



国家示范性高职院校十二五规划教材



拌和楼（站）

操作与维护

B ANHELOU (ZHAN)
CAOZUO YU WEIHU

主 编 谢武斌 张文志
主 审 徐生明



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

拌和楼(站)操作与维护 / 谢武斌, 张文志主编.

—成都: 电子科技大学出版社, 2013.11

ISBN 978-7-5647-1989-0

I. ①拌… II. ①谢… ②张… III. ①混凝土搅拌站—操作②混凝土搅拌站—维修 IV. ①TU642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 251923 号

内 容 提 要

全书共分为两个任务, 主要内容包括对水泥混凝土和沥青混凝土的组成材料介绍, 水泥混凝土拌和楼和沥青混凝土拌和楼的工作原理、结构组成, 操作规程、方法和安全注意事项, 维护保养方式等内容进行了阐述。

本书可供工程机械运用与维护专业和道路桥梁专业师生使用, 也可作为拌和楼(站)操作和维护人员的培训教材。

拌和楼(站)操作与维护

主编 谢武斌 张文志

主审 徐生明

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 罗 雅

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川川印印刷有限公司

成品尺寸: 170mm×240mm 印张 12.5 字数 260 千字

版 次: 2013 年 11 月第一版

印 次: 2013 年 11 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-1989-0

定 价: 32.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

随着国家对基础建设的大力关注和投入，我国的工程建设得到了迅猛的发展，相应的工程建设中的主要材料沥青混凝土和水泥混凝土的生产的质量与速度也直接关系到施工速度、工程质量和经济效益。所以拌和楼（站）的管理人员、操作人员、安装维护和配套服务人员的社会需求量大大增加，对他们的要求也不断提升，其知识的储备、能力的培养都成为了工程建设的关键，本教材基于对拌和楼（站）工作人员的实际要求进行了编写。

本书分为两个任务，以实践为主，理论与实践相结合的方式分别对水泥和沥青拌和楼（站）作了系统的介绍，其主要包括水泥、沥青混凝土的材料的结构组成，拌和设备的原理、结构，拌和设备的操作和软件控制，拌和设备的安全注意事项和维护保养等内容。各任务设有学习目标和应用练习，引导对象有重点地对所学内容进行检查，以巩固和提高所学内容。本教材可供工程机械运用与维护专业和道路桥梁专业师生使用，也可作为拌和楼（站）操作和维护人员的培训教材和参考用书。

由于编者的水平和实际经验所限，书中谬误及疏漏之处在所难免，敬请使用本教材的师生和其他读者给予批评指正，提出修改意见和建议，以便我们不断改进和提高，不胜感谢。

编 者
2013 年 10 月

目 录

任务 1 混凝土拌和楼(站)的操作与维护	1
学习目标	1
1.1 混凝土拌和楼的认识	1
1.1.1 混凝土拌和楼概述	1
1.1.2 水泥混凝土基本知识	6
1.1.3 混凝土拌和楼的工艺流程	18
1.1.4 混凝土拌和楼结构及工作原理	22
1.2 水泥混凝土拌和楼的操作	62
1.2.1 安全操作规程	62
1.2.2 开机和生产前的准备	65
1.2.3 软件系统的使用	69
1.2.4 生产操作	78
1.2.5 系统的恢复和其他操作	80
1.3 混凝土拌和站的保养与维护	83
1.3.1 安装调试和试运转	83
1.3.2 日常检查	87
1.3.3 分级保养与安全规程	89
1.3.4 各结构单元的正确使用与维护	95
1.3.5 电气控制系统的维护和保养要点	102
1.4 混凝土拌和站故障排除法	103
1.4.1 机械部分	103
1.4.2 控制部分	108
应用练习	112
任务 2 沥青混凝土拌和设备的操作与维护	113
学习目标	113
2.1 沥青混凝土拌和楼基本认识	113
2.1.1 沥青混凝土拌和站概述	113
2.1.2 沥青混凝土基本知识	118
2.1.3 工艺流程	125
2.1.4 沥青混凝土拌和设备结构及工作原理	128
2.2 沥青混凝土拌和设备的操作	153

2.2.1	安全操作规程.....	153
2.2.2	操作流程.....	156
2.3	沥青混凝土拌和设备的保养与维护.....	171
2.3.1	日常检查及其内容.....	171
2.3.2	日常保养及其内容.....	176
2.4	沥青混凝土拌和站故障排除法.....	181
2.4.1	机械系统常见故障的诊断与排除.....	182
2.4.2	PLC 常见故障诊断与排除.....	188
2.4.3	电路常见故障诊断与排除.....	189
2.4.4	其他常见故障的诊断与排除.....	190
	应用练习.....	191
	参考文献.....	192

