

Study on Geological environment of farmland water supply engineering in Weibei Loess Tableland

Changhong Gao

Tongchuan Branch of Shaanxi Agricultural Development Group Co., Ltd., Tongchuan, Shaanxi, 710075, China

Abstract

The geological environment in the Loess Plateau region is fragile. Under the influence of factors such as rainfall, ground stress, and human engineering activities, debris flows, loess subsidence holes, and collapse bodies pose significant safety hazards to the pump houses and uphill pipeline sections of irrigation projects, leading to a situation where such projects are in a constant need of repair every year. This article, through in-depth exploration of various adverse causes, and by using relevant formulas, engineering characteristics, and combining past experience, provides references for similar projects encountering such problems. It mainly focuses on calculating the impact of debris flows on pump houses using formulas and designing retaining boards to change the formation conditions of loess subsidence holes. It offers guidance and references for the implementation of similar projects under the same conditions.

Keywords

Loess Plateau; irrigation, debris flow; retaining wall

渭北黄土台塬农田供水工程地质环境问题的研究

高长红

陕西农业发展集团有限公司铜川分公司, 中国·陕西 铜川 710075

摘要

黄土高原地区地质环境脆弱,在降雨、地应力、人类工程活动等因素作用下,产生的泥石流、黄土暗穴以及崩塌体对灌溉工程的泵房和爬坡段管道带来不小安全隐患,使该类项目形成陷入年年需要修补的困境。文章通过深入探究各种不利诱因,通过相关公式、工程特性以及结合以往经验,为类似工程在遇到如此问题时提供借鉴,主要表现在利用公式计算泥石流对泵房的影响和设计挡板改变黄土暗穴形成条件。为同类工程条件项目实施提供指导和借鉴。

关键词

黄土高原;灌溉、泥石流;挡板

1 引言

进入二十一世纪,我国的基础设施建设在理论和实践中无论是规模上还是数量上都取得了长足的发展。水利项目往往建设在地质复杂地带,给项目的实施带来诸多不确定性,比如黄土遇水具有湿陷性、崩解性以及渗透性,这些都不利于工程实施和后期管护。

习近平总书记强调,“要建设好高标准农田,推行适度规模经营,加强政策支持和示范引领,加大良种、良机、良法推广力度,在精耕细作上下功夫,进一步把粮食单产和品质提上去”。铜川地区大部分是黄土台塬,需要建设高标准农田,就需要提灌,其重点是水资源平衡论证和泵房至蓄水池段的主线供水工程,这个阶段需要穿越地形复杂的黄土

沟壑地带,使得后期这种不良地质作用对供水工程的耐久性得到了极大考验。目前有关埋地管道工程的研究甚少,大多以土的性状和回填技术要求作为重点研究对象,根据本文作者多年从事有关埋地管道的研究和实践,认为此方面应引起更广泛关注。

樊锦仁^[1]等通过分析黄土的湿陷性对管道的管材选用、管道基础、地基处理进行了探讨,闫庆华^[2]较为全面的从工程地质方面对管道方面的影响做了研究,但对高陡坎的论述较为浅显,未考虑因坡度过大而造成沟槽混凝土无法施工的情况。同时,再坡面是施工时,因以上原因,导致后期在回填土中形成黄土暗穴^[3]的情形。目前较多的研究大多停留在地形和土体性状上,大多从对回填土的夯实作为重点关注对象^[4-6],作者通过多年实践经验,针对管周灾害频发,提出在坡体上每隔10m,修筑横向挡水墙的做法,以提高工程耐久性。

【作者简介】高长红(1987-),男,中国陕西延安人,硕士,高级工程师,从事地质工程研究。

2 项目区环境

2.1 地形地貌

以渭北黄土台塬某农田水利项目为例,项目区所在耀州区属乔山山脉南支,鄂尔多斯台地南部边缘。地面高程在840~895m之间;塬边面积较小,相对较陡、破碎,地面高程在760~850m之间(图1、图2)。

区域地貌属于黄土高原丘陵沟壑区,地区为地垒式剥蚀高原,略向东南倾斜,经过河流强烈分割,形成沟壑纵横,梁峁交错,原面破碎的地貌特征,水土流失比较严重。塬体上层由黄土层、料礓石覆盖在二叠系基岩上堆积而成,下层为奥陶纪灰岩。塬体平坦,沟渠较深。建设地紧邻的干沟内小冲沟很少且不发育,沟中心及两侧残塬土体的组成地质体土层主要为第二奥陶纪老黄土,土体结构较为稳定。

项目区沟底两侧发育有小型滑坡或较多地裂缝,沟谷整体呈“V”型,沟底半壁有基岩出露,上层为弱风化,底部为轻微风化。沟底曾有泥石流发生,泥痕高度约1m左右。无其他大的不良地质灾害发育。

