

铜街子水电站复杂地基工程地质勘察

葛东海

(国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 四川 成都 610072)

摘要: 铜街子水电站处在地质条件十分复杂的地质体上, 在整个勘测过程中, 采用国内外先进的手段和方法, 经深入细致的综合分析, 论证了存在的专门工程地质问题, 不但提出了符合客观实际的地质结论, 解决了工程实际问题, 而且在学术理论和技术方法上均有较大贡献。《铜街子水电站复杂地基工程地质勘察》荣获 1995 年水电部优秀工程勘察一等奖; 1996 年获全国第五届优秀工程勘察金质奖。

关键词: 重大工程地质问题; 掩埋断层; 深切河槽; 深层承压水; 层间错动带; 铜街子水电站

中图分类号: TU 471. 99; TB 16

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)03-0004-05

铜街子水电站位于四川省乐山市新华乡, 系大渡河开发中的最末一个梯级电站。电站最大毛水头 41 m, 总装机容量 60 万 kW, 保证出力 13 万 kW, 年发电量 32.1 亿 kW·h。枢纽布置为河床式重力坝, 左右岸为钢筋混凝土面板和钢筋混凝土心墙堆石坝及过木筏闸的复合式坝型。

成都院于 50 年代末曾进行该电站的规划选点工作, 1964 年提出“铜街子水利枢纽研究报告”, 后中断勘探。1973 年起进行续勘, 在坝址选择上经历了多次反复, 最终选定下坝址, 于 1974 年完成“选坝报告”, 1978 年完成“初步设计”, 1982 年完成“补充初步设计”, 继而转入“技施设计阶段勘察”, 其间做了大量的勘测和试验工作, 保证了各勘察阶段工作精度。

铜街子水电站于 1985 年正式动工, 1986 年 11 月截流, 1987 年主体工程施工, 1992 年 10 月第一台机组发电, 1994 年完工。

铜街子水电站以地质条件复杂著称, 建国以来在水电建设中遇到的一些重大工程地质问题本电站几乎都存在, 如左岸碎石土边坡稳定问题; 左岸埋藏深切右河槽的分布和形态特征问题; 右岸现代河床掩埋断层组的论证; 坝基下连续分布的层间错动软弱夹层问题以及河床基岩强透水和基岩深层承压水问题; 右岸岩质高边坡的稳定和坝基岩体利用问题等。

在不具备自然优势的地质体上修建大坝, 且已顺利建成, 安全运行, 充分表明不利的工程地质条件经过精心勘测、精心设计和合理的技术处理是可以弥补地质体之不足。铜街子水电站处在十分复杂的

地质环境中, 对各类工程地质问题勘察的技术难度大, 本工程较早采用了国内才开始研制的各种先进的勘测手段和测试方法, 在详细收集第一手资料和前期工作的基础上, 综合分析论证了各类专门工程地质问题, 不但提出了符合客观实际的地质结论, 解决了工程问题, 而且在学术理论和技术方法上均有较大进步。经工程实践证明, 前期勘察结论准确, 完全满足了设计和施工要求, 为铜街子水电站顺利建成和提前发电作出了重大贡献。

在整个勘察过程中, 对以下 7 个主要工程地质问题作了深入的研究。

1 左岸碎石土谷坡稳定性研究

坝区左岸分布大片碎石土层, 分布范围长 2.5 km, 宽 1.5 km, 厚度达 20~50 m。碎石土的分布范围大, 上游段涉及左坝肩和导流明渠左导墙及内侧边坡。

碎石土的稳定性关系到左坝肩接头和导流明渠基础、边坡的稳定性以及处理措施, 亦是电站永久性建筑物能否布置的决定因素, 故对碎石土层的研究至关重要。

勘察开始时, 对左岸碎石土的成因众说纷纭, 单从航片解译和地貌特征判断左岸可统称为“滑坡群”, 但这种研究深度不能满足水电工程的要求。要详细分析回答碎石土体对工程的影响程度, 提出合理处理措施, 在当时的条件下其技术难度大, 仅靠地面工作是不够的, 应遵循工作程序从浅入深、由表及里的逐步研究。地质方面首先进行了大比例尺综合地质测绘和主勘探剖面的布置, 通过初勘资料分析, 可将左岸谷坡自上而下分为三个带, 即 620 m 高程以上为基岩岸坡带; 620~570 m 高程为基岩滑坡和

