

282363

成都工学院图书馆

高等学校交流讲义

藏

混凝土及钢筋混凝土 制品工艺学

西安冶金学院建筑材料及工艺教研组编



中国工业出版社

7
7.1

高等学校交流讲义



混凝土及钢筋混凝土 制品工艺学

西安冶金学院建筑材料及工艺教研组编

中国工业出版社

本书主要叙述了水泥混凝土所用的原材料,水泥混凝土的性质、配合比的選擇,混凝土工厂的仓库設施,混凝土混合物的制备,钢筋加工工艺,混凝土制品的各种成型方法,预应力钢筋混凝土制品的生产,混凝土的加速硬化方法,制品生产过程的质量控制,成品的质量檢查及成品堆场的业务組織等有关混凝土与钢筋混凝土制品在工厂及在露天預制場生产的工艺問題。此外,还介紹了几种主要特种混凝土的材料組成、性质和生产方法。

本书除供五年制高等学校作为交流讲义外,还可供混凝土制品生产企业的工程技术人员和土建工程技术人员参考。

混凝土及钢筋混凝土制品工艺学

西安冶金学院建筑材料及工艺教研組編

*

中国工业出版社出版(北京东黄城根路10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092¹/₁₆·印張16⁵/₈·字数388,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001-833·定价(10-6)2.00元

統一书号:15165·611(建工-46)

前 言

为了适应建筑事业不断发展的需要，从1955年起，我国在高等院校中开始设置“混凝土及建筑制品”专业。当时由于这个新专业的主要课程“混凝土及钢筋混凝土制品工艺学”没有适当的教材，所以我们即根据教学上的需要，首先收集了国内外有关资料，并在此基础上，依照苏联“混凝土及钢筋混凝土制品工艺学”教学大纲的内容安排和我国教学计划的学时要求，从1958年起开始编写本教材。

本教材于1960年上半年在我院“混凝土及建筑制品”专业中“混凝土及钢筋混凝土制品工艺学”课程教学中开始试用。在试用过程中，经过校内讲授和校外混凝土制品加工厂的现场教学等教学活动，曾不断地对此书稿进行了补充与修改。在1960年学术思想讨论活动中，对此书稿又进行了检查。最后在我院党委和系党总支领导下，又组织了担任讲授本课程的有关教师和本专业的部分高年级学生集体修改和整理，并经专人审查而编成本教材。

本教材内容的体系是以混凝土及钢筋混凝土制品生产工艺的流程为主，以某种具有代表性的制品的全部生产过程为辅进行编排的。这样既可使本课程各部分内容之间联系密切，也可避免内容重复，以便于学生学习本课程的各部分内容时有较深入而全面的理解。

在编写本教材的过程中，我们注意贯彻了我国建筑工程部及冶金工业部所颁发的有关技术规程；力求选取与我国生产实践相结合的资料，反映我国混凝土及钢筋混凝土制品生产工艺的特点和新的技术成就。如我们注意了结合我国目前在混凝土及钢筋混凝土制品生产中机械化程度和我国的资源、气候和经济条件及生产管理水平等，来选取适合我国的工艺方法；又如预加应力钢筋混凝土制品已为实践所证实在今后钢筋混凝土制品生产中将广泛采用，因此我们在本教材中专门列有“预加应力钢筋混凝土制品生产工艺”一章，对整个预加应力钢筋混凝土制品生产工艺进行了全面的阐述。同时还注意吸收了目前国内尚未采用的国外先进技术，特别是对苏联的最新技术成果，进行了适当的介绍。

由于我们的思想及学术水平有限和在教学实践中经验不足，因此本书可能有疏忽和错误之处，希望读者提出宝贵意见，以便再版时修订和补充。

西安冶金学院建筑材料及工艺教研组

1961年5月

目 录

緒論	4	§ 3-7 混凝土原材料的准备加工	84
第一章 水泥混凝土	9	§ 3-8 混凝土混合物的运送	89
§ 1-1 水泥混凝土的定义、分类和应用	9	第四章 鋼筋加工工艺	93
§ 1-2 混凝土混合物	10	§ 4-1 鋼筋加工工艺的一般概述	93
§ 1-3 水在混凝土混合物中的分布	13	§ 4-2 鋼筋的品种及其应用	95
§ 1-4 塑化剂的应用	14	§ 4-3 鋼筋的验收及贮存	97
§ 1-5 加气剂的应用	17	§ 4-4 鋼筋的矯正、切断及弯曲	98
§ 1-6 細骨料	20	§ 4-5 鋼筋的放綫和配料	101
§ 1-7 粗骨料	20	§ 4-6 低碳鋼的物理机械性能与 冷加工的基本原理	102
§ 1-8 矿物胶結材料的硬化及水泥石的 結構組織	31	§ 4-7 鋼筋的冷拉	104
§ 1-9 混凝土的强度	32	§ 4-8 冷拉控制荷重的計算	105
§ 1-10 振搗强度对混凝土强度的影响	35	§ 4-9 鋼筋的冷軋	107
§ 1-11 混凝土强度的增长速度	36	§ 4-10 鋼筋的冷拔	109
§ 1-12 养护温度、湿度对混凝土强度增长 的影响	39	§ 4-11 鋼筋的点焊工艺及其基本原理	111
§ 1-13 混凝土的物理性质	41	§ 4-12 点焊机中主要机件的操作方法	115
§ 1-14 混凝土的耐久性质	43	§ 4-13 点焊机的操作程序	117
§ 1-15 混凝土配合比的设计	46	§ 4-14 点焊生产的劳动組織	119
§ 1-16 混凝土配合比的设计举例	52	§ 4-15 点焊的质量检查	123
第二章 混凝土工厂的仓库設施	57	§ 4-16 綁扎搭接的鋼筋对接法	124
§ 2-1 鋼筋混凝土制品生产工艺的 一般概述	57	§ 4-17 接触对焊的鋼筋对接法	125
§ 2-2 混凝土工厂中仓库設施和混凝土 制备工艺的一般概述	59	§ 4-18 不加預热連續閃光焊的工艺特征 及实质	125
§ 2-3 原料仓库	60	§ 4-19 預热閃光焊的工艺特征及实质	128
§ 2-4 骨料仓库設施	61	§ 4-20 閃光焊接制度的選擇及其影响 因素	129
§ 2-5 水泥仓库設施	65	§ 4-21 接触对焊的操作及劳动組織	133
第三章 混凝土混合物的制备	70	§ 4-22 用电弧焊的对接法	134
§ 3-1 混凝土混合物的拌合	70	§ 4-23 对焊接头的质量检查	136
§ 3-2 混凝土混合物原材料的称量	72	第五章 制品的成型	138
§ 3-3 攪拌设备的工艺布置原則	76	§ 5-1 制品成型的一般概述	138
§ 3-4 攪拌車間生产能力的确定和攪拌 设备的选定	79	§ 5-2 模板的功用及其基本要求	139
§ 3-5 混凝土攪拌車間实例	80	§ 5-3 模板的分类及其优缺点	139
§ 3-6 連續式混凝土攪拌工艺	82	§ 5-4 金屬模板	140
		§ 5-5 混凝土及鋼筋混凝土模板	142
		§ 5-6 木模板	145

