

水利水电工程施工专题

(下 册)

武汉水利电力学院施工教研室

一九八一年

专题Ⅵ 砂石料生产系统

绪论

第一章 砂石料场的勘探与选择	(432)
第一节 碎石与砾石的性质	(432)
第二节 料场的勘探	(432)
第三节 骨料产地的选择	(434)
第二章 砂石料的开采	(435)
第一节 开采设计的内容	(435)
第二节 开采数量和开采强度	(436)
第三节 砂砾石的开采	(439)
第四节 碎石的开采	(445)
第三章 砂石料的加工	(447)
第一节 砂石加工厂生产能力的确定	(448)
第二节 砂石料的加工机械	(452)
第三节 人工砂的生产和制砂设备	(459)
第四节 砂石料加工工艺流程图	(460)
第四章 砂石料的贮存和运输	(465)
第一节 贮存料堆(仓)的类型和作用	(465)
第二节 料堆容量的确定	(466)
第三节 骨料堆存和运转的方法	(468)
第四节 堆料场的排架及廊道结构形式	(470)
第五章 砂石料生产的质量控制	(474)

专题Ⅶ 混凝土坝施工

第一章 混凝土坝施工特点、要求及分缝分块	(481)
第一节 混凝土坝施工特点和要求	(481)
第二节 混凝土坝的分缝分块	(481)
第二章 水工混凝土模板	(486)
第一节 概述	(486)
第二节 模板侧压力和模板设计	(487)
第三节 模板作业的组织	(487)
第四节 几种模板型式	(487)

第三章 混凝土制备系统.....	(498)
第一节 混凝土生产工艺过程及有关机械设备.....	(499)
第二节 混凝土工厂生产能力的设计.....	(500)
第三节 混凝土拌和系统的布置.....	(501)
第四节 混凝土工厂的类型及其选择.....	(502)
第五节 水泥的贮存与运输.....	(504)
第六节 混凝土制备过程中的质量控制.....	(506)
第四章 混凝土运输.....	(507)
第一节 混凝土运输工艺要求及其影响因素.....	(507)
第二节 混凝土的运输方式.....	(508)
第三节 混凝土运输设备容量的确定和混凝土运输方案选择的实例.....	(515)
第五章 混凝土的浇筑和养护.....	(519)
第一节 准备工作.....	(519)
第二节 混凝土的浇筑.....	(521)
第三节 混凝土养护.....	(525)
第六章 混凝土坝快速、经济施工.....	(525)
第一节 混凝土坝传统施工方法及其存在的问题.....	(525)
第二节 混凝土坝施工革新的方向和途径.....	(528)
第三节 碾压混凝土筑坝.....	(532)

专题Ⅷ 施工混凝土坝施工的温度控制与混凝土的质量要求

第一章 混凝土的抗裂性能与质量要求.....	(542)
第一节 混凝土的抗裂指标.....	(546)
第二节 混凝土的极限拉伸特性.....	(548)
第三节 利用数理统计评定混凝土质量的基本概念.....	(555)
第四节 混凝土施工质量的评定标准.....	(562)
第五节 混凝土施工质量评估.....	(567)
第二章 热传导微分方程及混凝土热性能.....	(574)
第一节 温度场和温度梯度.....	(574)
第二节 热传导微分方程.....	(576)
第三节 热传导的边界条件.....	(580)
第四节 混凝土的热性能.....	(582)
第五节 混凝土的浇筑温度.....	(585)
第六节 混凝土的水泥水化热.....	(588)
第三章 坝体稳定温度场及其解算.....	(590)

第一节	坝体稳定温度场的边界温度确定	(591)
第二节	坝体稳定温度场解算	(592)
第三节	坝体准稳定温度计算	(606)
第四章	坝体不稳定温度场及其解算	(608)
第一节	浇筑块视为嵌固板(或半无限)体的温度解算	(609)
第二节	坝块视为自由墙(或无限大平板)的温度解算	(618)
第三节	坝块温度的时差法解算	(622)
第四节	坝块温度的差分法解算	(625)
第五节	坝块不稳定温度场的有限单元法	(633)
第五章	坝块的温度应力	(644)
第一节	嵌固板的温度应力	(644)
第二节	自由墙的温度应力	(648)
第三节	柱状块的温度应力	(652)
第四节	混凝土的徐变与应力松弛	(657)
第六章	防止温度裂缝的允许温差标准与温度控制措施	(660)
第一节	允许温差标准	(660)
第二节	温度控制措施	(664)
第三节	温度控制措施评述	(668)
第七章	混凝土的预冷及预埋水管冷却	(670)
第一节	加冷制水和加冰屑拌和混凝土	(670)
第二节	骨料预冷方法	(672)
第三节	予冷骨料计算	(674)
第四节	预埋冷却水管布置及通水冷却	(681)
第五节	冷却水管通水冷却计算	(685)
第六节	制冷设备容量选择	(693)
第八章	混凝土施工的表面保护	(696)
第一节	表面保护的作用和效果	(696)
第二节	表面保护效果的计算分析	(698)
第三节	表面保护标准和部位	(709)
第四节	混凝土及混凝土表面保护后的热交换系数的测定分析	(711)

