

潮汐电站浮运法施工技术综述

③
17-20

范波芹 索丽生

(河海大学 南京 210098)

TV744

摘要 在潮汐电站建设中,浮运法施工起着降低造价,缩短工期,改善施工条件等重要作用。本文简要介绍潮汐电站浮运法施工各阶段(预制、拖运、地基处理、沉放)的关键技术,包括选择预制场,控制拖运,开挖和地基加固,定位和安放沉箱等。浮运法施工技术在河床式水电站、码头、海上采油平台、过江(海底)隧道、桥梁、水闸等工程中也有广泛的应用前景。

关键词 潮汐电站 浮运法 混凝土块体结构 沉箱 施工技术 水电站

由于自然界矿物燃料储量的日益枯竭和近年来用电量的剧增,各国都面临着能源危机。沿海国家的科学家们经研究发现,“潮汐能是一种不会给地球上未来人类带来污染和灾难的能源”^[1]。在有条件利用潮汐能的沿海国家和地区,建设潮汐电站不失为缓解能源危机的一种方案。最近20年来,潮汐能工作者在尽力探索降低潮汐电站造价的措施,其中首推浮运法施工。使用该法,可避免在很深的水中及在易遭受风暴潮威胁的坝址修建昂贵且复杂的围堰,从而使工程造价降低25%~38%^[2];当潮汐电站的坝址位于严寒气候地区,或位于人烟稀少、交通困难、偏远的海岸地区时,采用浮运法可使潮汐电站各主要工程的施工从条件恶劣的坝址转移到条件良好的沿海工业中心;使用浮运法另一优点是可缩短工期,即在坝址作水下基坑准备的同时可在预制场进行潮汐电站浮运混凝土块体结构(以下简称沉箱)施工。

浮运法施工主要过程为:选取或建设沉箱预制场地,沉箱在预制场内预制;沉箱上浮、出坞;沿航线拖运沉箱至安装地点;潮汐电站枢纽工程的地基处理;沉箱定位、沉放到

经处理的地基上;灌浆、密封基础。以下简称各施工阶段的关键技术。

1 沉箱的预制

1.1 预制场地

沉箱在预制场^[1]内浇筑。与固定式干船坞不同,预制场结构可采用一些简单措施,如用土坡代替混凝土边墙,用开挖缺口代替进出船坞的闸门等。预制场地可分为淹没式和非淹没式两种(见图1),前者也包括部分淹没(或称半淹没)在内。这两者的区别除场地开挖深度和排水设施的不同之外,更重要的是前者可用破堤代替船闸设施,而后者则因地面较高,须有船闸才能使沉箱浮运出坞(虽然通过向坞内充水可使沉箱浮起,但坞内水位高于堤外,须藉船闸才能实现从高水位向低水位的过渡)。所以采用淹没或非淹没式预制场地主要取决于施工条件和地质特性。当遇有很强透水土质时应选择非淹没式预制场。

