

超高砼墙一次完成浇筑施工工艺分析

张守武 林士学 赵丽丽 崔永国

(吉林省水利水电工程局三处136105)

[摘要]在诸多项目的砼墙体施工中,一般对较高的边墙、中墩等高大建筑物进行分仓分块浇筑,本文磐石市柳杨水库除险加固工程溢洪道13m高的边墙、中墩一次浇筑砼的施工工艺进行了分析。

[关键词]超高砼墙 一次浇筑砼 施工工艺

1 工程项目概述

磐石市柳扬水库除险加固工程位于磐石市富太乡柳杨村,辉发河右岸支流上。是一座以防洪、灌溉为主,结合养鱼、旅游等综合利用的水库,水库工程主要由土坝、泄洪洞及输水洞等组成。工程为III等工程。

溢洪道改建工程:将现有泄洪洞改建为溢洪道。溢洪道堰顶高程为334.50m,溢流净宽为12m,2孔。溢洪道设计拆除原有泄洪洞及启闭机室等建筑,在原位置重新修建溢洪道。新建开敞式溢洪道,2孔弧形钢闸门,闸孔净宽6m,液压启闭机启动,两侧边墙设计尺寸:墙顶宽1.0m,墙底宽1.5m,长18m,墙顶高程▽346.15m,堰顶处竖直高度11.65m,下游陡坡段最低处竖直高度13.15m,中墩一个,墩宽1.2m,墩两端头为 $R=0.6\text{m}$ 的圆形结构,其竖直高度和长度与边墙相同。砼抗冻等级为 F_{200} 。标号 C_{20} 。

2 水文地质条件

2.1 水文气象条件

坝址区控制断面以上集水面积 92.5km^2 ,河道长15.15km,河道比降3.1%。年平均降雨量676.5mm,降水量年内分配不均匀,主要集中在6~9月份,占全年总降水量的70%左右,多年平均蒸发量1336.0mm($E_{\phi 20}$),多年平均气温 4.1°C ,极端最高气温 36.1°C ,极端气温最低气温 -42.6°C 。

2.2 地质勘探资料

柳杨水库位于吉林省磐石市富太乡境内,富太河上游,东经 $126^{\circ}12'$,北纬 $43^{\circ}61'$ 。该地区地震基本烈度为VI度。

3 墙体砼施工

3.1 背景条件

工程施工期分春季和秋季两个阶段,中间为春季供水灌溉农田的停工阶段,放水灌溉前对溢洪道的下游侧渐变段进行了拆除、重建的施工。停水后,时期已到9月份,这样在从开挖、拆除旧建筑,再建新设计的溢洪道,从工程项目施工内容看对工期要求尤为紧张,特别是在东北地区,到了10月份,开始有冰冻现象,这对砼施工是极为不利的,对一些重要的砼工程要被迫停工。在这种情况下,必须要保证工期要求,又要保证工程质量。面对闸室段和进口引水段的砼工程,共计有 1746m^3 砼,就建筑物数量而言,闸室段有底版、2个边墙和1个中墩,进口段有2个挡土墙和护坦等建筑,从时间上看,要分仓分块浇筑砼达15~20仓左右,中间环节多,肯定完不成,在这种情况下经过分析讨论,决定墙体按一仓考虑,一次完成砼浇筑。这样,在施工方法,工艺和采取的施工技术措施等方面,都做了较为科学合理的布置和安排。那么,采取怎样的施工技术措施,怎样的施工工艺作保障,完成了一次浇筑边墙砼的施工呢?下面进行对关键性工艺、工序逐段分析。

3.2 现有施工条件

砼拌和系统有2台 0.4m^3 的搅拌机,靠人工推手推车上料和推砼熟料入仓;施工脚手杆有600根;6m长的跳板有 60m^3 ,自制焊接钢筋三角架30根,长度 $15\text{m}\sim 17\text{m}$,竹制摸板 800m^2 ,松木方材 35m^3 ,铁件加工台钳1把,

人工卷扬机1台，大型机械ZL-40装载机1台， 1m^3 液压挖掘机1台，自卸车6台，140型推土机1台，电焊机3台，手持风钻2台， 0.9m^3 空压机1台，5.0Kw振捣器5台，施工原材料水泥、砂石骨料已备齐全。

