

碾压混凝土筑坝技术介绍(四)

郝石心

(成都勘测设计院)

第四讲 碾压混凝土施工

一、概 述

碾压混凝土筑坝技术的产生与发展,是由于其克服了常态混凝土施工工艺中的许多缺点。如减少模板和脚手架用量,取消冷却水管、灌浆管等项目繁多的附属工作,减化了温控措施,加快了浇筑进度,节省了工程投资,改善了工人劳动条件。

由于碾压混凝土坝取消了纵缝,同时也不用模板形成横缝,因此同常态混凝土相比,浇筑面积可以灵活调整,易于做到均衡生产,施工设备可以得到充分利用,设备利用率较高。

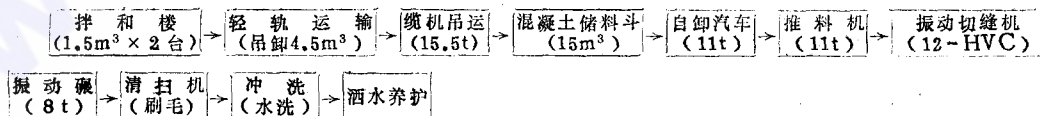
由于碾压混凝土筑坝技术是一种新的施工工艺,各国在施工方法上也存在不少差异,采用的许多施工设备、材料运输方法、碾压工艺、模板、施工缝处理及质量控制等方面都不一致。需要不断实践,不断总结经验,再根据实际情况逐步完善。

由于各国在碾压混凝土筑坝技术上的设计思想不一致,在施工方法上也存在差异,目前形成美国和日本两大模式。我国碾压混凝土试验工作始于80年代初,目前已完成和在建的碾压混凝土坝有坑口、铜街子、天生桥二级(坝索)、岩滩等工程,在施工中有不少特色,并开展了大量科学试验研究工作,正逐步形成适合我国国情的碾压混凝土筑坝技术。本文对不同模式的施工特点作简要评述。

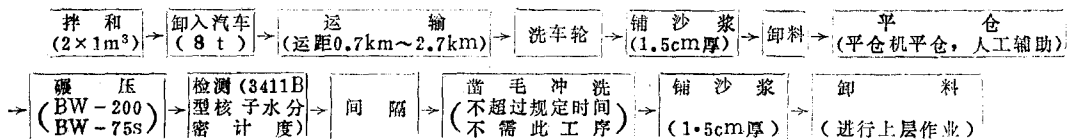
(一) 施工工艺流程

由于筑坝模式不同,其工艺流程也有差异,根据几个不同工程的工艺流程,可以看出其中的差别。

1. 日本岛地川坝混凝土浇筑程序



2. 我国坑口坝施工工艺流程



3. 美国碾压混凝土施工程序 除不进行切缝外, 其工艺流程与上述两种基本相同, 但拌和、运输、平仓、碾压等设备, 则根据工程规模、浇筑层厚度来确定。

(二) 碾压混凝土施工对工序的特殊要求

1. 可用拌制常态混凝土的拌和设备拌制碾压混凝土, 但需增加拌和时间。因此, 需研制适合碾压混凝土的拌和设备。

2. 碾压设备的选型, 对碾压混凝土质量和施工进度至关重要, 应认真对待。

3. 碾压混凝土系干贫混凝土, 灰浆量少且不易流动, 浇筑层间的处理(刷毛)、清洗、铺沙浆等) 应比常态混凝土严格。

4. 碾压层厚度与振动碾压机的压实性能密切相关, 如层厚与碾压机械不配套, 会影响混凝土质量。

5. 由于碾压混凝土对用水量反应极敏感, 施工时应提高原材料和用水量的测定精度和反馈措施。

二、施工工艺

(一) 拌和作业

1. 拌和设备 拌和是保证碾压混凝土质量的关键工序之一。一般多采用常态混凝土的拌制机械。由于拌制碾压混凝土时, 拌和容量减小, 拌和时间延长, 同时其浇筑速度快, 需要量大, 因此需要大容量的拌和设备。但该机械在拌制超干硬性混凝土时, 拌和机叶片容易磨损, 检修维护工作量大。如坑口电站施工采用 $JL_2 \times 1 m^3$ 拌和楼, 使用中经常出故障, 从而限制了生产能力。美国及日本均选用大容量拌和机, 从实践中看, 采用常态混凝土拌和设备, 虽然可以拌制超干硬性混凝土, 但由于结构制造工艺上的限制, 拌和机叶片易粘结过多沙浆, 需常清洗, 叶片易磨损, 需经常更换, 增加了维修时间。因此研制适合于拌制干硬性混凝土的拌和机械, 将成为一个研究的课题。

