

- ❖ 配合比理论的缺陷和困惑在哪里？
- ❖ 正确的水泥生产科技发展方向在哪里？
- ❖ 碱骨料反应真的那么严重吗？
- ❖ 引气剂是解决抗冻问题的灵丹妙药吗？
- ❖ 纤维，什么时候有用？
- ❖ 正确的耐久性研究思路在哪里？
- ❖ 解决裂缝问题的正确思路和方法在哪里？
- ❖ 自愈合是混凝土的医生。
- ❖ 干缩是耐久性最大的天敌之一。



本书基于作者二十多年的工程现场实践，通过无数个工程实例对现代混凝土在施工中的常见技术质量问题提出了切实可行和非常有效的解决方法，并对现代混凝土的理论问题进行了非常有价值的探索与总结。

现代混凝土科学的问题与研究

杨文科 著



清华大学出版社

内 容 简 介

本书通过大量工程实例、试验研究和理论分析,以及作者二十多年施工现场经验积累,指出了旧的混凝土理论对现代混凝土科学的偏差、不适应性和错误。从配合比、骨料和水泥的使用、纤维的使用、抗冻性、裂缝、耐久性、干缩、自愈合、高性能混凝土的使用等多个方面,对旧的混凝土理论和当前在学术界比较权威的结论,进行了补充、纠正,提出了自己的见解,取得了许多独创的科研成果,特别是对现代混凝土科学理论的研究,取得了一定阶段的开创性的研究成果。

本书对纠正当前混凝土界的一些片面性的或者错误的观点,对正确指导混凝土科学研究,提高当前混凝土工程的耐久性,控制和提高混凝土工程的施工质量,指导大专院校的教学,都有很重要的指导意义。

本书可供土建工程广大技术人员、科技工作者和大专院校师生参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代混凝土科学的问题与研究/杨文科著. —北京:清华大学出版社, 2012.6

ISBN 978-7-302-28626-4

I. ①现… II. ①杨… III. ①混凝土—研究 IV. ①TU528

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 074645 号

责任编辑:章忆文 杨作梅

封面设计:刘孝琼

版式设计:东方人华科技有限公司

责任校对:周剑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×240mm 印 张:16.25

字 数:248 千字

版 次:2012 年 6 月第 1 版

印 次:2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:89.00 元

产品编号:044100-01

序 言

“大胆假设，小心求证”是胡适先生的观点，此言虽曾在政治语境下颇受争议，但在科学范畴，“假设”和“求证”恰似捍卫真理的干将莫邪，相辅相成、缺一不可。而本书的作者——杨文科先生，正通过大量的假设与求证，探寻着混凝土应用科学的真理标准。书中，他用12个章节对业界在混凝土应用方面的一些传统理论和共识提出质疑，并在其后阐释了自己对现代混凝土理论的思考。

混凝土，中文谓之“砼”，由结构学家蔡方荫教授提出，寓意“人工石”。时至今日，这种高效能的人造建材已成为城市文明的基座，见证了人类社会的繁荣发展。特别是近年来，伴随着我国社会经济的高速发展，中国混凝土使用量已占全世界总量的一半以上(根据全世界水泥产量估计)。因此，不断提升这种广泛使用的基础产业耗材的应用技术水平，不仅有助于推动产业革新，更有益于抵御灾害、节能环保，造福人民大众，服务国家战略。

混凝土虽已出现近两百年，但由于其自身属性，至今仍属试验科学，尚未进入计算(或定量)科学阶段。当然，随着科技水平和理论认识的不断提升，我们有理由相信，这一学科将日臻完善。也正是有了杨文科这样的学者，才让人们对这一应用科学的未来充满了信心。愚以为，无论本书所列观点对错与否，其中的部分认识和实践探索至少可为业界提供一个靶心，以供抛砖引玉、百花齐放。

当然，除却书中掷地有声的“大胆假设”，更令我感动的是作者“小心求证”的精神。概览全文后，读者会发现，书中蕴含了作者深厚的理论功底和丰富的实践经验，诚如他自己所述：“二十多年来，热衷于在实践中对工程技术进行研究，特别是对混凝土，尤为偏爱。近十几年，几乎倾全部之精力……”本书正是作者对混凝土科学技术深入研究的一次重要总结，纵使不算毕生心血，亦占去其大半人生。二十年磨一剑，此志、此情、此功如何不令人动容？