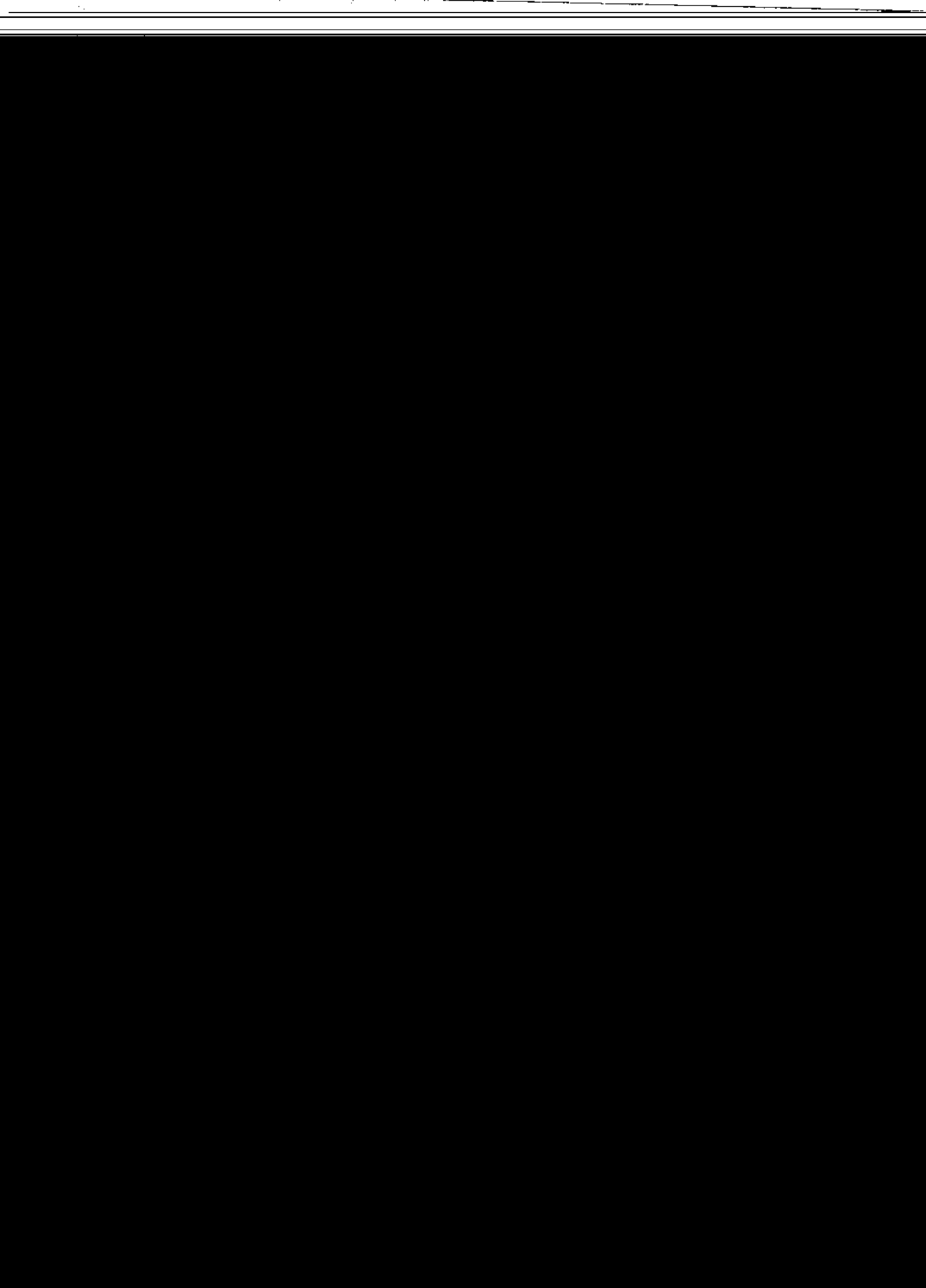
专 题 IV 灌 浆 工 程

第一章	岩基灌浆	(719)
第一节	水泥灌浆材料	(720)
第二节	灌浆时间	(721)

