

混 凝 土
施 工 工 艺

建 筑 工 程 部
混 凝 土 施 工 工 艺 会 议 编

建 筑 工 程 出 版 社

混 凝 土 施 工 工 艺

建筑工程部混凝土施工工艺会议 编

建筑工程出版社出版

• 1959 •

混 凝 土 施 工 工 艺

建筑工程部混凝土施工工艺会议 编

1959年12月第1版

1959年12月第1次印刷

精装3,130册
平装3,060

850×1168 $1/32$ · 370千字 · 印张14 $1/16$ · 插页5 · 定价(10) 精装2.60元
平装2.03元

建筑工程出版社印刷厂印刷

· 新华书店发行

· 书号: 1789

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第052号)

序 言

建国十年以来，建筑工业在党和毛主席的英明领导下，在苏联和其他社会主义国家的专家热诚无私的帮助下，取得了辉煌的成就。广大建筑职工，用自己的双手，在祖国辽阔的大地上，建设了成千上万的现代化工厂和无数雄伟的高楼大厦。

随着大规模建设事业的发展，混凝土和钢筋混凝土工程的数量大量增加，施工工艺和施工技术日新月异。解放以前，我国只能生产一种强度较低、质量不高的普通混凝土，而现在，经过十年来的施工实践，特别是1958年的大跃进，各地建筑企业已经逐步掌握了高强混凝土、特种混凝土，以及轻集料混凝土等的生产技术。在混凝土制品和结构方面，采用了各种预应力和非预应力装配式构件，如组合梁、大跨度桁架、大吨位的吊车梁等。预应力混凝土压力管、桩、轨枕、以及变电构架等也得到普遍应用，因而节省了大量钢材和木材，对加速我国社会主义建设起了积极作用。

由于装配式钢筋混凝土构件的大量使用，混凝土工程的工厂化和机械化施工有了巨大的发展。各地建筑企业在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，根据因地制宜，因工程制宜，洋土结合，由低到高的原则，以及集中和分散、永久和临时、预制和现浇相结合的技术政策，建立起了规模有大有小、机械化程度有高有低的混凝土构件预制厂。混凝土搅拌、运输、振捣等主要工序，普遍采用了机械化、半机械化与改良工具相结合的施工，许多单位还初步实现了“一条龙”生产工艺，从而大大减轻了工人的劳动强度，提高了生产效率。在施工技术方面，不仅以按水灰比、重量比配制混凝土的科学方法，代替了旧中国落后的按体积比配制混凝土的方法，而且加强了对混凝土的养护，加强了从原材料

到成品的質量檢驗，因此提高了工程質量。

結合我国具体条件逐步提高預制装配和机械化施工程度是我国建筑工业的发展方向。为了加速实现建筑工业化，我們必須坚定不移地贯彻两条腿走路的方針。当前，在混凝土工程方面，必須实行工厂預制、現場預制和搗制并举；必須进一步改进混凝土施工工艺，广泛实行混凝土工程繁重工序的机械化、半机械化；积极发展預加应力混凝土和輕質材料混凝土；大力采用先进技术，提高生产效率，改善工程質量。随着社会主义建設事业的飞跃前进，混凝土施工人員面临的任務将更加艰巨和光荣。我們必須在党的领导下，高举总路綫的紅旗，坚决贯彻政治挂帅，不断反右傾、鼓干劲，大搞羣众运动，大搞技术革命和技术革新，为胜利完成我們肩負的光荣任务，加速祖国社会主义建設事业而奋斗。

为了总结我国混凝土施工工艺方面的成就，交流施工中的先进經驗和指出今后的发展方向，建筑工程部和中国土木工程学会于1959年8月在包头召开了混凝土施工工艺會議，对混凝土配合比、攪拌站工艺設計、混凝土模板的发展方向、結構檢驗、保証質量以及振动灌浆、压力灌浆等新技术作了全面討論。为了系統地整理这些經驗，會議结束后，我們組織了各省市建設厅（局）、部屬工程局、科学研究机构和高等学校参加會議的部分工程技术人员和教师，編写了“混凝土施工工艺”一書，这对广大的混凝土施工人員以及建筑院校的师生将有很大参考价值。然而，編写此書时，終因時間較短，对国内經驗未能全面搜集，如有欠缺和不妥之处，請讀者提出，以便再版时补充訂正。

