

浅谈引水隧洞大坡度底板混凝土浇筑施工

王庆敏

中国水利水电第十二工程局有限公司 四川 内江 310000

摘要: 池潭扩建工程引水隧洞采用一坡到底的设计, 条件所限只能选择泵送入仓, 泵送时人工振捣平仓难以保证11.84%的坡度, 且坡面高低不平, 施工期间, 项目部设置一种大坡度底板拉模, 该施工基本解决大坡度引水隧洞底板混凝土施工, 具有好、快、多次重复使用的特点, 对类似工程具有借鉴意义。

关键词: 引水隧洞; 大坡度; 泵送入仓; 拉模

1 工程概况

芦庵滩水电站工程位于福建省西北部泰宁县境内的富屯溪支流——金溪上, 距泰宁县城33km。芦庵滩水电站工程(池潭水电厂扩建工程)是在现有池潭水电站库内取水, 利用池潭电站大坝, 新建进水口、引水隧洞及地面发电厂房和开关站等。

本工程引水隧洞从进水口平洞段为引0-004.317桩号, 终止桩号为0+403.570m, 总长407.887m, 立面采用“一坡到底”布置形式, 底板纵坡为11.84%, 引水隧洞仅设置一条施工支洞, 底宽5m, 底板混凝土厚度为0.5m, 其中底板混凝土因布设单层钢筋网片, 且受工作面限制, 钢筋绑扎完成以后, 只能使用泵送入仓。

2 难点分析

该工程施工主要难点在于泵送塌落度与平仓振捣塌落度要求不一致。为了保证泵送混凝土能正常泵送, 混凝土塌落度基本控制在16cm~20cm之间, 因塌落度大及工作面坡度较大, 振捣后随即已经基本平仓, 难以保证11.84%的坡度, 且人工收面效率很低, 难以实现又好又快施工。

因此需要寻找解决此问题的方法。首先, 可以通过调整混凝土配比来改善泵送塌落度与平仓振捣塌落度的不一致问题。调整水灰比、砂石配比等参数, 选择合适的掺加剂, 可以使混凝土具有较好的流动性和可振捣性, 从而满足施工的要求。其次, 可以借助新技术来完善施工过程。例如, 引入自动控制系统, 在混凝土泵送过程中实时监测和调控混凝土的塌落度, 保持在所需范围内。合理设计施工工艺, 如在振捣后进行补偿浇筑, 以保证施工面的坡度要求。此外, 可以考虑采用机械化施工方式, 例如使用自动振捣设备和自动平仓装置, 提

高施工效率和精度。通过机械化施工, 不仅可以提高施工速度和质量, 还可以减少人工操作对坡度的影响。最后, 为了确保施工的成功, 需要加强施工管理和技术培训。施工现场应实施严格的质量控制和安全管理, 培训工人掌握新技术、新设备的操作方法和维护保养技巧, 提高施工队伍的整体素质。通过以上措施, 可以解决泵送塌落度与平仓振捣塌落度要求不一致的难题, 在保证施工质量的前提下, 提高施工效率, 实现又好又快的施工目标。

3 混凝土浇筑施工的重要性

引水隧洞是自然水源从一个地区引导到另一个地区的重要工程, 底板的混凝土浇筑施工则是整个隧洞工程中一个关键的环节。本文将从以下四个方面阐述引水隧洞大坡度底板混凝土浇筑施工的重要性。

混凝土底板的平整与牢固直接关系到隧洞的使用寿命。引水隧洞一般都需要经受长时间的水流冲刷和地质变化的影响, 因此底板的平整与牢固对于保证隧洞的长期稳定和安全运行至关重要。混凝土浇筑施工过程中, 如果能够保证底板的平整度, 将能够提高隧洞的水流引导效果, 减少能量损失, 同时也能够保证底板的承重能力, 避免底板发生下沉变形的情况。

混凝土底板的施工对于隧洞的防水效果至关重要。作为一条水源引导的通道, 隧洞的防水性能对于保证水源的供应具有至关重要的作用。混凝土底板的施工过程中, 可以采用适当控制混凝土配合比、添加防水剂等方式, 提高底板的防水性能, 防止水源泄漏和渗漏, 确保引水隧洞的正常使用。

混凝土底板的施工对于隧洞的气密性和强度有重要影响。引水隧洞一般需要承受大量的水压力和地质力的作用, 底板的气密性和强度直接影响着隧洞的稳定性和耐久性。混凝土底板的施工过程中, 应注重控制混凝土的质量, 确保底板的密实性和强度, 从而提高隧洞的气密性和承载力, 保证引水工程的安全运行。

通讯作者: 姓名: 王庆敏, 出生年月: 1981年9月, 民族: 汉, 性别: 女, 籍贯: 四川省内江市, 单位: 中国水利水电第十二工程局有限公司, 职位: 科员, 职称: 工程师, 学历: 本科, 邮编: 310000, 研究方向: 水利水电。