第三节	灌浆试验	(722)
第四节	钻孔	(724)
第五节	冲洗	(727)
第六节	压水试验	(729)
第七节	灌浆施工工艺	(730)
第二章	砂砾石地基灌浆	(743)
第一节	砂砾石地基的可灌性	(744)
第二节	灌浆材料	(744)
第三节	钻灌方法	(745)
第四节	灌浆施工工艺	(748)
第三章	混凝土坝的接缝灌浆	(748)
第一节	坝体接缝灌浆管路系统布置	(749)
第二节	重复灌浆系统	(753)
第三节	骑缝式拔管法灌浆系统	(754)
第四节	接缝灌浆压力	(756)
第五节	接缝灌浆施工	(767)
第四章	廊道、隧洞及其他灌浆	(772)
第一节	廊道内的灌浆	(772)
第二节	隧洞内的灌浆	(773)
第三节	冬季、夏季灌浆及灌浆中的注意事项	(775)
第五章	化学灌浆	(777)
第一节	化灌辅助材料及施工	(779)
第二节	环氧树脂灌浆	(799)
第三节	甲凝灌浆	(804)
第四节	水玻璃灌浆	(809)
第五节	铭木素灌浆	(811)
第六节	丙凝灌浆	(814)
第七节	聚氨酯灌浆	(821)
第八节	化灌安全注意事项	(829)

专 题 X 施 工 组 织 、 经 济 与 管 理

第一章	施工组织概论	(833)
第一节	水利水电工程的建设程序	(833)
第二节	施工组织设计的任务和内容	(834)
第三节	作好施工组织设计应遵循的基本原则	(836)



专题六 砂石料生产系统

概 述

一、砂石料生产系统的作用、地位

砂石骨料由粗骨料和细骨料组成。骨料粒径为0.15~5毫米的砂叫细骨料。骨料粒径大于5毫米的砾石或碎石叫粗骨料。

砂石骨料是混凝土的基本组成。在混凝土中砂石骨料的用量常占混凝土重量的75~85%，而每立方米的混凝土约需使用砂石骨料1.3~1.5立方米。大中型水利水电工程的混凝土需要量很大，相应需要砂石骨料数量也很多。如国内一工程一期混凝土浇筑量就为632万立方米，需砂石净料量约900万立方米。

骨料的粒径、级配组成直接决定着混凝土的水泥用量、影响坝的设计、施工和投资，是关系到快速、优质、低耗地建设混凝土坝的重大关键问题。开采的天然砂石料常不能满足混凝土的规格和级配的要求，故要对其进行破碎、分级、清洗等加工。为了适应快速施工的要求，砂石料生产机械化程度在不断地提高，并日益采用大容最高效能的专用设备，在混凝土坝施工中逐渐形成一个独立的施工附属企业。

二、砂石生产系统的布置原则

砂石料由开采加工至成品料，它的生产工序繁多，输送流程交错，要占用一定的场地。而运输费用在骨料生产开支中占相当的比例。

砂石料生产系统要求布置紧凑，减少占地，运转方便可靠，减少运输，降低骨料生产成本，这是布置的基本原则。

一般把初始的工艺流程即天然毛料开采后的筛分和粗碎靠近料源（毛料堆处），这样可就地弃走蛮石（超过加工机械所允许的最大粒径的石块），减少余弃料运输，降低运输费用。筛洗生产的供、排水是较重要问题。冲洗骨料用水量较大，洗1立方米石子，有的需用水量4立方米左右，故筛洗流程应靠近供水方便处，水源要清洁。同时还要考虑排水问题。如果筛洗生产系统位置较高，应尽量利用地形条件、减少工程量、节约投资。

骨料生产有由粗而细的自然流程顺序。借助骨料的重力运动，可减少输送设施、少占地。一般尽量利用坝区地形条件，由高而低地依次布置。我国乌江渡江北砂石系统大部分按地形由高处向低处布置，其中半成品加工生产利用高差约180米，占地约7万平方米，生产能力500吨/小时。国外砂石料生产系统有利用地形条件，占地较少的如日本矢木津坝骨料厂，生产能力为600吨/小时，占地仅2千平方米。

骨料生产中筛分厂噪音大、振动大、尘埃浓度大，最好不要布置在居民区周围，以免污染环境，影响人体健康。

三. 砂石料生产系统的组成和企业设计内容

砂石料生产系统的组成,按其总流程可分毛料开采、粗骨料生产、细骨料生产以及砂石料的贮备、运输等。其中毛料开采有天然骨料开采或人工砂石料毛料的开采(即采石)。粗骨料生产主要是破碎、筛分、清洗等工序,粗骨料剩余部分再用沉砂箱等设备加以回收、脱水即为细骨料。

砂石料生产的企业设计内容包括以下几个方面:

(一) 砂石料的选择

1. 砂石料料源的勘探:对天然可用的料源作周密的勘测、普查。
2. 砂石料料场的选择、确定:根据枢纽工程混凝土量,求出需要开采骨料量;由勘探资料结合具体条件确定料场;如天然料缺乏或不适用,经技术经济比较后可采用人工制砂石料。

