改革建设管理体制　建立现代企业制度

王　文　珂

黄河万家寨水利枢纽有限公司是由水利部、山西省、内蒙古自治区通过各自的出资代表：水利部黄河万家寨工程开发公司、山西省万家寨引黄工程总公司、内蒙古自治区电力总公司共同出资组建的现代大型企业，现有正式职工 295 人,主要负责黄河万家寨水利枢纽工程建设、管理及黄河北干流的梯级开发。目前正开发建设的黄河万家寨水利枢纽工程进展顺利、形势喜人,土建工程已完成近 90%,机电设备安装已全面展开,1998 年 11 月首台机组开始发电。

一、改革传统的建设管理体制势在必行

黄河万家寨水利枢纽工程位于山西省偏关县和内蒙古自治区准格尔旗交界的黄河北干流上，是黄河北干流水利资源开发的龙头水库。建设万家寨水利枢纽工程，主要是为了缓解晋蒙能源基地缺水的紧张状况和改善晋蒙电网的运行条件。枢纽工程包括混凝土重力坝和坝后式水力发电站，总库容 8.96亿 m^3,电站装有 6 台 18 万 kW 机组,总装机 108 万 kW,年发电量 27.5亿 kW·h。工程建成后，每年可向晋蒙能源基地供水 14 亿 m^3,还可向晋蒙电网提供 108 万 kW 的调峰容量和 27.5 亿 kW·h 的电量,同时兼有防洪、防凌作用，具有显著的经济效益和社会效益。

1990 年,水利部、山西省政府、内蒙古自治区共同签署了《关于联合建设万家寨水利枢纽和引黄入晋引水工程的意向书》，明确了投资模式、管理方式及权益分配原则。1991 年，组成了由三方有关部门参加的领导小组，成立了“水利部万家寨水利枢纽工程建设筹备工作组”,开始前期准备工作。1993 年 2 月在‘筹备工作组’的基础上成立了‘水利部万家寨工程建设管理局”，负责万家寨水利枢纽工程的建设管理。这种管理模式实际上是沿袭了计划经济体制的管理模式，不适应社会主义市场经济的要求。其主要弊端是：

(1)没有企业法人地位。万家寨水利枢纽建设管理局直属政府部门，按计划经济体制运作。资金由国家按计划拨付(或贷款),建筑材料由国家统配,管理局只考虑‘不突破概算、按期完建’就行了,无需也无法领取营业执照,无法获得企业法人地位,无法全面履行项目法人职责，建设管理过程中一些重大问题无权作出决策，贻误时机和工期。

(2)不是投资主体，没有业主地位。万家寨水利枢纽管理局是由水利部组建的，作为投资三方委托建设万家寨水利枢纽的‘代表”,不具备业主应有的职权,工程实施过程中的许多问题仍由投资三方决定。而投资三方又均是政府，重大问题需要协调，但往往由于有关部门意见不一致,很难做到‘说干就干”。

(3)资金不能按计划及时到位。投资三方在投资上的利弊得失不尽一致，资金来源各

需要全本请访问 www.ertongbook.com

不相同，在实际操作上往往是各方都同意投资，但又不能完全拿出资金。万家寨水利枢纽管理局作为投资三方的代表，不具备协调投资三方的能力，只能被动地要投资，往往是报“大”计划，以争取宽裕的资金环境，这又很容易使投资方产生异议和误解而影响投资。工程建设年年不能按计划完成，施工总进度受到影响。加上已有的概算不能反映市场的变化，超概问题也影响投资。另外，万家寨水利枢纽管理局与承包商之间的一些经济上的纠纷无权自行处理，提出来的修正概算迟迟得不到批复。到 1996 年底，万家寨水利枢纽工程的总投资实际上没有落实，各方资本金组成更不确定。

二、探索水利工程建设管理的新模式

针对旧体制的弊端，1996年水利部、山西省、内蒙古自治区经过协商，在第四次领导小组会上正式签署了《联合建设万家寨水利枢纽工程协议书》，并决定按现代企业制度和《公司法》的要求，成立万家寨水利枢纽工程开发有限公司，组建董事会。1996 年 10 月董事会成立，董事长就任。以资本为纽带，对原“水利部万家寨工程建设管理局”进行改制，按法定程序成立了“黄河万家寨水利枢纽有限公司”。1997 年，公司一边抓工程建设，一边按照现代企业制度及《公司法》要求，对原万家寨水利枢纽管理局进行改制，基本上建立起符合现代企业制度和《公司法》要求的现代公司体制。

