

倒虹吸结构在水利工程施工中的技术难点研究

韩永杰

云南省水利水电投资有限公司 腾冲市润越水利投资有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5670

[摘要] 当渠道与道路或河沟高程接近,处于平面交叉时,需要修一构筑物,使水从路面或河沟下穿过,此构筑物即为倒虹吸,倒虹吸在水利工程中发挥着重要作用。然而,其施工过程中面临诸多技术难点,如地形条件限制、施工材料和工艺选择、管道设计与布局、工期与质量控制等。本文旨在探讨这些技术难点,并提出相应的解决方案,以期为水利工程中的倒虹吸结构施工提供参考。

[关键词] 倒虹吸结构; 应用技术; 水利工程

中图分类号: TV 文献标识码: A

Research on Technical Difficulties in the Construction of Inverted Siphon Structures in Water Conservancy Projects

Yongjie Han

Yunnan Provincial Water Resources and Hydropower Investment Co., Ltd

Tengchong Runyue Water Conservancy Investment Co., Ltd

[Abstract] The inverted siphon structure, leveraging the principles of natural gravity and air pressure, plays a vital role in water conservancy engineering by channeling groundwater from deep levels to the surface. However, its construction process confronts numerous technical challenges, including topographical constraints, selection of construction materials and techniques, pipeline design and layout, project duration management, and quality control. This paper delves into these technical difficulties and proposes corresponding solutions, aiming to provide a reference for the construction of inverted siphon structures in water conservancy projects.

[Key words] inverted siphon structure; applied technology; water conservancy engineering

引言

在水利工程领域,倒虹吸结构作为一种有效的输水方式,广泛应用于农田灌溉、城市供水、大型调水工程等多个方面。其独特的结构特点使得水流能够顺利穿越障碍物,同时减少了对地表的破坏和水资源的浪费。然而,倒虹吸结构的施工过程中却面临着诸多技术难点,这些难点直接影响了工程的质量和安全性。因此,深入研究倒虹吸结构在水利工程中的施工技术难点及其解决方案,对于提高工程质量、保障工程安全具有重要意义。

1 倒虹吸结构在水利工程中的应用意义

在倒虹吸结构中,输水管道的一端高于另一端,形成一定的落差,使水流在管道中形成一定的压力差,从而实现水流的输送。当水流进入管道后,由于管道弯曲向下,水流在重力的作用下加速流动,并在管道的另一端流出,形成连续的水流。倒虹吸结构一般由进口段、管身段和出口段三部分组成。进口段通常包括渐变段、进口闸门等,用于引导水流进入管道;管身段是输水管道的主体部分,其形状和长度根据实际需要确定;出口段则包括出水口、消力池等,用于减缓水流速度,防止冲刷和侵蚀。

虹吸结构是一种在水利工程中广泛应用的输水管道设计,其特点是将输水管道埋设在河渠、道路或其他障碍物的河床以下,形成一段像倒置的虹吸管一样的构造。这种设计的主要目的是使水流能够顺利穿越障碍物,同时避免或减少水流对输水管道的冲击和侵蚀。这一结构不仅具有显著的节能、环保和高效特性,还能够在不破坏自然生态环境的前提下,满足农业灌溉、城市供水、防洪排涝等多种水利需求。具体来讲:(1)提升水资源利用效率。在渠道与道路、河流或其他障碍物相交时,倒虹吸结构能够允许水流从障碍物下方通过,避免了传统方法中的大规模开挖和改道,从而提高了水资源的利用效率;由于倒虹吸管道埋设在地下,减少了水流在输送过程中的蒸发损失,特别是在干旱和半干旱地区,这种减少蒸发损失的效果尤为显著。(2)增强输水系统的可靠性。倒虹吸结构通过其独特的管道设计,能够保持水流在输送过程中的稳定性,减少了因地形变化、水流冲击等因素导致的水流波动和损失。地下管道的设计还能有效防止外界污染物进入输水系统,提高了水质的安全性。(3)环保与生态友好。倒虹吸结构在施工过程中对地面的破坏较小,减少了水土