3. 混凝土骨料级配:决定于混凝土的配合比设计。

(二) 砂砾石(或碎石)开采设计

1. 砂砾石(或碎石)开采数量、开采强度的确定。
2. 开采方案的比较选择。
3. 开采运输线路布置。
4. 开采运输设备数量的设计计算。

(三) 砂石料加工厂工艺布置

1. 砂石料加工厂位置的选择与确定。
2. 砂石料加工厂生产能力的计算、确定:在工艺流程中各级设备的生产能力互相协调、配合,以充分发挥各设备的功能。
3. 工艺流程的布置设计:以破碎、筛分为主要工艺流程。
4. 机械设施的选配:选择主要加工(破碎、筛分等)机械,相应选择辅助设备与之配套。
5. 环境保护:按国家防止污染、保护环境的要求,在防尘、防噪音上需加以考虑。

四. 国内外砂石料生产发展前景

随着混凝土坝施工技术的发展,砂石料需要量增多,质量和级配要求越严,进而推动了砂石料生产的发展。

在国内,机械化程度不断提高,重视生产的均匀性,尽量减少转运程序,逐步采用新型、大容量、生产效率高的专用设备(包括移动式成套设备),合理地设计工艺流程,砂石生产成为混凝土施工中重要的、独立的辅助性企业。从六十年代起,人工制砂石料逐渐增多。今后,为避免弃料,还可以进行部分的人工砂石料生产。人工采石,现在常用的是深孔爆破法。最近,正在试用的深孔微差挤压爆破技术,可以减少施工干扰,岩石的块度可以由爆破控制,是较好的采石方法,宜推广。

砂石料的水力筛分是一项新技术。其原理是在压力水作用下对砂进行分级,以控制砂的细度模数,改善混凝土性质。我国已做过试验,未正式使用,今后,随混凝土质量要求的提高会逐渐使用。

采用大容量、高效率的专用设备。如葛洲坝工程采用日本进口的750立方米/时的挖

泥船,若配500立方米的砂驳,其生产能力可高于设计能力。破碎机械,近来生产量大的粗碎采用旋回破碎机较多,生产能力可达500立方米/时,锤式破碎机已逐渐被淘汰。筛分设备,自定中心筛逐步代替偏心筛与惯性振动筛,近几年制造的共振筛,其效率高、动力消耗少、传给支座振动力小,是新型的筛分设备,已使用。此外,还开始选用重型振动筛。在人工制砂中采用棒磨机较普遍。

堆料设备有的采用回转式摇臂堆料机,可变幅控制堆料高度,实践证明堆料效果较好。砂石料运输距离较近时采用带式运输机,其结构简单、运行可靠,是目前运输中常采用的设备。葛洲坝工程曾计划采用带宽1.2米的钢丝绳带,单机长度可超过1000米;若用此带,能否在更长距离运输,值得研究。远距离运输,若今后大载重量汽车数量增多,会广泛采用。

对合理设计工艺流程,国内已有研究,如破碎工艺中中碎与细碎一般采用闭路破碎,使弃料少、级配达到平衡。冲洗用水,有的也开始处理回收。

生产管理中,开始试用电子技术,葛洲坝工程一筛分楼曾采用工业电视监视管理生产,大大的改善工人劳动条件。随着我国电子技术的发展,必将逐步采用自动化遥控管理生产。

在国外,砂石料生产发展趋势是高度机械化,随着电子技术的迅速发展而日益向自动化发展。

砂石生产全流程是机械操作,机械设备的运行控制采用电子监视与测定装置,集中遥控操纵。六十年代以来,普遍使用电子计算机自动控制。砂石料生产的高度机械化与自动化使生产成品率高、弃料少。美国德沃歇克坝据称无弃料。日本近年来修建的各项砂石生产成品率(不计采掘)一般在90%。骨料贮备量少,有的工程只贮几小时的需用量。配备人员少,各生产环节之间协调稳定,劳动生产率高。如美国一混凝土坝的地下骨料厂,设计生产率1450吨/小时,每班仅配一个操作人员和电工。

机械设备的系列化、多样化并适当选用。由于机械设备多样化、系列化,人工骨料已很普遍,而且可制备优级砂。在运输工具上多使用自卸汽车和皮带机,以方便、灵活为主要倾向,美国还有使用大容量装载机和车辆的趋势。工作协调稳定,充分出力。加强设备维修是使高度机械化正常运行的保证。建立维护、修理制度,配备一定的技术力量与工机具。如日本对设备每日、每月都安排一定的时间来维护、修理。一般施工机械完好率可达85~90%。大型施工机械的昼夜利用时间不少于20小时。

