

河床渗滤取水结构的设计及建设应用

李慈来¹ 张文兵²

武山县水务局 甘肃武山 741300

摘要: 随着农田水利高效节水灌溉事业的飞速发展, 部分山区丘陵地区为提高耕地生产力, 解决季节性“卡脖子”旱, 因地制宜开展农田水利工程建设, 实施高效节水灌溉, 变旱地为水浇地。甘肃省武山县位于天水市西北部, 地处秦岭山地北坡西段与陇中黄土高原西南边缘复合地带, 属温带大陆性半湿润季风气候, 区内耕地90%以上分布于山区, 工程性季节性缺水较为严重, 武山县自上世纪50年代开始就积极开展引水上山工程, 解决山区农田灌溉的问题, 在水利工程建设过程中取得了丰富的经验, 本文以2018年建设的西梁灌区农田水利高效节水灌溉项目取水枢纽工程为例, 总结河道渗滤取水结构的设计应用, 为类似水利设计提供设计经验。

关键词: 河道渗漏取水; 集水廊道; 自然保护区

Design and construction application of filtration water intake structure in riverbed

Cilai Li, Wenbing Zhang

Wushan County Water Affairs Bureau, Wushan 741300, Gansu

Abstract: With the rapid development of high-efficiency water-saving irrigation for farmland and water conservancy, in some mountainous and hilly areas, to improve farmland productivity and solve the seasonal “neck” drought, the construction of farmland and water conservancy projects has been carried out according to local conditions, and high-efficiency water-saving irrigation has been carried out to change the dry land into irrigated land. Wushan county, Gansu province is located in the northwest of Tianshui, in the compound zone between the western section of the northern slope of Qinling Mountains and the southwest edge of the Loess Plateau in central Gansu. It has a temperate continental semi-humid monsoon climate. More than 90% of the cultivated land in the region is distributed in mountainous areas. The engineering seasonal water shortage is serious. Since the 1950s, Wushan county has actively carried out the water diversion project to solve the problem of farmland irrigation in mountainous areas, rich experience has been gained in the construction of water conservancy projects. Taking the water intake hub project of the high-efficiency water-saving irrigation project in the Xiliang irrigation area constructed in 2018 as an example, this paper summarizes the design and application of river infiltration water intake structure and provides design experience for similar water conservancy designs.

Keywords: river seepage water intake; Catchment corridor; Nature reserve

一、设计原理

集取河床潜流水和河床渗透水, 利用取水系统自身运行产生的渗透方式^[1], 诱导河水下渗, 穿过河床砂卵石层进入渗滤孔及集水廊道, 形成取水的持续补给, 经过廊道输水至地表。

二、工程概况

武山县西梁灌区农田水利高效节水灌溉工程项目, 取水水源为渭河二级支流西河, 工程其取水点及输水主干管段位于黄河渭河武山段秦岭细鳞鲑水产种植资源保护区

第四试验区, 取水枢纽位于原西梁渠渠首上游290m位置, 项目设计灌溉期最大取水流量 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ 。依据《甘肃武山县西梁灌区农田水利高效节水灌溉项目工程对黄河渭河武山县段秦岭细鳞鲑省级水产种植资源保护区水生生物影响》专题评价报告及甘肃省农牧厅有关专家意见, 为不影响河道内鱼类回游、水生生物生态用水, 要求水源取水设计不允许在河床以上出现任何挡水建筑物, 且需在取水枢纽中设计自动控制河道水位设施, 当河道水位位于流量 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 所对应的水位时自动阻断取水。经充分勘察论证, 创新

提出河床渗取水结构。西河多年平均流量 $0.499\text{m}^3/\text{s}$ 灌溉期生态下泄流量按多年平均流量的30%计^[2],即 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 。

三、取水结构布置

(1) 位置选择

1) 水流较缓、有一定冲刷力的直线或凹岸非淤积河段;

2) 含水层较厚并无不透水夹层的地带;

3) 河床稳定、河水较清、水位变化较小的位置。

根据上述选择原则结合西河中上游段河道实际地形及地质情况,并尽可能扩大自流灌溉面积,取水枢纽位置选择在西河中游段,原西梁渠渠首位置上游290m处。此段河道宽度25~35m,河道纵比降3%,含水层厚度7.8m,无不透水夹层,河床稳定,上游植被良好,河水清澈,水位变化较其他河段幅度较小,见图1。



图1 取水结构位置选址图

(2) 平面布置

结合此段河道实际情况,此段河道地下水来源补给较差,含水层厚度7.8m,河床原基砂砾石层透水系数 $6.5 \times 10^{-2}\text{cm/s}$,透水性一般,取水结构设计为垂直河流略向上游成夹角布置,由左岸至右岸依次为渗水廊道、检修闸阀、竖井、阀井。见图2



