

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议

论文集 上

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议秘书处

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议

论文集

下

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议秘书处

1985年北京国际水泥与混凝土 学术会议论文集 上

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议秘书处

1985年北京国际水泥与混凝土 学术会议论文集 下

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议秘书处

**一九八五年北京国际水泥与混凝土
学术会议论文集
(上)**

编辑出版发行：建筑材料科学研究院技术情报中心

(北京市朝阳区管庄)

排版印刷：北京通县向阳印刷厂

(北京通县宋庄小杨各庄)

1987年3月出版

1985年北京国际水泥与混凝土学术会议

组织委员:

主席: 徐卓然(工程师)中国硅酸盐学会付理事长兼秘书长。

付主席: 刘公诚(高级工程师)。国家建材工业总局科学技术委员会付主任。

学术委员:

主席: 刘公诚

付主席: 吴中伟(教授), 清华大学; 建筑材料科学研究院技术顾问。

黄大能(教授), 建筑材料科学研究院技术顾问。

黄蕴元(教授), 上海同济大学材料系名誉系主任。

王幼云(高级工程师)建材院水泥研究所所长。

委员: 冯修吉(教授 工学博士)武汉建筑材料工业学院。

高世雄(高级工程师), 国家建材工业总局水泥司总工程师。

黄士元(付教授), 武汉建筑材料工业学院。硅工系。

蒋家奋(高级工程师), 苏州混凝土与水泥制品研究院院长。

楼宗汉(教授), 浙江大学材料系。

乔龄山(工程师), 建材技术情报所所长。

沈荣熹(高工、技术博士), 建筑材料科学研究院, 房建材料与混凝土研究所付总工程师。

王天颀(教授), 华南工学院无机材料科学与工程系。

汪卓敏(工程师), 河南建筑材料研究所

薛君玕(高工), 建筑材料科学研究院水泥研究所付所长。

杨家智(教授, 自然科学博士)华南工学院无机材料科学与工程系。

杨南如(付教授), 南京化工学院硅工系系主任。

阴国士(高工), 合肥水泥工业研究院付总工程师。

袁润章(教授), 武汉建材学院院长。

前 言

1985年5月14日到17日在我国北京召开了“1985年北京国际水泥与混凝土学术会议”。这次会议是建国以来在水泥与混凝土学术领域里第一次召开的国际会议。会议是由中国硅酸盐学会主办,中国国际科技会议中心协办的。国家建筑材料工业局给予了很大支持。

参加这次会议的,有十三个国家和地区的代表215人,外国代表74人,其中有些是国际知名的学者。会议当选论文141篇,会上宣读了120篇,其中国外论文43篇(选登32篇)、国内论文77篇。会议以水泥生产和使用中的节能、工业废渣的利用和混凝土耐久性为中心,分为八个专题宣读论文和进行讨论。内容比较丰富,很多代表介绍了自己最新的研究成果。如外国代表所介绍的熟料辊压机对于分解窑的改进等反映了当前国际上水泥生产节能技术进展的主要动向。我国代表所介绍的采用复合外加剂以降低熟料烧成温度和提高质量方面的理论和实际,有独到之处,引起与会外国代表的极大注意。不少国内外代表介绍了多种工业废渣制造水泥的经验和理论探讨,对我们也有很大参考价值。在混凝土的耐久性方面,欧州的代表介绍了许多经验教训,值得我们重视引以为戒。在解决玻璃纤维增强水泥的耐久性以及水泥混凝土外加剂方面都进行了有益的交流和热烈的讨论。这些无疑对于了解国际最新科技成果和发展动向,建立广泛的国际联系,培养、锻炼青年科技人员,推动我国水泥与混凝土科技合作和发展,是极为有益的。

