

汾河二库水电站机组应对蓄水位抬高后的改造方案

张敏杰

(山西省水利水电勘测设计研究院,山西太原 030024)

【摘要】 本文介绍了汾河二库水电站蓄水位抬高的原因,以及对水电站的影响。针对水电站设计水头增加,对水轮机改造进行分析,同时对配套发电机的更新改造情况进行阐述,以期为同类工程提供借鉴。

【关键词】 汾河二库;蓄水位;机组改造

中图分类号: TV72

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2017)09-0074-04

Reconstruction plan of Fenhe No. 2 Reservoir hydropower station unit to cope with water level elevation

ZHANG Minjie

(Shanxi Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute, Taiyuan 030024, China)

Abstract: In the paper, the reasons of storage water level elevation in Fenhe No. 2 Reservoir hydropower station and its influence on hydropower station are introduced. The reconstruction of hydraulic turbine is analyzed in view of designed water head increase in the hydropower station. Meanwhile, the updating and modification of the auxiliary power generator are expounded in order to provide reference for similar projects.

Keywords: Fenhe No. 2 Reservoir; storage water level; unit transformation

1 概述

汾河二库位于太原市尖草坪区与阳曲县交界处。水库总库容 1.33 亿 m^3 , 是汾河上游干流上一座以防洪为主, 兼有供水、发电、旅游、养殖等综合效益的大(2)型水利枢纽工程。汾河二库水电站装机容量 9600kW, 设计年发电量 2350 万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。电站建成投产运行十余年来, 给当地的国民经济发展、工农业生产提供了可靠的电力能源, 产生了较高的经济效益和较好的社会效益。

2 电站设计水头增加的原因

依据《山西省汾河二库技施设计说明书》, 水库正常蓄水位 905.70m, 设计发电水位 890.00m, 最低发电水位 880.00m, 设计尾水位 852.82m。以上水位对应的电站最大水头 51m, 电站设计水头 34.5m, 电站最小水头 24.4m, 电站设计流量 $36.5 \text{m}^3/\text{s}$ 。

从以上特征水位可以看出, 原水轮机设计水头为 34.5m, 对应的设计发电水位为 890.00m。但当电站的最大水头是 51m 时, 对应的水位是水库正常蓄水位 905.70m。

根据山西省政府启动晋祠泉复流工程的工作部署和山西省水利厅抬高汾河二库蓄水位的要求,汾河二库从2014年2月起,有计划地逐渐抬高蓄水位,截至

2015年年底,汾河二库大坝经过帷幕灌浆后,水库蓄水位一直维持高水位。近两年逐日具体蓄水位见表1和表2。

表1 汾河二库2014年(5—12月)蓄水位

日期	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均水位/m	895.97	897.24	898.22	898.44	898.50	899.89	899.20	899.49

表2 汾河二库2015年(1—12月)蓄水位

日期	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均水位/m	897.87	895.44	897.47	899.23	899.60	898.07	896.33	899.08	899.12	896.86	897.06	898.50

从表1和表2可以看出,近两年水库蓄水位维持在897.00~900.00m。水电站的发电水位维持在897.00~900.00m,大多时间在899.00m左右,高于原设计发电水位890.00m,发电水头增加约9m,而且水库蓄水位还会逐步抬高,最终达到设计蓄水位905.70m,发电水头增加约15m。近两年蓄水位比初步设计批复时的设计发电水位平均高9m。为有效利用高水位发电,可增加其设计水头,以完成水电站设计水头值的调整。根据《小型水力发电站设计规范》中规定“水轮机额定水头应按额定水头与加权平均水头的比值在0.85~0.95之间选择,且额定水头不宜高于汛期加权平均水头”,有必要对水电站的设计水位进行修订,修订后的水轮机设计水位为903.00m,对应的设计水头为48.0m。

3 电站水能计算

汾河二库为坝后引水式电站,该次设计水头增加后计算其电站水能。根据《小型水电站水文计算规范》,以丰、平、枯代表年的逐日平均流量进行计算。

按照《小水电水能设计规程》,电站出力采用以下公式计算:

$$N = kqh$$

式中 N ——水流出力,kW;

k ——出力系数,取值8.6;

q ——时段平均流量, m^3/s ;

h ——净水头。

按《小水电水能设计规程》中附录B进行电站水能计算,计算结果见表3,出力保证率曲线如图1所示。

表3 汾河二库水电站水能计算成果

假定装机/kW	发电量/(万kW·h)	利用小时数/h
10000	5143	5143
11000	5415	4923
12000	5637	4698
13000	5813	4472
14000	5953	4252
15000	6073	4049
16000	6172	3858
17000	6215	3656
18000	6324	3513