合理设计工艺流程,注意在生产中调查研究与科学试验。如据逐级产品的实际情况采取闭路循环,如中碎超径部份投入再轧,砂的分选弃液进行回收等。为保证稳定生产,采取就系列或多系列布置机械。实测和记录生产情况,进行试验研究,找出影响生产的有关因素,加以适当的调整。日本制砂分级用的斗轮调级机,就是根据生产实际,逐步改进后创造的。

附属建筑结构简单化;国外对砂石料生产的厂房、机架、贮仓等建筑大都采用钢结构。因钢结构能快速安装架立,可回收周转,提高利用率,减少永久投资。

环境保护。砂石料生产必须执行环境保护的有关法令,如浊水处理到符合规定才能返回原河流等。

除土以外,对料源的勘探,恰当选择料源,布置上尽量减少输送等也给予重视。

五、砂石料生产的质量要求

水工混凝土对骨料质量的要求很严格,不论粗细骨料要求坚硬、清洁、级配良好,这样的骨料拌制的混凝土具有良好的性能并能节约水泥。

(一) 细骨料

天然砂有河砂、山谷砂等,水工混凝土中用河砂较多。在缺乏天然砂情况下,经技术经济比较后也有用人工制砂。对砂的质量要求:

1. 砂中的有害杂质:如云母、硫酸盐及硫化物、有机物质、粘土及淤泥等为砂中有害杂质,它们对混凝土质量有影响,为此对砂中有害杂质含量有一定规定限值(见表Ⅴ-0-1)。此外,还规定不允许有单独的粘土块。

2. 砂的粗细程度和颗粒级配:砂的粗细程度工程中常用细度模数 $F.M.$ 表示。用于水工混凝土的砂可分为粗砂、中砂、细砂。 $F.M.$ 大于3.20为粗砂, $F.M.$ 在2.50~3.20的为中砂, $F.M.$ 在1.80~2.50的为细砂, $F.M.$ 小于1.80的为特细砂。水工混凝土对砂的粗细程度有一定的要求, $F.M.$ 一般在2.40~3.20之间比较合适。

砂的颗粒级配以达到空隙率和总表面积较小时,为良好级配,此时砂的大、中、小颗粒保持合理的均匀性,可改善混凝土性质,节约水泥。

若砂子的天然级配不好(过粗或过细),可将几种粗细不同的砂子掺混使用,这是改善其级配有效而又经济的办法。

3. 砂的物理性质:砂要求容重越大越好,空隙率越小越好,一般混凝土用砂空隙率在40~45%。混凝土配合比是按砂面干饱和状态时的吸水率进行设计的,一般石英砂面干饱和吸水率在2%以下,在施工中,须实测砂的表面含水量,以调整混凝土的加水量。

(二) 粗骨料

1. 含杂质的限制:指含泥量、含蛋白石等活性岩石和粘土团块等的含量须在规定的范围内。

此外,砾石中软弱颗粒的含量、颗粒中针状和片状颗粒含量均不能超过规定(见表Ⅴ-0-2)。

2. 粗骨料的颗粒级配与最大粒径选择:

为了保证骨料颗粒级配在施工过程中稳定不变,粗骨料按粒径一般分为以下几个粒径级:当最大粒径 $D_{max}=40$ 毫米时,分为二级:5~20,20~40毫米; $D_{max}=60$ 毫米时,分为二级5~20,20~60毫米; $D_{max}=80$ 毫米时,分为三级:5~20,20~40,40~80毫米; $D_{max}=120$ 毫米(或150毫米)时,分为四级:5~20,20~40,40~80,80~120(或150)毫米。一般将粒径5~20毫米的骨料叫小石,20~40毫米的叫中石,40~80毫米的叫大石,80~120毫米(或150毫米)的叫特大石。

在混凝土施工中须通过试验,确定各级的合适的比例。在一般水利水电工程混凝土施工中采用连续级配较多,因间断级配使混凝土易产生骨料分离现象,增加施工困难,故很少采用。

选定级配时，应考虑骨料天然级配情况，尽量减少废弃石料，节约水泥。另外，应根据建筑物结构与施工过程中使用机械设备的要求，确定允许采取的最大粒径值，按此值再选定所采用的级配。要求如下：粗骨料最大粒径(D_{max})值不超过钢筋净间距的 $2/3$ ，不超过构件断面最小边长的 $1/4$ ，浇筑纯混凝土板或渠道衬砌时，不超过厚度的 $1/2$ 。在使用一般拌和设备情况下，拌和机容量大于 0.8 立方米时， D_{max} 不超过 150 毫米；小于 0.8 立方米时，不超过 80 毫米，以避免损坏拌和机叶片。为了节约水泥用量，减少大体积混凝土的发热量，粗骨料的粒径尽可能选用最大允许值。