建筑工程部施工管理局
中国土木工程学会施工委员会

1959年11月

目 录

序 言

第一章 混凝土原材料及配合比	(1)
第一节 有关原材料的技术条件	(1)
一、关于砂子技术条件中的一些问题	(2)
二、关于粗集料技术条件中的一些问题	(4)
第二节 细砂混凝土	(7)
一、关于细砂混凝土的研究及应用	(7)
二、配制细砂混凝土所需采取的措施和方法	(9)
三、关于使用细砂混凝土的一些意见	(11)
第三节 一般混凝土配合比的设计	(12)
一、混凝土配合比设计的基本原理	(12)
二、常用的几种配合比设计方法	(14)
第四节 高标号混凝土的配制	(21)
一、配制高标号混凝土的强度计算方法	(21)
二、水泥标号与混凝土标号的合理比值问题	(25)
第五节 节约水泥问题	(26)
第二章 混凝土搅拌站的工艺	(31)
第一节 混凝土搅拌站的总体工艺	(31)
一、混凝土搅拌站生产工艺组成	(32)
二、工艺布置	(34)
第二节 分部工艺	(38)
一、砂石材料的进场及处理	(38)
二、水泥的进场及贮存	(43)
三、厂内运输	(48)
四、贮料斗	(56)
五、定量	(61)

六、二次提升	(67)
七、混凝土的攪拌	(69)
八、攪拌站的附屬工艺系統	(75)
第三节 适应当前国内情况的几种攪拌站型式	(82)
一、單阶式大中型攪拌站	(82)
二、双阶式大中型攪拌站	(87)
三、簡易双阶式攪拌站	(92)
四、組合式流动攪拌站	(94)
五、双阶式双机組中型攪拌站	(98)
第三章 混凝土的运输	(102)
第一节 混凝土运输的基本要求	(102)
第二节 混凝土运输方法	(104)
第三节 运输路綫的布置	(118)
一、几种运输路綫布置的实例	(118)
二、通行能力与运输能力	(123)
三、运输工具需要量的計算	(125)
第四章 混凝土的澆灌与捣固	(127)
第一节 混凝土澆灌与捣固的准备工作	(127)
一、澆灌与捣固前的准备工作	(127)
二、澆灌与捣固机械的选择	(128)
第二节 几种混凝土结构的澆灌与捣固工艺	(131)
一、大体积混凝土基础	(131)
二、預制混凝土桁架(整体或組合)	(136)
三、預制大型屋面板	(138)
四、現澆混凝土框架	(140)
五、現澆混凝土薄壳和拱	(141)
第五章 混凝土的养护	(149)
第一节 自然养护	(150)
一、自然养护的方法	(150)
二、一般混凝土澆水养护的次数、天数与气温、水泥品	

种标号之間的关系	(150)
三、自然养护注意事項	(151)
四、混凝土烟囱、水塔等高结构的澆水养护	(151)
五、乳化桐油涂刷混凝土表面法	(152)
第二节 蒸汽养护	(154)
一、蒸汽养护室的型式	(155)
二、提高蒸汽养护效率及保証制品养护質量措施	(166)
第六章 模板工程	(170)
第一节 模板工程的发展方向和基本要求	(170)
第二节 現澆结构模板	(172)
一、滑动模板	(172)
二、提升移动式模板	(180)
三、拆移式模板	(186)
四、悬吊式模板	(195)
五、烟囱模板	(197)
第三节 预制构件模板	(207)
一、工具式装卸木模板	(207)
二、翻轉模板	(210)
三、固定胎模	(217)
四、无底模	(219)
第四节 模板的管理与維護	(220)
第七章 混凝土强度与结构檢驗	(224)
第一节 混凝土强度的檢驗	(224)
一、在压力机上檢驗混凝土的强度	(224)
二、在构件上檢驗混凝土的强度	(227)
第二节 混凝土结构构件的檢驗	(233)
一、檢驗原則	(233)
二、结构檢驗的进行步驟	(235)
三、靜力試驗	(242)
四、动力試驗	(262)

