



黄河小浪底水利枢纽

竣工验收技术鉴定报告

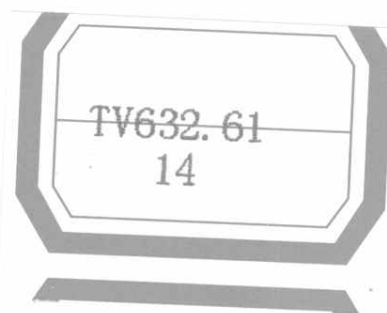


水利部水利水电规划设计总院
中国水利水电科学研究院

二〇〇七年九月



4140504089



黄河小浪底水利枢纽

竣工验收技术鉴定报告



水利部水利水电规划设计总院
中国水利水电科学研究院

二〇〇七年九月

水利部水利水电规划设计总院

中国水利水电科学研究院

批 准：汪 洪

匡尚富

审 查：刘志明 司志明

贾金生

编 写：司志明 蒋国澄 孙双元 张进平 王东华

朱耀泉 刘书秋 赵晓飞 高景云 张铁坚

包承纲 康文龙 温彦锋 吴华鑫 姚宇坚

孙 钊 张 东 董 强 邓 刚 李 克

靳革新

前 言

黄河小浪底水利枢纽是治理黄河下游水旱灾害、改善河道生态与环境的控制性骨干工程。该工程于 1991 年 9 月 1 日开工，1999 年 10 月 25 日下闸蓄水，2000 年 1 月 9 日首台机组并网发电，2001 年 12 月 31 日主体工程全部完工。水库初期蓄水运用以来，最高蓄水位曾达到 265.69m，较正常蓄水位 275.00m 低 9.31m。工程在防洪（包括防凌）、减淤、供水、灌溉、发电和改善下游河道生态与环境方面，发挥了巨大作用。

根据《水利水电建设工程蓄水安全鉴定暂行办法》的要求，水利部小浪底水利枢纽建设管理局（以下简称建管局）分别于 1999 年 9 月和 2002 年 8 月委托水利部水利水电规划设计总院和中国水利水电科学研究院（以下简称两院），先后完成了黄河小浪底水利枢纽蓄水安全鉴定及竣工前补充安全鉴定，分别提出了鉴定报告。

按照国家有关规定和《水利水电建设工程验收规程》的要求，1999 年 12 月，通过了水利部会同河南、山西两省人民政府主持的首台（6[#]）机组启动验收；2000 年 9 月至 2001 年 12 月，分别通过了机组验收委员会主持的 5[#]、4[#]、3[#]、2[#]、1[#]机组启动验收；2002 年 6 月，通过了水利部组织的水土保持设施专项验收。2002 年 7 月，通过了水利部会同国家档案局组织的枢纽主体工程档案专项验收；2002 年 8 月，通过了河南省公安消防总队组织的工程消防专项验收；2002 年 9 月，通过了国家环保总局会同水利部组织的工程环境保护执行情况现场检查及验收；2003 年 9 月，通过了国家安全生产监督管理局和水利部组织的劳动安全卫生专项工程竣工验收；2004 年 1 月，通过了水利部会同河南、山西两省人民政府主持的移民部分竣工初步验收；2002 年 12 月，通过了水利部主持的工程部分竣工初步验收。

根据工程部分竣工初步验收和水库初期运用过程中出现的涉及工程安全的问题，为满足工程竣工验收的需要，受建管局的委托，两院于 2006 年 3 月提出了枢纽渗控专题安全鉴定报告，2007 年 4 月提出了枢纽初期运用技术评估报告。

按照中华人民共和国水利部令第 30 号《水利工程项目验收管理规定》的要求，受建管局的委托，两院于 2007 年 7 月组织专家组进行了竣工验收技术鉴定工作。这次技术鉴定工作的任务是：对机电工程设计、安装、运行进行全面评价；对枢纽工程初期运用中出现的可能影响工程安全的问题，和历次安全鉴定、工程部分竣工验收、技术评估中提出涉及工程安全运用问题的落实情况进行评价；对安全监测仪器工作状况、资料整编与分析成果进行评价，并根据监测成果对各水工建筑物的安全性状进行评价；了解各专项验收中遗留问题的落实情况等。在项目法人和各参建单位的配合下，完成了竣工验收技术鉴定工作，提出了本报告。