(1)明确了投资主体和经营主体，实现了所有权与经营权的分离。由水利部黄河万家寨工程开发公司、山西万家寨引黄工程总公司、内蒙古自治区电力总公司作为投资三方国有资产代表，依法以其投入的资本金享有对企业相应的资产所有权。确立了黄河万家寨水利枢纽有限公司作为经营主体享有独立法人的法律地位。公司根据自身的优势及市场情况，自主决定企业的发展。公司在组织工程建设过程中，既要实现工程建设的各个阶段目标，又要确保资产不流失。强化了资本运营观念。建立起资本运营约束机制与激励机制：“业主负责、建管结合、滚动发展”，保证了企业和资本运行的高效率。

(2)按现代企业制度进行运作。公司按《公司法》的要求组建和完善了公司经理班子，调整了机构。由董事会及时聘任了正、副总经理，进行了明确的分工，落实了各自的职责。开展了定机构、定工作职责、定岗位及人员编制、定管理原则的四定工作，在已设机构的基础上，由各部门调整和确认本部门的工作职责，细化各科室及具体岗位人员的职责，按岗择优选人，最终达到精简高效、人尽其责的现代企业要求。以促进工程建设保证万家寨水利枢纽 1998年发电目标的实现为主线，建立了公司近期建设和长远发展相结合，工程建设管理、永久发电生产和经营开发相结合的远近结合、点面结合、主副业结合的协调统一发展的企业组织体系。

(3)真正实现了业主负责制。在新体制下，业主负责制是核心，业主负责制的落实带动了招投标制和建设监理制的顺利执行。在工程建设中，每个专项工程都严格推行了招投标和监理制度，强化了建设过程中的激励与约束机制，节约了投资，保证了质量，加快了进度。工程建设中，公司独立行使业主权利，处理了许多棘手的问题，如及时解决了Ⅰ、Ⅱ标承包商与业主的经济纠纷，既维护了公司作为业主的利益，也使承包商得到合情合理的补偿，从而调动了他们的积极性，加快了工程建设进度。再如，厂房桥机制造由于承包商

的违约,造成不能按期交货,已经严重影响机电设备的安装,公司采取了非常措施,及时做了补救工作。这些措施在万家寨水利枢纽管理局体制下是不可能有效解决的，只有公司作为独立法人，并有现代企业制度做保证的前提下才能实现。

(4)实现了自主经营、自我发展。公司立足目前万家寨工程建设的实际，以万家寨工程为依托,制订了 3 年发展规划。围绕工程建设，在严格实行招投标制和建设监理制的基础上,较好地控制了工程投资,保证了工程质量,同时充分利用工程建设的有利时机,扶持“内蒙古黄河万家寨物贸有限责任公司”“山西黄河万家寨实业发展有限公司”两个全资子公司的全面发展，并开始着手龙口电站的前期准备工作，使公司开始走上良性发展的轨道。

三、改革建设管理体制，促进工程建设和公司发展

黄河万家寨水利枢纽有限公司依法改制后，经过各方共同努力，工厂建设取得了显著成效。

(1)建设资金迅速落实,及时到位。在国家计委、水利部等有关部委的支持下,万家寨水利枢纽被列为国家重点建设项目，工程建设有了良好的外部环境。项目总投资 60.58 亿元,明确由投资三方各出 7亿元共 21 亿元作为项目资本金，从根本上为公司新体制的建立打下了基础。通过董事会还明确了各投资方应注入资本金的时间，从而确保了工程建设资金的及时到位。

(2)工程建设速度明显加快。在主体工程工期拖后近半年的情况下， 1997 年采取各种措施，抢回了拖后的工期。经过 1 年多的努力，工程形象进度完全满足 1998 年实现第 1 台机组发电的目标要求。

(3)制定目标,立足长远,滚动开发。在万家寨工程建设高峰时,公司即着手龙口项目的前期准备工作,经董事会确定,龙口项目作为公司下一个开发目标,力争在 1998 年内四通一平准备工程开工。

电价、水价测算报批工作大大加快，上网电价和供水水价是公司利益体现的基础，是实现公司发展的根本。体制改革之前，由于业主地位不确定，一直无人过问。 1997 年在确立了国有资产经营主体之后，公司加大了工作力度，提出了初步测算方案，已经董事会多次研究，将报国家物价部门审批。

(4)各项管理工作大大加强。改革了公司内部机构,设置更趋合理,运作顺畅,各职能部门权责清楚、精干高效,形成了高效的管理体系。工程建设中业主、设计、监理、施工单位之间,责任分明、关系明确、配合默契,监理工程师在三控制、两管理、一协调方面得到加强。承包商也加强了施工管理，在工程进度、质量控制上有很大提高，整个施工现场秩序井然。

