

水利工程分洪管线顶管施工技术应用

龙建勇

(新疆小海子水利建筑安装工程有限公司, 新疆 喀什 843800)

【摘要】为了探索水利工程分洪管线顶管的施工工艺, 本文根据南康堤工程的具体情况, 从施工的关键和难点出发, 对顶管施工工艺的关键和难点进行了分析, 并对其实施效果进行了分析。在水利水电分洪管建设中, 由于场地情况比较复杂, 大量开挖既不利于环保, 又会造成建设周期的延长。顶管施工技术可以在不损害现场地表的情况下, 实现主管管道的铺设, 是一种绿色环保的施工工艺, 具有较高的施工效率和较高的技术含量, 具有很好的应用前景。

【关键词】水利工程; 分洪管线; 顶管; 纠偏

水利水电工程分洪管长度大、规模大, 如果按照常规的开挖和施工工艺, 会对周边环境产生较大的影响。随着环保意识的增强, 顶管工程在我国得到了越来越广泛的应用。因此, 加强对顶管工艺的分析与研究, 对于进一步提高顶管工艺, 提高管线施工工艺具有重要意义。在分洪管道建设中, 可以极大地提高输水管道的利用效率, 提高防洪减灾的效果, 促进水利建设的科学化和规范化。因此, 对输水管道顶管施工工艺进行分析研究具有重要意义。

一、顶管施工技术发展概述

在地下隧道施工中, 明挖法和暗挖法是两种施工方法。明挖法是一种传统的开挖法, 它不仅会对道路交通产生干扰, 还会产生很大的噪声, 特别是在闹市地区, 会给居民的生活和周边环境带来很大的不便。在穿越河流、文化遗址保护区、既有建筑及管线的情况下, 采取明挖法将对建设造成极大的困难, 因此, 暗挖技术应运而生。其中, 盾构法、顶管及管幕-箱涵法是一种不需要开挖地表、不会对地面交通造成干扰的工法。顶管是一种新型的埋地管线施工技术, 在我国已被普遍采用。顶管施工技术是采用液压千斤顶, 借力之间的顶推作用, 把顶管设备从始发井穿过土层送到接收井, 然后把顶管设备从接收井上吊起。同时, 紧随其后的管节也被埋入起始与接收井之间。顶管技术最早出现在美国, 它在美国的北太平洋铁路铺设工程于 1896 年就采用了顶管技术。1948 年, 日本在尼崎市第一次使用了顶管技术, 将一根直径 600mm 的铁管插到了铁轨下, 并将其顶距 6 米, 随后英国和德国也纷纷采用。国内于 1953 年才开始采用顶管技术, 当时北京西郊一条市政排水管道要经过铁道地基, 采用顶管法将直径 900mm 的钢管顶入地下。当时所用的设备十分简陋, 以人工挖土为主, 所用

管线直径较小。20 世纪 60 年代, 国内开展了大口径机械顶管的有关试验, 并首次将接力顶管应用于顶管工程。在此基础上, 研制出了适用于软黏土和淤泥质土层的挤顶法, 从而大幅度地提高了施工效率。20 世纪 80 年代, 国内从引进国际上最先进的顶管机装备, 在借鉴国际上先进的理论技术和经验的基础上, 研制出了世界上首台加泥式土压平衡掘进机。此后, 随着顶管技术的迅速发展, 顶管设备及相关技术也在逐步完善, 远距离、大直径顶管施工也越来越多。顶管施工是一种地下施工方法, 它具有占地少, 工期短等特点, 能在河道、管道、既有建筑中穿行, 又不会对地表交通和居民生活产生任何影响。因此, 在人口密度大、建筑密度大的城市中, 顶管工程得到了广泛的应用。