混凝土底板的施工还能够提升隧洞的运行效率。底板的平整度和光滑度直接影响水流的流速和流态，而水流的流速和流态又直接关系到引水隧洞的流量和出水效果。混凝土底板的施工过程中，如果能够保证底板的平整和光滑，将能够提高水流的流速，减少能量的损失，提升引水工程的运行效率。

4 方案比选

4.1 振捣后人工二次平仓后抹面

混凝土振捣后，人工平仓，抹面工随后跟进。一次振捣充分以后，随后人工使用刮尺二次粗平，再根据定位钢筋使用抹子进行抹面，但隧洞坡度控制效果一般，且消耗人工较多，不经济且施工质量较差。

4.2 翻模施工

根据第一仓经验，随后使用翻模施工，翻模选择1m定制组合钢模板，等待10min左右随后拆除抗浮及制动螺帽，但定位过程较复杂，人工搬运模板较慢，使用抗浮及制动螺杆及螺帽较多^[1]。

4.3 拉模施工

为解决上述两种施工方法进度及质量存在的问题，经过项目部及业主多方探讨，并结合前两仓及前两种施工方案的浇筑经验，需要设置一种随时可拉动，又能按照一定平面向前滑动的模板，同时模板重量需保证振捣时不能浮动。结合混凝土面板施工经验，项目部设置一

种可以拉动的模板，配合人工进行抹面施工。

4.3.1 拉模制作：设置一种1.2*0.3m的标准钢模板经焊接打磨的组合模板，组合模板尺寸为4.46*1m，并为模板设置吊耳及拉扣。为解决模板在拉动过程中，前端混凝土易集中污染模板及抹面工作平台，在模板前段焊接一块扁钢，扁钢与模板角度为135度；为解决模板行走问题，在浇筑前50m左右位置设置一卷扬机供模板行走，待浇筑至卷扬机位置以后，随后立即移动卷扬机，因模板重量不大，仅需配置一台5t卷扬机即可。

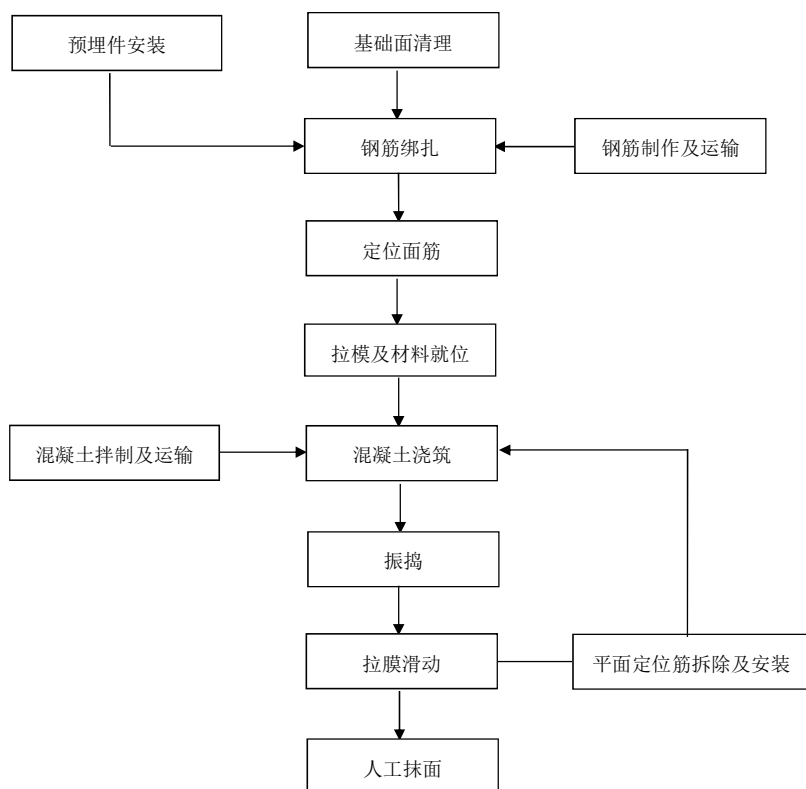
4.3.2 水平滑动定位钢筋：为了保证拉模底部在设计坡面上滑动且能重复利用，固定效果较好，经过比选，在设计面设置定位支架，定位支架恰好能放置3mΦ20圆钢，每隔50-70cm设置一个定位支架，每个工作面设置3条定位钢筋，定位支架同架立钢筋共用，其中平面定位钢筋可以重复使用。前段混凝土浇筑初凝后，随即拆除水平滑动钢筋，随后人工抹面平整^[2]。