第八章 保証混凝土施工質量的措施	(265)
第一节 抓住几个关键問題	(266)
一、原材料	(266)
二、配合比	(268)
三、攪拌	(269)
四、澆灌与搗固	(270)
五、养护	(271)
第二节 加强試驗工作提高混凝土質量	(271)
一、試驗室(站)的工作	(272)
二、工地試驗員的現場工作	(273)
第九章 混凝土工程的冬季施工	(275)
第一节 混凝土工程冬季施工原理	(275)
一、混凝土硬化和温度的关系	(275)
二、加速混凝土凝固的一般措施	(281)
三、混凝土工程冬季施工的基本要求	(283)
第二节 混凝土工程冬季施工方法	(284)
一、混凝土原材料的加热	(284)
二、蓄热法	(290)
三、暖棚法	(299)
四、蒸汽加热法	(305)
五、电气加热法	(320)
六、冷混凝土	(331)
七、各种冬季施工法的綜合运用	(333)
第三节 混凝土工程冬季施工的关键問題	(339)
一、冬季施工的准备工作的	(339)
二、冬季施工的管理工作	(341)
三、冬季施工中的几項主要質量問題	(341)
四、冬季施工的防火安全技术工作	(342)
五、冬季施工降低成本的途徑	(344)
第十章 混凝土施工新技术	(346)
第一节 振動灌漿混凝土	(346)

一、原材料技术要求	(347)
二、配合比选择和试块成型	(348)
三、影响混凝土强度的几个因素	(350)
四、施工工艺	(351)
五、质量鉴定和检查	(357)
六、经济分析	(357)
七、存在问题和适用范围	(358)
第二节 压力灌浆混凝土	(358)
一、原材料要求和砂浆配合比的选择	(359)
二、压力灌浆混凝土的强度关系	(364)
三、施工工艺	(367)
四、压力灌浆混凝土的工具设备	(375)
五、经济分析	(378)
六、使用范围和存在的问题	(379)
第三节 浮石混凝土	(380)
一、浮石的性能及其利用	(380)
二、浮石混凝土的物理力学性能及其优点	(382)
三、浮石混凝土的配合比确定和试配实例	(384)
四、浮石混凝土的成型养护	(390)
第四节 陶粒混凝土	(390)
一、陶粒混凝土原材料的鉴定	(391)
二、陶粒混凝土配合比设计和选择步骤	(393)
三、陶粒混凝土强度的发展	(396)
四、陶粒混凝土的物理力学性能	(398)
五、陶粒混凝土搅拌和成型方法	(401)
 附 录	
一、各种机械规格性能参考表	(404)
二、机械维护与修理	(414)
三、电动机的选择和维修	(431)

第一章 混凝土原材料及配合比

旧中国建筑施工技术十分落后，混凝土工程施工时对原材料根本不进行检验，其配合比很不经济，也不合理。解放初期，各地仍普遍沿用过去的旧方法，以固定的1:2:4或1:3:6等配合比来配制混凝土。例如1:2:4的混凝土每立方米用320~360公斤水泥，强度往往不能保证140公斤/平方厘米。毫无疑问，这种千篇一律，固定体积配合比的混凝土，是存在着严重缺点的：不求集料级配；水泥砂石等材料用容积计量；松紧程度不一；水泥用量多；水灰比不固定；混凝土不密实；强度没有保证而造成混凝土品质极不均匀等。

新中国成立以来，逐步地扭转了这种落后现象。全国各地已普遍建立起混凝土试验机构。由于掌握和推行了科学的配合比理论和办法，混凝土质量基本上得到保证，满足了施工需要，节约了水泥，达到了增产节约的目的。应该肯定，在短短数年内，我国混凝土配合比技术已有巨大的提高，使昔日陈旧的面貌，有了根本的改观。在新理论探讨方面，也取得一定的进展，可以预料，今后确定混凝土的强度，将是依从水灰比、配合比和施工工艺三者为函数的综合关系。