任务1 混凝土拌和楼（站）的操作与维护

学习目标

1. 知道典型拌和楼（站）的结构原理和适用范围；
2. 能准确叙述典型拌和楼（站）的操作步骤和要领；
3. 知道拌和楼（站）的施工要点；
4. 能制定拌和楼（站）的保养维护方案和实施细则；
5. 能够进行真机的基本操作与保养。

1.1 混凝土拌和楼的认识

1.1.1 混凝土拌和楼概述

水泥混凝土拌和楼的功能是将水泥混凝土的原材料——水泥、水、砂、石料和外加剂等，按设定的配合比，分别进行输送、上料、储存、配料、称量、搅拌和出料，生产出符合质量要求的新拌混凝土。

改革开放前，我国建设工地用的混凝土大都采用现场搅拌，所用设备是搅拌质量差、效率低的鼓筒形混凝土搅拌机。1978年我国仅生产拌和楼（站）13座、搅拌输送车10辆、混凝土泵（车）22台，而且这些产品的性能、质量和可靠性均较差，远不能满足建设施工单位的需要，因此不得不大量依靠进口。高峰期的1995年，仅进口搅拌输送车就达1745台，混凝土机械总进口额为2.2亿美元，是国产混凝土搅拌机销售额的两倍。

由于我国的城市化进程不断向前推进，商品混凝土在全国大中城市得到了迅速发展和推广应用，混凝土拌和楼（站）也得到了高速发展。目前我国混凝土拌和站生产企业众多，产品已形成系列化，但技术水平参差不齐，只有部分产品接近国际先进水平，有些技术已经超过进口混凝土拌和站的水平，其中部分产品具有自动化程度高、生产能力高、称量精度高、投资少、搅拌质量好，能实现多仓号、多配合比、不间断地连续生产以及主机及其主要元器件的国产化程度等优点，但我国的混凝土拌和楼（站）还存在着整体

技术含量不高、普及率不高、地区差异较大、智能化程度不高和环保性能不高等缺点。

1. 优点

(1) 可靠性较高

混凝土拌和站在我国经过十多年的发展,到目前为止其可靠性较高。其发展的过程是引进—消化—一部分国产—全部国产—改进提高。像一般的商品混凝土公司连续生产 10000 方混凝土是很正常的事,其关键部件如主机、螺旋机、主要控制和气动元件的性能已相当稳定,如搅拌叶片采用独特的高铬高锰合金耐磨材料,轴端支承及密封形式采用独特的多重密封或气密,极大地提高了主机的可靠性能。对常受冲击、易磨损处,如卸料斗、过渡斗等处采用耐磨钢板在里部加强;环型皮带接合处硫化黏结,使用寿命比普通的钢铆接增长 3 倍,这是确保其可靠性高的前提条件。

(2) 自动化控制程度较高

自动化程度是反映一台站技术含量高低的主要标志。从最原始的人工搅拌到滚筒式搅拌,从滚筒式搅拌到强制式拌和站,从 1 方主机的 60 站到 1.5 方主机的 90 站,从 2 方主机的 120 站到 3 方主机的 180 站,目前甚至出现了 4 方主机的 240 站。但到 2002 年以后各家商品混凝土公司多开始采用 2 方主机多台并联的方式,解决了在提高生产能力的同时保证了一台备用和减少混凝土运输车的等待时间。其控制系统目前大都相对先进和稳定,自动化程度普遍较高,均可全自动长时间不间断连续生产。控制室里的操作平台及电脑监控可以形象地反映整个生产流程和每个部位的情况,如水泥筒仓的水泥储备情况、骨料仓里的骨料储备、骨料的输送和混凝土出料等情况,一旦某个部位出现了问题就可以在最短的时间内发现并及时加以解决。

