

# 运用水情自动化测报系统对宝珠寺水电站的防洪调度

刘映德

(宝珠寺发电厂, 昭化, 628003)

**提 要** 宝珠寺水电站是在建的四川省大型调峰水电站, 流域地区汛期暴雨频繁。为了及时传递水雨情, 作出水库调洪决策, 建立水情自动测报系统, 对防汛渡汛增发电能都有很重要意义。本文结合宝珠寺电站流域情况和降雨特征, 较为系统介绍宝珠寺水情自动测报系统。

**关键词** 宝珠寺电站 站网规划 通信 水情预报 防洪调度

## 1 前 言

白龙江是嘉陵江上游最大一条支流, 发源于岷山与西倾山之间。由西北流向东南, 于广元市昭化汇入嘉陵江。全长 576km, 面积约 31 808km<sup>2</sup>。

宝珠寺水电站位于白龙江下游, 距河口约 27km, 控制流域面积 28 428km<sup>2</sup>, 占全流域面积的 89%。电站下游 9km 处为三堆坝水文站, 是国家基本水文站。宝珠寺水电站上游 93km 处为碧口水电站, 已于 1975 年蓄水发电。碧口至三堆区间面积为 2 886km<sup>2</sup>。整个流域处于青藏高原和四川盆地相接壤的过渡地带。流域地形变化幅度大。这种地理位置和地形条件, 使本流域的变化在上下游有显著差异, 降雨时空分布不均。上游年平均气温 12℃, 年降雨量为 400~600mm, 下游年平均气温 17℃, 年降雨量 800~1100mm。

建立宝珠寺水电站水情自动测报系统的主要任务是水情数据的实时采集、传输、水情数据的处理、贮存、预报调度、图像显示和防洪分析比较。这些对该电站安全渡汛, 实现洪水预报及合理调度都有很重大意义。

## 2 水文气象特征和工程概况

碧口以下流域属于四川盆地边缘。整个地势偏南倾斜, 山口向东南张开, 有利于西南暖湿气流和西南低涡进入, 在此辐合抬升极易形成大暴雨, 属于川西北暴雨区。每年汛期暴雨频繁。产汇流极快, 流量多达 6 000m<sup>3</sup>/s 以上。其区间洪水主要由暴雨形成, 汛期水量约占全年的 75%, 碧三区间面积虽只占流域控制面积的 10%, 但根据 1957~1981 年实测洪水资料分析, 最大 24h 及最大 72h 洪量均值约占 55% 和 45%, 碧三区间造峰流量可达 70%。可见碧三区间为主要的产洪区。该区间内降雨分布不均, 如流域内各雨量站年最大降雨量洛塘 982.3mm, 青川 1 737.1mm, 三堆 1 808.2mm。区间较大的支流有青川河、大团鱼河、汉道河、刘家河。其中青川河控制面积较大, 是常年暴雨区和产洪区。大团鱼河虽然控制面积大, 但降雨区偏小。但个别年份也可能产生较大洪水, 如 1991 年 5 月份一场洪水通过水位及洪痕调查, 洪峰超过 1 000m<sup>3</sup>/s。区间水系见图 1。

宝珠寺电站的洪水主要由暴雨形成, 峰型可概括为两大类。一类为单峰尖瘦型, 一次洪水过程一天左右, 这种峰型暴雨主要集中在

在碧三区间,强度较大,历时较短,峰型陡峭;另一类是多峰肥胖型,过程可达3~5d,这种洪水暴雨主要集中在碧口以上,大多为全流域降雨。

宝珠寺水电站是发电、防洪、灌溉等综合利用的大型水利枢纽,水库总库容25.5亿 $m^3$ ,库水面67 $km^2$ ,正常蓄水位588m,汛限水位583m。调洪库容7.8亿 $m^3$ ,装机70万kW。