万家寨工程建设机制的成功改革，将为中央与地方合作建设大型工程项目取得难得的好经验。

（作者单位 中华人民共和国水利部）

万家寨水利枢纽工程建设与优化设计

王 宏 斌

一、工程建设

万家寨水利枢纽是国家“九五”重点工程。1982 年 9 月原水电部水利水电建设总局以[82]水建计字第 41 号文向水利部天津勘测设计院下达黄河托克托一龙口段规划勘测设计任务。

1982 年 3 月，中国国际工程咨询公司对“黄河万家寨水利枢纽及引黄工程设计任务书”进行了评估审查。1993 年 2 月，国家计委以计农经〔1993〕250 号文批示：“我委‘关于审批黄河万家寨水利枢纽和引黄入晋引水工程可行性研究报告的请示’业经国务院批准”。1993 年 4 月，水利部水利水电规划设计总院会同内蒙古自治区、山西省计委及水利厅(局)审查通过了初步设计报告。1993 年 7 月，水利部以水规〔1993〕328 号文，对万家寨水利枢纽工程初步设计进行了批复；“同意水规总院的审查意见”。同年，国家计委以计投资〔1993〕2109 号文将万家寨水利枢纽工程列为 1994 年正式开工的大中型项目。

万家寨水利枢纽由拦河坝、泄水建筑物、坝后式电站厂房、引黄取水建筑物及 GIS全封闭开关站等组成。半整体式混凝土重力坝，最大坝高 105m，坝顶长 443m。泄水建筑物位于河床左侧，包括 8 个底孔、4 个中孔、1 个表孔，均采用长护坦挑流消能。坝后式厂房，主厂房长 196.55m，高 56.3m。安装 6 台单机容量 180MW 水轮发电机组。220kV SF_6 全封闭组合电器(GIS)开关站位于电站主厂房上游厂坝之间，长 173m，总高度 31.27m。引黄取水口设在大坝左岸边坡坝段，2 条引水钢管单孔取水流量 $24m^3/s$，可满足向山西年供水 12 亿 m^3 的任务。水库总库容 8.96 亿 m^3，年发电量 27.5 亿 kW·h。

万家寨水利枢纽工程施工总工期安排六年半，主体工程 1994 年 11 月开工。1995 年 5 月大坝开始浇筑混凝土，1995 年 12 月二期截流，1998 年 10 月水库开始下闸蓄水，1998 年 11 月 28 日第一台机组发电。在主体工程开工三年半后，首台机组就并网发电，这种建设速度在中国水电建设史上堪称一流。

二、优化设计

由于设计前期工作做得比较深入细致，对工程的投资、工期、质量控制起到很大的作用。在技施设计中进一步采用许多新技术，进行了优化设计。

(1)坝体结构设计。采用溢流坝长护坦挑流消能、厂坝连接、半整体重力坝等工程措施，增加了大坝的抗滑稳定安全储备。

(2) 变更电站坝段压力钢管布置为浅埋式压力钢管。发电引水钢管由坝内埋管改为

浅埋管后，平行于下游坝面的钢管外包混凝土最小厚度由 7.65m 改为 1.5m。为充分发挥钢管强度，控制外围混凝土分载比，减少外包混凝土出现裂缝的几率，在钢管外壁 220° 范围内设置了聚苯乙烯闭孔塑料软垫层。软垫层同时也有利于钢管及外围混凝土的温度应力的减小。实践证明，采用浅埋式发电引水钢管，对减少钢管安装和坝体混凝土浇筑的施工干扰，减轻钢管安装施工难度，争取工期，为工程度汛、下闸蓄水和第一台机组发电均创造了有利的条件。还减少了基础开挖和混凝土工程量。

(3)低热微膨胀混凝土应用。万家寨工程在导流底孔封堵及边坡坝段的部分部位采用补偿收缩混凝土浇筑，有利于简化温控措施，缩短工期，其技术优越性能得以体现。

(4)改建施工供水系统的净水厂为工程永久水厂。经论证，取消了原设计永久专用净水厂，用改建施工净水厂代替，不但可满足枢纽坝区左右岸管理区生活、消防及机组冷却、润滑等部分工业用水，还节省了工程量和投资。