目 录

1	工程概况	1
1.1	设计简况.....	1
1.2	工程规划设计及审批过程.....	1
1.3	工程建设和初期运用情况.....	3
1.4	历次安全鉴定和初期运用技术评估的主要结论及建议	3
2	竣工验收技术鉴定工作概况	13
2.1	鉴定工作任务.....	13
2.2	工作范围和内容.....	13
2.3	工作原则和要求.....	13
2.4	鉴定工作安排.....	13
2.5	专家组组成情况.....	14
3	历次安全鉴定及初期运用技术评估遗留问题的落实情况	15
3.1	地质条件薄弱环节研究和监测问题	15
3.2	主坝坝顶裂缝及变形问题	15
3.3	F ₁ 断层附近渗流的高位势及其影响问题.....	22
3.4	坝基及左岸山体渗漏问题.....	25
3.5	副坝前集中渗漏问题.....	25
3.6	排水洞渗漏水的水温、水质及析出物监测问题	26
3.7	进水塔位移监测问题.....	27
3.8	孔板洞高水位原型试验和运行问题	27
3.9	排沙洞锚具槽渗油处理及过流含沙量监测问题	28
3.10	1#明流洞掺气坎通气状况监测问题	29
3.11	消力塘检查与检修问题.....	29
3.12	消力塘排水廊道沉淀物监测问题	30
3.13	消力塘长度复核与泄流监测问题	30
3.14	正常溢洪道混凝土裂缝处理.....	30
3.15	西沟水库防渗处理问题.....	31
3.16	混凝土碱骨料和混凝土抗冻问题	31
3.17	金属结构遗留问题.....	32
3.18	枢纽建筑物安全监测技术警戒值问题	35
3.19	高水位安全监测规程问题.....	35

3.20	左岸山体及坝基增设测压管和渗压计问题	35
3.21	水库拦沙后期运用调度规程编制问题	35
4	水力机械	36
4.1	水轮机.....	36
4.2	调速器.....	43
4.3	水力机械辅助设备系统.....	43
4.4	厂内桥式起重机.....	47
4.5	技术鉴定意见.....	48
5	电气一次	49
5.1	发电机及附属设备.....	49
5.2	电站接入系统和电气主接线及厂坝用电	51
5.3	离相封闭母线.....	52
5.4	主变压器.....	52
5.5	220kV 干式电缆	53
5.6	220kV 开关站	53
5.7	防雷保护和接地.....	54
5.8	技术鉴定意见.....	55
6	电气二次.....	56
6.1	调度管理.....	56
6.2	计算机监控系统.....	56
6.3	控制测量及信号系统.....	58
6.4	励磁系统.....	59
6.5	继电保护及自动装置.....	60
6.6	控制电源.....	63
6.7	工业电视.....	64
6.8	通信系统.....	64
6.9	技术鉴定意见.....	65
7	安全监测	67
7.1	安全监测概况.....	67
7.2	安全监测成果评价.....	68
8	专项验收工程遗留问题落实情况	76
8.1	环境保护工程.....	76

8.2	水土保持工程.....	77
8.3	水库淹没影响及移民安置工程	78
8.4	工程消防.....	80
8.5	劳动安全卫生.....	81
8.6	工程档案.....	82
9	水库运用调度	84
9.1	工程规模.....	84
9.2	水库运用调度规程.....	86
9.3	水库实际运用调度情况.....	87
9.4	技术鉴定意见.....	88
10	竣工验收技术鉴定意见	90
10.1	水库运用调度.....	90
10.2	土建工程.....	90
10.3	机电工程.....	99
10.4	金属结构.....	100
10.5	安全监测.....	100
10.6	专项验收.....	101
10.7	结论与建议.....	102
附件 1	黄河小浪底水利枢纽竣工验收技术鉴定专家组成员名单	105
附件 2	黄河小浪底水利枢纽工程特性表	106
附件 3	黄河小浪底水利枢纽竣工验收技术鉴定主要参考资料	110
附件 4	黄河小浪底水利枢纽竣工验收技术鉴定报告附图	111
	附图 XJJ ₀₁ 技术供水系统图	
	附图 XJJ ₀₂ 机组检修排水系统图	
	附图 XJJ ₀₃ 主厂房 2 [#] 机组设备横剖面布置图	
	附图 XJJ ₀₄ 电气主接线图	
	附图 XJJ ₀₅ 10.5kV 厂用电系统图	
	附图 XJJ ₀₆ 通信系统图	

1 工程概况

1.1 设计简况

黄河小浪底水利枢纽是黄河干流三门峡水利枢纽以下唯一能够取得较大库容的重大控制性工程，其主要任务是“以防洪(包括防凌)、减淤为主，兼顾供水、灌溉和发电，蓄清排浑，除害兴利，综合利用”。水库正常蓄水位和校核洪水位同为 275.00m，总库容 126.5 亿 m^3 ，水电站装机容量 1800MW，是一座大(1)型综合利用的水利枢纽。

枢纽按千年一遇洪水 $40000\text{m}^3/\text{s}$ 设计，万年一遇洪水(同可能最大洪水) $52300\text{m}^3/\text{s}$ 校核。多年平均径流量 277.2 亿 m^3 ，多年平均入库沙量 13.23 亿 t，实测最大含沙量 $941\text{kg}/\text{m}^3$ 。

枢纽建基于含软弱泥化夹层、倾向下游倾角约 10° 的二叠系和三叠系的砂岩、粘土岩互层上，断裂构造发育，工程地质条件和水文地质条件复杂。场址地震基本烈度为Ⅶ度，大坝及进水塔等建筑物地震设计烈度为Ⅷ度。