图2 取水枢纽平面布置图

四、结构设计

此段河道地下水来源补给较差,含水层厚度7.8m,河床原基砂砾石层渗透系数 $6.5 \times 10^{-2}\text{cm/s}$,透水性一般,主要以集取河床地表水为主,由于含水层厚度较大,设计为非完整式渗水廊道^[2]。

本工程主要枢纽建筑物由地下集水廊道、竖井及闸阀井等组成。地下集水廊道位于原西梁渠渠首(已废弃)上游290m处,集水廊道整体为钢筋混凝土结构。建筑物

为5级建筑物,设计洪水标准为10年一遇、校核洪水标准为20年一遇。廊道埋于河床最低点(高程1799.00m)以下5m处,廊道净尺寸为 $2\text{m} \times 3\text{m} \times 22\text{m}$ (宽 \times 高 \times 长)。为便于出水,廊道底板设置2%纵坡,底板高程为1794.00m~1793.54m(自左岸至右岸),底板厚1.0m,为C20现浇钢筋混凝土,下铺设0.2m厚C15混凝土垫层。廊道顶高程为1797.20m~1796.74m(自左岸至右岸),顶板为C25预制钢筋混凝土板,厚0.2m;板内埋设呈梅花型间距0.2m直径0.05m的透水孔;顶板上部自下而上,由大到小铺设粒径为5mm~80mm连续级配的反滤料,整体厚度为1.3m;为防止河道水流对反滤料的冲刷,在反滤料顶部铺设厚度不小于0.5m的块石保护层。廊道上游侧墙顶高程与顶板高程一致,为C20现浇钢筋混凝土,厚0.6m;侧墙内埋设呈梅花型间距0.2m直径0.05m的透水孔。

上游侧墙外顺水流方向,由小到大铺设粒径为5mm~80mm连续级配的反滤料作为反滤层,整体厚度为2.0m,与顶板反滤层滤料相接;为保证进水效率,将上游原河床基础进行清理,用块石进行回填,清理长度为20m,底高程定为1794.00m,如有需要可继续向上游延长清理换填。

廊道左侧侧墙为拦挡左侧山体滑落的碎石及杂物,将顶高程定为1800.20m,比廊道左侧顶板高出3.0m。左侧侧墙为C20现浇钢筋混凝土重力式结构,顶宽0.4m,直墙段高1.5m,直墙段以下背水面设1:0.2边坡,底宽1.34m,墙趾厚1.0m。廊道下游侧墙为拦挡廊道顶部铺设的反滤料,将顶高程定为1798.50m~1798.04m(自左岸至右岸),比廊道顶板高出1.3m。下游侧侧墙为C20现浇钢筋混凝土重力式结构,顶宽0.4m,直墙段高1.5m,直墙段以下背水面设1:0.2边坡,底宽1.0m,墙趾厚1.0m。为便于后期运行检修,在廊道左侧末端设竖井一座,净尺寸为 $3.4\text{m} \times 3.0\text{m} \times 8.76\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高),并在井内设置检修闸1孔,闸底板高程为1793.54m,闸孔尺寸为 $2.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ (宽 \times 高),闸门型式为平板闸,采用100KN手动螺杆启闭机进行启闭。

竖井整体为C20现浇钢筋混凝土结构,在与廊道衔接处设永久伸缩缝,并设置止水。竖井底板厚1.0m,下铺设厚度为0.2m的C15混凝土垫层,侧墙厚0.8m。竖井底板高程同闸底板高程一致,顶高程为满足20年一遇校核洪水位高程,定为1802.30m。为保证河道生态流量,在竖井内靠下游方向修建一面隔墙,顶高程根据河道生态流量水深相应高程确定为1799.05m。隔墙为C20现浇钢筋混凝土,厚度0.4m,高度5.61m。竖井顶板厚0.15m,为C25现浇钢筋混凝土,顶部设 $0.8\text{m} \times 0.8\text{m}$ 进人孔,并用盖板进行遮盖。

竖井下游埋设DN500mm出水管及DN500mm放空管各1根。为保证河道生态流量,出水管入口在隔墙下游

开始埋设,管道为有压管,根据水力计算及泥沙淤积高度,确定管道安装中心高程为1794.29m。为便于检修及清淤操作,放空管的入口在隔墙上游,管道安装中心高程为1793.99m。放空管末端伸入河道内,管道总长40m,坡降为5%,管道穿混凝土墙时均需放置刚性防水套管。

竖井下游接闸阀井1座,与竖井形成整体结构,净尺寸为2.1m×3.0m×8.76m(长×宽×高),顶板及底板高程与竖井一致。闸阀井底板厚1.0m,下铺设厚度为0.2m的C15混凝土垫层,侧墙厚0.8m。井内有出水管及放空管穿过,分别安装手电两用闸阀做为工作闸阀进行后期运行控制。闸阀井顶板厚0.15m,为C25现浇钢筋混凝土,顶部设0.8m×0.8m进入孔,并用盖板进行遮盖。

