

小浪底水利枢纽工程预防泥沙淤堵和磨蚀的工程措施

陈怡勇

(小浪底水力发电厂,河南 济源 454681)

摘要:介绍小浪底水利枢纽在工程建设上预防泥沙淤堵和泄洪流道与水轮机预防高速含沙水流磨蚀所采取的工程措施.其中,预防泥沙淤堵采取的工程措施主要有:进水口集中布置,泄洪洞增加事故闸门,充水平压装置采用旁通管道充水,增加高压冲沙装置,在发电尾水洞出口布置防淤闸,机组技术供水在汛期采用地下清水供水;水轮机采取涂敷防护材料预防高速含沙水流的磨蚀.

关键词:泥沙淤堵;泥沙磨蚀;小浪底水利枢纽

中图分类号:TV61

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2004)01-0047-02

小浪底水利枢纽工程位于黄河中游最后一个峡谷的出口,是三门峡下游唯一能够取得较大库容、在治黄中具有重要战略地位的工程.枢纽由拦河大坝、泄洪排沙、引水发电等建筑物组成.坝址以上控制黄河流域面积的92.3%和近100%的输沙量,多年平均输沙量13.5亿t,平均含沙量 37.3 kg/m^3 ,实测瞬时最大含沙量达 941 kg/m^3 ,水库总库容126.5亿 m^3 ,其中防洪库容40.5亿 m^3 ,调水调沙库容10.5亿 m^3 ,拦沙库容75.5亿 m^3 .

小浪底水利枢纽工程以其优越的地理位置和巨大的库容,取得了“以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉、发电,蓄清排浑,除害兴利,综合利用”的巨大效益.在减淤运用方面,水库运用前期利用水库拦沙库容可拦蓄泥沙约100亿t,加上水库调水调沙的作用,水库初期50年内平均减淤效益相当于下游河道20年不淤积抬升,从而为综合治理黄河赢得宝贵时间.

1 预防泥沙淤堵的工程措施

1.1 进水口集中布置

小浪底水利枢纽工程共布置9条泄洪洞(其中3条排沙洞、3条明流洞、3条孔板洞)和6条引水发电洞、1条灌溉洞,根据工程地质和地形条件,全部布置在左岸山体中.为预防泥沙淤堵和排沙需要,洞群进水口布置在一字形排列紧密相靠的10座进水塔内.进水口高程高低错落、间隔排列,排沙洞进口高程最低为175m,3号明流洞进口高程最高为225m,发电洞进口高程位于中间,这样形成了低孔位排沙、中孔位引水发电、高孔位排漂、排污的进水口布置形式,起

到了防止泥沙淤堵和相互保护的作用.

同时将2条发电洞和1条排沙洞的进水口形成倒品字形组成一座进水塔,排沙洞进水口布置在低层175m高程,发电洞进水口布置在排沙洞正上方190m和195m高程.泥沙沿垂线分布有“上稀下浓、上细下粗”的特点,此种布置排沙洞将较粗颗粒的高含沙量水流排向下游,发电洞进口较高,引水含沙量小,减少了过机水流含沙量.

1.2 泄洪洞增加事故闸门

根据泄洪洞检修和运用要求,一般泄洪洞布置检修闸门和工作闸门,检修闸门在工作闸门及洞身段检修时挡水,布置于泄洪洞进水口处;工作闸门控制下泄流量,根据不同运用要求,分别布置于不同位置,排沙洞布置在出口段,明流洞布置在进口段,孔板洞布置在中间段.小浪底水库如果采用工作闸门挡水,在排沙洞和孔板洞内会淤积大量的泥沙,影响泄洪洞的运行.为预防泥沙淤堵泄洪洞,在检修闸门后布置了事故闸门.事故闸门为平面定轮闸门,运用条件为动水闭门、静水启门.正常条件下,事故闸门关闭挡水挡沙,工作门开启,当需要泄水时,先关闭工作闸门,向泄洪洞充水平压,使事故闸门上下游水位差达到设计要求后,再静水开启事故闸门,后开启工作闸门泄水;当需要停止泄水时,先关闭工作闸门,在静水条件下关闭事故闸门,后开启工作闸门将洞内水放空,预防泥沙沉淀淤堵.事故闸门动水闭门的运用条件是在泄洪洞或工作闸门发生事故时动水关闭,切断水流,防止事故扩大.这种事故闸门挡水工作方式,与排沙洞和孔板洞工作闸门挡水工作方

式相比,避免了工作闸门前洞身段泥沙淤堵情况的发生,保证了泄洪洞的正常运行。

1.3 充水平压装置采用旁通管道充水

小浪底水利枢纽工程事故闸门和检修闸门的运用条件均为充水平压后静水启门,在清水河上充水平压多采用在闸门上设充水平压阀的方式,如果在小浪底水利枢纽工程的闸门上设置充水阀,易受泥沙淤堵,造成开阀困难。经过多方论证,采用了旁通管道方案,以小开度提门充水作为备用措施。

