

曲条面引水渠首在阿韦滩渠首改造工程中的应用

李虹瑾¹, 陈 晖², 陈顺礼³

(1. 新疆水利水电规划设计管理局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆水利厅造价管理总站, 新疆 乌鲁木齐 830000;
3. 新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 在多沙河流上, 泥沙淤积常会造成渠首引水设施的破坏, 通过对阿韦滩渠首运行中发现的问题, 结合当地工程实际, 在原底栏栅式渠首基础上改造提出的一种新型引水渠首——曲条面引水渠首。该新型渠首利用弯道凸岸沉沙、凹岸引水的原理, 对原底栏栅式引水渠首进行改扩建, 在条形冲沙槽进水口前修建曲线形挡沙坎, 采用曲面引水实现第一级水沙分离, 凹岸表层较清的水流进入条形冲沙槽后, 更清的水流入两侧的溢流槽, 最终实现条形冲沙槽冲沙、溢流槽双向溢流面进水的第二级水沙分离。工程建成运行后, 发现通过这两级的水沙分离过程, 最终实现了其引水、排沙, 水沙分离效果较好, 值得推广应用。

关键词: 曲条面; 引水渠首; 改扩建; 水沙分离

中图分类号: TV673⁺.2

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2012)02—0097—05

Application of Curvilinear Surface Intake Headwork in Arweitan Reconstruction Project

LI Hong-jin¹, CHEN Hui², CHEN Shun-li³

(1. Xinjiang Water Resources and Hydropower Planning and Design Administration, Wulumuqi, Xinjiang 830000, China;
2. General Station of Cost Management, Xinjiang Water Conservancy Department, Wulumuqi, Xinjiang 830000, China;
3. Xinjiang Investigation and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Wulumuqi, Xinjiang 830000, China)

Abstract: A new intake headwork, called curvilinear surface intake headwork, is proposed in Arweitan reconstruction and extension project to solve the problem that the sediment deposition would cause the destruction in the water diversion facilities of sediment-laden rivers. Combined with the local engineering practices, the original bottom grating intake headwork is reconstructed and extended. A curved sand-control threshold is built at front of the intake of sand flushing channel, by which the water-sand separation in one-stage could be finished. After the lower sediment concentration flow in concave bank surface entered into the sand flushing channel, the upper-layer water with little sediment would overflow into the water diversion channel through its both sides, then the two-stage water-sand separation would be realized. After the project is completed, the sediment flushing effect of the new intake headwork is satisfied, and it is worth popularizing.

Keywords: curvilinear surface; intake headwork; reconstruction and extension; water-sand separation

1 问题的提出

新疆地区河流多系山溪性多沙内陆河, 河道流程短, 水量小, 河床多为沙砾石阶地, 厚度可深达数十米。汛期汹涌的洪水挟带大量泥沙而下, 因此, 如何解决河道引水排沙, 是新疆引水工程的一个关键问题^[1]。

目前, 引水渠首的种类较多, 主要分为无坝引水渠首、低坝引水渠首、弯道式引水渠首、拦河闸式引水渠首、底栏栅式引水渠首和其他型式引水枢纽(分层式引水枢纽、河床沉沙冲沙槽式引水枢纽、复合型引水防沙枢纽)等几大类。

位于新疆呼图壁县石梯子乡的阿韦滩渠首为拦河渠首, 重点解决河道右岸石梯子乡阿韦滩灌区的

农业用水问题,控制面积为 $2\,533\text{ hm}^2$ 。出于引水和防沙排沙的考虑,1994 年修建有一孔尺寸为 $1.5\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ 的引水闸和一座长 40 m 的底栏栅工程,由于底栏栅式引水渠首自身的缺点,栏栅空隙易被推移质或漂浮物堵塞,经常需要清理,管理不便。随着工程运行时间的推移,大量粒径小于栅隙的泥沙进入引水廊道造成廊道内泥沙淤积严重,无法发挥其应有的作用,渠首引水流量只有 $1.7\text{ m}^3/\text{s}$,无法达到设计引水流量 $2.2\text{ m}^3/\text{s}$,因此渠首泥沙问题亟待解决^[2]。针对存在的问题,在阿韦滩原有底栏栅式引水渠首改造过程中,提出一种新型的引水渠首——曲条面引水渠首,大大解决了原有引水渠首存在的泥沙问题,发挥了引水渠首引水防沙的功能。

