

龚嘴水电站厂房渗漏排水系统改造

刘福坤, 胡瑞林, 陈朝禄

(龚嘴水力发电总厂, 四川 乐山 614900)

摘要:介绍了龚嘴水电站厂房渗漏排水系统的改造。结合电站实际渗漏水量大、水质含油、泥沙多等特点,采用先进的 PLC 自动测控系统,重点进行了污水深井泵研制和布置设计改进。从而保证了电站安全生产。可供有关水电站借鉴和参考。

关键词:龚嘴水电站;厂房渗漏;排水系统;布置设计;污水深井泵;改造

中图分类号:TV737;TV738

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(1999)04-0041-05

1 基本情况

龚嘴水电站是 60 年代我国自行设计施工、70 年代投运、以发电为主的大型水力发电枢纽工程。电站装机容量为 7×100 MW, 混流式水轮机。厂房内渗漏排水系统分上、下厂两个独立的系统, 均采用集水井集中排水方式, 渗漏水源主要有水工建筑物渗漏水、机组密封水、顶盖排水和生活弃水等。设计估算: 上厂即地面厂房渗漏水量为 14 L/s ($50.4 \text{ m}^3/\text{h}$); 下厂即地下厂房渗漏水量为 12.3 L/s ($44.3 \text{ m}^3/\text{h}$), 设计估算下厂校核渗漏水量为 14.5 L/s ($52.2 \text{ m}^3/\text{h}$)。

上厂原设计两台 SD10 型(流量 $72 \text{ m}^3/\text{h}$)深井泵, 计划布置在 3、4 号机之间上游副厂房 476.00 m 高程。施工中(文革时期)为了减少开挖量和施工方便, 决定将厂房渗漏排水系统与检修排水系统的设备布置在同一泵房内, 两系统相对独立; 该泵房位于 3、4 号机尾水管之间的上游侧 452.00 m 高程。集水井有效容积为 60 m^3 , 实际装设两台 10JQS-80 $\times$ 2 型潜水泵(流量 $80 \text{ m}^3/\text{h}$), 见图 1 和图 2。

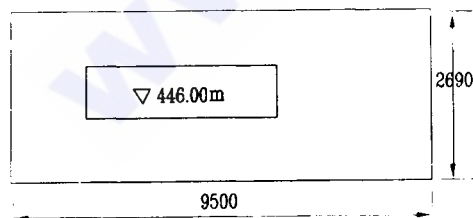


图 1 上厂渗漏集水井竣工平面图 单位:mm

下厂设计选用两台 10JD140 $\times$ 7 型深井泵(流量 $140 \text{ m}^3/\text{h}$), 布置在 5、6 号机组之间靠上游侧的水轮机层, 集水井有效容积 86 m^3 。见图 3 和图 4。上下厂渗漏排水系统图见图 5 和图 6。