4.3.3 抗浮装置：为解决混凝土在振捣时模板浮动问题，在第一仓浇筑时，在模板上部填充一层15cm左右混凝土，提供材料及人工抹面平台，以保证模板具有一定抗浮力。

5 施工工艺及流程

5.1 底板施工流程

引水隧洞底板混凝土施工程序如下框图所示：



5.2 分仓及浇筑方向

隧洞底板混凝土因坡度较大，端部使用木模进行立模，底板混凝土主要使用拉模进行施工。隧洞上游从支洞口向进水口浇筑，支洞口下游从与C2标交接桩号向支洞口浇筑。按照一个循环的浇筑时间，单仓按照60m一仓进行浇筑^[3]。

5.3 施工要点及注意事项

(1) 测量定位

清基后，按照设计的桩号、尺寸、高程由测量人员进行测量、放样，并做好标记。定位面筋的支架可与主筋的定位钢筋相同。

(2) 混凝土配合比及塌落度控制

根据投标合同及投标文件，本工程使用混凝土主要为C2标段供应，根据前期两仓施工经验，混凝土塌落度控制在16-18cm较为合适。具体配合比详如下：

表1 C25W8F100混凝土配合比

设计强度	单位体积材料用量 (Kg/m ³)						配合比参数				
	水泥	粉煤灰	砂	5-20	20-40	水	含气量	GK-4A缓凝减水剂 (%)	GK-9A引气剂 (%)	水胶比	砂率 (%)
C25W8F100	299	75	696	422	634	161	2~4	1.5	0.006	0.43	39.5

(3) 经流水控制

受重力影响，底板混凝土需由低向高浇筑，单仓浇筑完成以后，端头高出地面50cm，隧洞渗水及闸门井施工用水均会经过底板混凝土，为保障混凝土顺利浇筑，在端头设置集水坑，集水坑主要为黄泥土包形成，并使用水泵抽排至下游。底板混凝土初凝后，拆除黄泥土包，陡坎充满水以后，水会自由溢流，并在混凝土表面形成均匀水膜，对混凝土养生有益^[4]。

(4) 施工要点

1) 定型钢模板前端需设置上扬45°的挡板（10cm宽），以解决牵移钢模板时，前端砼易堆积污染定型钢模板上部工作平台的问题。

2) 标高限位筋应采用圆钢，以方便定型钢模板在其上滑动。“义”字型焊接固定标高限位圆钢筋支架时，两侧的支架固定筋应低于中间的标高限位圆钢筋，且标高限位圆钢长度易为3m，不可太长，否则不易挪动及修补取出限位圆钢筋后的砼面。

3) 每侧标高限位筋距离定型钢模板边即设计底板边线10-15cm，防止牵引时，定型钢模板从限位筋上掉落。

4) 牵引卷扬机应固定在洞轴线上，且为保证卷扬机钢丝绳在洞轴线上牵引，应在卷扬机前端10m左右洞轴线上焊接固定一圆形导引孔，导引孔孔径宜比钢丝绳直径大5-10mm。当在转弯段时，需在设计底板中心线每隔5m（视隧洞转弯半径而定）施作一个钢丝绳导引钢筋桩，确保钢丝绳沿着底板中心线方向移动^[5]。

5) 由于抹面工在定型钢模板上，因此配重块的放置可根据实际情况进行试验调整。

6) 牵引时，卷扬机操作人员应通过对讲机通知仓面

工作人员。抹面工在定型钢模板上应蹲下，扶好安全扶手，注意安全。

7) 抹面工要求为熟练的技术抹面工。

8) 泵送砼塌落度一定要严格控制，不可太大，否则不易成型，且振捣时产生的泌水，容易流向已经抹好的砼面，造成表面砂线。因此要做塌落度控制，且不能过振。塌落度应按配合比设计，尽可能的取小值。

9) 做好成型砼面的保护工作。对于洞顶有滴水的地方，可在已抹好的砼面上铺地膜，在地膜上放置无纺布吸水，专人及时更换无纺布，直至砼面初凝。

6 结束语

本工程因入仓及坡度等条件限制，本工程结合面板堆石坝拉模施工，对拉模进行改造，设置抗浮及定位面筋，实现从入仓到最后抹面的流水线作业，有效提高了大坡度底板混凝土施工进度及施工质量，坡度整体线性控制较为平顺，本工程设计的大坡度拉模的成功案例可为同类工程提供施工经验。

参考文献

[1]王新杰.关于大断面引水隧洞混凝土衬砌施工的探讨[J].工程建设与设计,2019,(16):174-175.
 [2]陶志强.穿山隧洞混凝土衬砌的施工应用探析[J].中国水能及电气化,2018,(09):12-14+39.
 [3].德尔西水电站引水隧洞完工验收[J].云南水力发电,2017,33(S2):154.
 [4]肖义球.引水隧洞工程施工监理[J].黑龙江水利科技,2015,43(07):73-75.
 [5]李琳,杨晨光.液压行走钢栈桥在引水隧洞底板浇筑中的应用[J].东北水利水电,2015,33(07):9-10+71.