(5)取消电站进水口抓斗式清污机、增设清污抓斗，缓建回转清污机。根据电站调峰运行的特点，采用 2 台液压清污抓斗清污。利用前道栅槽做导向槽，可在全孔范围清污。

(6)变更电站主厂房和 GIS 开关站屋顶为球形钢网架结构。原设计主厂房屋顶结构为钢屋架，开关站为混凝土薄腹梁。主厂房钢屋需架在高空拼装，在屋架未形成之前，桥机运行受限制，影响厂内大件吊运与安装，所以直接占用工程直线工期。将原设计主厂房及开关站屋顶结构均改为正放四角锥球形钢网架结构。修改后，减少了现场加工、制安工作量，网架整体吊装，一次到位，为第一台机组提前发电提供了保证。

(7)泄水建筑物抗冲磨混凝土。泄水建筑物的表孔、底孔、中孔均采用长护坦挑流消能。由于枢纽地处黄河中游，泥沙含量较大，汛期多年平均含量 12.6kg/m^3，最大达 37.6kg/m^3。且泥沙的硬矿物质含量大、多棱角，对泄水建筑物磨损强度大。水库运行方式采用蓄清排浑，泄水孔最大流速达 30m/s 以上。通过室内和现场试验，提出了采用天然砂、混合石、掺硅粉的抗冲磨混凝土。

(8)万家寨电站计算机监控按无人值班(少人职守)的原则进行设计，取消了其他常规监控设备。上位机主控设备及操作工作站布置在中控室，每台机机房、GIS 开关站、机电保护设 PLC 控制单位。

优化设计对工程的施工质量、投资、施工工期的控制均起到了很大的作用，并为第一台机组提前发电创造了有利条件。

(作者单位：水利部天津水利水电勘测设计研究院)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

万家寨水利枢纽工程
勘测设计过程及主要设计变更

刘德堂　何志华　陆宗磐　郭　潇　张军劳

一、工程概况

万家寨水利枢纽位于黄河北干流上段托克托至龙口峡谷河段内，是黄河中游梯级开发的第一级。坝址左岸为山西省偏关县，右岸为内蒙古自治区准格尔旗。

枢纽的主要任务是供水结合发电调峰，同时兼有防洪、防凌作用。枢纽年供水量 14 亿 m^3 其中向内蒙古自治区准格尔旗供水 2 亿 m^3，向山西省供水 12 亿 m^3。枢纽水电站装机 108 万 kW，年发电量 27.5 亿 kW·h。

枢纽属一等大(Ⅰ)型工程，永久性主要建筑物为 1 级水工建筑物。设计洪水标准千年一遇，校核洪水标准万年一遇。入库洪峰流量分别为 16 500m^3/s 和 21 200m^3/s。

坝址控制流域面积 39.5 万 km^2，多年平均入库径流量 248 亿 m^3(河口镇 1952～1986 年实测年径流系列)，设计多年平均径流量 192 亿 m^3(1919～1979 年设计入库系列)。设计多年平均入库沙量 1.49 亿 t，设计多年平均含沙量 6.6kg/m^3。水库总库容 8.96 亿 m^3，调节库容 4.45 亿 m^3。水库最高蓄水位 980.00m，正常蓄水位 977.00m。水库采用“蓄清排浑”运用方式，排沙期运用水位952.00～957.00m。

坝址岩层由寒武系灰岩、白云岩、页岩等组成，岩性致密坚硬，岩体完整，断层不发育。工程地质条件优良。场地地震基本烈度 6 度。

枢纽由拦河坝、泄水建筑物、坝后式厂房、引黄取水建筑物及 GIS 开关站等组成。拦河坝为半整体式混凝土直线重力坝，坝顶高程 982.00m，坝顶长 443m，最大坝高 105m。泄水建筑物位于河床左侧，包括 8 个 4m×6m 底孔、4 个 4m×8m 中孔、1 个 14m×10m 表孔，均采用长护坦挑流消能。电站厂房为坝后式，位于河床右侧，单机单管引水，压力钢管直径 7.5m。主厂房长 196.55m，上部宽 27.00m，下部宽 43.75m，总高度 56.30m，安装 6 台单机容量 18 万 kW 水轮发电机组。GIS 开关站位于电站主厂房上游厂坝之间。引黄取水口设于大坝左岸边坡坝段，2 条引水钢管直径均为 4.0m，单孔引水流量 24m^3/s。

工程总工期六年半(筹建期除外)，其中施工准备工程工期 1 年，主体工程工期 4 年，完建工期一年半。1997 年 10 月国家计委以计建设[1997]1993 号文“国家计委关于万家寨水利枢纽工程调整概算的批复”核定工程静态投资 429 877万元，总投资 605 780万元。