收稿日期:1999-08-05

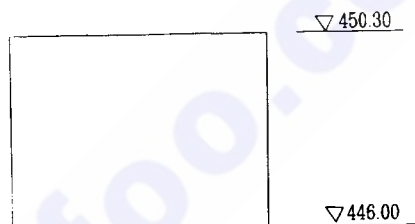


图 2 上厂渗漏集水井竣工高程示意图

注:图中高程单位为 m。

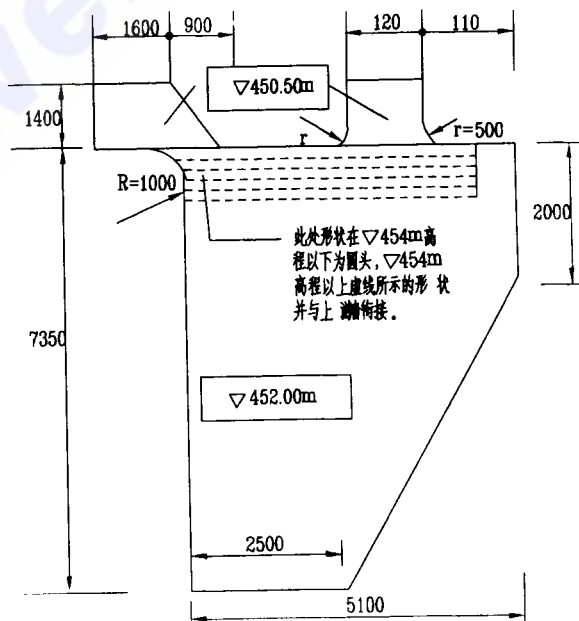


图 3 下厂渗漏集水井竣工平面图 单位:mm

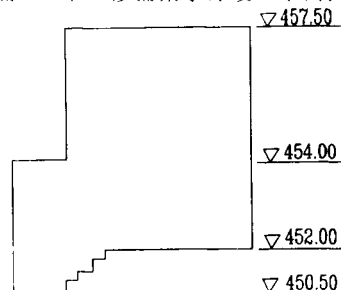


图 4 下厂渗漏集水井竣工高程示意图 单位:m

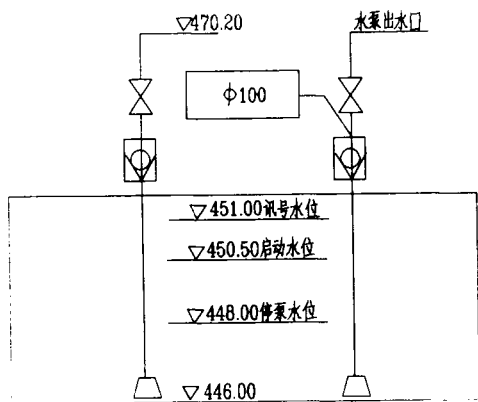


图 5 上厂渗漏排水系统图(竣工示意图)
(高程单位以 m 计,管径单位以 mm 计)

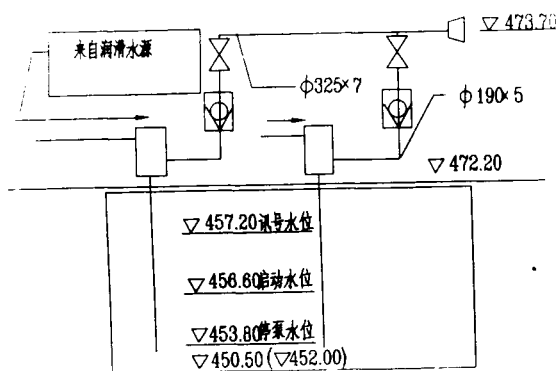


图 6 下厂渗漏排水系统图(竣工示意图)
(高程单位以 m 计,管径单位以 mm 计)

2 问题的提出

机组投运后,经过较长时间使用,厂房内渗漏排水系统逐渐出现了一些问题:①实际渗漏水量较设计值偏大太多,特别是溢在顶盖上的水封水量和导水机构漏水量增大,致使水泵启动频繁。②渗漏集水井有效容积偏小。未考虑集水井清淤设施,井底部为平地、无坡降,不利于排沙清淤。③由于实际渗漏水量增大,1 台工作,1 台备用的两台水泵的运行方式已不能满足现场实际需要。④潜水泵潜水电机故障频繁。⑤控制设备位置低易受潮,故障频繁。

针对上述问题,在集水井和埋设管路不变的情况下,我厂于 80 年代初期考虑增加水泵台数、单台泵增加过流能力。分别在上厂同高程增设 12J210×4 型(流量 210 m³/h)2 台深井泵(4、5 号泵分别利用两台检修泵的出口管路)和 1 台 6Sh-9A 型卧式离心泵(3 号泵利用检修井原冲沙泵的出口管路,取消

冲沙泵),作为排水主用泵保留 2 台潜水泵(1、2 号)作事故备用;在下厂将原 2 台深井泵(1、2 号)改为 12J210×4 型泵,同时在同高程增设了 1 台(3 号泵)同型号深井泵(利用 1 号泵的出口管路),以确保厂房和机组的安全。

由于大渡河流域上游植被的破坏,每年 5 月至 9 月汛期河流含沙严重,且呈逐年上升趋势,见表 1,机组过流部件磨损增大,厂房和机组漏水量增大,流到集水井的水含沙量也增大;汛期水含大量石英沙等坚硬物质;机组检修中偶有余油漏到集水井内,浮于水面。即此期间渗漏集水井内水质和水泵润滑水水质均恶劣,水泵启动频繁。集水井频频告急,由于偶然异常来水或水泵故障,曾多次水淹集水井,严重威胁厂房安全。特别是在 90 年代初、中期,渗漏集水井水泵缺陷占整个电站设备缺陷的 1/3 强。