由于沉箱大体上等同于永久建筑物,即使其内部设施可在沉放就位后安装,仍具有很大的重量。因此,虽然预制场结构一般比较简单,但在场地为软土地基时,需在场地平

第一作者简介:范波芹,女,博士研究生,从事潮汐电站浮运结构的研究。

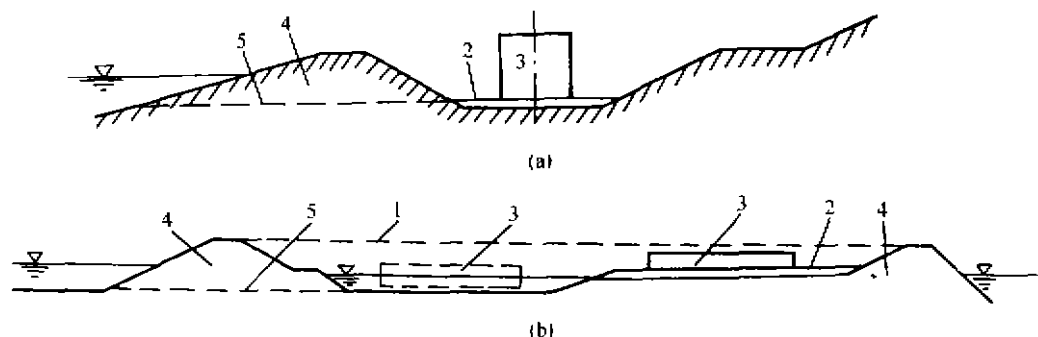


图1 沉箱的预制场

(a)淹没式预制场;(b)非淹没式预制场

1.将沉箱浮运出非淹没式预制场的充水水位;2.施工平台;3.沉箱;4.围堰;5.缺口

整后做相应的地基处理,再开始沉箱的浇筑,以避免不均匀沉陷对于沉箱的不利影响。

沉箱的施工可集中在少数大预制场或分散在较多的小预制场地进行。大场地的优点在于:可重复使用,单位成本低;沟渠开挖少;运输便利。小场地的优势在于:供应便利且避免了劳动力集中和交通等问题;管理较为简单;材料的输送分布在一个较宽的区域;一个场地发生意外对整个工程进度影响较小。因此,预制场地的确切数目、地点和尺寸应通过对可能的场所和沉箱尺寸的详细调查来确定。对预制场主要有以下要求:①潮滩较低,岩基较深,能就近进入深水,以减少开挖,尤其是岩基的开挖;②交通便利,有良好的道路和铁路联系,当地材料和劳力充足;③对当地环境产生破坏性影响小。

例如,英国赛文潮汐电站设计方案中将预制场地选在赛文河口和布里斯托尔海峡处,它们的浮运距离较短,材料和劳力的供应良好,而且一些苏格兰已建成的混凝土采油平台施工场地也可改为沉箱预制场。

1.2 沉箱浇筑

沉箱为钢筋密布的薄壁结构(含筋量为 $100 \sim 300 \text{ kg/m}^3$),可以整体浇筑,也可以装配式浇筑。在结构整体浇筑时,用自卸卡车和汽车式混凝土搅拌机运送混凝土拌和料入仓,或者由吊机用料斗按要求入仓。近年来,在采用超塑化剂的混凝土时,一般用高生产

率的混凝土泵输送入仓。结构模板有可拆卸的、重复使用的整体模板,或金属框架的木模。常采用软管式振动器。在严寒地区,为加速施工,可在冬季浇筑装配式构件,夏季将它们连成整体。

2 沉箱拖运

预制好的沉箱将沿开挖的沟渠运出预制场,预制场的底高程应能保证沉箱在高水位时期浮出。同时,有必要在机组沉箱预制场地附近的深水区域为机组沉箱提供一个锚泊区,保证沉箱拖运过程中由于任何原因可在此暂作停留。

沉箱通常能以超过 1 m/s 的速度拖运,速度更高则不易控制。拖运时,首先采用绞车等设备将沉箱从预制场缺口拖出,在高潮位来临前,从拖轮上拉出钢索,将沉箱拖入航道。同时在沉箱尾部联接转换航向拖轮,随着沉箱接近航线,拖轮将沉箱转向引入航线。沉箱拖运所需要的拖轮功率、数量和布置需根据沉箱的体型、吃水深度和设计的水道流速、风速和拖轮速度等条件计算确定或根据试验需要而定,并应考虑方向控制和制动需要。

海湾内的拖运中,遇到的最大潮汐流速可能较大,有些甚至超过 1 m/s ^[3],应尽可能地避开这些潮流,不过,假如拖运过程控制得当,在这样的潮流中拖运则会缩短拖运时间。由于机组沉箱在拖运过程中必定会遇到有利

和不利的潮流,可以考虑将沉箱的拖运控制在小潮期进行^[4]。即使这样,拖轮和沉箱之间也必须留一定距离来抵挡潮流或至少在最大反向水流时持紧沉箱。

在安排运行的过程中,应通过计算机和物理模型检查拖轮和沉箱的浮运工况,进一步改善拖轮的系点、安排可能突发情况的压舱。考虑到沉箱安放的重要性、机组沉箱在海中的拖运时间和海上操作易受天气等因素影响,宜将拖运和沉放作业分开,沉箱拖运至坝址后,可在坝址附近预设的锚碇区暂时停留,等待条件成熟时再行安放。