3.3 施工工艺安排

测量放样 → 基础土方开挖 → 旧建筑爆破、拆除 → 清底验收 → 砼工程施工 → 回填 → 金属结构、启闭机安装 → 调试 → 拆除围堰

3.4 施工情况

3.4.1 基础开挖和旧建筑拆除采用机械开挖，同常规施工一样，不详述。

3.4.2 砼施工

3.4.2.1 砼底部的垫层，底板等施工同常规砼施工相同，不详述。

3.4.2.2 砼边墙、中墩、挡墙

闸室段有2个边墙，1个中墩，进口段有2个挡墙，每个挡墙后有6个扶壁墙，而且挡墙为圆形结构，这些超高砼建筑物，要按规范要求3m高划分仓号，每个至少4仓到顶，分仓数量多达20仓，采用墙体整体浇筑后，即为5仓基本完成砼结构建筑物的主体工程。这就有一定的施工技术难度，如果措施、方法不到位，则会出现跑模、涨模等现象，严重影响工程质量，造成浪费和损失，无法弥补。为保证工期和质量要求，计划采用同时安装2套墙体的模板，经计算需要 1200m^2 ，施工顺序是首先进行中墩施工 → 左边墙 → 右边墙左进口挡墙 → 右进口挡墙，右进口挡墙面以闸室段边墙、中墩施工为例，按顺序施工工艺分析每个关键步骤的作法。

①预埋件：在浇筑砼底板时，选用 $\phi 16$ 钢筋作成环形，埋于砼底板上，埋深要大于20cm，再埋一些 $\phi 20$ 的钢筋，埋深大于30cm，上面留有15cm长，这些埋件主要是起到在模板安装及金属结构安装时作为稳定、牢固的支承点，拉结点的作用。

②插栓：在测量定出准确的模板位置后，木工用墨斗线弹出边线，然后用电锤在线里侧钻一个 $\phi 14 \sim \phi 16$ 的深大于10cm的孔，将钢筋插入孔中，作为边墙里侧的固定柱，防止模板向墙里移位，这样，在外部支撑各受力点都较紧固固定后，模板的地脚就牢牢地固定了，插栓的布置数量一般在 $1 \sim 1.5\text{m}$ 左右距离布置一根。

③工作平台（钢木脚手架）：在底板砼全部完成后，下部的墙体砼已进入立体、空间施工，交叉作业，具有一定的危险性。因此，建造一座安全、稳定的工作平台，是十分必要的。平台在底板 $18 \times 13.2\text{m}^2$ 面积上，仓面工作平台与地面连接设在右侧，因为搅拌系统布置在右侧平地上，高度为15m，立柱使用钢筋三角架，间距1.5m，排与排间距2.5m，立柱与边墙距离0.5m，共安装66根。工作平台顶高程 $\nabla 347.2\text{m}$ 。立柱中间用松木杆绑扎或钢筋焊接连成一体，使整体性稳定坚固，到顶部用小头 $\phi 12$ 的粗松木杆，作横梁，横梁上再按每排1.5m布置横油杆，最后铺跳板，形成作业工作平台，在墩、墙位置留出流斗位置。仓面工作平台与地面之间的连接是一个高度与工作平台相同，宽度为4m的连接体，按脚手要求绑扎，平台四周绑上安全栏杆。

④模板安装：首先要计算这一仓模板的用量，便于提前采购准备，防止用时来不及。选用规格长 \times 宽 \times 厚为 $240 \times 122 \times 1\text{cm}^3$ 的竹制模板，在测量定出准确位置后，开始进行模板拼接安装。用 $6 \times 9\text{cm}^2$ 的松木枋材作为挂板枋材，木方要经过拉线，刨直，竹模板很坚硬，必须在预定位置钻出钉孔，在向松木方上钉钉子，随着高度不断增加，难度加大，必须利用靠近边墙的三角架临时搭设成工作平台，保证木工在空中站立，放置模板材料等，这两侧模板安装到设计高度时，在进行模板的校正、加固工作。边墙加固为单侧型式；中墩为双侧型式。

模板安装完成后，必须要进行按设计尺寸调整加固，校正方法也比较简单，在模板顶部距离30cm距离，向下垂放竖直铅锤，然后从下向上量取铅垂线与模板的距离，每次量取的距离基本相同，就表明模板的垂直度是符合要求的，每量一个数据，确认无误后，即把这部分的螺栓拧紧，外侧的支撑木方固定，防止松动，带有松紧器的细钢丝绳调到受力状态，直到没有伸缩的现象，这样一直调到模板顶部。

