

长距离高水头输水工程设计与实践

宋 玉

中石化石油工程设计有限公司 山东 东营 257000

摘 要：水是生命之源，是人类赖以生存和发展的重要物质基础。随着人口增长和工业化的发展，越来越多地区面临着水资源短缺和供需矛盾的问题。长距离高水头输水工程是一种重要的水资源调配方式和输水技术，可以将丰富的水资源从地处高海拔的蓄水库或山区输送到缺水地区，从而满足远距离、大流量的用水需求。本文主要围绕长距离高水头输水线路、方式比选展开分析，探讨长距离高水头输水工程设计方法，以供参考。

关键词：长距离；高水头；输水；线路；设计

前言：长距离高水头输水工程的发展历史已有数十年，其技术水平和设计思路也得到了不断的提升和改进，应用范围也越来越广泛。长距离高水头输水工程是将水源地水通过大型输水管道输送到距离较远、高差较大的地方，以实现用水需求的一种高效率输水方式。在长距离高水头输水工程的设计和实践中，涉及到众多的技术问题和复杂的工程内容，因此，需要在工程设计环节中，综合考虑地形、气候、地质、环境等多种因素，以确保设计的可行性。

1 长距离高水头输水线路、方式比选分析

1.1 输水线路布置与比较

1.1.1 长距离高水头地下输水

地下输水是一种现代化的水利工程技术，其主要使用输水管道进行输送。地下输水的主要优点包括：保持水质的稳定性、减少水的蒸发和浪费，以及减少对周围环境的影响。由于地下输水是在地下敷设管道进行输送，其稳定性相对较高，不容易受到阳光、空气污染等因素的影响，可以保证输水质量的稳定性。其次，地下输水可以有效地减少水的蒸发和浪费，特别是在输送距离较远的情况下，地下输水可以降低输水损失，提高水资源的利用效率。此外，地下输水对于环境的影响也相对较小，不会破坏地面生态环境，对于保护生态环境具有很重要的意义。然而，地下输水也存在着一些缺点。首先，施工难度较大，需要对地下进行挖掘和开挖，这就会面临到一系列的技术问题。其次，建设成本较高，需要考虑土质、地质等因素的影响，这就意味着这种技术的造价相对较高^[1]。总的来说，尽管地下输水存在一些

缺点，但其优点足以弥补其不足之处，并且地下输水技术的应用也越来越广泛。其对于有效利用水资源、促进经济发展和保护环境具有重要意义，相信在未来，这种技术将会得到更广泛的应用和推广。

1.1.2 长距离高水头地面输水

相比于地下输水，地面输水的施工成本相对较低，不需要考虑土质、地质等因素对于工程造价的影响。然而，地面输水也存在着一些缺点，其中最主要的是易受外界环境的影响，如天气等。由于输水管道暴露在外，一旦管道遭受环境侵蚀或其他外力冲击，就会出现爆裂等事故，必须经常进行维护或更换。与之相比，地下输水的优点就凸显出来了。首先，地下输水可以有效避免输水管道受到外界环境的影响，使得水质得以保证。其次，由于输水管道位于地下，不会对土地造成破坏，有利于环境保护。不过，地下输水也有缺点，例如其造价相对较高，需要进行大量的地下挖掘和施工。此外，地下输水管道出现问题时，维修和更换的成本也比较高。综合比较，可以发现地下输水在环境保护和水质安全方面优于地面输水，但造价较高；而地面输水施工难度较小，成本相对较低，但在环保和水质安全方面则略显不足。因此，对于不同的水资源管理项目，需要根据具体情况选择最合适的输水方式^[2]。

1.2 输水方式必选

首先，压力输水主要是指对于输送水，需要通过施力来实现高空跨越和输送。它主要分为高压和低压两种，根据水流速度和管壁压力的不同来进行选择。其中高压输水适用于水压比较高的情况下，能够提供较高的输送流量和速度；低压输水适用于较远的输送距离和较小的流量，传输效果比较稳定，但可能需要增加输水线路数量，提高成本。其次，重力输水，重力输水主要是指自然势能利用，直接利用自然斜度来进行输送。该方

通讯作者：宋玉，1990-06，汉，女，山东聊城，中石化石油工程设计有限公司，设计师，工程师，大学本科，252000，研究方向：消防给排水。

式适用于当输送距离比较小、水压比较低以及流量比较小，且地形较为平坦的情况下。此种方式对于施工和运维过程的要求较低，但难以在高山陡峭的地形中实现。其三，泵站输水，泵站输水是指通过一定的技术手段，将水从低压地区提升到高压地区。该方式可以适应输送距离较长、流量较大、压力要求较高等复杂条件下的输送，但其建设成本和运营成本相对会较高。

