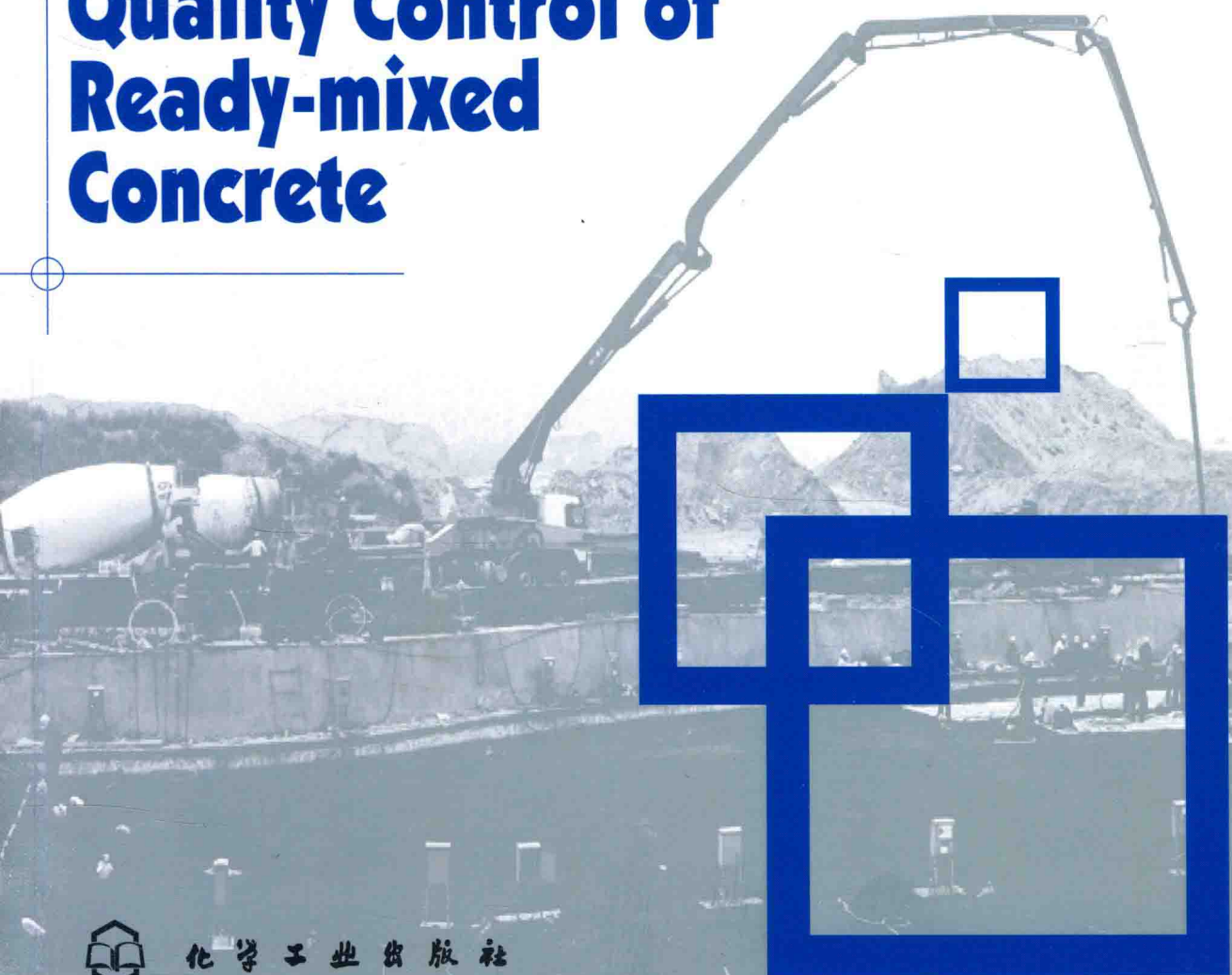


李彦昌 王海波 杨荣俊 编著

预拌混凝土 质量控制

Quality Control of
Ready-mixed
Concrete



化学工业出版社

李彦昌 王海波 杨荣俊 编著

预拌混凝土 质量控制

Quality Control of
Ready-mixed
Concrete



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是根据编者多年预拌混凝土质量控制工作经历编写而成。全书共九章，内容涵盖了预拌混凝土质量控制的各个环节，包括生产控制（即原材料控制、配合比设计、生产、运输、交付、浇筑和养护等过程控制），合格控制（即混凝土验收质量控制）；同时介绍了特殊过程及特种混凝土质量控制；对预拌混凝土质量责任进行了界定，并提出应对措施；最后提出了提升预拌混凝土自动化的几点设想。

本书主要面向搅拌站技术人员，同时也可供建设单位、施工单位、监理单位、大专院校等相关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

预拌混凝土质量控制/李彦昌, 王海波, 杨荣俊编
著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 4
ISBN 978-7-122-26328-5

I. ①预… II. ①李…②王…③杨… III. ①预搅拌
混凝土-混凝土质量-质量控制 IV. ①TU528.520.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 032689 号