所有拌和站都采用工业控制计算机控制,既可自动控制也可手动操作,操作简单方便。动态面板显示拌和站各部件的运行情况,同时可以存储拌和站的各种数据,按要求打印各类报表资料,存储配方可达几万个以上。控制室配备空调可保证电气元件经久耐用、性能稳定持续可靠,控制系统基本上采用两种方式,一种是双机双控形式,即系统以两台高性能工业计算机组成,一台作为主控生产系统,另外一台作为管理及监控系统兼作主控生产机的备份机,作为主控机系统具有手动及自动功能,控制机与管理机间数据共享,控制机出现故障时可以转换到管理机工作,最大限度保证系统的持续正常运行;另一种采用工业计算机加配料控制仪表组成,即配料控制仪表数据输入工业计算机,通过板卡或 PLC 可编程序控制器输出执行信号从而保证系统持续正常运行。在主机卸料口、配料站等关键部件可以设置监视摄像头。

工业计算机通过外部采样经过计算、比较、处理,输出控制外部驱动元件,从而真正实现了拌和站计算机控制。管理及监控计算机系统作为整套电

控系统的备用系统,万一主计算机发生问题用户可选择备份机系统工作,做到任何时候确保机器运转正常,不至于影响生产。该系统具有打印统计生产日报表、月报表、在线检测及监控作用,同时具有故障诊断帮助系统指导用户维修。操作台面板手动按钮系统可完成配料自动控制、卸料、出砼手动控制功能,各种电气元件均来自国际知名厂商。

(3) 生产能力较高

当前双并联站和多并联站的出现大大提高了各大混凝土公司的生产能力,如两台 120 的并联站可以把混凝土的年产量提高到 60 万方,三台并联站可以提高到 80 万方左右,在根本上解决了生产能力不足而制约着大多数公司进一步发展的问題;另一方面,因混凝土业务的不均衡性,生产能力的提高相对以前可以承接更多的业务,从而占领更多的混凝土市场份额。

(4) 计量精度高

混凝土拌和站的计量精度分 4 个方面,即骨料、水泥、水和外加剂,其中骨料的精度一般控制在 $\pm 2\%$ 之内,水泥的精度一般控制在 $\pm 1\%$ 之内,水的精度一般控制在 $\pm 1\%$ 之内,外加剂的精度一般控制在 $\pm 1\%$ 之内。骨料的计量一般是采用皮带称、称量斗来进行称量,皮带称为累计称量,称量斗为单独称量或累计称量。水泥及粉料的称量一般是采用称量斗来进行,当有多种粉料时采用累计称量或单独称量。水的计量一般有容积式和称量式两种方式,容积式又分为时间计量方式、定量水表计量方式、涡轮流量计计量方式;称量式分为自落排水称量装置、加压水泵排水称量装置以整体式称量桶结构;外加剂的称量有容积式、质量式和脉冲计量表等方式。

无论是骨料、粉剂还是水剂的称量,其称量、控制和信号转换元件等均采用进口元件,高精度的传感器、进口微机控制、各种单独称量或累计称量,完全保证计量的准确且工作性能稳定。

(5) 投资省

商品混凝土公司就站或楼的投资相对其他泵送设备而言投资较省。如投资一台 120 站在配置较好的情况下也不会超过 200 万,两台 120 并联站也可以控制在 360 万左右,如果是 60 或 90 站将更节省。

(6) 搅拌质量好

搅拌主机在工作时传动机构带动两搅拌轴同步反向转动,每个搅拌轴上分布置 4~8 个搅拌臂及两对侧搅拌臂,其上装有搅拌叶片和刮板,物料投入搅拌机以后通过搅拌叶片、刮板对粗细骨料、掺和剂等搅动使混合料在罐体中间做径向和轴向运动,在两搅拌轴中间的交叉区域形成对流,实现物料的强烈搅拌,从而使搅拌质量更好更均匀。

双卧轴强制式搅拌机搅拌能力强、搅拌质量均匀、生产率高,对于干硬性、半干硬性、塑性及各种配比的混凝土搅拌效果好。润滑系统、主轴传动

系统均采用全套原装进口,其液压开门机构可根据需要调整卸料门开度。搅拌主机拌轴采用防粘连技术,有效防止水泥在轴上的结块,轴端密封采用独特的多重密封结构,有效防止沙浆泄漏及保证整个搅拌系统的持续长久运行。清洗系统采用高压水泵自动控制加手动控制,各出水孔位于搅拌主轴正上方,提高搅拌的效率,增加水雾,减少粉尘污染及有效清除水泥结块。

(7) 主机及其主要元器件的国产化程度高

前几年国产主机的性能不稳定,尤其是主机的轴端密封漏油问题不能很好解决,从而长期制约着国产主机的进一步提高。近几年来我国多家拌和站生产厂家利用吸收国外主机技术相继开发了多个品牌的主机,如具有意大利技术的西门主机、仕高玛主机、德国 BHS 技术的主机等,在一定程度上解决了我国目前搅拌主机困扰多年的质量缺陷而得不到解决的局面。