2 曲条面引水渠首简介

新疆呼图壁河灌区阿韦滩渠首的改造主要是针对渠首引水廊道内泥沙淤积问题提出的,改建和扩建工程应遵循合理、经济、实用的原则。

曲条面引水渠首,是一种新型的引水渠首,采用曲面引水、条形冲沙槽冲沙、溢流槽双向溢流面进水。

该渠首应用了曲面引水的原理,在原引水廊道前修建曲线型挡沙坎,使整个水流沿曲线型挡沙坎呈弧线前进,将河道推移质带到原冲沙闸前,冲入下游河道,则可引取表层较清水流进入条形冲沙槽,使进渠泥沙大大减少。

在溢流槽的设计中,充分利用原有廊道,在廊道前采用条形冲沙槽和溢流槽相间布置,条形冲沙槽末端设冲沙闸,闸后设置渡槽。水流进入条形冲沙槽后,由闸门控制下形成雍水,使水流流速降低,致使泥沙在重力作用下形成沉积。当冲沙渠内水位超过渠堤时,水流自然溢入相邻的矩形溢流槽内,然后进入引水廊道,引入干渠。当冲沙渠内泥沙淤积到一定厚度之后,开启末端冲沙闸,水流挟带泥沙经渡槽流入下游,由于冲沙渠末端高程较泄洪冲沙闸底板高程高出 1.25 m ,冲沙渠出水口与泄洪冲沙闸之间形成自然陡坡,冲沙时,挟沙水流可沿陡坡流入泄洪冲沙闸后主河道。

曲条面引水渠首由浆砌石护底整治段、进口挡沙坎、条形冲沙槽、溢流槽、冲沙闸、引水廊道、原泄洪冲沙闸和左岸溢流堰组成。本次改建工程需在原有底栏栅渠首基础上新建建筑物有进口挡沙坎、条形冲沙槽、溢流槽、冲沙闸;改建建筑物有引水廊道、原泄洪冲沙闸。主要建筑物平面布置见图 1。

曲条面引水渠首各组成部分的作用及功能如

下:

2.1 浆砌石护底整治段和进口挡沙坎

为了使取水口上游河段具有稳定的河床宽度,降低河床糙率,利于冲沙,且保证溢流槽流量,需要对上游河床、河滩及河岸采取综合整治措施。本次设计中,在冲沙闸上游 70 m 内及取水口前端河底,采用 30 cm 厚 C20F200W4 细石混凝土砌石护底,在挡沙坎前端右岸修建护堤。

利用弯道凸岸沉沙、凹岸引水的原理,在条形冲沙槽进水口前修建曲线形挡沙坎,采用曲面引水实现第一级水沙分离,使凹岸表层较清的水流进入条形冲沙槽。为保证曲线型挡沙坎具有良好的横向环流及水流稳定条件,浆砌石护底整治段后的曲线型挡沙坎总长 50 m 。

2.2 冲沙槽和溢流槽

凹岸表层较清的水流进入条形冲沙槽后,由于条形冲沙槽末端的冲沙闸门关闭,形成壅水,水流流速降低,致使泥沙在重力作用下下沉,形成淤积。表层清水自然溢入相邻的溢流槽内,然后进入引水廊道引入干渠,实现第二级水沙分离。

根据第二级水沙分离的原理,采用冲沙槽、溢流槽垂直于廊道相间布置的方式,经计算长引水廊道上可布置 7 条条形冲沙槽,6 条溢流槽。

7 条条形冲沙槽的起始端为曲线型挡沙坎,末端为冲沙闸,长度不等,均为梯形断面。6 条溢流槽的末端和条形冲沙槽一致,起始端为末端向前 12 m 的位置,矩形断面。

2.3 冲沙闸和渡槽

7 条条形冲沙槽末端各设 1 孔冲沙闸,用于第二级水沙分离。当条形冲沙槽内泥沙淤积到一定厚度时,开启闸门,水流携带泥沙经渡槽流入河道下游。闸墩上放置手电两动启闭机。

在 7 条条形冲沙槽末端的冲沙闸后接渡槽,为矩形无横杆渡槽。

2.4 引水廊道

经过第一级、第二级水沙分离的清水最终汇集到引水廊道,然后引入阿韦滩干渠。原有廊道经改建,把廊道上的栅条去除,在原来的基础上增加 0.2 m 即可实现引水流量 $3.0\text{ m}^3/\text{s}$ 至阿韦滩干渠。