流失和生态破坏的风险。同时,其地下管道的设计也避免了对地面景观的破坏。在水利工程完成后,通过合理的生态修复措施,可以进一步促进周边生态环境的恢复和改善。

2 倒虹吸结构在水利工程施工中的技术难点

2.1 基础施工难点

施工现场的地质情况多变,包含不同性质的土层和岩层,不稳定的地下水位,还需要承受较大的水压力和土压力,这些都对基础施工提出了挑战。(1) 土层和岩层多变。施工现场的地质情况往往复杂多变,地表可能覆盖着多种性质的土层,如黏土、砂土、碎石土等,这些土层在物理力学性质上差异显著,对基础施工的影响也不同。同时,地下还可能隐藏着不同岩性的岩层,如石灰岩、砂岩、页岩等,这些岩层的强度和稳定性也各不相同。(2) 地下水位不稳定。地下水位的变化对基础施工具有重要影响。高水位可能导致基坑开挖时涌水,增加施工难度和成本;低水位则可能引发地基沉降,影响结构稳定性。此外,地下水的流动还可能携带溶解的矿物质,对基础材料产生侵蚀作用。(3) 软弱土质和岩溶地质。软弱土质如淤泥、软土等,具有压缩性高、承载力低的特点,对基础施工提出了更高要求。岩溶地质则更为复杂,地下溶洞、暗河等地质现象的存在,可能导致基础施工时出现局部坍塌、突水等严重问题。(4) 承载能力要求高。倒虹吸结构作为水利工程中的一部分,需要承受来自水体和土体的巨大压力。这些压力包括静水压力、动水压力以及土压力等。为了确保倒虹吸结构的稳定性和安全性,基础施工必须确保足够的承载力和稳定性。这要求施工人员在设计阶段就充分考虑各种压力因素,并采取相应的加固措施和施工技术手段来提高基础的承载能力。

2.2 接缝处理难点

由于圆涵与洞口不是一次浇筑完成,两者之间的接缝处容易成为防水薄弱环节。接缝的防水效果受到多种因素影响,如地基沉降、温度变化、水流压力等,这些因素都可能导致接缝处出现渗漏现象。因此,如何确保接缝的防水效果是施工中的一大难点。为了实现良好的防水效果,需要选择高质量的防水材料,并采用精细的施工工艺。然而,在实际施工中,材料的选择和施工工艺的掌握都存在一定的难度,需要施工人员具备丰富的经验和专业的技能。此外,管节接缝处容易因施工不当或材料问题出现裂缝,这些裂缝不仅会影响倒虹吸结构的整体性能,还会降低其使用寿命,为了确保接缝的密封性,需要采用合适的填缝材料和密封工艺。然而,在实际施工中,由于接缝处形状复杂、施工环境多变等因素,使得密封性的保证变得尤为困难。

2.3 结构稳定性难点

倒虹吸结构的管节安装需要极高的精度,每个管节之间必须实现精准对接,以确保结构整体的稳定性和密封性。这种精度要求不仅涉及到管节的水平和垂直位置,还包括管节之间的角度和倾斜度等多个维度;管节安装过程中,需要采用特殊的安装工艺和设备,如起重机械、定位装置等,以确保管节能够按照设计要求精确就位。同时,安装过程中还需要进行多次测量和调整,

以确保安装误差在允许范围内。管节安装对施工人员的技能要求极高,需要他们具备丰富的施工经验和精湛的操作技能;在回填等施工过程中,管节可能受到来自土壤、水流、机械振动等多种外力的作用。这些外力的大小和方向难以预测和控制,给管节的稳定性带来了很大的挑战。外力作用可能导致管节发生移位或变形,进而影响整个结构的稳定性。一旦管节发生移位或变形,将难以恢复其原始位置和形状,甚至可能引发结构破坏和安全事故。

2.4 施工调试与监测

在水利工程施工中,倒虹吸结构的施工监测与调试面临诸多技术难点。首先,施工监测方面,难点在于确保高精度监测,尤其是地基沉降、接缝密封性等关键参数的精准测量,这需要采用先进的监测设备和技术手段,并严格控制监测流程,以确保数据的准确性和可靠性。同时,复杂的地质条件和环境因素也给监测工作带来了不小的挑战。其次,系统调试方面的技术难点在于确保各部件之间的协调配合和正常工作。倒虹吸结构涉及多个部件和系统的联动,调试过程复杂且要求精细。在调试过程中,需要全面检查并测试各个部件的性能,确保它们能够在不同工况下正常工作。此外,调试还需要考虑到不同部件之间的相互影响,进行系统的优化调整,以达到最佳的运行效果。这些工作对调试人员的专业技能和经验要求较高,且需要投入大量的时间和精力。

3 解决措施

3.1 科学开展地质勘测与基础处理

倒虹吸结构在施工前进行详尽的地质勘测,包括钻探、取样、试验等,以获取准确的地质数据,为设计和施工提供依据。根据地质勘测结果,需采取不同的基础处理措施,如加固地基、设置排水设施等,以确保基础施工的稳定性和承载力。具体来讲:(1) 加固地基:对于软弱土质和承载力不足的地基,需采取加固措施。常用的加固方法包括换填法、夯实法、桩基法等。换填法是将软弱土层挖除并回填强度较高的材料;夯实法则是通过机械或爆破等方式提高地基土的密实度;桩基法则是在地基中设置桩基础,将上部结构的荷载传递到深层稳定的土层或岩层中。(2) 设置排水设施:为了降低地下水位对基础施工的影响,需设置有效的排水设施。这包括在基坑周围设置截水沟、降水井等,以拦截和排除地下水。同时,还需在基础底部设置排水层或盲沟,以排除基础内部的积水。(3) 处理岩溶地质:对于岩溶地质现象,需根据具体情况采取相应的处理措施。如对于小型溶洞,可采用注浆填充法;对于大型溶洞或暗河,则需采取梁板跨越、桩基托换等更为复杂的处理方法。

