

渠道设计方案研究

郑爱民

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6944

[摘要] 为解决灌区骨干渠道扩建问题,本研究从水力学计算结果和渠道现状运行实际状况,结合施工条件和节约投资等多角度分析,提出了更为合理的渠道改造方案。通过建立渠道水力计算模型,对不同输水流量和糙率组合下的渠道水面线计算;同时,结合现状渠道在小流量情况下的水面线情况与计算成果的对比分析,验证了渠道改造方案的合理性。结果表明:改造后的渠道过流能力提升64%,投资减少77%,施工工期缩短2个月,实现了工程效益与社会效益的协同提升。研究成果可为类似灌区渠道的升级改造提供科学参考和技术支撑。

[关键词] 梯形渠道; 渠道改造; 水面衔接; 水力性能

中图分类号: TV146+.1 **文献标识码:** A

Research on Channel Design Scheme

Aimin Zheng

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] To address the expansion problem of main irrigation canals, this study proposes a more reasonable canal reconstruction scheme through multi-perspective analysis, including hydraulic calculation results, actual operation status of existing canals, construction conditions and investment savings. A hydraulic calculation model for canals is established to calculate the water surface profiles under different combinations of water conveyance discharge and roughness coefficients. Meanwhile, the rationality of the reconstruction scheme is verified by comparing the calculated results with the actual water surface profiles of the existing canals under small discharge conditions. The results show that the reconstructed canal increases discharge capacity by 64%, reduces investment by 77%, and shortens the construction period by 2 months, achieving coordinated improvement of engineering and social benefits. The research results can provide scientific reference and technical support for the upgrading and reconstruction of similar irrigation canals.

[Key words] trapezoidal canal; canal reconstruction; water surface connection; hydraulic performance

1 引言

梯形输水明渠因结构简单、过水断面大、输水能力强、造价低等特点,被广泛应用于我国大中型灌区的骨干输水工程中。随着经济社会发展,各业用水需求不断加大,部分前期建成的输水渠道,输水能力已不能满足现状用水要求而需扩建。目前渠道设计中,渠道断面尺寸一般按照均匀流公式计算确定,但在实际工程运行中,渠道水面线往往呈现恒定非均匀流的状态,尤其是缓坡渠道下游渠底纵坡变陡时,上游渠段水面线多呈现下降的现象。因此,在渠道工程设计中若不考虑水面线变化情况,常常出现水面壅高造成渠道超高不足或水面降低渠道流速超过设计流速造成渠道衬砌结构破坏影响输水安全等情况。

阿勒泰地区福海县位于新疆北部,总面积3.24万平方公里,以哈萨克族和汉族为主,经济以农牧渔业和旅游为特色。县内有

灌溉输水渠道总干渠、西干渠和南干渠,总干渠末端通过一段2.2km长的连接渠后,在连接渠末端的一座双向分水闸分成南干渠和西干渠。工程于2005年10月建成并运行,2016年因下游用水规模加大,总干渠和南干渠进行了渠道加高扩建改造,连接渠在项目可行性研究阶段确定的改造方案是按照与上游总干渠相同的结构尺寸进行改造。在项目初步设计阶段针对连接渠的扩建改造方案进行了按照上游总干渠断面进行拆除重建和现状渠道直接加高两种方案进行比选。如果按照均匀流设计方法,现状渠道断面无法满足扩建后引水要求,需要对连接渠道进行拆除重建。而按照非均匀流计算水面线推算的方法,则现状连接渠道仅需进行加高即可。本文以该段连接渠道的改造为研究对象,通过水力计算与现状渠道实际流态相结合的方法,提出针对性改造方案,以期同类工程提供借鉴。

2 工程概况与改造目标

2.1 工程概况

输水总干渠为底宽4m、边坡坡比1:2.0的预制混凝土板衬砌梯形断面,渠底纵坡1/10000,设计流量120 m³/s,末端通过1座节制退水闸与下游连接渠相连。节制闸为2孔4m宽开敞式,节制闸后连接渠长2.2km,底宽3m,边坡坡比1:1.75、预制混凝土板衬砌梯形断面,渠底纵坡1/10000,设计流量61 m³/s,加大流量73 m³/s。连接渠末端的双向分水闸分别向西干渠和南干渠分水,西干渠方向分水闸采用双孔4m宽的开敞式闸门,南干渠方向分水闸采用双孔4m×4m,带胸墙式的潜孔闸门。分水闸后的西干渠渠道结构形式、尺寸及渠底纵坡均与连接渠相同。西干渠在距离双向分水闸后2.5km处(西干渠2+500桩号)为输水隧洞,隧洞为马蹄形断面,尺寸为4.6×4.6m,纵坡1/380,隧洞长度2.7km。南干渠在距离双向分水闸后160m便进入隧洞,隧洞为马蹄形断面,断面尺寸为5.2×5.2m,纵坡1/1050,隧洞长度10km。