2. 拌和及配料 拌和用的粗细骨料、水泥、粉煤灰等, 均储存于储料筒或料仓内, 用皮带输送机和螺旋输送机, 按要求的配合比设计, 均匀连续地送入拌和机内。应配备适用的配水器, 使其能在规定的范围内分配拌和用水。

材料投入顺序在日本大川坝为: 水→沙→水泥→小石→中石→大石, 认为这种投料顺序生产的混凝土优质均匀, 其拌和时间为 1.5 分钟。我国坑口电站的投料顺序为: 大石→中石→小石→水和外加剂→水泥和粉煤灰→沙。投料顺序与拌和物质量有关, 因此施工前应进行试验确定投料顺序。

施工中应配备合适的取样设备, 以取得有代表性的各种料物试样, 以控制混凝土的质量, 并作为竣工验收的原始资料。

(二) 运输和卸料

拌和好的混凝土必须尽快地运送到浇筑仓面。所选用的运输机械应能控制分离, 防止运输过程改变混凝土 VC 值和有碍质量的各种因素。从装料、运输和卸料的全过程, 必须防止混凝土分离。各国所采用的运输机械虽不尽相同, 但对分离都提出了明确的规

定。日本和我国多使用载重 8t 以上的自卸车直接运料的方法,这种运输方法简便、机动性高、适用范围广,附属设备少,利于防止骨料分离,较其他运输方法优越。从日本岛地川、玉川、新中野及我国坑口、铜街子、天生桥二级等工程经验证明,采用汽车运输是比较有利的。如采用皮带运输机,其速度应满足生产上的要求,并防止骨料分离,已拌和好的混凝土在皮带机上的暴露时间不得超过 5 分钟,更不能受风吹、日晒和雨淋;在陡斜坡度上运送,可设置缓冲挡板。

为了防止骨料分离,各国对卸料都有严格要求,英国卸料最大下落高度限制在 2.4m 以下。坑口电站的卸料经验是:(1)明确卸料地点,严禁任意卸料;(2)卸料时要把料堆边缘整平,以利于平仓;(3)卸料后将较集中的粗骨料分摊在料堆后上部,以免平仓时把集中的骨料压在下层,形成骨料架空现象。

(三) 浇筑准备、铺料及平仓

混凝土浇筑前,清除仓面浮石,用清扫机清除浮浆层后,再用风水枪清洗,使仓面保持清洁(如采用连续浇筑,上、下层浇筑的时间间隔在初凝时间范围内,可以不进行清洗)。为了保证碾压混凝土层间和混凝土与基岩之间结合良好,浇筑前应在层面或基岩面上铺沙浆,或骨料粒径小于 40mm 的富混凝土。

碾压混凝土卸入仓面后,应就地铺开,卸料位置与铺料厚度要相适应。混凝土铺料的分层、次序、方向、宽度均应由专门的设计确定,不得随意改变。铺料厚度一般应比设计压实后的厚度增加 7~14%,实际的铺料厚度应由碾压混凝土试验确定。

平仓工作是为保证碾压混凝土层间的良好牢固结合,避免骨料分离、保证混凝土质量的重要工序。一般均用推上机或平仓机进行,要求各次料堆之间不能留有洼坑,粗骨料不能集中,并尽可能将混凝土摊铺均匀。

(四) 碾压

碾压混凝土的增实压密既具有常态混凝土的基本要求,又具有振动压实的特殊要求。由于碾压混凝土筑坝技术应用了土石方碾压机械压实这一工艺,因此碾压是碾压混凝土筑坝技术的关键工序。对于碾压的机理,目前仍是该筑坝技术的主要研究课题,各国所定出的碾压工艺有关规定,均由碾压试验所确定,由于采用的振动碾机型、自重不同,因而碾压的遍数也不一致,要求的铺层厚度也各异,就形成了各自的规程规范。

我国对碾压混凝土的应用虽起步较晚,但吸取了欧美、日本等国的经验,在坑口电站碾压混凝土施工中,选择振动压实参数时,采用了室内振动压实试验总结出的计算分析公式,通过计算分析选定振动压实参数。