§ 5-7	模板涂料	145
§ 5-8	振捣成型方法的实质及 振动制度的选择	147
§ 5-9	加压振捣法	150
§ 5-10	双向振捣成型法及振动模芯 成型法	152
§ 5-11	振动模压法	155
§ 5-12	振动真空作业成型法	157
§ 5-13	插入式振捣器及表面振动器的 应用	160
§ 5-14	离心法成型制品的基本原理及 成型制度	162
§ 5-15	离心法成型对原材料的基本 要求及配合比的特点	164
§ 5-16	离心法成型设备及生产工艺 过程	165
§ 5-17	连续压轧法和成组立模法生产 大型板材	167
§ 5-18	装配式大型屋面板的生产	170
§ 5-19	压力灌浆混凝土施工方法	173

第六章 预应力钢筋混凝土制品生产

§ 6-1	预应力钢筋混凝土制品生产的 概述	176
§ 6-2	预应力钢筋混凝土所用的材料	176
§ 6-3	张拉钢筋用的设备及预加应力 钢筋的制备	177
§ 6-4	预应力混凝土构件中的钢筋应力 损失	188
§ 6-5	后张法预应力钢筋混凝土构件的 生产工艺	190
§ 6-6	粗钢筋先张法预应力构件的 生产工艺	196
§ 6-7	预应力钢丝混凝土制品的	

生产工艺 199

§ 6-8 电热法张拉钢筋的生产工艺 201

§ 6-9 连续配筋生产工艺 203

§ 6-10 预应力高压水管的生产工艺
特点 205

第七章 混凝土制品的加速硬化

§ 7-1	概述	205
§ 7-2	采用快硬水泥及干硬性混凝土	205
§ 7-3	水泥重磨	211
§ 7-4	掺入化学促硬剂	212
§ 7-5	混凝土在常压下的蒸汽养护	213
§ 7-6	混凝土在常压下蒸汽养护 的设施	220
§ 7-7	混凝土的高压蒸汽养护	225
§ 7-8	混凝土的干热处理	227

第八章 生产过程中的质量控制、成品的

质量检验、堆场的业务组成 233

§ 8-1	生产中的质量控制	233
§ 8-2	混凝土强度的检验	233
§ 8-3	钢筋质量检查	232
§ 8-4	制品成型过程中的检查	233
§ 8-5	制品强度、刚度、抗裂性的检查 及成品堆场的业务组织	243

第九章 特种混凝土

§ 9-1	多孔混凝土的定义及一般概述	248
§ 9-2	多孔混凝土的主要性质	249
§ 9-3	泡沫剂和泡沫的配制	250
§ 9-4	非蒸压与蒸压处理的泡沫混凝土 的制备	253
§ 9-5	气孔混凝土	259
§ 9-6	轻质混凝土	262
§ 9-7	大孔混凝土	260
§ 9-8	耐酸混凝土	261
§ 9-9	耐热混凝土	263

緒 論

在現代建築事業中，混凝土和鋼筋混凝土得到了迅速的發展與廣泛的應用。與其他建築材料如鋼材、木材相比較，混凝土及鋼筋混凝土具有很多優異的特性。它的耐久性、防火性較高：可以配製成不同強度、容重、保溫性能及其他性能的制品。因之混凝土及鋼筋混凝土制品能適應建築工程中的多種技術要求。其組成材料中，大部分系屬地方性材料，因之與其他材料相比，一般較為經濟；且其製造工藝比較簡易，便於大量施工。在許多建築工程中，又可以鋼筋混凝土結構代替鋼結構，對大量節約鋼材更具有突出的意義。

自從混凝土及鋼筋混凝土出現後，長期以來，在許多建築工程中均只採用現場攪搗的辦法來修造各種結構。但隨著生產的發展，特別是在蘇聯和其他一些社會主義國家中，為適應國民經濟建設中建築工業化的需要、建築設計標準化和建築施工機械化的發展，以及混凝土及鋼筋混凝土的應用技術的不斷提高，大大地發展了裝配式混凝土及鋼筋混凝土預制構件的生產，因之目前已形成了混凝土及鋼筋混凝土制品工藝學這一獨立的技术科學。

根據我國幾年來基本建設的實踐證明：採用裝配式鋼筋混凝土結構，實行工廠化、機械化施工比採用現場攪制的整體混凝土結構，有着多方面的優越性：

1. 大大加速了建設速度。根據許多資料計算，採用裝配式預制構件，工廠化、機械化施工，可以縮短工期50—60%。劉少奇主席在中國共產黨第八屆全國代表大會第二次會議上所作的報告中指出：“建設速度的問題，是社會主義革命勝利後擺在我們面前的最重要的問題。”可見在建築工程中採用裝配式預制構件，對於國家建設事業具有重要的經濟意義和政治意義。