责任编辑: 仇志刚
责任校对: 王素芹

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$ 字数 524 千字 2016 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究



序

我国近30年来建筑工程和铁路、公路、桥梁、地铁、水工结构等基础设施建设高速发展，混凝土成为最大宗也是最重要的建筑材料之一。我国预拌混凝土生产起步较晚，20世纪70年代才少量生产，而有现代意义的较大规模的预拌混凝土生产是从1979年上海宝钢建设开始的，当时他们从日本引进预制混凝土工厂，年产量约为40万立方米。而现在，据不完全统计，2014年我国为建筑工程和市政建设服务的预拌混凝土总产量已达18亿立方米，而生产企业多达8000余家。总产量约占世界的一半，无疑我国是世界上最大的预拌混凝土生产国，然而首先从质量、生产过程自动化、机器人的利用、劳动生产率等方面，与发达国家比，差距还是比较大的。

另一方面近年来我国混凝土结构工程事故有不断增加的趋势，据公开报道的有老建筑的坍塌，也有刚建成不久的桥梁引桥被压垮，屡坏屡修不能正常运行的大桥；更有施工过程中拆模时因混凝土强度不够而坍塌，混凝土28d强度达不到设计标准而被迫拆除返工，诸此等等。更多的是秘而不报的较小型的工程事故。这不能不引起混凝土工程业内技术人员的不安和忧虑。

按理说为保证和提高工程质量的花费与工程造价和建筑的销售天价相比可以说是微不足道的，而投资方和开发商却为追求利润的最大化，力求降低建造成本而置质量于不顾。从技术角度分析工程事故的原因，有设计方对工程的安全性和耐久性设置水平较低，施工承包商的技术水平和工人技术素质低，当然也有混凝土材料生产质量问题。混凝土质量是保证和提高工程质量的材料基础。

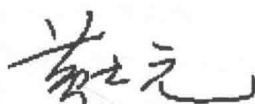
不容否认，近年来我国混凝土质量有所下降。原因是前几年盲目投资建立搅拌站，现在预制混凝土的生产能力大大超过了工程需要量，于是形成企业在降低成本上的恶性竞争。降低生产成本的途径不外乎加大石灰石粉和（或）粉煤灰掺量以及购买廉价外加剂。目前混凝土中掺合料含量（包括水泥厂和搅拌站掺量之和）过多，价廉质次的外加剂混迹市场。综上所述，我认为提高混凝土质量已成为当今混凝土生产技术发展的最主要任务之一。

本书三位作者都是北京市政路桥集团所属的预制混凝土公司的技术骨干，我与该公司合作已有十几个年头了。我与他们经常讨论技术方案、试验研究计划、质量保证措施等。他们都在生产和施工一线兢兢业业地工作，十分重视混凝土的质量控制和关心工地现场的施工。非常可贵的是，他们还从事新材料和新技术的开发研究。可以说这本书是他们在这个行业阶段性的工作总结。

在本书中作者总结了从原材料进厂到生产和施工过程的质量控制经验，提出了许多操作性强的质量控制措施，如原材料进场快速检验项目、用半坍落度法进行原材料稳定性控制、利用 EXCEL 软件进行配合比自动化设计并快速进行配合比设计的调整。他们还介绍了新技术如高层泵送、自密实混凝土、硫铝酸盐快硬混凝土抢修工程的实例。本书内容有一定的新颖性和创造性。

我期望本书的出版能为预拌混凝土企业的技术人员起启发、参考和借鉴作用，也为土建设计和施工人员介绍一些混凝土的基本知识，对提高混凝土质量有所裨益。我也期盼有更多密切联系实践的混凝土佳作问世。

同济大学退休教授



2015年11月于上海



前言

我国预拌混凝土是随着改革开放的大潮而发展起来的，到目前为止，已走过近三十多年的路程，为建设事业做出了卓越贡献。根据中国混凝土网的不完全统计，2014年我国预拌混凝土总产量为23.71亿立方米，较上一年同比增长7.94%，这在全世界的建设史上是绝无仅有的，因此我们完全有理由说，我们是世界上最大的混凝土生产和应用国家。然而我们的预拌混凝土企业管理粗放，集约化水平低，生产水平和质量控制水平落后，生产自动化和信息化应用水平低，混凝土质量波动大，因此我们还称不上是预拌混凝土强国。

为了帮助预拌混凝土行业人员做好质量控制方面的工作，保证混凝土生产过程质量，为工程结构质量打下坚实基础，作者根据多年预拌混凝土质量控制工作经历，总结了原材料、试验过程、生产过程、施工过程、验收过程、特殊过程及特种混凝土等方面的质量控制经验，深入浅出，提出诸多可操作性强的质量控制措施。

本书共九章，内容涵盖了预拌混凝土质量控制的各个环节，包括生产控制（即原材料控制、配合比设计、生产、运输、交付、浇筑和养护等过程控制），合格控制（即混凝土验收质量控制）；同时介绍了特殊过程及特种混凝土质量控制；对预拌混凝土质量责任进行界定，并提出应对措施；最后提出了提升预拌混凝土自动化的几点设想。本书主要面向搅拌站技术人员，同时也可供建设单位、施工单位、监理单位、大专院校等相关人员参考。