3.2 提高接缝处理质量

在水利工程施工中,倒虹吸结构作为重要的输水建筑物之一,其接缝处理质量直接关系到整个工程的运行安全和效益。因此,在水利工程施工过程中,应高度重视倒虹吸结构接缝处理难点的解决。对于洞口与涵身接缝、管节间接缝等常见漏水处,采用先进的施工方法和材料进行处理。例如,可以使用环氧树脂

等高强度防水材料进行涂刷和填缝。接缝处理过程中,加强质量控制,确保接缝处理符合规范要求。对于关键部位和隐蔽工程,应进行旁站监督、平行检验等。选择质量可靠、性能优良的防水材料,确保材料质量符合设计要求。同时,加强材料存储和管理,防止材料受潮、变质等。在回填混凝土等施工过程中,合理安排施工顺序和进度,避免对管节产生过大的外力作用。对于易受外力作用的管节部位,应加强支撑和固定措施,确保管节稳定不移位。除此之外,还应引入新技术和新材料,如采用预应力技术、自密实混凝土技术等,提高接缝处理的质量和效率。选择具有高强度、高粘结性、高防水性能的新材料,如高性能环氧树脂、改性沥青等,提高接缝处理的效果。

3.3 加强结构稳定性

首先,根据工程特点、地质条件及管节规格,管理者应制定详细的安装步骤、技术要求及质量控制标准。对安装团队进行技术培训,确保每位操作人员都明确自己的职责和操作流程,能够熟练掌握测量和定位方法;在正式安装前,进行预装测试,检查管节之间的连接是否紧密、密封性能是否良好,以及整体安装是否满足设计要求。通过预装测试,及时发现并处理潜在问题,确保管节安装的稳定性和可靠性;在管节安装过程中,应使用全站仪、激光测距仪、水平仪等高精度测量设备,对管节的轴线、高程、水平度等关键参数进行精确测量和定位。采用预应力技术或其他先进的固定技术,增强管节之间的连接强度和整体稳定性。对于关键部位,如转角、接头处等,采用特殊加固措施,如增设加强筋、使用高性能粘合剂等,以提高结构的承载能力;在回填过程中,严格控制回填材料的质量、粒径和含水量,避免使用对管节有害的材料。采用分层回填、逐层压实的施工方法,确保回填密实度满足设计要求,减少对管节的侧向压力。在回填过程中,加强对管节的支撑和固定,防止其受到外力作用而发生移位或变形。

3.4 科学调试与监测

在监测方面,通过引入国际先进的监测设备和技术,如高精度传感器、自动化监测系统等,实现对地基沉降、接缝密封性等关键参数的实时监测与精准分析。同时,优化监测点布置与监测

频率,确保监测数据的全面性和代表性。此外,加强监测人员的专业技能培训,提高其对监测数据的解读与处理能力,以便及时发现并预警潜在问题。在应对环境因素影响方面,我们将建立环境因素监测与评估机制,实时掌握天气、地质等环境条件的变化,并据此调整监测策略,确保监测结果的准确性。在调试方面,我们将制定详尽且科学的调试方案。该方案将充分考虑倒虹吸结构各部件之间的相互作用与影响,明确调试步骤、方法与标准。通过引入模拟仿真技术、故障诊断系统等先进工具,对调试过程进行精确模拟与预测,减少调试过程中的不确定性与风险。同时,加强各专业团队之间的沟通与协作,确保调试工作的顺利进行。在调试过程中,我们将对系统性能进行全面评估与优化调整,确保倒虹吸结构在各种工况下均能稳定运行并达到设计要求。此外,我们还将建立调试过程的安全管理机制,确保调试人员的安全与健康

4 结束语

在水利工程的宏伟蓝图中,倒虹吸结构作为连接水系、跨越障碍的关键性设施,其施工技术的难点与挑战不容忽视。面对复杂多变的地质条件、严格的施工精度要求以及后期维护的艰巨任务,我们必须以科学严谨的态度,不断创新与突破。展望未来,随着科技的不断进步与施工技术的日益成熟,我们有理由相信,倒虹吸结构在水利工程中的应用将更加广泛与高效。同时,我们也将继续探索更加科学合理的施工技术与解决方案,以应对不断出现的新挑战,为水利事业的蓬勃发展贡献力量。

[参考文献]

- [1]齐锐,王志国,田鹏伟,等.倒虹吸进水口过渡段内流速横向分布试验研究[J].人民黄河,2022,44(5):132-135.
- [2]宋奎,官必宁.箱形倒虹吸结构的两种应力计算方法比较分析[J].三峡大学学报(自然科学版),2011,33(2):49-52.
- [3]刘晓林.回填土与箱形倒虹吸在多种工况下相互作用的有限元分析[D].河北:河北工程大学,2012.

作者简介:

韩永杰(1990--),男,汉族,云南保山人,本科,工程师,研究方向:水利水电工程管理。