

商品混凝土生产与 泵送混凝土施工

牟宏远 戴永潮 申建濛 编

中国铁道出版社

1987年·北京

中应用面最广、需要量最大的建筑材料。因此，改变目前那种分散的、小生产方式的混凝土制备和施工技术，迅速发展商品混凝土生产，逐步提高现浇混凝土施工的机械化水平是十分重要的。

为适应和促进我国商品混凝土生产的发展和泵送混凝土施工技术的推广应用，我们以上海宝钢工程引进的先进技术与工程实践为基础，结合我们在这方面的研究成果和实践经验，并吸取了国内外在这方面的先进技术与经验编著了本书。

本书编写分工如下：第一章牟宏远；第二章戴永潮、庾润同，夏自习；第三章戴永潮；第四章戴永潮、边秉成；第五章牟宏远；第六章申建濛；第七章陈曼卿；第八章张玉玲；第九章牟宏远。

在本书的写作过程中，曾参阅了冶金部、城乡环保部、水电部等单位提供的宝贵资料，在此表示感谢。

由于我们的水平有限，经验不足，加之写作时间匆促，所以本书难免会有缺点和错误，敬请读者批评指正。

作 者

一九八五年六月

内 容 提 要

本书内容共分九章，前四章介绍了商品混凝土的生产工艺、技术装备以及混凝土搅拌运输车、混凝土输送泵等机械的使用与维修；后五章则介绍了泵送混凝土的工艺特性，施工方法，原材料及配合比的选择、外加剂的应用等。

本书可供从事土建专业的工程技术人员，以及大专院校土建专业的师生参考使用。

商品混凝土生产与泵送混凝土施工

牟宏远 戴永潮 申建濂 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 刘曼华 封面设计 刘景山

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：10.5 字数：237千

1987年11月 第1版 第1次印刷

印数：0001—6,000册 定价：2.40元

前 言

商品混凝土生产和泵送混凝土施工是现浇混凝土施工技术的重大进步。加速发展商品混凝土生产和因地制宜的推广泵送混凝土施工，不仅能提高我国现浇混凝土施工的工业化、机械化水平，而且是提高现浇混凝土施工的经济效益、改变施工现场面貌，做到文明施工的重要途径。

商品混凝土在一些经济比较发达的国家已得到迅速的发展，其产量在混凝土生产中占绝对优势。随着商品混凝土的发展，泵送混凝土施工技术也在现浇混凝土施工中得到广泛的应用，在现浇混凝土施工中占重要地位。我国商品混凝土的生产已经开始起步，1978年在常州市就正式建立了商品混凝土供应站，混凝土开始以商品的形式向用户供应。同年在上海宝钢工程建设中引进了成套的混凝土施工装备，于1979年建成年产50万 m^3 （产量为180 m^3/h ）的大型混凝土搅拌站两座。因而，在上海宝钢工程的混凝土施工中，实现了商品混凝土供应，混凝土搅拌输送车运输，混凝土泵车浇灌。提高了工程质量，加快了施工进度，改变了施工现场的面貌，做到了文明施工。几年来取得了明显的经济效益。在上海宝钢工程建设中，我们在消化引进新技术的同时，结合工程需要，在商品混凝土生产技术、泵送混凝土施工技术、泵送混凝土材料等方面开展了大量的研究工作，目前从设备到工艺在技术上已经成龙配套。

随着我国基本建设事业的发展，对混凝土的需要量将不断的增长。至本世纪末的十几年里，混凝土仍然是建筑材料

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 商品混凝土发展的概况及其重要意义	1
第二节 商品混凝土的生产	3
第三节 现场混凝土的运输方法及泵送混凝土 的施工	9
第二章 大中型混凝土集中搅拌站的工艺与设备	14
第一节 搅拌站的总体工艺和厂址的选择	14
第二节 原材料的进站和贮存	22
第三节 搅拌楼的工艺布置和上料系统	26
第四节 给料阀和称量斗	38
第五节 混凝土搅拌机	46
第六节 搅拌楼的自动控制	65
第七节 散装水泥运输车	89
第三章 混凝土搅拌车和混凝土泵	100
第一节 概 述	100
第二节 混凝土搅拌车	102
第三节 混凝土泵	115
第四章 液压传动混凝土施工机械的使用与维修	146
第一节 概 述	146
第二节 液压油的选择和保养	149
第三节 液压系统的维修	158
第四节 混凝土搅拌输送车的使用与维修	166
第五节 混凝土输送泵车的使用与维修	170
第五章 泵送混凝土施工	175
第一节 概 述	175
第二节 尚未凝固混凝土在输送管内的 流动状态	180
第三节 管内输送压力及压送极限	187
第四节 混凝土泵的作业效率及压送量	198