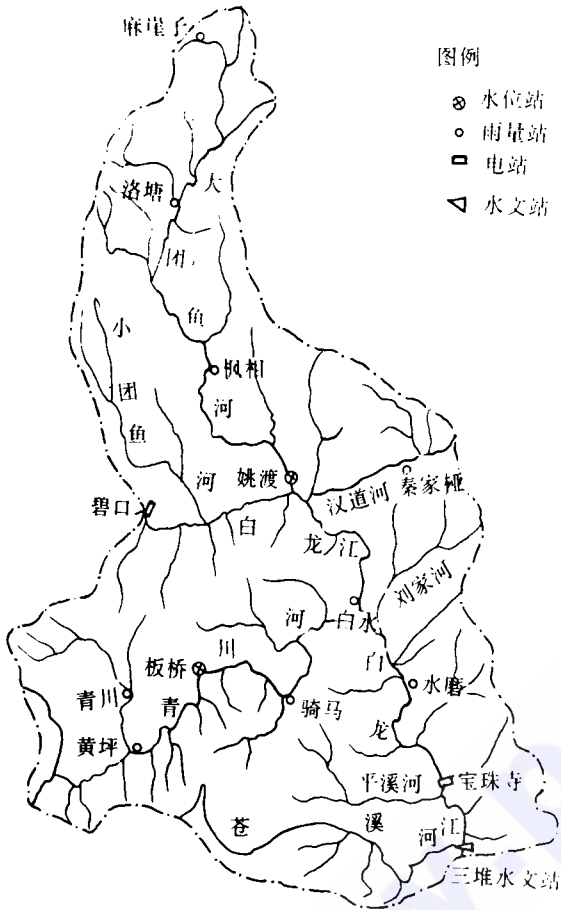


图1 碧口——三堆区间水系图

### 3 建立水情自动测报系统的必要性

宝珠寺水电站是按千年一遇洪水设计、

万年一遇洪水校核,Ⅰ等大型水电工程。承担下游及长江的错峰和调节任务。宝珠寺水电站上游为碧口水电站,该电站坝体为土石坝,防汛标准较低。又是文化大革命期间施工,存在着较多的质量问题,为全国重点防汛对象,电站下游分布着核工业部大厂;宝成铁路跨越白龙江的大桥,为50年代修建,防汛标准也较低,一旦宝珠寺电站防洪失事,损失不可估量。另外,白龙江洪水还将威胁历史古迹昭化镇和大片农田。由此可见宝珠寺水库防洪任务巨大。

按宝珠寺电站设计汛限水位583m,正常高水位588m。系统建成后,将与上游碧口水情自动测报系统连网,了解碧口及以上水雨情。经初步计算,按3h预见期考虑进行计算,可以有计划的将汛限水位提高1m,增发电能0.16亿 $kw \cdot h$ ,提高经济效益上百万元。

由于流域属四川盆地边缘,多为高山峡谷山峰陡峭,植被较好,河谷多为“V”字型河谷,产汇流极快。施工期现行的预报手段,主要是依靠人工观测,再经过短波电台进行水雨情传递。短波常受电离层及太阳黑子等天气影响,难以及时准确传递水雨情,给预报和预见期的准确度带来了许多困难。尤其水电站形成以后,汇流及传播条件大大改变,干支流汇流大大缩短,洪水来势更加凶猛。因此,及时准确作出调洪决策,对安全渡汛都有很大意义。