2. 有利於保證工程質量。在工廠中便於進行技術管理和便於提高工人的技術操作熟練程度，從而使預制構件比在現場攪制容易達到設計所要求的質量。

3. 工廠預制便於採用新技術，便於統一配料，更好地利用廢殘料，減少材料的消耗。如在工廠預制構件時可較廣泛地採用干硬性混凝土及預應力鋼筋混凝土。採用干硬性混凝土製造一立方米構件比現場攪制可節省水泥約40—60公斤，木材約70%。採用預應力鋼筋混凝土則可大量節約鋼材。其他如對鋼筋進行冷加工，採用點焊等新技術對鋼材的節約亦有很大作用。

4. 工廠預制可以大大改善工人的操作條件，降低生產勞動的繁重程度，減少直接在建築工程現場施工的勞動量；簡化施工現場的勞動組織；克服施工季節性的限制。對組織均衡施工，加強施工管理提供了有利條件。

因此，近年來裝配式混凝土和鋼筋混凝土預制構件的生產，在許多國家都獲得了迅速的發展，廣泛地應用於各個經濟建設部門。如交通運輸業中的軌枕、橋梁；電力工業中的電杆；採礦工業中的矿井支架；石油工業中的輸油管、油罐；排水工程中的水管以及其他工業與民用建築中的各種型式的構件。

解放前，我国处在半封建半殖民地的地位，各項建設很少，混凝土及鋼筋混凝土工程不多，更談不到混凝土及鋼筋混凝土預制构件的生产。自从在中国共产党领导下，全国人民获得了解放以后，随着基本建設的逐年增长，建筑事业亦得到了史无前例的发展。在各项工业与民用建筑中不仅大量采用了現場澆搗的混凝土和鋼筋混凝土結構，而且对装配式預制构件的生产也十分重視。目前全国許多地区和各種工地都先后建立了生产装配式混凝土及鋼筋混凝土預制构件的工厂及工地附屬企业，因而在生产混凝土及鋼筋混凝土預制构件的工艺技术上，也有了很大的发展。

預应力鋼筋混凝土在我国的应用，近年来亦得到迅速的发展，如大跨度的拱形屋架、薄腹梁、屋面板及重型吊車梁等均已生产。

在混凝土制品品种方面，目前不仅大量生产了工业建筑用的各种預制构件，而且也生产了民用建筑用的大型墙板等制品。据建筑工程部所屬企业的統計，1957年，在工业建筑中鋼筋混凝土結構的預制装配程度按工程量計已达55—60%。在大跃进的1958年，由于大量采用預制构件，不少单位装配程度已提高到80%以上。

在混凝土制品安装技术上，現在已基本上能够熟练地安装大跨度的各种預应力鋼筋混凝土屋架，并已向高层工业与民用建筑发展。如高达13层的北京民族飯店即系采用装配式結構和机械化施工。

在混凝土生产工艺方面，不仅早已改变了旧中国遺留下来的落后的体积配比法，从1952年即普遍采用重量配比法，严格控制水灰比并进行材料檢驗。而且在采用塑性混凝土的同时，逐渐发展了低流动性和干硬性混凝土，相应地采用了机械攪拌和机械振搗。同时还制訂了一系列先进的技术操作規程，从而大大提高了混凝土的质量。

对于在混凝土工程中如何節約水泥以降低成本，亦进行了很多的工作，如推广采用干硬性混凝土，在施工現場掺加混合料，掺入塑化剂、快硬剂，改善骨料級配，利用后期强度等均已普遍推广，并已收到很大的效果。

在混凝土攪拌方面，不仅已由手工操作改变为机械拌合，而且已在我国某些水坝工地与工业建設基地建立了大型的自动化混凝土攪拌站。

在鋼筋加工工艺方面，已由手工操作逐渐改为机械化、半机械化加工，以焊接代替綁扎，并采用了冷拔、冷拉、冷轧等有效的先进技术。所有这些新技术的采用，不仅保证了鋼筋混凝土制品的质量，減輕了繁重的体力劳动，而且也大量地節約了鋼材。

在混凝土品种方面，解放前只有普通混凝土一种，质量还不易保证。而現在已大量使用了快硬高强混凝土、冷混凝土、耐热混凝土、耐油混凝土、耐酸混凝土和湿碾矿渣混凝土以及其他許多新品种的混凝土。在配筋混凝土方面，除大量发展了預应力鋼筋混凝土外，对自应力混凝土、竹筋混凝土、玻璃絲混凝土及草筋混凝土等均进行了試驗研究与应用。此外，还大量推广使用了硅酸盐与泡沫硅酸盐等。

在科学研究与混凝土檢驗方面，由于党对科学研究工作与工程质量极为重視，解放后大力建立与发展了許多研究与檢驗机构，并培养了大量的技术人材，改变了旧中国沒有研究人員、混凝土試驗技术极为落后的現象。目前，不仅有許多全国性专业研究机构，而且各地区一般的生产混凝土及鋼筋混凝土制品的工厂企业及混凝土施工現場，亦都建立了各种規模的研究机构或檢驗站。所有这些，都为建筑工业化打下了良好的基础。

总之，我国在生产混凝土及鋼筋混凝土制品的技术領域內，不仅已經改变了过去完全

空白的落后状态，而且已逐步掌握世界先进理论与技术，并能结合我国特点进行创造性的活动。

取得这些巨大成就的根本原因是，由于我国人民在中国共产党的领导下，在经济上及政治上取得了社会主义革命胜利的结果。1958年以来的几年持续大跃进，更是在第一个五年计划胜利完成的基础上，高举社会主义建设总路线、大跃进、人民公社三面红旗奋勇前进的结果。