II

第五节	输送管路的设计	204
第六节	泵送混凝土的侧压力	216
第七节	混凝土的拌制、运输与供应	228
第八节	混凝土的压送与浇灌	235
第九节	泵送混凝土的质量管理	244
第六章	泵送混凝土配合比设计	249
第一节	概 述	249
第二节	对泵送混凝土混合料的要求	251
第三节	影响混凝土泵送的因素	253
第四节	泵送混凝土的组成材料及要求	259
第五节	配合比设计	262
第七章	泵送混凝土的外加剂和掺合料	271
第一节	减水剂对泵送混凝土的效应	271
第二节	粉煤灰对混凝土可泵性的作用	277
第三节	减水剂和粉煤灰对混凝土水化热温升的影响	293
第四节	减水剂对水泥及混凝土作用的机理	288
第八章	泵送混凝土的性能及质量	293
第一节	泵送混凝土硬化前的性质	293
第二节	泵送混凝土硬化过程中的裂缝	303
第三节	泵送混凝土硬化后的性能	308
第九章	泵送混凝土施工工程实例	311
第一节	泵送混凝土施工在我国工业建筑工程中的应用	311
第二节	泵送混凝土施工在我国民用建筑工程中的应用	315
第三节	国外泵送混凝土工程施工实例选	323

第一章 绪 论

第一节 商品混凝土发展的概况 及其重要意义

在土木和建筑工程施工中，混凝土是应用面最广需要量最大的建筑材料。根据我国基本建设的投资水平估计，全国混凝土的年产量可达5000万 m^3 ，其中现浇混凝土的工程量要比预制混凝土的工程量大得多。以冶金工业基地的建设为例，其现浇混凝土工程量约占总混凝土工程量的80~90%。但目前我国现浇混凝土的生产基本上是“一家一户”地分散在各自的施工工地上，采用半机械化或手工的方法进行。混凝土的运输多是采用自卸翻斗汽车，在运输的过程中混凝土离析现象严重，质量得不到保证。混凝土浇灌方法也较落后，采用人力手推车作为现浇混凝土运输机具还普遍存在。这种分散的、小生产方式的混凝土制备和施工技术使混凝土工程施工处于劳动强度大，效率低，质量不稳定，经济效益差的局面。这与我国经济建设发展的需要极不适应。而商品混凝土，从其生产和供应的方式来看，是改变这种落后状态的重要途径之一，因此，发展商品混凝土逐步实现现浇混凝土的工厂化生产和机械化施工是势在必行。

一、国外商品混凝土发展概况

商品混凝土在国外发展很快，70年代初在一些经济比较发达的国家里，商品混凝土已在混凝土的总产量中占有绝对优势。如美国占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3万多个预拌

混凝土工厂，日本和美国都拥有五千个左右的预拌混凝土工厂。伴随着商品混凝土的发展，混凝土的运输机械、混凝土搅拌输送车和混凝土施工技术也迅速的发展。如大容量的混凝土搅拌输送车、大排量的混凝土输送泵，带布料杆的混凝土输送泵车及新的泵送混凝土施工工艺的出现，并在实际的工程施工中得到广泛的应用，这都与商品混凝土的发展密切相关。近几年来，在一些国家的建筑工程施工中，泵送混凝土的工程量已在商品混凝土总产量中占有相当大的比例。如日本泵送混凝土所占的比例已达60%，在北美的一些城市中约占40%，英国伦敦占40~50%。