为使我国广大同行了解这次会议概况和尽快看到其主要论文,大会秘书处编辑出版了这本论文选集。

参加本论文集组织和编辑工作的有王幼云、王家治、黄成毅、李信芳、汪瑞芬、陈汉珠、李淑玉、田培同志。

限于时间和人力,一定会有疏漏和错误之处,敬请读者指正。

1985北京国际水泥与混凝土学术会议

秘书处 王幼云

1986年8月

目 录

总 报 告

中国水泥和混凝土及其制品的现状与展望	(1)
--------------------------	-----

I、熟料烧成的节能

(一) 萤石矿化机理的探索	(7)
(二) CaF_2 与 CaSO_4 对促进 C_3S 形成的研究	(12)
(三) 掺复合矿化剂熟料中硫酸盐作用的研究	(20)
(四) 复合矿化剂对提高立窑水泥熟料质量的作用	(29)
(五) 煅烧硅酸盐水泥熟料使用 CaCl_2 与 CaSO_4 复合矿化剂的研究	(38)
(六) 添加氟、硫对熟料含铝相的形成规律	(48)
(七) 低温烧成熟料生产的硅酸盐水泥的水化、硬化及其长期稳定性的研究	(59)
(八) 低温烧成硅酸盐水泥熟料的研究	(68)
(九) 微量离子对 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 稳定性的影响及其稳定机理研究	(78)
(十) C_4AF 、 $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 和 $\text{C}_{11}\text{A}_7\text{CaF}_2$ 的形成及早期水化	(88)
(十一) $\text{C}_{11}\text{A}_7\text{CaF}_2$ 和 $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 的形成研究	(97)
(十二) 磷对硅酸盐水泥熟料矿物组成影响的研究	(108)
(十三) 硫及微量钡对水泥熟料煅烧和性能的影响	(113)
(十四) 煅烧温度对含氟、硫硅酸盐水泥熟料相组成、显微结构及其强度的影响	(120)
(十五) 铁铝酸盐水泥水化动力学及强度发展特征	(130)
(十六) 煅烧方法对硅酸盐水泥熟料形成机理的研究——硅酸三钙的低温形成	(139)
(十七) $\text{CaO-SiO}_2\text{-CaCl}_2$ 三元系中的 $\text{Ca}_2\text{SiO}_4\text{-CaCl}_2$ 体系	(148)
(十八) 掺加氟对水泥熟料矿物形成的影响	(156)
(十九) 掺有氧化钾的非化学计量硅酸二钙的微观结构	(163)
(二十) 水泥中液相的化学成分及加入混合材对它的影响	(173)
(二十一) 节能水泥	(179)

II 工业废渣在水泥工业中的应用

(一) 用硫铁尾矿砂烧制水泥的研究	(187)
(二) 作水泥和混凝土掺合料时粉煤灰活性的快速评定	(193)
(三) 超细粉煤灰及其活性的研究	(205)
(四) 特种低钙粉煤灰水泥	(217)
(五) 提高粉煤灰水泥早期强度的有效途径	(226)
(六) 钢渣作原料熟料形成过程的研究	(234)
(七) 增钙液态渣作水泥混合材的研究	(241)
(八) 利用石灰消化热来加速水热低温喷射水泥的合成	(255)
(九) 掺石灰石矿渣水泥水化过程中水化碳铝酸盐的研究	(260)

(十) 煤矸石渣的火山灰性	(267)
(十一) 矿渣的结构与水硬活性及其激发机理	(276)
(十二) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -粉煤灰- H_2O 系统中的反应动力学	(282)
(十三) 不同工艺处理对氧化转炉钢渣中 fcao 和硅酸盐矿物水化的影响	(289)
(十四) 提高水泥工业现有磨机的生产能力	(294)
(十五) 在水泥工业中利用废气的世界最大粉磨水泥与生料的 LM50 字部莱歇磨	(303)
(十六) 混合材在水泥生产中的应用	(311)
(十七) 外形因子——用来评价粉煤灰对水泥净浆和混凝土流动性影响一个参数	(321)
(十八) 窑外分解窑的发展	(330)
(十九) 应用先进技术降低生产费用	(339)
(二十) 蓝圈集团水泥厂增产、技术革新和工艺改造的经验	(349)