枢纽由拦河主坝、副坝、泄洪排沙系统及引水发电系统组成，其中泄水系统和引水发电系统均布置在左岸单薄层状山体之中，集中引水，集中消能，地下厂房及其它洞室在左岸山体内纵横交错，构成复杂地下洞群。

拦河主坝为座落在深厚覆盖层(最大厚度为 70m)上带内铺盖的壤土斜心墙堆石坝，最大坝高为 160m。

副坝为壤土心墙堆石坝，最大坝高为 45m。

泄水建筑物由 9 条泄洪洞和一座 3 孔陡槽式溢洪道组成，其中 3 条为由导流洞改建的洞径为 14.5m 的多级孔板消能泄洪洞、3 条洞径为 6.5m 的预应力混凝土排沙洞、3 条城门洞式(10.0~10.5m×11.5~13.0m)明流洞。9 条泄洪洞和溢洪道采用出口集中消能方式，消能水垫塘宽 356m、长 185~205m、水深 28m。

引水发电建筑物采用以地下厂房为核心的三洞室布置，地下厂房长 251.50m、宽 26.20m、高 61.44m。

泄洪、引水发电、灌溉洞进口集中布置，形成高度 113.0m，宽 276.4m 的进水塔群，地下洞室群布置复杂。

小浪底水利枢纽水文泥沙条件特殊，工程地质条件复杂，工程技术难度高，规模巨大，水库运用要求严格，是我国目前地质条件复杂和技术难度高的大(I)型水利枢纽之一。

1.2 工程规划设计及审批过程

1954 年《黄河技经报告》中提出小浪底水利枢纽的开发任务以发电为主。1959 年、

1970年黄河水利委员会先后在《黄河下游综合利用规划补充报告》和《黄河三花间干流规划报告》中提出三门峡至小浪底河段为一级开发，小浪底水利枢纽的开发任务为防洪、防凌、发电、灌溉。

1983年3月，国家计委和中国农村发展研究中心对黄河水利委员会编制的《黄河小浪底水库规划报告》进行了论证，会后向国务院报送了《关于小浪底水库论证报告》，确定水库开发主要任务为防洪、减淤。

1984年9月，水利电力部对黄河水利委员会编制的《黄河小浪底水利枢纽可行性研究报告》进行了审查，同意小浪底水利枢纽开发任务以防洪（包括防凌）、减淤为主，兼顾灌溉、供水和发电。

1984年9月~1985年10月，黄河水利委员会勘测规划设计院与美国柏克德咨询公司联合进行了小浪底水利枢纽轮廓设计。水利电力部对黄河水利委员会汇总的轮廓初步设计进行了审查。

1985年5月，国家计委委托中国国际工程咨询公司对小浪底水利枢纽初步设计任务书进行了评估。1987年国家计委以计农〔1987〕52号文《关于审批黄河小浪底水利枢纽设计任务书的请示》呈报国务院，经国务院批准后以计农〔1987〕177号文通知水利电力部。

1987年2月~1988年7月，黄河水利委员会勘测规划设计院全面开展工程初步设计工作。

1988年水利部组织对《黄河小浪底水利枢纽初步设计报告》进行讨论，并以水规〔1988〕41号文报送国家计委；1989年水利部以水计〔1989〕51号文《关于黄河小浪底水利枢纽工程实施意见的报告》报送国家计委，报请尽早审批初步设计。1989年黄河水利委员会勘测规划设计院提出《小浪底水利枢纽工程泄洪方案优化设计报告》，将原初设6座错台布置的进水塔改为直线布置的9座进水塔；1990年黄河水利委员会勘测规划设计院提出小浪底水电站由原初设6×260MW增容至6×300MW，装机容量增至1800MW；1991年黄河水利委员会勘测规划设计院提出《小浪底水利枢纽地下厂房专题报告》，将原初设半地下厂房改为地下厂房，取消上游调压塔和尾水调压室。

1991年4月，全国人大七届四次会议批准的《国民经济和社会发展十年规划和第八个五年计划纲要》中，将小浪底工程列为“八五”期间开工兴建的重点项目。1991年12月，水利部以水规〔1991〕67号文《关于黄河小浪底水利枢纽初步设计中几个问题的报告》报送国家计委。1993年3月，国家计委以计农经〔1993〕459号文《关于黄河小浪底水利枢纽工程初步设计的复函》下达水利部，原则同意小浪底水利枢纽初步设计优化方案。

黄河小浪底水利枢纽招标设计由黄河水利委员会勘测规划设计院于1990年开展工作，经水利部和世界银行批准，确定加拿大国际工程管理集团黄河联合咨询公司（CYJV）作为

招标设计咨询公司。1992 年底黄河水利委员会勘测规划设计院完成了小浪底水利枢纽主体工程国际招标文件的编制。1993 年 3 月中国国家技术进出口总公司对外发售标书，同年 8 月主体工程标公开开标。1994 年 6 月发出中标通知。

