

水电工程混凝土喷护方法的探讨

王森荣

(中国水利水电第五工程局, 四川 米易 617200)

摘要:通过对干喷、湿喷、并列法喷护的剖析, 针对其利弊开发出另一种介于干喷和湿喷之间的半湿喷护方法, 并对半湿喷护法的优缺点加以分析, 探讨了半湿喷护法的工艺流程、喷嘴结构形式、水环结构及其效应。初步试验成果表明, 半湿喷护法在技术上是可行的, 经济效益也显著, 可在逐步研究完善后推广应用。

关键词:干喷; 湿喷; 并列法喷护; 半湿喷护法

中图分类号: TV 52; TV 544 + 923

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)04-0017-02

1 导言

水电工程混凝土喷护方法一般为干喷、湿喷和并列法喷护, 其中湿喷法在国内外极少采用。并列法喷护系日本70年代研究发展起来的水泥裹砂喷护方法, 由于受设备配套复杂、移动不便等因素的制约, 在我国只有极少数工程采用。传统的干喷法在我国应用广泛, 成为水电工程喷护的主要手段, 但干喷存在回弹率大、粉尘浓度高、强度损失严重等问题。为了弥补干喷法的不足, 我们探讨了介于干喷与湿喷两者之间的一种喷护方法——半湿喷护法。

2 喷护方法的剖析

2.1 干喷法

2.1.1 干喷法的工艺流程

如图1所示。

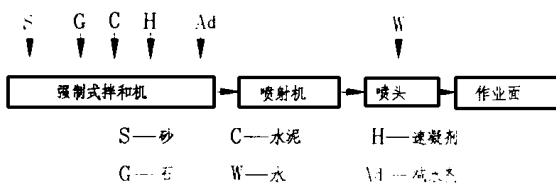


图1 干喷法工艺流程图

2.1.2 干喷法的优点

干喷法施工工艺流程简单, 设备单一、操作方便、机动灵活、施工时易控制, 适用于水电工程大面积、移动性高的高边坡和隧洞工程。

2.1.3 干喷法的缺点

施工时干料通过输料管与水在喷头瞬间结合

后, 随即喷出, 水泥颗粒不能充分水化, 喷嘴处粉尘浓度亦较多, 对施工人员身体健康不利, 水泥损失严重, 回弹率也较大。

2.2 湿喷法

2.2.1 湿喷法的工艺流程

如图2所示。

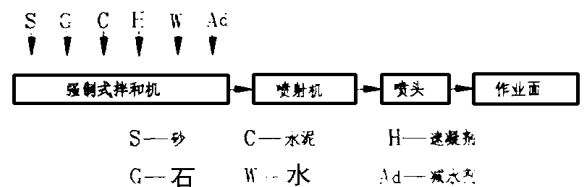


图2 湿喷法工艺流程图

2.2.2 湿喷法的优点

施工时水泥颗粒与水泥混合的时间较长, 喷出混凝土粉尘浓度低, 回弹率也较小, 混凝土强度较高, 性能稳定, 混凝土表面平整而且美观。

2.2.3 湿喷法的缺点

不宜长距离输送, 出料时有时无, 易产生脉冲现象, 工艺较复杂, 控制难度较大, 移动不太方便, 且一旦堵塞, 处理极为困难。这些缺点也极大地制约了湿喷法的推广应用。

2.3 并列法喷护

2.3.1 并列法(水泥裹砂法)

