

长距离输水PCCP管道工程设计要点浅析

李凤丽 张文兵

大禹节水集团股份有限公司 甘肃兰州 730050

摘要: 本文以敦煌水安全与高质量发展项目中党河灌区供水工程为例来进行分析, 对长距离输水PCCP管道的输水线路、输水方式选择、管材选择、管径计算及水锤防护等设计要点进行方案比较和分析说明, 为类似的工程设计提供参考。

关键词: 长距离输水管道; 管径计算; 管材选择; 水锤防护

Analysis on Design Points of PCCP Pipeline Engineering for Long-distance Water Conveying

Fengli Li, Wenbing Zhang

Dayu Water Saving Group Co., Ltd., Lanzhou 730050, Gansu

Abstract: Taking the water supply project of the Danghe irrigation area in Dunhuang water security and high-quality development project as an example, this paper compares and analyzes the design points of long-distance PCCP pipeline, such as water transmission line, water transmission mode selection, pipe material selection, pipe diameter calculation, and water hammer protection, to provide a reference for similar engineering design.

Keywords: long-distance water pipeline; pipe diameter calculation; pipe material selection; water hammer protection

《城镇供水长距离输水管(渠)道工程技术规范(附条文说明)》(CECS 193-2005)中, 第2.0.1条, 距离超过10km的用管(渠)道输送原水、清水的建设工程^[1]为长距离输水管道工程。本文以敦煌水安全与高质量发展项目中党河灌区供水工程为例, 对大口径长距离输水管道工程设计中存在的几类要点问题进行分析。

1 工程概述

敦煌党河灌区供水工程为敦煌市近期启动实施的供水工程, 工程总投资12.38亿元。该工程供水水源为党河水库下泄水, 利用大口径长距离输水管道输水至党河灌区, 为党河灌区25.87万亩高效农业发展创造供水条件, 工程建成后可提高党河灌区输配水利用效率, 降低输配水过程无效损耗, 有效压减地下水开采, 为党河灌区高效农业发展和压采地下水创造条件。

党河灌区供水工程分为东、西线2条输水主管线且

两条管线并行布设, 其中东线输水管道长28.7km, 管径为DN1000mm ~ DN2200mm, 管材为PCCP管, 输水流量 $1.85\text{m}^3/\text{s}$ ~ $7.48\text{m}^3/\text{s}$; 西线输水管道长21km, 管径为DN1200mm ~ DN1800mm, 管材为PCCP管, 输水流量 $1.08\text{m}^3/\text{s}$ ~ $4.06\text{m}^3/\text{s}$ 。2条主管道均位于党河左岸洪积戈壁平原, 地质地形等条件良好, 但输水距离较长, 管径较大。考虑到工程耐久性、运行安全性及经济合理性, 工程设计中将输水管道的线路选择、管材比选、管径选择的确定及水锤防护等作为设计要点进行分析。

2 设计要点

2.1 输水管道线路选择

在党河灌区输水系统中, 输水管道承担着向灌区输水的任务, 管线较长, 管径较大, 投资也较大, 输水主管根据灌区灌片的分布规则, 东、西2条输水管道的布置原则如下:

①结合地形地质条件, 在满足输水任务的前提下, 选择尽可能短且能满足各个供水点供水压力的线路, 保证工程运行安全; ②管线尽量沿现有道路及渠道敷设, 应充分考虑后期运行、维护等因素, 以便工程施工; ③

作者简介: 李凤丽(1988-), 女, 汉族, 甘肃会宁, 硕士, 工程师, 主要从事水利水电工程规划及设计工作, 1115824993, Email: 1115824993@qq.com。

考虑到输水线路穿越戈壁滩, 区域内风沙较大, 蒸发量高, 为减少水量损失和入渠泥沙, 宜优先考虑采用封闭式的管道输水方式; ④管线尽量避开地形起伏较大的区域, 以保持沿线管道良好的水力运行条件; ⑤尽量避免穿越公路、铁路、河道工程, 地质条件较好地带; ⑥方案的选择应分析工程实施技术难度, 尽量降低工程技术难度和实施中的不确定性因素, 选择技术可行, 经济合理, 实施难度相对较小的方案。

经反复测量、踏勘及比较确定东线选择方案一, 西线选择方案三。线路方案比选见表1~表2。

表1 东线线路方案比选表

方案	长度 (km)	水利条件	施工难度	拆迁征地	投资	后期运维
方案一	28.70	好	低	少	较高	方便
方案二	26.00	好	较高	多	高	较方便
方案三	25.50	好	较高	多	高	较方便

表2 西线线路方案比选表

方案	长度 (km)	水利条件	施工难度	拆迁征地	投资	后期运维
方案一	22.70	好	较高	较多	较高	较方便
方案二	19.40	好	较高	较多	较高	较方便
方案三	21.00	好	低	少	低	方便

2.2 管道输水方式选择

为减少水资源输水过程损失, 保证党河灌区田间高效节水灌溉压力要求, 由于线路地形落差满足重力流输水, 故可充分利用地形落差, 选用管道有压重力流的输水方式。

常规输水方式一般有单管输水和双管输水两种方式。根据规定: 输水管道不宜少于两条^[1]。双管输水主要目的是保证供水安全, 在水源单一, 用水地区重要性高, 缺乏其他安全供水措施的情况下, 必须采用双管输水, 但在长距离供水工程时, 建设费用比单管供水增加较多。结合本工程设置“水盆子”作为调蓄设施, 且考虑到现状渠系配套较为完整, 输水过程中可协调配合运行, 互为补充, 因此本工程宜采用单管输水设计, 全段采用单管有压输水。