与已经出版的预拌混凝土类图书相比，本书内容主要有以下一些特点：

(1) 提出了搅拌站原材料质量控制及快速检验项目；参考外加剂相容性试验方法，创造性地提出了“原材料进场质量控制用半坍落度试验方法”。

(2) 用Excel软件进行配比自动化设计，利用其强大的函数公式功能，解决了体积法计算的繁琐弊端，保证了配合比计算的准确性，并做到快速、准确、可靠地进行配合比调整；提出了科学的“原材料经济性对比方法”。

(3) 提出了剩退混凝土的科学处理方法。

(4) 提出了混凝土实体抗冻性后评估的标准程序及气泡间隔系数抗冻性评价指标的范围划分。

(5) 提出了基于流变学理论的自密实混凝土设计与控制方法；提出了自密实混凝土三低（低用水、低胶材、低砂率）的设计理念；提出高层泵送混凝土可泵性的核心要求是在保证稳定性（不离析）的前提下降低黏度和屈服应力；介绍北京市高强混凝土有限责任公司拥有自主知识产权的预拌硫铝酸盐水泥快硬混凝土技术。

(6) 提出了质量责任界定的原则及搅拌站的应对措施,可以帮助行业人员提高质量责任意识,减少质量纠纷,保证混凝土的最终质量。

本书由李彦昌、王海波、杨荣俊编写,由李彦昌统一策划、组织并定稿。第1章由李彦昌、杨荣俊负责编写,第2~6章由王海波编写,第7章由李彦昌、杨荣俊、王海波共同编写,第8章由李彦昌编写,第9章由李彦昌、王海波编写。

本书是编者多年工作经验的总结,在此要特别感谢北京市高强混凝土有限责任公司原董事长邬长森,正是在其推动下,公司成立了研发机构,从工程中选题,针对实际工程开展了大量的技术开发和质量控制研究工作。在本书的编写过程中,我们也得到了北京市高强混凝土有限责任公司下属搅拌站的技术人员、北京市琉璃河水泥有限公司桑红山、北京班诺混凝土有限公司张颖等的大力帮助,在此一并对他们表示由衷的感谢。

在本书的编写过程中,尽管我们每一位成员都尽心竭力,但局限于理论水平与实践经验,书中不足之处在所难免,敬请读者能够提出宝贵的意见和建议,您的反馈将是我们继续努力的动力,本书的后继版本也将会更加完善。您可以加入我们专设的“预拌混凝土质量控制”QQ群(群号:336757886),也可以发送电子邮件到 newhaibo@163.com,同时也欢迎关注我们的博客:<http://blog.sina.com.cn/ybhnt>,我们会在这里发布本书的勘误、修正和新增内容。本书未注明的部分摘录内容,请当事人发现后及时告知,我们将在博客中进行说明,并在后续的版本中进行标注。

编者

2016年2月



目 录

第一章 概 述

第一节 混凝土的定义和分类	001	第三节 预拌混凝土质量及质量控制	008
一、混凝土	001	一、预拌混凝土的质量特性	009
二、普通混凝土	002	二、预拌混凝土的质量	009
三、预拌混凝土	002	三、预拌混凝土质量控制现状	009
第二节 预拌混凝土发展历史	002	四、预拌混凝土的质量控制	015
一、预拌混凝土行业的发展	002	参考文献	015
二、预拌混凝土技术的发展	006		

第二章 原材料质量控制

第一节 水泥	016	三、引气剂	076
一、水泥概述	016	四、防冻剂	079
二、水泥与混凝土质量的关系	018	五、其他外加剂（消泡剂、增稠剂、减缩剂、速凝剂、阻锈剂等）	081
三、搅拌站水泥质量控制项目	021	六、膨胀剂	089
第二节 矿物掺合料	023	七、外加剂选择与应用关键技术	093
一、粉煤灰	023	第五节 水	096
二、矿渣粉	030	一、混凝土用水介绍	096
三、硅灰	036	二、混凝土用水质量要求	096
四、其他矿物掺合料	039	三、水在混凝土中的作用及存在形式	097
五、矿物掺合料选择与应用关键技术	042	四、搅拌站对混凝土用水的质量控制	097
第三节 集料	046	第六节 原材料进场质量控制用半坍落度试验方法	097
一、集料概述	046	一、半坍落度试验方法特点	098
二、细集料（砂）	051	二、半坍落度试验方法	098
三、粗集料（石）	058	三、应用实例	100
四、集料选择与应用关键技术	063	参考文献	101
第四节 外加剂	065		
一、外加剂概述	066		
二、减水剂	068		

第三章 配合比设计及原材料经济性对比方法

第一节 配合比设计、确定与调整	103	四、《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2011）几个关键点的理解	109
一、配合比设计方法标准	103	五、配合比设计实例（体积法、质量法）	112
二、配合比设计原则及基本规定	105		
三、配合比设计思路	109		

