

The First Design of Seepage Pipe Water Intake for Monopec Jingou River Water Diversion Project

Xuehong Li

Xinjiang Corps Survey and Design Institute (Group) Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract

The seepage pipe water intake has the advantages of good water quality, low water treatment cost and less interference from external factors, and this paper takes the first engineering design of seepage pipe water intake of the Jingou River diversion project of dupec as an example, and discusses the engineering arrangement, pipe selection, pipe length determination and reverse filtration layer design of seepage pipe water intake engineering design, in order to provide reference for similar engineering design.

Keywords

Jingou River; seepage pipe; engineering design

独石化金沟河引水工程渗管取水首部设计

李学红

新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司, 中国·新疆 石河子 832000

摘要

渗管取水具有水质好、水处理成本低、取水过程受外界因素的干扰较少的优点, 论文以独石化金沟河引水工程渗管取水首部工程设计为例, 探讨了渗管取水工程设计时工程布置、管材选择、渗管长度确定和反滤层设计等, 以期为类似工程设计提供参考。

关键词

金沟河; 渗管; 工程设计

1 工程概况

独石化金沟河引水工程取水首部位于金沟河渠首上游7.2km河道处, 行政区划隶属于沙湾县, 地理坐标为: 东经 $85^{\circ} 27' 19''$, 北纬 $44^{\circ} 11' 01''$, 属低山丘陵及河谷地貌。本工程的任务是: 在金沟河 $P=50\%$ 和 $P=75\%$ 来水保证率下, 近期采用灵活供水方式从金沟河流域分别调水3000万 m^3/a 和2000万 m^3/a 至独山子石化总厂, 向独石化生产、生活临时应急供水。工程为IV等小(1)工程, 主要建筑物级别为4级, 次要建筑物级别为5级, 临时性建筑物等级为5级。

2 取水首部工程地质条件

取水首部位于第一排背斜构造与第二排背斜构造之间的向斜洼地的北部、第二排背斜构造霍尔果斯达里亚背斜的南翼、金沟河河谷中。

2.1 地层结构

对工程有影响的地层主要为全新统冲积层(Q_4^{al})及上更新统冲洪积层(Q_3^{alp})。

2.1.1 全新统冲积层(Q_4^{al})

据钻探揭露及物探解释工程区北端截渗墙处厚度为6.5~8.0m, 工程区南端(截渗墙南2.3km处)厚度为29~30m; 岩性为卵石或卵砾石, 青灰色, 稍密一中密, 卵砾石磨圆度较好, 多为亚圆形, 成分主要为砂岩、凝灰岩及花岗岩。该层位进行了5组大型颗粒筛分试验, 岩性为卵石混合土, 粒径 $> 40mm$ 的颗粒含量占28.3%~52.8%, 粒径40mm~20mm的颗粒含量占13.4%~19.3%, 粒径20mm~10mm的颗粒含量占10.2%~15.3%, 粒径10mm~5mm的颗粒含量为7.2%~12.8%, 粒径5mm~2mm的颗粒含量为5.1%~7.7%, 粒径2mm~0.075mm的颗粒含量为9.1%~21.1%, 粒径 $< 0.075mm$ 的颗粒含量为0.3%~3.3%; 有效粒径 d_{10} 为0.21mm~2.46mm, 不均匀系数为21.3~112.5, 曲率系数为1.52~3.84。

2.1.2 上更新统冲洪积层(Q_3^{alp})

埋藏于河床及河漫滩全新统冲积层(Q_4^{al})之下。据

【作者简介】李学红(1977-), 男, 中国青海海东人, 本科, 高级工程师, 从事水利工程设计研究。

钻探揭露及物探解释工程区北端截渗墙处该层埋藏深度为6.5~8.0m,工程区南端(截渗墙南2.3km处)该层埋藏深度为29~30m,厚度>20m;岩性为含土漂卵石,浅灰色,密实,卵石磨圆度中等,多为扁圆状、次棱角状,最大颗粒直径约500mm,漂卵石成分主要为砂岩、凝灰岩及花岗岩。该层位在截渗墙处I级阶地进行了1组大型颗粒筛分试验(见附件:土工试验成果总表),岩性为混合土卵石,粒径>40mm的颗粒含量占59.3%,粒径40mm~20mm的颗粒含量占11.2%,粒径10mm~20mm的颗粒含量占9.2%,粒径10mm~5mm的颗粒含量为7.9%,粒径2mm~5mm的颗粒含量为4.2%,粒径0.075mm~2mm的颗粒含量为7.8%,粒径<0.075mm的颗粒含量为0.4%;有效粒径 d_{10} 为3.7mm,不均匀系数为24.3,曲率系数为1.54^[1]。