随着科学技术的进步和发展,水情遥测技术越来越广泛应用于大江大河和水利枢纽工程的洪水预警系统。为适应水电站自动化的需要,1993年我们建立了水情自动测报系统。

### 4 水情预报和预报模型

宝珠寺水电站设计洪水流量10350 $m^3/s$ ,校核洪水流量是16060 $m^3/s$ 。如果系统能及时迅速准确传递水雨情资料,通过对

资料的分析和预报,可以有计划地组织预泄,降低下游组合流量,减轻下游防汛负担。同时,库区内有大片农田,预泄预腾防洪库容也可以减少库区淹没。

根据施工期水情预报经验,3h 单位线从起涨到峰现仅 6~9h,通过降雨预报预见期可达 3~6h。从工程运用和流域情况看,水情预报,除了峰量和峰现外,还应控制整场洪水的来水过程和径流量。因此在考虑预报方案时,主要考虑了区间的产汇流。结合降雨时空分布不均。施工初期我们采用经验单位线法。1989 年我们开始按雨量站划分单元面积,产流计算应用蓄满产流模型,单元面积汇流计算采用纳希瞬时单位线,河道汇流采用马斯京根法计算,通过两年校核,精度基本能满足要求,计算结果见表 1。此方案是计划选择的软件之一,也是现行预报手段。

表 1 三堆水网站预报方案一检验情况

洪号	实测		计算		误差	
	峰量 (m <sup>3</sup> /s)	峰现 (h)	峰量 (m <sup>3</sup> /s)	峰现 (h)	峰量 (%)	峰现 (h)
19800628	4860	12	4230	21	-12.96	-9
19800629	3830	3	4280	8	11.75	-5
19810712	4400	20	4280	21	-2.73	-1
19810713	8960	15	8290	15	-7.48	0
19810822	4260	1	4170	1	-2.11	0
19810823	7100	15	6700	14	-5.63	1
19810902	2530	16	2390	16	-5.53	0
19820901	2530	16	2320	15	-8.30	1
19930907	6540	11	6720	11	2.75	0
19930921	1400	18	1580	13	12.86	5
19840622	4810	11	3970	10	-17.46	1
19840712	2930	14	2950	12	0.68	2
19840803	4710	11	4700	11	-0.21	0
19850629	1910	19	1960	18	2.62	1
19850913	2510	16	2160	11	-13.15	5
19880723	4370	18	4180	18	-4.35	0
19880803	2960	8	2860	9	-3.37	-1
19890926	5510	11	5590	13	-1.45	-2
19900706	6260	15	6050	15	-3.35	0

新安江模型是基于新安江水电站预报研制出来,在水电站中使用较为广泛的模型之

一。它充分考虑了降雨时空分布不均,划分水源更符合土壤含水量垂向分布。此项工作计算正在进行,也是我们选择的软件之一。

西北院基于宝珠寺流域情况,现在着手按单元面积划分,采用单元流域划分法,产流模型应用复合产流模型,单元流域汇流采用移滞模型,河道汇流采用马斯京根模型进行研制。也是选择的软件之一。

现行的预报手段和研究,是按天然情况率定的产汇流参数。库区建成以后,淹没了天然河道,形成人工湖泊,使水深及水面积大大增加。白龙江主河道回水长达 70 多 km,另两大支流青川河,大团鱼河距坝址回水长均达 50km 以上。宝珠寺入库洪水由两部份组成:一是碧口水库泄水;另一部份是区间来水。洪水到达水库边界形成入库洪水,洪水进入水库以后由于未受天然河道河槽调蓄作用,使得洪水波传播速度较快,加之流量组合上的差异。因此,入库洪水的过程总比天然过程峰型略瘦,峰值较高,峰现提前,相应其预见期缩短。而目前,库区没有形成,没有对比资料,未进行深入研究和探讨。

洪水预报调度包括水文数据处理、预报调度模型和防洪分析。它是水利水电工程中一项非工程措施,是防汛渡汛的重要手段。特别是近十年来,水情信息的传输、预报手段和预报模型都有很大突破。

洪水预报调度自动化系统是建立在常用微机上,依据流域上实时暴雨信息,能比较准确地预报水电站的入库流量过程,及时作出防洪调度。其主要应用软件包括:

1. 脱机编制洪水预报方案;
2. 联机进行实时洪水预报;
3. 洪水调度和防洪分析(流程框图见图 2)。

当实时发生降雨时,计算机接受超短波雨洪信息,同时,考虑到碧口水库蓄泄,在碧口水调室分中心站又设置人工键入信息软件。

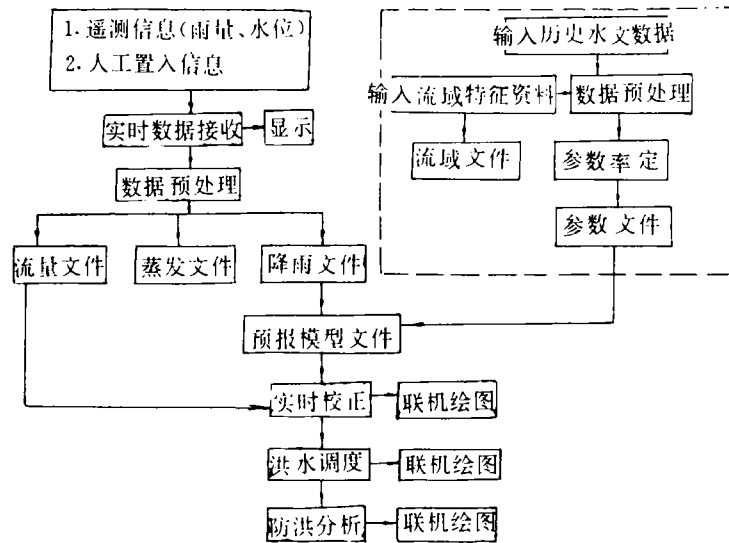


图 2 洪水调度自动化流程图

## 5 洪水调度和防洪分析

洪水预报成果为水库的合理调度和安排发电提供了科学依据,其调度决策不但涉及上下游防汛,而且涉及大坝本身安危。水库运行方式根据白龙江水文变化的自然规律和来水分布情况和动能经济比较,合理利用有效库容,在平枯水季节尽量保持正常蓄水位运行。汛期在 584m 运行。汛末 9 月份开始减少弃水,月底回蓄至 588m,同时满足下游航运和工业用水,在调峰期担负一定基荷出力,保证下游不低于  $85\text{m}^3/\text{s}$ 。

经过洪水调节初步计算,汛限控制在 584m,泄水建筑物开启一般按下列操作:

1. 来水小于  $900\text{m}^3/\text{s}$ ,不弃水,蓄水发电;
2. 来水大于  $900\text{m}^3/\text{s}$ ,小于  $4\ 500\text{m}^3/\text{s}$ ,开启底孔冲沙;
3. 大于  $4\ 500\text{m}^3/\text{s}$ ,开启中孔,渲泄千年一遇以下洪水;
4. 超过千年一遇以上洪水,再开表孔。

为了给防洪指挥机构对本次洪水有全面了解,科学指导防洪决策,系统建有防洪历史

数据库,供检索和查询,其项目有:

1. 本次洪水的峰量、不同时段洪量雨量与相应设计标准暴雨洪水比较;
2. 设计的不同频率的峰量、洪量、千年一遇和万年一遇的洪水过程;
3. 本次洪水与历史最大洪水比较;
4. 本次洪水各项特征值与上下游及大坝本身防护对象防洪标准比较。

上述有关软件,在屏幕上显示,可反映暴雨时空,雨量等值线与典型年洪水过程的对比。借以判断本次暴雨洪水在工程设计中的位置,正确指导水库蓄泄。

## 6 系统规模和站网规划

站网规划,根据施工期测站的使用情况和资料系列以及流域的现场查勘。站网布设原则我们考虑:

1. 充分利用现有水情站点和气象站点,合理选用,适当增补;
2. 利用河道站分段控制流域水情,结合预见期分析,尽量选用河道站进行水位(流量)预报;
3. 站点布设重点应在暴雨中心区和主要

产流区,结合水雨情配套布设;

4. 中继站的布设宜采用一站多点的辐射式布设、尽量减少中继站;