二、工程概述

南康堤坐落在鄱阳湖北部庐山市县城南部, 三面环江, 与都昌和吴城遥遥相对, 是庐山南部的一个美丽的风景区。圩堤堤线是对庐山市城圩堤进行防护, 总长度为 3.692 公里。鄱阳湖大道大堤 1.37 公里, 湖滨路防浪墙 0.3 公里, 南康大堤 0.49 公里, 防洪能力增强段共 2.16km。分洪渠总长度为 3.151km, 其中 PCCP 管道分流 2934km, 顶管 0.2km。对原有的排洪设施进行了 3 处改建, 新修了流泗电排站、陂坝 1 个, 拆除改建南门道 1 个, 并对柳泗港进行了 0.6 公里的清淤。

三、顶管施工技术应用的重难点

该工程分洪管所处的地区是一片丘陵地带, 地势起伏较大, 海拔 23~80 米, 防洪管线分布在岗埠湖与湖滩交界地带。由于波浪侵蚀, 湖岸边形成了独特的浪蚀崖。在这样的地质和地形条件下, 顶管施工面临着许多困难, 包括: 1. 因为排水管道的主要功能是

防洪,所以它所处的地层含水量较高,地形起伏较大,施工现场的情况也较为复杂,所以,如何把顶进设备安放在合适的地点,使顶进设备能够正常工作,是这个项目的一个重点和难点。2. 在顶管施工过程中,如何根据地层及排水管道的具体状况,对顶管顶进压力进行预估与量测控制,也是该项目的重点与难点。3. 该工程场地情况复杂,顶管施工过程中要进行多次纠偏调试,对其进行有效的校正与调整,是该项目的重点与难点。

四、顶管施工中的材料选择与性能要求

(一) 材料选择原则

在顶管工程中,选材应遵循强度高、耐久性好、密封性好、抗腐蚀性好、施工方便等原则。为确保顶管工程的安全、可靠和环保提供了依据。在选用顶管材料时,应注意材料的强度与耐用性。顶管必须能经受住地下水压力、土层压力和施工时产生的压力。所以,通常使用的钢管、混凝土管、塑料管等顶管材料,其强度高、耐久性能好,既能满足工程需要,又能确保长期运营稳定。另外,顶管的施工材料也要有较好的密封性。为了避免水、污水的泄漏,降低对环境的污染,必须保证管路系统的密封。选用密封性能较好的材料,如橡胶密封环、密封胶等,可有效预防渗漏,保证供水、排水系统的正常运转。此外,由于给水、排水管道内的腐蚀性介质的影响,顶管施工材料对抗腐蚀性能的要求也较高。由于腐蚀介质在不同的工作环境中会产生不同的腐蚀效果,所以必须选用抗腐蚀性更强的金属,以确保管线在腐蚀环境下的长时间稳定运行。

(二) 材料性能要求

在选材上,要注意选用高强钢,以适应工程中可能产生的应力及载荷。同时,考虑到给水、排水系统中可能出现的腐蚀性介质,选用具有良好耐蚀性的钢铁材料,并采用涂料、阴极保护等方法来提高其使用寿命。同时,对管道的接头也要有较好的密封性能,以防止水、污水等渗漏。为保证管线在地下水压及土层荷载作用下具有一定的强度,必须选用高强砼。另外,钢管的耐久性也是非常重要的,必须保证其在较长的时间内具有良好的抗侵蚀能力。另外,要注意密封,要保证接头处的密封,这样才能避免水、污水的泄漏及破坏。在管材方面,对管材的耐压力、耐蚀性及接头的密封性能等方面提出了更高的要求。塑料管防腐性能好,密封性好,是给水、排水工程的理想选择。在选用塑料管料时,要根据给水排水的需要选用 PVC、HDPE 等特种塑料。保证塑料管具有一定的耐水压、抗水压、抗土能力。