II、混凝土省能工艺

(一) 混凝土坑式养护的节能研究	(373)
(二) 混凝土 V_{82} 型气垫薄膜真空处理装置的原理与应用	(381)
(三) 水泥制品工业的蒸养能耗与节能	(387)
(四) 全矿渣骨料混凝土	(392)
(五) 在水工混凝土中用超量取代法掺用粉煤灰的研究	(399)
(六) 粉煤灰品质对蒸养粉煤灰硅酸盐性能的影响	(407)
(七) 粉煤灰碳份对掺粉煤灰混凝土强度的影响	(415)
(八) 混凝土中粉煤灰的掺量与收缩、徐变性能的关系	(424)
(九) 粉煤灰水泥质材料在限制性收缩条件下开裂的研究	(433)

目 录

(下 册)

IV、混凝土外加剂

- (一) 新拌砂浆和混凝土中木质素磺酸钙外加剂含量分析方法的研究..... (449)
- (二) 大坝混凝土几种外加剂的研究和应用..... (456)
- (三) 混凝土减水剂的作用机理..... (470)
- (四) 萘系减水剂不同掺加方法的作用机理..... (480)
- (五) 混凝土减水剂掺加方法的研究..... (489)
- (六) 糖蜜外加剂对低热微膨胀水泥性能的影响及其作用机理..... (500)
- (七) 温度对掺减水剂的水泥浆体的流变特征的影响..... (509)
- (八) 应用特种外加剂减少空气干燥混凝土的收缩干裂..... (517)
- (九) 新型缩聚物作为高效减水剂..... (528)
- (十) 有机化合物对水泥水化的影响..... (536)

V、混凝土的耐久性

- (一) 硫酸盐腐蚀破坏实例及现场试验..... (545)
- (二) 混凝土泥沙磨损和空蚀破坏及其抗冲蚀性能的研究..... (553)
- (三) 用于水工建筑抗空蚀抗冲磨特种混凝土的应用和研究..... (559)
- (四) 四十年大坝混凝土的界面结构研究..... (565)
- (五) 聚合物浸渍混凝土现场浸渍工艺及其耐久性..... (574)
- (六) 粉煤灰掺合料对蒸养混凝土碳化性能的影响..... (580)
- (七) 蒸养石灰—粉煤灰制品的碳化性能..... (591)
- (八) 钢筋混凝土构件的电解破坏..... (599)
- (九) 水泥质量和混凝土对比对混凝土耐久性的影响..... (610)
- (十) 混凝土耐久性的预报..... (621)
- (十一) 集料对轻质混凝土耐久性的影响..... (627)
- (十二) 现场浇灌混凝土的快速聚合物浸渍方法的研制..... (635)
- (十三) 混凝土抵抗快速水流侵蚀在波兰的研究..... (643)
- (十四) 混凝土的耐久性..... (649)
- (十五) 对超塑性混凝土离析的流变研究..... (662)

VI、膨胀水泥和混凝土

- (一) 膨胀混凝土及其发展前景..... (677)
- (二) 自应力混凝土的力学特征参量及其应用..... (682)
- (三) 钙矾石膨胀机理的实验研究..... (695)
- (四) 明矾石高强水泥的研究..... (703)
- (五) 膨胀混凝土桥面板的设计方法..... (710)

Ⅶ、纤维增强混凝土和钢丝网水泥

- (一) I 型低碱度水泥的研究与应用..... (723)
- (二) $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系玻璃纤维的碱侵蚀和阻蚀剂的研究..... (731)
- (三) 含锆玻璃纤维耐碱机理的研究..... (736)
- (四) 抗碱玻璃纤维增强硫铝酸盐低碱水泥的耐久性..... (743)
- (五) 粗集料对钢纤维混凝土的纤维掺率、工作性与受弯力学性状的影响..... (751)
- (六) 钢纤维混凝土界面粘结强度的研究..... (761)
- (七) 降低石棉水泥板吸水率试验..... (768)
- (八) 石棉水泥耐油性与抗油渗性的研究..... (778)
- (九) 钢丝网水泥的性能及其在水工闸门上的应用..... (786)
- (十) 聚合物增强水泥的强度性能..... (792)
- (十一) 纤维形状不同的钢纤维混凝土..... (798)
- (十二) 高强纤维增强喷射混凝土..... (804)
- (十三) 硅酸钙— $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ —矿渣型水泥在 GRC 上的应用..... (810)
- (十四) 纤维混凝土的生产及性能..... (817)