二、勘测设计工作过程及主管部门主要审查意见

新中国建立后，国家十分重视黄河北干流托克托至龙口河段的开发利用，自 1952～

1979 年先后进行过 6 次规划设计工作。1982 年 9 月，原水电部水利水电建设总局以［82］水建计字第 41 号文向水利部天津设计院下达了黄河托克托一龙口段规划勘测设计任务。

1983 年 2 月，国家计委以计资字[1983]117 号文将万家寨水利枢纽（原名万家寨水电站)工程列入“六五”前期重点项目。天津设计院于 1984 年 5 月完成可行性研究报告，并经水电部审查。审查纪要认为“万家寨水电站工程技术经济条件是比较好的，基本同意该可行性报告。”

1987年 8 月，天津设计院编制完成“万家寨水利枢纽环境影响报告书”，1989 年 6 月，原能源部水利部水利水电规划设计总院邀请国家环保局等单位对该报告书进行了预审。根据预审意见，天津设计院对报告书进行了补充修正。 1990 年，国家环保局以［90］环监字第 062 号文进行了批复。

1988 年 3 月国家计委给国务院的报告中提出“应将万家寨引黄工程和万家寨水电站一并考虑,统筹安排……两项工程同步建设。”天津设计院据此进行补充工作,并遵照水利部指示于 1989 年 3 月编制“黄河万家寨水利枢纽及引黄工程设计任务书”（讨论稿)。同年 11 月，水利部和能源部委托水利水电规划设计总院对任务书进行技术性审查。

1990年 9月 20日，国务院副总理邹家华主持会议研究万家寨水利枢纽和引黄入晋引水工程的建设和管理问题，会后以国阅［1990］112 号文“关于万家寨水利枢纽及引黄入晋引水工程建设管理问题的会议纪要”，肯定修建万家寨水利枢纽及引黄入晋工程是必要的,应尽快建设。1990年 10月 25 日至 11月 3 日，水利部会同国家计委农经司、中国国际工程咨询公司、内蒙古自治区和山西省人民政府对万家寨枢纽坝址、库区和引黄工程线路进行查勘，就万家寨水利枢纽及引黄工程的规划设计提出一些新的意见和建议。查勘后，水利部与内蒙古自治区和山西省进行认真的研究和充分协商，于 1990年 12 月 29 日三方共同签订“关于联合建设万家寨水利枢纽及引黄入晋引水工程的意向书”。

1991 年天津设计院根据查勘中所提出的意见和三方签订的意向书以及前述审查意见，对设计任务书进行了补充、修订，完成了“黄河万家寨水利枢纽及引黄工程设计任务书”和“黄河万家寨水利枢纽电站厂房位置方案比较专题报告”。

1991 年 10 月，水利水电规划设计总院在北京召开万家寨水利枢纽电站厂房位置专题报告专家技术审查会。1991年 12 月 30 日国家计划委员会计能源［1991］2220号文“关于万家寨水利枢纽水电站厂房位置的函”批示“万家寨水利枢纽水电站厂房位置，经专家技术经济论证后，确定将水电站厂房放在内蒙古自治区一侧。枢纽管理机构考虑引黄入晋统一管理调度,设在山西一侧。”

1992 年 3月 2～5 日，中国国际工程咨询公司对“黄河万家寨水利枢纽及引黄工程设计任务书”进行了评估审查。嗣后，天津设计院进一步开展了万家寨水利枢纽初步设计工作,编制了“黄河万家寨水利枢纽初步设计说明书”。

1992年 10月 13日,水利部、山西省、内蒙古自治区联合上报水计［1992］91 号文“关于万家寨水利枢纽和引黄入晋引水工程立项和开工建设的报告”。 1993年 2 月,国家计委计农经[1993]250 号文“印发‘关于万家寨水利枢纽和引黄入晋引水工程可行性研究报告的请示’的通知”中批示“我委‘关于审批黄河万家寨水利枢纽和引黄入晋引水工程可行性研究报告的请示’业经国务院批准”。万家寨水利枢纽工程即日立项。

1993年4月22～25日，水利水电规划设计总院会同内蒙古自治区、山西省计委及水利厅(局)在天津召开了“黄河万家寨水利枢纽初步设计”审查会。1993年7月,水利部以水规[1993]328号文,对万家寨水利枢纽工程初步设计进行了批复“同意水规总院的审查意见”,要求“积极做好下阶段的设计工作,为工程早日开工创造条件”。国家计委以计投资[1993]2109号文将万家寨水利枢纽工程列为1994年正式开工的大中型项目。

