将达到 5~6 亿 t,加上钢渣 5 000 万 t 和矿渣 1.2 亿 t,若能充分利用,对节约资源能源实现可持续发展将有重要意义。

对于利用工业废渣,我国已积累了长期经验,应该说比国外时间更长,应用得更为广泛,也进行过系统研究。但现在情况有所变化,最主要的是现在普遍采用减水剂和超塑化剂,水灰比已控制在 0.45~0.40 以下,甚至到 0.35~0.30,按照 Powers^[2]的理论,水灰比低于 0.40,对纯波特兰水泥而言,若完全水化之后将无毛细管孔,只有凝胶孔。在整个混凝土工程强调用外加剂降低水灰比和大掺量混合材以获得高性能混凝土提高耐久性的今天,最值得研究的是在这种新配合比条件下各组分的最佳配比问题及 Powers 的理论如何修改。我们迫切需要回答的问题是:

(1) 低水灰比、混合材高掺量条件下,各组分的粒径的最佳配比,究竟是水泥熟料细一点好?还是混合材粒径细一点好?随着混合材不同,工程的需求不同,混合材掺量不同,这种最佳配比是否应该滚动变化?

(2) 在上述条件下,熟料的化学成分和矿物组成的最佳范围。随着水灰比的变化和混合材掺量和品种的变化应如何适应?

(3) 在上述配合比条件以及不同施工环境下,与外加剂的匹配问题。

(4) 整个水泥混凝土化学和性能的研究过去是基于大水灰比得出来的,在低水灰比条件下整个水化过程和性能应有更系统更全面的研究。

3 混凝土的耐久性

这一命题的重要性已不用赘述,国内外均有大量文章和数据予以详细阐述^[3~5]。现略举数例可管窥问题之严重。

(1) 深圳至汕头 280 km 公路,1996 年建成,2000 年至 2005 年因路况不好,造成 1 443 人死亡,7 290 人受伤^[6]。

(2) 京珠高速公路,湖南省湘潭至宜章段,共 300 km,2001 年建成,耗资 63.8 亿,每 6 km 有一维修处。湖南省境内的长潭、莲易、长永高速公路,也在通车后 3~5 年内进行全面或部分大修^[7]。

(3) 青海省西宁曹家堡机场,1996 年建成,因损坏严重,进行盖被,复又损坏^[8]。

(4) 陕西阳平关至安康的铁路线上,65 个大型预应力钢筋混凝土桥梁,因碱集料反应而严重损坏^[9]。

现在的问题是我国当前的问题如何解决,笔者认为必须详细调查研究和获取具体数据和详实的资料,个例固然重要,但更重要的是全国的数据,这包括全国各类桥梁、公路、机场、隧道、海港、大坝、铁道、海上海下建筑、工业民用建筑的使用年限,每年维修费用,维修所耗水泥、钢材及其他材料,因路面、机场等交通设施的维修对运输的间接影响,只有有了这些具体数据,再加上一些典型事例,才有可能使政府有关部门和全社会真正认识到提高耐久性、延长建设工程的寿命对节约资源、能源、保护环境的重要意义。扭转当前大谈节约型社会却忽视建设工程寿命的现象。彻底改变“低成本、低质量、短寿命、年年修补”的建筑模式为“精心设计、精心施工、精选材料、高质量、长寿命、不需要修补或少修补(至少在一定时期之内)”。

4 重新修订标准、规范和指南

我国绝大部分工程标准均取自美国标准(ASTM)和前苏联标准(TOCT)。长期以来这些标准在国外已多次修改,但至今仍有国外弃用的标准保留在我国国家标准之中。例如 ASTM C289—1994“鉴定集料潜在碱活性的标准试验方法(化学法)”^[10]和 ASTM C 227—1990“鉴定集料潜在碱活性的水泥集料相配合的标准试验方法(砂浆棒法)”^[11],现在许多国家如日本、加拿大、英国、澳大利亚均已弃之不用,美国虽在标准中仍保留这两种方法,但他们的工程师也知道其不可靠。Stark^[12]叙述道:“四十年的经验证实了 ASTM C227 的缺点,在有些情况下对破坏的工程得出错误的结论。与 ASTM C227 相同,ASTM C289 也无法判定慢膨胀的活性集料,如片麻岩、片岩或石英岩,其活性成分是变形石英或微晶石英”,把这种废弃的旧标准保存在中国的国家标准之中将导致错误结论和混乱,并将造成重大损失。