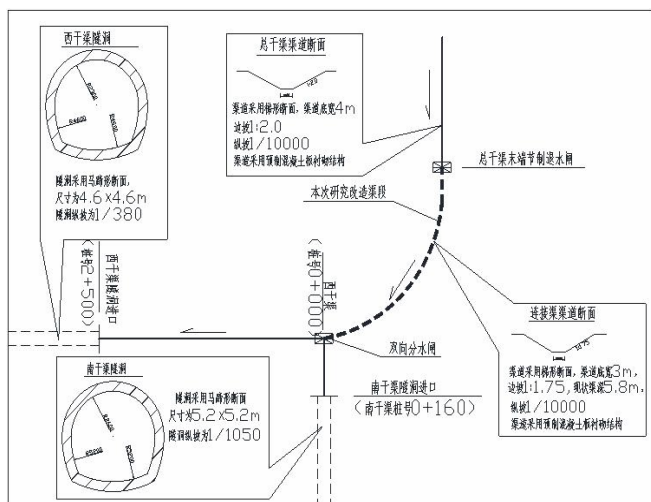


图1 布置示意图

渠道承担着沿线灌区灌溉用水任务,渠道每年4月中旬至10月中旬保持连续输水运行状态。根据调查资料,连接渠道建设时由于受高地下水影响,2.2km的连接渠底部均设置了纵横向排水系统。自建成并投入运行至2016年渠底排水系统运行正常,渠道衬砌结构断面尺寸保持良好,从未进行大的维修改造。但在渠道输水时,渠内水深远低于设计值(均匀流状态),流速偏大,每年停水后渠道均会有严重的衬砌板勾缝砂浆被冲刷脱落现象,需要进行人工勾缝砂浆修补处理,维护工作量较大。

2.2 改造目标和要求

连接渠段改造完成后,满足通过120 m³/s流量的输水能力,同时,在保证渠道安全、可靠运行的前提下,尽量减少工程投资。由于渠道承担着沿线灌溉任务不能停水,而阿勒泰地区属于严寒地区,11月就进入冬季。冬季气温较低,施工条件恶劣,渠道混凝土施工质量难以保证,因此,为保证渠道改造施工质量,渠道改造施工必须在停水后至入冬前或春季气温升高后的通水前完成,有效施工期较短。

3 改造设计方案

常用的渠道改造设计方案是渠道按照明渠均匀流设计,在设计糙率0.017情况下,流量 $Q=120\text{m}^3/\text{s}$ 时总干渠水深5.991m,连接渠按照现状断面计算,均匀流水深为6.515m,除去总干渠末端节制闸的闸后跌差0.5m,闸后水深(6.015m)仍大于闸前总干渠水深(5.991m),不满足节制闸正常引水要求。因此按照均匀流的渠道设计方式计算,仅对渠道进行加高无法满足改造要求,需要扩大闸后渠道断面方案改造。由于输水流量和现状渠底纵坡相同,连接渠改造断面选择与总干渠一致。因此,为研究连接渠改造方案,分别采用保持现状渠道断面、改造为上游总干渠断面和在现状渠道断面基础上直接套衬10cm现浇混凝土板共三种型式,通过水面线计算了解各段渠道水深、流速情况。

3.1 计算条件

根据连接渠道上下游渠道建筑物布置及结构形式分析,该渠段上游总干渠纵坡较缓(1/10000),引起下游渠道流速增加的可能性不大。连接渠末端的双向分水闸后分别连接有南干渠和西干渠,闸前与闸后的渠道底板高程相同。南干渠方向分水闸后通过160m明渠后进入南干渠输水隧洞,隧洞纵坡1/1050,长度10km,由于隧洞长度大,隧洞内能够形成均匀流水深。西干渠方向分水闸后经过2.5km梯形明渠后进入西干渠输水隧洞,隧洞纵坡1/380,长度2.7km,由于隧洞纵坡较陡,洞内也能够形成均匀流水深。

根据以上情况,连接渠道段下游西干渠输水隧洞和南干渠输水隧洞进口水深,在流量明确的前提下2条隧道的进口位置渠道水深是可以根据下游输水隧洞的洞内水深向上游推算确定。通过推算确定的双向分水闸前水深可以作为连接渠非均匀流水面线计算的初始数据,由下游向上游方向进行计算。通过双向分水闸向西干渠和南干渠方向不同分流情况试算,2.2km连接渠道在以下计算工况下出现的最高水深和最大流速:

工况一:总干渠流量为120m³/s,西干渠分水流量为73m³/s,南干渠分水流量为47m³/s,在隧洞和渠道均按照可能出现的较大糙率情况下,该段渠道出现的最大水深。

工况二:总干渠流量为120m³/s,西干渠分水流量为63m³/s,南干渠分水流量为57m³/s,在隧洞和渠道均按照可能出现的较小糙率情况下,该段渠道出现的最大流速。

表1 双向分水闸流量分配情况

工况	总干渠流量 (m ³ /s)	西干渠分水流量 (m ³ /s)	南干渠分水流量 (m ³ /s)
工况一	120	73	47
工况二	120	63	57

根据相关规范推荐的糙率,本次计算隧洞和渠道在工况一情况下(大糙率)分别为0.014和0.018,工况二情况下(小糙率)隧洞和渠道分别为0.012和0.014。

3.2 计算公式

(1)明渠和无压隧洞均匀流计算公式依据《灌溉与排水工程设计标准》相关公式计算。

$$Q = AC\sqrt{Ri} \quad \text{式1}$$

(2) 闸前后水深计算方法依据《水闸设计规范》相关公式进行计算。

$$Q = \varepsilon \sigma_s m B \sqrt{2gH_0^{3/2}} \quad \text{式2}$$

(3) 水面线计算。

分段求和法的水面线计算公式如下:

$$\Delta L = \frac{E_i - E_{i+1}}{i - \bar{J}}; \quad \bar{J} = \frac{v^2}{C^2 R} \quad \text{式3}$$

3.3 计算结论

按照以上计算, 在各种流量和不同糙率组合情况下, 当输水流量为 $120\text{m}^3/\text{s}$ 时:

① 现状渠道方案流速为 $1.76 \sim 3.07\text{m/s}$, 水深为 $5.444 \sim 3.947\text{m}$;

② 按照总干渠标准断面改造方案流速为 $1.65 \sim 2.36\text{m/s}$, 水深为 $5.120 \sim 4.136\text{m}$;

③ 现状渠道衬砌 10cm 混凝土板改造方案流速为 $1.92 \sim 3.10\text{m/s}$, 水深为 $5.196 \sim 3.933\text{m}$ 。

根据以上结果, 连接渠水面线受下游水位影响呈现降水曲线的非均匀流, 三种渠道断面在总干渠末端的节制闸后水深($5.444 \sim 5.120\text{m}$)均低于闸前渠道设计水深(5.99m), 并且节制闸前后存在 0.5m 落差, 因此三种断面渠道均不会对闸前上游渠道产生壅水的不利影响。

3.4 连接段渠道改造方案

根据水力学计算结果, 现状渠道在输水流量达到 $120\text{m}^3/\text{s}$ 时, 可能出现的最大流速已经达到 $2.16 \sim 3.07\text{m/s}$ 。由于此段渠道边

坡较陡为 $1:1.75$, 当边坡板局部翘起时极易被水流冲刷造成衬砌板脱落情况, 影响渠道安全输水。而在现状渠道衬砌结构表面增加一道现浇混凝土板衬砌后, 虽然渠道过水面积有所减小但渠道糙率减小了, 根据计算结果, 此段渠道水深不但没有升高反而略有降低。因此, 现状渠道衬砌结构表面增加一道 10cm 厚现浇混凝土后, 既提高了渠道抗冲能力, 又能满足流量达到 $120\text{m}^3/\text{s}$ 时不会对上游渠道产生壅水影响。与扩大断面改造方案相比, 现状渠道增加衬砌方案水深增加不大, 仅 10cm 左右。因此, 最终采用了现状渠道增加衬砌的设计方案。

现状渠道渠深 5.8m , 为满足渠道超高要求将该段渠道边坡渠堤加高了 0.8m , 加高后渠深为 6.5m , 渠道超高 $1.20 \sim 1.64\text{m}$ 。

4 结论与建议

在输水渠道设计中, 应注意下游水深对上游渠道水深产生的影响, 尤其对水深较大的长距离缓坡输水渠道的影响更为明显。因此, 渠道设计时除了用均匀流公式确定渠道设计断面, 同时还应重视上下游渠道的水面衔接复核计算, 避免出现实际投入运行后渠道超高过大造成浪费和流速加大影响渠道输水安全。

[参考文献]

[1] 顾冲时, 吴中如. 大坝安全监测与监控[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.

[2] 戴会超, 王玲玲. 水利水电工程水沙调控理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2020.

作者简介:

郑爱民(1974--), 男, 汉族, 山东平邑人, 高级工程师, 本科, 主要从事长距离大流量输水明渠及渠系建筑物设计的研究。