在喧嚣浮躁的今天，一个人可以几十年如一日，为冰冷而枯燥的钢筋



混凝土倾注如此大的热情，这种精神比书中的内容更加值得称道。在此，也恳请读者可以付以真心地阅读书中那些用大量心血和赤诚热情浇筑而成的文字。

中国民航机场建设集团公司总经理 洪上元



前 言

作者大学毕业 25 年，24 年工作在施工一线，参与修建过房屋、桥梁、隧道、机场、码头等铁路、公路、民航、水利的各项工程。从新疆到上海，从海南岛到哈尔滨，全国三十多个省市自治区除个别省(市)外都做过不同类型的工程。这期间做过施工单位的测量员、技术员、工程师、总工程师、监理工程师、总监理工程师、项目经理、项目总工；做过项目管理部副总经理、总经理；参与领导过设计工作，并参与主持过多项大型科研试验，解决过多项技术难题。

二十多年来，作者热衷于在实践中对工程技术进行研究，特别是对混凝土，尤为偏爱。近十几年，几乎倾全部之精力，投入到对混凝土各个问题的研究之中。对许多重大问题取得了独有的科学成果，汇集后形成本书，名为《现代混凝土科学的问题与研究》。

什么是现代混凝土？它和过去的混凝土有什么区别？

作者认为，从 20 世纪末开始，混凝土科技三个重大的技术进步，催生了现代混凝土。这三个技术进步是：①水泥工业的技术进步，使高强度、高细度水泥大量用于实际工程中；②泵送施工工艺和商品混凝土的出现，使大流动性混凝土大量使用；③高效减水剂和大掺量粉煤灰混凝土的使用。所以，现代混凝土当然是指以高流动性、低水胶比、掺有大量粉煤灰或其他活性混合材为特征，以高性能为代表的混凝土。

出现了现代混凝土，过去混凝土的生产和使用是否就可以抛弃，是否现代混凝土的所有性能都优于过去的混凝土呢？作者认为不是的。现代混凝土和过去的混凝土都各有优缺点。不论是抗冻、抗渗、收缩以及最重要的耐久性问题，它们都有自己的优势和缺陷。对一个具体的工程，甚至同一个工程的不同部位的质量和耐久性来讲，是使用现代混凝土还是过去的混凝土，哪个更有利一些？都要根据具体的情况而定，都不能一概而论。

那么起源于过去的混凝土工程实践的理论和一些经验公式，是否适应于现代混凝土呢？作者认为也不是的。过去的混凝土科学的许多基础理论和较权威的经验公式，使用到现代混凝土中，都产生了不适应性。比如过

去的混凝土中的水灰比理论，鲍罗米强度公式，配合比中的比表面积理论，使用到现代混凝土中，偏差很大，甚至是错误的。在过去的混凝土中，裂缝是最严重的质量事故，而在现代混凝土中，裂缝由于必然要产生和无法防治这两个原因而被漠视。

现代混凝土作为一种成熟的技术已经被广泛使用，但对其理论的系统总结研究一直没有跟上。这个工作谁来做？作为当代的混凝土科技工作者都责无旁贷。根据 2009 年的统计资料，全世界有一半以上的水泥产量在中国，也就是说，有一半以上的混凝土工程在中国实施，那么，中国的混凝土科技工作者，应该有更多的机会来总结现代混凝土的理论和经验。

本书就是作者不自量力，对这一问题的总结和探索。全书共 14 章，前 12 章是针对每一个具体问题，对权威的旧理论和经验总结进行新的研究分析，指出它们的不足和偏差。第 13 章是对现代混凝土理论进行的探索和研究。最后一章是针对新疆吐鲁番机场跑道混凝土失水裂缝问题进行的一次规模较大的科研总结报告。将此报告放在本书的最后一章，是让读者由此看到作者取得每项科研成果时所采用的方法，试验和结论取得的过程。以加深对前面 13 章中所有成果的认识。总之，错误难免，抛砖引玉，欢迎广大的混凝土工作者批评指正。