本章将就主要材料的技术条件、利用细砂配制混凝土、配制高标号混凝土的方法，以及采用集料中断级配节约水泥等问题，加以说明。

第一节 有关原材料的技术条件

我国对普通混凝土原材料——包括水泥、砂、砾石、碎石和水的技术条件，已于1956年由国家建设委员会，参照苏联国家标准

准，頒布了統一規定。几年来，在具体执行中，各地一般均能按規定的要求，对混凝土原材料进行各种性能的檢驗，并在这个基础上，选用了合乎規格的材料，或采取了有效的措施，控制和改善了原材料的質量，这对保証混凝土工程質量，起了很大作用。原材料中的水泥和水，在一般情况下，均能通过檢驗，滿足各項要求。在砂、石材料上，由于我国幅員广闊，各地情况不一，也或多或少产生了一些与規定不尽相符的情况。如何正确地对待这些具体問題，應該有明确的認識。总的來說，規范的制訂是有依据的，一般應該严格遵守。但是，其中某些性能，也可根据經濟上及技术上的特殊条件，因地制宜地加以对待。

一、关于砂子技术条件中的一些問題

1. 砂的含泥量：

国定的技术条件規定：砂中所含的粘土和淤泥不得超过 5 %（按重量）。

有些地区砂的含泥量很高，个别地区甚至超过 10%，在这种情况下，有人竟在使用时未經任何冲洗手續，即直接用来拌制混凝土。他們認為：含泥量超出規范所訂的限量，問題不大，在低标号混凝土中，这部分粘土和淤泥，可充当混合材料使用。

應該明确：砂中含有过多的粘土和淤泥，会影响水泥浆与集料間的粘結，因而对混凝土强度有影响；砂中的粘土和淤泥同水泥中摻加的混合材料，在性質上有根本的區別，不能混为一談。在高标号和干硬性混凝土中，尤其如此。目前苏联和其他一些国家，均很重視这一問題，強調集料的篩洗。因此，在一般普通混凝土中，应控制砂的含泥量不超过 5%；高标号和干硬性混凝土^①，应不超过 3%^②。用細砂或特細砂拌制混凝土时，同样应符合上述要求（詳見本章第二节）。当含泥量超出規定时，須經洗除，才能使用。

① 高标号混凝土指 300 号及 300 号以上的混凝土。

② 參見 1956 年建筑工程部与冶金工业部“关于使用干硬性混凝土的指示”。

2. 砂的容重:

国定的技术条件规定: 在饱水状态下受冻结作用, 或标号在150号以上的结构用混凝土, 其砂的容重应不少于1,550公斤/立方米; 标号为150号或小于150号的不在饱水状态下的混凝土, 其砂的容重应不少于1,400公斤/立方米。

部分地区的砂, 在级配或其他要求均合格的情况下, 容重小于1,400公斤/立方米的实际情况是存在的, 如浙江部分地区, 砂的容重一般均在1,360~1,380公斤/立方米, 如果不采用这类砂充作混凝土集料, 势必要从很远的地区采运, 显然这是很不合适的。

应该从两方面来对待这个问题: 一方面, 如果是由于砂的级配不良, 空隙率过大, 造成容重的偏小, 则应从改善级配, 缩小空隙率的办法着手。外掺一部分细砂, 调整中、粗砂的级配来增大容重的事例是很多的, 应该因地制宜的运用。另一方面, 在级配及其他要求合格的情况下, 无切实可行的办法增加砂的容重时, 经试验合格后使用, 也是可以的。到目前为止, 由于砂容重不合规定, 而影响混凝土强度和质量的情况, 虽尚未发现, 但根据规范指示精神, 对高标号混凝土及重要构件, 仍应尽可能符合要求。

3. 砂的平均粒径和颗粒级配:

国定的技术条件规定: 按平均粒径砂可分为:

粗粒——平均粒径不小于0.5 毫米;

中粒——平均粒径不小于0.35毫米;

细粒——平均粒径不小于0.25毫米。

颗粒级配一般应依照筛分结果 (见表1-1) 来确定, 或使其符合于筛分曲线图内的阴影部分 (见图1-1)。

有些地区缺乏粗、中粒度的砂源, 由于经济技术条件的比较, 大都采用平均粒径小于0.35毫米的细砂, 有的甚至小于0.25毫米的特细砂, 或筛分曲线偏出于阴影部分左上方的材料配制混凝土。因此, 细砂是否可以配制150号以上的混凝土, 特细砂是