根据我国几年来基本建设实践证明，发展装配式预制构件必须与工程特点相适应。有些混凝土或钢筋混凝土工程目前采用现场浇灌仍然是适宜的。如大型水电站的一些混凝土及钢筋混凝土工程和一些特殊建筑中有大量钢筋的钢筋混凝土工程，仍以现场浇灌为宜。另外，在发展装配式预制构件、建立生产基地时，应根据技术条件与经济条件适当地采用工厂预制或现场预制。目前我国在工业建筑上，屋架梁、屋面板等标准构件，一般是工厂预制，而大型的不便于运输的构件和不便于工厂大量预制的特殊构件一般在工地预制。

随着我国大规模社会主义经济建设事业的飞跃发展，装配式预制构件必将越来越多地被采用。特别是近几年来以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的群众性技术革新和技术革命运动开展以来，制品的生产工艺，已经由零星的单一的工序，发展成为按工种、工序进行系统的革新的新阶段。这样，必将给混凝土及钢筋混凝土制品生产带来一个新的面貌，使预制构件的生产更加适应我国的特点和国家建设的需要，确定出制造各种构件最合理的工艺方法，设计并制造出适用于制造各种构件的各种型式的设备。同时，也会创造出适合我国各地区不同条件的生产装配式混凝土及钢筋混凝土制品企业的最好组织形式。这是我们建筑工作者在社会主义建设中的光荣使命。我们相信在中国共产党的领导下，在社会主义建设总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，一定会胜利地完成这一光荣使命。

第一章 水 泥 混 凝 土

§1—1 水泥混凝土的定义、分类和应用

混凝土是以胶結材料、水及骨料等合理組成的混合物，經過硬化以后而获得的一种人造石材。水泥混凝土是指以水泥作为胶結材料所获得的混凝土。

从广义的方面来讲，組成中不包括粗骨料(碎石、卵石)而仅有細骨料(砂)的混合物也可称为混凝土。这种混凝土一般通称为砂浆。混凝土的組成中也可以不包括粗細骨料，而仅由胶結材料和水相混合。这种混凝土有如一般所称的泡沫混凝土。混凝土的組成中亦可仅有粗骨料而无細骨料：这种混凝土常称之为大孔(无砂)混凝土。

混凝土的組成中，除上述几种材料之外，有时还加入磨細的矿物混合材料和其他能够改善混凝土性质、节约水泥、調节凝結時間、加速混凝土硬化等化学剂一类的物质。

最普遍应用于生产中的混凝土，一般称之为普通混凝土。它是由水泥、水及坚实的粗細骨料所組成。其特点是强度高，一般可达500公斤/平方厘米，或更高达1000公斤/平方厘米，其容重一般为2200—2500公斤/立方米。普通混凝土的缺点是自重大，导热系数较高，硬化較慢。所以在混凝土的发展方面，近年来的主要方向，是寻求自重小、强度高、硬化快等方法，来改善普通混凝土的缺点，迫使装配式构件更有效地应用于各种工程中。

混凝土可根据不同原則来分类，如按容重、材料、用途等。按容重来分可有：

1. 重級混凝土：这类混凝土的容重大于2600公斤/立方米。它含有重的骨料，如铁屑或重晶石。铁屑混凝土用于耐磨性要求較高的地方。重晶石混凝土用于防 α 射线或 α 射线穿透的设备上。

2. 重級混凝土：即普通混凝土。其容重为2200—2500公斤/立方米。以碎石或礫石为骨料。适用于普通装配式鋼筋混凝土承重的构件。它的特点是密实性較高和强度較大。

3. 中級混凝土：其容重为1800—2200公斤/立方米。多为以碎磚或其他較輕质的骨料所制成的混凝土。

4. 輕級混凝土：其容重在1200—1800公斤/立方米。以矿渣、陶粒、浮石等輕质骨料所制得的混凝土。适用于制作承重兼隔热的混凝土制品。

5. 特輕級混凝土：其容重在1200公斤/立方米以下。用于专门隔热的特輕混凝土，其容重多小于600公斤/立方米，它是含有大量气孔的混凝土，完全或几乎无硬质骨料。

依所用的胶結材料的品种不同，混凝土可分为以下几种：

1. 有机胶結材所制得的混凝土，如瀝青混凝土。

2. 无机胶結材所制得的混凝土，如石膏混凝土；石灰砂制品，石灰矿渣，石灰粘土，石灰煤灰等制品。这一类主要是利用地方性原材料为基础而制成的混凝土。它們常常不含粗骨料。有关以上所述及的混凝土制品的知識将在建筑制品工艺学中讲述。

以硅酸盐水泥，矿渣硅酸盐水泥，火山灰硅酸盐水泥等无机胶結材料所制得的混凝土，即所謂水泥混凝土是本課程研究的对象。

除上述几种胶結材料之外，还可以利用几种胶結材料，以不同的比例共同組合起来，作为混凝土的胶結材料。如以水泥、石灰、石膏相混合，作为胶結材料来配制混凝土。

依用途不同，混凝土亦可分成很多种。如土工混凝土、防水混凝土、隔热混凝土、耐酸混凝土、耐磨混凝土等等。

§ 1-2 混 凝 土 混 合 物

混凝土混合物是指混凝土各組分經過混拌均匀以后，在沒有硬化以前的混合物。

1. 混凝土混合物的性质 研究混凝土的性质和其主规律，应首先从混凝土混合物开始。混凝土混合物的性质和其质量的好坏在构件生产中有着很大的技术經濟意义。它不仅对混凝土的成型有着直接影响，同时对硬化后混凝土的性质也起着很大的作用。

混凝土混合物性质的判定，一般常以和易性（流动性、工作性、干硬度）来表示。

混凝土的和易性是指新拌制的混凝土，在保証质地均匀，各种成分不致离析的条件下，所表現适应于选定的制品生产工艺中运送、澆注、捣实成型、抹面等工作上的流动程度和粘結程度。

和易性好，应表现在澆注成型时，能够在模板內填充密实、分布均匀、混凝土各成分不致发生离析，并且不致泌水，脱模后不致形成蜂窝麻面等不良缺陷。同时硬化后的混凝土能与钢筋紧密粘結。