- (1) 碾压混凝土的配合比设计,应考虑现场振动压实的最优单位体积用水量;
- (2) VC 值的选择控制,实质上是保证现场振动压实最优单位体积分水量的控制。脱离最优单位体积分水量,提出的 VC 值控制指标,没有实际意义;
- (3) 碾压机的振动频率,对压实效果有重要影响。对于碎石混凝土,其最佳频率约为 50 Hz 左右,同时其振动力与碾重之比应在 1.88 左右,这些参数可供振动碾选型参考。

碾压是碾压混凝土筑坝技术中的重要环节,由于对混凝土配合比、浇筑层厚、平

仓、防止骨料分离等有其独特要求,为此,从室内外配合比试验得出的配合比设计、拌和、到碾压前的各种工序,都是为了通过碾压而得到符合质量要求的混凝土。由此可以看出虽然碾压混凝土施工法的根本是振动碾压,但与各工序都有极重要的关系。

(五) 切缝——不设模板的造缝方法

在碾压混凝土筑坝技术中,对浇筑块的切缝工艺,美国和日本各不相同。以美国为代表的施工方法采用薄层统仓浇筑,一般不设或少设横缝。而日本均采用横缝,横缝间距为15m,与常态混凝土坝的分缝相似。可在混凝土铺筑后立即切缝。也有在碾压后再进行切缝的。但后者易将切缝两边的混凝土破坏,影响混凝土质量,因此日本是在混凝土摊铺后先切缝,然后在缝内插入镀锌铁板或塑料板,经碾压后形成永长缝。我国铜街子水电站的碾压混凝土坝采用切缝机切割横缝,但坑口水电站却未设横缝。从混凝土坝的整体性、防止沿横缝渗漏、加快施工进度等方面考虑,以不设横缝为好;但从避免混凝土因温度应力和不均匀沉陷而产生更为有害的裂缝来看,则设置横缝为宜。这一问题尚未得出统一的结论,应在今后通过试验研究加以论证。

(六) 养护和防护

碾压混凝土浇筑完后,与普通混凝土一样,必须采取防护措施,并进行正确的养护,以便获得最大的强度,避免不利的早期干缩和其他有害反应。当降雨强度达4mm并持续1小时应停止浇筑,由于碾压混凝土不埋设冷却水管,主要靠自然散热冷却,应尽量避免夏季施工,特别是由于其用水量少,又是薄层浇筑,夏季高温施工,混凝土表面干燥,不能进行充分碾压,势必出现疏松层,碾压混凝土受气候条件的限制较常态混凝土更加严格。

(七) 施工中应用的模板

虽然碾压混凝土筑坝取消纵缝,横缝用切缝机成缝,但上下游面的坡度仍须采用模板。由于碾压混凝土分若干浇筑层浇筑碾压,间隔时间短,模板周转次数多,因此应根据浇筑进度及坝型断面进行模板设计,选择支拆简便,安全的模板系统,达到既实用又节约工程费用的目的。

1.设计方面 美国207委员会提出在设计中不做碾压边坡,即在浇筑体边缘不进行碾压,上下游面不用模板;这虽使坝体积比常态混凝土重力坝增加20~30%左右,但可加快施工进度,节省部分施工费用。

2.施工方面 采用预制混凝土模板,安装费工费事,且因受锚固影响,施工中急需改进。在美国滑模已列入碾压混凝土筑坝技术中,但尚须改进配套才能用于工程。柳溪坝施工中,在上游垂直坝面采用由滑模制成的联锁缘石及预制板系统,这两种方法前者由垦务局试验,后者由工程师团进行,因此滑模的应用仍处于试验阶段。

总之,从设计中尽量考虑减少上下游面的模板,如上游面因挡水、防渗要求采用富混凝土而必须设置模板,则下游面的模板可考虑取消,虽然坝体断面和工程量增加,但在节约模板,加快工程进度方面成效显著,工程造价有可能更低。同时滑模的试验研究将取代普通模板。

三、碾压混凝土的施工机械

碾压混凝土用的机械设备,大多为常态混凝土及土石方工程所使用的机械。由于碾压混凝土为干硬性混凝土,浇筑、振捣及切缝等要求又与常态混凝土不同,所以机械不能直接使用,需改装后才能满足要求。目前国内外已建的碾压混凝土坝有几十座,在这些工程中所使用的机械虽然各有特点,但大同小异,简述如下。