3 地基处理

在沉箱预制和拖运的同时,可进行地基处理,以缩短工期。

沉箱地基必须满足以下要求^[5]:允许平潮期快速安装;便于沉箱精确定位;永久的地基灌浆完成之前提供临时支撑;以及最终能承受设计的压力及上部荷载。

3.1 开挖方法

地基开挖方法受岩石类型、波浪条件、水流和水深等因素的影响,因此,在潮位较低的潮期内开挖地基可采用功能较弱的挖泥机,这比采用功能较强的挖泥机在高、低潮位时都开挖所需要的设备费用低,虽然其开挖工期较长,但总的来说可能更为经济。沉箱的开挖宽度由开挖容许误差、水力特性的要求和出坞航道的需要而定。开挖的容许误差根据地基特性的不同而有所区别。

地基可粗略地分为软基和硬岩。对于硬岩,可先从海上支撑平台钻孔爆破,然后通过浮桥或驳船上的抓斗支架清除爆破石渣。为减少超挖,可在沉箱基础的周边进行第二次爆破。

在软基情况下,应根据各种建筑物底面高程的不同,按先深后浅的顺序进行开挖和处理,对于深浅相邻基面的连接处还需做一定的超挖和回填。软岩土可用绞吸式挖泥船开挖。一个大的由定位桩固定的绞吸式挖泥

船经改进可挖到 35 m 水深,挖泥船工作范围以下的软岩将被爆破,由抓扬式挖泥船清除。低于基础高程的爆破石渣及绞吸式挖泥船留下的松软材料,可用挖斗来清除,或用水下混凝土材料灌注空隙,加以凝结。在基坑开挖至沉箱安放期间,可能有新的泥沙沉积在基础上,因此需要 1 台吸式挖泥机留在现场随时清除泥沙。

在软基开挖中,常采用耙吸式挖泥船挖松软材料,绞吸式挖泥船挖硬的泥土。

3.2 基础结构

岩基上的沉箱基础系统有以下两种^[4]:
①短桩。在海底临时地基上需钻一浅孔,从驳船上放入钢筋骨架并浇筑混凝土形成短桩。桩顶设千斤顶,在灌注沉箱整个基础之前,应用灌浆支撑梁来密封每个沉箱的周边。
②顶压钢桩。附加系统提供临时基础,它支撑预先已安装钢管的沉箱,这些钢管可从沉箱上压下并且在压载后的沉箱重量作用下压进岩石内一定深度。尽管桩的贯入深度可能不同,它们大约等载。通过一定数量的桩可获得有效的支撑沉箱的三个支点。

对于软基,在表层淤泥开挖后要进行加固处理,可以采用表层压实法、短桩处理、振冲法、灌浆法、垫层法、排水砂井法和深层搅拌法,所采用的固化剂可以是石灰或者是水泥。这些与常规软基处理方法相同,详见文献[6]。

4 沉箱的定位和安放

随沉箱的安放,坝址处的流速将加大,潮汐流对沉放中的沉箱的作用力极大,为此,沉箱的安放宜在高潮憩流或低潮憩流时进行,并将已沉放就位的各个沉箱的过水通道尽量打开以起导流作用(平衡库海两侧水位,减少坝址流量)。

沉箱安放过程如下:将沉箱拖运至坝址,在接近规定地点时,预先将浮运块体适度下沉(大约 1 m 左右)。依靠松紧钢丝绳和利用锚及滑车,把作用于钢丝绳上的力的方向改变为