喷护工艺流程, 如图3所示。

2.3.2 并列法喷护的优点

喷层混凝土强度高, 粉尘浓度低, 回弹率也较小, 所喷混凝土表面平整、分布均匀、强度比较稳定, 喷护速度快。

2.3.3 并列法喷护的缺点

设备配套复杂, 工艺流程复杂, 工艺间衔接要求高, 控制难度也较高, 不宜于移动, 受施工条件约束较大, 但宜于轨道作业。

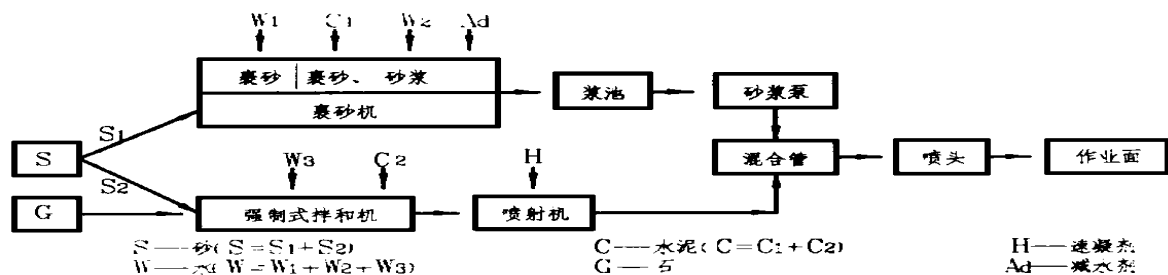


图3 并列法喷护工艺流程图

3 半湿喷护法的探讨

水电工程一般位于山区, 喷护工程大部分属于高边坡保护及隧洞衬护。喷护作业要求机具移动灵活、体积小、工艺简单、控制方便, 这是干喷法长期应用于水利水电工程的主要因素。为了取得较好的经济效益, 提高喷混凝土质量, 创造良好的施工环境, 针对干喷与湿喷之利弊, 通过试验, 对工艺流程稍加改动、调整, 形成一种介于两者之间的半湿喷护法。

3.1 半湿喷护法工艺流程

半湿喷护法的工艺流程与干喷法基本相同, 不同之处在于干喷法是在喷头处加水, 而半湿喷护法是在离喷头 8m 处加水, 使水与干料有 1~2 s 的混合时间。其工艺流程见图 4。

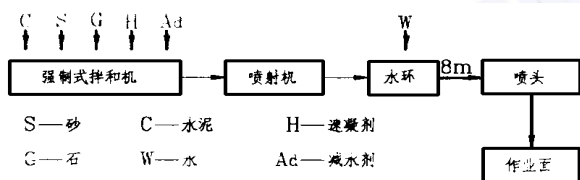


图4 半湿喷护法工艺流程图

3.2 半湿喷护法的优点

(1) 延长水泥与水的混合时间, 使水泥颗粒充分水化, 大大降低喷嘴处的粉尘浓度, 节约水泥用量, 提高了喷层混凝土的强度, 且改善了劳动保护条件, 这对施工人员身体健康十分重要。

(2) 由于干喷法改为半湿喷护法十分简单, 还保持干喷法的优点, 喷护时干料与水混合较为均匀, 可大大降低回弹率, 且喷层混凝土表面平整、美观, 质量稳定, 又可克服并列法机具移动不便、湿喷法脉冲现象和控制难度大的缺陷。

(3) 可加大风压, 使干料输送速度加快, 有利于提高工效, 加快混凝土施工进度, 同时还避免了气候对干喷的影响。

3.3 半湿喷护法的缺点

由于输料管中设水环加水, 可能产生不同程度的离析和脉冲现象, 但水环距喷头的距离小于 10 m, 影响不会太大。

3.4 半湿喷护法的喷嘴结构

半湿喷护法的喷嘴结构与干喷法基本相同, 不同之处是将水环提前 8 m, 其结构见图 5。

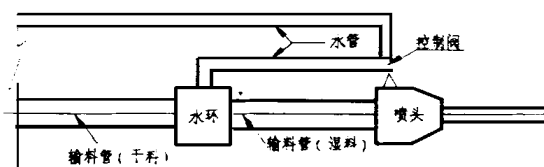
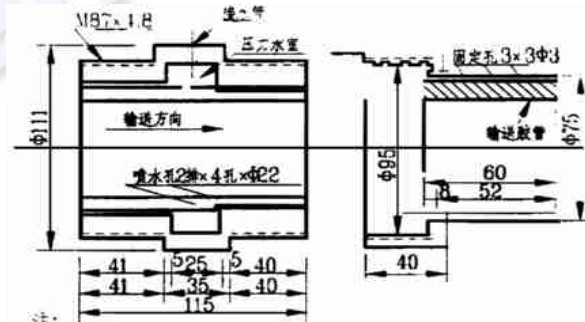