六、试拌	117	四、配合比确定	130
七、试配	119	第三节 原材料经济性对比方法	131
八、配合比确定	122	一、目前原材料经济性对比的误区	131
第二节 基于 Excel 进行配合比设计 (体积法)	122	二、原材料经济性对比方法的特点	131
一、确定原材料及混凝土相关数据	122	三、原材料经济性对比方法的前提	131
二、配合比计算	123	四、原材料经济性对比试验步骤	132
三、试配	126	五、举例	132
		参考文献	134

第四章 生产过程质量控制

第一节 搅拌站生产过程控制要素	135	一、坍落度偏大	159
第二节 开盘鉴定	136	二、坍落度偏小	160
一、配合比传递	136	三、坍落度经时损失大	161
二、开盘前的检查	137	四、坍落度后返大	162
三、开盘	138	五、泌水	162
第三节 生产环节质量控制	138	六、泌浆	163
一、上料	138	七、离析	164
二、计量	138	第六节 剩退混凝土处理	164
三、搅拌	139	一、常见剩退混凝土处理方式及存在的 问题	164
四、放料	140	二、剩退混凝土处理的一般规定	165
五、混凝土搅拌均匀质性判断	140	三、剩退混凝土处理方法	165
第四节 混凝土出场检验	140	第七节 运输过程质量控制	167
一、混凝土拌合物性能及其影响因素	141	一、运输工具	167
二、混凝土出场检验规定	145	二、运输过程控制	167
三、混凝土出场检验拌合物性能试验	148	三、入场前控制	167
四、混凝土出场检验力学性能、长期和耐 久性能试验	158	四、运输过程中常见问题的分析与处理	167
第五节 拌合物常见质量问题及处理 措施	159	参考文献	168

第五章 施工过程质量控制

第一节 交付过程质量控制	169	二、浇筑	175
一、交货检验	169	三、振捣	177
二、混凝土交付时的质量问题及处理 方式	172	四、收面	178
第二节 施工过程质量控制	173	五、养护	178
一、输送	173	六、拆模	181

第六章 硬化混凝土质量控制

第一节 混凝土结构工程施工质量 验收	182	三、现浇结构分项工程质量验收	183
一、基本规定	182	四、混凝土结构子分部工程质量验收	183
二、混凝土分项工程质量验收	183	第二节 硬化混凝土结构实体质量 控制	185

一、混凝土强度	185	二、混凝土裂缝	205
二、混凝土耐久性	191	三、强度达不到设计要求	214
第三节 硬化混凝土质量问题及处理	202	参考文献	217
一、外观质量缺陷	202		

第七章 特殊过程及特种混凝土质量控制


第一节 冬期施工质量控制	218	五、北京市南水北调配套工程东干渠工	
一、预拌混凝土早期冻结破坏机理	218	程二衬自密实混凝土的工程应用	272
二、冬期施工的期限划分	219	第六节 预拌硫铝酸盐水泥快硬混凝土质	
三、冬期施工方法	220	量控制	276
四、冬期施工各相关单位的职责	222	一、预拌硫铝酸盐水泥快硬混凝土控制技术	
五、冬期混凝土配合比设计注意事项	223	路线	276
六、冬期施工质量控制要点	224	二、预拌硫铝酸盐水泥快硬混凝土材料性能	
七、冬期施工热工计算	227	指标要求	277
第二节 大体积混凝土质量控制	229	三、预拌硫铝酸盐水泥快硬混凝土配制关键	
一、大体积混凝土的定义	229	材料选择	277
二、大体积混凝土配合比设计	229	四、预拌硫铝酸盐水泥快硬混凝土控制关键	
三、大体积混凝土热工计算	230	因素	278
四、大体积混凝土质量控制重点	235	五、硫铝酸盐水泥快硬混凝土工程应用	279
五、国家体育场工程大体积混凝土质量		第七节 耐热混凝土质量控制	281
控制技术	236	一、普通混凝土高温下的性能变化	281
第三节 超长墙体混凝土质量控制	245	二、耐热混凝土材料选择和配比设计	281
一、超长墙体混凝土抗裂技术方案	246	三、耐热混凝土专项质量验收	282
二、超长墙体混凝土质量控制要点	247	四、工程实例	283
三、城府路(熏皮场—安立路)隧道工程		第八节 透水混凝土质量控制	286
混凝土裂缝控制技术	248	一、透水混凝土定义、种类和用途	286
第四节 高层泵送混凝土质量控制	252	二、透水混凝土配合比设计	287
一、混凝土泵送机理	253	三、普通透水混凝土基本性能	288
二、提高混凝土拌合物可泵性的关键		四、透水混凝土质量控制注意事项	288
因素	254	五、透水混凝土透水系数质量验收	288
三、高层泵送混凝土可泵性控制	254	六、典型透水混凝土工程施工工艺	288
四、混凝土高层泵送控制先进理念介绍	254	七、透水混凝土配制心得与体会	288
第五节 自密实混凝土质量控制	256	第九节 超轻陶粒混凝土	290
一、自密实混凝土性能	256	一、超轻陶粒混凝土定义	290
二、自密实混凝土配合比设计	258	二、超轻陶粒混凝土配制技术关键	290
三、自密实混凝土质量控制要点	262	三、工程实例	291
四、基于流变学的自密实混凝土设计与控制		参考文献	293
新认识	263		