建筑物基础均座落在弱风化带基岩上。通过基础的断层、破碎带、软弱夹层等不良地质构造应根据其产状、规模和组成物质,逐条进行认真处理。将强风化岩层清理后采用C15混凝土进行回填,清理厚度不小于0.5m。建筑物临时开外边坡根据不同基础条件确定,岩石挖为1:0.5,砂砾石开挖为1:0.75;回填时除河道下游采用块石进行回填外,其余均采用砂砾石进行夯填。

五、渗水流量计算

1.取水断面水位线确定

取水断面河道水位线根据各月径流量,按恒定均匀流计算,其中河道比降0.031、边坡系数为0.24、河床糙率取0.04、断面底宽为10m;计算结果见图3。

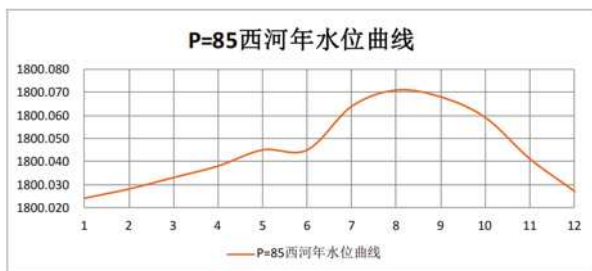


图3 西河年水位曲线

《甘肃武山县西梁灌区农田水利高效节水灌溉项目工程对黄河渭河武山县段秦岭细鳞鲑省级水产种植资源保护区水生生物影响》专题评价报告确定灌溉期河道生态最低流量确定为0.15m³/s,当取水断面流量为0.15m³/s时,水位为1800.033m。

2.设计参数确定

取水枢纽设计最大取水流量为0.2m³/s,对应时段为8月份,依据渗渠设计规范,廊道最小坡度不小于0.2%,充满度0.4~0.8。流速一般采用0.5~0.8,本次为防止泥沙淤积,采用廊道内流速控制为≥0.5m/s,最低保持廊道0.5m水深。

3.流量计算

依据《给水排水设计手册》第3册,及《村镇供水工程设计规范》SL687-2014,集取河床渗透水的非完整

式渗水廊道依据公式:

$$Q = \alpha L K \frac{H_y - H_0}{A}$$

$$A = 0.37 L g \left[\tan \left(\frac{\pi}{8} \frac{4h-d}{T} \right) \cot \left(\frac{\pi}{8} \frac{d}{T} \right) \right]^{[3]}$$

式中:α—淤塞系数。根据水的浑浊情况确定,当河水较清时,采用0.8,中等浑浊时采用0.6;浑浊度很高时采用0.3;本次项目区水源西河水质较清,但考虑到洪水期运行,设计取0.3;

L—渗水廊道长度,根据取水断面河道宽度,本次设计廊道长度取28m;

K—渗透系数,根据地质实验自流,本取水断面河床含水层厚度7.8m渗透系数为6.5×10⁻⁴cm/s,由于受河道渗水面积限制,渗透系数偏小,本次设计将原河床含水层更换为强渗透性人工反滤层,渗透系数1.6×10⁻¹cm/s;

H_y—河流水面至渗水廊道顶高度,依据水位及廊道地板高程计算得8月份时,H_y=7.71m;

H₀—竖井内水位对渗水廊道出口所施压力,当渗水廊道内为100K_p大气压时H₀=0,一般采用H₀=0.5~1.0m;本次为0。

T—含水层厚度,7.8m;

h—河床至渗渠底的深度,6.0m;

渗水廊道宽度,2.0m,计算得:Q_{8月}=0.21m³/s,满足取水流量设计要求。

六、运行效果

武山县西凉灌区农田水利高效节水灌溉工程河床渗滤取水结构至今已运行三年,运行效果良好,取水水量、水质完全满足灌区用水需求。

七、结论

河道渗滤取水结构为河床渗滤取水,克服了河道生态环保取水的限制性要求,影响河道行洪、鱼类回游等问题,尤其适宜位于自然保护区内河道取水,保障了水资源短缺灌区灌溉或饮用水项目的取水立项审批条件。河道地表水通过设计砂砾石层过滤,原水水质大大提高,节约后续管线输水水力损耗,降低管材磨损,缩小输水管径,节约投资,设计实例通过省级环保部门审查;结构集水池部分创新设计隔板挡板,河道枯水季节,水位降低至生态警戒水位时,自动阻断河道取水,保障河道生态流量;取水结构无任何动力设备,节约能源,结构可靠,运营管理方便。

参考文献:

- [1]许传东.河床渗透取水形式的选择.城镇供水,1994年第4期
- [2]徐志侠,王浩,董曾川,等.河流与湖泊生态需水理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2006
- [3]《村镇供水工程设计规范》SL687-2014