5. 由于碧口水库是入库控制站,建有水情自动测报系统,故本系统测报重点放在碧三区间。

现行的国家基本雨量站有:青川、白水、秦家桠、洛塘、麻崖子。国家水文站、碧口、三堆。施工期增设报讯点:水磨、姚渡、枫相、骑马。

上述各站通过施工期的使用情况,代表性比较好,能控制面平均雨量变化,规划时我们曾作两种方案:1. 全部保留上列各站点;2. 上列各站点中去掉麻崖子,另拟在暴雨中心区增设两站板桥、黄坪。

对上述两种方案进行比较,麻崖子站处于分水岭,远离库区,多年平均降雨量偏小,施工期也未曾应用。维修管理很不方便,如保留麻崖子,将另建一中继站,经济也不合理。故不予采用该站。

在设计和查勘中,我们也曾对站网优化问题进行过讨论,根据龚嘴和长寿电厂站网规划经验,曾设想在满足水情预报精度和资料代表性前提下,尽可能减少遥测站数量,节省投资。但由于资料系列较短,缺乏建库前后资料对比分析,所以,没有进行站网优化工作。由于区间没有一个流量站,实际上是无资料地区预报。给预报精度的进一步提高和采用新的预报手段带来了许多困难。对两大支流青川河板桥,大团鱼姚渡设一水位站,汛期临时组织实测流量和库尾水位观测,用以推导流量。三堆水文站主要是水量平衡校核使用。

上游碧口水电站控制碧口以上来水过程,改变了它的天然过程,我们规划在碧口电站水调室设一分中心站,采用应答式工作制,也可采取人机对话,了解碧口电站下泄情况和上游降雨情况以及未来的下泄趋势。

拟定遥测站网布设如下:

1. 遥测水文站:碧口、三堆(兼雨量);
2. 遥测水位站:板桥、姚渡(兼雨量);
3. 遥测雨量站:洛塘、枫相、白水、青川、水磨、黄坪、板桥、骑马、宝珠寺、秦家桠。遥测站系统组成见图3。

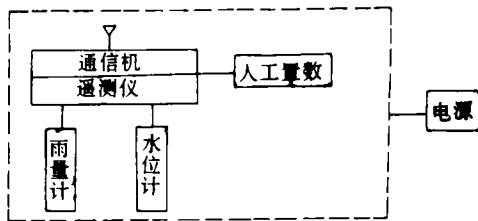


图3 遥测雨量、水位组成图

系统规模包括1个中心站,5个中继站,2个水文站,2个遥测水位站,9个遥测雨量站,碧口电站作为本系统一个分中心。除碧口采用应答式外,其余考虑电源和功耗等因素均采用自报式。

## 7 通信系统和系统功能

碧三区间地形复杂,高山起伏,相对高差达600m~1500m,站点分布广,因此通信距离长,且地区经济较落后,条件差,宜采用无线电通信。目前使用较多的有短波、超短波、微波和卫星通信方式。微波和卫星通信价格昂贵,很难采用。

短波具有较强绕射能力,受地物影响小。但短波抗干扰能力差,为时变信道。且短波水情测报技术尚不成熟。而超短波绕射能力较差,抗干扰能力强,通过中继可获得较好的通信质量,且我国水情测报系统大多采用超短波通信方式,技术较成熟,因此,宝珠寺电站测报系统宜选用超短波通信系统。