重力作用堆积带; 507 m 高程以下为碎石土分布带。基岩岸坡和基岩滑坡体处于稳定状态, 而碎石土堆积体曾沿基座阶面和土体内部产生滑动和蠕变动形, 其稳定性差, 又处于坡体前部, 控制着左岸谷坡的稳定性, 故碎石土堆积体应为勘探的重点地段, 其工程地质特性为主要研究内容。

查明土体滑坡最有效的勘察手段是采用竖井开挖, 但是在 50 m 深厚松散堆积体上开挖竖井难度较大, 在 70 年代, 一般多用钻探手段, 国内水电工程在堆积体上仅挖过浅井, 井深也未超过 10 m。靠自己的队伍——硃探队, 采用“钢框木板混合式框架结构”支撑, 一次开挖 47.5 m 竖井, 取得了大量的容重颗分成果及滑面力学参数, 同时做了碳化木测年工作。此项开挖支护技术在当时国内水电系统属创新领先。此项成果获得水电总局优秀勘探三等奖。

左岸碎石土堆积区通过航片解译, 大比例尺地质测绘, 配合 4 条主勘探剖面(计 35 个钻孔)和 6 个竖井的勘探, 查明了左岸堆积体的成因、结构特征, 通过试验和变形观测资料, 查明了各层土体的物理力学特性和软(滑)面的抗剪指标, 为评价左岸堆积体的稳定性和处理方案提供了可靠依据。

1981 年底, 成勘院提交了“左岸碎石土边坡稳定性”专题报告, 1982 年经水规总院组织专家召开了审查会, 通过了该项报告, 对勘探方法和研究成果给予了肯定。

鉴于上述地质结论, 边坡处于近乎极限稳定状态, 如采用开挖方案, 将破坏坡体的自然稳定而引起失稳, 工程设计必须采用加固处理措施。原设计为抗滑桩方案, 因技术条件复杂, 结构受力不明确, 今后浸水后抗滑桩的效果如何难以预测, 且施工困难, 经优化设计为“沉井群方案”, 在导流明渠左导墙内侧设置沉井群(左导墙下游段共设置 20 个沉井), 沉井井身作为挡墙的一部分, 造价相对较少, 且适于地质条件, 既节约了投资(比其它方案节约投资 83 万元, 又保证了导流工程的安全过水, 为主体工程按时开工奠定了基础。该项导流工程设计成果获得 1992 年全国第五次优秀工程设计银质奖。

2 右侧河槽掩埋断层组的勘察与研究

坝址右岸河床为厚 30 余 m 覆盖层堆积的深切河谷(以下简称右深槽), 谷底高程 400 m, 枢纽布置为溢流坝段。现河床谷底隐伏断层的存在将直接关系到枢纽布置方案的选定和坝基岩体质量、变形、抗滑稳定性分析的边界条件和依据, 是该工程的又一

重大工程地质问题

早在 60 年代, 上下坝址的河床钻孔中即发现有断层破碎带存在, 亦做了大量的分析工作, 要查清河床下掩埋断层的展布条数和相互交切关系, 特别是断层的厚度、性状, 由于常规钻探取心差, 勘探手段单一, 钻孔所处位置多为河心水上钻深, 每年的工作时段有限, 加之地质条件复杂, 断层和层间错动带相互切错, 空间构造格架复杂, 论证工作难度很大。

续勘以后曾布置开挖竖井, 想借助更有效的勘探手段直接查明断层带的分布和性状, 可是由于地下水渗漏量大, 无法达到预定深度。初设后期亦曾想用群孔抽水降低地下水位的办法开挖竖井, 但考虑到断层带和层间错动带(C₃ 软弱夹层)将会出现管涌破坏, 恶化地基条件等原因没能得到实施。