第八章 预拌混凝土质量责任界定及应对措施

一、对预拌混凝土质量责任认知的现状	294	四、对改变当前混乱状态、保证工程质量、弱	
二、预拌混凝土质量界定的原则	295	化纠纷的建议	297
三、预拌混凝土交货检验的乱象现状及其		五、对搅拌站的忠告	298
危害	296		

第九章 预拌混凝土质量控制自动化

第一节 现状、目的及意义·····	301	三、矿渣粉（以立磨矿粉粉磨工艺为例）·····	303
一、现状·····	301	第三节 提升预拌混凝土自动化的几点设想·····	303
二、目的及意义·····	301	一、原材料控制·····	303
第二节 相关行业自动化控制状况·····	302	二、生产过程·····	310
一、水泥行业·····	302	三、运输和交付过程·····	311
二、干拌砂浆·····	303		



第一章

概述



混凝土是当代最大宗使用的建筑与土木工程结构材料，在我国社会与经济发展中占据着重要的位置。与其他常用建筑材料（如钢铁、木材、塑料等）相比，混凝土具有原材料易得、来源广、使用面广、生产能耗低、制作工艺简便、生产成本低等特点，还具有耐久、防火、相容性强、应用方便等特点。因此在今后相当长的时间内，混凝土仍将是应用最广、用量最大的建筑材料。

本章概述了混凝土及预拌混凝土的定义、分类及发展历史，介绍了混凝土质量及质量控制的概念，可帮助读者对预拌混凝土及其质量控制有初步的认识。

第一节 混凝土的定义和分类

一、混凝土

（一）定义

混凝土是由胶结材料（无机的、有机的或无机有机复合的）、颗粒状集料以及必要时加入的化学外加剂和矿物掺合料，以合理组分组成的混合材，经硬化后形成具有堆聚结构的复合材料。

黄士元等对混凝土的定义为：是将天然的（或人工的）岩石和砂子，用胶凝材料聚集在一起形成的坚硬的整体，且具有多种力学性能的结构材料^[1]。

（二）分类

混凝土可按其组成材料、结构、密度、用途、性能和制造工艺等进行分类^[2]。

1. 按胶结材分类

① 无机胶结材混凝土：水泥混凝土、硅酸盐混凝土、石膏混凝土、水玻璃混凝土、碱矿渣混凝土等。

② 有机胶结材混凝土：沥青混凝土、聚合物胶结混凝土、聚合物水泥混凝土、聚合物浸渍混凝土等。

2. 按混凝土的结构分

① 普通结构混凝土。

② 细粒混凝土。

③ 大孔混凝土。

④ 多孔混凝土。

3. 按用途分

主要有：结构用混凝土、隔热混凝土、装饰混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐火混凝土、道路混凝土、大坝混凝土、收缩补偿混凝土、海洋混凝土、防护混凝土等。

此外还有按混凝土性能和制造工艺分类等。

二、普通混凝土

普通混凝土是历史最悠久、应用最广泛、用量最多的混凝土品种。

(一) 定义

《混凝土学》对普通混凝土的定义为：由水泥、粗细集料（碎石、卵石及硅质砂）加水拌合，经水硬化而成的一种人造石，主要作为承受荷载的结构材料使用。为了改进混凝土的工艺性能和力学性能，常常加入某些外加剂及矿物掺合料^[2]。

《建筑材料术语标准》(JGJ/T 191—2009) 分别对混凝土和普通混凝土进行了定义。混凝土是以水泥、集料和水为主要原材料，也可加入外加剂和矿物掺合料等材料，经拌合、成型、养护等工艺制作的、硬化后具有强度的工程材料。普通混凝土为干密度为 2000~2800kg/m³ 的混凝土。

(二) 普通混凝土的分类

1. 按稠度分

① 干硬性混凝土：坍落度小于 10mm。

② 塑性混凝土：坍落度 10~100mm 之间。

③ 流动性混凝土：坍落度大于 100mm。

2. 按强度等级分

① 普通强度混凝土：C10~C55 混凝土。

② 高强混凝土：不低于 C60 的混凝土。

此外还有其他的分类方法。

三、预拌混凝土

随着混凝土使用范围的不断扩大，以及混凝土技术的不断提高，产生了可以专业化生产管理的预拌混凝土 (ready-mixed concrete)。预拌混凝土是现代混凝土技术发展史上的重大进步，预拌混凝土的使用程度反映了一个国家混凝土工业和建筑施工水平的高低，是建筑施工走向现代化的重要标志。