二、我国商品混凝土发展现状

我国的商品混凝土生产起步较晚。建国后虽然从50年代起，我国在一些大型工程如水电大坝、深港码头、冶金基地的大型厂矿等的建设中建立了混凝土集中搅拌站。有的集中搅拌站在当时具有一定水平，如冶金部第十三冶金建设公司在60年代建成的生产能力可达 $60\text{m}^3/\text{h}$ 的混凝土搅拌站就是一例。但那时混凝土供应方式仍是属于分散的小范围的自产自自用。70年代初我国相继引进了一批混凝土搅拌及输送设备，包括混凝土搅拌楼、混凝土搅拌输送车及混凝土泵车，但因技术和管理上的种种原因没能实现商品混凝土的生产。直至70年代后期，江苏省常州市在1978年用国产设备建立了商品混凝土供应站，开始以商品的形式向用户供应混凝土，到1983年已发展成为拥有投资115万元，占地面积 2.38万m^2 ，供应半径达15km（一般为5~8km），设计能力为年产量 50000m^3 的商品混凝土供应基地。在上海宝钢工程建设中，于1978年成套引进了商品混凝土的生产设备，包括散装水泥车，大型混凝土搅拌站，混凝土搅拌输送车及混凝土输送泵

车等，1979年3月先后建成年生产能力为50万 m^3 ，小时产量达180 m^3/h 的大型混凝土搅拌站两座，另外还建成二座产量为60~80 m^3/h 的搅拌站（国产设备）并建立了商品混凝土生产供应体制，统一调度，根据工程施工的需要可把混凝土直接送到浇灌工作地点。至今已生产商品混凝土上百万立方米。尔后北京、天津、西安、深圳等城市也相继建立了商品混凝土供应站，开始了商品混凝土的生产和供应。这些都说明我国的商品混凝土已经起步，人们已经对商品混凝土的优越性开始有所认识。

三、发展商品混凝土的重要意义

发展商品混凝土有较高的经济效益，根据1976年民主德国的统计分析，商品混凝土提高劳动生产率200~250%，减少砂石损耗12%，节约水泥10~15%。另外，由于混凝土制备和施工技术的进步给施工工地的面貌也带来巨大的变化。近几年来，在一些商品混凝土已经普遍推广应用的国家的建筑工地上，已经找不到混凝土搅拌机和砂石堆场。与传统的施工工地上的那种搅拌机隆隆响，砂石成山，泥水成河的情景形成鲜明对照。从国外发展商品混凝土的经验可以看到，发展商品混凝土生产不仅是提高技术经济效益的重要途径，而且能改变施工现场的面貌，是反映一个国家建筑施工水平的重要标志之一。

第二节 商品混凝土的生产

一、商品混凝土生产的优越性

几年来从发展我国商品混凝土的实践中，人们逐渐的认识到发展商品混凝土的优越性，商品混凝土生产将分散的小

生产方式的混凝土生产变成集中的专业化的混凝土生产系统，以商品的形式向用户供应混凝土。并将混凝土的搅拌、运输和布料（或布料由用户自己完成）三个工序紧密的结合在一起，给混凝土工程施工带来一些根本性的变革。其优越性是显而易见的，特别是对于我们这种混凝土需用量很大的国家，发展商品混凝土的经济效益是多方面的，归结起来有以下几点。

1. 提高设备利用率

分散的现场搅拌，在每一个施工工地至少要配备一台混凝土搅拌机及相应的配套设备，因此占用的设备数量多，而设备的利用率低，耗能大。以常州市为例，全市每年现浇混凝土工程量为 $8 \sim 10$ 万 m^3 ，按常规需配备混凝土搅拌机 60 台。采用商品混凝土后，只需配备 2 台 750l 的搅拌机，混凝土的年产量就达 5 万 m^3 。相当于全市全年混凝土需用量的一半以上，但设备的占用数量大大减少，相应的能源消耗也可降低。

2. 减少污染，节约用料

由于商品混凝土的生产首先是将分散到各施工现场的砂、石、水泥等原材料集中到预拌混凝土工厂。控制和减少了因现场搅拌对工地和城市的污染。也减少砂石、水泥在运输和存放过程中的损耗，仅砂石就可节约 12%。

商品混凝土是工厂化生产，有条件按照用户的要求准确而合理地选用水泥的品种、标号及用量，克服了现场搅拌盲目提高混凝土标号所造成的浪费。如上海宝钢工程施工中，于 1982 年对设计标号为 $R = 225$ 的混凝土，168 组标准试块的试验统计结果，超标号系数为 1.25，而对某一自拌自用的工地抽验的结果，超标号系数达 1.42。所以商品混凝土与分散的现场搅拌相比，可减少水泥浪费和损耗，节约水泥约