否可以配制普通混凝土或高标号混凝土，是当前很多单位研究的课题。

表 1-1

筛孔净尺寸 (毫米)	5.0	1.2	0.3	0.15
过筛砂 (%按重量)	85~100	45~80	5~30	0~5

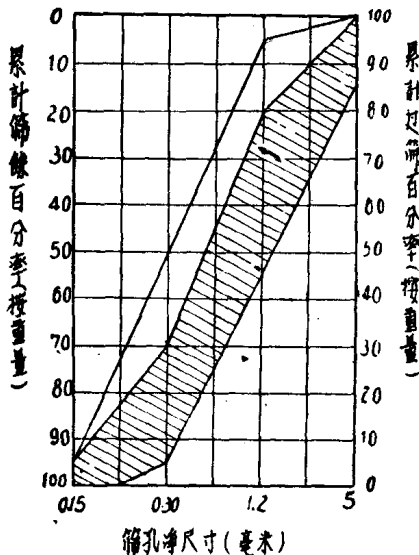


图 1-1 砂的筛分曲线图

二、关于粗集料技术条件中的一些问题

1. 石料的含泥量:

固定技术条件规定：在普通混凝土中礫石所含的粘土、淤泥及粉末状颗粒的含量，不应多于 2%（按重量）。在干硬性和高标号混凝土中，不应多于 1%（按重量）^①；碎石中不得含有粘土、淤泥和有机混合物。

石料中含有过量的粘土、淤泥和细粉末状颗粒，会给混凝土带来有害的作用，在高标

号混凝土中尤其明显。某单位曾做过对比试验：礫石中含泥量过多，用洗过与未洗过的粗集料，配制同样要求的混凝土，其抗压强度，前者为 240 公斤/平方厘米，后者仅达 170 公斤/平方厘米，下降几乎达 30%。因此，我们应该坚决遵照规范的要求。在目前情况下，300 号及 300 号以上混凝土更应严格控制，石子含泥

① 参见 1956 年建筑工程部与冶金工业部“关于使用干硬性混凝土的指示”。

量如不符合要求时，应尽可能通过篩洗，以确保混凝土質量。

2. 針狀、片狀顆粒含量：

固定技术条件規定：石料中的針狀顆粒（長軸長度比其他最大尺寸至少大兩倍），和片狀（扁的）顆粒（厚度比其他最小尺寸至少小 $2/3$ ）的含量，不應超過15%（按重量）。

在無礫石的地区，碎石就成為混凝土中主要的粗集料，由於部分石料開采加工場，使用顎式破碎機生產碎石，其針狀和片狀的顆粒含量往往大於15%，有的甚至達30~40%。應該肯定，粗集料的針狀和片狀顆粒含量過多，對混凝土強度有影響，一般可下降10%左右。受拉、受剪的高標號混凝土構件，不宜選用此類集料配製混凝土；受壓或次要部位的構件，可適當採用，但應通過試驗，滿足強度要求，針狀和片狀顆粒含量太多時，還應進行篩選。

3. 集料的空隙率：

固定技术条件規定：混凝土粗集料（包括礫石、碎石）的空隙率不應超過45%。

在選用碎石作集料時，其空隙率往往會超過45%；在構件斷面較小、鋼筋間距較窄，特別是在目前薄形構件有所發展的情況下，由於集料最大粒徑受到限制，選用空隙率合格的粗集料有一定的困難。

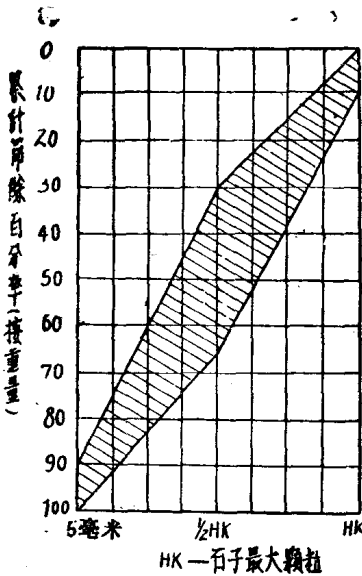
石料空隙率過大，就意味着混凝土密實度的減弱，強度和質量有所降低，並且由於填實石子空隙，水泥砂漿勢必增多，必然要多耗用水泥。最大粒徑為40毫米以上的石料，一般可採用改善級配、調整粗細石料而組成的比例，或採用中斷級配，來壓縮石料空隙率的百分數，使之能符合规范要求。至於用在薄形構件和特殊構件上的石料，因為最大粒徑較小，應採用有效辦法，儘可能獲得石料的最小空隙率。