《预拌混凝土》(GB/T 14902—2012) 将预拌混凝土定义为：在搅拌站（楼）生产的、通过运输设备运送至使用地点的、交货时为拌合物的混凝土。

第二节 预拌混凝土发展历史

一、预拌混凝土行业的发展

预拌混凝土又称商品混凝土，是随着建筑技术的发展而兴起的—个新型产业^[3]，其特

点就是工厂内集中搅拌，市场化供应；具体是指将水泥、集料、水及根据需要掺入的外加剂和掺合料等组分按一定比例集中在搅拌站（厂），经计量、拌制后出售，并用运输车在规定时间内运抵使用地点的混凝土拌合物。

混凝土集中拌制有利于采用新技术，提高机械化、自动化程度，严格控制拌制工艺，提高计量精度，确保混凝土工程质量，降低消耗，提高劳动生产率；同时还可以加快工程进度，提高建筑工业化水平和行业的整体素质，促进混凝土及相关产业的技术进步与发展；大量利用工业固体废弃物改善城市环境，促进城市文明建设，具有良好的经济效益和社会效益。推广预拌混凝土是经济发展和社会化大生产的必然，也是提高建筑工程机械化水平、保证工程质量、满足规模施工以及减少城市环境污染的需要。

（一）国外预拌混凝土行业的发展

预拌混凝土起源于欧洲，到 20 世纪 70 年代，世界预拌混凝土的发展进入黄金时期，预拌混凝土在混凝土总产量中已经占有绝对优势，其中美国占 84%，瑞典占 83%，日本占 78%，澳大利亚占 63%，英国占 57%。70 年代末全世界已有 30000 多家预拌混凝土工厂。近年来，美国和日本作为国外最大的两个预拌混凝土生产国，年产量均在 2 亿立方米左右，约占本国混凝土总用量的 80%。美国的预拌混凝土制造商达 2300 多家，境内的工厂数将近 6000 多家。欧洲 22 个发达国家累计年生产预拌混凝土 3 亿立方米。包括东欧国家，全欧洲总的年产商品混凝土约 4 亿立方米。在欧洲国家中，德国预拌混凝土产量最高，年产量达到 7400 万立方米，人均 0.9m^3 ^[4]。

目前，预拌混凝土发展在国外已经进入成熟阶段，产量基本稳定或略有下降。由于欧洲、美国、日本等国家和地区的基础设施已经较为完善，未来这些地区预拌混凝土的增长空间有限，而印度、巴西等发展中国家对预拌混凝土的需求量将会越来越多。

据中国混凝土网统计的 2013 年世界混凝土十强排名，作为全球最大的建筑材料和水泥生产商之一的墨西哥 Cemex 集团，2013 年混凝土销量为 5830 万立方米，同比增长 6%，排名世界第一。其销售额的增长源于其在美国、地中海地区、亚洲、南美洲、中美洲和加勒比地区交易量的增长，以及公司在大部分业务地区提高了产品售价。排名第二的海德堡水泥，2013 年混凝土销量达 4030 万立方米，同比增长 2.81%；瑞士 Holcim 集团近几年一直紧随 Cemex 后居于次席，但 2013 年集团混凝土销量跌至 3950 万立方米，同比减少 15.78%，已被德国海德堡水泥反超，此次居于第三名。2014 年，面对复杂多变的全球经济形势以及激烈的市场竞争（表 1-1），世界混凝土巨头们纷纷调整了各自的全球战略计划，其中，全球两大水泥、混凝土生产商——法国拉法基集团（Lafarge）与瑞士豪瑞集团（Holcim）宣布合并，将缔造一家合计年营收达 400 亿欧元的行业巨擘。另一大巨头德国海德堡集团（Heidelberg Cement）也宣布将收购意大利水泥集团（Italcement）45% 的股份。

表 1-1 2014 年世界混凝土企业排名

排名	公司名称	English Name	RMC 销量 /万立方米	集团销售额 /亿美元	RMC 销 售占比
1	西麦斯集团	CEMEX	6005	231.00	34%
2	豪瑞集团	Holcim	3700	220.00	34%
3	海德堡水泥	Heidelberg Cement	3660	178.00	32%
4	拉法基集团	Lafarge	2640	143.48	33%
5	老城堡集团	CRH	1330	210.00	9%
6	布兹由尼斯	Buzzi Unicem	1200	35.50	29%
7	意大利水泥	Italcement	1150	44.00	28%

续表

排名	公司名称	English Name	RMC 销量 /万立方米	集团销售额 /亿美元	RMC 销 售占比
8	沃特兰亭	Votorantim	1120	107.90	10%
9	阿哥斯水泥	Cementos Argos	1110	23.20	37%
10	威凯特水泥	Vicat SA	830	27.38	32%

从上榜企业所属地区来看,有7家企业来自欧洲,2家企业来自南美洲,1家企业来自北美洲,从目前的全球混凝土市场格局来看,欧洲混凝土企业凭借着行业领先的专业技术和完善的配套解决方案依然领导着全球混凝土行业的发展。