主要元器件方面目前多采用中外合资或国外独资制造的电器和液压元件,如托利多、施耐德、西门子、欧姆龙和力士乐等元器件都已相对较稳定,从而使国产站的成本有了大幅度降低,而质量上和稳定性上并不亚于进口拌和站。

2. 缺点

(1) 普及率不高地区差异大

我国的商品混凝土存在很大的地区差异和不均衡性,如东部地区比西部发达,沿海省份高于内陆省份,发达省份高于不发达省份,在一个省份里省会城市也好于其他地级城市。从总体情况来讲其普及率相对发达国家较低,虽然国家已经发了强制性的文件要求在 2005 年 12 月 31 日前全国县级市全部使用商品混凝土,就目前来看可谓任重而道远。加上当前国家的宏观经济调控和银根紧缩,给这个计划的实现又是雪上加霜。国家城市建设和房地产开发明显放慢,在混凝土市场总量减少的情况下企业对商品混凝土的投资热情将会明显放缓。这种差异将在很长一段时间内存在。

(2) 整体技术含量不高

我国拌和楼(站)的整体技术含量较国外发达国家相比还较低,拌和站生产厂家就目前而言是相对混乱,技术水平相差甚大。原国内几大机械制造有限公司均已经介入混凝土拌和站的生产,而且起点相对较高,给原本竞争较为激烈的搅拌设备增加几分不确定性,过多的生产厂商造成多数厂家吃不饱甚至是半停产状态。但拌和站的市场争夺大战还刚刚拉开帷幕,在未来几年里将会有半数以上制造企业不堪忍受低利润的竞争而淘汰出局。

(3) 智能化程度不高

拌和站智能化程度的高低直接反映该站的技术含量高低,在这方面中国的拌和站只是完成了智能化的初级阶段。虽然各大公司把其智能化作为一个销售的重要依据,但我们的智能化同国外发达国家的站相比还有一很长的路

要走,智能化程度不高制约着我国拌和站在今后的进一步发展。

(4) 环保性能不高

混凝土拌和站的污染主要在三个方面,一是粉尘的污染,二是噪声的污染,三是污水的污染。很多商品混凝土公司为了节约投资没有把解决污染问题的措施提上日程,从而造成了我国拌和站环保性能不高的主要原因。另一方面是政府及其行业主管部门在对环保的控制力度上不够大,也是环保性能不高的另一个重要原因。

3. 发展方向

(1) 智能化

智能化是所有机械设备的最终发展方向,拌和站也不例外。当前多数制造商在这方面都有很大的投入,但只能说还处于一种比较低的智能化状态,在这方面,要以更高一种完全意义的智能化为出发点。

(2) 环保化

目前我国混凝土拌和站的低环保性要从粉尘、噪声和污染三个方面加以改进和提高。在粉尘方面要在粉料的输送途径中加以控制,如水泥筒仓上采用进口的除尘器、主楼加装除尘器、螺旋机送料改为风槽送料以及整个站的封闭等都可将粉尘降低到最低程度;可通过提高主机的性能和封闭站并采取隔音板之类的材料将噪声减少到最低;在污染方面要通过多种途径进行,如修建废水沉淀池以及二次循环过滤装置和骨料的二次使用。

另外所有的粉状物料从上料、配料、计量、投料到搅拌出料都在密闭状态下进行。搅拌机盖、水泥计量仓、粉煤灰计量仓的排尘管均与除尘器相连,骨料加注口设置阻尘板从而降低粉尘排放量。全封闭的搅拌主楼及皮带输送机结构极大地降低了粉尘和噪声对环境的污染。采用负压除尘及特种纤维滤布使投料时产生的灰尘完全进入除尘器而不向周围扩散,而收集到的粉尘又可方便地回收再利用,有效地保护环境。

(3) 高精度化

高精度化主要指骨料、水泥、水和外加剂的计量精度,目前精度还有较大的提升空间。计量的高精度化是我国拌和站的奋斗目标和发展方向,只有提高了计量精度才能生产出更高标号的高强混凝土来,如何提高计量装置的精确度是值得探讨的一个问题。