Ⅷ、加气混凝土和石膏制品

- (一) 加气混凝土料浆发气和稠化适应性研究..... (828)
- (二) 碳化的加气混凝土水化产物的研究..... (835)
- (三) 加气混凝土孔结构及其对强度和干缩性能的影响..... (844)
- (四) 粉煤灰—石灰加气混凝土浇注工艺过程数学模型的探讨..... (852)
- (五) 天然沸石岩为气体载体的多孔混凝土的基础研究..... (860)
- (六) 石膏脱水相的水化及其凝结硬化性能的研究..... (870)
- (七) 用湿热空气水化法测量煅烧石膏的物相组成..... (883)
- (八) 石膏的脱水机制和脱水动力学研究..... (897)
- (九) 改善石膏制品防水性能的研究..... (916)
- (十) 湿混磨制备加气混凝土砂浆新工艺..... (936)
- (十一) 加气混凝土孔结构的测定..... (943)
- (十二) 加气混凝土性质——一种最佳性能设计..... (952)
- (十三) 多孔混凝土及其应用..... (961)
- (十四) 加气混凝土的碳化..... (970)

中国水泥和混凝土及其制品的现状与展望

王燕谋

(中国国家建材工业局付局长)

一、水泥

(一) 概述

我国虽然早在 1889 年就建起了第一家水泥厂,但解放前全国水泥生产能力仅 400 万吨左右,只生产纯波特兰水泥一种,且没有统一标准。1949 年建国,当年产量仅 66 万吨,到 1959 年水泥产量很快的增加到 618 万吨。到 1984 年底全国水泥产量(不包括台湾省)已达 12,302 万吨,其中以立窑为主的小厂产量约占 79%。

1、1949-1984 年水泥产量增长情况(见图 1)

2、现有水泥品种、标号与标准

我国除主要生产硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥外,为了适应各种工程的需要,还生产诸如以小时计强度的快硬水泥系列;用于大坝和海水工程的水工用水泥系列;用于石油工业油、气井中不同井深、井温和井压的油井水泥系列;用于锚固、灌浆、防渗工程的膨胀水泥系列;用于工业窑炉的耐高温水泥系列;以及用于耐腐蚀、装饰、防辐射、爆破采掘工程的各种水泥约 60 多种,经常生产的有 20 余种。

全国回转窑生产的水泥、平均熟料标号达 425-525 号,机立窑生产的水泥熟料达 325-425 号。

现有水泥国标 39 个,部标 19 个。

3、有关水泥工业的若干统计数字(1984):

企业数:大中型厂 57 个;小型厂 4800 多个。

科研设计单位: 国家建材局属	22 所
省、市、自治区级	26 所
学校: 国家建材局属高等学校	5 所
其他高校中设有水泥系科	7 个
中等专业学校	26 所
水泥从业人员	超过 100 万
水泥科技人员	14,000 左右

(二) 中国水泥工业发展的几个特点

我国生产的水泥有相当部分是掺有 20~50% 以矿渣为主的各种混合材。工厂规模就大中型企业而言,也以年产水泥 50-100 万吨居多。

我国窑外分解窑自 1978 年以来已有 6 台先后投产。

1、大中型水泥厂的分布

(见图 2)

2、大中型水泥厂不同类型回转窑的数量和产量

(见图 3)

3、星罗棋布的小型水泥厂(大部分为立窑)

全国有 4800 多个小型水泥厂,几乎遍及全国每一个县城,1984 年产量达到 9,396 万吨。

小型水泥厂具有的特点:

(1) 由于全套设备均可在国内制造供应,且投资较省,工厂可以在一年左右的时间内建成,所以发展速度快。近 2~3 年来,每年增长约 1000 万吨;

(2) 热耗(1100 大卡/公斤·熟料)除窑外预热分解窑外,较我国大部分回转窑为低,平均仅及回转窑平均热耗的 75%。

(3) 具有利用当地资源,就地取材 就地生产,就地使用的优势,可以发挥地方企业的积极性;

