

放水管廊在水利工程中的应用

马小明

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i3.5254

[摘要] 随着社会经济的发展,水利行业的相关规范要求日趋严格。依据现行的《碾压式土石坝设计规范》(SL 274-2020),非岩基上的坝下埋管应采用埋管内敷设管道输水的形式,采用压力流时,宜采用埋管内铺设管道形式。结合新疆部分自压灌区的特点,场外水利工程主要由引水渠、沉沙调节池、有压放水管道构成。在设计放水建筑物时,既要考虑现行规范对放水建筑物型式的要求,又要考虑实用及工程安全。

[关键词] 放水管廊; 水利工程; 应用

中图分类号: TV **文献标识码:** A

The application of water discharge pipe gallery in water conservancy engineering

Xiaoming Ma

Xinjiang Corps Survey and Design Institute Group Co., Ltd

[Abstract] With the development of social economy, the relevant regulatory requirements of the water conservancy industry are becoming more and more stringent. According to the current Code for the Design of Roller-Compacted Earth-rock Dams (SL 274-2020), the buried pipe under the dam on a non-rock foundation should be in the form of laying a pipeline in the buried pipe to transport water, and when using pressure flow, it is advisable to lay a pipeline in the buried pipe. Combined with the characteristics of some self-pressurized irrigation areas in Xinjiang, off-site water conservancy projects are mainly composed of diversion canals, sedimentation regulating tanks, and pressurized discharge pipelines. When designing a water discharge building, it is necessary to consider not only the requirements of the current code for the type of water discharge building, but also the practicality and engineering safety.

[Key words] water discharge pipe gallery; Hydraulic engineering; apply

引言

放水管廊,即沉沙调节池的放水建筑物。结合新疆自压管道灌溉灌区的特点,放水廊道由以下五部分组成:进水前池段、上游镇墩段、圆拱直墙廊道段、下游镇墩段及阀房段组成。

1 放水管廊在水利工程中的应用布置原则

放水管廊是水库等调节池重要的组成部分之一,其布局和设计需要遵循一定的原则:

①放水管廊应坐落在坚实的地基上,其压实度不应低于坝体填筑土的压实度。当地基较为软弱时,应进行地基处理^[1]。②放水管廊内部敷设有放水钢管,管廊断面尺寸应满足钢管及其阀件的吊装和检修。③放水管廊出口处应采用保温大门进行封堵,避免管道在冬季结冰。④放水管廊一般埋设于高坝段处,其顶部覆土较厚,应做好结构计算和地基承载力的计算工作,以确保工程安全。⑤管廊内部钢管的过流能力应大于下游灌区的引水能力。⑥管廊末端的放水阀房工作阀后应设置合适的进排气设备以保证管道安全。

2 放水管廊在水利工程中的应用案例

2.1 工程概况

沉沙调节池放水廊道布置在大坝桩号0+900处,廊道总长101m,廊道内敷设DN1000涂塑钢管2根,为一用一备,紧急情况时可同时开启放空。单根长度钢管126m,设计流量为1.082m³/s。考虑到下游灌区自压灌溉的需求,放水钢管为有压钢管。放水廊道由以下五部分组成:进水前池段、上游镇墩段、圆拱直墙廊道段、下游镇墩段及阀房段组成。

2.2 地基概况

放水廊道轴线揭露地层岩性为第四系全新统冲洪积(Q4al_p)层低液限粉土和粉土质砾夹卵石,揭露地层岩性自上而下分述如下:

第②层低液限粉土:揭露厚度一般3~3.5m,最大厚度4.5m。综合确定该层渠基土承载力容许值120kPa,压缩模量4MPa。

第③层粉土质砾夹卵石:埋藏深度一般1.0~2.5m,局部出露地表,揭露厚度一般0.5~2.0m,一般粒径10~45mm,最大粒径

可达180mm。综合确定该层土承载力容许值250kPa, 变形模量20MPa。

本次廊道地基平均处理深度为6.5m, 将低液限粉土全部清除, 使建筑物坐落粉土质砾夹卵石之上。

2.3放水廊道设计

本次项目挡水建筑物为上、下游两座沉沙调节池, 分别设两处放水廊道。上游沉沙调节池0+850处放水廊道设计放水流量为 $0.24\text{m}^3/\text{s}$, 灌区主干管管径为DN800; 下游沉沙调节池1+075处放水廊道设计放水流量为 $1.13\text{m}^3/\text{s}$, 灌区主干管管径为DN1200。两座放水廊道结构型式、放水方式、平面布置基本一致, 本次采用坝高较高的下游沉沙调节池的放水廊道作为典型进行设计, 见图1。