表 1 龚嘴电站所在大渡河河流沙粒特性及有关温度表

序号	名 称	数 量	备 注
1	多年平均含沙量	/kg·m ⁻³ 0.994	
2	实测量大含沙量	/kg·m ⁻³ 27.6	
3	平均粒径	/mm 0.0987~0.131	
4	中数粒径	/mm 0.044~0.0736	资料收集
5	最大粒径	/mm 1.72	至 1995 年
6	多年平均气温	/℃ 17.2	
7	多年月平均最高水温	/℃ 21.3	
8	多年月平均最低水温	/℃ 6.8	

3 污水深井泵的研制

水泵损坏直接威胁水轮发电机组的正常生产。1 台新泵运行 2~5 个月就会损坏,水泵的频繁损坏,导致一年四季水泵不停地处于检修状况。目前,厂房渗漏排水系统已成为电站安全生产的一大问题,迫使电厂不得不投入大量精力进行研究和解决。

分析大量水泵损坏失效的检修资料,归纳出水泵损坏情况如下:

(1)断轴(主要指传动轴、电机轴);(2)叶轮、泵壳损坏;(3)轴承体断裂,轴承衬套损坏;(4)扬水管法兰张口、松脱;(5)泵座填充料部位损坏、失效;(6)止逆盘损坏。

水泵损坏部件几乎涉及泵的各个部分,由于 12J210 型长轴深井泵为清水泵,而集水井泥沙含量太大,致使深井泵不能正常运行。目前,各种泵的参数性能表明,无完全适合我厂集水井含泥沙多的情况。什么样的泵才能满足我厂集水井的正常排水呢?集水井泥沙多、颗粒大,必然会加速叶轮的磨损,通过一段时间运行,叶片必然减薄,间隙增大,效率降低,叶轮的刚度、强度降低,泵体在高速旋转中如吸

入稍大的硬粒碰撞,就会将叶轮某个局部碰碎、碰裂。12J210×4 型泵为串吸泵,叶轮选用的材质为含碳量较高的铸铁件,任何一级只要有较大颗粒沙子或叶轮碎片随水流通过泵体,都有可能打坏叶轮而无法出水。从水泵的检修中随时可见这种状况。

由于渗漏集水井内有各种泄漏油和余油浮于水面,油与水一道被深井泵吸排出集水井。泵的轴承衬套为天然橡胶制品,在油和泥沙的侵蚀磨损下,久而久之,橡胶衬套就会失去了弹性和刚性而变成胶泥,失去了限位和支撑能力,转动部分就会在轴承体内晃动并逐步增强,增加不平衡力,从而造成叶轮和泵壳、传动轴与轴承体摩擦碰撞,打碎叶轮和轴承体。同时,轴承体为铸铁件,韧性差,因此,此时部分失去支撑的传动轴(组成长轴)更易产生断轴现象。

J 型系列深井泵扬水管的法兰止口为外止口;而轴是一个细长的柔性杆,它完全靠泵座、扬水管、轴承体、工作部的组装联结。保证长轴的垂直同心,水泵才能正常运行。在运行中,扬水管既是水泵的过水通道,承受水力的动静压力,在扬水管法兰上呈现为拉力,又要承受泵体和水泵轴承传递来的扭矩,为剪切力,承受水泵轴在运转中对轴承体的碰撞,在法兰上呈现为水平剪力;水泵装配弯折偏心所造成的附加弯矩应力,水泵转动过程中的不平衡离心力形成的振动等不利因素,在各种力的联合作用下,造成扬水管联接法兰螺栓拉长、松扣,往往是局部张口扬水管倾斜,造成水泵轴严重弯折,从而严重恶化了长轴泵的运行工况。这种情况在运行中往往无法发现,最终造成断轴。这种情况在水泵拆卸中多次发现。

止逆盘是防止深井泵轴反转的装置。若泵反转,将会使水泵轴联轴器松动,改变水泵轴的长度,改变转动部分和泵体固定部分的间隙,与固定部分碰撞。它只有在水泵从额定转速逐步下降到零时才起作用,正常使用时受力不大,不至于损坏。但观察运行的水泵时发现,止逆装置被严重磨损撞坏,不时发生停电后停不下来,或水泵抽不出水等现象。经过观察后找到原因:水泵出水口逆止阀运行时,阀板错位、破裂,造成压水管内泄,下游河水倒流入井,使水泵反转,从而损坏各个部件。

