

核电领域内深覆土高水压超大口径垂直顶升技术研究

杨振业

上海市基础工程集团有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12986

[摘要] 垂直顶升工艺借鉴水平顶管工艺,应用于大型火电、核电、水厂等工程的垂直取排水项目,施工成本低,不受一般气候变化的影响,可“全天候”施工,极大地缩短了施工工期。并且因逐步增长的发电需求,大型火力发电厂、核电站取排水口的规模深度等也随之增大,例三门二期取水隧道取水头使用垂直顶升工艺进行施工(立管管节断面外尺寸达 $2.44\text{m}\times 2.44\text{m}$),垂直顶升区域覆土厚度约 18m ,最高潮时水深约 18m ,该工况目前在全国及我司均属于首例。

[关键词] 垂直顶升; 核电; 超大尺寸; 深覆土; 高水压

中图分类号: TG315.4+4 **文献标识码:** A

Technical Research on Vertical Jacking of Large-Diameter Pipe with Deep Cover and High Water Pressure in the Nuclear Power Field

Zhenye Yang

Shanghai Foundation Engineering Group Co., Ltd.

[Abstract] The vertical jacking process draws on the horizontal pipe jacking process and is applied to vertical water intake and drainage projects of large thermal power, nuclear power, waterworks and other projects. It has a low construction cost, is not affected by general climate changes, and can be constructed "around the clock", which greatly shortens the construction period. Due to the gradually increasing power generation demand, the scale and depth of the water intake and drainage outlets of large thermal power plants and nuclear power plants have also increased accordingly. For example, the water intake head of the water intake tunnel of Sanmen Phase II Project was constructed using the vertical jacking process (the outer dimensions of the vertical pipe joint section reach $2.44\text{m}\times 2.44\text{m}$). The thickness of the overburden in the vertical jacking area is about 18m , and the water depth at the highest tide is about 18m . This working condition is currently the first case both nationwide and in our company.

[Key words] Vertical Jacking; Nuclear Power; Ultra-large Size; Deep Overburden; High Water Pressure

引言

随着我国建造电厂的单机容量不断增加,及近年来大量的沿海大型核电及火电的建设,取排水量的大幅增加^[3],取排水隧道直径及长度不断扩大,配套的垂直顶升同样向深覆土高水压超大口径的方向发展,施工难度也相应变大。

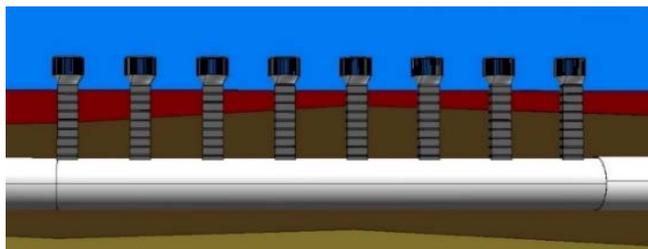


图1 垂直顶升示意图

1 工程概况

三门核电二期取、排水工程,是在外径 7100mm 的取水隧道中垂直顶升^{[1][2]}(立管管节断面外尺寸达 $2.44\text{m}\times 2.44\text{m}$)。

该工程取水口施工技术难点分析如下:

(1) 覆土深度大。盾构隧道上方覆土厚度达 18m ,经过多方面资料查询,暂未有过如此深的覆土下进行垂直顶升工艺的施工。

(2) 成型隧道保护难度大。垂直顶升初始顶力极大,经过计算初始顶力达 920t 左右,经设计核算成型隧道允许顶力为 500t 。垂直顶升施工时顶力远超隧道允许顶力,极易对成型隧道造成破坏,造成成型隧道的破损、错台,甚至涌水涌砂等灾难性事件。

(3) 止水要求高。垂直顶升需克服将近 0.35MPa 的水压力,对垂直顶升施工过程中的止水措施要求极高,止水措施不到位将造成隧道灌水事故,施工安全风险极大。

(4)有限空间空气质量。因顶升前需对特殊段进行联系梁施工,施工过程中具有大量焊接工作,为减少烟雾对施工人员身体健康,保证隧洞内空气质量,需优化隧洞内通、排风系统。