对自然地质条件的揭露和认识, 不但需要一个过程, 而且还需要正确的工作方法和有效的勘测手段, 成勘院在实际工作中按以下几个程序进行。首先保证技术力量, 由队技术负责主管, 组建专题地质小组, 深入开展坝区各专题的研究和论证。在全面复核前期常规钻孔勘探成果, 确定各断层的位置、出露高程、厚度、性状等基础资料, 依据基础资料制作《钻孔立柱实体地质模型》, 帮助分析判断断层带的平面、空间展布及相互交切关系, 绘制断层平剖面图及等值线图, 依据分析和作图成果指导钻探布置, 并利用钻探成果验证分析成果的正确性、可靠性。

钻探方法采用成勘院承担的“六五”科技攻关项目“深厚砂卵石覆盖层金刚石钻进和取样技术研究”成果, 即双套单动钻具、金刚石钻头、SM 植物胶无固相冲洗液护壁新工艺, 保证了取心, 为地质人员提供了真实直观的标本, 准确确定了断层带的出露位置。该项研究成果荣获 1987 年国家科学技术进步二等奖, 1986 年水利电力部科学技术进步一等奖, SM 胶钻井液、SD 系列钻具在 1992 年第四届国际能源及供应技术和设备展览会上被评为金奖。同时配以综合测井技术, 测井内容包括视电阻率、声波、井液和孔内电视等。用新研制的先进钻探方法, 保证了岩心获得率达 97% 以上, 又补以综合测试手段, 从各个不同侧面较全面地反映和论证了地下深部岩性变化、层间、层内错动带和断层破碎带的特征, 地下水扩散, 岩体透水性等可靠资料, 丰富了常规钻探的内容, 获得了钻孔综合利用的效果, 最终形成综合钻孔柱状图, 利用更准确的新钻孔资料反证前期成果, 最终形成符合客观实际的地质结论。

为进一步从理论上分析断层组、层间、层内错动带的成因机制, 委托成都地质学院做了铜街子水电

站地质构造模型试验,模拟在区域构造应力作用下的破坏机制,试验成果同勘测结论有极相似的机制,属浅层表生构造机理。成都地质学院教授曾以铜街子工程为例发表了“浅层表生构造”的专题论著。

右深槽河床坝段经施工开挖验证,专题报告成果与施工开挖揭露的总体构造格架是一致的。

右深槽掩埋断层组的查明,不仅缩短了工期,并保证了溢流坝段如期顺利施工。

基坑开挖后曾有高等院校知名地质专家评价:“铜街子电站这样复杂的地质条件,前期勘察工作能做到这种程度是不容易的”。总院和兄弟院的领导和专家对地勘工作率先使用先进的钻探工艺和测试手段,配以模型、试验对复杂构造研究的高精度和浅层表生构造理论的分析给予极大赞扬。

3 层间(C_5)、层内(L_c)错动带的勘察研究

大坝基础由多次喷溢的似层状玄武岩组成。在喷溢轮回间歇期,层间堆积了一套火山碎屑岩——正常沉积岩的过渡相沉积,受后期构造作用形成层间错动带(以下简称 C_5 软弱夹层)。 C_5 软弱夹层连续性好,性状差,广布基础之下,产状平缓倾下游 $6^\circ \sim 8^\circ$;极不利于大坝的抗滑稳定。

据国内外大坝失事原因调查,多为基础管涌、渗漏、变形以及抗滑稳定等地质问题。该工程坝基下的 C_5 软弱夹层的性状、抗剪强度、渗透变形性能等能否满足设计要求,将制约水工设计方案和工程造价,是工程的又一个重大工程地质问题,应予以查明。

在70年代,国内已建成的玄武岩坝基很少,且地质条件各异,能借鉴的地质资料极少,主要靠在工作实践中摸索出一套相适应的工作方法。

遵循水电工程勘测程序,地勘工作必须从面上开始,首先通过上游地表所出露的层间、层内错动带进行详细调查、观察和统计,研究其成因、组成、结构特征、分布和延伸性等。亦只有在掌握了这些基础资料以后,才能更有效地指导勘探工作的布置。