2. 混凝土和易性的判定方法。

混凝土和易性的意义很不单纯，因而也难于用一项数值来充分表示，通常多用流动性作为一种表示方法。

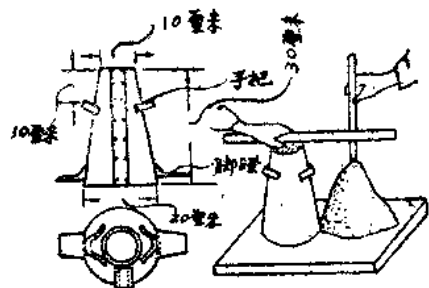


图 1-1 测定混凝土混合物的坍落度

测定混凝土和易性的方法，随着混凝土技术的不断发展，也有不同的改进。苏联先后提出有各种不同方法。最简单的，也是过去較早采用的方法，是使用标准截錐試模来测定混凝土混合物坍落度的方法（亦称流动性或坍陷度）。具体試驗方法可参看混凝土試驗手册之类书籍。

錐模試驗主要是判定塑性混凝土和易性的方法，它是利用試体頂部的坍落度（量至厘米）来表示混凝土的和易性（图1-1）。

在实验时应注意，铁棒插倒是否困难，抹面是否容易，量出坍陷度后，用手輕拍試体側部，观察其变化情形，如試体徐徐坍陷并无碎裂情形，則它的和易性可认为良好；否則，如試体輕拍后碎为数块，或有石子墜落，这說明其和易性欠佳。和易性不良的混凝土在运送、澆注过程中容易形成石粒堆叠，成分离析等不良現象。所以它的成分配合也須作进一步的修正。

根据混凝土坍落度的不同，常将混凝土混合物分成二类：一为塑性的，一为干硬性的。所谓塑性的混凝土是指它能借助本身重力作用或稍加外力即能很順利地完成混凝土的成型工作；而干硬性的混凝土則必須借助外力作用使混凝土充填模型內。塑性混凝土又依其坍落度不同分为低流动的，普通塑性的和可鐫的。干硬性的混凝土又分为干硬性的和特

干硬性的二种。

由于混凝土工艺技术的不断发展,近年来多以震捣成型的方法代替手工插捣的方法。因此在预制混凝土工厂中多采用低流动性混凝土或干硬性混凝土,而很少采用普通塑性混凝土。目前也很少采用特干硬性混凝土。

以坍落度来表示混凝土的和易性已经不能适应混凝土工艺发展的需要,不能借以判定采用振捣成型方法的混凝土的和易性。如干硬性混凝土的坍落度常为零,这样就无法来指导生产中应采用何种程度的捣实方法。

为了克服上述缺点,使测定方法更接近实际生产情况,混凝土除用上述锥体坍落度表示之外,还采用测定其“流动指数”或称“工作性指数”的方法来评定混凝土的和易性。这一方法尤其适用于使用振捣设备成型的生产工艺。

测定混凝土的流动指数是将普通截头圆锥试模(比锥模底部直径稍缩小一些)放进 $20 \times 20 \times 20$ 厘米立方体试件模型中(图1-2)。立方体模型则置于振动台上(振幅为0.35毫米,振动频率为2500—3000次/分)并给以固定。试验时,仍将混凝土混合物按普通试验步骤分三层装捣,然后将锥模提出,开始振动,直至模内混凝土充分展开形成水平表面为止。计量从开始震动到混凝土表面形成水平为止的时间(以秒计)称之为“流动指数”,用以表示混凝土的和易性。

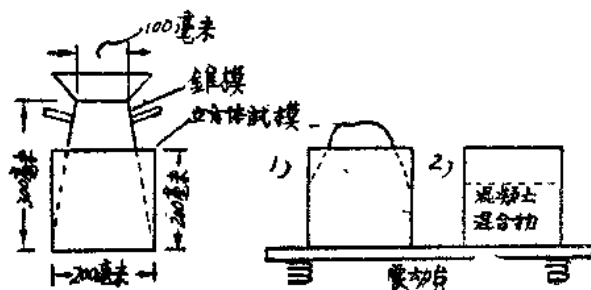


图 1-2 测定混凝土混合物的流动指数

1) 震动前; 2) 震动后

在振动之际,如果观察到表面上渗出砂浆,即表示砂量多余;如在中央部位出现石子堆叠并在试模周边渗出水泥浆,则说明砂量不足。

最近苏联又提出一种测定干硬性混凝土和易性的方法。测定的仪器称之为工业粘度计,如图1-3所示。它是由一个圆筒形外模和一个圆筒形内环构成。圆筒外模和内环底缘间要留出一定空隙,空隙大小应依骨料粒度大小加以调整。该仪器固定在振动台上(振幅0.5毫米,频率2800—3000次/分)。测定前,向粘度计装入混凝土混合物时,每次所装混凝土混合物为12公斤,分三层装捣。未能进入锥形筒内的混合物仍保留在漏斗内。对混凝土亦不加抹平,然后将锥形筒连同漏斗揭去。此时,部分混合物可以坍入粘度计内。自振动器开动时起,至粘度计刻度尺上的标记与三角支架顶部上表面相齐时为止,这段时间(以秒计)即为干硬度指数。粘度计上的标记是依照混凝土混合物经过振捣捣实后筒形内环的内外两侧的混凝土表面处于同一水平时的标记。