局部特型模板制作安装：所谓特型模板就是带有曲面型的，如中墩头为 $R=0.6\text{m}$ 的半圆形，实际模板采用了3mm铁板利用卷板机卷成 $R=0.6\text{m}$ 的圆弧形，再把 $\phi 20$ 的钢筋弯成 $R=0.693\text{m}$ 的半圆形，两个为一组，中间缝隙为12mm，目的是为穿 $\phi 12$ 的对拉螺栓，进口挡墙为一个 $R=18$ 的圆弧形和 $L=5\text{m}$ 的直段墙，墙后的扶壁墙有6个，为三角形，渐变结构，直段墙按以前的模板安装办法即可，圆弧形面用6的槽钢利用卷扬机压成圆弧形一致的形状，由于弧形曲率较大，所以1cm厚的竹模板可压成此形状，经过加固，可以形成稳定、牢固的模板结构，施工可放心采用。

模板受力分析：模板所受的力主要来自砼的液态侧压力和振捣器的振动力，也是模板受力最多，持续时间最长的力，而且在模板两侧对称情况下，这种力又称为内力，其他如工作人员的擦登，踏踩，风向力及施工脚手不慎与模板有接触的地方，所带来的冲击力等，而摸板的各种加固就是解决抵消这些力作用的。而模板里边的 $\phi 12$ 对拉螺栓按横向间距1.5m、竖向间距1.0m的布置足以抵消这些内力。与边墙厚度相同的木枋子支撑力，就完全可以把这些外力抵消，而采用的竹模板，自身也有一定的刚性、硬度，再加上外部的纵向间距50cm的肋枋支撑，所以模板自身的变形，扭曲现象基本杜绝，而外部力在施工脚手晃动与模板没有接触的情况下，只有工作人员的踏踩、攀爬等力，这种力一般不是很大，模板外部的支撑拉线是逐以抵消这些力的

作用，砼入仓时与模板没有接触，所以，这种冲击力不用考虑，因为漏斗是挂在工作平台上的，模板自身的重量垂直作用于砼底面上，所以，对水平受力为零，从受力分析情况看，在对拉螺栓解决内力的情况下，外部受力很小，所以，模板的稳定性、牢固性是可靠的。

3.5 钢筋绑扎

设计钢筋按设计要求进行绑扎或焊接，不详述。

3.6 砼浇筑

3.6.1 清理仓面

在模板，钢筋绑扎完之后，浇筑仓面内会有一些杂物，如木块、木屑、铁件、烟头、浮渣等，砼浇筑前必须清理干净。在利用竹模板支撑的仓面，四周已封闭严密，冲洗仓面的水及细泥沙面无处排出，所以在最底处留一个冲仓孔，让污水及时流出，砼浇筑时，在封堵上。

3.6.2 挂流斗、流桶

由于墙体在13m高，加上工作平台的高度，所以砼从上部到底部垂直高度有15m之高，所以，砼入仓必须采取措施，在常规施工条件下，就是靠流斗集料，流桶流料到底部，我们利用的流斗是用薄铁皮（3mm）作成小口径的，满足单轮手推车卸料，这样方便移动、安装；用的流桶也不是铁制的，而是用粗制帆布缝制的，长度一根15m，直径 $\phi 30$ 。采用帆布流桶主要是因为仓面高度太高，仓内加上钢筋、对拉螺栓、加固钢筋，临时木方支撑等都在里边，布置得非常密集。活动空间有限，铁制流斗在这么高的墙体内，而且有这些密集的钢筋、木方的阻碍，上下移动非常困难，采用帆布流桶，轻便、移动安装容易，但必须多设流斗位置。保证帆布桶垂直使用，这样，通过频繁移放位置，满足仓内均匀下料要求。正常情况下，准备4套，3个保证正常下料，1个在移动位置过程中。

3.6.3 砼入仓

砼的拌制及地面的运输没有什么特别之处，砼入仓是影响砼施工质量的一个因素，仓面很大，到底部的砼必须保证不分离，骨料不集中。下料过程中，骨料、水泥浆不能四处迸溅，防止伤到下部工作人员。下料的开始点是仓面的最低位置，确保均匀上升，一般以50cm一层，保持砼面均匀，使模板受到的内力均匀，没有突出和单一受力点，这就是模板不变形、不涨模的因素之一；砼经过平仓后，再用振捣棒按要求振捣；砼浇筑必须连续进行，进度不能过快，但也不能太慢，既要保证砼拌和时间达到要求，又要保证仓面砼上升的速度，这样要求是很容易作到的。经计算，2台 $0.4m^3$ 搅拌机，每小时可拌和 $14m^3$ ；而按50cm一层，每层平均 $12m^3$ ，所以拌和量完全满足砼均匀上升所需的量，对砼上下层的结合也是满足要求的时间内。