10%。

3. 有利于质量控制

商品混凝土的搅拌站，一般都有相对固定的原材料供应渠道，原材料的质量也比较稳定。同时，现代化的商品混凝土搅拌站，在原材料的配料和计量都普遍采用电子秤、配料穿孔卡片及电子计算机等新技术，自动控制配料和计量，作到配料合理，用料准确，便于控制混凝土的质量。这是一般现场搅拌所不可能做到的。因此，与搅拌混凝土相比，商品混凝土的质量稳定，如商品混凝土强度的离散系数，以常州市的统计为例 C_v 为 0.07~0.15，上海宝钢第二十冶金建筑公司搅拌站的统计结果：1979年 C_v 为 0.149；1982年 C_v 为 0.102。而一般现场搅拌的混凝土，其强度的离散系统 C_v 为 0.27~0.32，与商品混凝土相差很远，反映出质量上的差异。

4. 有利于新技术的推广

商品混凝土搅拌站生产量大，并有专业化的管理机构 and 人员，这就便于推广应用散装水泥、外加剂等新技术和新材料，进一步提高商品混凝土的经济效益。

如推广使用散装水，不仅可以大大节约袋装用纸张，而且可以减少袋装水泥在运输过程中破损造成的浪费，仅此就可以减少水泥浪费15%以上。

混凝土外加剂在许多国家已经被普遍采用，并把它当作混凝土的第五组分。商品混凝土的发展为外加剂普遍的推广应用创造了条件，如减水剂的应用可节约水泥10%以上。以上海宝钢建设中引进的两座年产量为50万 m^3 的大型搅拌站为例，两座搅拌站年产混凝土100万 m^3 ，按每 m^3 混凝土的水泥用量为300kg/ m^3 计算，使用减水剂可节约水泥3万吨。另外，可以通过外加剂和掺合料的使用，改变混凝土的性

能，可根据用户（或工程）的需要生产不同品种的混凝土，扩大混凝土的应用范围，进一步提高经济效益。

5. 商品混凝土的质量稳定，有利于推广使用新的施工工艺

由于商品混凝土的原材料质量稳定，整个生产过程处于严格的质量控制之下，所以混凝土拌合物的性能稳定，为推广应用泵送混凝土等新的施工工艺创造了条件。如上海宝钢炼钢厂转炉基础底板，混凝土工程量为 7106m^3 （实际浇灌量为 7249m^3 ），使用8台混凝土输送泵，采用配管方式直接把混凝土送至浇灌工作面浇灌，混凝土的运输采用41台 6m^3 的混凝土搅拌运输车，仅用29h就全部浇灌完毕。从而加快了工程进度，显示了商品混凝土生产与泵送混凝土施工相结合的优越性。

二、我国发展商品混凝土应注意的问题

在我国发展商品混凝土必须结合我国的国情，有计划逐步的推广商品混凝土。通过几年的实践，我们认识到发展商品混凝土是工程界的一项重要的技术改革，涉及面很广，需要解决的问题很多。在加速发展商品混凝土的过程中，特别应注意以下几个问题。

1. 布局合理

在一个城市或一个地区建立商品混凝土供应基地时，必须把新建的商品混凝土供应站和旧有混凝土搅拌站的改造、预制厂的扩建结合起来统一考虑，力求作到布局合理。从我国的具体情况出发，已有的混凝土搅拌站和混凝土预制品厂是发展商品混凝土的物质基础，应加以充分的利用，对这些站、厂进行适当的改造和扩建就可以满足商品混凝土生产的要求，而且可以节约投资。

考虑合理的布局，首先要确定经济合理的供应半径。经济合理的供应半径与商品混凝土的运输设备、城市交通情况及商品混凝土搅拌站的位置有关。一般地说，商品混凝土搅拌站应设在交通方便的地方。从城市交通的情况看，目前我国城市的交通比较拥挤，故商品混凝土的供应半径不易过大。从混凝土运输设备看，不同的运输设备有不同最佳运输距离。如搅拌输送车，其水平运距以500m~30km。应综合各种因素，根据本城市或地区的情况，确定经济合理的供应半径。如常州市最大的供应半径为15km，一般为5~8km。