(二) 国内预拌混凝土行业的发展

我国著名水泥混凝土技术专家黄大能先生一直大力提倡发展商品混凝土,提出了发展我国商品混凝土的十大效益:①节约水泥,减少水泥浪费和损耗至少20%;②有利于推广散装水泥;③可促进混合材的商品化和合理利用,完善水泥产品结构;④可大大促进各种外加剂的推广使用,从而能进一步节约水泥,扩大混凝土材料的使用面;⑤有利于发展砂石加工业,提高砂石加工质量,并促进砂石集料的商品化;⑥通过混凝土生产的自动化、工厂化,可大大提高混凝土的质量;⑦节约能源,节约水源;⑧促进混凝土施工工艺的改进和新工艺的推广,如发展流态混凝土、泵送混凝土、喷射混凝土等;⑨减少工地环境污染,促进文明生产,有利于城市环保;⑩对水泥的再加工、深加工,由于产品结构的改变,又由于技术进步,必然能大大提高建材行业的人均产值。

1. 初始阶段

预拌混凝土在我国的兴起始于20世纪50年代,当时主要用于预制构件的生产,代表性的厂家包括北京市第一建筑构件厂、丰台桥梁厂和前苏联援助的西安制品厂等。当时一些大型建设工程需要大量现浇混凝土,由于施工场地狭窄、工期紧迫等原因,组织施工遇到困难,承担施工的企业于是在施工现场或施工现场附近设立混凝土搅拌设施,采用翻斗式汽车运输,吊斗浇筑混凝土,解决了施工中的急需问题。这是预拌混凝土的初始阶段,这一时期的预拌混凝土是针对某一工程专门设立搅拌站集中搅拌混凝土,而不向其他工程和社会供应,一般采用翻斗车运输,多数是塑性混凝土。

2. 起步阶段

1973年,北京市建工局建设北京饭店东楼时,从前捷克斯洛伐克引进了 1m^3 的立轴强制式搅拌机,建立了北京市的第一个混凝土搅拌站。真正的预拌混凝土始于上海宝钢建设,1979年特地从日本专门进口两个搅拌楼,建设了年产40万立方米的混凝土搅拌站。20世纪70年代末至80年代初,北京、上海、天津、无锡、沈阳等城市的预拌混凝土开始社会化供应,并采用搅拌车运输、泵车输送浇筑,混凝土发展为以流态为主,技术逐步成熟和完善。从这时起,预拌混凝土作为一个独立的、新兴的产业真正开始起步,走向发展。这一时期的预拌混凝土由于受到技术和规模的限制,供应范围较小,覆盖半径一般为10~15公里,搅拌站的年生产能力一般为 $50000\sim 150000\text{m}^3$ 。

3. 快速发展阶段

(1) 第一个高峰 进入20世纪90年代,改革开放带来了经济建设的快速发展,城市建设和基础设施建设逐年增多,混凝土需求量也随之增大,由此带动了预拌混凝土行业的快速发展。“八五”和“九五”期间,建设部安排国家支持施工企业技术改造专项贷款11亿元人民币,其中有5亿元之多用于支持预拌混凝土的发展。到1995年,全国有预拌混凝土站

(厂) 616 家, 预拌混凝土企业年设计生产能力约 6000 万立方米, 年实际产量达 2600 万立方米。

(2) 第二个高峰 2003 年 10 月 16 日, 国家商务部、公安部、建设部、交通部四部委联合颁布了《关于限期禁止在城市城区现场搅拌混凝土的通知》(商改发 [2003] 341 号文), 该文件明确规定在我国 124 个城市禁止现场搅拌混凝土。继此《通知》出台后, 商务部、住房城乡建设部等六部委于 2007 年 6 月 6 日又联合下发《关于在部分城市限期禁止现场搅拌砂浆工作的通知》。两个通知的相继出台使我国预拌混凝土进入了第二个高速发展时期。据不完全统计, 到 2010 年, 我国已建成预拌混凝土站(厂) 5000 多家, 年设计生产能力达到 15 亿立方米, 实际产量接近 10 亿立方米。北京、上海、广州、南京、沈阳、大连、常州等城市应用的预拌混凝土量已达到该城市混凝土总用量的 60% 以上, 接近经济发达国家水平。这一时期预拌混凝土更多地出现了一些年产 50 万~100 万立方米的大型混凝土搅拌站。这些大型搅拌站的计量精度、质量控制水平、自动化程度、工业废料利用条件、环保设施等都明显优于 20 世纪 80 年代自行配套的搅拌站, 预拌混凝土设备的配套技术、混凝土生产技术、管理经验逐步趋于成熟。