沿坝轴线和垂直于轴线方向,自由地操纵沉箱改变位置^[7]。需安放的沉箱进入设计平面位置时,由四个拖轮固定,立即向压载舱快速充水,使下沉到临时基础上。如果不成功,可抽出压载水,重新作业;如果安装成功,则继续向压载舱充水。沉箱通常依次安放,这样,要安放的沉箱与已安放的沉箱只在一边接触,可通过沉箱外壁的键槽相对定位,安放后,充填沉箱之间的空隙。最后一个或两个沉箱将不得不插进两侧已放好的沉箱之间。这些沉箱在四个拖轮的固定下相对两侧的沉箱定位,安放时两侧的键槽都要咬合,若不能满足要求,原已放好的沉箱可以稍作调整。

沉箱的安放速度需与堤坝施工进度相匹配,堤坝附近沉水锚碇区应有几个备用沉箱以防拖运作业因气候条件受阻或发生意外时延误安放。要利用合适的天气和潮汐条件提高安装速度。

5 灌浆、密封基础

为达到沉箱底部与基岩紧密联系且能承受运行期间的不同压力,通常对基底进行灌浆以回填沉箱底部与基岩间的空隙。浆液沿一个预先安装的管道系统压进空隙,该系统包括排气管道、阀门和控制设备。将基岩分为条状进行灌浆,条状的尺寸不要过大,以确保形成完整的联接层。实施灌浆前,沿沉箱底部周边设临时止水并先在条块之间灌浆。沉箱底部的支撑梁可作为临时止水。灌浆支撑梁必须加以保护,在沉箱底部灌浆膨胀过程中不能损坏;灌浆支撑梁必须与基岩接触良好,在一些特别起伏的地区可以光面开挖,

保证灌浆支撑梁周边密封;且灌浆支撑梁承受快速水流引起的位移不能过大,控制在平水期灌浆也可避免该影响。

沉箱底部是否需冲蚀保护应视情况而定。沉箱置于坚硬岩石上时,岩石自身足以抵抗冲蚀,对软岩及软土地基,则可能遭受冲蚀。冲蚀保护采用大块石护底,其范围为沉箱海库两侧各 10 m 的大块石层。

6 结 语

潮汐电站兴建中采用浮运法施工可以解决许多工程难题,虽然也有其自身难点,但一般均可减少工程量、降低造价、缩短工期。浮运法施工的关键技术包括预制场地的设置、沉箱的预制、拖运、沉放、水下地基处理。浮运法施工技术在河床式水电站、码头、海上采油平台、过江(海底)隧道、桥梁、水闸等工程中也有广泛的应用并具有良好的应用前景。

参考文献

- 1 Wilson E M. Tidal power reviewed. *Water Power & Dam Constructure*, 1983, 35(9): 13
- 2 伯恩斯坦 O E. 潮汐电站. 华东勘测设计院译. 杭州: 浙江大学出版社, 1996
- 3 ICE. Developments intidal energy. In: 3rd Conf on Tidal Power. London: Thomas Telford, 1989
- 4 ICE. Tidal power. In: Symposium on Tidal Power. London: Thomas Telford, 1986
- 5 The Severn Tidal Power Group. Tidal power from the severn engineering and economic studies. London: Cardiff Weston Scheme, 1986
- 6 沈杰. 地基基础设计手册. 上海: 上海科技技术出版社, 1988
- 7 (日)原口好郎. 港口工程施工方法 上册. 蒲延芬译. 北京: 人民交通出版社, 1983

(收稿日期: 1997-09-26 编辑: 熊水斌)

(上接第 16 页)少需要 3 000 亿元人民币,可以带动全国经济增长 1~1.5 个百分点。

人口、资源、环境与发展 (FRED) 是当今国际社会普遍关注的重大问题。控制人口数量,珍惜和节约自然资源,保护和改善生态环境,实行可持续发展战略,已成为人类的共识。自然资源和生态环境是人类赖以生存的基本条件、是社会经济发展的物质

基础。环境问题与水利建设存在着极其密切的关系,水环境是我国环境面临的首要问题。水资源的综合开发利用,与国土整治、水土保持,建立良性生态环境是辩证统一的,两者互为因果、互相作用,共同受益。

加大水利投入,加快水利建设,应成为我国的基本国策之一。

(待续)