针对本系统的地区特点,为了保证良好的通信质量,关键是选好中继站,经过预选、比较、计算和查勘,最终选择2组中继组网方案。

第一方案:宝珠寺(中心站)——龙池山(I级中继站)——和尚岩(II级中继站)——麻地湾(III级中继站)第一方案走向图见图4。

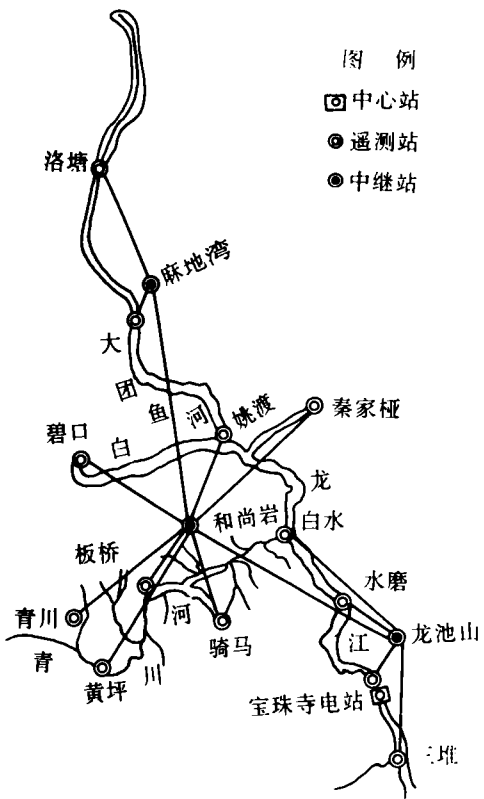


图4 第一方案走向图

第二方案:宝珠寺(中心站)——杏树坡(I级中继站)——李家槽(I级中继站)——碧口(II级中继站)——孔家沟(II级中继站)——椿树岩(II级中继站)第二方案走向图见图5。

通过对两方案比较,我们选择第二方案作系统通信方案。其理由是:

1. 第二方案可靠性优于第一方案。因为第二方案进入杏树坡 I 级中继站分别有三条通道,而第一方案进入龙池山 I 级中继站仅有一条通道,如通道出现故障,其后信号将无法传送。另外,第二方案中继站距离适中,路径损耗不大,电路裕量满足要求。

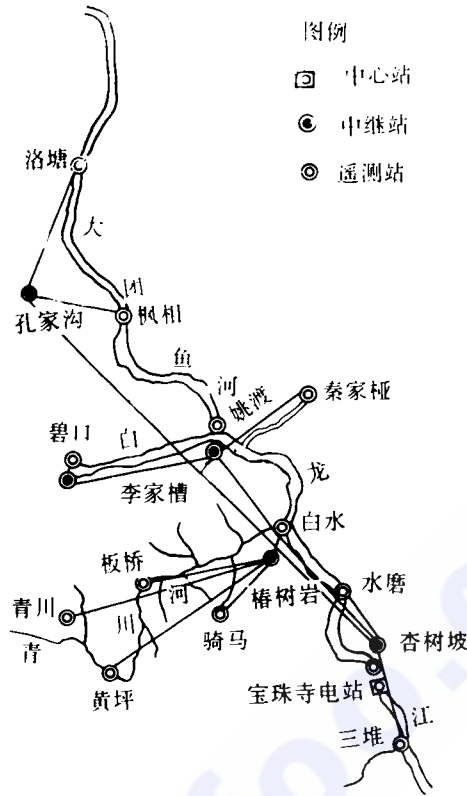


图5 第二方案走向图

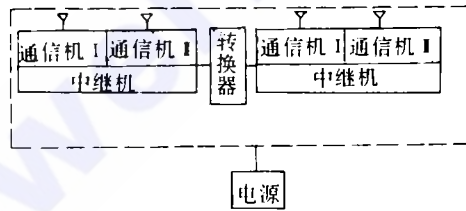


图6 中继站组成图

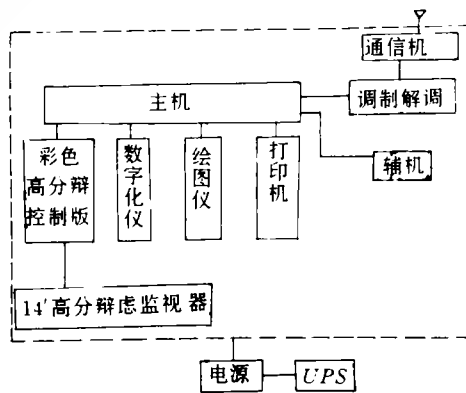


图7 中心站组成图

(下转 73 页)