2.5 原泄洪冲沙闸

原渠首冲沙闸目前运行良好,仍可正常使用,所以无需改造。

2.6 左岸溢流堰

水流进入冲沙渠后,由闸门控制形成雍水,造成

$$Q = \mu_0 b e \sqrt{2gH_0} \tag{4}$$

$$\mu_0 = 0.60 - 0.18 \frac{e}{H} \tag{5}$$

3.4 溢流槽

在设计洪水和校核洪水流量时,均淹没。经判断,满足 $2.5 < \delta/H < 10$ 范围,则为宽顶堰,按宽顶堰流量公式进行计算:

流量公式:

$$Q = \sigma \epsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2} \tag{6}$$

侧收缩系数:

$$\epsilon = 1 - 0.2 [\xi_k + (n - 1) \xi_0] H_0 / nb \tag{7}$$

流量系数(直坎):

$$m = 0.33 + 0.01 \frac{3 - P/H}{0.46 + 0.75 P/H} \tag{8}$$

以上计算公式中: Q 为泄洪流量(m^3/s); H 、 H_0 为堰前水头(m); B 、 b 为闸孔、堰净宽(m); e 为闸孔开启度(m); g 为重力加速度($9.8\text{m}/\text{s}^2$); R 为弧形闸门半径(m); h_μ 为弧形闸门转运轴距闸床高度(m); n 为闸孔数; m 为流量系数; μ_0 为流量系数; σ 为淹没系数; ϵ 为侧收缩系数。

各建筑物过流能力计算结果见表 1。

经计算,改建后渠首各建筑物总的泄洪流量均能满足设计和校核要求。

表 1 渠首各建筑物泄洪组合表

泄洪组合	水位/m	泄流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$			
		溢流堰	冲沙闸	冲沙渠	溢流槽
设计	851.48	192.02	59.62	29.96	130.24
校核	851.78	312.72	64.72	33.07	158.49

4 曲条面引水渠首冲沙效果

工程建成后,通过第一级、第二级的水沙分离,最终验证了新型渠首——曲条面引水渠首“引水排沙、水沙分离”的效果,两级分沙见图 2。



图 2 两级水沙分离图

4.1 第一级水沙分离——曲线形导沙坎

曲条面引水渠首利用弯道凸岸沉沙、凹岸引水的原理,在条形冲沙槽进水口前修建曲线形挡沙坎,使河道的水流沿曲线形挡沙坎呈弧线前进,将河道泥沙带到河道的原泄洪冲沙闸前,冲入下游河道,实现第一级水沙分离,使凹岸表层较清的水流进入条形冲沙槽。运行效果见图 3。

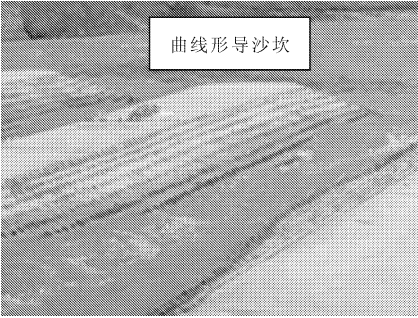


图 3 第一级水沙分离

4.2 第二级水沙分离——条形冲沙槽和溢流槽

由于条形冲沙槽末端的冲沙闸门关闭,形成壅水,水流流速降低,致使泥沙在重力作用下下沉,形成淤积。表层清水自然溢入相邻的溢流槽内,然后进入引水廊道引入干渠,实现第二步水沙分离,见图 4。当条形冲沙槽内泥沙淤积到一定厚度时,开启闸门,水流携带泥沙经渡槽至导流渠流入河道下游。



图 4 第二级水沙分离

水从条形冲沙槽流入溢流槽中去,溢流槽双向溢流面进水的冲沙效果,实现第二步水沙分离。上层清水顺着引水明渠最终进入引水廊道,由引水廊道将水流汇集在阿韦滩干渠中,见图 5。

第二级水沙分离后,清水由引水廊道引入下游阿韦滩干渠,泥沙在冲沙闸前淤积。经观测,常规流量下,闸前泥沙淤积 3 d 的量,冲沙时间平均在 12 min 左右。闸门打开,泥沙冲洗过程见图 6。