施工中还规定超径石子含量不得大于 5% ，逊径石子含量不得大于 10% ，若超过此规定，最好在拌和前进行二次筛分，且对骨料系统采取措施加以改善。

表 V—0—1

砂料中杂质的允许含量

杂 质 名 称	水位变化区的混凝土	位于水下的混凝土	普通混凝土
粘土、淤泥及细屑含量(砂重的%)	3	5	5
其中粘土含量(砂重的%)	1	3	2
硫酸及硫化物含量(SO_3 重量的%)	1	1	1
云母含量(砂重的%)	1	3	2
有机质含量 具有碱活性的矿物含量	用比色法检验，砂料上方溶液的颜色不得深于标准色，否则应进行砂浆混凝土试验评定 水泥含碱量超过 0.6% 时，应进行专门研究		

表 V—0—2

粗骨料中杂质的允许含量

杂 质 名 称	水位变化区的混凝土	位于水下的混凝土	普通混凝土
粘土、淤泥及细屑含量(%)	1	2	1
硫酸及硫化物含量(SO_3 重量的%)			
有机质含量 蛋白石等具有潜在碱活性岩石颗粒的含量	用比色法检查，石子上方溶液的颜色不得深于标准色。深于标准色时，须用石子拌混凝土进行强度试验，混凝土强度不得低于先用石灰水，后用清水冲洗的同种石子所制混凝土的强度 水泥含碱量超过 0.6% 时，应进行专门研究		

注：1. 粗骨料中不得含有粘土团块。

2. 粗骨料中的针状颗粒和片状颗粒含量不应超过 15% (以重量计)

3. 砾石中的软弱颗粒含量不应超过 5% (水位变化区混凝土)和 10% (其他混凝土)。

表Ⅳ—0—1, Ⅳ—0—2各为水电部“水工建筑物混凝土及钢筋混凝土工程施工技术规范”中表16和表17。

第一章 砂石料场的勘探与选择

第一节 碎石与砾石的性质

砂石料的粗骨料有砾石和碎石两种。砾石即为天然砂石料,可分为河砾石、海砾石及山砾石,其中河砾石比较干净。将各种开采的原岩经加工后即成为碎石,碎石所用原岩种类较多,通常有花岗岩、辉绿岩、石灰岩、砂岩等坚硬岩石。一般碎石较砾石含杂质少。

砾石的形状卵圆,表面光滑,棱角少,孔隙率与表面积较小。用它拌制混凝土时需用水泥数量较少,但与水泥浆胶结能力较差,因此用砾石拌制的混凝土强度较碎石拌制的混凝土强度低。

由原岩加工成的碎石表面粗糙,棱角较多,故与水泥浆的胶结力强,用碎石拌制的混凝土强度在相同水灰比的情况下,约比砾石混凝土的强度高10%左右。但由于它表面粗糙、棱角多,孔隙率较大,比表面积较大,所需润滑颗粒表面和填充空隙用的水泥砂浆也较多。因此,在相同水灰比情况下,拌制的混凝土和易性较差。

第二节 料场的勘探

天然砂石料的开采和运输在骨料生产中常占相当大的比重,它的开采运输又和料场的储量、质量、距离有关,这些条件对坝型的选择和混凝土成本有一定影响。因此,对可能的料源要作周密的勘测调查,以作出全面、细致的比较。

首先要进行普查工作。普查工作是在坝址上下游附近地区进行的。普查中应对这地区的骨料产区的分布、成因、位置、骨料的形状和颗粒级配等天然状态以及质量、贮量、埋藏深度、地下水位、交通等情况进行详细的调查和研究,以保证有足够数量供应工程的需要。

在普查中,如果在坝址附近地区缺乏天然砂石料,或砂石料质量差,不宜使用等,这时,就要对附近地区岩石进行普查,对山岩的分布、成因、矿物成分、结构、风化情况、水源及交通情况进行详细调查,以便于人工制砂方案与天然砂石料开采方案进行充分的技术、经济比较。

普查后进行勘探工作。国内外对料源的勘探工作是很重视的。勘探工作是设计工作的依据,只有掌握第一手资料,才能进行合理的设计。

一、勘探要求

6. 柱状图上的砂砾分层必须详细分别描述。

(三) 取样和野外试验

1. 取样：取样目的是确定骨料的物理、化学性质，尤其是有害物质组成情况。

取样分为岩样和试样。岩样是从钻孔中某一段（或某一点）所取得的样品。试样是从一个岩层内选取具有代表性的样品。对大于 150 毫米粒径的砾石可不取样。取样重量应符合要求。