以粘度计测得的混凝土的干硬度,在30—180秒之间者称之为普通干硬性混凝土,超过180秒者称之为特干硬性混凝土。

3. 流动性大小的选择 流动性大小的选择,应考虑到所生产制品的断面尺寸大小、钢筋疏密程度以及成型方法等因素确定。

表1-1中所列各项数值,可作为选择混凝土流动度的初步参考,实际施工时,再根据具体条件适当修正。

4. 影响混凝土和易性的主要因素 这里讨论一下能影响混凝土混合物流动性,粘滞性

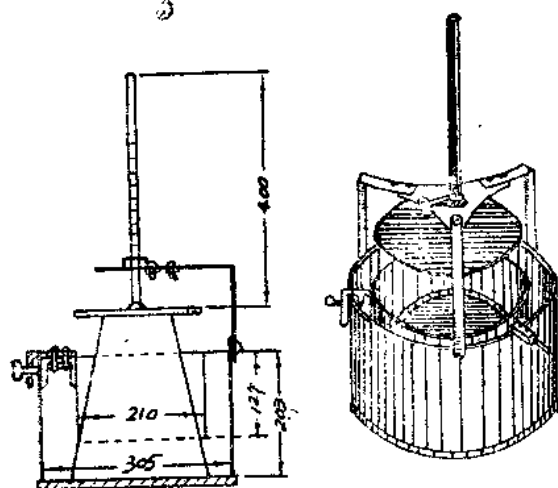


图 1-3 工业粘度计

以及泌水性的几项主要因素，以供今后设计混凝土配合比以及研究改善拌合物的和易性参考。

1) 水泥品种

当混凝土配合成分比例完全相同，而水泥品种和水泥细度不同，则混凝土上的流动性和粘滞性也就不同。火山灰质水泥需水量较多，与普通水泥相比，当用水量相同时，它的坍落度较低。又如水泥中掺有不同的混合材料也能影响混凝土上的流动度。水泥细度较细者，可以提高混凝土混合物的粘滞性，可以减小一些离析、泌水现象。

2) 水泥浆含量

混凝土中必须含有足够的水泥浆，以充分填充砂石之间的全部空隙。且应具有一定的富裕，以润滑混凝土拌合物。因而水泥浆较多，混凝土的流动性较好。在浇注振捣时也较容易。但当水泥浆增加到已经包盖了骨料颗粒表面，并使颗粒间具有一层水泥浆薄膜之后，再增加水泥浆时，对混凝土和易性影响就不显著了。所以，当混凝土的流动性不足时，一般可以用增加水泥浆的办法来调节改进。但增加水泥浆时，必须维持既定的水灰比值不变，否则单凭增加用水量的办法来改善混凝土的流动性，就等于增大了水灰比，而降低了混凝土的强度。

3) 粗细骨料对和易性的影响

骨料颗粒形状和尺寸对和易性的影响很大。骨料粒度愈大，颗粒表面积总和愈小，需要润滑骨料的水泥浆越少，因此混凝土的流动度也较大。但粗细颗粒之间必须有良好的比例关系。若粗颗粒过多，即易发生离析；而且由于砂量少，不足以填充粗骨料的空隙，故在砂石合并捣注后需要较多的水泥浆量来填充所余空隙，因此浪费了水泥用量。

骨料颗粒的外表形状，与和易性也有很大关系。颗粒形状越圆，表面越光，它的和易性愈佳；相反，若颗粒富有棱角，表面粗糙，则在同量水泥浆条件下的和易性亦较差。而

表 1-1 混凝土和易性选择参考表

结构种类	捣注方式	
	振动器振捣	人工振捣
	锥体坍落度指数 (厘米)	锥体坍落度 (厘米)
基础、地板、路面等垫层	1-2	35-25
无钢筋的大体积混凝土结构 (挡土墙、基础、混凝土耳块) 以及钢筋稀疏的混凝土结构	2-4	25-15
普通钢筋混凝土结构 (钢筋混凝土板、梁、及较大断面和中等断面的钢筋混凝土柱)	4-6	15-12
钢筋配置稠密的钢筋混凝土结构 (圆斗、墙墩以及较小断面的钢筋混凝土柱等)	6-8	12-10

表 1-2 各种混凝土混合物和易性指标

混凝土混合物和易性特征	表示方法	
	坍落度 (厘米)	干硬度 (秒)
特干硬性混凝土	0	大于180
干硬性混凝土	0	30-180
低流动性混凝土	1-3	15-30
普通塑性混凝土	5-8	5-10

骨料的吸水性亦与其有很大关系。

骨料中砂石比例对混凝土和易性亦有影响，对此将在混凝土配合比设计中讲述。

4) 除上述一些因素之外，还有一项就是水泥浆的质量，即水泥浆的稠度（粘結程度）。即与水灰比有关。水泥浆本身稠度变化范围是很大的，如水泥用量一定，改变用水量则其稠度可以由塑性很大变成很稠的水泥浆。水泥浆塑性越大（水灰比越大），粘結性越差，则混合物中不同粒度的骨料越是易于分离，形成分层现象。

为了使混凝土保证质地均匀，应当增大水泥浆的粘結性，而粘結性程度大小的选择应取决于混凝土浇筑成型的条件。

5) 塑化剂对和易性的影响

当在混凝土中掺入适量的塑化剂或加气剂后，可以大大改善混合物的和易性和粘結性，降低其泌水性，从而可以大大提高混凝土的匀质性和耐久性。而且，还可以节省水泥。有关塑化剂的应用在下节中讲述。

6) 温度对和易性的影响

混凝土施工的大气温度亦可以对混凝土混合物的流动性发生影响。气温高，混合物流动度降低较快。在热天施工时，特别是当混合物运送时间较久时，更需要注意这个问题。

为了更进一步研究水泥浆的稠度（粘結性）对混凝土混合物性质的影响，我们应当从观察混凝土混合物内水的分布，和研究在逐渐向混凝土混合物内加水后，对混合物性质的影响等方面进行，因为水对混凝土混合物的性质起着显著的作用。

§ 1—3 水在混凝土混合物中的分布

混凝土混合物内的水可分成两大部分：一为结合水，即与固体颗粒相互作用，并且其間作用力大于水的重力而与固态物质相互结合的水分。另一部分为自由水，即能借自身重力而很容易地在混合物中間的空隙内流动的水分。

结合水又可分为化学结合水与物理结合水两部分。化学结合水即与胶凝物质相互作用而起化学反应的水。物理结合水，即由于吸附作用而在固体颗粒表面所形成的一层水分子薄膜，和由于毛细作用的结果而在颗粒孔隙中存在的水分。