2. 混凝土搅拌、运输及浇灌布料设备应配套发展

从技术的角度看，我国商品混凝土发展不快，其主要原因是混凝土的生产、运输和浇灌布料设备不配套，使混凝土的运输和布料问题没有很好的解决，因而限制了商品混凝土的发展。如七十年代初，有大排量混凝土输送泵的单位，却没有大型混凝土搅拌站和大容量的混凝土搅拌输送车，因而不能配套使用。又如自卸翻斗汽车长期以来是主要的混凝土运输设备，但在道路不良和长距离运输时，混凝土离析现象严重，影响混凝土的质量。根据我国的情况，有条件的地方采用搅拌输送车运送混凝土，配备混凝土输送泵进行布料，使混凝土直接入模。也可配备塔吊布料。对采用自卸汽车作混凝土运输的地方，应配备现场的二次搅拌装置，混凝土经再拌合后浇灌入模，就可以保证混凝土的质量。当然也可以采取其它的布料方式。总之，采用商品混凝土时，应从搅拌、运输到布料都要考虑所用设备生产能力与机械化程度的配套问题，否则不能很好的发挥商品混凝土的优越性。

3. 应尽快解决商品混凝土生产和施工中尚存的技术问题

在我国商品混凝土生产和施工过程中存在不少尚未解决

的技术问题，这些问题的解决对提高混凝土的质量及商品混凝土的推广应用都是有意义的。

例如，在商品混凝土生产过程中砂、石含水率的测定是普遍存在的没有很好解决的问题。虽然现代化的大型混凝土搅拌站采用了穿孔卡片程序自动控制等先进技术，砂、石称量误差不超过2%，水泥和外加剂的称量误差不超过1%，还配有砂子水分补偿装置，但由于砂子的含水率不能及时的测出，先进的技术和设备是“有劲使不上”，使砂子含水率的变化得不到及时的补偿。而砂子的含水率变化较大，在同一料仓的砂子，其含水率是沿着料仓的高度而降低。砂子含水率的变化必然要影响混凝土质量的稳定。所以急需解决砂、石含水率的自动测试仪器，以便与先进的混凝土搅拌设备相适应，进一步的提高混凝土的质量。

还有，像外加剂的掺加工工艺的改进。如在上海宝钢工程施工中为提高混凝土的流动性，在混凝土中加入木钙减水剂，木钙减水剂是在混凝土搅拌时加入。由于在混凝土的运输过程中坍落度损失较大，为保证混凝土的质量，在施工中对混凝土运输的延续时间提出了严格的限制。如当气温为20~30℃时，混凝土运输的延续时间不应超1.5h。在实际施工中为保证现场浇灌时混凝土的流动度，往往采用保持水灰比不变增加用水量的办法来提高混凝土出厂时的坍落度，以弥补运输过程中坍落度的损失，如采用运输过程中或到现场后加减水剂的方法，能收到减少坍落损失的效果，那就可以放宽对运输延续时间的限制。这样对商品混凝土的推广应用是有利的。

另外，还有混凝土掺合料如粉煤灰的应用等技术问题，都有待于在发展商品混凝土的过程中逐步解决，以进一步提高商品混凝土的经济效益。

第三节 现场混凝土的运输方法及 泵送混凝土的施工

商品混凝土由搅拌运输车运至施工现场后，尚需经过场内的水平和垂直运输把混凝土输送至各个浇灌工作面。场内混凝土水平和垂直运输的方法是各种各样的，根据所使用机具和设备的不同，归纳起来常用的方法有：塔架手推车、塔吊及吊斗、皮带运输机及泵送混凝土等方法。现将各种方法分别简述如下：

一、塔架手推车施工法

这种施工法是以塔架作混凝土垂直运输，用人力手推车作水平运输及布料。这种施工法的最大特点是设备简单投资少，容易实现。也是一般工程施工中常见的一种施工方法。但该法所需的劳动力多，劳动强度大，混凝土的输送速度慢、工效低。在混凝土的运输过程中，混凝土要多次倒运，容易产生离析。另外，由于塔架需缆风绳稳定，因此所占用的施工场地也大。这种施工方法一般适用于混凝土工程量不大、水平运输距离比较短的民用建筑施工。