建议将水泥标准过渡到混凝土标准。

为了避免碱集料反应的破坏,最初建议采用低碱水泥,限制其碱含量,使之低于 0.6%,其后发现混凝土中水泥含量可在 100~600 kg/m³ 范围内波动,仅限制水泥的碱含量,混凝土中的碱含量波动仍很大,故其后限制混凝土碱含量低于 3 kg/m³。同样地,当我们限制水泥中 MgO 含量小于 5%时,若混凝土中水泥用量波动于 100~600 kg/m³,则混凝土的膨胀性能也将显著变化。因此最好的办法是限制混凝土中的 MgO 含量或限制其膨胀极限值(当全部 MgO 转变为 Mg(OH)₂)时。

在波特兰水泥生产的初期,一般均采用纯波特兰水泥,不掺混合材。在这段时期,为了满足

各种环境的需要,就生产特种波特兰水泥,主要是化学组成和矿物组成不同,美国就分成五种波特兰水泥,在中国就有“低热硅酸盐水泥”、“中热硅酸盐水泥”、“抗硫酸盐硅酸盐水泥”、“道路硅酸盐水泥”。它们的化学组成和矿物组成的限制如表 3 所示。

表 3 各种波特兰水泥的化学组成和矿物组成的规定

类 型	规 定	中国标准	美国标准
低热波特兰水泥	$C_3S < 35\%$		ASTM 150—1977
	$C_2S > 40\%$		
	$C_3A < 7\%$		
中热波特兰水泥	$C_3A < 8\%$		ASTM 150—1977
抗硫酸盐硅酸盐水泥	$C_3S < 50\%$	GB748—1965	
	$C_4A < 5\%$		
	$C_3A + C_4AF < 22\%$		
	$MgO < 5\%$		
道路硅酸盐水泥	$f-CaO < 1\%$	GB13693—1992	
	$C_3A < 5\%$		
	$f-CaO < 1\%$		
	$C_4AF > 16\%$		

但是近年来混凝土的情况有很大变化,主要是采用高效减水剂, W/C 降低到 0.40~0.45, 甚至达 0.30~0.35, 其次是掺入大量矿物混合材或掺和料, 可占水泥的 30%~60%, 在这种条件下有必要重新审视水泥熟料的化学组成和矿物组成在混凝土中的作用, 在讨论“高性能混凝土”时, Neville 就曾建议不用这一名称, 而改用“目标混凝土 (designer concrete),” 因此建议用特种混凝土逐步取代特种水泥, 这包括限制水泥熟料的成分、W/C、混合材掺量、类型和质量, 特种混凝土可包括:

- 低热混凝土
- 抗碱集料反应混凝土
- 抗化学腐蚀混凝土
- 不收缩微膨胀混凝土
- 膨胀混凝土
- 抗冻混凝土

要实现这样的转变, 需要大量长期的系统工作。我国基础工程在全球占有重要份量, 因此我国必须承担这一艰巨任务, 这将有利于中国的宏大建设工程, 同时也是对世界的一个贡献。

5 基础研究

中国水泥产量约占世界的 50%, 基础设施建设估计将占有世界的 30%~40%, 因此我国的基础研究也应该和必须占有相当重要的地位, 否则要长期持续促进水泥混凝土领域的技术发展是不可能的。在开展基础理论研究时有如下几点思考:

(1) 作为材料科学的一个分支, 该领域的微观研究似应着眼于各种尺度的孔结构, 从纳米至毫米。在这里我们特别值得提出的是半个世纪以前 Powers^[13] 的开创性工作, 他的工作至今仍受到当代科学家的高度重视“50 年后的今天, 仍然很少能超过他, 除了我们能命名和估计 Powers 提出的化学键和物理键的强度而外”(Almost 50 years later, there is little to add him, except that we are now able to name & to estimate the strength of chemical and physical bonds Powers

was evoking)。我们应该将 Powers 开创的孔结构研究继续发展,创建低 W/C 和混合材高掺量条件下的水泥水硬化理论。

(2) 应同时并重整体论(Holistic approach)和还原论(Reductionistic approach)。水泥混凝土太复杂,只强调还原论,只是分散的无联系的结论是不行的,但无还原论为基础的整体论往往是空洞的,没有实用价值。

(3) 从基础科学,如热力学、动力学、结晶学、细观力学,特别是近年来提出的“孔力学(Poro-mechanics)^[13]”等,来研究专业领域的问题才能真正了解本质原因。

(4) 借鉴当代科学技术的强力发展,充分利用数学、模糊数学、混沌理论、计算机功能来解释和解决水泥混凝土科学技术中的复杂问题。

(5) 测试技术。过去水泥混凝土领域的测试设备多为机械类型,用手工肉眼测定的。测凝结时间的“维卡仪”和流动度的坍落度仪都用了近 200 年,我们应该用光、声、电、自动测量取代,这将显著提高其精确度。

(6) 材料试验领域的“中间试验”。目前水泥混凝土实验室内试块均为小型的,不能完全模拟工程的实际情况,如碱集料反应集料最大粒径为 2 cm,而大坝工程中可达 15~45 cm,因此我们要建立类似“中间试验工厂”的大型试件或更接近工程实际的试件,如 4 m×5 m 的机场跑道块和 10 m 以上的大型试块来测定混凝土的温度应力和膨胀收缩性能。这主要不是测定力学性能(强度),而是测定其体积稳定性,如变形性能、开裂行为,等等。全国若有一个以上这种权威测试中心,对确定工程的施工性能和工程的长期寿命将起关键作用。

胶凝材料使用已有长期历史,古罗马的料场就是用火山灰加石灰做成的,保存到现在。在漫长的历史发展过程中,胶凝材料的发展对促进人类社会生活的进步起到了关键作用,现代的城市化,基建工程是不可能离开水泥混凝土的。世界著名混凝土专家 Idorn^[14]临终前还建议用混凝土和钢筋混凝土来预防和减轻地震、海啸、飓风巨大天灾的危害,相信在未来的几十年内,水泥混凝土在中国以及全世界的建设中仍将发挥巨大作用,我们应为发展绿色耐久水泥混凝土而努力奋斗,以确保全社会的可持续发展。

6 结 论

中国的水泥产量已占世界的 50%,基建工程预计为全球的 30%~40%,我们一定要为提高工程的耐久性,有效利用工业废渣,全面修订标准、规范和指南,以及加强基础理论研究等诸方面努力工作,以达到既要快速发展又能节约资源、能源、保护环境而可持续的发展。

参 考 文 献

- [1] <http://www.photius.com/rankings>, 2006-2-26
- [2] T. C. Powers. The physical structure of Portland cement paste. In: H. F. W. Taylor. The chemistry of cement, Vol I. 1964. 391~416
- [3] J. R. Wright and G. Frohnsdorff. Concrete Durability-A Multibillion-Dollar Opportunity. Concrete International, January, 1988. 33~35
- [4] 唐明述. 水泥混凝土与可持续发展. 有色金属学报, 2004, 14(5): 164~172
- [5] 唐明述. 关于水泥混凝土发展方向的几点认识. 中国工程科学, 2002, 4(1): 41~46
- [6] 香港凤凰网. 踏访深汕死亡公路. 二百米一冤魂. 香港凤凰网资讯中心, 2005
- [7] 湖南一高速公路维修“补丁”数以千计. 修补何时了. 人民日报, 2006
- [8] 张伟勤等. 青海高原盐渍土对建筑物腐蚀性研究. 建筑技术, 2004, 35(4): 254~256