取样有如下方法：挖槽法（即全巷混合取样法），在坑底上挖 0.4×0.5 米的槽子，垂直向下挖取砂砾石，此法适用于深度小于 4 ~ 5 米的试坑，大于 5 米的或还有地下水时，则可用另外的方法。全巷分层取样法：即逐层分别取样，可判别各层颗粒级配和质量情况。管点取样法：从钻孔管中取出岩样，每深 0.5 米或 1 米取一次岩样，迁到岩层变化时，应加取岩样。

2. 野外试验：一般粒径 25 毫米以上的颗粒在野外分析。首先确定砾石和砂的含量，做颗粒级配分析；做岩石成分和颗粒表面性质、形状的鉴定；绘制砾石级配曲线；技术设计阶段在野外做容重试验；此外，据实验室对砂的物理、化学性质分析和绘制的砂颗粒级配曲线对砂石料质量进行全面的鉴定。根据国家标准，按各项要求，逐项进行验收。而中

因素。毛料的开采和运输费用在骨料生产开支中占相当大的比重，因此对这部分要做周密的考虑，仔细分析。产地以距坝址越近为好，因运距短，费用减少，倒运次数少，骨料的分离和破碎现象可减少；距离近，可采用皮带机运输，结构简单，易达到工艺要求。如产地距坝址远，如能利用铁路专线或可利用地形减少土建工程量的产区，运输土建费用能降低。产地距水源近，水量充足，水质干净，可保证筛洗工序的正常进行。当水质不干净时，需增加净化设备。产区有宽广的场地，毛料能就地处理，可减少弃料运输。从使用开采挖掘机械来比较：使用采砂船开采费用较低，但必须考虑洪水影响，洪水影响期越短，则全年开采时间越长，较经济。综上所述，选择料场考虑因素很多，但必须抓住主要矛盾，分析利弊，最后选一个或几个料场。下面以葛洲坝工程选择砂石料场为例，加以分析。

葛洲坝工程所需砂石骨料约1500万立方米，数量大。因此对坝址上下游附近地区如：胭脂坝，小溪塔，宜昌下游凌江溪等近十个产区进行勘测调查，分析比较。最后选定了胭脂坝、小溪塔等五个产区为一期工程料场。其中三江坝中的黄柏河口料场，储量只百万立方米，数量虽不大，但该产区离施工现场近，运输方便，选用了此料场。而宜都和宜昌下游凌江溪等产地，贮量很多，但砂石料质量差，距坝轴线远，运输困难，因此没选用这些料场。另外，考虑梯级开发，葛洲坝工程上游三峡工程的用料，因此在上游三峡坝轴线附近的料场不用。产区之一小溪塔料场情况如下：从砂石料质量来分析，天然料超径石较多，含砂率较低，但有另一料场含砂率高，故小溪塔料场与此料场组合开采，可基本达到平衡，超径石部分破碎利用；在小溪塔料场局部地区含小泥团，并杂有草根，开采时增设脱草设备，加工时增设洗泥机，由于采取了以上两项措施，可保证砂石料的质量；长江产地的砂石料含活性骨料量较多，小溪塔料场也如此，经试验后，未发现有害性膨胀反应，但是在施工时，仍控制其水泥含碱量在国家规定范围，以保证质量。小溪塔料场同时也有很多优点：储量多；有宽广的加工堆料场地；砂石料常年露出水面，一年中受洪水影响时间只1~2个月，可保证十个月的开采时间，而其他料场大都只能保证6个月的开采时间；冲洗水源丰富、干净；如采用铁路运输还比较方便。经比较，此料场优点突出，不足之处可采取措施弥补，最后还是确定选择此料场。

在天然料场质量差，贮量少，产地太分散或受运输条件限制不宜使用情况下，可用人工制砂石料，但必须与采用天然砂石料进行技术经济比较后方可采用。我国西南地区有不少水利工程采用人工砂石料的如：映秀湾、乌江渡、大化等工程，还是比较经济合理的。

第三章 砂石料的开采

第一节 开采设计的内容

砂石料开采设计的内容包括以下几个方面。

一、砂砾石料开采量的计算

(一) 砂砾石料需要量的计算

按混凝土设计的骨料级配(重量比)可求出每立方米混凝土的砂石料需要量(体积),再按该工程所需各级混凝土量计算所需砂砾石的数量。

(二) 砂砾石料开采量的设计计算

不考虑料场超径石经破碎加以利用的情况下,据各粒径组需要的骨料数量,结合料场的天然级配,以其中起控制作用的某粒径组,确定料场的开挖量,如果考虑超径骨料经破碎加以利用,应根据新颗粒级配,重新计算开采量。

