

涡管排沙式沉沙池的工程应用

——以新疆金沟河渠首电站为例

刘焕芳, 张开泉

(石河子大学工学院, 新疆 石河子 832003)

TV673-1

12
42-44

摘要:简述涡管排沙式沉沙池的设计思路,结合新疆金沟河渠首电站,介绍涡管排沙式沉沙池的原型观测结果,并对沉沙池的运用效果进行了分析。工程实践表明,涡管排沙式沉沙池构造简单,运行可靠,造价低廉,有较好的沉沙及排沙作用,可用于排除水电站引水渠道中的悬移质泥沙。

关键词:沉沙池;涡管;排沙;悬移质;分选沉降

中图分类号:TV673+.1

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)04-0042-03

新疆河流大多数属山溪性河流,河流纵坡大,适宜于开发水能资源。从山溪性河流引水发电,虽经渠首、沉沙池及压力前池对泥沙进行逐级处理,但含沙量仍有相当数量,泥沙过机造成水轮机过流部件磨损,而且泥沙颗粒给气核造成依附条件,使空蚀更容易发生。所以,多泥沙电站的水轮机部件损坏严重,检修周期短,转轮补焊及部件更新给电站造成巨大的经济负担,成为水电站运行中的棘手问题。

金沟河发源于天山北坡的依连哈比尔尕山,河源高程4678m,河流全长124km。源头至红山头出口长83km,河流纵坡1/30~1/100,多年平均径流量为3.24亿m³,径流主要以冰川消融补给为主,降雨补给次之,属山溪性多沙河流。据八家户水文站观测资料,金沟河多年平均悬移质输沙量65万t,输沙量主要集中在6~9月。金沟河无推移质输沙资料,根据北疆其他河流资料,推悬比约在10%~15%之间。

沙湾县于1979年在金沟河红山头以上34km处建成一级水电站(装机3800kW),1986年紧接一级水电站尾水建成青年电站(装机1580kW)。金沟河一级水电站建设时,由于资金不足,未建永久性渠首,已建成的临时渠首设施很不完善,只能利用泄洪冲沙闸和前池冲沙孔冲沙,结果小于2mm的泥沙挟带在水中进入压力钢管。由于金沟河含沙量大,沙粒中绝大多数是硬度极高的石英砂,因此泥沙对水轮机造成严重磨损,每年洪水期之后,均要对一级电站的3台水轮机过流部件(转轮、导叶、上下盖板等)进行更换,青年电站则每年大修一次,其年修理费在20万元左右。1983年在一级电站临时渠首至电站引

水渠之间修建简易沉沙池一座,1991年在该沉沙池进口建成螺旋流排沙涡管,初步改善了大颗粒泥沙进渠的情况,但粗沙以下的泥沙仍能入渠,进入电站机组,水轮机磨损未见减轻。经有关专家会商,认为水轮机的磨损主要是悬移质中较粗颗粒造成的,不控制悬移质入渠,便不能防止泥沙的危害。

金沟河渠首电站位于一级电站上游4.5km处,为上一级梯级,1996年动工兴建,1997年工程竣工,第一台机组发电,1998年3台机组全部装机发电(装机7500kW)。在设计渠首水电站时,吸取了一级水电站建设和运行的经验教训,选择了比较好的引水防沙渠首,注重了对入渠泥沙的处理,采用涡管排沙式沉沙池处理悬移质泥沙。这种沉沙池具有连续冲洗式沉沙池的优点,即冲沙时不需要中断供水,但结构简单,运转灵活。为了验证沉沙池运行的可靠性与进一步对设计进行修正,沙湾县电力公司委托石河子大学进行了涡管排沙式沉沙池的试验研究^[1],结果证明这种沉沙池沉沙排沙效率高,在工程上是可行的。

1 泥沙处理的设计思想

1.1 泥沙处理体系

金沟河是典型的山溪性河流,多粗颗粒泥沙,但水沙一般对应,可充分利用汛期多余洪水实行水力冲沙。从山溪性河流引水发电,既有推移质泥沙问题,又有悬移质泥沙问题,结合金沟河的实际情况,确定了对不同粒径的泥沙采用不同的方式进行三级处理的设计思想。

作者简介:刘焕芳(1965—),男,河南禹县人,副教授,硕士,从事河流泥沙及水工模型试验的教学及研究工作。

第一级,电站引水枢纽采用底栏栅式渠首,将粒径大于 20 mm 的卵石、砾石排泄到原河道中,可保证大于 20 mm 的推移质泥沙不进入取水口。

第二级,在电站引水渠 0+125 处,设两道直径 300 mm,一道直径 200 mm 的螺旋流排沙涡管,处理入渠推移质泥沙,将粒径小于 20 mm 的推移质泥沙经涡管排泄到原河道中。这 3 根涡管可将进入干渠 1~20 mm 的推移质泥沙基本排除,并可排除部分粗颗粒的悬移质泥沙。