五、顶管施工技术在分洪管线施工中的应用要点

(一) 顶进设备的安装

根据该项目的实际情况,提出了一种新的顶管施工方法,即采用了一种新的顶管施工方法——顶管设备。在顶进装置运行过程中,为了减轻施工现场的安装工作量,在轨道上使用了装配式铁轨。导管是直接安装在水泥地基表面上的,导向装置定位后,应立即稳定,避免在顶进过程中,由于所承受的荷载,造成位移,变形,沉降,所以,在安装前,要事先对管线的中心位置进行检查。为了保证高刚度和高强度,此次工程采用了以重轨为导向的轨道,以确保其具有较高的刚性及强度。两条轨道应该是平行的,高度是相等的。组装完成后,引导器顺直、平行、等高、坚固,其垂向坡度与管道设计坡度一致。铁轨坡度要与设计相一致,并且在行车过程中,铁轨要牢固,不能发生位移,不能产生过大的变形。铁轨的枕垫或枕垫是根据以下规定制作的:铁轨是 24 公斤/米或 38 千克/米轻质铁轨,长度为 2 至 3 米。引导装置应该是平直的,平整的,与纵向电线的坡度是平行的,导轨的高度及允许偏差是 -2 毫米,导轨的中心间距是 3 毫米。最合适的是每个枕长要比每个枕长 20-30 厘米。

工作坑上面的平台用 32# 工字钢做地基, 25# 钢筋做踏板,在平台入口,先铺 5cm 厚钢板,再对工字钢底板加强,剩下的地方则是满铺 5cm 厚钢板。下部管孔直径大于 2.5 米 × 3.6 米;为便于开挖,在施工场地对井平台进行适当升高,但应尽量与周边自然地形相协调。工程后墙为工作井及工作坑砌砌筑,墙外设置 5 厘米厚的钢板,与顶板垂直。在安装前,要检查高压油泵、液压缸、液压管线控制系统、顶铁、压力表等,确认一切正常后方可开始组装。顶管施工时,应根据施工需要设置高压油泵、管道及控制设备。油泵安装在油缸附近,管道要平直,转角较小;为确保顶进装置的工作稳定,确保顶进装置的连续顶进,必须与液压缸相匹配,并配有备用油泵。

(二) 加强对顶管顶进的控制

考虑到顶管施工过程中顶进力的预报及量测控制困难,根据该地区的地质情况,提出了顶管施工中采用预挖法。用 50 吨全桥吊车进行输送。连接件不得与导向件碰撞,连接件要下到导向件上,且要紧靠工具管导向环,排洪管路的中心轴线应按图上显示的方向来确定,其前、后的标高应与图上相同,并得到确认。工程地质情况以砂砾层和泥质地层为主,土壤稳定,采用人工开挖方式。岩石用水钻,粘土用人工凿。在施工过程中,为确保管道与周围土、岩的黏结,需要在开挖过程中用水泥浆灌注。工具管触及或插入

土层中后,应由上而下分段施工,工具管的超挖数量应根据土质情况确定。在允许超挖的情况下,正常顶推施工,不能超过 135 度;管线顶超开挖深度不超过 1.5 厘米;在施工前,必须根据工程的具体情况,确定是否越界,并采取相应的保护措施。在对顶时,可在邻近管线的两端钻一小洞来调整其偏移量。

顶管的顶力可按照以下公式估算出来:

$$P = f\gamma D_1 [2h + (2h + D_1) \tan^2(45^\circ - \phi/2) + \omega/\gamma D_1] L + P_f$$

式中: P 为顶管顶进的总顶力, kN; f 为顶管顶进施工中分洪管线表面和周围土层之间的摩擦系数,其取值如表 1 所示; γ 为分洪管道所处土层的重力密度, kN/m³; h 为分洪管线顶部以上覆土层的厚度, m; D₁ 为分洪管线的外径, mm; ϕ 为分洪管线所处土层的内摩擦角, °; ω 为分洪管线单位长度的自重, kN/m; L 为分洪管线的计算顶进长度, m; P_f 为顶管顶进施工中工具管的迎面阻力, kN。