(4) 部分小水泥厂存在质量不稳定和成本高的缺点。这些厂需要加以改造有的还要予以淘汰。

4、几种特种水泥的应用

(1) 膨胀水泥用于修建地下防渗等工程,最近又用于建筑物的无声爆破;

(2) 自应力水泥用于生产压力水管、煤气管道等,其工压一般为 6 公斤/cm²;

(3) 硫铝酸盐水泥用于负温下施工的工程;

(4) 低碱度水泥与抗碱玻璃结合使用于制造玻璃纤维增强水泥制品;

(5) 各种油井水泥用于不同地质条件、不同井深、不同井压和井温的工程中;

(6) 低热微膨胀水泥适用于实施通仓连续浇筑的大坝工程中;

(7) 采用低品位矾土试制的铁铝酸盐水泥具有超早强和耐腐蚀的特点。

5、节能、低温烧成熟料的研究

通过改变熟料的矿物组成和掺用以萤石、石膏为代表的各种复合矿化剂的方法,在回转窑中使用,烧成温度可降至 1300~1350°C;在机立窑中使用方面更有许多关于提高熟料质量和降低煤耗的报导。

二、混凝土

混凝土是中国主要建筑材料之一,1984 年的使用量已超过 2 亿米³。

(一) 混凝土的种类和强度

根据工程的需要,我国采用不同品种的水泥或掺用外加剂的办法配制使用的混凝土品种不下 20 余种。近十余年来,聚合物混凝土(PC)、聚合物水泥混凝土(PCC)、聚合物浸渍混凝土(PIC)、纤维增强混凝土的研究和应用也取得了相当进展。五十年代末已能在预应力混凝土结构中广泛采用强度 400~500 公斤/cm² 的混凝土,在个别工程上还采用过强度 800 公斤/cm² 的混凝土。目前生产的超早强混凝土一小时强度可达 100 公斤/cm²,钢纤维混凝土的强度达 1000 公斤/cm²,聚合物浸渍混凝土的抗压强度可达 1200~1500 公斤/cm²。

(二) 混凝土工艺技术

1、在搅拌工艺上,一些大中型的工程单位与水泥制品企业已建立了带自动计量的混凝土集中搅拌站,近年来又引进了电脑控制。

2、在成型工艺上,一些制品厂已采用震动挤压、震动加压、离心振动、离心-震动-辊压等复合工艺。在某些大面积混凝土工程与制品中已推广采用软吸垫真空脱水工艺。在隧道、高层建筑与地下工程上采用泵送工艺。

3、在养护工艺上,蒸汽养护窑上已配制了热介质定向循环装置与蒸养自控仪。干湿养护、远红外养护与太阳能养护已开始了研究和应用,压蒸养护已在加气混凝土的生产中广泛应用。

(三) 混凝土外加剂

继五十年代大量推广引汽剂与早强剂后,七十年代开始着手研究和推广木质素磺酸钙,萘系与三聚氰胺,目前每年生产和使用各种减水剂达6万吨。

(四) 基础研究

近二十多年来,混凝土强度理论、孔结构、集料界面以及混凝土流变学等研究已取得了一定进展。从混凝土破坏理论到三向应力混凝土的研究已通过钢管混凝土结构用于工程实践。

三、混凝土制品

(一) 水泥压力管

我国生产的水泥压力管有四类:予应力混凝土管、自应力混凝土管、钢筋混凝土管和石棉水泥压力管。

予应力混凝土管采用震动挤压法、离心法、振动法、悬辊法等工艺。自应力混凝土管又有硅酸盐、铝酸盐、硫铝酸盐和明矾石自应力管四种。

管长3~5米,管径100~2200毫米,工作压力一般分4、6、8、10和12公斤/cm²五种,年产量约2500公里,其中自应力管约占 $\frac{2}{3}$,到1982年底全国累计铺设了各种口径水泥压力管达23,800公里,其中自应力管为19,000公里,主要用于输水管道和农田灌溉、排涝等。在中国铺设的最大混凝土压力管输水管道为直径2米,长5公里,工作压力14公斤/cm²。