1992 年 10 月，世界银行对小浪底水利枢纽工程进行项目预评估，1993 年 5 月完成项目正式评估，1994 年 6 月世界银行与中国政府正式签署贷款协议。

1.3 工程建设和初期运用情况

黄河小浪底水利枢纽前期准备工程于 1991 年 9 月 1 日开工建设，主体工程于 1994 年 9 月 12 日开工建设，1997 年 10 月 28 日实现黄河截流，1999 年 10 月 25 日水库下闸蓄水，2000 年 1 月 9 日第 1 台机组并网发电，2001 年 12 月 31 日主体工程完工。截至 2007 年 7 月中旬，水电站已安全运行 28740 天。水库最高蓄水位曾达到 265.69m，距正常蓄水位低 9.31m，水库在较高蓄水位 260.00m 以上已累计运用 189 天，在 250.00m 以上水位已累计运用 782 天。枢纽初期蓄水运用以来取得了显著的综合效益，水库已连续 8 年实现了安全度汛。尽管在枢纽初期运用过程中，先后发生左岸山体及坝基、右岸坝基及河床段主坝坝基渗漏量较大和大坝坝顶下游侧顺坝轴线裂缝，上、下游坝坡局部不均匀变形等问题，但目前的安全监测资料表明，枢纽工程初期运行状况属正常。

1.4 历次安全鉴定和初期运用技术评估的主要结论及建议

根据水利部《水利水电建设工程蓄水安全鉴定暂行办法》（水建管〔1999〕177 号）要求，对黄河小浪底水利枢纽开展了下闸蓄水安全鉴定；为做好竣工初步验收技术准备，2002 年 9 月对黄河小浪底水利枢纽进行了竣工前补充安全鉴定；2004 年，针对左岸山体及坝基、右岸坝基及河床段主坝坝基渗漏量问题，对黄河小浪底水利枢纽进行了渗控专题安全鉴定；2006 年 4 月，针对坝顶下游侧顺坝轴线存在裂缝以及上下游坝坡存在不均匀变形等问题，并为做好竣工验收前的技术准备工作，对小浪底水利枢纽初期运用开展了技术评估工作。

1.4.1 蓄水安全鉴定

1. 主要鉴定结论

(1) 通过大量地质勘察工作及施工期揭露的情况，枢纽的工程地质及水文地质条件已基本查明。通过试验和工程类比确定的岩石力学参数合理。水库诱发地震可能最大震级为 5.6 级是稳妥的。

(2) 大坝坝型、坝体分区、筑坝材料选择及填筑标准合理。通过复核，大坝坝坡在静力及动力作用下是稳定的。施工过程中虽出现斜心墙黏粒含量超出合同限值，早期填筑的 3 区过渡料偏粗超出包线以及截流前少量 1A 区高塑性土料含水量偏低等问题，经分析不致影响大坝安全。

以大坝斜心墙、混凝土防渗墙和帷幕灌浆组成的垂直防渗为主，内铺盖加天然淤积组成的水平防渗为辅的措施是正确的。左岸河床覆盖层下基岩反坡和陡岩处理可靠，心墙岸坡连接坡度合适。右岸 F_1 断层防渗措施及盖板施工质量问题处理后能够满足设计要求。

左岸单薄分水岭实质上是大坝的延伸，利用灌浆帷幕、排水及石渣压重等处理措施是恰当的。通过抗滑稳定计算，其安全系数基本满足现行设计规范要求。

经检查，坝体各区土料填筑质量、主坝坝基混凝土防渗墙、固结灌浆和帷幕灌浆施工质量合格，排水系统施工达到合同规定要求。

(3) 经多次水工模型试验确定的泄洪、引水发电进水口及进水塔总体布置和体型是比较合理的。计算和试验成果说明进水塔静动力抗倾覆和抗滑是稳定的。现有安全监测资料表明，进水塔没有明显的不均匀沉陷和较大的变形量。

(4) 近坝库岸 1[#]及 2[#]滑坡在水库蓄水后基本稳定，在 8 度地震和库水位骤降条件下可能失稳，但滑坡引起的涌浪高度较小，设计中在确定坝高时已作了考虑。地层的逆向坡产状有利于进水塔边坡的稳定，据分析，施工期、水位 255.00m+8 度地震以及水位由 275.00m 骤降至 255.00m 的不同工况下，边坡都是稳定的。监测资料表明，消力塘上游边坡经加设排水洞、轮廓优化、预应力锚索、抗滑桩、混凝土支撑肋墩、局部抬高断层带坡脚处消力塘开挖高程等综合措施后已基本稳定，在消力塘充水后位移增量已趋于零。东苗家滑坡体的地质边界基本查明，采取以排水为主的整治措施是合适的，经计算滑坡的抗震稳定性差，但不会危及工程安全。