表 1 顶管顶进时和周围土层的摩擦系数表

土类	湿	干
粘土、亚粘土	0.2 ~ 0.3	0.4 ~ 0.5
砂土、亚砂土	0.3 ~ 0.4	0.5 ~ 0.6

测量是顶管施工的一个重要环节,它的成功与否,不仅影响着管线的光滑度,而且还影响着顶管的顺利贯通,因此,在施工过程中,要认真开展勘测工作,确保施工质量。1) 井内测量:利用控制桩,利用仪表,对井下管道进行顶入轴线测定设备的位置进行测定;同时,在测量仪器的另一端及井口边缘处,分别装上测量仪器的重测点及线路,使其能够在测量管线的顶钻过程中,实现对仪器自身位移的监控;每 6 小时检查一次仪器的位置。2) 管顶轴线的测定:在井下设置一定测点,根据设计纵坡,利用经纬仪对垂直角进行校正,并在机头处设置光标器,对管路轴线及标高进行控制;若因距离过长而不能单独使用一面镜子,则需增设中继站。在顶管施工中,经常要对顶进轴线进行观测,一次 25-30 厘米,记录 3 次,若发现有偏离设计轴线的现象,要及时修正,以减少误差。在出洞、进洞及纠偏过程中,测点的个数要适当增加。在工作井内,要不时地对工作井位移、倾斜度进行监测,并随着顶压力的增加而增加监测频率。

(三) 加强纠偏控制

顶管纠偏是顶管施工中的一个关键环节,但顶管整体布置在地下,很难准确监控其走向,给顶管纠偏带来很大困难。在实际的顶管施工过程中,由于受力不均,受力不均是导致管道受力不均的主要原因,其原因包括:管道不在一条直线上,管道横截面与轴线不垂直,各节之间垫块可压缩性不均匀等。通过对顶

板上的载荷开展实时监测,精确反映各节点的顶力及管道的轴向偏移,从而得到端面应力及顶板倾斜度,从而调整补偿幅度,避免因偏心率过大而导致的套管接头受压或套管中部出现环状裂缝。如果在套管接头处产生裂缝,则无法保证在套管周围的钻具发挥支撑与减摩作用,造成钻头与地层的坍塌。在进行纠偏作业时,首先要解决两个问题,一是向哪个方向进行纠偏,二是要进行纠偏。在该项目的顶管施工过程中,操作者可以通过电脑显示屏直观地观察到偏离的方向,从而做出反向校正的决定。当产生了初偏时,应首先依据地层条件及初值,制定出一套纠偏方案,可利用导流管端头的张角或开孔等方法对最大纠偏角进行控制。由于该工程采用 DF2600 钢管,所以在对其进行校正时,应将 S1 控制在 20-30mm 范围内,从而决定了纠偏油缸的伸长量。当纠偏量达到初始值的 50% 后,为了防止机头偏离,应及时减小油缸伸出量。

(四) 施工效果

通过对实际工程顶管施工的分析,针对顶管施工中出现的重点和难点,提出了切实可行的措施,确保了顶管施工的成功,顶进设备、顶力、顶进工艺及纠偏效果均符合设计要求,说明该施工方法能较好地解决顶管施工中出现的各种问题,确保了施工质量。

六、结语

通过对水利工程泄水管道顶管的施工工艺进行了分析,指出了在水利工程泄水管道顶管施工中,顶入装置的设置、顶压力的测定、顶进的测量与校正等是工程中的难点与重点。采用拼装式轨道,精确计算顶力,控制测量,纠偏半径控制等措施,可以有效地确保顶管施工质量,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 桑军波. 市政给排水施工中长距离顶管施工技术的研究与应用 [J]. 建筑与预算, 2023, (10): 61-63.
- [2] 高阔. 老城区复杂环境条件下大口径排水顶管施工技术 [J]. 建筑施工, 2023, 45(10): 2088-2091.
- [3] 施宜武. 市政工程长距离顶管施工风险分析及解决方法分析 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(20): 36-38.
- [4] 肖敏. 复杂管线环境下顶管法施工在智慧城市建设中的应用 [J]. 建材世界, 2023, 44(05): 116-120.
- [5] 张勇, 邓力铭, 周田园. 泥水平衡式顶管施工技术在水管施工中的应用 [J]. 四川水泥, 2023, (10): 230-232.
- [6] 郑泊轩. 市政给排水施工中长距离顶管施工技术的应用与分析 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (28): 214-216.