2.2 地下水埋深

工程区段的金沟河河床及河漫滩含水层类型为孔隙潜水含水层,截渗墙至截渗墙南1.4km地段地下水位埋深范围在<1m,截渗墙南1.4~1.5km地段地下水位埋深为1~1.5m;截渗墙南1.5km以南地段地下水位埋深>1.5m,向南地下水位埋深迅速加深,截渗墙南2.3km近水流处(距水流15m)地下水位埋深为5.5m,远离水流的地带地下水位埋深>7m。

2.3 渗透系数

经抽水试验计算,工程区金沟河河床及河漫滩分布的全新统冲积层(Q_4^{al})的渗透系数为58.9m/d($6.8 \times 10^2 \text{cm/s}$),上更新统冲洪积层(Q_3^{ab})的渗透系数为7.2m/d($8.4 \times 10^3 \text{cm/s}$)。

3 渗管布置方案比选

根据现场调查和地质勘察成果,拟定以下两个取水首部布置方案进行比较。

3.1 单侧梳齿状布置(方案一)

该方案渗管系统由取水干管、取水支管、检查井、集水井、截渗墙等组成。其中,取水支管同取水干管斜交向河道上游布置,集水管共布置9根,支管长度355~445m,支管总长3665m。取水干管为1根,布置在河道左岸,全长1885m。取水支管全部采用DN1200的钢管,取水干管采用DN1400钢管,壁厚12mm。渗水干支管总长度5550m。取水干管沿线设9座检查井和一座集水井,检查井内设计流量计和节制阀,集水井下游井壁设一扇1.2m×1.2m的节制闸门。在集水井下游25m处垂直河道布置一道截渗墙,截渗墙长344.348m,采用0.6m厚混凝土浇筑^[2]。

3.2 鱼刺型布置(方案二)

该方案将取水干管布置在河道中央,总长1885m。采用管径为1.4m,壁厚为12mm的钢管。干管两侧共布置17根支管,支管直径为1.2m,壁厚12mm,支管总长3665m;干支管合计4855m。取水干管沿线设8座检查井和一座集水井,检查井内设计流量计和节制阀,集水井下游井壁设一扇1.2m×1.2m的节制闸门。在集水井下游25m处垂直河道布置一道截渗墙,截渗墙长344.348m,采用0.6m厚混凝土浇筑。渗管布置方案比较如表1所示。

根据以上比较,方案一和方案二工程投资接近,工程取水方式相同,由于方案一检查井和集水井靠近河岸布置,管理比较方便,最终选择方案一作为本工程的推荐方案。

4 渗管设计

4.1 管材选择

渗管常用的管材主要有钢筋混凝土管和钢管两种。目前,这两种管材在实际工程中都有应用,其主要优缺点见表2。

表1 渗管布置方案比较表

项目	方案一(梳齿型布置)	方案二(鱼刺型布置)
方案		
布置方案	该方案渗水干支管采用梳齿型布置,总长5550m。布置9座检查井和1座集水井,干管末端设截渗墙	该方案采用鱼刺型布置形式,干支管全长5550m。布置9座检查井和1座集水井,干管末端设截渗墙
施工难易程度	施工相对简单,管道开挖量大工期较长	施工相对简单,管道开挖量相对较小,工期较短
工程占地	临时占林地4.13亩,占地费用3.38万元,其余占地为河道水面,无占地费用	占地全部为河道水面,无占地费用
工程管理	工程管理简单	工程管理相对复杂,检查井布置在河道中,管理不便
工程量	土方开挖: 89.47 万 m ³ 土方回填: 81.22 万 m ³ 反滤料填筑: 7.52 万 m ³ 混凝土浇筑: 0.14 万 m ³ 钢筋: 115.05 渗管: 5550m 截渗墙: 3254m ²	土方开挖: 91.52 万 m ³ 土方回填: 81.29 万 m ³ 反滤料填筑: 7.52 万 m ³ 混凝土浇筑: 0.14 万 m ³ 钢筋: 115.08 渗管: 5550m 截渗墙: 3254m ²
工程投资(万元)	6776.32	6802.76

表2 管材方案比选表

方案\项目	钢筋混凝土管	钢管
开孔率	8%	15%
使用年限	30年	50年
优点	价格相对便宜,结构安全可靠,自身抗外压稳定性高,不需要采取防腐措施	具有较好的柔韧性和弯曲能力,开孔率高,运输安装方便
缺点	管道开孔率较小,结构较重,运输、安装不易	管道价格相对较高,防腐要求高,抗外压稳定性相对较低。
综合管材价格(元/m)	3800	5100