完成此书，作者也可谓感慨良多。经过无数次反复对比、试验和工程实践，弄清了影响裂缝产生的 23 种因素，并按其影响大小和重要性进行了科学排序；第一次通过工程实践对纤维混凝土的使用范围和缺陷进行了符合实际的论断；通过无数个工程实例，对引气剂的使用效果和缺陷做了论证；为了正确地弄清影响干缩裂缝发生的因素，曾在一年的时间内和自己的团队一起，对我国东西南北五个不同类型的工程，同时进行观察试验。并多次深入我国新疆吐鲁番、阿拉山口等干旱、高温、大风地区，针对干缩裂缝对工程耐久性的影响及危害进行调研，得出了干缩是普通环境下普通混凝土耐久性第一危害和天敌的结论；特别是“现代混凝土的科学基础”一章，从 2003 年开始用三年功夫写成以后，发给我国各权威专家征求意见，曾引起激烈争论。为了进一步验证观点的正确与否，作者又一次深入施工现场，用四年时间反复验证，并做了适当修改，今日才拿出来与读者见面。其他章节的情况也与此类似。另外，由于本书绝大部分学术观点都与当前



科学界流行或者公认的观点不同甚至相反，求证时无不是多次工程的反复实践，多次试验的相关数据，小心求证得出结论。

因此在这里作者要特别感谢自己团队里的冯中涛、侯俊刚、席青、韩民仓、任惠平、袁晓娟、郑鹤、王昭元、林兴刚、唐雅琦等工程师，是他们长期不辞劳苦，战斗在施工一线，对作者的每一个结论进行反复验证，是本书形成的坚强后盾。作者还要感谢我国混凝土界的权威专家，清华大学覃维祖教授、廉惠珍教授，原《混凝土》杂志主编刘良季研究员等，他们也可能不完全同意本书的观点，但他们多年来对作者的支持、帮助和鼓励，是作者长期以来能坚守清贫、心无旁骛地进行混凝土研究的精神支柱。

作 者

2012 年 4 月



目 录

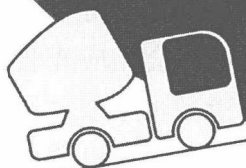
第 1 章 混凝土的灵魂——配合比 1	
1.1 过去配合比所依据的理论基础..... 2	
1.2 旧的配合比理论和现代 混凝土的不适应性..... 7	
1.3 原因和困惑..... 10	
1.4 对建立现代混凝土配合比 理论的思考..... 12	
第 2 章 重要的原材料 ——骨料 17	
2.1 骨料品种和成因概述..... 18	
2.2 不同岩石骨料对混凝土性能的 影响..... 22	
2.3 两个不同看法..... 24	
第 3 章 核心原材料——水泥 27	
3.1 水泥的各项性能指标对 混凝土的影响..... 28	
3.2 水泥的生产工艺过程简述..... 31	
3.3 现代水泥生产工艺对混凝土 质量的影响..... 32	
3.4 正确的水泥生产科技发展 方向在哪里?..... 36	
3.5 结束语..... 38	
第 4 章 碱骨料反应, 你在哪里? 39	
第 5 章 引气剂是解决抗冻问题的 灵丹妙药吗? 45	
5.1 冻融破坏对工程的危害..... 46	
5.2 目前全世界对提高抗冻性的 公认措施和方法 ——加入引气剂..... 49	
5.3 冻融破坏的机理简述..... 52	
5.4 对提高实体工程抗冻能力 方法和措施的研究..... 52	
5.5 引气剂的正确使用方法和 范围是什么?..... 55	
5.6 结束语..... 60	
第 6 章 泌水好还是假凝好? 61	
6.1 泌水产生的原因..... 65	
6.2 假凝产生的原因..... 69	
6.3 假凝和泌水的危害..... 74	
6.4 对假凝和泌水问题的 防治方法..... 75	
第 7 章 纤维, 什么时候有用? 77	
7.1 与纤维混凝土的缘分和经历..... 78	
7.2 试验过程及结论..... 79	
7.3 原因分析..... 81	
7.4 结束语..... 84	
第 8 章 现代混凝土的癌症 ——裂缝 85	
8.1 总论..... 86	
8.2 原因分析..... 88	
8.2.1 现场工程师无法解决的 原因有五个..... 89	