当水和固体颗粒混合后，如果不考虑化学结合水的部分，则首先形成围绕固体颗粒表面吸附着一层的水分子薄膜，而此薄膜几乎和固体一样同固体颗粒紧密牢固的结合着。在此水分子薄膜之外，还有一层约 0.1 微米厚度的结合较弱的水膜。

所需吸附水量的多少取决于颗粒比表面积的多少。在混凝土混合物中比表面积起主要作用的是胶结材料和其他附加微细颗粒的物质。

其次是形成弯液面的水分，当水分还不足以充满整个颗粒之间的空隙时，在颗粒之間接触处较窄的孔隙中形成毛细作用的弯液面。

当水量继续增加，含有足够保证所需上述物理结合水时，混凝土混合物才开始表现具有最低的流动性质。

应当指出，混合物内各种结合水在数量上的多少是随着化学反应过程、向骨料内部空隙吸入水量的多少以及骨料自然湿度等因素影响而时时在变化着的。

随着自由水量的增加，粘結性（主要是水泥浆）逐渐减小，混凝土的流动性逐渐增

加。但是流动性的增加，如果仅依靠增加水量而不改变其他成分的比例关系，将会使水泥浆的粘性发生破坏，而引起泌水现象和分层现象。这个最大限度的加水量，就是混凝土混合物最大流动性，在此限度内混合物仍然具有保持水分的能力，这个限界称为混合物的保水性。

当水量增加超过此限度，水泥浆很快地就失去了粘结性，以致于混合物搅拌停止之后立即出现显著的分层现象。较大的颗粒成分随着粒度大小，比重大小不同迅速的沉积下来，而水分泌于上层。此过程一直进行到混合物能够达到其保水能力为止。

分泌出来的水分在混合物中是比重最小的，所以就浮于混凝土混合物的表面上。充满水的混凝土表面层经过硬化阶段之后，就成为整个混凝土结构最薄弱和疏松的地方。同样，在混凝土与模板接触的侧面上也是如此。

随着这种明显的分层和泌水现象之后，随着时间增长还进行着不明显的分层和泌水现象，这主要是砂和水泥浆悬浮物的沉积。这个沉积过程是在粗骨料间的空间内进行的，并一直进行到凝结之前。

由于混凝土混合物内部颗粒沉积的结果，有一部分水便排出而上升到粗骨料的下表面或钢筋的下表面凝聚起来形成水囊，待混凝土硬化后转变为空气囊。

混凝土内部含有这种中间空气囊，妨碍了水泥石和钢筋、骨料间的接触，即削弱了它们之间的粘结，同时这些气囊也使混凝土更易于被水所渗透。

沉积的结果除上述缺点之外，亦有优点，它迫使胶结材料的颗粒相互更加紧密。消除缺点的办法可以采用干硬性混凝土或者应用塑化剂。

§1-4 塑化剂的应用

从广义来讲，凡是在砂浆及混凝土混合物中掺入某种物质，使得砂浆及混凝土的塑性（和易性）能够有显著改善时，这种效应就可称为塑化效应，而这种物质就可被称为塑化剂。

掺入塑化剂的砂浆或混凝土除了能提高其和易性之外，并能改善混凝土或砂浆其他某些技术性质，也能减少胶结材料用量，因此它具有着巨大的技术经济意义。

目前，在混凝土中常用的塑化剂（表面活性物质）可大致分为二类，一类是亲水性表面活性物质，普通多直接称作“塑化剂”；另外一类是疏水性表面活性物质，通常称作“加气剂”。当在水泥工厂中将这类物质直接掺入水泥中时，则制成所谓“塑化水泥”和“加气水泥”。

但严格来说，只有水泥净浆，水泥砂浆和混凝土拌合物的流动度都因掺入某种物质而增大，并且在初期内水泥浆结构的形成被阻滞时，这样的效应才能被称为塑化效应。而疏水性表面活性物质本身并没有这样的效应，只是因为它掺入砂浆或混凝土后能在搅拌时产生无数气泡，所以它亦有改善砂浆或混凝土的塑性作用，这种物质亦常被人称之为塑化剂，但正确一些，应当称为加气剂。

本节所讨论的仅是亲水性表面活性物质，塑化剂应当专指这一类物质。有关疏水性表面活性物质将在下一节中讨论。

我国从1950年起开始对塑化剂进行了试验研究。通过试验研究，掌握了有关塑化剂主

要性能和使用效果的知識，并且找到了我国建筑工程中广泛应用塑化剂的可能道路。在这个基础上，我国前国家建設委员会在1956年5月頒发“关于在基本建設工程中节向水泥的几項措施”中作出了全面地推广应用塑化剂的指示，并且提出了具体使用的規定办法。

塑化剂的主要来源是以亚硫酸盐紙浆廢液为原料，我国造紙工业中用亚硫酸盐制紙浆的生产方法共有二种：一种是用亚硫酸鈣盐处理木材制成木浆和木浆廢液；而另一种是用亚硫酸鎂盐处理芦苇干草制成草浆和草浆廢液。木浆廢液和草浆廢液中起塑化作用的主要成分是木质磷酸盐，而上述二种廢液間的区别（从塑化剂的观点来看）仅是含糖分多少不同，木浆廢液含糖量較多，它是一种有害杂质，引起混凝土强度的降低，必須加以处理后方能使用，草浆廢液含糖量较少，可直接作为塑化剂。

前面提到，木浆廢液中含糖量较大，达总固体重量的20%（含糖量在10%以下为合格）。为了充分利用工业廢品起見，我国已建立利用木浆廢液酿酒的企业，这样所得亚硫酸盐酒精廢液的含糖量能減至10%以下，提高了木质磷酸盐的含量，符合了塑化剂的技术要求，可作为一种良好的塑化剂。

大家对混凝土的流动性已經具备了初步概念，现在要进一步研究塑化效应的本质。

一切松散体的顆粒間都存在着一定的摩擦力和粘着力，所以这种物质是不流动的。当其与水混合后成为播散体系时，由于顆粒間的水膜削弱了顆粒間的摩擦力，并将顆粒隔开，而起了滑潤作用，播散体系就有了一定的流动性。流动度的大小，决定于顆粒大小与其間水膜的上述特性。