层间、层内错动带的勘探除采用成勘院先进的SM冲洗液金刚石钻进新工艺以保证取心,在钻孔中利用日本OYO公司3000系列测井仪进行综合测井和孔内电视等勘测手段,综合判断,准确查明基础下层间、层内错动带的分布。鉴于地表调查的露头多受风化影响,与深埋地下天然状态下的性状有一定差别,特别是起伏差问题,因勘探线间距大,软弱夹层在坝基部位纵横向起伏差问题难以查明。为此,根据现场地形地质条件在左岸滩地和挡水坝段分别

布置了大口径钻探和斜井勘探。

斜井揭露了层间错动带100余m及其部分层内错动带。在斜井和平硐揭露地段开展了1:10大比例尺地质素描,对错动带内的构造岩进行详细研究。根据层间、层内错动带的特征进行了分类研究,并完成包括大剪、弹模以及抗渗稳定等大型原位试验,同时做了围压状态下的三轴剪力试验,获得了层间错动带的各项物理力学参数。

通过上述钻探、洞探、井探、测试和试验工作的论证,详细查明了层间、层内错动带的空间分布和性状,绘制了层间错动带分布等值线图和平面分区图,提出了相应的地质参数,论述了层间、层内错动带对坝基深层滑动和浅层滑动的影响程度,进行了稳定性分析,提出基础处理意见。

为了改善坝体基础条件,设计针对 C_5 软弱夹层和断层破碎带采用“高压喷射冲洗固结灌浆”处理方案。经现场试验和大口径钻孔检查表明,对断层破碎带和 C_5 软弱夹层的冲洗置换和加固效果较好,经地震波穿透试验资料论证,纵波波速 v_p 值由加固前的中值1900m/s增加至固灌后的3500m/s,强度和弹模值大为提高,满足了设计要求。

地质方面提交的断层和 C_5 软弱夹层构造等值线图,为施工单位提供了精确资料,既指导了施工,又保证了施工质量。

根据查明的地质条件和夹层的力学参数,水工设计除进行了稳定计算外,还做了抗滑稳定结构模型试验,研究了不同工况下,滑移面不同组合情况下坝体的应力状态和变形特征,从而优化结构设计。大坝建成后的工程运行实践证明,勘察成果和设计方案是可靠的。

“铜街子水电站玄武岩缓倾角软弱带工程地质研究”成果已列入国家“六五”科技攻关项目(15-3-1)“复杂地基勘探与工程地质研究”项目的子题。对软弱夹层的成因、结构和分类等系统研究的深度和精度在国内属领先水平。

4 左岸埋藏深切右河槽的研究

左深槽为埋藏谷,属早期大渡河深切遗弃的一个古河槽,上部均为后期堆积物所覆盖,并分布有两层易液化的粉细砂层,地貌上无反映,在加密勘探过程中,发现了这条形态奇特,顶宽仅30~40m,埋深达70余m的不规则左河槽(横剖面呈坛子型),大致呈南北向分布,同坝轴线(N58W)交角较大。左岸堆石坝和防渗帷幕都需跨越左深槽。

为了查清如此深厚覆盖层的工程地质特性,包括砂层的原状取样以及坛子型深槽两侧基岩分布边界,在勘探手段上不仅采用了电法、地震法剖面控制,同时采用钻探查明了覆盖层的层次、结构和粉细砂层的分布高程,获得了砂层原状样,做了与液化有关的各项试验工作。地质上结合勘探资料,制作了左深槽实体模型,采用三组系列等值线,精确绘制了深槽正负岩坡的等值线和负坡平面分布位置,查清了凹崖腔的空间分布和槽坡形态,为指导防渗墙的施工提供了可靠地质资料,保证了防渗墙的施工质量。谷内覆盖层层次和砂层液化等参数的确定,为进一步确定相宜的坝型和处理方案提供了可靠依据。

经综合研究,为了减少工程量,适应地质条件,左岸接头最终确定为堆石坝方案,对基础下的易液化砂层采用先进的大功率(75 kW)振冲器进行振冲加固处理,处理后增大了砂层密度,复合地基的承载力大大提高,在水电系统铜街子水电站首次应用振冲加固处理砂层取得成功。深槽段设置了框架式承重防渗墙,经施工运行验证,设计合理。左深槽堆石坝设计与基础处理获得了能源部水利部水规总院优秀设计二等奖。