1.3 输水方式比较

1.3.1 管道布置

输送系统的传输效率、稳定性和安全性是整个系统的关键点。在压力输送系统中，科学的管道布置和设计对于系统的运行影响非常显著。首先，地形条件是考虑管道布置的重要因素。应尽可能避开陡峭的山脉和河流等地形条件，选择相对平坦、地形简单的区域进行铺设。在实际施工过程中，需要根据地形条件和地貌图进行大量勘探，评估区域内的险要地段和难以通过的地形。这样，可以使得疏通工程更加顺畅，缩短运输时间，从而提高系统的运行效率。其次，对于大口径主管道，需要设置适当数量的支线进行输送水资源。支线的布置数量主要由系统的输出需求和流量来决定，需要维护压力均衡和流速稳定性的水平。因此，在设计和施工过程中，需要考虑到流量和流速等参数，来维护系统的稳定性。最后，在弯头和接头的设计和施工方面需要特别注意^[3]。输送管道在转弯和接头处设置短弯头和接头会导致水流速度急剧增加，管道压力陡升，可能会损坏管道或影响系统的运行效率和安全性。所以，在管道设计环节中，最好考虑使用优化方法进行优化布局，同时考虑布置的可行性、安全性和经济性等方面的综合分析，以取得最佳设计效果。

1.3.2 运行管理

在长距离高水头输送系统的运行管理过程中，除了定期检查和维修外，不同的输送方案在操作和安全方面也存在差异。

首先，压力输送的运行管理，压力输送在现代工业的生产和城市建设中起着至关重要的作用。它能够有效地将水、油、气等物质快速地输送到指定位置，保证生产和居民生活的正常运转。然而，要保证长期稳定的运行，就必须进行科学的运行管理。其中，压力监测和防冻保护是尤为重要的因素。首先，压力监测是维持系统水压和流量的前提。在压力输送的过程中，由于液体在输送管道中的流动会产生较大的摩擦力和阻力，因此导致管道的压力和水流量会发生变化。为了使系统能够稳定地输送和维持适当的压力，必须通过安装压力传感器

对系统进行监测。在长距离高水头输送系统中，由于系统压力和高度都会很大，应设置阀门和泄压设施，以避免管道过压和破损的情况。其次，防冻保护是对于压力输送系统的关键问题。在北方地区的寒冬季节，气温低会导致输送管道结冰，从而导致系统工作受到阻碍。为了防止这种情况发生，必须采取有效的保温和防冻措施。此时可以使用保温材料如聚氨酯泡沫、玻璃棉等来对管道进行保温^[4]。

其次，泵站输送系统是一个对于水利工程、城市供水和排水、工业生产等领域非常重要的设备，在实际操作中具有灵活性、高效性和可靠性等特点。在泵站输送系统的操作方面，它非常灵活，可以通过各级控制器和自动化仪表进行远程调控和监测泵站的状态和流量。当输送需求变化时，可通过控制泵站的启停和流量控制，调整输出流量和扬程，以满足不同的实际需求。在运行管理方面，泵站输送需考虑以下因素：节能降耗、操作记录和安全。对于节能降耗这一点，长距离高水头泵站输送系统需要使用高功率泵站实现输送流量和扬程的要求，但也要考虑减少传统的能源损失和造成的成本，需要通过智能调控和启停等措施进行节能降耗。在操作记录方面，泵站输送系统的操作记录和维护管理记录对于后期试运转和运行调整有关，需要设备提供一定的在线监督与后期任务指导记录。在安全管理方面，输送系统安全管理是泵站输送系统的一大重点。包括维护设备安全和稳定工作，防止事故发生。泵站输送设备往往大型、高压、高速运转，因此在设备的维护和保养中要注重安全性问题。

2 长距离高水头输水工程设计与实践分析

2.1 水力坡降

长距离高水头输水工程是指通过泵站或其他输水设施，将水从低海拔地区输送到高海拔地区的水利工程。长距离高水头输水工程设计需要考虑多个因素，包括水力坡降、压力和输送材料等。其中，水力坡降是指在一定距离内水位发生的高度变化，它是衡量长距离高水头输水系统能否有效稳定运行的关键指标之一。在长距离高水头输送系统中，通常需要克服重力、摩擦和绕流等水力阻力因素，以及蒸汽补给和自然损失等非水力因素。因此，为了确保系统的正常运行和输送效率，需要对水力坡降进行充分考虑。在水力坡降的设计和计算过程中，需要综合考虑多个因素。其中，管道材料、管道长度、管道直径、流量和水头等是主要影响因素。为了避免水力坡降过大导致能量损失，同时又不影响水流的稳定性和输送效率，需要对各个因素进行综合考虑和优

