

关于水利建筑工程渠道衬砌混凝土（滑模）定额消耗量的研究

李晓萍¹ 方涛² 田浪³

1. 3. 黄河勘测规划设计研究院有限公司 河南 郑州 450003

2. 宁夏水利工程定额和质量安全中心 宁夏 银川 750002

摘要：渠道衬砌混凝土（滑模）是一种新型渠道衬砌混凝土施工技术，已经在国内多个水利工程中成功应用；但尚无该工艺的施工效率分析研究和定额标准，无法满足渠道混凝土（滑模）工程造价管理的需要。为合理确定工程单价，并为行业定额修订提供依据，通过广泛调研和典型观测，获取额定工作量的工作时间消耗等基础数据，并在此基础上进行数理统计和分析，最终确定渠道衬砌混凝土（滑模）预算定额。

关键词：渠道衬砌混凝土；滑模台车；定额

渠道衬砌混凝土（滑模）是一种新型渠道混凝土施工技术，该技术利用滑模台车为在浇筑混凝土的过程中沿混凝土表面连续地缓慢移动的混凝土成型装置，具有工艺简单、节省工期、节约投资等优势，已在国内水利工程建设中成功应用。但尚无该工艺的施工效率分析和定额标准，缺乏计价依据。本文通过现场调研和数据收集整理分析，研究渠道混凝土（滑模）施工工艺流程，合理划分定额子目及工序，分析计算渠道混凝土（滑模）施工人工、材料及机械等资源消耗，进而确定定额消耗量。

1 施工工艺流程及定额工序划分

1.1 施工工艺流程

主要包括测量放线、边坡开挖及修整、立侧模、滑模台车就位、混凝土浇筑、抹平收面、仓面冲洗养护。

1.2 定额工序划分

依据水利工程定额子目划分以及简明适用的原则，将堆石混凝土施工过程划分为侧模安拆、混凝土浇筑、抹面、冲洗及混凝土养护等4个工序，作为本次定额研究的主要内容。

2 资源配置情况

2.1 施工人员配置情况

施工人员配置一般模侧安拆4人，浇筑班组需8人，其中3人手持1.5kW插入式振动器振捣，1人辅助一台挖机上料，2人作业面混凝土平仓，1人负责安全，1名技术员现场协调指导工作；抹面工序需要2人。

2.2 机械配置情况

（1）混凝土浇筑机械

混凝土入仓后，采用50型插入式振动器进行振捣，振捣时间以粗骨料不再下沉，并开始泛浆为准，一般在20~30s之间为好；混凝土浇筑要求保持连续，允许间歇

时间为1.5h；操作人员站在滑模平台上进行操作，电动滑模台车作为操作平台及上部模板；滑模提升由安装在滑模上的电动卷扬机牵引滑升，速度宜为0.10 m/h~0.15m/h，每次滑升控制在30~40cm，平均滑升速度两次提升间隔时间宜不超过1.5h。

（2）混凝土的拌制机械

混凝土的生产拌制机械均为常规机械，机械效率可参考已有定额效率水平。

（3）冲洗及混凝土养护

在混凝土浇筑结束后，对仓面进行清洗和养护。根据《水工混凝土施工规范》(SL 677-2014)^[1]规定“7.5.3混凝土养护时间按照设计要求执行，不宜少于28d，对重要部位和利用后期强度的混凝土以及其他有特殊要求的部位应延长养护时间。”调研工地采用洒水车洒水，养护时间为两个月，每天洒水4次~5次。

（4）其他机械设备

1m³挖掘机起吊设备辅助移滑模车、辅助人工固定模板、辅助运输物资等。

3 定额编制

3.1 人工时间定额

（1）侧模安拆

测量、放线、侧模钢钎锚固，侧模采用3mm厚特制钢模板，兼做一期混凝土浇筑滑模的支撑。参考规范并结合现场施工人员配备情况，模侧安拆班组人员数量拟定为4人。经观测，4人安装10副模板净工作时间2小时（约10~15分钟/副），拆除模板净工作时间为5分钟/副。一个班组安拆一幅（道）模板（有效立模面积1.79m²）净工作时间为20分钟。

渠道厚度27.5cm：人工时间定额 = $100/7.1\text{m}^3 \times 4$

人 $\times 20/60/0.8 \times 1.1 = 25.82 \text{ h}/100\text{m}^3$ 。

(2) 浇筑工序

参考规范并结合现场施工人员配备情况,浇筑工序一个班组人员数量拟定为8人。一个班组完成一仓(7.1m^3)一个作业循环净工作时间(不含中断时间)为60分钟。渠道厚度27.5cm:人工时间定额= $100/7.1/0.8 \times 1.1 \times 8 = 154.93\text{h}/100\text{m}^3$;