(5) 枢纽工程安全监测系统设计合理，观测仪器的率定、安装、埋设及观测均能按有关规范及标准执行。对已取得的观测资料进行了整理与初步分析。这些观测成果为判断工程安全提供了依据。

(6) 经鉴定，小浪底水利枢纽工程布置合理，主要建筑物安全可靠，不存在妨碍安全蓄水的重大问题。

2. 主要建议

(1) 大坝及其它建筑物设置了种类众多的观测设备并取得一批数据。在蓄水初期应加强观测并进一步作好分析整理。这对了解各建筑物在施工期及蓄水后的性状、监测大坝长期安全运行是十分重要的。

(2) 鉴于黄河泥沙问题的复杂性，水库蓄水后应加强对水库泥沙淤积和进水塔进口泥沙淤堵的观测，通过初期运行监测分析，进一步优化水库运行方式。

(3) 运行期应密切监视消力塘边坡的变形和稳定，合理确定抽排操作规程并复核消力塘检修工况下边坡稳定。

(4) 左岸山体单薄且存在多条倾向下游的泥化夹层，在水库蓄水后帷幕上游地下水位

将由原 135~139m 上升到 275.00m，水文地质条件的变化对岩石力学参数、山体变形、进出水口边坡稳定及有关建筑物工作状态都将有不同程度的影响。建议加强蓄水及运行期对左岸山体和进出口边坡的变形及渗流监测，及时对监测资料进行整理与分析，同时研究建立进出口边坡安全预警值。

(5) 东苗家滑坡体在地震工况和地下水位升高时稳定性不足，建议加强观测。

1.4.2 竣工前补充安全鉴定

1. 主要鉴定结论

(1) 小浪底水利枢纽工程布置合理，设计总体符合规范要求，施工质量总体符合合同规定及设计要求。施工中虽曾出现过某些质量缺陷，但已经认真处理。工程质量总体上是好的。水库蓄水后，至今已安全运行近 3 年，初期运行以蓄水拦沙为主，最高水位仅达到 240.87m，较正常蓄水位 275.00m 低 30 多米。从现有观测资料看，竣工后大坝水平位移、垂直位移总体在正常范围内，符合一般规律，且变化速率逐渐减小，大坝防渗系统工作情况基本正常，因此从工作性状看，大坝是安全的，其他建筑物也能正常运行。蓄水后发现左岸山体及右岸坝基渗漏量较大，在建管局、设计、监理和施工单位的共同努力下，基本查明了渗水的原因，并有针对性地采取了一定的工程处理措施。经对安全鉴定各自检报告和有关基础资料进行分析研究，认为目前左岸山体和右岸坝基渗漏不会影响大坝安全和山体稳定，且随水库淤积的不断增加，渗流情况将得到进一步改善，水库可以正常运行。但鉴于小浪底工程的重要性和蓄水后地下渗流场的复杂性，加之目前至最高运行水位还低于正常蓄水位 30 多米，为确保枢纽工程安全和水库正常运用，应对两岸山体及地下洞室群进行严密监视和及时分析。

(2) 枢纽工程的安全监测系统设计符合有关技术规范要求，除个别量水堰还在进行改造之外，各类监测项目已全部安装完毕，并进入正常工作状态。据统计，上述仪器验收合格后，由于种种原因仪器完好率为 84%。其中坝体内部观测仪器失效率较高，但现已采取了相应的补救措施。外部变形及渗流观测是蓄水后的重点观测项目，初步分析认为，这些观测项目的观测数据总体可靠，精度满足技术要求。总体来看，安全监测系统及目前的工作状态良好，可基本满足工程安全监控及评价的需要。

(3) 基本同意勘测设计和工程建设单位多年的勘察研究与观测成果分析，认为左右岸山体的水文地质条件及库水渗漏途径已基本清楚。

(4) 鉴于右岸基岩渗水来源的 P_2^2 地层与大坝之间有厚达 17m 的 P_2^{3-1} 隔水层，该隔水层中的 6 支渗压计的测压水位都不随库水位的升降而变化，说明隔水性能良好。沿心墙与基岩接触面，在宽 8m 厚 0.8m 的混凝土灌浆盖板上下游侧还设置有 0.3m 厚混凝土板，可有效防止由于基岩渗水而使斜心墙产生接触冲刷。此外，1[#]排水洞各排水孔渗水一直为

清水。目前，在相同库水位下渗漏量已逐步减少，且随库区淤积增加，右岸渗流情况将得到进一步改善，同意设计关于右岸渗水不会影响大坝安全的结论。

(5) 设计采用沿 F_1 断层铺设盖板，对盖板下基岩进行帷幕及固结灌浆的处理方案，对防止沿 F_1 断层产生渗流破坏是有效的。施工期部分盖板产生的质量缺陷，已作了认真处理。由于 5 支渗压计测值有偏高的现象，在盖板与基岩接触面进行了补充水泥（化学）灌浆，有利于提高防渗性能。考虑到蓄水后盖板上下多数渗压计的总体测值正常，斜心墙及内铺盖与盖板接触面长达 120m 有足够渗径， F_1 断层伸入库区被淤积物覆盖，且随着淤积加厚对防渗有利等因素，因此认为沿 F_1 断层的渗流不会影响大坝安全。