转轮上取得成功,不仅为传统的堆焊修复创造了新的检修工艺,更重要的是采用最经济、最简便的方法,大大提高了转轮抗御局部磨蚀的能力,起到了延长转轮工作期限和使用寿命的作用。

## 2 非金属抗磨蚀涂层试验成功

多泥沙河流上水轮机过流部件的磨蚀是不可避免的。采用非金属涂层代替设备表面层,保护金属母材在一定时限内免遭磨蚀破坏,已在许多水电站试验取得了成功,其中水轮机气蚀强度不太大的电站还获得了较为可观的经济效益。

龚嘴发电厂和全国水机磨蚀试验研究中心于1991年3月在该厂6<sup>#</sup>水轮机上进行了局部环氧金刚砂抗磨蚀保护涂层试验,经过12965h运行,发电8.29亿kW·h考验,最近检查结果表明,试验初步获得成功。

涂层试验部位选择水轮机磨蚀最严重的叶片正面出水边;叶片背面出水边;两叶片间的下环内侧;底环平面及蝶形边。总涂抹面积约为2m<sup>2</sup>。经两个汛期运行后涂层保留面积检查:

叶片正面出水边保留60%(约2/3);底环平面及蝶形边保留80%;转轮下环内侧保留90%;叶片背面保留90%。

涂层外观检查:涂层表面呈兰绿色,已失去刚涂上的黑色光泽,手感与粗砂纸同。涂层

(上接33页)

2. 第一方案中三个中继站海拔高程为1700m~2350m,交通十分困难。第二方案交通、建站条件均较好。故选择第二方案为该系系统通信方案。

中继站、中心站系统组成图见图6.7。

上述站网规划和通信条件选择通过我们电测试验,信号稳定清晰,建站及维护管理均较方便。

系统主要功能是:1. 实时采集各遥测站点水文数据并及时传送;2. 根据接收到的水文数据贮存、打印、显示、绘图,最终作出预

保留厚度为3~5mm,磨损厚度约为1~2mm。

脱落部分检查:脱落均沿涂层边缘呈小块状与金属基体剥离,边缘有棱角并保持一定厚度,无楔状磨损痕迹,分析为粘接起层性剥落。

试验结果证明:环氧金刚砂涂层能够抵御龚嘴流态及泥沙强度下的磨蚀,起到保护金属基体不受侵蚀的作用。涂层抗磨蚀及保护性能优良,材料时限有待进一步考验。由于厂房内不允许喷砂清洁金属表面,致使涂层与金属基体粘接性受到一定影响,这为涂层粘接工艺的探索和改进提出了新的课题。

非金属抗磨涂层在龚嘴水轮机上试验取得成功,为洪水期有效库容已失去92.8%,机组已进入天然泥沙过机的稳定磨蚀阶段的龚嘴发电厂,提供了一条投资省、见效快的抗磨蚀途径。非金属涂层成本低廉,工艺简便,修复速度快,还可避免焊接变形的缺点。这对缩短检修工期,提高检修质量,节约经费,减轻补焊打磨的劳动强度等,均提供了极为有利的条件。而涂层优良的抗磨蚀及防护性能,若使用时限能超过三年,对保护设备肌体免受侵蚀,延长机组大修周期和使用寿命都有着极大的实际意义。

(龚嘴水力发电总厂 俸培德)

(收稿日期19930609)

报;3. 根据贮存各方面防汛资料,提供防洪分析;4. 异常情况告警。

## 8 结 语

水情自动测报系统越来越多地运用在大江大河和水利枢纽工程上,效益显著。有利于电站运行调度,满足工程的现代化管理水平和工程的自动化要求,也为流域防洪现代化打下了良好基础。

### 参 考 文 献

赵人俊. 流域水文模拟——新安江模型和陕北模型. 水利电力出版社,1984年

(收稿日期:19921219,退修回日期:19930218)