图1 放水廊道施工现场

2.3.1放水廊道布置型式。沉沙调节池放水廊道布置在大坝北段桩号1+075, 廊道总长110m, 廊道内敷设DN1000涂塑钢管2根, 双管同时运行。单根钢管长度139.5m, 双管工作时的设计流量为 $Q_{\text{设}}=1.13\text{m}^3/\text{s}$ 。下游灌区实行自压灌溉, 放水钢管为有压钢管。放水廊道由以下几部分组成: 进水前池段、上游镇墩段、廊道段、下游镇墩段及阀房段组成^[2]。

2.3.2放水建筑物高程的确定。(1)进水前池段高程的确定。依据沉沙调节池规模计算成果, 沉沙调节池死水位为2272.10m。

为保证放水廊道引水要求, 根据《水利水电工程进水口设计规范》(SL285-2020), 放水建筑物进口在最低水位时应保持有压流, 不致产生贯通式漏斗漩涡将污物卷入, 需保持一定的淹没深度, 保证进水口处流态平稳, 计算公式如下:

$$S=C \cdot V \cdot d^{1/2}$$

式中:

S——最小淹没深度(m);

d——闸孔高度(m);

V——闸孔断面平均流速; $v=1.0\text{m/s}$;

C——系数, 对称水流取0.55, 边界复杂和侧向水流取0.73, 本工程取 $C=0.73$;

计算结果: 最小淹没深度 $S=0.80\text{m}$;

最小淹没高程=进水口底板高程+S+d=2262.93+0.80+1=2264.73m。

综合考虑进水前池、廊道、下游镇墩及阀房基础下方的地质条件及其放水廊道的检修条件, 本次放水前池底板高程综合

确定为2262.93m。

(2)廊道底板高程的确定。放水廊道自重较大, 考虑到自身的稳定及其地基应力, 基础应座在坚实的地基上为宜, 结合放水廊道处的地质剖面图, 确定放水廊道基础坐落于粉土质砂层上。因此, 放水廊道处于挖方地基上, 结合放水廊道工程剖面图与自然地形坡降, 廊道底板纵坡定为1:45, 廊道起点底板高程为2262.12m, 末点高程为2259.79m, 其基槽位于自然地面线以下3.9~7.4m处。

(3)放水钢管纵向坡度的确定。放水钢管位于廊道内部, 与廊道底板纵坡一致, 均为1:45。

2.3.3放水廊道结构设计。放水廊道由以下几部分组成: 进水前池段、上游镇墩段、廊道段、下游镇墩段及阀房段。廊道伸缩缝采用铜止水, 采用高压闭孔板填缝, 临土侧采用聚氨酯封口。

(1)进水前池段。进水前池段由直墙和底板构成。为满足下游灌区用水需求, 兼顾蓄水池应急放空, 并且防止池底的泥沙随水流进入放水钢管内, 进口处挡沙坎高度定为2266.00m; 墙顶部设拦污栅, 拦污栅为多面进水型式, 可有效增大进水量, 并阻止杂物进入管道。

挡沙坎顺水流向长16m, 垂直水流向宽5.6m。断面型式为整体式钢筋混凝土矩形槽, 边墙为根部加腋直墙, 直墙墙身厚0.5m, 高度为3.0m, 底板厚0.5m。

(2)上游镇墩段。镇墩顺水流向长5m, 宽6.6m, 高6.5m, 采用C35钢筋混凝土浇筑。镇墩内部敷设四道止推环。

(3)廊道段。廊道段总长105m, 共有12段, 第一段长6m, 其余11段每节长度为9m。横断面净尺寸底×高=5×4.7m, 全断面采用C35钢筋混凝土衬砌, 直墙高度2.2m, 顶拱半径2.5m, 圆拱中心角为 180° , 全断面采用C35钢筋混凝土衬砌, 顶拱和直墙厚度为0.8m, 底板厚度为1m。廊道底部设水泥土垫层2m。廊道伸缩缝采用铜止水, 高压闭孔板填缝, 临土侧采用聚氨酯封口。

