

# 甘肃输水渡槽存在的地质问题及勘察方法分析

聂成元

(甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 甘肃 兰州 730000)

**【摘要】**在引调水及灌区工程中,渡槽作为重要的输水建筑物,为工程的成功实施举足轻重。西北地区地形变化大,地层岩性多,地质条件复杂,在修建渡槽时存在诸多工程地质问题。为此,收集甘肃省已建成渡槽资料,分析研究不同渡槽的典型工程地质问题,归纳总结针对性的勘察方法,为后续水利工程建设提供参考。

**【关键词】**渡槽;工程地质问题;勘察方法

**【中图分类号】**TV221.2

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1009-6159(2025)-07-0032-03

## The Geological Problems and Investigation Methods of water conveyance Aqueducts in Gansu

NIE Chengyuan

(Water and Hydropower Survey and Design Research Institute Co., Ltd. of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730000, China)

**Abstract:** As an important water conveyance structure, the aqueduct plays a crucial role in the successful implementation of water diversion and irrigation district projects. In the northwest of China, there are significant topographic changes, diverse strata lithology, and complex geological conditions, resulting in many engineering geological difficulties when constructing aqueducts. By collecting the data of the completed aqueducts in Gansu, analyzing and studying the typical engineering geological problems of different aqueducts, and summarizing the targeted investigation methods, this study has certain reference value for water projects construction in future.

**Key words:** Aqueduct; Engineering geological problems; Investigation methods

甘肃从 20 世纪中叶开始,各种渡槽开始成为输水的重要建筑物,因地形变化大,地层岩性多,地质条件复杂,在修建渡槽时存在诸多工程地质问题。收集已建成渡槽资料,分析研究不同渡槽的典型工程地质问题,进行总结梳理、积累经验,可为以后相似工程的勘察提供指导和借鉴。

## 1 渡槽典型工程地质问题举例

### 1.1 引大东二干 6# 庄浪河渡槽

#### 1.1.1 工程概况

东二干 6# 渡槽在永登境内横跨庄浪河,渡槽横跨庄浪河河谷、汉明长城遗址,全长 2 194.8 m,共有 79 跨,最大净高 43 m,设计流量 18 m<sup>3</sup>/s<sup>[1]</sup>。庄浪河河谷宽约 220 m,两岸地貌为垄状低山黄土丘陵区,两岸阶地发育不对称,基座为泥质砂岩夹砂砾岩,两岸及 I~III 级阶地以冲洪积砂壤土

与砂砾碎石为主,部分地段泥质砂岩夹砂砾岩出露;阶地表层砂壤土层厚 2~8 m,略具湿陷性;下层砂砾碎石层厚 7~18 m,层间夹厚 0.5~3 m 的粉砂透镜体。河床地层为冲洪积砂卵砾石,厚 40 m。庄浪河左岸残留 IV 级阶地,上部为粉质壤土,厚 24~25 m,湿陷系数 0.04~0.11,属强湿陷性土层;中层为砂砾碎石层,厚 5~8 m,局部夹厚度不等的粉砂透镜体;下层为密实砂卵砾石层,厚约 25 m,泥钙质微胶结。阶地地下水由河水与邻近沟道补给,受季节影响较大,含水层厚 10~20 m,水化学类型为 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Ca<sup>2+</sup>·Mg<sup>2+</sup>型水。

#### 1.1.2 工程地质

1) 湿陷性问题:庄浪河左岸 IV 级阶地上层为粉质壤土,厚 24~25 m,具强湿陷性。

收稿日期:2025-01-18

作者简介:聂成元(1990—),男,工程师

2)冲刷问题:设计洪水标准重现期为50年,相应洪峰流量为819 m<sup>3</sup>/s,最大水深为1.28 m,平均水深为0.85 m,河水流速为2.59 m/s。经过计算,河床空心墩基础冲刷深度约4.89 m。

3)施工期存在边坡稳定及基坑涌水等问题:庄浪河河水水位高程2 145 m,河谷和Ⅰ级阶地砂卵石层厚20~25 m,属强透土层。

### 1.1.3 地基处理方式及运行情况

槽墩基础型式依据工程地质条件,原则上优先采用扩大台阶板式基础,其次为井桩基础<sup>[2]</sup>。6#~38#支撑结构为空心墩扩大三阶板式独立基础;39#~47#、52#~57#支撑结构为双排架扩大二阶板式独立基础,基础均置于砂卵石层;48#~51#采用双排架承台式井桩基础,混凝土灌注桩,桩径1.5 m,最大桩长19.5 m,梅花形布置5根,桩端主要置于砂卵石层。58#~69#采用双排架承台式井桩基础,混凝土灌注桩,桩径1.2 m,58#、59#阵列形布置6根,其余梅花形布置5根,桩长32~45 m,桩端基本置于砂卵石层;1#~5#、70#~80#支撑结构为双排架独立基础或双排架承台式井桩基础,置于泥质砂岩夹砂砾岩。