(4) 标准化

拌和站的标准化是其最终的一个发展方向,任何设备都有标准,全球有国际标准,我国也有自己的行业标准。标准化可从根本上降低产品成本,节约大量的能耗资源,面对当前紧张的自然资源和高能耗低产出的形势,我们呼吁相关行业主管部门以及大型企业来推动这项事业。我国虽然有拌和站的行业标准,但远远不能适应当前拌和站的发展速度,标准相对滞后,行业标

准在一定程度上没有起到引导作用，众多的生产厂家百家争鸣，一家一个标准的情况，造成市场混乱，使广大使用单位投资浪费。

（5）国产化

从进口到国产是我国机械设备的发展历程，设备的国产化在很大程度上能降低产品价格，并提高产品的售后服务。进口设备主要是价格昂贵和售后服务不及时，尤其是零配件不能及时供应，针对上述情况国外各大机械制造公司纷纷移址中国组建合资公司或独资公司，这也是一定意义上的国产化，而且可以整体提升我国机械制造业的水平。混凝土拌和站也不例外，国产化是其发展的必然方向。

（6）中小型化

随着我国城市基础建设的进一步完善，城市建设在相对减少的情况下混凝土的需求量将会在很大程度上减少，如进一步投入大站（楼），成本回收和利润将推迟和减少。从长远眼光来看中小型拌和站是一种可能发展的方向。

1.1.2 水泥混凝土基本知识

一、混凝土的组成及其作用

混凝土是由水泥、砂、石和水组成。硬化前的混凝土称为混凝土拌和物，或新拌混凝土。水和水泥组成水泥浆，硬化后的水泥浆体称为水泥石。水泥浆包裹在砂的表面，并填充于砂的空隙中称为砂浆，砂浆又包裹在石子的表面，并填充石子的空隙。水泥浆和砂浆在混凝土拌和物中分别起到润滑砂、石的作用，使混凝土具有施工要求的流动性，并使混凝土成型密实。硬化后，水泥石将砂，石牢固地胶结为一整体，砂、石在混凝土中起到骨架的作用，故称为骨料。骨料主要起到限制混凝土的干缩、减少水泥用量和水化热、降低成本的作用，并可起到提高混凝土强度和耐久性的作用。混凝土的组成中，骨料一般占混凝土总体积的 70%~80%，水泥石占 20%~30%。此外，还含有少量的气孔。

1. 水泥

（1）水泥品种的正确选择

水泥是混凝土的胶结材料，混凝土的性能很大程度上取决于水泥的质量和数量，在保证混凝土性能的前提下，就尽量节约水泥，降低工程造价。首先根据工程特点、所处环境气候条件，特别是工程竣工后可能遇到的环境因素以及设计、施工的要求进行分析，并考虑当地水泥的供应情况选用行当品种的水泥。

（2）水泥强度等级的正确选择

水泥的强度等级，应与混凝土设计强度等级相适应。用高强度等级的

水泥配低强度等级混凝土时,水泥用量偏少,会影响和易性及强度,可掺适量混合材料(火山灰、粉煤灰、矿渣等)予以改善;反之,如水泥强度等级选用过低,则混凝土中水泥用量太多,非但不经济,而且降低混凝土的某些技术品质(如收缩率增大等)。

一般情况下(C30以下),水泥强度为混凝土强度的1.5~2.0倍较合适(高强度混凝土可取0.9~1.5)。若采用某些措施(如掺减水剂和掺和材料),情况则大不相同,用42.5级的水泥也能配制C60~C80的混凝土,其规律主要受水灰比定则控制。

(3) 水泥用量的确定

为保证混凝土的耐久性,水泥用量满足有关技术标准规定的最小和最大水泥用量的要求。如果水泥用量少于规定的最小水泥用量,则取规定的最小水泥用量值;如果水泥用量大于规定的最大的水泥用量,应选择更高强度等级的水泥或采用其他措施使水泥用量满足规定要求。水泥的具体用量由混凝土的配合比设计确定。

2. 细集料——砂

在混凝土中粗细集料的总体积占混凝土体积的70%~80%,因此混凝土用集料的性能对于所配制的混凝土的性能有很大的影响。集料按粒径大小分为细集料和粗集料,粒径在 $150\mu\text{m}$ ~ 4.75mm 之间的集料称为细集料,粒径大于 4.75mm 的集料称为粗集料。根据集料的密度的大小集料又可分为普通集料、轻集料及重集料。

(1) 细集料的质量要求

混凝土用砂要求砂粒的质地坚实、清洁、有害杂质含量要少。砂按技术要求分为I类、II类、III类。

(2) 密度和空隙率要求

密度 $p_s > 2.5\text{g/cm}^3$; 堆积密度 $p_{os} > 1400\text{kg/m}^3$; 空隙率 $P_s < 45\%$ 。