水泥浆中，水泥顆粒的体积以及其空隙空間是如此的小，以致水膜的作用已經大到有可能使水泥顆粒和水所形成的混合物成为一种較稳定的播散体。当水泥浆受到外力作用时，体系就可以沿着連續的水膜而剪移，从而获得流动度。

砂浆或混凝土的流动度，基于水泥浆的流动度，只有当集料空隙充滿了具有足够流动的水泥浆，并且稍有富裕时，砂浆或混凝土才能有流动的可能。

水泥顆粒間的水膜，分为二部分：一部分是紧密地附着在顆粒表面上的結合水水膜，另一部分是結合較弱的水和自由水（游离水）。当普通硅酸盐水泥加水調制的水泥浆的水灰比在0.24以下时，全部水分都被吸附在顆粒表面上，成为結合水水膜，此时水泥顆粒仍然是松散的形态（见图1-4之1）。

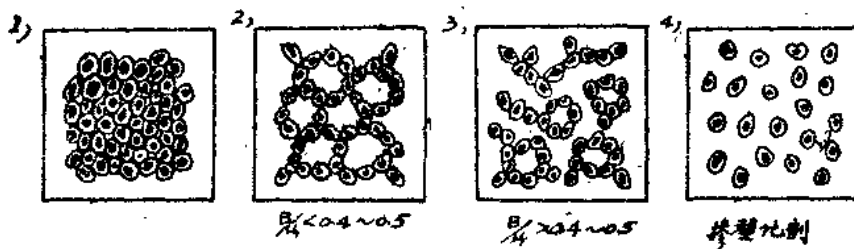


图 1-4 水泥浆各种結構示意图

1—密实結構；2—閉合結構；3—結構殘骸；4—无結構

随着水灰比的加大，顆粒表面上結合水水膜厚度达到了极限值。此后，多余的水就作为游离水（自由水）存在于顆粒之間。此时顆粒外圍結合水水膜間分子力的作用和重力比

較起來是如此的巨大，以致顆粒不是單獨的存在，而是互相結集成為各種不同的結構（圖1-4-2），圖上顆粒外圍上的薄層表示結合水水膜。此時，自由水仍被束縛在結構之中，不能起潤滑作用，而結構有對剪切的抵抗能力，阻礙着水泥漿的自由流動。當硅酸鹽水泥漿的水灰比從0.24增加到0.45左右時，顆粒的結構是逐漸從緊密過渡到疏松，而結構的抗剪能力則逐漸減小。

當水灰比增加到0.45以上時，水泥漿的結構就開始破裂，其抗剪強度亦降低到零，也就是說水泥漿就能自由流動。但是必須注意，水泥顆粒外圍結合水水膜間的分子力是如此的牢固，以致增加水灰比也不能使水泥漿結構完全消散。儘管水泥漿的水灰比增加到很大的數值，水泥顆粒仍然以成羣集結的狀態存在，成為所謂“結構殘骸”（圖1-4-3），在這種殘骸之中，蓄積着部分自由水，對顆粒的滑動不起潤滑作用。

要提高水泥漿的流動度，必須設法破壞或削弱這種結構，把結構中的蓄積游離水釋放出來，使它們起潤滑作用，如對水泥漿施以機械振動，就可以削弱顆粒間分子力，結果也就破壞或削弱水泥漿結構。通常對於硬混凝土施以振動搗實，其理由就在於振動時對水泥漿來講獲得了足夠的流動度。

在水泥漿中摻入某些親水性表面活性物質，例如木質磺酸鹽，可以獲得類似的效應。當水泥顆粒經水解及水化作用後，新產生的物質吸附了木質磺酸鹽，就在顆粒表面形成一層親水物質膠膜。這層膠膜能夠保持較多量的水，使它穩定在顆粒周圍，這樣，顆粒外圍水膜間的分子力就要降低。除此之外，由於這一層膠膜阻礙了水分向顆粒內部擴散，水泥在其初期內的水化和水解過程都見阻滯。這兩種現象的結果，都將促成水泥漿塑性的增強。

塑化劑提高流動度的效應，可以用標準水泥漿稠度試驗和砂漿或混凝土流動度試驗來比較測定。當摻入適當塑化劑的混凝土，其流動度大致可增加一倍。

當摻入塑化劑劑量適當時，這種木質磺酸鹽膠膜並不太厚。水化過程進行到一定程度，由於新生物質的體積膨脹，這種膠膜就被破壞，而水化過程就得繼續正常進行。水泥漿凝結時間只是在合理範圍內延遲，混凝土的強度，除了一晝夜內顯得較低外，在一天以後就能夠獲得應有的發展。

塑化劑劑量達到某一數值後，水泥漿的結構就被充分破壞；繼續增加劑量就沒有進一步增加流動度的可能。從另一方面來看，塑化劑劑量增加較多時，水泥的凝結時間就要過分延遲，強度發展就要受到嚴重阻滯。

根據我國試驗資料記載，當亞硫酸酒精廢液塑化劑劑量超過水泥重的0.4%時，水泥的終凝時間將要延至一晝夜以上，砂漿或混凝土的早期強度及後期強度都要蒙受巨大損失。因此建議塑化劑用量應以不超過0.3%為宜。

塑化劑的最合理的劑量，視水泥品種、成分、研磨細度等因素而定，使用時應通過試驗作出技術經濟比較後確定之。

下面要談一談影響塑化效應的一些主要因素：

1. 水泥細度 水泥細度越大，塑化效應越大。但必須指出，對細度大的水泥有較大的塑化效應，並不等於塑化劑的劑量可以比一般低一些；相反，由於要在較多的顆粒表面上造成吸附的膠膜，塑化劑的用量應當比一般水泥更多一些。

2. 水泥的新舊程度 對長期貯存的水泥，效果較小。