5 复杂水文地质条件勘察研究

坝基岩体透水富水性严格受岩体中各类结构面控制,故地质构造的研究直接影响着水文地质条件调查和评价。

该工程的场地构造格局是喻坝背斜轴向北倾状的末端,在右河槽两侧发育了顺河向中倾角对冲断层为主体格架,同陡、缓两类次级结构面组成错落有序、独具一格的构造形象。通过压水试验、水化学分析、井液电阻率测井、视电阻率测井、地下水长观资料分析,地下水运移网络同构造骨架相吻合,具陡、中、缓三类渗透带,即顺层强渗透带以层间错动带为相对隔水层,两侧裂隙岩体形成的强透水带;倾斜强渗透带:以 F_3 、 F_6 等中倾角断层为相对隔水层的强透水带;陡立强渗透带:以陡倾断层和裂隙形成的强透水带。顺层强渗透带由倾斜带的切割贯穿,沟通并加强了相互间水力联系,形成透水与隔水交织、潜水与承压水并存的活跃水文网络。

根据渗透带的分布、交切关系和丰富详尽的水文地质试验资料,对玄武岩似层状介质渗透性的差异性和规律性;与断层构造密切相关的承压水赋存条件;集中渗流和透水带的关系;水化学特征垂向分带性;地下水侵蚀性;地下水对工程的影响和防渗处

理方案等都做了深入的研究。

在水文地质勘察中,除按规范要求压水试验外,较早的使用了井液扩散和视电阻率测井方法来研究地下水的动态。地下水电阻率的变化在一定程度上反映了总矿化度和水质的变化,利用地下水电阻率(ρ_b)值正负梯度变化,了解地下水动态及补排关系。大量测试成果表明,矿化度增高,水质多含 H_2S 臭味的深部承压水,表明自下而上顶托补给,且沿 F_3 、 F_6 断层带和 C_5 层间错动带出溢。承压水(ρ_b)值低, Cl 离子含量急剧增多, H_2S 含量达 $0.2\sim 0.4 g/L$ 。深部承压水主要来自断层等构造通道,较成功揭示承压水出溢点位置。曾对部分钻孔在所探明的出溢点位置用栓塞隔离,进行了水位观测并取水样分析,同分析结论相吻合。井液扩散明显地段,单位吸水量 ω 值也会急剧增大,无疑是地质体中的薄弱地带,这些地段应是加强防渗和基础处理的重要部位。

根据基坑开挖过程中地下水露头点分布,涌水量及水质分析资料,同样表明与构造骨格密切相关,与前期勘探结论一致,为坝基防渗处理提供了可靠的地质依据。后经工程运行验证,防渗效果好,基础扬压力大大低于设计预计的水平,保证了工程的正常运行。

6 坝基地质参数的研究(调整和优化)

在分析前期勘察成果的大量岩(土)体试验的基础上,认为控制大坝基础抗滑稳定最不利的是连续性好的 C_5 软弱夹层。这个软层在饱水状态下的长期强度偏低,将对大坝造成变形和抗滑稳定问题。为了满足稳定要求,成勘院曾研究了坝后设置抗剪桩方案(桩断面为 $3 m \times 4 m$,每坝段6~9根);坝段前后设齿槽方案(其深度截断 C_5 软弱夹层);坝后护坦处设置预应力锚索方案等。这些处理方案不仅增加了工程投资,而且存在施工干扰大、影响工期、施工难度大等问题。鉴于这一情况,成勘院又对试验成果进行了反复分析和推敲,认为在围压状态下 C_5 性状比原来预计的为好,同时层面的纵向起伏差也较大,分析原斜井试验成果具有一定的后期卸荷影响,通过研究,对 F_6 断层以左坝段 C_5 软弱夹层的抗剪强度 f 值进行了优化提高,并经部水规总院工作组现场审查通过,为此取消了上述三个处理方案,经设计稳定计算复核后,最终采用平底开挖方案,对 C_5 软弱夹层采用局部高压喷射冲洗固结灌浆的加固措施。同样,对厂房坝段也取消了部分齿槽,厂房坝段设计方案优化节约资金273万元,高喷置换技术节约资