从以上各个部件损坏情况分析,造成 12J210×4 水泵损坏,原因是多方面的,问题错综复杂,任何一个不利因素的出现,都会导致其他不利因素出现,或各个因素联合作用而损坏水泵。

根据我厂集站上、下厂集水井的实际渗漏水量,采用 12J210×4 泵抽水,其抽水能力完全能满足电站生产要求,并且它和以往我厂曾采用过的管螺纹

联接的深井泵比较有明显的优点,便于检修。在紧急情况下,1 台泵在 2~3 d 内可以完成检修和恢复,而管螺纹联接的水泵,拆卸和装置最少需 10~15 d 才能完成,而且劳动强度大。若采用离心泵,则既受安装场地吸程的限制,又不利于防洪水淹等问题。全面平衡各种利弊之后,决定选用长轴立式深井泵结构。根据目前集水井含泥沙多和井内经常有矿物油这两个特点,结合 12J210×4 水泵的损坏情况及铜街子电站 500JW900-23×2 型污水深井泵运行维护经验,以 12J210×4 清水泵为原型,与深井泵制造厂、水泵研究所及橡胶研究所等相关单位一道,对 12J210×4 水泵进行了如下改造:

(1)为了防止水泵叶轮碎裂,增强叶轮抗冲击性,提高耐磨性,决定叶轮和锥形套材质选用目前抗汽蚀磨损很好的 Cr13 不锈钢;泵壳等用铜钼铸铁以增加泵体的耐磨性;轴承体采用苏式加长式轴承体(内止口结构)以保证嵌入深度,材质改为球墨铸铁。

(2)将过去的普通橡胶轴承衬套改为耐油耐磨橡胶轴承衬套,解决了矿物油腐蚀和泥沙磨蚀问题,对长轴有效地限位、定心。由于汛期无清洁润滑水,故决定采用无护管结构。

(3)水泵轴、传动轴和电机轴材质选用合金结构钢 40Cr 以增加轴的韧性,并且将传动轴的断面(直径)由 $\phi 36$ mm 增大到 $\phi 42$ mm 以增强轴的刚性,从而大大提高了轴的抗断能力。

(4)在泵座部件之填充料部位镶嵌铜套以保证密封效果,同时便于更换;保证电机(选用 Y 系列立式电机)不至于因盘根漏水而绝缘击穿。

(5)对扬水管法兰的开口倾折、松脱现象,改变过去凭经验人为保证垂直同心的方法,改为用精加工的手段予以保证,加厚两法兰厚度,轴承体改过去承锤式(内止口结构)为座入式(外止口结构),增大轴承体和扬水管配合长度和接触面。上下两扬水管的同心度,通过座入法兰的轴承体承担,两法兰压在轴承体上,以机床加工精度保证,只要扬水管压在轴承体止口上,就能保证两管垂直,螺栓均匀紧固即可。采用这种方式,较好地改善了法兰连接的受力状况,减少了装配难度,提高了法兰连接的可靠性。

(6)结合上下厂集水井容积小、泥沙严重的实际情况,决定滤水网结合部的长度较 J 型系列泵变短,由制造厂水泵研究所作稳流试验,确保真机运行不致出现脱流现象。

通过有关单位经过近两年的共同研究,新研制的 300JW210×4 型污水深井泵于 1998 年 6 月在下厂渗漏井 1 号泵安装投运。通过一年的试运行表明,

除一次人为故障外,设备稳定运行,无缺陷,比原 J 型深井泵和 Jc 型深井泵性能和适应能力有明显的提高,达到设计要求。经过进一步完善、鉴定之后,决定在总厂(首先在龚站下厂、上厂渗漏排水系统)范围内推广。