根据上表可以看出,钢筋混凝土管造价相对较低,不需增加防腐处理,但管道开孔率低,相同长度情况下,取水量较小,取水保证率较低,安装较麻烦。

钢管虽然价格高。防腐要求高,但管道开孔率较高,在相同长度情况下,取水量较大,取水保证率相对较高。且可采购生产厂家经防腐处理过的成品渗管,采用承插接头,安装便利。因此,本工程初步设计阶段推荐渗管管材为涂塑承插钢渗管^[3]。

4.2 渗管长度的确定

根据已建工程经验,取水干管充满度一般为0.4~0.8,本工程汇入的支管较多且管道较长,干管充满度按照0.6d取值。根据计算干管、支管直径分别选择1.4m、1.2m。

丰水期取水管道主要汲取河床渗透水,本工程为非完整式取水,其相应公式如下:

$$Q = \alpha L K q_r$$

$$q_r = \frac{H_y - H_0}{A}$$

$$A = 0.3 \lg \left[\tan \left(\frac{\pi}{8} \frac{4h-d}{T} \right) \cot \left(\frac{\pi}{8} \frac{d}{T} \right) \right]$$

式中, Q 为渗管总涌水量 (m^3/d); L 为渗管长度 (m); K 为渗透系数 (m/d), 根据地质勘察报告, 渗透系数取 $58.9\text{m}/\text{d}$; α 为淤塞系数, 根据水的浑浊情况确定, 本工程取 0.3 ; H_y 为河流水面至渗管顶深度 (m)。洪水期河道水深根据一年一遇洪水 $46.5\text{m}^3/\text{s}$, 计算河道的水深, 0.2m , 取水干管 $H_{y1}=5.8\text{m}$, 支管 $H_{y2}=6\text{m}$; H_0 为渗管末端集水井内水位对渗管出口所施水压 (m), 本工程取 1m ; T 为含水层厚度 (m), 根据地质提供资料, 取 40m ; h 为河床至渗管底的深度 (m), 本工程干支管取平均值 7m ; d 为渗管直径 (m); 支管取 1.2m , 干管取 1.4m 。

枯水期取水管道以汲取地下潜水为主, 非完整式取水的工况, 符合取水首部在枯水期的运行情况。即:

$$Q = 2LK \left[\frac{H_1^2 - h^2}{2R} + S q_r \right]$$

式中, Q 为渗管总涌水量 (m^3/s); L 为渗管长度 (m); K 为渗透系数 (m/d), 本工程取 $58.9\text{m}/\text{d}$; S 为水位降落 (m);

H_1 为渗管底至水位的距离 (m); h 为动水位至渗管底的距离 (m); q_r 为根据 α 及 β 值可用《给排水设计手册》第三册图 3-33 查得。

根据计算, 结合取水首部地形条件, 布置取水干管 1885m , 取水支管 3665m 。

4.3 渗管反滤料设计

本工程取水管道反滤层为 4 层, 每层厚度 30cm 。

4.4 反滤料粒径选择

①含水层相邻的反滤料粒径按照下式计算:

$$\frac{d}{d_{10}} = 6 \sim 8$$

式中, d 为与含水层相邻的人工滤料粒径 (mm), d_{10} 为河道含水层计算粒径 (mm), 根据地质勘察资料, 金沟河河床含水层为卵砾石层, 其含水层计算粒径取 d_{10} , 根据其级配曲线查询结果如下: $d_{10}=0.2\sim 0.9\text{mm}$ 。

②相邻反滤层粒径根据下式计算:

$$\frac{d_{II}}{d_I} = \frac{d_{III}}{d_{II}} = \frac{d_{IV}}{d_{III}} = 2 \sim 4$$

式中, d_I 、 d_{II} 、 d_{III} 、 d_{IV} 为人工滤料粒径 (mm), 从上到下分别第一层、第二层、第三层、第四层。

根据以上公式, 渗管外侧滤料设计如下: 在渗管外铺设四层不同粒径的人工反滤层, 由里到外滤料的粒度和厚度依次为 $40\text{mm}\sim 80\text{mm}$ (30cm)、 $20\text{mm}\sim 40\text{mm}$ (30cm)、 $5\text{mm}\sim 20\text{mm}$ (30cm)、 $1\text{mm}\sim 5\text{mm}$ (30cm), 顶部开挖的河床料回填。

5 结语

独石化金沟河引水工程取水首部于 2018 年 4 月开工、2019 年 5 月完工并试运行, 截至目前已运行近 4 年, 结果表明工程出水量满足设计要求, 保障了独山子的生活和工业用水安全, 促进了独山子的经济和社会发展。

参考文献

- [1] 张玉先. 给水工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [2] 吴正淮. 渗渠取水[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981.
- [3] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 给排水设计手册(第三版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.