浇筑过程中要注意的几个问题：

①水泥浆不能过早地溅到上部短时间砼浇筑不到的地方，因为水泥浆凝固到模板表面，很容易形成砼表面有表皮脱落现象，严重影响墙面的表观质量；

②浇筑过程中，由于下料厚度控制在50cm一层，所以振捣棒不能插入太深，距离模板不能太近，振捣时间也不能过长，因为这样很容易使模板受力后，局部产生微涨，而下部砼因时间超过初凝而已经凝固成形，这样在模板微涨情况下，使模板与砼之间有局部脱离现象。这时产生的后果就是上部水泥浆注入缝中，而竹模板不透气，不吸水的特性，使封闭在缝隙中的空气和水无处渗出，拆模后，这个部位就有一薄层水泥浆贴在表面，同时有气泡，小麻坑等现象，这就使新老砼结合部位产生表面局部挂浆的现象。这种表观质量是不美观的，所以振捣不能过振、漏振；

③及时拆除墙内支撑木方，防止留到墙体内；

④收仓：在砼要达到顶部高程时，必须做好所需砼的数量，通知拌和机工搅拌多少罐够用，否则，会多搅拌许多砼，在墙体达到标高后无处用，造成浪费。

⑤墙顶面抹面压光：墙顶面一般测量人员把设计高程都在开仓前标出，这时，瓦工可按此高程进行抹面，多余的砼挖出，不够高的地方填些料，最关键的是瓦工掏出表面析出的水，必须将水淘净。否则这些表面水，会进入因砼收缩与模板表面产生的缝隙，这些水会把尚未凝固坚硬的砼表面浸润出水道，拆模后极不好看；

⑥养护：砼全部完成后，在初凝已定型，抹面压光完成后，必须在表面撒水淋湿，防止表面产生微小龟裂。同时要用水泵抽水，向模板表面浇水，降温，必须有专人做这项养护工作。尤其是在拆模后，更要加强这项工作。

3.7 拆除模板

由于砼早期强度提高的很快，一般在浇筑完成3d后，强度可达到75%以上，这时可进行拆除模板的工作，模板拆除具有一定的规律和要求，需要注意的是不能用撬棍贴在砼墙面硬撬。这样，撬棍会把砼表面划成深道或局部出坑；模板需要用绳子吊起，不能让其坠到地上，摔坏模板，而且拆下的模板还要经过修整后用于其他仓面。模板拆完后，要利用脚手杆用钢锯条割除露于墙面的螺栓头，这样，砼表面没有附着物。

3.8 工程质量

一次成型的墙体，具有表面光滑、平整洁净，边线顺直，通仓一致，没用蜂窝、麻面，砼强度均匀，工

程质量不仅外观质量好，内在抗压强度也均匀满足要求，是一种比较理想的施工工艺。

3.9 工程特点分析

①工程用工用料：这种施工工艺，需要的木工用料较多，从原材料上看，似乎造价偏高；但节省了钢筋工程的搭接长度量，节省了钢筋需要焊接的部位，节省了砼表面凿毛、清仓工序至少2-3次，同时，也节省了模板拆除安装的次数，以及节省了施工脚手的搭绑扎次数。经计算，这些节省的工、料金额足以满足购买材料款，况且购买的材料是属固定资产，可周转使用，因此效益可观。

②工期：采用这种方法，工期明显提前，从9月13日开始至10月15日已全部完成，满足了工期要求，为后期的闸门安装提供了时间保证；

③施工集中：在每仓模板支护完成后，砼浇筑集中，砼的技术指标要求能够保持均匀、一致，劳动力组织，原材料消耗集中，便于施工管理。

④采用这种施工工艺，必须要求墙宽 $>40\text{cm}$ ，因为这么高的墙，仓面内工作人员不能到位，就不能平仓、振捣棒不能振捣，质量保证不了；即使在外部开设振捣孔，也处理不了骨料集中问题，所以，墙内宽度要有要求。

⑤从施工结构看，这也是一个比较普通、常见的施工工艺，但在一般中小型水库施工中，砼仓面高度超过13m高的也属少见，但在施工工艺上做好周密安排，且可以实现的，或者说这也是一种施工工艺简单，便于操作的施工方法，有条件的施工队伍，可以采用。

4 结束语

采用一次完成浇筑超高墙砼的施工工艺，关键是模板工程的施工，能支护出稳定、牢固、准确的模板，是完成砼超高墙的关键保证因素，建议在工期紧，质量要求高的工程中采用。

[作者简介] 张守武(1964-)男，工程师，现从事水利工程施工工作。