第三级,泥沙经过以上两级处理后,余下粒径小于 1 mm 的悬移质泥沙由涡管排沙式沉沙池工程进行处理。

1.2 沉沙池设计思想

涡管排沙式沉沙池是以悬移质分选沉降规律为基础,与涡管排沙技术相结合设计建成的一种沉沙池。进入沉沙池的泥沙主要是悬移质,根据长期实际观测及调查研究,对水轮机过流部件磨损起主要作用的是悬移质中的较粗部分,通称有害粒径。一个水电站有害粒径的确定,与水流中含沙量的多少、沙粒的成分、水电站水头的高低及水轮机的型式有关。含沙水流进入沉沙池后,由于过水断面逐渐扩大,流速显著降低,水流挟沙力大大减小,从而改变了原有的水流泥沙运动状态,使悬移质中较粗的部分相继转化为推移质。这部分泥沙在沉落到池底后将被涡管排出。泥沙在沉沙池中顺水流方向是沿程分选沉降的,不同粒径组泥沙沉落在池底的位置不同,因此,沿沉沙池长度方向要分设几道涡管。另一方面,尚未转化为推移质的悬移质泥沙沿垂线的分布也发生了变化,总的规律虽仍是上稀下浓,上细下粗,但更向渠底集中了。利用涡管从底部分流的性质,便可用较小的分流比排走较多较粗的悬移质泥沙^[2]。这就是我们所拟定的悬移质涡管排沙式沉沙池的排沙模式。

从沉沙池排除悬移质中有害泥沙这一最基本要求出发,利用一扩大了断面尺寸的梯形渠道作为沉沙池,末端设一长溢流堰从沉沙池含沙水流表层提取含沙量较小的表层水流。在沉沙池底部设几道涡管用来排除沉降到池底和临近池底的泥沙。各涡管均设闸阀以司启闭,汛期泥沙多时可连续排沙,不中断供水,我们称这种可连续排沙的沉沙池为涡管排沙式沉沙池。

2 沉沙池主要工程特性

沉沙池工程由上游渠道、沉沙池进水闸、沉沙池池身、排沙涡管及溢流堰等部分组成,工程布置见图 1。

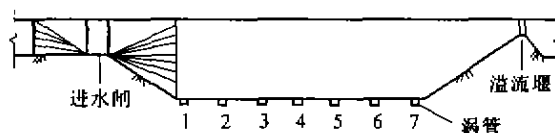


图 1 沉沙池工程布置示意图

沉沙池上游渠道为混凝土衬砌的梯形渠道,设计流量为 $15 \text{ m}^3/\text{s}$,渠道底宽 5 m,边坡系数 $m = 1.5$,底坡为 $1/200$,糙率 $n = 0.017$,渠中水深为 1.45 m,其后接沉沙池进水闸及冬季分水闸。

沉沙池为一扩大的梯形断面渠道,边坡采用护坡衬砌,不按挡土墙设计。沉沙池底宽 2.5 m,水深 3.9 m,边坡系数 $m = 1.5$,糙率 $n = 0.017$ 。沉沙池池底水平,池身长 54 m,上经扭曲面同沉沙池进水闸衔接,扭曲面水平长度 15 m,下经缓坡面同溢流堰衔接。沉沙池设计流量为 $15 \text{ m}^3/\text{s}$,挟沙水流进入沉沙池后,所挟泥沙在池中分选沉降并向池底集中,由设置在沉沙池底部的 7 排涡管排除,排沙设计总流量为 $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (即沉沙池中涡管的总分流比为 14%)。

涡管采用内径为 25 cm 的钢管(第一排涡管内径为 30 cm),涡管轴线与水流方向垂直,布设在池底上,开口与池底齐平,涡管开口宽度为 10 cm,7 排涡管沿水流方向在池底等间距布置,每道涡管出口都通向排沙明渠。

沉沙池内的表层清水经溢流堰进入下游电站引水渠道,溢流堰溢流长度为 23 m,设计流量为 $12.9 \text{ m}^3/\text{s}$,堰顶水头为 0.5 m。

3 沉沙池运行原型观测

涡管排沙式沉沙池于 1997 年 5 月建成,为了检验沉沙池的排沙效果,沙湾县电力公司委托石河子水文水资源勘测大队对金沟河渠首电站涡管排沙式沉沙池进行了水文泥沙原型观测及泥沙颗粒分析,最后对涡管排沙式沉沙池的沉沙排沙作用进行了水文评价,测验的上断面取在沉沙池上游 100 m 处,下断面设在沉沙池溢流堰下游 30 m 处,测验方法及手段同一般水文站网,测验结果可归纳如下:

a. 涡管分流比。9 组实测资料统计结果表明,在各涡管均系全开情况下,沉沙池涡管排沙平均总分流比为 14.6%,略大于设计的 14%,这是因为原型观测阶段入渠流量为 $9.43 \sim 12.6 \text{ m}^3/\text{s}$,小于设计流量 $15 \text{ m}^3/\text{s}$ 。入渠流量越小,分流比越大。

b. 沉沙池涡管截沙率。8 组沉沙池涡管截沙率原型测验的总截沙率平均值为 30.7%,其中 0.5 mm 以上粒径组 100% 排除,0.5~0.25 mm 粒径组平均排除 81.4%,0.25~0.1 mm 粒径组排除 44.6%。总截沙率 30.7%,远小于模型试验中 80% 以上的总截