二、塔吊及吊斗施工法

塔吊及吊斗施工法也是常见的施工方法之一。混凝土装在吊斗中，用塔吊将混凝土送至浇灌地点。这种施工方法的特点是利用塔吊把场内的垂直与水平运输一次完成，布料也比较灵活，但布料范围只能在塔吊吊臂的工作范围内。当所施工建筑物的平面面积大而超过塔吊吊臂的工作范围时，尚需用手推车辅助布料或增设塔吊的台数来满足混凝土运输和布料的需要。另外，塔吊的运输速度受塔吊的起重量及吊钩

升降速度的限制，特别是在高层建筑的工程施工中，工程进度往往要受到塔吊运输速度的控制。由于塔吊的适应性强，又能吊运其他的材料，所以塔吊及吊斗施工法是目前建筑施工中较普遍采用的施工方法。

三、皮带机输送法

这种施工方法是采用特制的混凝土皮带运输机，以多节“接力”的方式输送混凝土，对混凝土的性状有一定的要求，适合输送坍落度较低的混凝土。输送能力一般为 $10\sim 30\text{m}^3/\text{h}$ ，适合作场内的水平运输，运输距离一般为 $5\sim 100\text{m}$ 。这种施工方法在我国一般建筑施工中很少使用。

四、泵送混凝土施工法

泵送混凝土施工法是随着商品混凝土的发展被迅速推广应用的一种施工方法。在一些经济比较发达的国家，泵送混凝土得到广泛的应用。在我国有商品混凝土供应的地方，也开始推广泵送混凝土施工法。这种施工法的特点是利用混凝土泵压，借助于管道把混凝土压送至浇灌地点。使施工现场混凝土的水平运输和垂直运输连续化，并可直接向浇灌工作面布料。特别是现代的带布料杆的混凝土输送泵车，机动灵活，既可用布料杆直接布料，也可采用配管输送。混凝土输送泵的输送能力大，一般每小时排量可达 $70\sim 90\text{m}^3/\text{h}$ ，最大可达 $155\text{m}^3/\text{h}$ 。压送距离最大可达 910m ，压送高度达 199m 。所以泵送混凝土施工法既能满足工程量大，浇灌面积大，浇灌速度要求快的大体积混凝土及大型设备基础等工业建筑工程施工的需要，也能适应城市建筑工程施工的需要。而且，泵送混凝土施工可进行混凝土的长距离输送，不受施工场地狭小和施工道路不良的限制。但泵送混凝土施工对混凝土的性状及

流动度有一定的要求，因而对原材料的质量要求比较严格。现代的混凝土输送泵的适应范围也比较大，混凝土的坍落度在 5~23cm 的范围内都可以压送。

五、各种施工方法的比较

以上几种施工方法各有其特点，根据以往的工程实践，从施工技术及其效率来分析，泵送混凝土施工法适应性强，不仅把现场的水平 and 垂直运输连续化，而且可直接布料，具有技术先进，工效高的优越性，主要表现在以下几个方面：

1. 加快施工进度

由于泵送混凝土施工把场内水平与垂直运输连续化，减少了在运输过程中的倒运，而且混凝土输送泵可以连续压送，输送量比其它施工方法大。如上海宝钢工程 1B 焦炉基础，混凝土工程量为 3069m³，使用 7 台 DC-S115B 混凝土泵，仅用 13 个小时全部浇灌完毕。单台混凝土泵的最高输送量达 55m³/h，平均输送量 36.53m³/h。

2. 提高工效

根据上海宝钢工程施工中现场劳动力的统计分析，泵送混凝土施工的工效达到 8~16m³/工。如扣除搅拌站占用的劳动力等因素，与一般的施工方法相比，可提高工效 4~6 倍，同时减轻了劳动强度，节约了劳动力。

根据国外的统计分析资料，

美国：泵送混凝土与塔吊手推车的方法相比，可节约劳动力 2/3；

日本：泵送混凝土与塔吊手推车的方法相比，可节约劳动力 60%；

保加利亚：以排量为 15~22m³/h 的柱塞泵与 3t 塔吊及 18m 长皮带运输机进行比较，皮带运输机的劳动消耗为混