(4)下游镇墩段。廊道出口18m后为下游镇墩, 其顺水流向长5m, 宽5.6m, 高3.5m, 采用C35钢筋混凝土浇筑, 底部铺设0.6m厚水泥土垫层。镇墩内部敷设四道止推环。

(5)阀房段。镇墩后2m即为放水阀房, 底部为阀井, 井净长12m, 净宽8.3m, 上部为框架梁结构阀房。

水历经长度139.5m的两根DN1000钢管进入阀房后, 汇入东西向的DN1800钢管内。

两根DN1000钢管起点设两颗检修用偏心半球阀, 进入阀房后, 末点设两颗工作蝶阀。

DN1800钢管为东西向布置, 西侧为盲板, 可作为预留接口, 东侧接放水钢管, 北侧接灌区DN1200输水干管。

2.3.4放水钢管水力计算。(1)流态判别。放水钢管进口直径D为1m, 上游死水位进水管中心6.13m, 正常蓄水位至进水管中心15.46m。

进口水深 $H=6.13 > 1.5D=1.5\text{m}$, 且钢管为有压流, 因此可判定其流态为淹没压力流。

(2)过水能力复核。经对放水钢管流态判别, 流态为淹没压力流, 根据《水工设计手册》, 放水钢管过水能力按以下公式复核:

$$Q = \mu_H \omega \sqrt{2g(H_0 + iL - h_t)}$$

$$\mu_H = \frac{1}{\sqrt{\zeta_z + \sum \zeta + \frac{2gL}{C^2 R}}}$$

式中: Q —涵洞过流量, m^3/s ;

i —洞底坡降;

L —涵洞长度(m);

μ_H —流量系数;

ω —钢管断面面积, m^2 ;

X —涵洞湿周, m;

R —水力半径, m。

死水位工况下, 阀门全开时, 单根钢管过流流量为 $Q=3.07\text{m}^3/\text{s}$; $Q>Q_{\text{设}}=1.13\text{m}^3/\text{s}$, 正常蓄水位工况下, 阀门全开时, 单根钢管过流流量为 $Q=5.15\text{m}^3/\text{s}$; $Q>Q_{\text{设}}=1.13\text{m}^3/\text{s}$ 。故放水管过流能力完全满足灌溉要求, 后期运行时需要通过调整蝶阀开度来进行流量控制。

沉沙调节池放空阀为DN1800蝶阀, 排水出路为东侧3.16km处现状河道。特殊情况时, 沉沙调节池需要应急放空, 可将两根钢管的蝶阀全部开启进行放空。

2.3.5抗腐蚀设计。根据地质章节可知, 沉沙调节池环境土对混凝土结构具有强腐蚀性; 沉沙调节池环境土对混凝土结构中的钢筋具有弱腐蚀性; 沉沙调节池环境土对钢结构具有中等腐蚀性。因此本工程放水管廊混凝土结构均采用高抗硫酸盐水泥, 并在回填土方前建筑物外侧涂刷防腐沥青。

2.3.6放水廊道与土工膜的连接。两布一膜和建筑物连接处, 混凝土、橡胶垫片、两布一膜、橡胶垫片两两之间的3个结合层处均应涂刷土工膜专用胶后再上螺母拧紧紧固。两布一膜与混凝土锚固后, 接缝部位还应刷2mm防水乳胶漆进行密封, 最后在其上方浇筑二期混凝土进行压盖。具体设计详见图纸。

3 放水管廊施工对策

3.1强化施工组织

在工程施工过程中, 如何合理地安排工作流程和人员是非常关键的。需要对工程的具体情况进行全面分析, 包括地形地貌、水资源状况以及周边环境等因素; 要确定具体的工期和预算, 并制定相应的施工计划和进度表; 需要严格执行各项安全措施, 确保工程顺利完成且符合国家相关规定。