4 布置设计改进

结合深井泵的设备改造和 20 多年的运行管理经验,在渗漏集水井容积和埋设管路不变的情况下,1999 年 6 月,我们对龚站渗漏集水井设备布置进行

了改造(PLC 渗漏泵自动测控系统于 1998 年和 1999 年上半年分别改造完成)。

在下厂将原 3 台 J 型深井泵均改为 300JW210×4 型污水深井泵,同时增加 1 台同型泵(4 号利用 2 号深井泵的出口管路),1 号、2 号泵位置不变,同在水轮机层(472.20 m,对应井底高程 450.50 m),为排水主用泵,3 号泵改为布置在与 4 号泵同高程一操作廊道层(458.50 m,对应井底高程 452.00 m),为备用泵;交替使用。配电盘布置在发电机层, PLC 自动控制,通风干燥,运行可靠,具备无人值班、少人值守条件,见图 7。

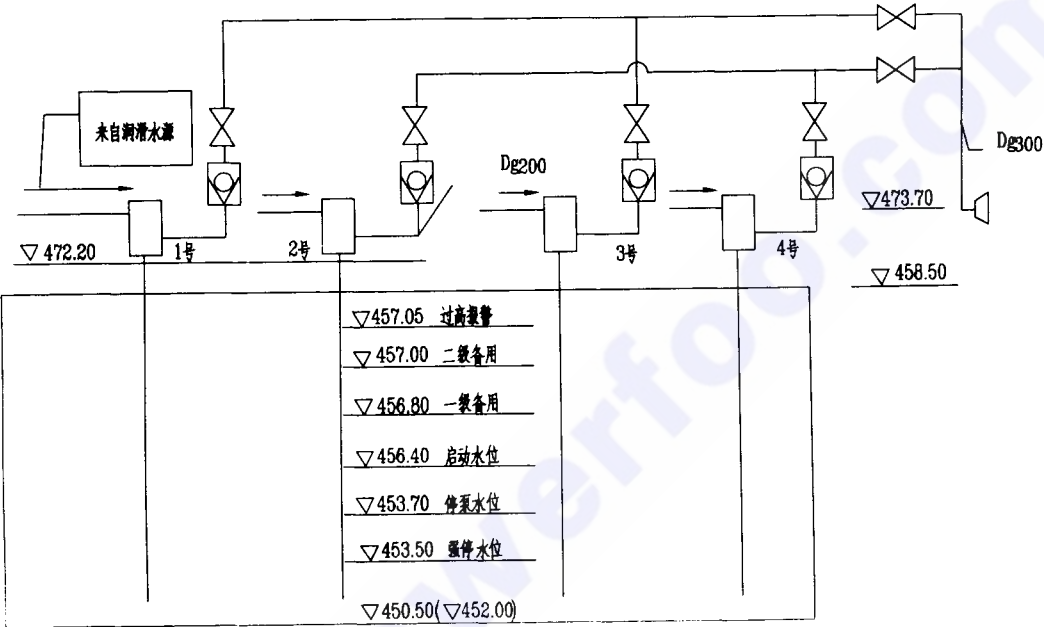


图 7 地下厂房(下厂)改造后渗漏排水系统示意图 (高程单位以 m 计,管径单位以 mm 计)

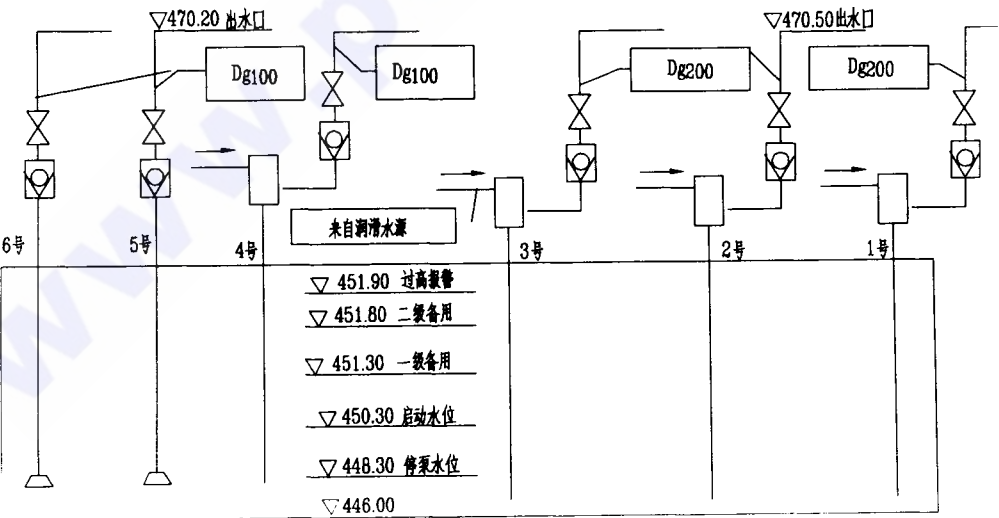


图 8 地面厂房(上厂)改造后渗漏排水系统示意图 (高程单位以 m 计,管径单位以 mm 计)