4. 顆粒的級配：

在粗集料的顆粒級配上，目前已有不少單位採用了先進的中斷級配理論和方法，本節想着重介紹一下中斷級配和目前仍普遍

采用的連續級配的区别，以及其优越性和使用范围。

1) 顆粒的連續級配：連續級配的分級尺寸是連續的，一級連



接一級，且每級都占有一定的數量。在固定技術條件中規定：粗集料的級配曲線，应符合下圖中陰影部分（見圖1-2）。

2) 顆粒的中斷級配：中斷級配是人為的剔去集料的某些中間尺寸，或在顆粒配合組成時，故意造成顆粒尺寸間的間斷。

集料中斷級配的目的，是使集料的空隙率達到最小限度。從理論上說，大顆粒集料的空隙，是不可能由鄰近尺寸的小粒徑集料來填充，其理想的填充物，應該是比大顆粒集料小得多的粒徑材料。這樣就使石料的中斷級配比連續級配有可能具有更小的空隙率。

圖 1-2 石子的篩分曲綫圖

中斷級配的顆粒組成，不能用篩分曲綫圖表示出來。

(1) 中斷級配的特點和優越性：由於中斷級配的集料具有容重大、空隙率小的特點（空隙率可減少絕對數3~7%），因而比連續級配制成的混凝土密度要高，強度和質量因而也有提高（強度可高出10~20%）。如保持強度不變，可採用較大的水灰比，以節約水泥（可節約6~10%）。

(2) 使用範圍：在一般民用建築和工業建築上，以採用兩級中斷為宜；如最大粒徑為40毫米，其分級可為5~10毫米，20~40毫米。在大體積工程和水工建築上，可採用三級中斷；如最大粒徑為250毫米，其分級可為5~10毫米、25~50毫米及150~250毫米。這時因最大粒徑愈大，空隙率愈能減小，因此，節約水泥也就更顯著。但在具體使用時，應充分考慮經濟技術條件，

其使用範圍大致如下：

①石料級配中斷后，下一級和上一級顆粒平均尺寸的比值，在土建工程中一般采用在1:4~1:6之間；

②最大粒徑過小（如為25毫米以下），採用中斷級配時，石料空隙率減小得不顯著，不宜使用；

③如運來的石料大小不一，又無機械篩分設備，採用中斷級配會使工期延長，成本提高；

④工地工作面分散，混凝土不是採取集中攪拌，工程量較少的單位，採用石料中斷級配收效不大。

因此，在推行中斷級配時，最好的辦法是在采石場就能進行篩分和分級供應。各施工企業根據試驗結果，提出石料所需規格、尺寸和數量，石料到后分別堆放，這樣，就不致給工地帶來過大的麻煩。

注：水工混凝土及有特殊要求的混凝土結構，其砂、石含泥量等的規定，應按專門技術規範採用。

第二節 細砂混凝土

有些地區由於地質條件所限，當地只出產細砂（平均粒徑為0.25~0.35毫米）或不符合技術規範要求的特細砂（平均粒徑在0.25毫米以下）。如不利用這類細集料配制混凝土，則必須從外地運來符合規定的粗、中砂，這將造成工程成本的增加。因此，合理地利用當地的細砂或特細砂是具有一定的經濟意義和技術意義的。

一、關於細砂混凝土的研究及應用

有人認為，由於細砂顆粒小，比表面積大，空隙率大，因此，配制混凝土時必然要多用水泥；而且配制出的混凝土其均勻性及密實性也差，毛細管的孔徑、數量及吸水能力將大為增加，因此細砂混凝土的耐久性將大為降低。