8.2.2 现场工程师难以解决的问题有七个	90	11.2 在实际工程中的应用效果对比	139
8.2.3 现场工程师可以解决的问题有十一个	91	11.3 结束语	140
8.3 裂缝的分类	93	第 12 章 正确的耐久性研究思路在哪里?	143
8.3.1 失水裂缝	93	12.1 耐久性变差的原因和研究误区	144
8.3.2 温度裂缝	94	12.2 解决耐久性问题的正确方法	146
8.3.3 干缩裂缝	94	12.3 结束语	150
8.3.4 受力裂缝	95	第 13 章 现代混凝土的科学基础	151
8.4 失水裂缝产生的原因、危害及防治	95	13.1 问题的发现	153
8.4.1 失水裂缝产生的原因	96	13.2 第二阶段混凝土的概念	156
8.4.2 失水裂缝的危害	97	13.3 三阶段理论的提出	160
8.4.3 失水裂缝的防治	97	13.4 原因分析	165
第 9 章 耐久性的致命因素——干缩	101	13.5 三阶段理论对现代混凝土研究的科学意义	168
9.1 干缩裂缝产生的过程	102	13.6 结束语	170
9.2 干缩裂缝的危害	105	第 14 章 吐鲁番民用机场水泥混凝土道面失水裂缝试验研究总结报告	173
9.3 干缩裂缝产生的原因	114	14.1 试验的意义与目的	174
9.4 结束语	117	14.1.1 试验的意义	175
第 10 章 混凝土的医生——自愈合	119	14.1.2 试验的目的	176
10.1 自愈合现象的发现	120	14.2 试验方案	176
10.2 原因分析	128	14.2.1 失水裂缝产生的时间、大小、形状和性质	176
10.3 实际工程中对自愈合原理的运用	129	14.2.2 失水裂缝的危害	178
10.4 结束语	134		
第 11 章 高性能混凝土, 真的高性能吗?	135		
11.1 普通混凝土和高性能混凝土的区别	136		



14.2.3	失水裂缝产生的原因	180	14.4.4	配合比总结	218
14.2.4	试验方案	183	14.4.5	对添加聚酯纤维的总结	221
14.2.5	组织机构的形成及分工	189	14.4.6	对网状裂缝的总结	223
14.3	试验过程	189	14.4.7	对施工工艺的总结	226
14.3.1	材料、人员、机械准备	189	14.4.8	总结论	228
14.3.2	混凝土配合比	190	14.5	对吐鲁番机场混凝土施工的总要求	228
14.3.3	过程控制	191	14.5.1	对施工准备的要求	229
14.3.4	养护与观察过程	204	14.5.2	施工过程控制	229
14.3.5	对渗透速度的试验	207	附录 A		234
14.3.6	对水灰比的试验	211	附录 B		240
14.4	试验总结及结论	213	附录 C		243
14.4.1	概论	213	参考文献		246
14.4.2	环境气候影响总结	214			
14.4.3	原材料总结	216			

01



第 1 章

混凝土的灵魂——配合比



配合比是混凝土的灵魂。混凝土的性能、质量和耐久性的好坏都与配合比有直接或间接的关系。工程的设计强度明确以后，现场工程师首先要考虑的是如何做好配合比。怎样才能做好配合比？做配合比时我们的理论依据是什么？应坚持什么样的原则？对现代混凝土来说，无论是理论基础，还是在理论基础之上建立起来的规范，都出现了许多新问题。这些问题是怎么产生的？如何解决？这些是当前困扰混凝土科技界最严重的技术难题。