将上厂水泵重新布置并编号,在 452.00 m 同高程将原 4 号、5 号泵 J 型深井泵均改为 300Jw210×4 型污水深井泵(新编号为 2 号、1 号,均利用 1 号

检修泵的出口管路),同时增设 1 台同型深井泵(利用 2 号检修泵的出口管路,新编号为 3 号),将 3 号卧式离心泵取消,改为 300Jc130×4 型深井泵(新编

号为4号), $\phi 100$ 出口管路不变,作为排水主用泵,交替使用;保留2台潜水泵作事故备用(新编号为5号、6号)。对应井底高程均为446.00 m。配电操作盘布置在发电机层,PLC自动控制,安全可靠。具备无人值班、少人值守条件。见图8。

5 结 语

总之,龚嘴水电站厂房渗漏排水系统通过80年代初期和90年代末两次大的改进,特别是后一次对主设备、控制设备进行改造和设备布置,取得了相当好的成效,较好地解决了困扰我厂安全生产的一大难题。可供条件类似的水电站借鉴和参考。

遗留问题:①深井泵出口逆止阀问题。我们与

门厂一起研究改造旋启式逆止阀(该型阀已成功地应用在机组检修排水系统中),增加止口耐用性和密封性,有效地防止水泵反转。目前该项工作仍在进行中。②新研制的300J_w210 $\times$ 4型污水深井泵虽然有一定的排污排沙能力,但对龚嘴水电站汛期的大量来沙也不能及时排完。有关渗漏集水井清淤问题,目前正在研究探索中。

作者简介:

刘福坤(1963年—),男,四川蓬溪人,龚嘴水力发电总厂生产技术部高级工程师,学士,从事水电站检修及技术管理工作。

胡瑞林(1962年—),男,四川三台人,龚嘴水力发电总厂副厂长,高级工程师,学士,从事水电站生产管理工作。

陈朝禄(1945年—),男,四川峨边人,龚嘴水力发电总厂副总工程师,高级工程师,长期从事水电站检修及技术管理工作。

(上接第38页)

系统关连大,潜水准备工作量大;

(2)水下碳弧刨切割金属速度快,这次切割36号工字钢断面耗时约45 min;

(3)单吊点起升闸门在尾水门机故障处理中应用切实可行;

(4)这次使用的吊杆长约0.5 m,潜水员不便于将吊杆与闸门吊耳对位连接,耗时较多,潜水安全受影响;吊杆若有1.0 m长,更便于作业;

(5)故障处理耗时10 d,枯期损失发电量不大,但延长了机组检修工期;如果在汛期发生类似事故,

后果将极为严重。机组尾水堆积大量木材,水浑浪大,下潜很困难。

为减少误操作事故,我厂于1998年12月在该尾水门机上加装了荷重高度测控装置,该装置可同时显示门机左右钢绳的荷重及自动抓梁的行程,具有荷重、高度越限报警停运功能。该装置测量精度高,稳定可靠。启门操作中出现了几次异常现象,该装置都能正确动作,防止了事故的发生。

作者简介:

任开福(1965年—),男,重庆合川人,龚嘴水力发电总厂生产技术部高级工程师,学士,从事机械检修技术工作。

(上接第40页)

水,停时相反,主供水电动阀门也存在类似问题。

6 结束语

龚嘴水电站3号主变冷却器控制系统改造,从目前运行情况看,基本是成功的,达到了改造要求,

减轻了运行和维护人员的劳动强度,提高了冷却效果,能满足监控接口要求,有利于主变的安全运行。但因运行时间尚短,还有待今后做进一步运行考验。

作者简介:

曾克成(1965年—),男,四川仁寿人,龚嘴水力发电总厂生产技术部高级工程师,学士,从事水电厂机电运行及技术管理工作。

省电力局召开水电新技术新成果交流会

1999年8月5日至6日,“'99四川省电力局水电新技术新成果交流会”在崇州市召开,会议由省局科技处凌廷亮处长主持,晏玉清副局长到会并做了重要讲话,充分肯定了举办此种类型的交流会对推进水电厂技术改造革新、提高管理水平的重要意义。省局樊天龙、张仁学副总工程师也到会指导。来自省局所属的水电厂以及重庆狮子滩水电厂的领导和技术人员认真听取了会议邀请的四川大学、葛洲坝电厂能达通用电气股份合作公司和四川电力试验研究院的教授、专

家所做的有关水电新技术、新成果的介绍以及新产品的演示,使与会者受益匪浅。这些教授、专家针对水电厂的实际情况,深入浅出进行讲解,开阔了大家的眼界,提高了认识,对各个电厂的工作改进都大有裨益。与会者普遍认为:省局科技处每年度主办的新技术新成果交流会对广大水电厂的工程技术人员帮助极大,希望将交流会愈办愈好,坚持办下去,真正为科技成果转化成为生产力牵线搭桥。

本刊记者 李燕辉

ABSTRACT

Reservoir Sedimentation at Tongjiezi Hydropower Station

LINGHU Ke-hai

(Gonzui General Hydropower Plant, Leshan, Sichuan, 614900)

Abstract: Operation of Tongjiezi reservoir, characteristics of water inflow and sediment inflow, evolution of sediment accumulation and the main factors leading to sediment accumulation are generally described. Under the upstream reservoir operation, sediment accumulation in the Tongjiezi reservoir is comparatively concentrated in a period of time; Sediment entering into reservoir is suspended load and accumulates rapidly in delta.

Key words: Tongjiezi hydropower station; sediment accumulation; delta; factors

Reconstruction of Drainage System for Seepage from Powerhouse at Gongzui Hydropower Plant

LIU Fu-kun HU Rui-lin CHEN Cao-lu

(Gonzui General Hydropower Plant, Leshan, Sichuan, 614900)

Abstract: Reconstruction of drainage system for seepage from powerhouse at Gongzui Power plant is introduced. Due to actual large seepage flow, oil-laden flow and abundant sediment, development and arrangement design improvement for sewage sump pump are performed by advanced PLC auto-measuring and controlling system, thus ensuring safe operation of the hydropower station, which is used as reference for the similar projects.

Key words: Gongzui hydropower station; seepage from powerhouse; drainage system; arrangement design; sewage sump pump; reconstruction

Brief Introduction On Satellite Auto-Observing And Predicating System For Water Regime At Gongzui Hydropower Station

ZHANG Xiang-jin

(Gonzui General Hydropower Plant, Leshan, Sichuan, 614900)

Abstract: The satellite auto-observing and predicating system for water regime during rectification is introduced. It is pointed out that application of satellite mechanics of communication in high mountain area where communication conditions are poor can meet needs of water regime observation and predication. Disadvantages for satellite communication is analyzed and some suggestions are provided.

Key words: satellite communication; water regime observation and predication; time and frequency division technique; network center

Estimation of Fractal Dimension for Daily Flow Hydrograph

DING Jing LIU Guo-dong

(Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065)

Abstract: The methods for estimating fractal dimensions of daily flow hydrograph in a river are mainly presented. The results have shown that a box counting method is the best one among the five methods involved in the analysis.

Key words: Fractals; fractal dimension; daily flow hydrograph

Predication of Rockfill Material Size After Blasting by Revised KUZ-RAM Mathematical Model

WANG Min-shou¹ JIANG Xiao-ming² LONG Wen-fei³

(1. Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065; 2. Sichuan Power Industry Bureau, Chengdu, Sichuan, 610061; 3. Sichuan Agricultural Water Conservancy Bureau, Chengdu, Sichuan, 610017)

Abstract: Based on experience from construction of the Tianshengqiao I hydropower station (key project in China), size control after rock blasting for rockfill material of concrete-face rockfill dam with is studied. In-situ test and construction procedure for IIIA material and IIIB material and blasting parameters which meet the requirements of gradation for design rockfill material size are mainly studied. According to in site construction features, a revised KUZ-RAM model is used as parametric model for predicting appropriate size of rock blasted. By programming and calculating, real time control of rockfill gradation in site is realized.

Key words: rockfill dam; borrow blasting; rockfill material size control; revised KUZ-RAM model