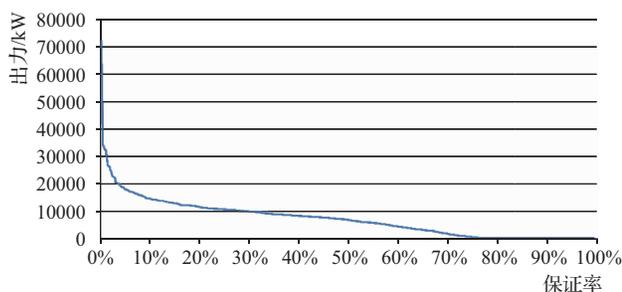


图1 汾河二库电站出力-保证率曲线

电站处径流量主要为汾河二库下泄水量。汾河二库的供水对象包括农业用水、城市生活及工业用水三部分,供水期均可发电。

由图1、表1可知,随着装机容量的增加,年平均发电量增幅减小、年利用小时数降低;从图1看出,在保

证率约为10%时,曲线曲率改变较为明显,表明随着装机容量的增加,发电保证率将很难提高。

根据近年来电站引水流量的变化,结合水能计算结果,确定改造电站装机容量增加到15000kW。单台机容量为5000kW时,其年发电量为6073万kW·h,且年利用小时数达4049h。相比较前三年平均年发电量2950万kW·h,以发电量计算的增效扩容潜力为105.9%。所以该次改造是非常合理和必要的,从理论上是可行的。

4 电站现状及存在问题

根据汾河二库调度运行报告,汾河二库水电站利用灌溉放水进行季节性发电,非灌期一般3个月,年放水时间约为200d。原设计水头34.5m,设计最大引用流量 $36.5\text{m}^3/\text{s}$ 。水电站现安装3台机组,单机容量3200kW,总装机容量9600kW。

目前电站存在以下几个问题:

a. 运行多年以来,机电设备老化严重,多数设备经过几次维修,存在事故隐患,维修周期缩短。电站设备完好率降低,设备运行可靠性降低,机组和电气设备长期得不到维修和更新,主机组、电气设备有老化现象。

b. 机组参数已不适合当前的特征水位,机型选择不合理,机组选型配套不当,装置效率降低,综合能效下降。

c. 不能充分发挥电站应有的效益,浪费大量的清洁能源。

d. 运行维护成本高。由于机组老化,带病运行,大大增加人员的检修劳动强度和运行工作量。

由于以上因素,导致电站效率下降,电能质量下降,不能产生最佳的经济效益和社会效益。

5 电站设计参数改变

水轮机原设计水头34.5m,对应水库水位890.00m,因水库蓄水要求变化,水库水位现阶段保持在899.00m左右,对应水轮机水头约为45m。今后水库水位将保持在902.00~905.00m,对应水轮机水头

约为48~51m,所以规定48m为该次改造水轮机的设计水头,且水轮机在最高水头51m时也可在高效区运行,在最低水头24.4m时也能运行。

原机组由于受发电机出力限制,长期出力在额定功率3200kW左右。

当水轮机水头34.5m、机组发电量3200kW时,设计工况点单位转速为79.8r/m,单位流量1329L/s,模型空化系数0.14,设计工况点如图2中B点,工况点位于模型最优工况点偏右,水轮机安装高程能满足空化性能要求。实际运行工况点额定流量 $10.5\text{m}^3/\text{s}$,单位转速79.8r/m,单位流量1144L/s,模型临界空化系数0.12,导叶开度约为86%。运行工况点如图2中A点。

现阶段水库水位保持在899.00m左右,对应水轮机水头45m,机组发电量3200kW时,单位转速为69.9r/m,单位流量约为820L/s,流量约为 $8.6\text{m}^3/\text{s}$,模型临界空化系数约为0.07;水轮机安装高程能满足空化性能要求,工况点在模型参数以外,严重偏离最优工况点,导叶开度为61%。运行工况点如图2中C点。

根据《晋祠泉复流工程实施方案》,汾河二库水位要逐渐蓄水至设计水位905.70m,当水库水位保持在902.00~905.70m,对应水轮机最大水头为51m,机组功率为3200kW时,单位转速为65.6r/m,单位流量约为720L/s,流量约为 $6.5\text{m}^3/\text{s}$,模型临界空化系数约为0.05。水轮机安装高程能满足空化性能要求,工况点在模型参数以外,严重偏离最优工况点。导叶理论开度约为46%。运行工况点如图2中D点。

由以上分析可以看出水轮机水头为34.5m时,选定水轮机型号HLA551-LJ-125,机组能长期安全稳定运行。

现阶段水库水位保持在899.00m左右,对应水轮机水头约为45m,机组功率3200kW时,工况点在模型参数边沿,偏离最优工况点,导叶开度约为61%,运行数据包括温度、振动、摆动等均在水轮机基本技术条件规定的数值范围内,能够运行,但其主要问题是工况点偏离,效率下降严重,导叶开度较小,导致固定导叶出流角与活动导叶进流角、活动导叶出流角与转轮叶片进口角不相互匹配,产生脱流、空腔汽蚀,出现噪音,严