2 垂直顶升工况受力分析

2.1 地质水文条件及相关计算参数

垂直顶升区域海底泥面标高约-13m,覆盖土厚约18m;海平面水位按1%高潮位+4.94m作为计算水面高程。水平隧道顶升口帽盖顶标高约为-31.45m,取水隧道垂直顶升管底标高为-32.25m。

2.2 顶力分析与计算

施工前分别对垂直顶升上方覆土为18m、14m等数值进行模拟计算;通过采用ABAQUS数值模拟—CEL三维大变形分析计算垂直顶升初始顶力,覆土厚度达18m时,初始顶力约920吨;当覆土厚度减少至14m时所需顶力为423吨。

3 深覆土高水压情况下核电超大尺寸取水口技术优化策划

3.1 垂直顶升减小顶力方案策划及选定

本次垂直顶升覆土厚度达18米,经过计算所需顶力超过隧道结构设计最大允许顶力,使得顶升管无法顺利顶出的情况,针对此问题策划使用以下两种措施用以辅助垂直顶升施工。

(1)海上引孔。采用GPS在海面上定位垂直顶升管的位置,船舶上搭建高压旋喷钻机作业平台,通过喷射触变泥浆对竖管正上方的5*5m区域土体进行引孔破坏,减小顶升所需顶力,顶升完成后进行管节周边旋喷桩加固施工。

(2)海上挖泥。目前海底泥面标高为-13米,使用挖泥船对顶升区域进行开挖,开挖至-17米,减小垂直顶升覆土厚度至14米,过程中需控制海底开挖标高,严禁超挖,同时对隧道标高、轴线等各项数值进行监测。因垂直顶升结束后需进行取水立管滩面防冲保护施工,此方法既能减少覆土厚度又能减少后续立管滩面防冲保护施工工期。



图2 海上挖泥示意图

3.1.1 方案分析确定

因场地分区移交的问题造成取水两条隧道无法同时进行垂直顶升施工,另因业主整体规划安排导致垂直顶升结束后无法直接进行进水格栅安装,若采用以上方案将需多次进行施工船只进出场,经过分析以上方案所需费用超出工程预算。

将理论计算结果转至设计单位经过讨论分析决定将水平段终点标高提升用于减小覆土厚度,减小初始顶力。

3.1.2 隧道标高调整

虽隧道标高调整能减小垂直顶升所需顶力但仍需保证底部土层承载力,经地勘资料查询-35m标高处水平隧道下半圆坐落于⑥2黏土层,抬高4米至-31m标高处仍能保证水平管节底部坐落于⑥2黏土层;故最终确定将标高抬高至-35m。

3.1.3 隧道外部注浆

同时设计单位经过计算原土层满足垂直顶升所需地层承载力故未进行隧道外侧土体加固设计,考虑标高提升后水平管节左右两侧土层发生变化,地层承载力发生变化需增加相应措施保证外侧承载力。

按照调整后地质工况与设计沟通在顶升施工前对隧道外侧土体进行劈裂注浆加固,采用隧道内注浆方式,通过管片上预留的26个压浆孔向外压注水泥浆(水灰比0.50),每个注浆孔压浆量523kg,每延米平均209kg。(上部顶升区域土体待垂直顶升结束后进行加固处理)。

3.2 增大扩散基座面积

本次所使用的垂直顶升装置(装备8个千斤顶,每个千斤顶最大额定顶升力150t,分四组油路单独控制,每2个千斤顶分为一组,便于顶升纠偏操作)该装置由弧形扩散基座,顶升架本体、液压顶升系统(千斤顶和油泵车)、竖顶下托支撑等组成,全部由型钢组装焊接,为整体钢结构。

因本期工程覆土厚度更大,为减小反力对底部水平管节的扰动,增大整体钢结构弧形扩散基座,将原垂直顶升弧形扩散基座面积24m²扩大至30m²。

3.3 优化止水

本次二期工程水压较高,为保证止水效果特进行止水系统优化。

(1)扩大油浸盘根直径,采用三道直径40mm油浸盘根止水并用调节螺栓压紧,提高管节与止水框之间止水效果。

(2)采用以往施工经验,在止水框盘根上方增设一道橡皮圈止水,为顶升过程止水设置了第二道防线。该防线可有效避免顶升完毕后拆除油浸盘根止水后漏水影响焊接施工^[2]。