金 494 万元。

7 施工运行期对工程地质问题的专题研究

7.1 坝体廊道排水孔涌水量问题

该工程在围堰拆除至水库蓄水初期,廊道排水孔排水量偏大,对这一现象有人对防渗帷幕的效果提出质疑。成勘院对此又作了专题论证。从前期勘察成果结合排水孔水量、水质、压力观测和视电阻率、水化学同位素测试资料综合分析,论证了廊道排水孔和地下承压水的补排关系。

水文地质前期勘察结论:“坝基下存在承压水,相对隔水层为层间错动带。中倾角断层斜切隔水层,为承压水的渗透提供了通道。当揭穿隔水层时有承压水出露,水量丰富”。这些情况从前期斜井勘探和基坑开挖的出水点动态观测所证实。廊道排水孔孔深多深入 C_3 、 C_4 层间错动带,根据水温、水质分析,大流量排水孔均为深层承压水。

根据同位素测定资料,承压水属深部地下水和两岸远距离潜水补给,与库水无直接补给关系。从帷幕检查孔及大流量排水孔平面分布关系论证了帷幕效果好,并非帷幕失效引起的。从监测资料分析,水量已有减弱的趋势,对断层和层间错动带渗透稳定无影响。

原排水孔设计布置方案实测的坝基扬压力大大低于设计预计值,后期封堵部分排水孔后,水量大为减少,扬压力仍在设计允许范围内。

坝基廊道地下水的论证保证了水库的如期蓄水,为提前发电做出了贡献。

7.2 水库诱发地震问题

铜街子水电站库坝区附近(50 km 范围内)有记载的 $M \geq 3$ 级自然历史地震共 35 次,其中距坝址 5 ~ 10 km 范围 2 次(下游福禄镇附近),5 km 以内没有 $M \geq 3$ 级地震的分布,说明库坝区自然地震活动水平微弱,坝址区附近不存在区域性大断层,不具备发生中、强震地质背景,坝址基本地震烈度属外围(40~ 60 km)强震的波及影响区,基本烈度 VII 度。

铜街子水电站 1992 年 4 月 5 日蓄水,6 日则开始出现诱震现象,蓄水初期,随着库水位上升,地震的频率和强度增大,同年 4~ 6 月地震多发生在大坝附近,其后向外围扩散。1992 年 4 月~ 1995 年 5 月监测期内,所设台网共监测到库坝区及外围地震 4 995 次(不排除自然地震),其中 3.0~ 3.9 级地震 2 次,2.0~ 2.9 级 215 次,其均小于 1.9 级,坝区附近

最大震级 2.8 级(1992 年 12 月 1 日)。

综观震中平面分布,诱震活动主要散布于大坝上游 6 km 至下游 7 km 的大渡河沿岸一带,并在大坝附近及下游福禄镇一带形成两个相对的震中密集区。前区从水库蓄水开始出现延续至今,后区出现时段稍晚,但消失较早。

从震源深度看,绝大多数发生在玄武岩($P_2\beta$)之下,阳新灰岩(P_1)顶面附近及其以下 1~ 5 km 范围内,其震源深度有随时间延长而逐渐加深的趋势。诱震衰减过程具有复式衰减特点,第一个高潮于 1992 年 7~ 8 月,其后显著减弱;又于 1995 年 1~ 4 月出现频率明显低于前者的第二个高潮期。

鉴于水库诱发地震机制的复杂性和目前科技发展水平尚处于探索研究阶段,难以作到较确切的认识、预测和评价,但在前期监测和研究的基础上,从所处地质环境初步分析,其形成机制可概括为:有利的区域地下水循环条件,独特的地应力环境和较强的空隙水压力效应等的综合作用。

据水库诱发地震研究资料,其诱震强度常低于当地自然地震水平。据本次研究成果认为:坝区附近最大诱震水平在 3.5 级左右,可能延续时间 18 年,从 5 年运行中出现两次诱震高潮期,其最大震级均在此水平范畴,初步分析仅就水库诱发地震而言,对坝工建筑物不构成大的威胁。