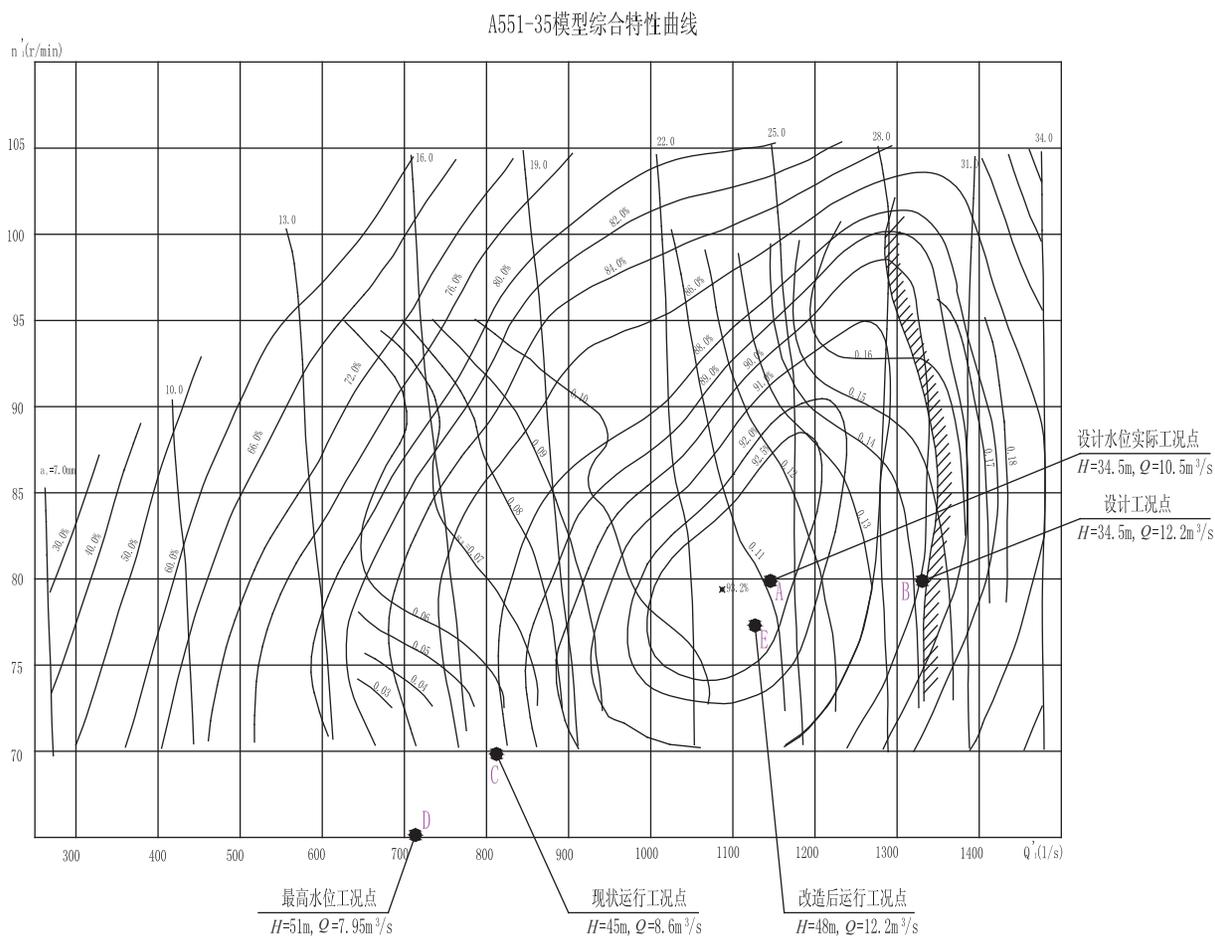


图2 各种工况下的设计工况点

重时出现振动,叶片汽蚀破坏。因此,蝶阀层噪音较大。因导叶开度较小,调速器调节品质较差。运行中主轴密封漏水较大,其原因是主轴密封磨损严重,水头增加时,密封压力增大。因此漏水严重,建议改造。

当水库水位保持在 902.00 ~ 905.00m 左右,对应水轮机最大水头约为 51m,机组功率为 3200kW 时,工况点在模型参数外,严重偏离最优工况点,导叶开度约为 46%,其效率严重下降。导叶开度很小,固定导叶出流角与活动导叶进流角、活动导叶出流角与转轮叶片的进口角会严重不相互匹配,产生脱流、空腔汽蚀,出现噪音及振动,叶片会汽蚀破坏。因此,蝶阀因导叶开度很小,调速器调节品质很差。同时由于水头增加,密封压力进一步增大,漏水会更加严重。

