

轻工作级 ROV 在内陆水域中的应用

邱壮扬，唐光盛

摘要：水下机器人全称为水下遥控潜水器，(英译 Remotely Operation Vehicle 以下简称:ROV)是一种高科技仪器设备的集成体,文章将介绍轻工作级 ROV 在内陆水域应用的几个案例,提出在内陆水库大坝水下工作中更多的引进 ROV 的建议。

关键词：轻工作级 ROV；水下堵漏抢险；水下检查；水下检测

引言

按 ROV 作业能力分,主要分为三种基本类型,即工作级 ROV、轻工作级 ROV、观察级 ROV;工作级 ROV 液压动力系统,搭配七功能、五功能双机械手,最大推力在 600Kfg 以上,最大负载能力在 150Kfg 以上,主要应用于海上设施检查、海上设施安装支持;轻工作级 ROV 马力介于几千瓦到几十千瓦,通常不配备机械手或者配备一只三功能或五功能机械手,系统最大推力从几十公斤力到几百公斤力,负载能力从几公斤到几十公斤等,观察级 ROV 则功率基本在几千瓦以下,通常不配备机械臂,大部分轻工作级 ROV 及观察级 ROV 为纯电驱动系统。

目前,轻工作级 ROV 在国内内陆水域的应用主要有:水下结构物外观检查、水下清淤、水库大坝渗漏检查、水下搜救、水下打捞、水下采样。

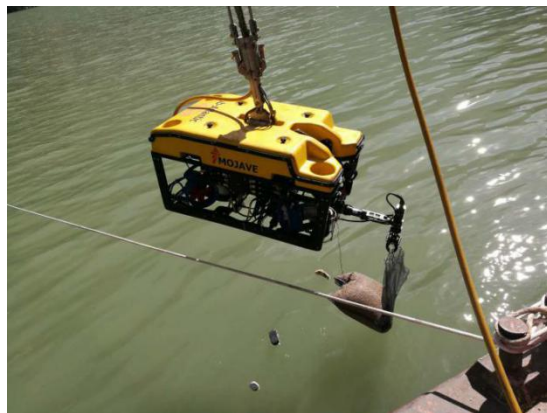
轻作业级 ROV,通常在大家眼里是 ROV 家族中的“林妹妹”,肩不能挑手不能提,素被误解为工作能力有限。但是了解以下几个工程案例之后,相信大多数人会对轻工作级 ROV 刮目相看。

1 案例一：水下堵漏抢险

位于四川省甘孜藏族自治州康定县境内的长河坝水电站 11 月初刚刚完工蓄水,就发现了 1#导流洞 1#、2#闸门严重漏水,排水已达 6500 方/小时。要在毫无装备设施的水库封堵—81 米的漏水口,水质浑浊、水下情况复杂,派潜水员恐怕也很难完成任务,只能调动水下机器人来尝试,综合考虑,现场情况仅能满足小 ROV 的作业条件。

当时,这个项目被认为是一个烫手山芋,拥有轻工作级 ROV 的有多家公司,而最终这个烫手山芋由来自深圳市德润青华水下工程科技股份有限公司接下手。一番研讨过后,德润青华公司即刻组成施工项目组。组织人员设备即可从深圳出发前往施工现场。到达现场后,经过一天的布场准备工作,第二天正式项目组在和业主沟通之后,确定采用黄豆、碎石、棉被等多种形式组合作业。

小 ROV 的抓力限定不能超过 10 公斤,于是项目组将封堵材料分批分次下放入水,即使这样,它的身体还是产生了明显的倾斜,在水中行动较为吃力。水质极度浑浊,摄像头的可



能见度几乎为零，全屏声呐定位来准确找到封堵位置。

经过 50 多次往返搬运，这次的水下封堵施工项目取得了几近完美的处理结果，一号导流洞闸门和洞内排水孔排水由 6500 方/小时降低到 2400 方/小时。这一目标的实现，为长河坝水电站导流洞封堵施工、水库二期蓄水起调水位赢得了宝贵的时间。



德润青华公司动用轻作业级 ROV 单枪匹马赴藏区水库抢险的举动开创了国内先河。业主一开始也抱着试一试的态度，看着“林妹妹”的团队有勇有谋拿下头号任务，信任感倍增，决定再多留德润青华的施工项目组一天，继续支持后续工作。