(6) 稳定复核和监测资料表明，左岸山体上部局部边坡和山体整体都是稳定的。消力塘上游边坡，即左岸山体下部边坡在抽排工况下也是稳定的。对停止抽排情况下的稳定性需要作进一步复核，并根据复核结果决定抽排运用工况。

(7) 厂房置于坚硬岩体中，地质构造相对简单，侧墙和顶拱岩体中虽有软弱夹层，但该软弱夹层较密实，且有众多锚索、锚杆等支护，虽然现地下厂房排水系统渗水较大，但目前厂区围岩是稳定的。厂区 30[#]排水洞排水孔出水量偏大，当库水位超过 240m 时，厂房渗压计测值偏高，厂房顶拱沿 f_1 、 f_2 渗水，部分渗水透过吊顶漏入厂房内。预计当库水位上升至 275m 时，厂房顶拱渗水将会增大，不但会恶化厂房运行环境，而且可能影响厂房机电设备的安全运行。已对发电厂房洞顶进行了化学灌浆封堵并增设了排水孔，今后宜加强观测、视其效果采取相应措施，切实解决厂房防渗、排水问题。

(8) 大坝 220.00m 高程以上坝体的填筑质量满足设计要求和规范规定。反滤料在加工生产中级配稳定，基本处在包络线范围内，对 2B 料现场填筑时有分离现象、3 区过渡料级配不理想等问题，大都在前期已采取了相应措施，不会影响大坝的总体质量。蓄水运行以来的情况表明，大坝处于正常工作状态。但由于尚未经过高水位运行的考验，故仍需在蓄水过程中加强监测，随时分析掌握其运行实态。副坝和西沟坝坝体各种料物的级配和密实度都能满足规范和设计要求，能保证安全运行。

2. 主要建议

(1) 对于已失效仪器的补救措施应尽快实施。对左岸山体几支渗压计测值异常情况，包括帷幕后 PZ2-24、地下厂房底板下 P10-5、P10-10 等测点，建议在相同位置处补设渗压计。补充检验 T_1^{3-2} 、 T_1^{5-1} 弱透水层隔水性能的分层地下水位观测孔，以便及时进行左岸渗漏问题的综合分析。对除两岸漏水问题之外的其它工程部位的异常测值，也需加以注意，通过综合分析确定问题的性质。对尚未进行整理分析的部分监测资料，建议尽快组织进行整理分析工作。对大坝下闸蓄水近 3 年来的变形、渗流等主要监测项目应开展全面系统的分析工作。

(2) 建议进一步查明左岸山体渗漏与左岸坡未进行补强灌浆的三角地带的关系, 视其结果决定是否进行补强灌浆。从本区水文地质结构及主要透水途径分析, 目前正在实施的水平防渗, 即将 F_{28} 断层下盘及主帷幕前暴露的基岩透水层采用铺盖的方法予以封堵, 阻止库水沿 F_{28} 断层下盘破碎岩体及 T_1^4 、 T_1^5 透水层入渗的方法是可行的, 但应注意被封闭的陡坡在库水骤降时的稳定问题, 建议对透水陡坡的封闭可分期进行, 以根据实施效果调整施工方案。对封堵质量未达到要求、为库水入渗提供通道的勘探平洞, 应在查明情况的基础上, 采取补救措施予以封堵。对重要排水幕段的排水孔, 均应设置反滤装置。

鉴于 T_1^{3-2} 、 T_1^{5-1} 弱透水层的透水(隔水)性, 对左岸山体水文地质结构分析和工程安全评价有重要作用, 建议适当补充钻孔压水试验, 结合原勘探资料的综合分析, 对上述两地层的隔水性做进一步论证。如果左岸山体 $T_1^1 \sim T_1^5$ 地层为统一含水层, 其间没有可靠的隔水层, 则在左岸排水工程中采用控制或封堵排水孔出水以减少出水量的措施时, 应充分研究论证, 避免因封堵排水孔导致地下水上升过高, 造成不良后果。

(3) 左岸山体监测项目集中布置在进出口段, 建议在中段增设测斜仪和渗压计, 同时进行系统的地面变形监测。

(4) 鉴于厂房周边 28[#]、30[#]排水廊道在厂房边墙和顶拱范围内的排水孔出水量很小, 而边墙范围内渗压计测值偏高, 建议对此现象进行认真研究、分析并找出相应的改进措施, 以使排水廊道能切实拦截该区域渗水确保厂房安全运行。建议把厂房廊道外排水与厂内排水系统分开。建议对西沟水库蓄水后厂房区渗流场的变化进行分析, 加强西沟水库蓄水过程中的渗流观测, 并根据实际情况决定是否要采取相应排水、防渗措施。