二十年前，配合比的理论基础就是比表面积法，以及在此基础上制定的规范，可以说混凝土科学技术理论就是在此基础上发展起来的。那时，依据理论和规范做具体的配合比工作，基本上满足工程需要，也基本符合工程实际。但现在，用二十年前的比表面积理论和规范来指导现代混凝土，特别是高性能混凝土的配合比工作，已经是错误很大，相差千里了。比如说，二十年前，以比表面积法为理论基础制定的配合比规范认为，提高砂率，强度就必然会相应降低，可对现代高性能混凝土来说，却不是这样；加大水灰比，强度也必然会相应降低。对现代低水胶比混凝土来说，这个说法也不一定对。以上种种原因，使现代混凝土的配合比工作，从理论到规范，都出现了混乱和问题，以致现在工地上的配合比工作，主要靠工程师们的经验进行，靠老一代传帮带。所以我们必须重新建立配合比问题的理论基础，使它能和现代混凝土的技术进步相匹配、相适应，并在此基础上建立新的符合工程实际的规范来。但现代混凝土的配合比工作，受太多的因素影响。建立新理论，制定新规范，绝不是一件容易之事，也绝非个人之力所能为。本章是本人根据个人经验，来讲解现代混凝土的配合比理论问题和在做配合比时应注意的原则及事项。以抛砖引玉，向各位专家学者请教。

1.1 过去配合比所依据的理论基础

从世界上第一次发现天然水泥以后，1824年，英国利兹的一个施工人员约瑟夫·阿斯普丁(Joseph Aspdin)提出“波特兰”水泥的一个专利，大家认为这是混凝土技术的开始。有了水泥，还要将石头、砂子和水与其混合

在一起才能形成混凝土，才能进行工作。这四个组分如何搭配，它们各自合理的比例是多少？这就是混凝土配合比问题的实质。

近二百年来，关于配合比在理论上有三种方法，分述如下。

1. 比表面积法

此法是最早、也是使用时间最长的一种方法。这种方法的实质是，粗细骨料都是一种零散体，只有用水泥，如同粘接剂一样把它们粘接起来，才能形成人造石头——混凝土。那么粘接剂(水泥)的需要量，就与粗细骨料提供表面积总量有关。粗细骨料提供的总的表面积越多，在达到一定的强度要求的前提下，水泥的需要量就越大。相反，就会越少。在这种思路指导下，粗骨料相对细骨料，在同等体积下，粗骨料提供的比表面积比细骨料要小得多，所以，在做具体的配合比时，在满足施工要求的前提下，尽可能地提高粗骨料用量，降低砂率，是比表面积法最重要的原则。最通俗的理解是，比表面积法把水泥看成能粘结砂石的一种“浆糊”。那么砂石提供的表面积越少，达到同样强度所需的水泥“浆糊”就越少。

图 1-1 所示为混凝土内部粗细骨料示意图，可见粗骨料越多，在达到一定强度时水泥需要量就越少。

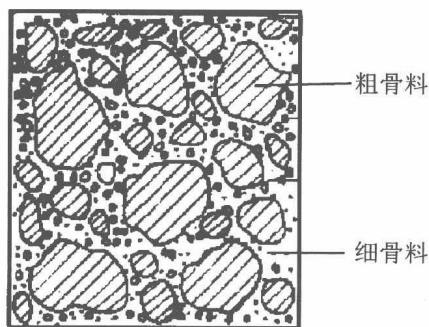


图 1-1 混凝土内部粗细骨料示意图

如果我们把图 1-2 中的粗骨料放大，取掉一个粗骨料用细骨料代替，表面积就会成倍增加。在达到同等强度的前提下，水泥的需要量就会加大。

比表面积法认为，在一定的条件下，尽可能地降低水泥用量，以达到降低工程成本的目的。特点是尽可能多地使用粗骨料，减少细骨料用量。

总之，比表面积法是使用时间最长的一种方法。在理论上有简单易懂的特点，但到目前为止，还有些问题没有搞清楚，还需要经验来补充。比如说，我们在配合比中，根据工程需要，减少了 1kg 粗骨料，那么需要增加多少千克细骨料，由此而引起增加多少千克水泥呢？这个问题上百年来一直靠经验。