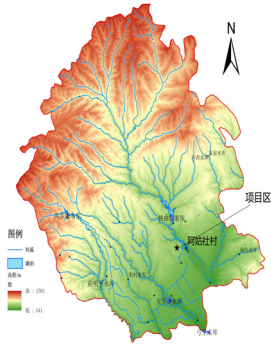


图1 项目区 Arcgis 高程示意图

2.2 水文与水文地质

项目区境内有桃曲坡水库,位于渭河二级支流沮河下游马咀山峡谷,控制流域面积830km²,水库灌区主要为关中北部的渭北塬区,分为石川河阶地和耀州塬区两大部分。灌区地表水资源由石川河支流沮河、漆水河、赵氏河和石川河干流及泾河支流马栏河组成。其中沮河为灌区的主要河流,发源于耀州区北部长蛇岭南麓,流域地势西北高,东南低,平均海拔高程1100m,先后流经耀州区石柱镇、柳林镇、瑶曲镇、关庄镇,在耀州城区南与漆水河汇流,并入石川河。

2.3 工程地质

项目区位于黄土塬区区内岩体类型包括块状坚硬碳酸盐岩和层状坚硬—软弱碎屑岩。其中块状坚硬碳酸盐岩岩体主要为奥陶系中下统岩石,出露于本项目区桃曲坡一带。岩性为石灰岩、白云质灰岩、白云岩,厚层块状,坚硬,抗风化,抗侵蚀能力强,工程性能好;层状坚硬砂岩—软弱泥质岩碎屑岩岩体由二叠系砂岩、泥岩组成。主要分布于北部黄土丘陵区沟谷底部。由于有泥岩、页岩等软弱岩层大量存在,使得整个岩体抗剪强度降低,节理裂隙发育,岩体较为破碎,抗风化能力较差,工程性能较好。

3 基本工程概况

本农田供水工程起点位于桃曲坡水库高干渠5号填方渡槽出口,桩号6+675。流经150m后,进入泵站前池,由泵站至高位出水池,高差达130余米,前300m为镀锌钢管,后900m为PE管。前300m高差较大,坡度较为60°~75°之间。桩号0m-300m段材质为镀锌钢管,桩号300m-1200m段材质为PE管,其工程条件见表1。

表1 管道敷设路径工程条件

桩号	材质	管径/mm	坡度/°	管道基础	岩性
0-300	镀锌钢管	DN250	45-60	15cm厚C20混凝土	尚未固结成岩的松、软堆积物,主要为第四纪产物
300-1200	PE管	DN250	0-5	土质,压实度95%	北部松散层厚度为0~30m,南部较厚。第四系的松散层沉积,包括有冲洪积和风积物等

4 不利因素

项目区沟道流域面积0.38km²,多属于Q₃或Q₄黄土,但高差较大,垂直节理发育较多,多为黄土柱形状,两侧坡体属于高陡边坡。坡侧和坡底植被覆盖率接近90%,场地植物郁闭度较高。而在坡顶黄土梁边,植被稀疏,在地应力或其他工程活动作用下,塬边有较多地裂缝出现,最长达十几米,宽度在3~10cm左右。所以在此区域建设水利项目,对工程设计和施工带来极大不便。容易爆发泥石流、山体滑坡,崩塌等地质灾害现象发生。徐攀^[7]利用ANASYS研究建立管道在黄土滑坡情况下边坡稳定系数,研究其破坏规律。有关管道受水流冲刷造成管道威胁相关研究甚少。

4.1 泥石流威胁

本工程泵房建设在主沟道中,宽度20m,沟道呈“V”字型,流域面积1.8km²,两侧坡体陡峭,植被较稀疏,沟底泥石流冲出物厚度在2-3m之间,粒径在2-5mm之间,沟口泥石流冲出量约为30m³,平面呈扇形,按物质成为泥石流。对周围构筑物危害程度等级为中等级别。泵房建设面积84m²,泥石流对泵房的安全建设和使用带来了不确定性因素。

泥石流固体冲出物计算采用《泥石流灾害防治工程勘查规范》(式1)和铁设院泥石流清水公式(式2):

$$Q_H = Q(\gamma_c - \gamma_w)(\gamma_H - \gamma_w) \quad \text{式1}$$

式中:

Q_H ——一次泥石流固体冲出物总量(m³)

Q——一次泥石流过程总量 (m³)
 γ_c ——泥石流重度 (t/m³)
 γ_w ——水的重度 (t/m³)
 γ_H ——泥石流固体物质的重度 (t/m³)

$$Q_p = \left[\frac{k_1(1-k_2)k_3}{x^n} \right]^{\frac{1}{1-ny}} \quad \text{式 2}$$

根据铁设院西北院公式, 得到式 2 上面各项参数对应值;

式中:

Q_p ——设计清水流量 (m³/s)

k_1 ——产流因子 m³/s, 按下式计算:

$$k_1 = 0.278 \eta S_p F \quad \text{式 3}$$

式中:

η ——暴雨点面折减系数, 查表值取 1;

S_p ——设计暴雨参数 (mm/h) 取本地区小时最大降雨量 24mm;

F——汇水面积 (km²), 为 0.38km²;

k_2 ——损失因子, 求得 0.27;

k_3 ——造峰因子, 求得 1.19;

x——河槽与山坡综合汇流因子, 求得 0.37;

y——汇流特征指数, 求得 0.42。

根据上式, 求得泥石流一次性固体冲出物量为 6.15m³。

在进行泵房设计和施工时, 应着重对其选址、基础、平面形状及消力做好预防, 避开泥石流经过区域或做好导流、防排水等措施。

4.2 管道黄土暗穴威胁

镀锌钢管沿北侧坡体攀援而上, 高差达到 40 余米, 坡体角度最大达到 60°, 采用镀锌钢管段埋设, 管床采用 C20 混凝土, 地埋敷设。项目区最大冻土深度 0.58m, 并考虑机械耕作及冻胀破坏, 管道最小埋深为 1.2m, 管沟宽度为 1.5m。

镀锌钢管段施工前, 宜对周围坡体进行详细勘查, 应选择大型灌木茂密, 土质坚硬, 且周围没有汇水地带, 地表径流排水通畅区域。在有坡度的地面敷设输水管道, 容易在管周形成黄土暗穴, 严重影响了工程安全和耐久性。降雨时在地面容易形成负地形, 水流沿着管沟扰动土流动, 在黄土的崩解性和湿陷性特性下, 极易形成贯通的流水通道, 逐渐扩大后最终形成黄土暗穴, 造成管道悬空、外漏等不利现象。

根据以上不利条件分析, 在有较大坡度地带, 应考虑一定的工程措施。每隔 10m, 布设混凝土挡板对黄土暗穴水流形成阻断作用, 根据镀锌钢管段某钻孔揭露, 表层为 Q₄^{dl+cl} 黄土, 厚度 0.6m, 遇水具有强烈的崩解性。0.6m 以

下土质变硬, 两种土层之间在有水流情况下会形成相对隔水层, 设置混凝土挡板, 深入地下镀锌钢管以下 20cm, 宽度比开挖宽度多 20cm, 板厚 10cm, 不配置钢筋, 模型如图 3。可有效防止水流继续沿着地势较低位置发展, 为工人维护管道安全带来充足时间。其次, 可有效预防相对隔水层发展, 防止发育滑坡等地质灾害, 同时, 该设施造价相对较低, 可大规模推广。

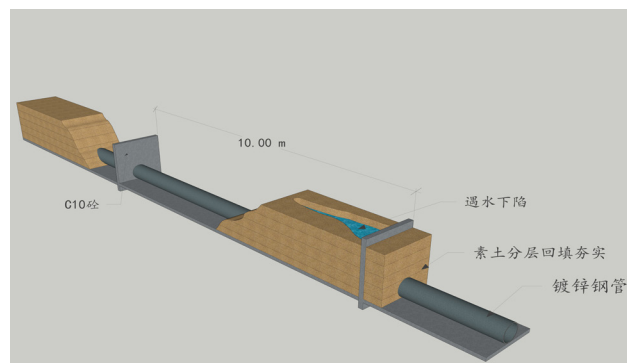


图 1 管道受水冲刷模型

5 总结

以往在设计或施工时, 不注重潜在地质灾害给工程实体带来的威胁, 农田水利工程建设, 宜考虑多方面影响因素。周围地形地貌、土体性状、工程措施等条件决定了工程实体的使用寿命。通过对该项目的周围环境分析和计算, 在进行项目设计时, 要注重考虑地形地貌、工程措施、泥石流等因素。这种全方位通过技术改进, 有利于延长农田水利等类似工程使用寿命。

参考文献

- [1] 樊锦仁, 张庆军. 湿陷性黄土地区给水排水管道相关问题及设计建议[J]. 特种结构, 2015, 32(05): 94-98+43.
- [2] 闫庆华. 延长气田集输干线管道水害及治理方法[J]. 管道技术与设备, 2015(03): 50-52.
- [3] 高长红. 长输管道黄土暗穴影响分析[D]. 西安科技大学, 2017.
- [4] 许高智. 湿陷性黄土地区管道地基的处理[J]. 中国有色金属, 2008(19): 76-77.
- [5] 阿云, 李娜, 薛姬. 湿陷性黄土地区管道地基的处理[J]. 青海交通科技, 2007(03): 31-32.
- [6] 郝治军. 湿陷性地区管道地基处理的探讨[J]. 中国新技术新产品, 2010(08): 69.
- [7] 徐攀. 黄土区管道工程滑坡变形破坏规律模拟研究[J]. 现代矿业, 2023, 39(07): 98-101.