(5) 消力塘底部排水廊道渗水较大, 两侧岸坡少量排水孔水质浑浊, 底板下若干排水孔出浑水, 应加强监测。建议完善消力塘下部渗水量测量系统, 分析渗水量随时间、上下游水位变化的关系。查清浑水及淤泥来源, 分析对建筑物安全的影响, 必要时采取有效措施。并相应完善操作规程。

1.4.3 工程部分竣工初步验收

1. 总体评价

(1) 小浪底水利枢纽工程的建设, 符合基本建设程序。工程等别、建筑物级别、洪水标准及地震设防烈度符合现行规范要求。枢纽泄洪建筑物能满足水库泄洪、排沙要求。水库蓄水运行以来, 在防洪、防凌、减淤、灌溉、供水和发电等方面已初见成效。

(2) 施工和初期运行实践表明, 大坝坝型、坝体分区、筑坝材料选择及填筑标准合理。以大坝斜心墙、混凝土防渗墙和帷幕灌浆组成的垂直防渗为主, 内铺盖加天然淤积组成的水平防渗为辅的措施是正确的。坝体的填筑质量满足设计要求和规范规定。反滤料现场取样表明其级配符合反滤要求。右岸 F_1 断层防渗措施及盖板施工质量问题的处理能满足设

计要求。蓄水运行以来的情况表明，大坝处于正常工作状态。

(3) 右岸坝肩山体渗漏量大于原估计值，经过补强灌浆处理、大坝上游泥沙淤积，目前在相同库水位下渗漏量已逐步减少。随库区淤积增加，右岸渗流情况还将得到进一步改善，右岸坝肩山体渗漏不会影响大坝安全。

(4) 蓄水后左岸山体渗漏水量较设计原估算的渗流量偏大，但左岸山体上游边坡的局部稳定和山体的整体稳定都有足够的安全系数。

(5) 引水发电系统总体布置合理，结构设计符合规范要求。厂房位于地质条件相对较好的岩体中，厂区围岩总体稳定满足设计要求。

(6) 排沙洞布置合理，体型合适，并采用了无粘结预应力混凝土衬砌技术。施工质量基本达到设计要求。

(7) 孔板洞布置及体型设计基本合理。混凝土抗渗、抗冻及强度的检测结果满足设计指标。泄水试验及调水调沙试验期间的运行情况表明，孔板洞的消能效果良好，短期过流不会因空化而造成严重破坏；压力脉动在设计范围内，泄洪时诱发结构和山体振动轻微，结构应力变化微小。

(8) 安全监测系统设计符合有关技术规范要求，布置合理。各类监测项目已全部安装完毕、验收合格并投入正常观测。观测数据基本可靠，精度满足要求。总体来看，小浪底工程安全监测系统及工作状态是良好的，可以满足工程安全监测及评价的需要。

(9) 金属结构设备布置和选型合理，制造和安装质量满足设计和有关规程规范的要求。目前运行总体正常，闸门止水情况良好。

(10) 水轮发电机组及其附属设备选型合理，性能和技术参数选择正确，安装质量好，运行基本稳定。电站主要机电设备和控制保护系统的型式及参数选择正确，布置合理，制造和安装质量符合设计和规范要求，运行正常，为电站向“无人值班”（少人值守）方式过渡打下了基础。

(11) 小浪底工程建设实行项目法人责任制、招标投标制和建设监理制，工程建设管理体制符合国际招标工程建设管理惯例，满足工程建设对进度、质量和投资控制的要求。工程按期完工。在建设过程中通过有效的投资控制手段和严格的合同管理，成功地解决了与国际承包商的合同争议，预计工程实际投资可控制在最终批准的概算总投资内并有节余。

(12) 依据《水利水电工程施工质量评定规程》（试行）（SL176-1996）规定，竣工初步验收工作组同意工程质量监督单位对小浪底水利枢纽工程施工质量等级评定为优良的意见，建议该工程项目施工质量等级定为优良。

(13) 小浪底工程已通过水土保持、环境保护、消防安全、工程档案等专项验收。

2. 存在问题

(1) 水库蓄水后发现两岸坝肩山体渗漏量较大,根据初步查明的原因已有针对性地采取了一些工程措施并已取得一定成效。但目前运行最高水位为 240.87m,离正常蓄水位 275.00m 尚有 34.13m,且本工程蓄水后地下渗流场复杂,为确保工程安全和水库正常运用,应对两岸山体特别是左岸山体及地下洞室群进行严密监视,及时分析并采取必要的措施。

(2) 当库水位接近 240m 时,厂房顶拱有明显渗水,预计当库水位上升至 275m 时,顶拱渗水还将会增大,不但会影响厂房运行环境,而且还会影响厂房机电设备的运行安全。最近已对发电厂房洞顶进行了化学灌浆封堵并增设了排水孔,其效果还有待观察。对此应及时采取相应措施,切实解决厂房防渗、排水问题。