沙率,究其原因,模型试验中所用悬移质为天然河道中的悬移质级配(见表1),而原型观测中沉沙池进口的悬移质已经过两级泥沙处理,尤其是在0+125处有3根排沙涡管,除将砂砾石推移质排除外,也排除了大部分悬移质中的较粗颗粒,结果造成沉沙池进口泥沙较细,原型实测总截沙率小于模型试验值。由表1比较上下断面的泥沙级配,可知下断面的泥沙比上断面细得多,下断面中粒径大于0.25 mm的泥沙仅占4.4%,即大部分有害粒径泥沙已在沉沙池中沉降、排除,其对水轮机的磨损危害已基本消除。

表1 天然河道悬移质及上下断面泥沙颗粒级配

粒径 d/mm	小于某粒径的沙重百分比/%		
	天然河道	上断面	下断面
0.005		3.70	3.90
0.01		8.80	5.30
0.025		13.30	10.80
0.05		19.70	31.60
0.10	0.25	39.60	61.70
0.25	13.35	82.30	95.60
0.50	77.85	98.00	100
1.00	97.15	100	
2.00	100		
d_{50}	0.420	0.128	0.080

4 沉沙池运用效果分析

涡管排沙式沉沙池未投入运行前,电站前池冲沙闸在洪水期每天均需开启1~2次排沙,每次排沙均需停机,电能损失严重,而且悬移质泥沙问题未能解决,造成水轮机过流部件经过一个洪水期就全部被破坏,需更换新配件。水轮机的止水盘根每2~3 d就要更换1次。沉沙池运行后,前池冲沙闸只需6~7 d冲1次沙(由渠岸掉入渠中泥沙),止水盘根延长为20余天更换1次,既节约了资金,又节省了人力,同时也减少了因停机更换盘根而损失的电量。从水轮机轮叶的磨损来看,1998年10月中旬拆机检查,发现渠首电站水轮机基本上无磨损现象,但有明显的空蚀痕迹,轮叶上有麻点及鱼鳞坑,说明悬移质泥沙经涡管排沙式沉沙池处理后,对水轮机大有好处,可以大大延长水轮机的检修周期。

一级水电站引水渠除供电站发电外,每年还要向下游八家户乡输送650万 m^3 的灌溉用水。修建涡管排沙式沉沙池前,因水流挟带大量悬移质泥沙,八家户乡引水干渠及其以下的支斗渠产生严重淤积,八家户乡每年要派大量的人力、物力进行渠道清淤,甚至土地也有沙化现象。沉沙池运行后,只有粒径小于0.25 mm的粉沙被带到田间,对农田无害,免除了

渠道清淤工作。

1998年11月19日,自治区水利厅组织专家对金沟河渠首电站泥沙多项处理技术的应用课题进行了鉴定。鉴定认为:研究成果整体上属国内先进水平,其中创新设计的涡管排沙式沉沙池,根据泥沙在沉沙池中分选沉降原理,将悬移质在沉沙池中转化为推移质,由涡管排除泥沙中的有害粒径,解决了水轮机磨损问题,此项成果属国内首创。经过多项泥沙处理技术的应用,将水轮机的大修期由1年延长到3年,每年共三个梯级电站节约开支与多发电量所得的经济效益达107.63万元,取得了很好的应用效果和突出的经济效益。

5 结 语

涡管排沙式沉沙池应用悬移质在沉沙池中分选沉降的特性,用涡管将有害泥沙分组排除,并在排沙的同时可保证连续供水。按此原理设计的金沟河渠首电站沉沙池已建成运行了2年,原型观测资料及工程应用表明,涡管排沙式沉沙池的运行效果是良好的,达到了设计要求,泥沙对水电站的危害基本消除。这种沉沙池的成功应用,为山溪性多泥沙河流的引水式电站解决悬移质泥沙问题探出了一条新路,其基本方式具有广阔的应用前景,具有较大的推广价值。这种沉沙池建筑构造及施工都不复杂,投资少,省水,能连续供水,运行管理也方便可靠,不仅在水电站上可以应用,在灌溉渠道及城镇、工业用水初步处理上也可应用,只不过需根据排除泥沙粒径的要求增加沉沙池的长度和溢流堰的长度。

参考文献:

- [1] 刘焕芳,张开泉.水电站引水渠上涡管排沙式沉沙池试验研究.水电站设计,1997,13(4):55~60.
- [2] 刘焕芳,张开泉.悬移质涡管排沙分析.人民黄河,1995(1):1~4.

(收稿日期:1999-03-01 编辑:熊水斌)

(上接第39页)

参考文献:

- [1] 张迎春.自由临界水跃长度的探讨[J].中国农村水利水电,1997,180(10):38~41.
- [2] 郭子中.消能防冲原理与水力设计[M].北京:科学出版社,1982.
- [3] 唐山铁道学院水力学教研组.水力学[M].北京:人民铁道出版社,1961.

(收稿日期:1999-03-10 编辑:张志琴)