1996年1月19日，水利部水利水电规划设计总院以水规概字[1996]0001号文,下达了“关于对万家寨水利枢纽工程修改概算编制要求的通知”。1996年5月20～23日和8月6～9日，修建概算先后由水利部水利水电规划设计总院和水利部组织进行了两级审查。1997年1月，国家计委重点建设司与中国国际工程咨询公司组织了工程调整概算审查会。在会上同时对水利部审查上报的天津设计院根据初步设计审查意见重新编制的水库淹没处理规划设计报告进行了审查。1997年9月,国家计委以计建设[1997]1701号文对水库淹没及专项淹没处理补偿投资概算作了批复。1997年10月,国家计委以计建设[1997]1993号文对万家寨水利枢纽工程调整概算进行了批复。

根据上级主管部门及工程建设单位的意见，万家寨工程招标设计文件分4部分：

Ⅰ标——大坝工程标。1993年11月编制完成招标及合同文件,1994年1月售标。

Ⅱ标——发电厂房工程标。1994年3月编制完成招标及合同文件,1995年1月售标。

Ⅲ标——设备制造采购标。根据工程施工进度分为14个子标,按照工程进展情况陆续编制完成了各标的招标及合同文件。

Ⅳ标——前期准备工程标。1993年陆续编制完成各部分招标、议标及合同文件。

在初步设计审查之后，天津设计院随即开展了技施设计阶段的工作，随着1994年11月主体工程开工，进入施工详图设计高峰作业。

三、主要设计变更和工程处理措施

(一)大坝及电站厂房基础评价与处理

枢纽工程1994年4月开始大坝左右岸坝肩岩体削坡,至1995年3月底,河床左侧坝基基坑开挖接近技施设计的大坝建基高程894.00m。坝基开挖岩体性状及地质测试结果表明，两岸坝肩岩体完整性和物理力学指标等均可满足设计建坝要求，河床坝基的张夏组第五层岩体，岩体致密坚硬，弱风化岩体亦能满足建坝要求。在张夏组第五层岩体内共揭露出SCJ_{01}—SCJ_{10}十条层间剪切带。SCJ_{01}—SCJ_{06}位于设计基建面(894.00m高程)以上，SCJ_{07}处设计建基面附近，顺层发育。SCJ_{07}剪切带一般厚度6～8cm,最大厚度12cm,最小厚度3cm起伏差1～5cm；剪切带内充填物呈碎块、碎片、碎屑状,局部有泥化现象,物理力学性状较差。

1995年4月，根据左岸坝基开挖后的具体情况，天津设计院编制完成了“黄河万家寨水利枢纽关于大坝基础评价及处理意见的报告”，上报水利部水利水电规划设计总院。4月3～5日，水利部万家寨水利枢纽工程建设管理局和水利水电规划设计总院联合主持召开了大坝基础鉴定会。1995年5月，水利部水利水电规划设计总院以水规设字[1995]

0016号文对天津设计院编制的“基础处理意见报告”进行了批复。根据鉴定会讨论意见及水规总院的批复意见，天津设计院对技施设计左侧河床坝基开挖高程进行了调整，挖除了河床左侧 SCJ_{07} 剪切带。调整后河床左侧坝基建基高程 891.00～891.50m。

1996年5月，河床右侧坝基开挖已达或接近技施设计 894.00m 的建基高程，坝基建基岩体张夏组第五层整体质量优良，可满足建基要求。由河床左侧延伸过来的 SCJ_{01}、SCJ_{07}、SCJ_{08}、SCJ_{10} 剪切带性状均优于河床左侧坝基。电站坝段丁块及主厂房基础所处的张夏组第四层薄层岩体，虽泥灰岩、页岩易风化、开裂，但其中所夹的中厚层灰岩、薄层灰岩及竹叶状、鲕状灰岩仍较坚硬，抗风化能力较强，其在设计建基面附近一般每隔 1m 左右出现，厚度 0.2～0.5m，在尽量减少基础超挖的前提下，可将基础坐于该岩体之上，以减免页岩、泥灰岩的卸荷和失水开裂，造成反复清基和延误工期。1996年5月18～21日，天津设计院主持召开了“万家寨水利枢纽大坝基础鉴定会”，万家寨水利枢纽工程建设管理局及东北设计院万家寨工程监理的领导和专家参加了会议。根据鉴定会意见，设计对河床右侧坝基开挖高程进行相应调整，挖除了除 16、17 坝段甲块外的电站坝段基础 SCJ_{01} 剪切带，调整后建基高程 891.00～894.00m，电站坝段丙、丁块及主厂房基础开挖高程不变，最低仍为 876.60m。1996年10月，天津设计院编制完成《黄河万家寨水利枢纽关于河床右侧坝基与厂房基础评价及处理意见的报告》，上报水利部水利水电规划设计总院。