(3) 含泥量、泥块含量和石粉含量

含泥量是指砂中粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的岩屑、淤泥和黏土颗粒总含量的百分数。泥块含量是颗粒粒径大于 1.18mm ,水浸碾压后可成为小于 $600\mu\text{m}$ 块状黏土在淤泥颗粒的含量。石粉含量是人工砂生产过程中不可避免的粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的颗粒的含量,粉料粒径虽小,但与天然砂中的泥成分不同,粒径分布($40\sim 75\mu\text{m}$)也不同

(4) 有害杂质含量

砂在生产过程中,由于环境的影响和作用,常混有对混凝土性质有害的物质,主要有黏土、淤泥、黑云母、轻物质、有机质、硫化物和硫酸盐、氯盐等。云母为光滑的小薄片,与水泥的黏结性差,影响混凝土的强度和耐久性;硫化物和硫酸盐对水泥有腐蚀作用等。有害杂质含量限制见

表1-1。

表 1-1 砂中有害杂质含量限制表

项目			指标		
			I 类	II 类	III类
亚甲蓝试验	MB值<1.40或合格	石粉含量（按质量计）（%）	<3.0	<5.0	<7.0
		泥块含量（按质量计）（%）	0	<1.0	<2.0
	MB值>1.40或不合格	石粉含量（按质量计）（%）	<1.0	<3.0	<5.0
		泥块含量（按质量计）（%）	0	<1.0	<2.0
云母（按质量计）（%）			<1.0	<2.0	<2.0
轻物质（按质量计）（%）			<1.0	<1.0	<1.0
有机物（比色法）（%）			合格	合格	合格
硫化物和硫酸盐（按SO ₃ 质量计）（%）			<0.5	<0.5	<0.5
氯化物（按氯离子质量计）（%）			<0.01	<0.5	<0.06
含泥量（按质量计）（%）			<1.0	<0.02	<5.0
泥块含量（按质量计）（%）			0	<1.0	<2.0

（5）坚固性

天然砂的坚固性采用硫酸钠溶液法进行试验检测，砂样经5次循环后其质量损失就符合表1-2中的规定；人工砂采用压碎指标法进行试验检测，压碎指标值就小于表1-2中的规定。

表 1-2 坚固性指标

项目	指标		
	I 类	II 类	III 类
质量损失（小于）（%）	8	8	8

（6）砂的粗细程度

砂的粗细程度，是指不同粒径砂粒混合在一起的平均粗细程度。砂子通常分为粗砂、中砂、细砂三种规格。在混凝土各种材料用量相同的情况下，若砂过粗，砂颗粒的表面积较小，混凝土的黏聚性、保水性较差；若砂过细，砂子颗粒表面积过大，虽黏聚性、保水性好，但因砂的表面积大，需较多水泥浆来包裹砂粒表面，当水泥浆用量一定时，富裕的用于润滑的水泥浆较少，混凝土拌和物的流动性差，甚至还会影响混凝土的强度。所以，拌混凝土用的砂，不宜过粗，也不不宜过细。颗粒大小均匀的砂是级配不良的砂。砂的粗细程度通常用细度模数（ M_x ）表示。

(7) 砂的颗粒级配

砂的颗粒级配是指不同粒径的颗粒互相搭配及组合的情况。级配良好的砂，其大小颗粒的含量适当，一般有更多的粗颗粒，并且适当数量的中等颗粒及少量的细颗粒填充其空隙，砂的总表面积及空隙率均较小。使用级配良好的砂，填充空隙用的水泥浆较少，不仅可以节省水泥，而且混凝土的和易性好，强度耐久性也较高。

砂粗细程度和颗粒级配是由砂的筛分试验来进行测定的。筛分试验是采用过9.50mm方孔筛后500g烘干的待测砂，用一套孔径从大到小（孔径分别为4.75mm、2.36mm、1.18mm、600μm、300μm、150μm）的标准金属方孔筛进行筛分，然后称其各筛上所得的粗颗粒的质量（称为筛余量），将各筛余量分别除以500得到分计筛余百分率（%） a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 、 a_6 ，再将其累加得到累计筛余百分率（简称累计筛余率） A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 ，其计算过程见表1-3。