(一) 拌和机

碾压混凝土因浇筑仓面大,速度快,单位时间内需要混凝土量大,因此宜选用大容量连续拌和机械。

(二) 运输机械

尽管碾压混凝土可采用的运输方法很多,但根据日本及我国实际施工情况,以大型自卸汽车直接运送到浇筑仓面的运输方法最简单,省事。

(三) 振动碾

振动碾为碾压混凝土主要机械,直接影响到碾压混凝土的质量。对振动碾的选型及主要参数均有明确要求,并经实际碾压试验后,才正式应用于大坝混凝土的碾压施工。目前国内外最常用的振动碾为 BW-200E 型,其主要参数如下:

工作总重量(四碾筒)	7130kg	振动频率	43Hz (2580次/分)
单碾筒工作量	1782.5 kg	振 幅	0.86m m
最小行走速度	11 km/h(0.306 m/s)	总振动力	$4 \times 3.2 = 12.8t$
单碾筒尺寸	0.96 × 0.8 m (长度 × 直径)	单碾筒振动力	3.2t

(四) 切缝机

一般均用类似施工机械改装,11 t 推土机,液压挖掘机均可改装。但以改装推土机较为普遍。

此外还有平仓及刷毛清扫机械。平仓机一般均采用不同型号的推土机,刷毛机有专用的,也有用磨石机改装的。清扫设备可用高压水和扫路机清除水平缝的浮浆和废渣。

四、碾压混凝土的浇筑计划

碾压混凝土施工计划的编制,和普通混凝土基本一致。但在编制施工计划时,应充分考虑其特点,编制出各工序间的交叉作业计划。如浇筑分区、运输路线布置,摊铺、碾压交叉作业等均编成作业进度图。因此,浇筑作业计划是指导各工序间的合理衔接,避免互相干扰,保证质量,防止漏振漏压现象的有力措施。

从国外资料看出,日本几座坝的碾压混凝土施工中,十分重视按施工计划组织施工。对各工序应完成的任务,质量控制,均有明确要求。因而大坝的施工速度快、质量好、工程完建后基本没有什么遗留问题。

五、碾压混凝土的质量控制

碾压混凝土的质量控制,除对原材料如水泥质量,骨料特性级配、含水量,对配合比检查外,施工中还应对混凝土的稠度、强度、容重等进行检验。

稠度试验最好采用振动台式稠度试验方法,其试验设备由振动台、试模、捣固棒及圆盘构成。振动台振次为3000~4000次/分,在变频的情况下,包括上述两个值;试模有两种,大试模内径48cm,高40cm,小试模内径24cm,高20cm,试模按固定在振动台上设计;圆盘采用可承受规定荷载的材料制成。用VC值控制稠度,而测定VC值是控制碾压混凝土质量的主要手段之一。

在施工中直接测出碾压混凝土容重比较困难。一般在试验时,应根据所规定的质量标准确定振动碾压遍数,以碾压遍数作为控制指标。但要求混凝土稠度一定控制在允许范围内,也可用中子密度计或3411-B型核子水分密度计测定其密度。但使用这些仪器前必须率定或校验。

为了保证混凝土质量而进行强度试验,同时也为了进行稠度控制。

我国坑口电站碾压混凝土施工中,把质量控制工作具体化,制定出象规范一样的条款,供质检人员作为应检查的项目和遵循的准则,为严格控制质量提供了良好条件。当然这些质量控制准则是以《从碾压混凝土施工暂行规定》为依据,但比规定更条文化和具体化。

(全文完)

新 刊 信 息

中国科学技术期刊编辑学会主办的《编辑学报》已经正式出版。

《编辑学报》是有关编辑学的综合性学术期刊,报道国内外有关编辑学,主要是科技期刊编辑理论研究成果,交流编辑实践经验,为培养编辑人才,提高期刊质量,促进科技交流服务。本刊设有理论研究、专题报告、编辑工程、期刊管理、出版知识、科技文章写作、海外信息、书刊评介等。

读者对象,主要是科技编辑人员,撰写各类科技文章的科技人员,大专院校编辑专业的师生等。

《编辑学报》为季刊,国内定价每本2.00元,全年4期,共计8.00元,本会团体和个人会员9折优惠。订阅者请邮局汇款至“100081,北京海淀区学院南路86号716室中国科学技术期刊编辑学会发行组”。