图5 半湿喷护法喷嘴结构图

3.5 水环结构的设计

设置水环, 其作用是将水均匀输入输料管中, 使水与干料均匀混合, 再通过输料管, 由喷头喷射到作业面。水环结构设计要求干料平稳通过水环加水, 再过渡到另一端输料管中。水环结构设计见图 6。



注: 1. 水环左右接头相同; 2. 水环由外环1和内环2形成压力水室, 通过喷水孔喷; 3. 材料为A3钢; 4. 图中尺寸均以mm计。

图6 水环结构设计图

水环由内外两环组成压力水室, 两端密封由两端接头的胶管来完成, 内环在施工受到磨损时, 应检查并拆换, 故有大小端头和方向的区别。

3.6 半湿喷护法实施效果

3.6.1 混凝土强度

有关单位进行了水环至喷嘴距离的试验, 其强度变化见表 1。

配合比	水环至喷嘴距离 /m	28 d 混凝土抗压强度 /MPa	备注
1 2 2	8	23.52	均用 10 cm × 10 cm × 10 cm 试件, 砂率 50%, 配合比为水泥 砂 石
1 2 2	2	21.10	
1 2 2	0	17.70	

表 1 表明, 若由干喷法改为半湿喷护法, 其强度提高 32.88%; 按 $R_{28} = 20 \text{ MPa}$ 混凝土配制, 水灰比 (下转第 27 页)

(8) 因为补偿阀 V_B 的特殊结构, 阀前后的液压控制面积相等(忽略弱小的弹簧力), 动作压差极小, 可认为阀前的压力等于外控压力, 也就是说 V_H 的前后等于 V_{LS} 的压差, 即 $P_{Hr} - P_{Hc} = P_{Ls}$ 。

(9) 各压力补偿阀出口的压力, 即为单元回路的负荷压力, 液压油通过补偿阀阀口节流而造成压力补给值。这种压差越大, 能量损耗也就越大。当单元负荷压力上升为系统最高负荷压力时, 此时 V_B 就不再作压力补偿, 能耗也随之消失。

(10) 当挖掘机作单一操作时, 补偿压力为零; 当挖掘机作复合操作时, 补偿压力为补偿阀进口压力减去补偿阀出口压力, 或者是主阀出口压力减去负载压力。

(11) 在挖掘机作复合快速动作时, 可能会出现即使泵调节到最大排量也难满足要求的现象, 此时各换向阀的前后压差就会减小, 即 $P_{Ls} < 2.5 \text{ MPa}$, 但各阀的流量同阀口开启大小的关系不变。在

挖掘机作重载作业时, 如果其工作点突出恒功率区域, 尽管负荷阀线 V_{LS} 值处于增大值, 但泵的排量增大仍受到功率阀的限制。此时假如 V_H 的开度增大, 也会出现流量不能满足要求的情况及动作和速度未相应增加现象, 此时阀前后压差也将减小, 即 $P_{Ls} < 2.5 \text{ MPa}$ 。

(12) 在本系统中, 虽然泵的压力、排量能自动适应负荷的要求, 但仍存在着时间的滞后性, 因此在作业速度急剧变化时, 可能在瞬间有多余的流量以高出负荷压力 3 MPa 的压力通过定差旁路卸荷阀 V_X 溢流; 如果溢流压力超过主安全阀 V_A 的 35 MPa 的调定值, 就会从 V_A 溢流。

作者简介:

边树华(1955年-), 男, 浙江人, 中国水利水电第五工程局大桥水库施工局物资供应部副部长, 高级工程师, 从事水电工程机电设备管理工作

(上接第 18 页)