(三) 砂砾石的开采强度计算确定

按混凝土的浇筑进度中月最大浇筑强度决定开采强度。

二. 开采运输方法的选择

(一) 开采方案的选择

据自然条件与设备情况,选用较优方案。

(二) 开采方法的选择

据产地自然条件、骨料级配特点、开采运输方便采用不同方法。

(三) 开采运输线路的布置

按自然地形和设备选用情况进行布置。

(四) 开采运输设备数量的计算

1. 开采机械数量的确定:按选用的开采机械求它的小时生产率,由此求得月生产率(扣除维修时间),按月生产率及月最大开采量求所需用的数量。

2. 运输设备的计算:分铁路运输和汽车运输。铁路运输求机车和矿车数量。汽车运输求与挖掘机械配合的汽车数量。

3. 砂石料开采运输的组织和调度:行车线路的组织和开采运输设备的调度,一般以集中调度为好,但调度管理工作复杂。国外技术发达的国家都采用电子计算机进行调度管理,使劳动生产率大大提高。

第二节 开采数量和开采强度

根据所选择的砂石料产地的勘探情况,结合该水利枢纽工程所需浇筑的混凝土量和施工进度,以及混凝土配合比设计,进行砂石料开采数量的计算,先求砂砾石的需要量和开采量,然后求开采强度。

一. 砂砾石料需要量的计算

(一) 每立方米混凝土所需的骨料的计算

以设计的混凝土配合比(重量比),作计算依据,换算成1立方米混凝土中各粒径组的体积需要量及需要骨料的总量。

由试验资料可得混凝土水灰比,其值设为 $1/2$ 。

设1立方米混凝土中各种成分含量的重量比:水:砂:砾石:水泥 = $1 : \alpha : \beta : \gamma$ 。

求1立方米混凝土中砂、砾石的需要量,

$$\begin{cases} V_{\text{砂}} = \frac{x}{1+x+y+z} \cdot \frac{W}{\gamma_{\text{砂}}} \quad \text{米}^3 \\ V_{\text{石}} = \frac{y}{1+x+y+z} \cdot \frac{W}{\gamma_{\text{石}}} \quad \text{米}^3 \end{cases} \quad (\text{VI}-2-1)$$

其中: $V_{\text{砂}}$ —砂体积需要量, 单位米³;

$V_{\text{石}}$ —砾石体积需要量, 单位米³;

$\gamma_{\text{砂}}$ —砂的设计容重, 单位吨/米³;

$\gamma_{\text{石}}$ —砾石的设计容重, 单位吨/米³;

W —米³混凝土的重量, 单位吨。

求得砾石体积后, 再根据设计配合比中各粒径组百分含量, 可求得各粒径组所需骨料量。同时, 按求得的砂、砾石各粒径组需要量相加, 可得每米³混凝土所需骨料总量。一般每米³所需砂石骨料为 1.3~1.5米³。

计算时注意: 不同级配的混凝土所需各粒径组砾石和砂的数量必须分开计算。

(二) 砂砾石需要量的计算

在水利枢纽工程中, 可分别计算主体工程、附属工程、超挖回填等所需各级配混凝土需要量, 加上混凝土损耗, 求出各级配混凝土需要总量, 按各种级配所需砂、砾石各组粒径在每米³混凝土中需要量, 可求得砂砾石的需要量。如某工程中需四级配混凝土 200 万米³, 由计算得四级配混凝土每米³中 5~20 毫米粒径组需要量为 0.289 米³, 因此该粒径组需砾石量为 $200 \times 0.289 = 57.8$ (万米³), 用同样计算方法可求得该粒径组在二级配、三级配混凝土时所需数量, 最后把求得的三个数相加, 即为在此工程中 5~20 毫米粒径组所需砾石总量。砂、砾石等需要总量都可按上面步骤分别求出。

二. 砂砾石料开采量计算

首先, 不考虑超径石经破碎加工、加以利用的情况。

计算时, 必须考虑以下几个因素: 砂砾石料由开挖的混合料松散体经筛洗后, 体积增加, 容重减少; 当砂砾石由开挖、经筛洗加工变成品时, 其成品的级配与天然级配已不相同, 在开采、筛洗过程中细砂、粘土杂质会流走一部分, 而在运输、堆存过程中有损耗; 综上所述, 在规划料场开采量时, 这些因素都与之有关。

砂砾石料所需开采的实体数量, 目前, 一般工程采用的经验公式为:

$$V_0 = \frac{V_1 \gamma_0 K_1}{K \gamma (1-K_1)(1-K_2)(1-K_3)} \quad \text{万米}^3 \quad (\text{VI}-2-2)$$

其中: V_0 —砂砾石的实体开采总量, 万米³;

V_1 —某粒径组骨料的总需要量, 万米³, (松方);

K —该粒径组骨料天然级配含量, %;

γ_0 —该粒径组骨料松方容重, 吨/米³;

γ —混合料天然容重, 吨/米³;

K_1 —开采损耗系数, 一般水上开采 K_1 取 2%, 水下开采 K_1 取 5%。也有据本工程