工程于1992年8月动工,1995年10月通水,运行25余年后,总体运行期情况良好。目前,第22~23跨支墩位于庄浪河主河道,受河水冲刷下切,下切最深处达2 m。

## 1.2 景电二期向民勤调水工程5号渡槽

### 1.2.1 工程概况

5号渡槽位于腾格里沙漠南缘,横跨沙垄丘间低地。长300 m,中部为排架,共25跨,共24个排架和两个边墩,排架高4.5~11 m;其中,1#~9#、19#~24#排架基础地基岩性:上部为砂壤土或砂土,厚13 m;下部为风积细砂或极细砂层,厚度较大。10#~18#排架基础地基岩性:上部砂壤土,厚1.4~4 m,中部风积粉细砂,厚1~4 m;下部风积细砂,厚度较大。排架及边墩基础均置于风积细砂层或极细砂层中。据试验资料,风积砂在天然状态下,埋深0~3 m时,相对密度<1/3,疏松~稍密;3~6 m时,相对密度1/3~2/3,中密;大于6 m时相对密度>2/3,密实<sup>[2]</sup>。

### 1.2.2 工程地质

风积细砂的工程地质特性直接关系到渡槽地基的稳定性。

1)湿陷性特性:通过原位静力荷试验和原状样室内试验,深度0~3.3 m的极细砂(Q<sub>4</sub><sup>3</sup>)湿陷变形系数 $\delta_s$ 为0.0182~0.0260,平均为0.0221,属弱湿陷性土;湿陷深度在7.0 m以内。

2)承载力问题:风积极细砂力学性质差,在饱水状态下,4#、5#~18#等15个排架地基土承载力不能满足设计要求。

### 1.2.3 地基处理方式及运行情况

基础埋深应大于3 m,采用砂卵石进行换基处理,厚90 cm,砂砾石上再浇注10 cm厚混凝土。2000年成功通水,运行已20多年,运行期情况良好。

## 1.3 引洮一期总干柳林沟渡槽

### 1.3.1 工程概况

柳林沟渡槽,长187 m,跨柳林沟,沟道高程2 151 m以下岩性为第四系(Q<sub>4</sub><sup>h1</sup>)洪积砂砾块碎石层,厚约10~20 m;层位及层序不稳定,其上部多夹有细粒夹层及透镜体,结构不均。初步设计阶段采用桩基础,形式为大直径端承桩,桩端高程为2 145 m,其中1#~5#桩端位于层序不稳定、不均匀的砂砾块碎石层内。

### 1.3.2 工程地质

1)承载力不足问题:桩端位于层序不稳定、不均匀的砂砾块碎石范围内,其允许承载力300 kPa,Es=10~15 MPa,承载力不满足设计要求。

2)施工期存在基坑边坡渗透稳定和基坑涌水等问题:沟道地表水常流,砂砾卵石层渗透性强。

### 1.3.3 地基处理方式及运行情况

1#~9#墩下部基础支撑结构为井桩。桩径1 m,共2排,每排3根,桩端置于稳定可靠的砂砾块碎石之中。运行期情况良好。

## 2 主要工程地质问题分析

甘肃已建渡槽数量庞大,规模类型丰富,地基岩性多样,涉及了各式各样的工程地质问题;分析研究不同渡槽的典型工程地质问题,可分为5大类:进出口岸坡稳定问题、地基稳定问题、冲刷问题、腐蚀性问题及施工期基坑涌水、边坡渗透稳定问题。

### 2.1 进出口岸坡稳定问题

岸坡可分为岩质、土质及混合岸坡<sup>[3]</sup>;影响岸

坡稳定性的因素复杂,主要有岩土性质、地质构造、水的作用、工程荷载及地震等。在勘察时应该查明该问题对渡槽的影响,评价岸坡的稳定性,方法主要有定性和定量评价,目前常用的定量评价方法有比拟法、力学计算法和模型模拟试验。