可增大 $0.05 \sim 0.10$, 水泥用量节约 $10\% \sim 12\%$ 。

3.6.2 混凝土回弹率

干喷法回弹率一般为 $20\% \sim 25\%$, 而采用半湿喷法回弹率可减至 $10\% \sim 15\%$ 。

3.6.3 粉尘浓度

干喷法喷护粉尘浓度在 90 mg/m^3 左右, 而采用半湿喷法, 其粉尘浓度可减至 10 mg/m^3 左右。

3.6.4 喷层混凝土外观变化

干喷法由于混凝土混合不均匀, 和易性差, 喷层

混凝土表面粗糙, 而且透水性强, 改为半湿喷护法, 混凝土表面平整且质量均一稳定。

3.6.5 举例分析

如喷护 4000 m^3 混凝土, 设计标号为 $R_{28} = 20 \text{ MPa}$, 干喷时单位水泥用量为 34.5 kg , 水泥单价以 400 元/t 计, 分析成果见表 2。

通过对两种喷护方法的简单分析, 仅从强度提高和回弹率减少两个方面, 采用半湿喷护法, 就可使工效提高 8.3% , 成本降低 18.96% 。若综合评估强度提高、回弹率减少, 粉尘浓度降低, 输送速度加快,

表 2 干喷法与半湿喷护法经济指标比较表

喷护方法	喷护方量 m^3	回弹率 /%	应喷混凝土量 m^3	水泥用量 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	水泥总量 /t	水泥单价 /元 $\cdot \text{t}^{-1}$	水泥总价 /万元	经济指标 /元 $\cdot \text{m}^{-3}$	备注
干喷法	4 000	20	4 800	345	1 656	400	66.24	165.60	普硅 525 号水泥采用并列法回弹率
半湿喷护法	4 000	10	4 400	305	1 342	400	53.68	134.20	

外观形象美观等变化, 可望获得更为显著的效益。

4 结束语

传统的干喷法以其工艺流程简单、设备单一、体积小、机动灵活、控制方便等特点, 为水电工程混凝土喷护的主要手段, 但它也存在回弹率大、粉尘浓度高等许多不足之处; 湿喷法、并列法喷护又受到诸多

条件约束, 一直得不到推广应用。而半湿喷护法正处于试验探讨阶段。初步试验成果表明, 半湿喷护法在技术上是可行的, 经济效益也显著。在获得工业性试验成果的基础上, 进一步研究和探讨很有必要, 使之趋于完善与推广。

作者简介:

王森荣(1969年-), 男, 四川青川人, 中国水利水电第五工程局三分局晃桥水库项目部质安部副部长, 工程师, 从事水利水电工程质检及试验工作

四川省发展计划委员会批复阿坝岷江天龙湖水电站初步设计

四川省发展计划委员会会同省建设厅、水利厅对四川省水利水电勘测设计研究院提交的岷江天龙湖水电站初步设计报告进行了审查, 并于近日批复。天龙湖水电站位于岷江上游阿坝州境内, 装机 18 万 kW , 设计年发电量 $9.9 \text{ 亿 kW} \cdot \text{h}$, 利用天然形成的小海子作水库, 具有日周调节能力, 总投资 7.95 亿元 。建设业主为四川黄龙电力集团公司。本刊记者 李燕辉

ABSTRACT

Construction of Concrete Faced Rockfill Dam during Flood Season in Daqiao Reservoir

ZHANG Jian-hua

(Chinese 5th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Chengdu, Sichuan, 610066, China)

Abstract: Concrete faced rockfill dam for Daqiao Reservoir is located in an active earthquake zone with earthquake intensity of 8.5. High construction quality is required. Diluvial deposits are used as bedding material in the construction, which has arrived advanced level in China. Therefore, experiences and lessons gained during construction in flood season can be used for reference to the similar projects.