2 案例二：水下渗漏检查

2016 年 12 月，黔东南某处水库进行了国内首次采用 ROV 进行水下渗漏检查的尝试的高难项目，并在作业中实现了新的技术突破。

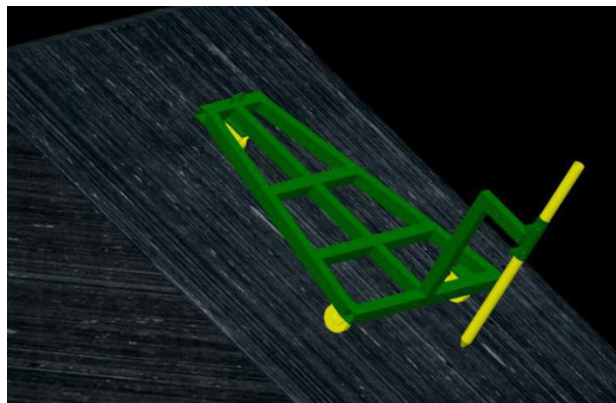
主要检查内容是对往年检查发现的裂纹进行复检，观察裂纹的发展情况，对淤泥覆盖的重点检查区域进行清淤检查，并对出现裂纹的部位进行渗漏检查。

检查区域坡度较平缓，浮泥堆积厚，ROV 航行过程，推进器很容易搅起浮泥，大大降低周边能见度，且泥面杂物多，容易对 ROV 推进器造成缠绕。另一方面，本次作业水深 90 余米，远远超过常规潜水作业深度，面对复杂的作业环境，一旦设备在水下出现险情，营救难度比较大。总体来说，本次作业难度较大，作业风险系数比较高。

针对以上困难，施工单位德润青华公司开发了“带轮式清淤清水置换装置”、“垂放式清淤装置”、“喷墨测漏系统”等专用工具。

带轮式清淤清水置换装置

它主要搭载有摄像头、灯光、高压喷嘴、通讯电缆、高压水管、浮球灯设备。进行清淤作业时，从坝面便可投放设备，并通过事先对缆绳做好的长度标记，可快速将清淤小车投放到位。随后再由 ROV 通过声呐导航，到达清淤设备处进行位置确认。如确认清淤设备定位准确，则可开始清淤作业。

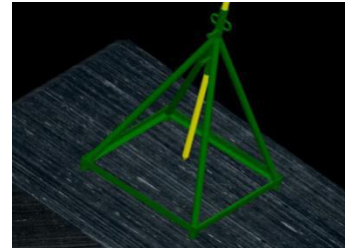


另外，清淤设备搭载了独立的水下摄像头及灯光，清淤作业过程，无需 ROV 实时观察清淤情况，ROV 可远离乱流、浑水区域，或者进行其他的观察作业。从而大大的提高了作业的安全性及效率。该设备不仅可以对淤泥进行清理，同时也可以通过不断的加入清水对水下浑水进行置换，改变被动等待悬浮颗粒慢

慢沉降的作业方式，使我们可以更快速的获得良好的能见度，更进一步的提高了作业效率及效果。

垂放式清淤装置

垂直投放式清淤设备搭载的设备同带轮式的清淤设备完全一至，其主要功能是对清淤置换装置无法到达的位置进行补充作业，两套清淤设备都各发挥出了自身的优点，完美的结合到一起。当然这也是工程高效、高质量的保障。



喷墨测漏系统

它由储墨装置，喷嘴，节流装置组成，在不同的作业环境中，通过调节出墨量的大小以达到最佳的检测效果。进行喷墨作业时，需关闭 ROV 水平、垂直推进器（作业前，ROV 需调整到零浮力状态），喷嘴对着疑似渗漏区域，操作 ROV 机械手挤压喷墨装置喷出适量的墨水，随后观察墨水在水中的流动趋势，如墨水流向疑似缺陷处，并在缺口处消失，则可以判定缺口处存在渗漏，如墨水慢慢散开则不存在渗漏。



水下清淤效果



喷墨测漏系统实际应用效果



水下检查结果

最终，经过一周时间的现场工作，施工单位德润青华提前 4 天完成全部检测任务，因新型技术检测结果直观，耗材成本低，作业效率高，在本项目中的应用相当顺利，高效、可靠的完成了大量的水下渗漏检查，检查结果也获得了业主极高的认可。

诸如此类的工程项目还有很多，只要针对相应的水下工作开发或者选配合适的辅助工具，轻工作级 ROV 的作业能力也可以得到完整的挖掘。例如针对浑水作业，ROV 可以搭载 3D 成像声呐进行检查；对于涵洞清淤，ROV 可以搭载专用清淤泵进行涵洞清淤，对于水下结构物尺寸确定，ROV 可以搭载激光测量仪进行测量；大于水下打捞，ROV 可以携带高强度渔线穿过被打捞物体，引导打捞钢丝穿过被大捞物体。

3 结论

水下检测技术作为保证水工建筑物长期维护的必要手段，其应用也将越发广泛。而水下缺陷的处理技术，则是保证水工建筑物长期有效运行的关键。水工建筑物的各项力学特性随着时间的推移，其安全性将朝着越来越不利的方向变化，这就需要对水工建筑物进行定期和不定期的检查。轻工作级 ROV 在未来将会承担更多更高难度的水下作业任务。