表 1-3 累计筛余百分率（%）与分计筛余百分率（%）的关系

筛孔尺寸（mm）	分计筛余		累计筛余百分率（%）
	分计筛余量（g）	分计筛余百分（%）	
4.75mm	m_1	a_1	$A_1 = a_1$
2.36mm	m_2	a_2	$A_2 = a_1 + a_2$
1.18mm	m_3	a_3	$A_3 = a_1 + a_2 + a_3$
600μm	m_4	a_4	$A_4 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$
300μm	m_5	a_5	$A_5 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$
150μm	m_6	a_6	$A_6 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6$

3. 粗集料——石子

粗集料是指粒径大于4.75mm的岩石颗粒。常用的粗集料有卵石（砾石）和碎石。由人工破碎而成的石子称为碎石，或人工石子；由天然形成的石子称为卵石。卵石按其产源特点，也可分为河卵石、海卵石和山卵石。其各自的特点相应的天然砂类似，各有其优缺点。通常，卵石的用量很大，故应按就地取材的原则给予选用。卵石的表面光滑，混凝土拌和物比碎石流动性要好，但与水泥砂浆黏结力差，故强度较低。

卵石和碎石按技术要求分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类三个等级。Ⅰ类用于强度等级大于C60的混凝土；Ⅱ类用于强度等级C30～C60及抗冻、抗渗或有其他要求的混凝土；Ⅲ类适用于强度等级小于C30的混凝土。

与细集料相同，混凝土对粗集料的基本要求也是颗粒的总表面积要小和颗粒大小搭配要合理，以达到节约水泥和逐级填充而形成最大的密实度的要求。

(1) 最大粒径

粗集料公称粒径的上限称为该粒级的最大粒径。如公称粒级5~20mm的石子其最大粒径即20mm。最大粒径反映了粗集料的平均粗细程度。拌和混凝土中集料的最大粒径加大，总表面减小，单位用水量有效减少。在用水量和灰水比固定不变的情况下，最大粒径加大，集料表面包裹的水泥浆层加厚，混凝土拌和物可获较高的流动性。若在工作性一定的前提下，可减小灰水比，使强度和耐久性提高。通常加大粒径可获得节约水泥的效果。但最大粒径过大（大于150mm）不但节约水泥的效率不明显，而且会降低混凝土的抗拉强度，会对施工质量，甚至对搅拌机械造成一定的损害。

根据规定：混凝土用的粗集料，其最大粒径不得超过构件截面最小尺寸的1/4，且不得超过钢筋最小净间距的3/4。对混凝土的实心板，集料的最大粒径不宜超过板厚的1/3，且不得超过400mm。

(2) 颗粒级配

粗集料与细集料一样，也要有良好的颗粒级配，以减小空隙率，增强密实性，从而节约水泥，保证混凝土的和易性及强度。特别是配制高强度混凝土，粗集料级配特别重要。

粗集料的颗粒级配也是通过筛分实验来确定，所采用的方孔标准筛孔径为2.36mm、4.75mm、9.50mm、16.0mm、19.0mm、26.5mm、31.5mm、37.5mm、53.0mm、63.0mm、75.0mm、90.0mm 12个。根据各筛分计筛余量计算而得的分计筛余百分率及累计筛余百分率的计算方法也与相同。依据国家标准，普通混凝土用碎石及卵石的颗粒级配就符合表1-4规定。

表 1-4 卵石或碎石颗粒级配范围

筛孔（mm） 公称直径 （mm）		累计筛余（%）											
		2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	90.0
连续粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0								
	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0							
	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0						
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0					
	5~31.5	95~100	90~100		70~90	—	15~45	—	0~5	0			
	5~40	—	95~100	70~90	—	30~65	—	—	0~5	0			
单粒级	10~20		95~100		85~100		0~15	0					
	16~31.5		95~100		80~100			0~10	0				
	20~40			95~100		80~100			0~10	0			
	31.5~63				95~100			75~100	45~75		0~10		0
	40~80					95~100			70~100		30~60	0~10	0

粗集料的颗粒级配按供应情况分为连续和单粒粒级。按实际使用情况分为连续级配和间断级配两种。连续级配是石子的粒径从大到小连续分级，每一级都占适当的比例。连续级配的颗粒大小搭配连续合理（最小粒径为4.75mm起），颗粒上下限粒径之比接近2，用其配制的混凝土拌和物工作性好，不易发生离析，在工程中应用较多。但其缺点是，当最大粒径较大（大于37.5mm）时，天然形成的连续级配往往与理论最佳值有偏差，且在运输，堆放过程中易发生离析，影响到级配的均匀合理性。实际应用时，除直接采用级配理想的天然连续级配外，常采用预先分级筛分形成的单粒粒级进行掺配组合成人工连续级配。