为进一步论证建基面以下层间剪切带抗剪强度指标及大坝浅层与深层抗滑稳定问题，技施阶段进行了大量补充勘察及大型剪切和中型剪切试验，并编制了河床坝基及发电厂房基础评价与处理设计报告，亦经水规总院审查；坝基浅层抗滑稳定加固处理采用抗剪平硐与灌浆的综合处理方案。

(二)变更电站坝段压力钢管布置为浅埋式压力钢管

枢纽电站6条压力钢管布置于河床右侧电站坝段，发电引水钢管直径 7.5m。初步设计审定为坝内埋管式布置。根据施工总体计划安排，电站坝段于1996年5月浇筑基础混凝土，8月份进行压力钢管下水平段安装。按当时的施工总进度要求，6条压力钢管于1997年第二季度安装完毕，然后进行预留钢管槽回填，到1998年9月回填完毕，满足下闸蓄水、年底发电要求。由于坝内埋管在坝内埋深较深，对坝体削弱大，除钢管施工对坝体混凝土施工有较大制约外，若有一个坝段未按工期要求完成钢管安装或钢管槽混凝土回填，都将影响大坝按期蓄水和发电。为有利于加快施工进度，减少坝体混凝土浇筑与钢管安装的施工干扰，减少钢管槽二期混凝土回填工程量及有利于工程下闸蓄水和发电目标的实现，天津设计院在初步设计审查之后，即开展了发电引水压力钢管的设计优化工作。经过2年多的设计研究和试验论证，在吸取国内外已建或在建工程经验的基础上，提出发电引水压力钢管从布置与结构上由坝内埋管变更为坝面浅埋管。1996年2月1～2日，水利部水电规划设计总院主持会议对“万家寨水利枢纽电站坝段浅埋式压力钢管设计报告”进行了审查，同意修改原设计，将坝内埋管式压力钢管改为坝内浅埋式压力钢管。”1996年2月12日，水利部水电规划设计总院以水规设计[1996]0002号印发了审查意见。

实践证明，采用浅埋式发电引水钢管，对减少钢管安装和坝体混凝土的施工干扰，减轻钢管安装施工难度，争取工期，为工程度汛、下闸蓄水和第一台机组发电均创造了有利的条件。另外，将坝内埋管改为浅埋式压力钢管后，由于钢管外移，调整了电站坝段排沙

孔的布置，减少了坝基开挖及基础混凝土工程量各为 1万 m^3，效益显著。

(三)低热微膨胀混凝土应用

为节省投资，简化温控措施，缩短建设工期，水利部于 1992 年将万家寨水利枢纽采用低热微膨胀混凝土筑坝技术列为水利部水利科技重点项目，并成立了领导小组和专家组。该研究项目共分为 4 个课题 15 个专题，由长江科学院、中国水利水电科学研究院、天津大学及天津设计院共同承担。于 1994 年 9月、1995 年 5 月至 1996 年 4月，分别在大坝左岸低缆轨道基础和上游纵向围堰 Ⅲ、Ⅳ段进行了现场试验。经过几年的室内外试验研究，各课题均取得了一定的试验研究成果。 1997 年 5 月，根据研究成果，天津设计院编制完成了“黄河万家寨水利枢纽采用低热微膨胀混凝土设计报告”。7 月水利部水电规划设计总院在北京组织专家对该报告进行了审查，认为万家寨水利枢纽工程采用低热微膨胀混凝土筑坝技术，对解决温度控制及其抗裂性能是有益的，可简化温控措施，加快施工进度，获得一定的技术经济效益。对低热微膨胀混凝土筑坝技术的提高和推广应用也具有积极作用。同意在边坡坝块，施工导流底孔封堵，压力钢管槽回填等部位采用低热微膨胀混凝土。