(3) 收面

振捣出浆后,先用水泥抹或电动手工泥抹抹面,后用铁抹收光,待2h~3h后,再进行光洁度处理。

人工抹面完成1仓净工作时间合计5.97工时,完成工作量为 7.1m^3 。

$$\text{人工时间定额} = 1 / (7.1/5.97 \times 0.8) \times 100 \times 1.1 = 115.62\text{h}/100\text{m}^3 (\text{渠道厚度} 27.5\text{cm})$$

净工作时间系数0.8,人工幅度差系数1.1。

3.2 材料消耗量确定

材料消耗量测定采用现场实测和统计分析相结合的方法共同确定,以调研的方式收集已完或在建工程的设计资料、施工资料、材料耗用台账等统计资料。

1) 水量

采用现场调差统计、参考相关施工规范及定额综合考虑确定。

根据现场调查统计:13 m^3 洒水车一般完成1km渠长的混凝土养护用水:(13 m^3 /次 $\times 56\text{d} \times 4\text{次}/\text{d}$)/($1000\text{m} \times 2/4\text{m} \times 7.1\text{m}^3/\text{仓}$) $\times 100 = 82\text{m}^3\text{水}/100\text{m}^3\text{混凝土}$ 。

根据《水利水电工程施工手册第三卷混凝土工程》^[2]表2-5-8混凝土施工用水概略指标:以14d计,混凝土养护用水量2800~5600L/ m^3 ,即56~112 $\text{m}^3\text{水}/100\text{m}^3\text{混凝土}$ 。

参考部颁《水利建筑工程预算定额》(2002版)^[3]:明渠(非岩石基础)衬砌厚度(15cm~35cm)100 m^3 混凝土养护用水量为98~126 m^3

综合三方数据,定额拟定采用现场调查统计数据83 $\text{m}^3\text{水}/100\text{m}^3\text{混凝土}$,计取20%损耗后,100 m^3 混凝土冲洗及养护水量为100 m^3 。

2) 混凝土量

参考行业普遍损耗系数取3%。

3) 侧模模板

结合典型工程渠道侧模的工程实际情况,计算模板、预埋铁件重量;

调研工程侧模板(上部钢板厚3mm+下部方钢+加筋)重量:128.65 kg/个(900元/个除税价);一道侧模有效立模面积1.79 m^2 ,模板及预埋件周转按照50次计,残值取4%,露明系数及维修损耗系数取1.15,经计算考虑多次周转和回收后使用一次的摊销量为:128.65/1.79/50 $\times$ (1-

4%) $\times 100 \times 1.15 = 158.67\text{kg}/100\text{m}^2$;固定模板的钢钎重量:5kg/根,5根/幅,32.12kg/100 m^2 。

立模系数= $1.79\text{m}^2/7.1\text{m}^3 = 0.2521 \text{ m}^2/\text{m}^3$;100 m^3 混凝土模板定额消耗量= $0.2521 \times 158.67 = 39.73\text{kg}$;100 m^3 混凝土钢钎定额消耗量= $0.2521 \times 32.12 = 8.10 \text{ kg}$

通过计算每方混凝土的侧模模板量不随渠道厚度变化而变化。

4) 其他材料费

混凝土养护期间铺一次性塑料布,铺土工布(周转5次);测量使用的卷尺、白灰;抹平用的长杆;滑模牵引的地锚钢管等零星材料所发生的费用。经测算,占主要材料费的2%,计入其他材料费。

3.3 机械时间定额确定

(1) 挖掘机时间定额

滑模台车就位采用挖机连接钢丝绳通过滑模顶端安装的吊环吊运滑模,缓慢放至下一仓坡脚,挖机辅助人工打、拔地锚,钢丝绳与地锚连接紧固。

一台1 m^3 挖掘机场内运输模板、辅助人工固定模板,安装10副模板净工作时间2小时。

机械台时产量定额 $D = N \times T \times K_1 = 7.1 \times 10/2 \times 1\text{h} \times 0.8 = 28.4 \text{ m}^3/\text{h}$;渠道厚度27.5cm:挖掘机1 m^3 机械时间定额= $1/D \times K_2 = 1/28.4 \times 1.3 \times 100 = 4.58 \text{ h}/100\text{m}^3$