(3)复紧GD1与GD2管片之间的螺栓,并采用电焊将此缝隙封闭,防止顶升时此处缝隙漏水。

在转向法兰顶部焊接封顶盖板,防止漏水。封顶盖板下焊接三根型钢用来加固封顶盖板。



图3 GD块缝隙封闭

(4)原设计仅在管节之间粘贴一圈止水橡皮垫圈,为提高管节间止水效果增加一道10mm油浸盘根止水。

3.4 空气循环系统

垂直阶段存在大量焊接工作,隧道内作业本属于有限空间作业,隧道内焊接更属于高风险作业,空气质量是一个不容忽视的问题,它直接影响管内工作人员的健康和施工质量。为获得理想的通风效果,本工程采用空气循环系统保障作业工人的职业健康。

(1)送风系统:地面使用1台4*15Kw轴流风机压入式通风,采用直径为 ϕ 1000mm软管将空气送至井下。

井下使用1台4*15Kw轴流风机压入式通风,采用直径为 ϕ 1000mm软管将空气送至盾构机后部。

(2)排烟系统:垂直顶升准备时需进行焊接工作,会产生大量烟雾,为进一步改善工人作业环境,确保工人身心健康,施工前管内增加一套排烟系统,达到降低管内空气烟雾含量的目的。

排烟系统组成:地面采用一台Kaeser DB235C抽烟机,管内使用的6寸管对焊接产生的烟雾进行抽出,确保管道内部施工环境。



图4 排烟系统

4 施工效果

经过多项措施实施,垂直顶升施工期间水平特殊管节及相邻管节最大沉降为2.7mm,无变形、破损现象;顶升过程及顶升完成后无漏水漏泥现象影响施工;焊接施工时隧道内无明显烟雾,空气质量满足要求。

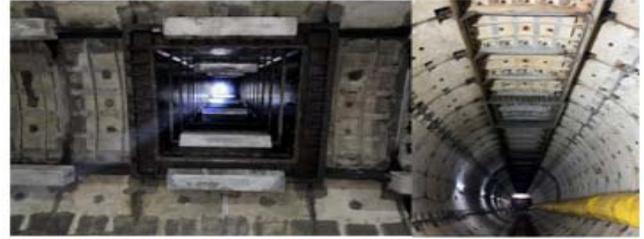


图5 施工效果

采取各项措施后实际顶升初始顶力最大约为460吨(理论计算423吨),略大于理论值。

5 结论

(1)依据本次垂直顶升利用CEL三维大变形分析计算结果调整覆土厚度,并通过实际施工实测顶力值进行验证。顶力计算思路和模型正确,相关参数选择合理,可推广应用于类似中大型垂直顶升取排水工程。

(2)该套止水措施效果良好,在整个顶升施工过程中未发现漏水漏泥现象,施工完毕后止水效果依然可靠。

(3)空气循环系统保障垂直顶升施工过程中隧道内的空气质量,确保施工人员在有限空间内的安全。

以上结合工程实际对原垂直顶升工况及相关施工技术进行优化改进后,成功应用于本次深覆土高水压超大口径垂直顶升施工,对后续相似工程的取、排水口垂直顶升施工具有借鉴价值。

[参考文献]

[1]刘桂荣.大型核、火电厂取水结构施工技术研究[D].上海:上海交通大学,2014.

[2]董胜亮,罗树青.垂直顶升法在电厂取排水隧道工程中的应用[J].电力勘测设计,2012(6):47-51,69.

[3]王伟.电厂排水隧道工程中的垂直顶升施工工艺[J].产业创新研究,2024(04):117-119.

作者简介:

杨振业(1990--),男,汉族,河南省安阳市人,上海市基础工程集团有限公司,本科,(郑州大学土木工程学院),市政中级工程师,研究方向:市政工程(盾构、顶管、深基坑工程)。