3. 主要建议

(1) 在下阶段调度运行中,应根据水库特性、水工建筑物及机电设备安全运行和水库运用方式等要求,及早建立水库和枢纽的初期调度运用规程,并加强信息化建设。

(2) 加强坝址区地下渗流场动态变化的监测、分析,及时掌握水库运用中两岸渗漏对山体和建筑物的影响。

(3) 对左岸山体和地下厂房等观测值异常的部位要加强监测、分析工作,必要时补设观测仪器。对水库下闸蓄水后的变形、渗流以及结构(包括预应力锚杆、锚索)受力情况等主要监测资料要开展全面系统的分析工作,及时掌握工程运行性态。

(4) 孔板洞试验与运行观测中发现,中闸室侧壁和底板高速水流区的掺气浓度偏低,对掺气减免空蚀破坏的防护作用尚不明确,有待于长期检验。在可能条件下,应尽量减少孔板洞长时间泄洪。建议加强对孔板洞的安全监测和泄洪后的检查,进一步完善孔板洞的运行规程和安全监测制度,发现问题及时解决。

(5) 1[#]明流洞最大流速 35m/s,设有四道掺气坎,虽然有利于防空蚀,但可能加剧高含沙水流对局部底板的冲磨作用,必须加强检查,出现问题立即修补,防止发生大面积严重磨蚀。

(6) 应对出口消能建筑物在停止抽排情况下的稳定性进行复核,并根据复核结果决定抽排运行工况。目前消力塘排水系统渗水较大,消力塘排水廊道底板下若干排水孔出浑水,两侧也有少量排水孔水质浑浊,应加强监测,查清浑水来源。建议完善消力塘下部渗水测量系统,分析渗水量随时间、上下游水位变化关系及对建筑物安全的影响,必要时采取有效措施。

(7) 大坝与建筑物群的抗震设计符合规程规范要求,考虑到左岸山体地质条件的复杂性,建议加强对强震的监测和分析。本工程建有地震观测台网,目前观测到小于 2 级的地震有增加的趋势,今后应加强库水位升高后的触发地震观测研究。

(8) 继续进行骨料碱活性反应的室内长龄期试验以及混凝土芯样膨胀机理的微观分析,同时加强早期施工混凝土工程关键部位自生体积变形观测和分析。

(9) 水轮机转轮叶片在运行一段时间后曾出现裂纹,经认真分析研究查明原因后,按合同规定由制造厂家采取了相应的处理措施,此后6台机再未发现裂纹现象。由于机组受库水位条件的限制,尚无107m水头以上的运行实践,建议今后密切监视机组在高水头区域的运行稳定性和空蚀情况以及机组过流部件抗磨层的工作情况。

(10) 为确保压力钢管安全运行,建议对钢管返修焊缝进行定期检查。

(11) 正常溢洪道三扇工作门、2[#]孔板洞工作门尚未投入使用,建议在有条件时进行有水调试。

(12) 为防止排沙洞出现泥沙淤堵,保证闸门的可靠运行,建议适时操作闸门以在门前形成冲刷漏斗,并尽快制订有关运行规程。

(13) 为确保工程的安全运行和发挥综合效益,建议抓紧研究设置枢纽应急自备电站的必要性和可行性。

(14) 建议加强对工程关键部位和库区重点滑坡体的监测工作,并及时进行分析。

(15) 小浪底建管局应抓紧研究暂缓建设非常溢洪道的可行性,并办理有关报批手续。

(16) 由于入库径流呈明显减少趋势,实际年发电量远低于设计发电量,项目法人依靠发电收入按期还贷困难,建议国家有关部门尽早调整还贷方案,解决还贷困难问题。

综上所述,初验工作组同意小浪底水利枢纽的工程部分通过竣工初步验收。建议按有关规定抓紧做好小浪底工程正式竣工验收前的各项准备工作,适时由国家有关部门组织竣工验收。

1.4.4 渗控专题安全鉴定

1. 主要结论

(1) 围绕渗控问题,在前期勘察基础上采用多种手段探查研究,坝址区的水文地质条件及库水渗漏途径已基本清楚,可作为工程安全评价的依据。

(2) 根据本工程特点及初期蓄水运行情况,渗控补强设计总体合理。

(3) 根据施工与监理自检报告提供的资料,渗控补强施工质量满足设计要求;根据渗控补强灌浆前后实测渗漏量对比,渗控处理效果明显。

(4) 监测资料表明,河床段坝基水平防渗设施约削减水头20%~40%,混凝土防渗墙削减剩余水头的90%以上,防渗效果良好。鉴于坝后水塘渗水为清水,水下录像表明未见发生机械管涌的迹象,经复核防渗墙后河床覆盖层中的平均渗流比降不超过容许值,考虑到原有坝基已铺2C砂石料的反滤保护作用,河床坝基渗流不致影响大坝安全。

(5) 左岸山体经过补强灌浆处理后,实测渗流量由260m水位时的14000m³/d左右,