2.3 输水管道管材选择

由于该管道为大口径长距离输水管道, 是党河灌区输水的主要环节, 其投资比例较大, 从输水流量、管道长度、转弯半径要求、安全可靠、使用年限、水力条件、造价等多方面考虑比选管材。

结合党河灌区工程实际情况, 可供选择的管材有: 预应力钢筒混凝土管 (PCCP)、混凝土管 (PCP)、螺旋

钢管 (SP)、球墨铸铁管 (DIP)^[2]等。本次从管道从一下几个方面进行比较, 详见下表3。

表3 输水管道材质比选表

项目	预应力钢筒混凝土管 (PCCP)	混凝土管 (PCP)	球墨铸铁管 (DIP)	螺旋钢管 (SP)
使用寿命	较长	较长	较长	较短
综合造价	较低	低	中等	较高
单管重量	重	轻	较轻	较轻
抗腐蚀性能	较好	较好	较好	较差
抗渗性能	强	较强	强	较强
粗糙系数	0.012	0.014	0.013	0.013
承压值 (Mpa)	0.4 ~ 2.0	0.2 ~ 1.0	≥ 1.6	承压高
抗二次污染	无污染	无污染	较好	一般
应用管径	长距离/高压/大口径	长距离/中压/大口径	广泛应用	广泛使用

该灌区大口径长距离输水管道东、西线均为有压输水, 地势平顺, PCCP管不仅具有混凝土压力钢管的刚度、耐久性、抗防腐等优点, 又兼具钢管承载力高、安全性好的优点, 加之其结构安全合理、抗裂及抗渗性能好, 运行及维护成本低等优点, 通过综合比较确定东、西线输水管道均采用PCCP管。

2.4 输水管道管径确定

管径确定原则为在保证管道安全输水的前提下, 尽量选择经济管径, 同时输水管末端水压须满足灌区供水水压要求。

根据输水方式和管线的布置, 输水管均为有压管, 对有压管线的压坡及水头损失进行计算并确定管径。

压坡计算公式:

$$h_{1-2} = h_j + h_f \quad H_i = H_0 - \left(\frac{av^2}{2g} + h_{1-2} \right)$$

水头损失采用压力管道水力学达西公式:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad h_j = \xi \frac{Q^2}{2gA^3}$$

管径通过试算并经水力计算校核所得, 管道管径、流速及水头损失计算见下表4~表5。

表4 东线水头损失计算表

管径 (mm)	管长 (m)	流量 (m ³ /h)	流速 (m/s)	水力坡降 i	沿程水头损失 (m)	总水头损失 (m)
2200	24200	7.48	1.97	0.0014	29.96	34.45
2000	650	7.14	2.27	0.0022	1.22	1.40
1200	470	2.14	1.89	0.0030	1.21	1.39
1200	3380	1.85	1.64	0.0022	6.50	7.48

表5 东线水头损失计算表

管径 (mm)	管长 (m)	流量 (m ³ /h)	流速 (m/s)	水力坡 降 <i>i</i>	沿程水头 损失 (m)	总水头损 失 (m)
1800	800	4.06	1.60	0.0012	0.85	0.98
1600	8270	3.36	1.67	0.0016	11.31	13.01
1400	2530	3.00	1.95	0.0025	5.60	6.43
1200	1860	2.51	2.22	0.0041	6.59	7.58
1000	2800	1.99	2.53	0.0067	16.35	18.81
1000	1710	1.43	1.83	0.0035	5.21	5.99
1000	3030	1.08	1.37	0.0025	6.59	7.58

3 输水管道水锤防护

敦煌党河灌区输水管线为长距离大口径有压重力输水管线,实际调水运行过程中,输水管道会存在以下几种危险工况:①突然开阀引起的管道压力降低和管道断流弥合水锤;②关阀引起的升压水锤、断流弥合水锤、降压和压力波动;③正常运行时由于管道中的空气囊引起的破坏性工况;④流量变化时引起的管道内压力波动;⑤充水和放空过程中出现的气堵和负压。

经分析,在运行过程中造成输水管线破坏的主要原因是阀门突然开启或关闭产生的水锤,可采取延长开阀和关阀时间,避免产生直接水锤。为解决进、排气不畅对管道造成的破坏,利用进排气阀排除管道内空气,有效防护水锤对管道造成的破坏。本阶段输水管道最大工作压力*P*按初灌充水满压工况下的静水压力控制,管道、

阀门承压等级按规定1.5*P*取用^[3]。保证管道的正常工作压力均满足输水管道在不同危险工况下的水锤压力。由于管路的布置较平缓,无峰点或坡度剧变处,在管路中各峰点安装了排气阀,其中东线沿线设置了18处复合式进、排气阀,西线设置了14处复合式进、排气阀,可有效避免弥合水锤的发生。管道相关阀门开、关阀时间通过水力过渡过程分析设计专项研究确定。

4 结语

通过对以上分析可看出,在长距离大口径输水管道的设计中,管道的投资占较大,在设计过程中,需注意的问题也较多。管道输水线路、输水方式及管材选择、管径计算均应根据工程设计情况通过对比确定。在长距离大口径输水管道的运行过程中,还应考虑管道流量、管道充水、检修、防腐及实时监测等措施,保证管道的安全运行。本文通过对敦煌党河灌区大口径长距离水管道中部分设计要点的分析,旨在为后期类似工程的设计提供参考依据和优化方向。

参考文献:

- [1]城镇供水长距离输水管(渠)道工程技术规范:CECS 193:2005[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [2]高小涛,李红帅,朱君妍.浅析长距离大流量重力流输水管道设计要点[J].河南科技,2015(01):88-90.
- [3]村镇供水工程技术规范:SL 310-2019[S].北京:中国计划出版社,2018.