

布料机在水下浇筑不分散混凝土的应用

卢向达、朱迪发、陈洋

作者单位：青岛太平洋水下科技工程有限公司，山东省青岛市 266000

摘要：目前国内大多数水电站均到了检修年限，水电站经过常年的运行，水下底板或导墙均存在不同程度的混凝土损坏，或者根据现行运行情况需要增加防护措施。其中很多缺陷或增加的防护措施需要进行混凝土工程，由于这些电站均处于运行期，无法实现围堰旱地施工，所以水下浇筑不分散混凝土以后将成为主流修补或新增施工方式。目前水下不分散混凝土浇筑方式多为定点浇筑，对于施工范围较大的区域无法按照常规浇筑方式进行施工，本文以桐子林水电站新增海漫工程为例，浅谈布料机设备在水下浇筑不分散混凝土的应用。

关键字：水电站 布料机 水下不分散混凝土 浇筑

1、常规不分散混凝土浇筑方式的分析

目前国内水下不分散混凝土主要为泵压法浇筑、导管法浇筑和开底容器法浇筑这三种方式。

①泵压法浇筑方式

泵压法浇筑的原理是将天泵或地泵导管直接插入浇筑仓内，通过泵车的压力将水下不分散混凝土输送至浇筑仓内，完成混凝土作业。

优点：泵压法所消耗的设备 and 人员较少，天泵输送混凝土时，陆上只需要泵车操作员即可，地泵输送混凝土时，只需要泵车操作员和泵管看护员即可，所需要的设备仅为天泵或地泵混凝土运输车。

缺点：使用天泵输送混凝土时，混凝土浇筑范围仅为天泵车的导管的伸展半径范围，由于已运行的水电站可供直立天泵车的区域较小，或浇筑点在河道中心或天泵车无法直立的区域，天泵车无法进行混凝土输送。虽然地泵输送混凝土的范围较大，但地泵泵管相对不灵活，当完成一处混凝土浇筑转移至另一处时，需要根据下一个浇筑点的位置进行泵管的调整，耗费的时间较长，存在影响混凝土浇筑质量的问题。同时，天泵和地泵时均采用液力泵挤压混凝土的方式进行混凝土输送，这就要求天泵和地泵在水下的导管密封性极好，若水下导管处存在漏气等情况，会造成水体进入导管中，将漏气的混凝土离析，造成堵管现象，从而使混凝土浇筑暂停，影响混凝土浇筑质量。

②导管法浇筑

目前国内水下不分散混凝土采用的导管法，多数是用于浇筑方量小，施工区域面积较小的情况。

优点：导管法浇筑在处理方量较小，浇筑区域较小的位置时，水下不分散混凝土浇筑质量较好。

缺点：导管法浇筑时，必须保证混凝土供应的连续性，当进行方量大、浇筑面积较宽，位置相对分散的混凝土浇筑施工时，这种浇筑方式无法满足施工要求。若采用天泵或地泵直接运送混凝土水面导管的方式进行浇筑，同样受到浇筑位置和分部范围的影响。

③开底容器法浇筑

这种浇筑方式多为陆上将混凝土拌制完毕，通过吊装设备将混凝土容器运送至水下，潜水员水下进行混凝土倾倒的方式进行浇筑。

优点：当进行小缺陷的修补时，这种方式所需要的的的施工设备较少，受施工区域位置影响较小。

缺点：这种方式仅适用于小型缺陷的修补工作，同时要求潜水员水下倾倒混凝土的技术水平很高。

经过上述分析，泵压法浇筑、导管法浇筑和开底容器法浇筑这三种浇筑方式在进行大方量、浇筑区域较大的情况时都存在不适用的现象。

2、布料机设备进行混凝土浇筑的分析

混凝土布料机是泵送混凝土的末端设备，其作用是将泵压来的混凝土通过管道送到要浇筑构件的模板内。目前国内布料机浇筑设备均用于房建施工，布料机的浇筑半径最大可达到 18m。

为了满足大方量、浇筑区域较大的施工情况，可采用地泵+布料机+导管的方式进行水下不分散混凝土浇筑，这样既解决了混凝土连续供应的问题，也可以实现浇筑位置灵活调整的目标，同时使用导管法浇筑也保证了浇筑混凝土的质量。下面以桐子林水电站新增海漫工程为例，进行现场实际施工的分析。

3、桐子林新增海漫工程概述

桐子林水电站位于四川省攀枝花市盐边县境内，距上游二滩水电站 18km，距雅砻江与金沙江汇口 15km，是雅砻江下游最末一个梯级电站。根据实测水下

地形、模型试验成果、护坦齿槽基础高程情况和完工阶段齿槽下游大回填块石经过 2015 年、2016 年、2017 年洪水期的运行情况，随着消能冲坑的形成过程和齿槽右侧导墙基础的淘蚀，大部分块石已经向下游运动，为避免回流和横向流进一步淘刷齿槽下游靠明渠侧，需对存在回流淘刷较为严重的靠导流明渠侧护坦齿槽下游贴壁附近——即目前冲坑最深部位进行重点防护；对护坦左侧厂坝间导墙下游贴壁回流淘刷影响小的部位进行适当的防护。

根据模型试验成果，并结合之前护坦下游防护措施施工情况对坝 0+125.00~坝 0+137.00，0-000.00~0-075.00 范围内采用两排混凝土块海漫进行保护，单块尺寸 6.0m×11.0m（顺水流向×垂直水流向），第一排海漫顶高程 969.00m，第二排海漫顶高程 968.00。