3.2创新工程施工方法

管廊的建设位置, 取决于灌区取水位置, 同时, 还需考虑地形地貌以及地层岩性; 管廊尺寸主要与放水流量相关。例如, 沉沙调节池放水廊道布置在大坝北段桩号1+075, 廊道总长110m, 廊道内敷设DN1000涂塑钢管2根, 双管同时运行。单根钢管长度139.5m, 双管工作时的设计流量为 $Q_{\text{设}}=1.13\text{m}^3/\text{s}$ 。下游灌区实行自压灌溉, 放水钢管为有压钢管。放水廊道由以下几部分组成: 进水前池段、上游镇墩段、廊道段、下游镇墩段及阀房段组成。廊道段总长105m, 共有12段, 第一段长6m, 其余11段每节长度为9m。横断面净尺寸底×高=

4.7m , 全断面采用C35钢筋混凝土衬砌, 直墙高度2.2m, 顶拱半径2.5m, 圆拱中心角为 180° , 全断面采用C35钢筋混凝土衬砌, 顶拱和直墙厚度为0.8m, 底板厚度为1m。廊道底部设水泥土垫层2m。廊道伸缩缝采用铜止水, 高压闭孔板填缝, 临土侧采用聚氨酯封口。

3.3优化工程质量控制

在水利工程中, 工程的质量是至关重要的。因此, 对放水管廊的工程质量进行严格的控制是非常必要的。需要确保施工过程中使用的材料符合国家标准和规范的要求。只有选用合格的原材料才能保证工程的质量和稳定性, 要加强现场监管工作, 及时发现并纠正可能存在的问题。同时, 还要制定详细的施工计划和进度安排, 确保工程按时完工且达到预期效果。对于工程竣工后出现的问题, 也应该采取有效的措施加以解决。此外, 还需要建立健全的质量管理体系, 定期开展质量检查与评估活动, 及时处理不合格项目, 提高工程质量水平。同时, 也要注重人才培养, 培养一批具有良好素质的专业人才, 为工程质量的保障提供有力支持。工程质量控制是放水管廊在水利工程中的重要环节之一。通过科学合理的设计、精心的施工以及严密的监督和管理, 可以有效地提升工程的质量和效益, 实现水利工程建设的目标。

4 结束语

通过对放水廊道布置原则及应用进行分析后, 有以下几方面的经验收获及思考:

(1) 由于放水廊道一般体型较大, 且深埋于大坝下方, 其承受的土压力等荷载较大, 在进行结构设计时, 应结合地质参数进行结构计算和地基承载力的计算, 以保证后期运行安全。

(2) 放水廊道周围与大坝结合时, 应做好防渗处理。为使粘土与廊道紧密贴合, 在回填粘土前应对廊道外壁进行凿毛, 凿毛率为100%, 凿毛后需对其表面进行冲洗, 要求其表面无松渣粉末与露筋现象。应对廊道临土面涂刷防腐材料, 以免形成较为光滑的渗流面, 危及建筑物自身安全。粘土填筑好后, 在其上方填筑50cm厚粘土和筑坝料组成的混合土过渡层(质量比为1:1), 压实度不小于0.98, 过渡层每层填筑厚度为30cm, 应与坝体填筑料同步施工。

(3) 拦污栅是水库放水建筑物前端必不可少的拦污设备。水库库底主要淤积物为上游河道洪水期携带的推移质和悬推移, 水中主要是水藻等水植, 水面则为垃圾等漂浮物。当水库放水建筑物放水时, 淤积物和漂浮物会随着水流进入放水涵洞或者管道。推移质会撞击、磨蚀构筑物表面, 导致建筑物损坏, 杂质也会通过管道进入灌区, 从而导致一些精密阀件的卡阻、影响灌区系统的安全运行。在放水廊道进水前池上部应设面型拦污栅, 以保证下游灌区系统的运行安全。

[参考文献]

- [1]赵志楠, 王莉, 李云飘.《城市地下综合管廊安全防控技术研究及示范》项目成果综述[J].中国勘察设计, 2023, (11):94-97.
- [2]谢春雨.重力流污水管道与地下综合管廊标高冲突解决思路[J].水电站机电技术, 2022, 45(05):96-99.
- [3]姚衍.城市地下综合管廊PPP项目的VFM经济性研究[D].合肥工业大学, 2022.