Key words: concrete faced rockfill dam; during flood season; temporary section

Concrete Works of Toe Slab in Daqiao Reservoir

YANG Ning-rui

(Chinese 5th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Mianing, Sichuan, 615616, China)

Abstract: The paper systematically presents construction techniques for toe slab, toe slab excavation, fault treatment, formwork support, arrangement of reinforcing bars and seals, concrete proportions, concrete placement, cure and quality control.

Key words: Daqiao Reservoir; concrete placement of toe slab; construction technique

Study on Shotcrete Method in Hydropower Project

WANG Sen-rong

(Chinese 5th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Mianing, Sichuan, 617200, China)

Abstract: By analyzing advantages and disadvantages of dry shotcrete, wet shotcrete and parallel shotcrete method, semi-wet shotcrete method which is between dry and wet shotcrete is developed. Advantages and disadvantages of semi-wet shotcrete method is analyzed, together with its technical process, jet nozzle structure, water ring structure and effectiveness. The primary test results indicate that the semi-wet shotcrete method is technically feasible, significantly economic and applied widely after improvement.

Key words: dry shotcrete; wet shotcrete; parallel shotcrete method; semi-wet shotcrete method

Defects for Upward Rock Deformation Observation Instrument during Grouting and Improvement

LUO Ming-quan WANG Sen-rong

(Chinese 5th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Mianing, Sichuan, 617200, China)

Abstract: After many times of embeddings and observations for upward rock deformation observation instrument, defects for upward rock deformation observation instrument during grouting and improvement are discussed. The actual deformation observation instrument not only results in confused and false readings, but also high cost, difficult hole sealing. The improved upward rock deformation observation instrument with higher maneuverability overcomes the shortcomings of actual one.

Key words: observation for upward rock deformation; defect; improvement; cost

Embankment Construction of Concrete Faced Rockfill Dam at Daqiao Reservoir

XU Kai

(Chinese 5th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Mianing, Sichuan, 617200, China)

Abstract: For the concrete faced rockfill dam at Daqiao Reservoir in Mianing, Sichuan, the foundation treatment of embankment, selection, processing and preparation of embankment materials, arrangement of construction access road to dam, embankment construction, embedment of observation instruments and construction organizations are presented for reference to the similar projects.

Key words: concrete faced rockfill dam; embankment construction; Daqiao Reservoir in Mianing, Sichuan

Brief Description of Construction Arrangement and Design Features for Concrete Mixing System at Daqiao Reservoir

ZHANG Xiao-guang ZHANG Sheng-zhong

(Chinese 5th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Guangyuan, Sichuan, 628003, China)

Abstract: In Lot II project at Daqiao, HZD50 mixer fabricated by Chengdu Construction Engineering Machine Factory is selected as concrete mixing system. Dam excavation material forms a large platform which is well used as site for concrete mixing. Cement collection hopper is self made and reinforcing concrete wall is used. The general arrangement is reasonable, leading to high efficiency and benefits and low cost. Practice indicates that construction arrangement and design features for concrete mixing system is successful and can give reference to the similar projects.

Key words: Daqiao Reservoir project; concrete mixing system; construction arrangement; design

Important Role of Hydropower Development in Development in Western Region

CHEN Dong-ping

(Hydropower and New Energy Development Department, State Power Company, Beijing, 100031, China)

Leaderette: The paper is the speech by Chen Dong-ping, deputy director of Hydropower and New Energy Development Department, for "Academic Conference for West China Development".

"Academic Conference for West China Development" was held during April 18 to 20 in 2000 in Chengdu and was jointly sponsored by Chinese Natural Resources Society, Sichuan Science and Technology Association, Chinese Qinghai-Tibet Plateau Research Institute, Regional Sustainable Development Research Center of CAS, Natural Resources Comprehensive Investigation Committee of CAS, Beijing Teachers University and Sichuan Natural Resources Research Institute. Sixty-one experts and scholars from Development Research Center of the State Council, CAS, Chinese Academy of Sciences, Chinese Academy of Engineering, Forestry Ministry, Water Conservancy Ministry and State Power Company, attended the meetings. Now the speech of Mr. Chen is published here.