闸门打开的时候,泥沙经冲沙闸下泄,冲沙后的水携沙经冲沙泄槽带向下游,冲沙过程见图 7。

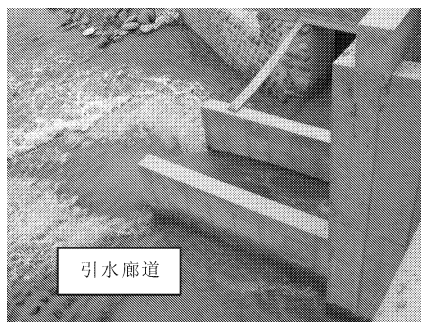


图5 水流汇入引水廊道



图6 开闸冲沙过程图

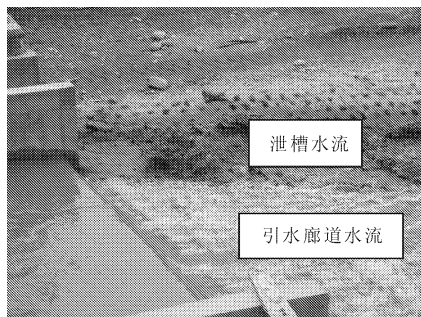


图7 泄槽和引水廊道水流对比图

图7为汛期河道泄洪时引水廊道溢出来的水流和泄洪冲沙闸门打开时泄槽后水流的对比照片。从照片中可以看出:经过两级水沙分离,引水廊道中溢出的水明显清于从泄槽出来的浑水,所以充分体现两级水沙分离的良好效果。

5 曲条面引水渠首运行管理

本渠首是在原底栏栅渠首基础上改建的新型渠首。原底栏栅渠首不能拦阻粒径小于栅条间隙的泥沙进入引水廊道。而且杂物、大石头会卡在栅条上,使过栅水流流量降低。虽然栏栅设计的能过小石头,但卡在上方的石头,特别是河道泄洪时很多无法预测的大石头砸在栏栅上,容易造成栅条破裂。而且底栏栅栅条固定在嵌槽内,清淤及检修不方便。每次人工清理石头等杂物,上游等都要停水清沙,不

但极大不便,而且无法满足下游灌溉需要。

本曲条面引水渠首采用7条条形冲沙槽与6条溢流槽相间布置,7条条形冲沙槽后布置7孔泄洪冲沙闸。在常规工况下,7条条形冲沙槽中,有2孔泄洪冲沙闸门打开,即2条条形冲沙槽用于平时冲沙,5条条形冲沙槽引水。经计算,如按上述工况运行,冲沙间隔时间为3d,即闸门关闭3d闸前淤积的泥沙平均需要12min即可全冲干净。工程建成后,经实际观测,冲沙间隔、时间和计算结果基本一致。

本曲条面引水渠首相对传统渠首最大的特点是两级水沙分离、运行管理方便。相对传统底栏栅无法预测的大石头砸在栏栅上,容易造成栅条破裂,而新型曲条面引水渠首在第一级分沙时就将河道泥沙等推移质带到河道的原泄洪冲沙闸前,冲入下游河道,将大石头等排除在外。第二级分沙除了上述常规工况下引水冲沙,还可根据实际情况进行相应的调节,将泄洪冲沙闸前泥沙全部带到下游,避免了传统底栏栅为了清沙上游等都要停水带来的不必要的麻烦。

6 结 语

曲条面引水渠首是在阿韦滩原底栏栅式引水渠首改造过程中提出的一种新型引水渠首。该实用新型渠首利用弯道凸岸沉沙、凹岸引水的原理,通过两级水沙分离“引水排沙、水沙分离”,再取上层清水,实现了阿韦滩渠首改造的成功。

该新型渠首在运行期间冲沙效果明显,通过两级的水沙分离过程,实现了方便顺畅地引水、排沙,水沙分离效果,明显改善了阿韦滩渠首工程运行中存在的问题,为今后该新型渠首推广应用奠定基础。该新型渠首通过运行管理发现一些问题,因此在运行管理中如何进行科学调度需要不断深入研究。建议随着运行时发现的问题逐渐改良该渠首,相信通过进一步完善和发展后,该渠首应该是一种很有发展前景的新型引水排沙渠首。

参考文献:

- [1] 张立德.新疆引水渠首[M].新疆:新疆人民出版社,1994:31-38.
- [2] 高亚平,何晓宁,等.新疆呼图壁河灌区续建配套与节水改造工程2005年实施方案[R].新疆:新疆兴利水利水电勘察设计所,2007:32-33.