(2) 滑模机台车时间定额

采用计时观察法,对完成1仓(7.1m^3 混凝土)浇筑工序连续实测记录数据,再以典型观测数据为基础,运用巴辛斯基法剔除明显偏高或偏低的数据,运用正态分布函数确定效率水平,确定完成任务的可能性为85%时的施工效率为定额效率水平,则:

$$P\{X \leq x\} = 85\% \\ \Rightarrow P\left\{\frac{X - \mu}{\delta} \leq \frac{x - \mu}{\delta}\right\} = 85\%$$

由概率 $p(\lambda) = 85\%$ 查标准正态分布表,得 $\lambda = 1.037$,即:

$$\frac{x - \mu}{\delta} = \lambda \\ \Rightarrow x = \mu + \lambda\delta \\ \Rightarrow x = \mu + 1.037\delta$$

通过数据观测与数理分析计算:滑模台车3kW平均小时生产率 $N = 13.37\text{m}^3/\text{h}$;滑模台车3kW台时产量定额 $D = N \times K_1 = 13.37 \times 0.8 = 10.7 \text{ m}^3/\text{h}$;渠道厚度27.5cm:滑模台车3kW时间定额= $1/D \times K_2 \times 100 = 12.15\text{h}/100\text{m}^3$ 。

(3) 振动器时间定额

振动器生产率和振动器的作用半径、激振力、振捣深度、混凝土和易性有关,依据《水利水电施工组织设计手

册第三卷混凝土工程》^③振动器生产率计算公式进行估算：

$$D=2kR^2h3600/(t_1+t)$$

式中：D—生产率，m³/h；k—振动器工作的时间利用系数，一般取0.8~0.85；R—振动器作用半径，m，一般取0.36~0.6；h—振捣深度（即每一层浇筑的厚度），m；t—每一点振捣时间，s，规范20 s~30s；t₁—振动器从一点搬到另一点所耗的时间，s

50插入式振动器，配套功率1.1kW，振捣棒直径50mm，长度50cm，作用半径取360mm；振动器两相邻插点的间距按照不大于振动棒作用半径的1.5倍布设；根据

振捣设备类型确定浇筑坏层的允许最大厚度，软轴式插入振动器振捣棒长度的1.25 倍，即62.5cm。渠道厚度20 cm~35cm，小型插入式振动器规范要求“入仓厚度每层不应大于25cm，并应插入下层混凝土5cm”，振捣深度取渠道平均厚度27.5cm；考虑开关电源、移动振捣棒、振捣等作业时间，每点振捣时间综合考虑按照25s考虑。经计算：

$$D=2\times0.85\times0.36\times0.36\times0.275\times3600/25=8.72\text{m}^3/\text{h}$$

渠道厚度27.5cm；振动器时间定额=100/D×3×1.30=44.70h/100m³。（机械定额幅度差系数，取1.3）。

4 定额结果

渠道混凝土（滑模）

适用范围：引水、泄水、灌溉渠道及隧洞进出口明挖段的边坡。

衬砌厚度：25~30cm

序号	项目名称	单位	定额数量（100m ³ ）					合计
			立侧模	浇筑	抹面	混凝土拌制	冲洗及养护	
①	人工时间定额							
	技工	工时	18.07	46.48	115.62	122.50		302.67
	普工	工时	7.75	108.45		162.40		278.60
	合计	工时	25.82	154.93	115.62	284.90		581.27
②	材料消耗量							
	钢模板	kg	39.73					39.73
	铁件	kg	8.1					8.1
	混凝土	m ³		103				103
	水	m ³					100	100
	其他材料费	%						2
③	机械时间定额							
	单斗挖掘机 液压 1m ³	台时	4.58	4.77				9.35
	电动滑模台车 3kW	台时		12.15				12.15
	振动器 1.1kW	台时		44.7				44.7
	混凝土搅拌机 0.4m ³	台时				18.54		18.54
	胶轮车	台时				83		83
	其他机械费	%						15
④	混凝土水平运输							103
⑤	混凝土垂直运输							103

5 结语

为从整体上把握定额单价水平，按照现行部颁定额人工、取费标准及相同的材料价格分别对水利定额以及调研的各工程合同价格水平进行测算，预算单价水平与调研工程单价水平基本相当，单价水平符合目前工程的实际情况。本研究成果采用的方法、思路，可为行业其他水利工程的定额测定提供参考和借鉴。

参考文献

[1]翁永红，范五一，丁福珍，等。《水工混凝土施

工规范》【SL 677-2014】.北京：中国水利水电出版社，2014：142页。

[2]李治平，王嘉惠，王开祥，等。《水利建筑工程预算定额》（上册）水总【2002】116号文 郑州 黄河水利出版社，2002：263页。

[3]《水利水电工程施工手册第三卷混凝土工程》 中国电力出版社 108—110。