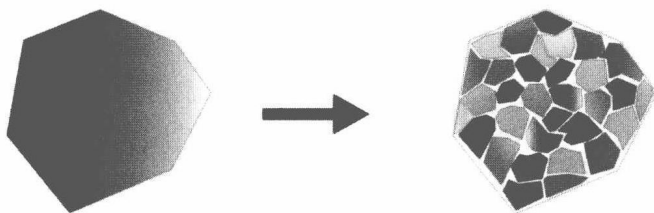


图 1-2 混凝土中由细骨料代替粗骨料引起的表面积变化示意图

2005 年，北京市建筑工程研究院退休的工程师傅沛兴，提出了骨料的表面积和直径的关系：认为当骨料的直径减少一半时，其表面积就会增加一倍。例如，当我们用直径为 2cm 的骨料代替直径为 4cm 的骨料时，水泥用量就会增加一倍。以下是傅沛兴工程师对正方体的计算。

以边长为 2m 的正方体为例：

体积	$V_1=2 \times 2 \times 2=8(\text{m}^3)$
----	---

表面积	$S_1=6 \times 2 \times 2=24(\text{m}^2)$
-----	--

将其切为 8 个小正方体时：

总体积	$V_2=8 \times 1 \times 1 \times 1=8(\text{m}^3)$
-----	--

总表面积	$S_2=8 \times 6 \times 1 \times 1=48(\text{m}^2)$
------	---

计算结果	$V_2=V_1$
------	-----------

$$S_2=2S_1$$

所以，正方体边长小一半，则体积相同，总表面积增加一倍。

同时他对其他多边形和球形也进行了同样的计算，结果是一样的。这是对比表面积理论很好的补充，如果用于工程实际，还需要有人做进一步的研究。

2. 最大密度法

此法的核心是，组成混凝土的石、砂以及水泥首先应有合理的级配，



以求得混凝土有最大的密度和最低的空隙率。如果组成粗细骨料和水泥颗粒的级配不合理，就会在混凝土内部造成很多空隙，这时候套用比表面积理论必然误差很大。所以，组成混凝土的各种颗粒，必须求得最佳级配和最大密度，才能保证混凝土内部有最小的空隙率，如何保证有最大的密度和最小的空隙率呢？主要根据富勒的连续级配理论，其方程式如公式(1)。

$$P=100\sqrt{d/D} \quad (1)$$

式中： P ——通过某筛孔的百分数，%；

D ——粗骨料最大直径，mm；

d ——筛孔的孔径，mm。

富勒级配曲线可用公式(1)表示，虽然瑞士学者鲍罗米和法国学者费瑞特根据混凝土实际配置情况有所调整，但级配曲线没有根本性变化。

为满足富混凝土的需要，意大利学者泰勃勒将富勒连续级配公式修改为公式(2)形式。

$$P=100\sqrt[3]{d/D} \quad (2)$$

公式(2)较适用于高性能混凝土与自密实混凝土的砂石最优级配。

只有符合富勒曲线，由大小颗粒组成的材料才会有最大的单位容重和最小的空隙率。我国许多行业的施工规范中，对混凝土砂石料级配的要求都是以富勒曲线为基础，并根据我国的具体情况做了适当修改后形成的。目前我国《公路路面混凝土配合比设计规程》中，就是以最大密度法为理论依据的。

3. 魏矛斯断档级配法

魏矛斯认为，在连续级配中，直径相邻的小颗粒会对大颗粒形成的骨架带来不利影响。同样，我国清华大学廉惠珍教授等人的研究也认为：只有当小颗粒的直径约为大颗粒的六分之一时，小颗粒才能完全只起到填充大颗粒骨架形成的孔隙的作用，而不会对骨料的孔隙率起到负面的增加作用。为了不会对孔隙率和混凝土的强度带来不利影响，所以必须人为地对混凝土中的大小颗粒进行断档级配。

在这个思路的支配下，混凝土中的粗骨料一般都是单级配而不是二级配。也就是说，粗骨料只用 2~4cm 石子，人为去掉 0.5~2cm 的小石子，





提高砂率，在不增加水泥用量的前提下也能达到理想的空隙率最低而强度较高的效果。

以上三种有关配合比的理论是到目前为止我们做任何配合比的依据。

比表面积法以如何减少骨料的总表面积为核心，最大密度法和断档级配法以如何增大骨料的单位容重和最小空隙率为核心。二者表面上看起来似乎有矛盾之处，但仔细分析后就不难发现，最大密度法和断档级配法都是对比表面积法的补充。