(二) 水泥船舶

水泥船舶主要有钢丝网水泥和钢筋混凝土两大类。我国从1958年开始采用水泥造船,主要应用于农村代替木质和小型钢质船。目前全国已有16个省、市、自治区的600多个企业可生产水泥船,年产能力可达80万载重吨位。到1983年底全国已建造了近百种各类水泥船达760多万载重吨位。用于内河农用船的主机一般不超过40马力,钢筋混凝土工程船,特别是围船具有不亚于钢质船的优点。在水泥船制造工艺上采用了振动挤压、真空吸水、予应力分段拼装等工艺。

(三) 混凝土电杆

钢筋混凝土和予应力钢筋混凝土电杆在我国已生产和使用了三十多年。目前全国有数百家企业采用振动法和离心法成型杆长6~15米、根径263~350毫米的电杆,年生产能力达400万吨。到1983年底已累计生产了4,300万根。

(四) 混凝土轨枕

目前我国有23家企业生产予应力混凝土轨枕,年产量约900万根。仅1958年至1978年的二十年里采用5,200万根混凝土轨枕就铺设了24,000公里的铁路线,

(五)玻璃纤维增强水泥制品(GRC)

我国从 1957 年开始研制玻纤水泥及制品。1975 年起采用了抗碱玻纤增强低碱水泥的技术途径,使 GRC 的耐久性得到明显改善,并采用了玻纤短切喷射,真空脱水和预拌等工艺,试制复合板材及不同形状的制品,应用在外墙板、波形瓦、阳台栏板、通风道、沼气池、太阳灶等工程上。

四、工业废渣的利用

开展工业废渣的研究与利用,不仅对节省能源,保护国土资源,而且对环境保护都具有重要意义。我国 70% 的高炉矿渣经水淬成粒状主要用作为水泥混合材。

电厂粉煤灰的利用率还不到 20%,主要用于生产粉煤灰砖,墙板和加气混凝土。把粉煤灰作为混凝土掺和料的研究和使用在水工工程和高层建筑上的应用取得一定进展。

煤矸石的利用率不到 15%,除制备煤矸石加气混凝土和作为集料外,已作为墙体、屋面材料的原材料之一应用在工程上,此外,从六十年代起把制铝废渣赤泥作为水泥原料,最近又试制成功用窑灰作为水泥混合材并列入国家标准;还采用炉渣、液态渣、膨胀矿渣珠等作为混凝土的集料或轻质集料。

五、展望和措施

1、到本世纪末,我国水泥需要量将超过 2.5 亿吨,因此水泥混凝土在相当长的时间内,仍然是主要建筑材料之一。

2、为了满足建筑、交通、能源、水利工程的迅速发展,采用水泥及混凝土制品代替木材及钢材仍具有现实意义。今后要继续生产并研制开发各种水泥混凝土管材、予应力轨枕、电杆、桩、农房构件、水泥船舶及海洋构筑物 and 特种构筑物。

3、改善水泥使用效果、节约水泥用量、提高工程质量。

(1) 发挥特种水泥的效能,开展高强高效能混凝土的研究,推广予应力混凝土,把现有混凝土的平均标号 200 公斤/cm² 提高到 400 公斤/cm²,并研制和使用标号大于 800 公斤/cm² 的高强混凝土。

(2) 增加外加剂品种,推广使用已研制成功的各种减水剂,发展高效能减水剂,广泛采用制备混凝土新工艺。

(3) 积极采用粉煤灰、沸石等活性水泥掺和料。

(4) 节约能源与资源,提高生产和使用水泥的经济效益。

① 引进先进技术和装备,积极采用电子计算机并对老厂进行改造;

② 进一步推广采用矿化剂等方法,提高熟料质量,降低烧成温度;

③ 加快进行沸腾炉煅烧熟料新工艺的工业性试验;

④ 大力推广散装水泥和商品混凝土;

⑤ 更大规模地推广利用工业废渣;