4. 现状

据中国混凝土网不完全统计, 2012 年末全国有预拌混凝土生产企业 7886 家, 比上年末增加 1334 家; 从业人员 19.72 万人, 比上年增加 3.34 万人; 设计生产能力 48.03 亿立方米, 比上年的 40.53 亿立方米增加 7.5 亿立方米, 增长 18.49%; 生产预拌混凝土 16.45 亿立方米, 比上年的 14.79 亿立方米增加 1.66 亿立方米, 增长 11.26%。2013 年, 受城镇化建设影响, 建设市场发展较快, 促使我国宏观经济增长情况良好, 全年混凝土产量完成 21.96 亿立方米, 较 2012 年同期增长了 18.77%。2014 年, 当“新常态”翩然而至, 混凝土行业也步入了更加成熟的一年, 告别高速增长时代, 行业迎来中高速增长时期, 整体景气度伴随投资增速的放缓也趋于缓慢下行, 2014 年我国商品混凝土总产量为 23.71 亿立方米, 较上一年同比增长 7.94%, 增速较上一年下滑 13.54%。

表 1-2 是中国建筑行业协会混凝土分会统计的 2014 年我国部分省、市、自治区预拌混凝土企业的生产情况, 数据中尚不包括水工、公路和铁路系统预拌混凝土产量, 如果全部列入, 我国预拌混凝土产量预计在 25 亿立方米左右。据各地协会统计, 受房地产政策调控影响, 2014 年全国预拌混凝土产量较 2013 年仅增加 3000 万立方米, 增幅较小, 但是企业数量却增幅不小, 同质化严重, 竞争更加激烈。江苏, 山东依然位居产量龙头, 浙江则超越广东从第四跃居第三位, 河南增幅较大, 从第八名直接跳到第五名, 预计未来受京津冀一体化与一路一带规划影响, 河北、天津产量会继续上升, 中西部地区产量也会继续增加。

表 1-2 2014 年我国部分省、市、自治区预拌混凝土企业生产情况统计表

项目 排序	省市	企业总数	设计能力 (万立方米/年)	实际产量 /万立方米	生产设备数量			
					搅拌机	搅拌运输车	车泵	拖泵
1	江苏	984	83501	24609	2142	20353	3827	1486
2	山东	1223	40000	21978	2417	18660	3210	2546
3	浙江	493	32780	18025	1145	12627	1596	1372
4	广东	736	50302	17243	1360	14900	1460	1453
5	河南	403	32076	7492	872	8287	740	637
6	辽宁	465	25000	7300	1163	16005	2550	1500
7	安徽	387	15200	6230	576	4760	750	358
8	重庆	155	17385	5959	401	8382	422	1431

续表

项目 排序	省市	企业总数	设计能力 (万立方米/年)	实际产量 /万立方米	生产设备数量			
					搅拌机	搅拌运 输车	车泵	拖泵
9	上海	160	9820	5867	405	3087	491	45
10	陕西	320	16678	5760	640	6080	800	690
11	北京	113	16250	5655	416	3911	420	237
12	新疆	280	8210	5500	323	2190	426	703
13	福建	223	12000	5480	345	4554	762	522
14	湖南	216	11000	5100	367	4605	656	610
15	山西	324	18162	4363	593	5839	814	594
16	天津	213	14760	4351	518	3176	452	261
17	广西	204	11465	4067	702	2322	232	310
18	江西	246	17800	3850	510	3100	605	340
19	成都	165	13300	3500	517	3400	565	772
20	云南	165	12500	3150	538	1988	367	655
21	黑龙江	232	11757	2974	470	4670	440	259
22	武汉	129	7100	2600	300	2200	247	244
23	贵阳	76	4600	1520	174	1262	110	120
24	宁夏	115	7500	1400	350	850	317	91
25	内蒙古	66	2700	1200	168	544	96	153
26	青海	39	1850	997	65	254	87	128
27	兰州	54	6050	801	108		158	150
总计		8186	499726	176971	17585	156206	22708	17347

中国混凝土与水泥制品协会经过详细的市场调查,综合各方面数据,推选出2014年度中国预拌混凝土十强企业(表1-3)。从排名看,其中4家是建工企业,其余的都是水泥企业产业链延伸到混凝土的,前十强企业产量占全国产量的10%左右,集中度非常低,因此行业企业兼并重组的道路还是很遥远。

表 1-3 2014 年度中国预拌混凝土十强企业

排序	企业名称	排序	企业名称
1	中国建材集团	6	北京金隅集团股份有限公司
2	中建西部建设股份有限公司	7	中国中材集团有限公司
3	上海建工集团股份有限公司	8	华新水泥股份有限公司
4	华润水泥控股有限公司	9	重庆建工集团股份有限公司
5	唐山冀东混凝土有限公司	10	云南建工集团股份有限公司

二、预拌混凝土技术的发展

预拌混凝土技术发展主要表现在外加剂、矿物掺合料的使用以及泵送施工技术等三个方面。

(一) 外加剂技术的发展

混凝土外加剂是一种在混凝土搅拌之前或拌制过程中加入的、用以改善新拌混凝土和(或)硬化混凝土性能的材料。混凝土外加剂改善了新拌和硬化混凝土的性能,促进了混凝土新技术的发展,促进了工业副产品在胶凝材料系统中更多的应用,有助于节约资源和环境保护,已经逐步成为优质混凝土必不可少的材料。近年来,国家基础设施建设保持高速增长,铁路、公路、机场、煤矿、市政工程、核电站、大坝等工程对混凝土外加剂的需求一直很旺