间断级配是石子粒级不连续，人为剔去某些中间粒级的颗粒而形成的级配方式。间断级配更有效降低石子颗粒间的空隙率，使水泥达到最大程度的节约，但由于粒径相差较大，故混凝土拌和物易发生离析，间断级配需按设计进行掺配而成。

（3）强度

粗集料在混凝土中要形成紧实的骨架，故其强度要满足一定的要求。粗集料的强度有立方体挤压强度和压碎指标值两种。

立方体挤压强度是浸水泡和状态下的集料母体岩石制成的50mm×50mm×50mm立方体试件，在标准试验条件下测得的挤压强度值。根据标准规定，要求岩石挤压强度火成岩不小于80MPa，变质岩不小于60MPa，水成岩不小于30MPa。

（4）坚固性

集料颗粒在气候、外力及其物理力学因素作用下抵抗碎裂的能力称为坚固性。集料由于干湿循环或冻融交替等作用引起体积变化会导致混凝土破坏。集料越密实、强度超高、吸水率越小时，其坚固性越好；而结构疏松、矿物成分越复杂、结构不均匀，其坚固越差。

集料的坚固性，采用硫酸溶液浸泡来检验。该种方法是将集料颗粒在硫酸钠溶液中浸泡若干次，取出烘干后，测其在硫酸钠结晶晶体的膨胀作用下集料的质量损失率来说明集料的坚固性，其指标应符合表1-5所示的要求。

表 1-5 碎石和卵石的坚固性指标

项目	指标		
	I 类（C60以上）	II 类（C60～C30）	III类（C30以下）
质量损失（%）	<5	<8	<10

4. 针、片状颗粒

为提高混凝土强度和减小骨料间的空隙，粗集料颗粒的理想形状应为

三维长度相等或相近的立方体形或球形颗粒。但实际集料产品中常会出现颗粒长度大于平均粒径4倍的针状颗粒和厚度小于平均粒径0.4倍的片状颗粒。针、片状颗粒的外形和较低的抗折能力，会降低混凝土的密实度和强度，并使其工作性变差，故其含量应予以控制，针、片状颗粒含量按标准规定的针状规准仪来逐粒测定，凡颗粒长度大于针状规准仪上相应间距者为针状颗粒；颗粒厚度小于片状规准仪上相应孔宽者，为片状颗粒。

5. 拌和用水

混凝土拌和用水按水源分为饮用水、地表水、地下水、再生水、混凝土企业设备洗刷水和海水。拌制宜采用饮用水。对混凝土拌和用水的质量要求是所含物质对混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土不应产生以下有害作用：

- (1) 影响混凝土的工作性及凝结；
- (2) 有碍于混凝土强度发展；
- (3) 降低混凝土的耐久性，加快钢筋腐蚀及导致预应力钢筋脆断；
- (4) 污染混凝土表面。

根据以上要求，符合国家标准的生活用水（自来水、河水、江水、湖水）可直接拌制各种混凝土。混凝土拌和用水水质要求应符合表1-6的规定。

表 1-6 混凝土拌和用水水质要求

项目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH值 (mg/L)	≥5.0	≥4.5	≥4.5
不溶物 (mg/L)	≤2000	≤2000	≤5000
可溶物 (mg/L)	≤2000	≤5000	≤10000
氯化物（以Cl ⁻ 计） (mg/L)	≤500	≤1000	≤3500
硫化物（以SO ₄ ²⁻ 计） (mg/L)	≤600	≤2000	≤2700
碱含量 (mg/L)	≤1500	≤1500	≤1500

注：碱含量按 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值来表示。采用非碱活性骨料时，可不检验碱含量。

对于使用年限为100年的结构混凝土，氯离子含量不超过500mg/L；对使用钢丝或经热处理钢筋的预应力混凝土，氯离子含量不超过350mg/L。

被检验水样应与饮用水样进行水泥凝结时间对比试验。对比试验的水泥初凝时间差及终凝时间差均不应大于30min；同时初凝时间应符合现行国家标准的规定。

被检验水样应与饮用水样进行水泥胶砂强度对比试验，被检验水样配制的水泥胶砂3d和28d强度不低于饮用水配制的水泥胶砂3d和28d强度的