比表面积法是使用时间最长、影响最大的一种方法。我国的普通混凝土配合比设计规程到目前为止都是以它为理论依据的。国外的情况也基本一样。最大密度法近二十多年来在我国公路、民航使用较普遍一些。在一个单位，老一代工程师用比表面积法多一些，而中青年一代使用最大密度法多一些。在同一个工地，使用同样的原材料做同一强度的配比，两种方法在粗细骨料的用量上大不相同。表 1-1 是 2003 年在广州白云新机场、2005 年在内蒙古呼和浩特机场、2008 年在天津机场对机场跑道设计抗折强度为 5MPa 的干硬性混凝土，老一代工程师和中青年工程师所做的配比。

表 1-1 广州、天津、呼和浩特机场干硬性混凝土不同配合对比表

编号	水泥 /kg	水 /kg	大石(2~ 4cm)/kg	小石(0.5~ 2cm)/kg	大小石 比例	砂 /kg	砂率 /%	强度 /MPa	备 注
1	320	133	705	705	5：5	635	32	6.08	广州机场
2	320	133	1080	360	7：3	617	28	6.12	广州机场
3	315	132	846	564	6：4	672	32	5.97	呼和浩特 机场
4	315	132	987	423	7：3	588	28	5.86	呼和浩特 机场
5	320	132	862	568	6：4	675	32	5.81	天津机场
6	320	132	994	426	7：3	548	26	5.76	天津机场

注：强度值为 28 天 3 组平均抗折强度。

从上面几个不同的配比可以看出，每个机场的第一个配比是按最大密度法做出来的，大小石比例是 5：5 或 6：4，砂率是 32%；第二个是按比表面积法原理做出来的，大小石的比例是 7：3，砂率是 28%甚至 26%。二者的 28 天强度基本一致，没有高低之分，要作者对这两种方法进行对比点

评,根据自己的经验,比表面积法在低标号(C30 以下)和大水灰比混凝土中适应性较好,而最大密度法在高标号(C40 以上)和较低水灰比(水灰比为 0.45 以下)适应性较好。

1.2 旧的配合比理论和现代混凝土的不适应性

配合比是混凝土的灵魂。混凝土的性能、质量和耐久性的好坏都与配合比有直接或间接的关系。工程的设计强度明确以后,现场工程师首先要考虑的是如何做好配合比。怎样才能做好配合比?做配合比时我们的理论依据是什么?应坚持什么样的原则?对现代混凝土来说,无论是理论基础,还是在理论基础之上建立起来的规范,都出现了许多新问题。这些问题是怎么产生的?如何解决?这些是当前困扰混凝土科技界最严重的理论难题。

为什么说旧的配合比理论指导不了现代混凝土的配合比设计?主要原因就是旧的配合比理论是以比表面积法为依据的。而随着现代混凝土技术的不断发展,在具体的配合比工作中,用旧的比表面积法指导配合比工作,已经出现了很大的误差,主要表现在以下几个方面。

1. 旧的配合比理论认为,砂率对强度有直接影响,砂率越高,强度越低

在现代混凝土中,砂率的大小对强度已经没有明显影响。如表 1-1 中,作者在不同的机场做的对比试验,砂率从 26%、28%到 32%,对飞机跑道的干硬性混凝土强度都没有明显影响。在这一问题上,许多专家学者也得出过和作者相同的结论,吴中伟院士和廉惠珍教授合著的《高性能混凝土》一书就认为水灰比为 0.53~0.55 时,砂率在 34%~46%之间变化对强度无明显影响;何锦云教授认为砂率对普通混凝土的抗压强度影响并不大,尤其是在较大水灰比时(何锦云等. 砂率对混凝土和易性及强度影响的试验研究. 河北建筑科技学院报, 2002, 4)。

2. 旧的混凝土理论中,水灰比和强度是最重要的关系式

旧的混凝土理论中,水灰比和强度是最重要的关系式,即水灰比越大,强度就越低。1930 年,瑞士学者鲍罗米就根据以上的观点总结出了经典的