化设计。一般来说,若确保用户的进水压力,一般的高层建筑和大型工业场所的实际进水高度一般要高于室外地面平面高度6m以上。假设原水源位于海拔较低位置,为确保顶层维持该压力,可能需要使用一定的封闭输水技术,即运用压力输送,设立泵站,将水提升至高层建筑或者工业场所。在这个过程中,输送距离的增大和高度差的增大会导致水力能量损失增大。在进行系统设计的过程中,要考虑到能量损失并采取相应的措施来降低系统的水力坡降。

为了确保系统的运行效率和稳定性,并避免能量损失过大,在选择输送管道时,需要选用阻力小,抗腐蚀性好,耐压性好的材料,如高密度聚乙烯、玻璃钢,以及铸铁等材料。同时,需要合理设置管道长度,管道直径和弯度,以减少管道阻力和水流湍流现象等因素对水力坡降的影响。在输送管道限制条件下,要根据实际需求来确定流量,从而选择合适的泵站设备,以确保输送系统的稳定运行。要充分考虑大流量运行时的状况,同时还要考虑输送系统中设备安装的位置,并结合所用的管道材料和大小等来确定合适的中途输水站和止回阀。可以采用高效节能的输送方式和散热方式,提高系统能源利用效率,缩小水力坡降。

2.2 长距离高水头输水工程压力

在长距离高水头输水工程中,压力是衡量输送系统性能、稳定性和质量的主要指标。输送水的压缩和提升过程中,需要有充足、稳定的压力来维持水的流动,从而实现稳定、高效的输水。在长距离高水头输水系统的设计和计算过程中,输送距离和高度差是影响系统的重要因素。在输送水的过程中,会伴随着能量损失和压力降低,所以设计方案必须考虑增加电站和泵站等设备,以弥补这些损失。同时也需要考虑输送水量,输送水量越大,所要求的压力也将越大。设计方案要根据实际需求,综合考虑水的流量、速度等参数,调整输送管道的尺寸和输送流量来保证系统的正常运行和最优化的输水效率。管道阻力也是一个重要的因素,输送管道的材料、长度、弯头和截面等因素都会对压力产生影响。因此在系统设计中,必须综合考虑这些因素,并采取相应措施减少管道阻力,从而减少压力损失。在实际运行

中,机械设备也会对压力产生影响,特别是泵站、管道阀门等机械设备的运行状态。需要根据实际情况选择合适的机械设备并定期检查维护,以保证系统的稳定性和正常运行。

为了保证长距离高水头输水系统的正常运行和最优化的输水效率,需要设计和计算系统的压力值。通常而言,对于相同管道和设备,不同压力值对应着不同的水流量,因此需要根据实际需求,选择合适的压力值来保证系统的正常运行和最优化的输水效率。在长距离高水头输水系统的设计中,对于提升水压的设备,如泵站,需要考虑泵的使用条件和特点,如扬程、流量、转速等参数,以确保产生足够的压力来克服水力阻力,同时避免过度压力产生的风险。需要注意的是,输送引流中的水所需克服的自重和摩擦水力阻力,使长输管道输水工程中压力下降达到很难预计的程度,因此在设计和计算过程中应该充分考虑这些因素,设置中途输水站或减速装置,适当增加管道梯度和直径等设计措施来保证系统的正常运行。

结语:长距离高水头输水工程是一项复杂的技术工程,需要多学科、多因素的综合考虑和应用。其中长距离高水头输水工程设计需要充分考虑水力坡降和压力等因素,并针对不同因素采取相应的措施和优化设计,以保证系统的正常运行和最优化的输水效率。相信在不久的将来,随着技术水平的不断提升和工程管理的不断完善,长距离高水头输水工程将会更加广泛地运用于国家水资源调配和地方经济发展中,为社会生产和人民生活带来更大的好处和贡献。

参考文献

- [1]赵芳.高水头、长距离输水隧洞排水方案探析[J].黑龙江水利科技,2020,48(09):91-93.
- [2]周培勇.某高水头、长距离引调水工程关键技术分析[J].陕西水利,2020,(01):102-105.
- [3]黄昌清.长距离高水头输水系统水力过渡过程分析与设计[J].小水电,2019,(05):20-23+27.
- [4]庞治星.南水水库供水工程输水系统过渡过程计算分析[J].广西水利水电,2019,(03):28-32.