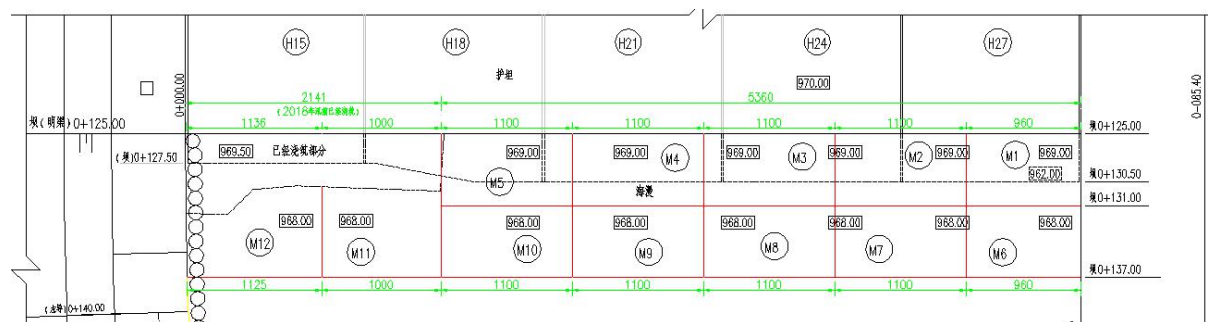


图 1 海漫分块示意图

根据现场实际情况，本次海漫新增工程施工区域左右岸宽度 75m，上下游长度 12 米，共计分为 12 个浇筑仓室，施工区域水深约为 32m，左侧导墙距离水面约 15m，右侧导墙水面约 8m，工程特点是：施工区域跨度大，混凝土浇筑点多，浇筑方量较大，而且施工期间正值 5-6 月，攀枝花当地气温可达到 38-40℃，这样要求混凝土的间歇时间必须短。

通过现场和实际情况分析：①天泵车无法直接将导管深入至浇筑仓内；地泵可以将泵管布设在浇筑仓内，但每次浇筑的浇筑仓为 5-7 个，每个浇筑仓内需要进行两次浇筑，这样水下和陆上导管的调整时间较长。②由于浇筑方量较大，若采用导管法则必须采用地泵输送混凝土的方式，这样地泵管需要根据浇筑导管的位置进行方向的调整，由于施工区域存在机组发电回流，地泵管方向调整的难度较大，受地泵管调整的影响，混凝土间歇时间较长，影响混凝土浇筑质量。③施工区域存在回流，且浇筑仓内存在固定模板的拉钩，混凝土容器无法到达浇筑的底面，无法使用开底容器法浇筑。

根据上述的分析，采用地泵+布料机+导管的浇筑方式可以将这些问题解决。

4、海漫工程浇筑设备的布设

本次桐子林新增海漫工程的水下不分散混凝土浇筑施工，采用的是地泵+布料机+导管的方式进行施工。

施工时，现场布设 1 台地泵车在右岸尾水平台，水面区域搭设 2 个水面作业平台，1 个作业平台上布设浇筑导管和起吊设备，另 1 个作业平台布设布料机设备，地泵车和布料机之间通过地泵管连接。

当浇筑导管平台到位后，通过转动布料机的伸缩杆将布料机导管端头插入导管平台内的漏斗内进行浇筑。



图 2 布料机浇筑示意图



图 3 布料机和浇筑导管对接处

5、浇筑成果分析

以海漫第二排浇筑为例，第二排共计 7 仓，每仓内有 2 个浇筑点，共计 14 个浇筑点，由于第二排底部底部为基岩，对于模板的固定要求高，为了避免出现跑模和涨模现象，现场采用循环浇筑的方式，共计浇筑 28 个浇筑点，混凝土浇筑总体耗时为 60h，浇筑总方量为 1460m³。

①浇筑时间分析：经过现场测算，每浇筑 10m³ 混凝土的时间仍然仅为 10-15min，满足混凝土供应速度。

②导管平台移动分析：海漫第二排混凝土共计 28 个浇筑点，经过现场测算，每个浇筑点移动的时间为 10-15min，混凝土间歇时间较短，未出现初凝现象，保证的施工质量。

③布料机平台移动分析：整个浇筑工作布料机平台的调整是最为耗时的工作，

本工程采用的布料机半径跨度为 12m，浇筑的左右岸总长度为 75m，共计移动布料机平台 6 次，经过现场测算，从最右岸移动至最左岸的的长耗时仅为 20min，混凝土间歇时间较短，未出现初凝现象，保证的施工质量。

④质量分析：本次海漫混凝土采用是 C30 水下不分散混凝土，水下成型取样检测，7 天抗压强度可达到 22.7MPa，28 天抗压强度可达到 34.6MPa，施工质量满足要求。

6、结论

通过对布料机应用于水下浇筑混凝土的原理和实例分析，研究布料机设备进行水下混凝土浇筑的可行性，得出以下结论：

- ①布料机设备可以满足浇筑方量大，施工范围广，浇筑点多的工况施工要求；
- ②布料机设备可以减少地泵管移动、安装和拆卸的频次，减小了施工等待时间，保证了入仓混凝土的浇筑质量。

随着时间的推移和水电站检修年限的临近，水下缺陷处理和结构新增的施工会逐渐增多，大面积、大方量的混凝土浇筑会是水下施工的常态。通过对布料机设备原理和施工实例分析，布料机设备浇筑水下不分散混凝土会是水电站除险加固的主选技术。

参考文献：

- [1]黄国兴，纪国晋，混凝土建筑物修复材料及应用[M]，北京，中国电力出版社，2009
- [2]陈慧欣，水下工程[M]，北京，中国电力出版社，2006
- [3]DL/T5117-2000，水下不分散混凝土试验规程[S]
- [4]DL/T5144-2015，水工混凝土施工规范[S]
- [5]DL/T5309-2018，水电水利工程水下混凝土施工规范[S]