8 结 语

综上所述,铜街子水电站处在一个地质结构十分复杂的地质体上,研究各类工程地质问题的技术难度大,在当时条件下采用科技和工程应用密切配合,及时采用了新技术、新方法,依靠科学技术进步和技术人员的严谨工作态度,克服了重重困难,详细准确地查明了每一个复杂的工程地质问题,满足了设计要求,保证了施工的顺利进行。从而也摸索了一套在复杂地基上建坝的工程地质勘察经验。从电站建成后运行情况说明,铜街子水电站复杂地基的工程勘察是成功的,对工程地质问题的研究深度和广度具有当时国际先进水平。《铜街子水电站复杂地基工程地质勘察》荣获 1995 年水电部优秀工程勘察一等奖,1996 年全国第五届优秀工程勘察金质奖。

作者简介:

葛东海,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司副总工程师,教授级高级工程师

ABSTRACT

Engineering Geological Investigation on Complex Foundation at Tongjiezi Hydropower Station

GE Dong-hai

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: The Tongjiezi hydropower station is located on rock with complex geological conditions. During entire investigation period, the special geological problems are demonstrated by advanced means and methods both domestic and abroad and with thorough and detail comprehensive analysis. Conclusions which accords with objective reality are presented to solve actual engineering problems and greater contribution is made to academic research and technical means.

Key words: major engineering geological problem; buried fault; incised river bed; deep confined water; strain-slip zone in layers

Engineering Geological Problems in Underground Excavation and Treatment at Taipingyi Hydropower Station

CHEN Weidong

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: At the Taipingyi hydropower project, rock burst, collapse and major fault (shallow buried) were met in underground excavation, which are unfavorable to dam stability, safety and construction schedule. Prediction and treatment for such engineering geological conditions are studied by geologists, designers and contractors together. In the case of Taipingyi underground excavation and treatment, different engineering treatment measures were taken for different engineering geological problems by geologists, designers and contractors to construct an economically reasonable, safe and reliable project.

Key words: underground excavation; construction geology; treatment measures; rock burst; collapse

Construction Geology in International Competitive Bidding Hydropower Project

CHEN Changping

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: Taking the Ertan Hydropower Project as an example, the paper presents a brief introduction on construction geological work performed under the latest contract management and project supervision system of international competitive bidding, to improve the construction geological work in the future and provide references for the projects of similarities.

Key words: the Ertan Hydropower Project; international competitive bidding; construction geology

Study on Major Engineering Geological Problems for Long Intake Tunnel with Thick Overburden in Hydropower Project

PENG Shixiong

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: Taking the Qiaoqi Hydropower Project as an example, the major engineering geological problems for long intake tunnel with thick overburden in hydropower project is systematically analyzed and prediction is made to provide references for the other tunneling projects.

Key words: tunnel with thick overburden; study; prediction

Influence of High In-situ Stress on Stability of Dam Foundation Rock

YUAN Zhi-jun

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: The relationship between in-situ stress and stability of dam foundation rock is less considered in dam construction. For high in-situ stress occurred in Ertan dam area, combined action of initial in-situ stress field, time and space effect during excavation and external loads (arch thrust etc) on dam foundation stability are analyzed and calculated. The analysis results show that high in-situ stress is adverse to foundation pit excavation, but is favorable to dam foundation rock stability against sliding.

Key words: in-situ stress; initial in-situ stress field; time and space effect; stability against sliding; substructure coagervation

Research and Application of Lithium-salt Slag Concrete

HU Ping¹ GAN Yan-hua²

(1. Sichuan Mingzhu Limited Liability Company, Shehong, Sichuan, 629200, China; 2. The 8th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering of China, Guiyang, Guizhou, 550001, China)

Abstract: Lithium-salt slag is a kind of nice artificial pozzolana. When this material is added in concrete, not only properties of concrete is improved obviously and basically meet specifications for HPC (High Property Concrete), but also cement content and project cost are reduced. The lithium-salt slag is used in various specially mixed concrete as well as in conventional concrete and mass concrete. The lithium-salt slag is successfully used as admixture in concrete at the Jinhua hydropower project on the Fujiang River.

Key words: lithium-salt slag; properties of concrete; mix proportion; Jinhua hydropower project