充水旁通管道的取水口布置在正常死水位 230 m 高程以下和最高淤积面 187 m 高程以上,取水口分上、下两层,分别比排沙洞的进口高程高出 25 m 和 50 m,根据水库水位和泥沙淤积情况分别从不同高程取水,同时将发电洞、排沙洞、孔板洞和明流洞的充水管道横向连接起来,形成一个上下左右的充水网络,互相补充,互为备用,保证了充水的可靠性,同时预防了泥沙淤堵。

1.4 增加高压冲沙装置

为了预防闸门被泥沙淤死,造成启闭机大量超荷而无法正常工作开启闸门的情况发生,小浪底水利枢纽工程总结其他工程的经验教训,在排沙洞、孔板洞事故闸门前的闸墩内增设了高压冲沙装置。高压冲沙装置引高压清水向下射向淤积泥沙,清水引自 290 m 高程清水池,敷设专用高压管道,在进水塔内通过加压泵到各进水口阀门室与高压水枪喷嘴接通。在提升闸门前,通过高压水流冲疏淤积泥沙,保证顺利开启闸门。

1.5 在发电尾水洞出口布置防淤闸

小浪底水利枢纽工程在汛期通过泄洪洞向下游排泄高含沙量水流,高含沙量水流不能用于发电,发电机组将停机。为了预防下游高含沙量水流进入发电尾水洞产生淤积从而影响尾水洞的运行,在尾水洞出口布置了防淤闸。防淤闸共 6 扇,挡水面为下游,将通过泄洪洞的高含沙水流挡在尾水洞以外。当机组发电过流时,防淤闸是开启的,当机组停机时,防淤闸关闭,预防高含沙水流进入尾水洞。

1.6 机组技术供水在汛期采用地下清水供水

小浪底机组运行时冷却及润滑用水分为汛期和非汛期两种运行方式,非汛期采用机组压力钢管引水,经减压后自流提供技术供水;在汛期由于压力钢管引水含沙量大,不能满足技术工作的需求,改用清水池供水方式。清水池由地下水源井供水到电站外清水池,自流提供技术供水,经回水池重新回到清水池,与水源井提供的补充水混合循环使用。以地下水提供清水池供水方式解决了机组汛期技术供水问题。

2 预防高速高含沙水流磨蚀的工程措施

2.1 泄洪洞采取的抗磨蚀措施

泄洪洞在汛期泄洪时,夹有大量泥沙的高速含

沙水流流速达到 33 m/s 以上,泥沙的存在加重了水流对洞身的空蚀和磨损,为此采取了以下抗磨蚀措施:①隧洞的衬砌材料选用了抗磨蚀能力较强的 C70 硅粉混凝土;②严格控制混凝土表面平整度,平整度标准为 F4(U4);③增加掺气通道,在孔板洞工作闸门门孔下游增加掺气通道,在明流洞泄槽段各增加 3 级掺气通道,通过补充气体,减少水流对洞身的空蚀和磨损。

2.2 水轮机涂敷防护材料^[1]

为防止含沙水流对水轮机的磨蚀,水轮机过流部分采用了两种涂敷措施:在流速较低区如座环和尾水锥管入口处,采用聚氨酯材料保护;在高流速区包括导叶、转轮等区域,用碳化钨-钴等材料,在部件加工后进行高速火焰喷涂(HVOF),其技术指标为:材料耐磨指数 5(不锈钢为 1),涂层厚度为 0.3 ~ 0.5 mm,结合强度 60 ~ 70 N/mm²,表面硬度 70 ~ 75HRC,表面粗糙度 Ra 3.2 ~ 64 μm。采取上述措施减少了过机含沙水流对水轮机的磨蚀。

3 利用泥沙淤积减少大坝基础渗漏水量

小浪底水利枢纽主坝为粘土斜心墙堆石坝,采用以垂直防渗为主、水平防渗为辅的防渗体系,上游围堰防渗体和十区防渗铺盖与坝前泥沙淤积连接形成完整的防渗体系。渗流计算表明:若考虑坝前泥沙淤积,渗流量减少约 8.6%。

2000 年 10 月 1 ~ 4 日三门峡水库排沙运用,在小浪底坝前形成了泥沙淤积,在 10 月 10 ~ 11 日,小浪底水库水位未变的前提下,发生了大范围主坝渗压计水头压力大幅下降的情况,最大水头跌落 15 m,后呈缓慢下降而逐渐平稳,同时左右岸渗漏水量减少约 7.5%。由此说明泥沙淤积对大坝基础防渗有一定的效果,起到辅助防渗作用。

4 结 语

小浪底水利枢纽工程的建设开辟了治理黄河的新篇章,但由于黄河高含沙量的存在使小浪底水利枢纽工程的运行管理更加复杂,在今后的运行管理中,要以科学为依据,管好用好小浪底水利枢纽工程,预防泥沙淤积和高速高含沙量水流对工程的不利影响。同时在小浪底水利枢纽工程使下游河道 20 年不抬高的时段内,加紧对黄河进行综合治理。

参考文献:

- [1] 钟光华,张光钧,丁炎.小浪底水电站水轮机抗磨蚀的技术措施[J].水力发电,2000(8):52 ~ 53.

(收稿日期:2003-03-17 编辑:熊水斌)