## 2.2 地基稳定问题

渡槽的正常运行,地基稳定起决定作用;根据岩性可分为岩质和土质地基,根据岩土特性进一步细分,主要有承载力不足、不均匀沉降、湿陷、振动液化及盐胀等。应进行测绘、勘探及物探等手段,辅以原位试验和室内试验相结合,查明针对的地质问题。

## 2.3 冲刷问题

冲刷问题较为复杂,与河(沟)道的洪水特征及河道发育特征关系密切;一般沟道可通过计算允许不冲流速来确定冲刷深度,保证槽墩的安全性;但是,对于洪水特征复杂、游荡性河道,一般方法可能无法适用,应建立河道泥沙洪水模型,通过模型试验对冲刷问题进行综合分析,提出合理的冲刷深度等参数。

## 2.4 腐蚀性问题

甘肃西北地属干旱区,蒸发量大,土体含盐量高,尤其是易溶盐中硫酸根离子含量、氯离子含量,对混凝土及其结构中的钢筋具有腐蚀性。同时,灌区内的回归水在转化为地下水的过程中,逐渐溶滤土壤盐分,水质不断恶化,在沟道内形成径流,形成新的腐蚀性问题。

## 2.5 施工基坑涌水、边坡渗透稳定问题

省内已建部分渡槽为跨河渡槽,河床地层多为砂卵砾石,透水性强,施工期存在基坑涌水及基坑边坡稳定性问题,应进行基坑涌水量计算和基坑边坡渗透稳定性评价。查明该问题的重点为确定地层渗透系数、渗透变形类型及允许水利比降;含水层的渗透系数可进行钻孔现场单孔或多孔抽水试验来测定。

# 3 勘察方法建议

## 3.1 渡槽勘察

1)不同阶段对于渡槽的勘察要求不尽相同,但总体是一个层层递进的过程,在勘察中应结合渡槽规模及阶段进行工作。以地质测绘和相关资

料为基础,对于已经认知到的一些工程地质问题,进行针对性勘察。勘察手段主要包括测绘、钻探、物探、坑井探、原位及室内试验等。

## 3.2 进出口岸坡稳定性勘察

岸坡勘察应以地质测绘、勘探为主。充分利用沟道两岸天然断面揭露的地层结构、岩体特性等。岸坡发育滑坡、崩塌等会对岸坡稳定性产生影响的不良物理现象时,勘察时优先推荐线路避让,在无法避让的情况下,应对岸坡稳定性做专项评价。

## 3.3 地基稳定基础持力层

梁式渡槽地基主要承受竖向荷载,拱式渡槽地基除承受竖向荷载外,还需承受水平向荷载,对地基稳定性要求更高;勘察分析时应明确渡槽形式。勘察手段以钻探、坑探(竖井)、物探等为主,同时结合原位试验及室内试验,查明地层结构特征和岩性特性。钻孔应以查明地层岩性、地质构造、水文地质条件为原则布置,结合抽水、动力触探和标贯等孔内实验;探坑(竖井)用于查明地层岩性、取Ⅰ级原状样。对于中大型渡槽,地基承载力建议值应通过载荷试验来确定。

## 3.4 冲刷深度

冲刷深度值由颗分试验  $D_{50}$  值计算,因此,试样是否具有代表性很关键。腐蚀性评价中,除了土体腐蚀性及地下水的腐蚀性外,还应重视工程运行后是否有灌溉回归水,灌溉回归水排泄不畅会引起地下水上升、水质恶化等一系列次生灾害,进而对水工建筑物产生不良影响。对于河谷区渡槽,应重视施工期基坑涌水及边坡渗透稳定问题,应进行抽水试验及取样进行颗分试验,测定含水层渗透特性,根据基坑设计尺寸,准确估算基坑涌水量、评价渗透稳定性,提出允许水力坡降及建议措施。

## 参考文献

- [1] 陈晓东,陈居乾.引大入秦工程长大隧洞及大型跨河建筑物设计与技术创新[J].甘肃水利水电技术,2018(10):3-54.
- [2] 王志强,毛海峰,蔺守俊.景电二期向民勤调水工程5号渡槽风积沙地基特性及处理方法[J].华北水利水电学院学报,1999(2):48-50.
- [3] 李小智.刘家峡水库库岸塌岸形式与堤基岩土体分析研究[J].甘肃水利水电技术,2013(8):23-25.

(责任编辑 赵其芬)