6 水轮发电机组选型

根据修改后电站设计参数,对水轮发电机组设备

进行重新选型。经咨询原生产厂家,要在现有的设计水头($H=40.0 \sim 60.0\text{m}$)条件下选择优秀的水轮机转轮,满足条件的有 HLD74 和 HLA551,经计算单位转数 n'_1 和单位流量 Q'_1 ,分别对应两转轮综合特性曲线。在设计工况下,工作点都位于高效率区内,HLD74 转轮对应的效率为 91.7%,空化系数为 0.13;HLA551 转轮对应的效率为 92.8%,空化系数为 0.11。经比较,HLA551 效率较高,空化系数稍小,该阶段推荐 HLA551 转轮(设计运行工况如图 2 中的 E 点)。受埋入部件蜗壳不更换的限制,水轮机转轮直径不变,仍为 125cm,型号为 HLA551-LJ-125,也是原来的水轮机转轮型号,但是转速比原转速提高,由 375r/min 提高到 428.6r/min。

因发电机功率由 3200kW 增加到 5000kW,受发电机风罩尺寸的限制,发电机定子外径不能改变,发电机基础安装的螺栓位置也与

(下转第 5 页)

台为该填筑层已初步推平但尚未碾压的填筑面,自卸汽车退行进入工作面,不在工作面调头,各填筑作业面安排1人专职指挥车辆,使车辆有序进出工作面。铺土厚度采用打桩和水准测量的方式进行控制,严格控制松铺厚度。

4.2.5 含水率

含水率控制在碾压试验要求规定值。铺土前,对土料含水率进行检测,不在规定值范围内时对其进行含水率调整。当含水率大于施工控制含水率时,对其进行翻晒。当含水率小于规定要求的含水率时,需要加水进行调整含水率;如土料含水量调整超过3%时,采取取土场加水方式增大土料含水率;如土料含水量仅需增加少量时,可采用在结合面直接洒水的方式加水。作业面含水率调整公式为

$$V = \rho_w / (1 + W) (W_{op} - W)$$

式中 V ——单位体积内需要的补充水量,L;

W ——土的天然含水量,%;

W_{op} ——土的最优含水量,%;

ρ_w ——填土碾压前的密度, kg/m^3 。

当采用作业面洒水调整土料含水率时,采用压力水和压缩空气混合以雾状喷出,使洒水均匀;根据施工气温和风速等气象条件来决定土料含水率调整时间。

4.2.6 碾压

碾压采用16t振动碾碾压,碾压时采用进退错距法,行走方向应平行于基坑中心线,行走速度不大于2km/h,振动碾前进一趟为1遍,每1遍碾压轨迹搭接宽度大于0.50m。

4.3 质量检验控制要点

采用环刀法取样,测定干密度值。取样部位应有代表性,且应在面上均匀分布,不得随意挑选,在压实层厚的下部1/3处取样,若下部1/3的厚度不足环刀高度时,以环刀底面达下层顶面时环刀取满土样为准,填筑土料的压实度不小于98%。

5 结 语

在潮河段渠基处理中,依据渠道设计功能要求,通过技术经济比较,选择土挤密桩、强夯、换填等不同的处理方法,经过处理后质量检测表明,其消除了地基的湿陷性、震动液化性。针对临近村庄的渠段采用换填处理措施,消除了强夯施工对村民的噪音干扰和对房屋的破坏影响。通过南水北调工程通水2年运行的检验,证明这些措施对南水北调工程不良地质的处理是有效的,且安全可靠。◆

(上接第77页)原机组相同,要满足功率增加要求,发电机定子和转子的高度必须增加,配套的下导轴承和上导轴承、推力轴承也要更换,其他发电机配套设备也需一同更换,发电机重量有所增加。经过复核计算,原电站发电机厂房结构满足发电机重量增加的承载要求。所以该次增效扩容改造不改变厂房结构尺寸。发电机型号为SF5000-14/2600。

7 电站改造的必要性

a. 汾河二库水电站改造工程完成后,装机容量大大增加,水电站机组效率提高,电网电损降低。改造工程能够促进当地经济的发展。

b. 通过应用先进适用的技术,提高农村水电站的

自动化和信息化水平,提升开发水力资源力度,实现农村电气化建设的要求。

c. 充分利用水能资源,满足河流综合规划和水能资源开发规划要求,努力维护河流健康生命,统筹兼顾当地生产生活用水、环境保护和生态建设的需求。

d. 节能减排,提高水能资源的利用效率,通过效率的提高,生产更多的清洁电力能源,有效减少石化能源消耗,为中国减排温室气体做出贡献。

8 结 语

综上所述,对汾河二库水电站进行增效扩容改造,充分利用天然水能发电,提高电站机组效率,对当地工业、农业及农村电气化建设极为有利。◆