(5) 发展各种纤维增强混凝土与聚合物混凝土

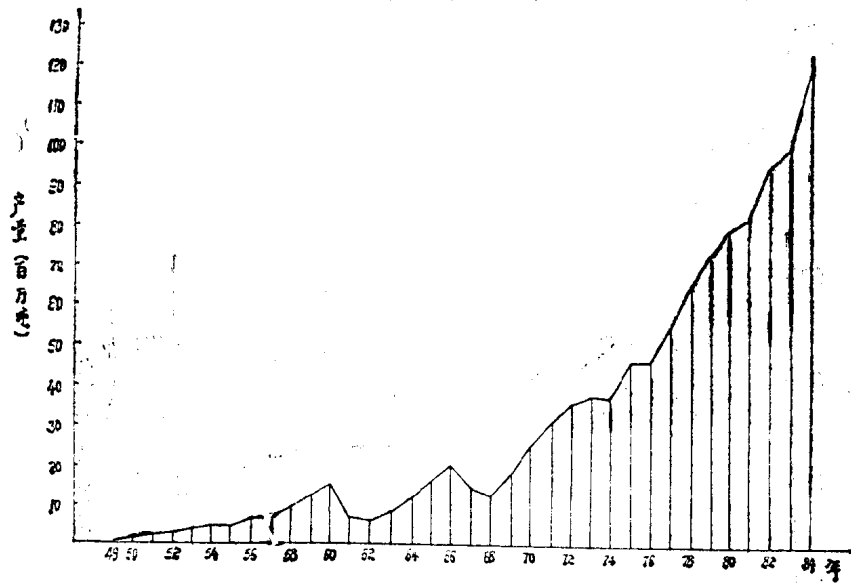


图1 1949-1984年水泥产量增长情况



图2 大中型水泥厂分布图

除继续改进玻璃纤维增强水泥和逐步推广钢纤维混凝土外，应加速高强与高弹模纤维增强水泥的研究和开发、制备轻质、薄壁、高强、抗裂、耐冲、耐磨等性能的材料。

(6) 重视混凝土耐久性的应用研究，加强施工质量管理，增加建筑物安全使用期。

(7) 提高混凝土原料的科学与技术水平，为增加新品种，发展新用途，提高耐久性，改善施工工艺和确保质量而开拓新的前景。

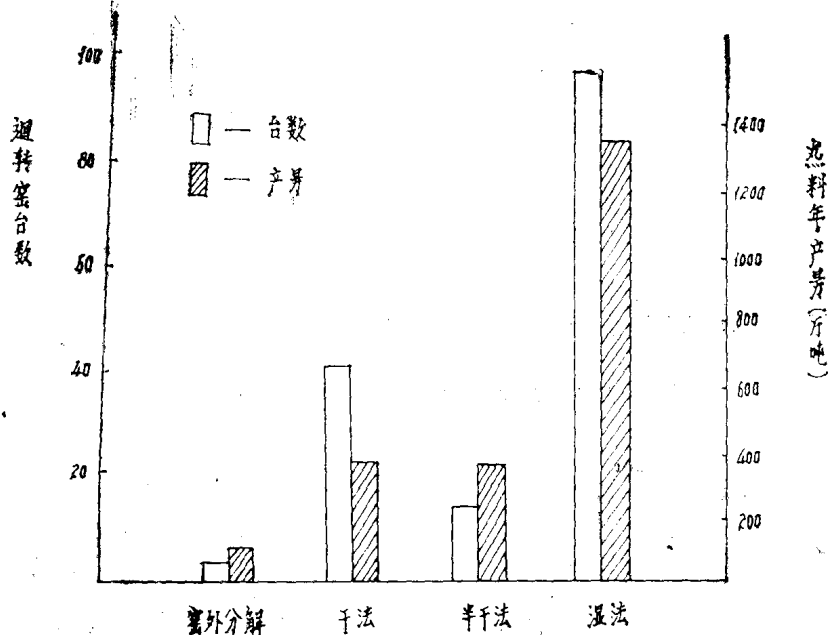


图3 各种大中型水泥厂回转窑的数量和熟料年产量