(四)取消原设计专用净水厂，改建施工供水净水厂为工程永久水厂

初步设计工程永久供水采用坝上设工业取水口取水，右岸坝下厂前区建设专用水厂。专用净水厂主要提供枢纽坝区和左右岸生产管理区生活、消防及机组冷却、润滑等部分工业用水，设计生产能力 420t/h(远期)。另外，为满足枢纽工程施工期生活、生产及消防用水，在黄河左岸滩地，坝下游 1km 处建设了施工供水系统净水厂及相应的供水设施。临时净水厂设计生产能力 3 200t/h(其中生产用水 2 800t/h，生活用水 400t/h)。鉴于施工供水工程自 1994 年 10 月建成投产以来运行基本正常，生活、生产用水均达到了相应的用水标准，满足了工程建设需要，并可满足枢纽工程的永久用水要求。由于永久水厂必须在 1998 年底第 1 台机组发电前竣工并交付使用，其土建施工、设备采购和安装均占用工程建设的直线工期，经天津设计院进一步研究论证后认为，取消原设计右岸专用永久净水厂，改建左岸施工供水系统净水厂，可减少主体工程工程量，节约工程投资，有益于工程按期发电，技术上简单可行。1996 年 6 月天津设计院编制完成“万家寨水利枢纽关于修改给水工程设计的报告”，并以水津水[1996]07 号文函报水利部水利水电规划设计总院。

(五)取消电站进水口抓斗式清污机，增设清污抓斗，缓建回转清污机

万家寨水电站为调峰电站，汛期清污是保证电站正常运行的关键。根据当时的技术发展热点与趋势，初步设计考虑清污方式为提栅清污结合回转栅式清污机清污，即在进口布置 12 台回转清污机，清上来的污物由高速水流冲进排污溜槽内再冲至泄水坝段排至下游。从工程实践并结合本工程特点，此方案有以下欠缺 ①由于坝顶 1 600kN 臂伸式门机顺回转清污机高度不能覆盖全部孔高，使孔口下部约 8m 范围内不能用清污机清污，而黄河汛期污物大部分集中于孔口下半部；②一年中仅汛期 4个月水库降低水位运行时回转清污机投入运行，其他月份库水位均高于清污平台，需将清污机提出孔口停靠于坝前，不仅布置困难且操作不便；③黄河中污物种类大都为芦根等长茎植物，缠绕于栅齿间，高速水流冲不下来，只能停机靠人工清污，劳动强度大；④每台清污机重达 800kN，电机功率 2×22kW，投资及耗电量大，且只能清除一孔污物，机械利用率低，可靠性差。基于上述分析，在技施设计阶段对本工程机械清污方案进行了再次调研和分析，认为本电站上游区间

来污量比三门峡等电站小,且系调峰电站,一天中仅 6h 开机,有足够时间清除污物,不需要连续清污。考虑到本工程基本清污方式仍为提栅清污，拦污栅连通布置，不会因某孔拦污栅堵塞造成电站停机，因此采用 2 台液压清污抓斗清污，每台重 180kN,分别由 1 600 kN悬伸门机和 3 200kN 门机上的 400kN 回转吊起吊。利用前道栅槽作导向槽，可在全孔口内清污。抓斗的张合由液压缸控制，并加设配重，以增加下压力。取消原设计抓斗式清污机，待工程投运后，根据汛期清污情况再确定是否需要安装回转清污机。

(六)变更一期导流低纵向围堰结构型式

枢纽工程施工采用河床分期导流方式，第一期先围左岸，河水由右岸束窄河床下泄，导流设计标准为洪水重现期 20 年($P=5\%$)。一期导流低围堰导流时段为工程建设的第一年 11 月至第二年 6 月,设计流量 3 600m^3/s。为有效地减小围堰断面，增大束窄河床泄流宽度，降低流速，一期导流低纵向围堰采用编织袋土防渗体围堰。1994 年 6 月,在一期低围堰施工图提交后，由于受准备工程工期影响，如期完成存在一定困难，工程建设管理局提出对一期低围堰进行设计修改。 1994 年 9 月,天津设计院编制完成‘万家寨水利枢纽工程施工导流一期低围堰设计变更报告”。水利水电规划设计总院组织会议进行了审查，认为“导流工程一期低围堰纵向围堰采用编织袋围堰，不能如期完成，同意修改设计。”“同意修改报告推荐的万家寨工程一期导流低纵向围堰设计方案，即采用双戗堤进占,两戗堤间回填防渗土料和反滤料,高程 903m 以上堰体采用土工织物防渗型式。”

(七)取消枢纽右岸柳青塔人工砂石系统

按照初步设计意见，工程主体混凝土采用人工砂石骨料，并分别由左岸人工砂石系统和右岸柳青塔人工砂石系统提供，生产能力分别为 800t/h 和 170t/h。其中右岸柳青塔人工砂石系统生产的骨料主要用于大型临建和厂房混凝土浇筑，并通过招议标选择水电第四工程局中标,于 1993 年 10 月签订合同,但因征地问题迟迟未能解决,致使工程推迟到 1994 年 3 月下旬才动工，导致该系统的建设已不能满足初期为大型临建工程供应砂石骨料的需要；而且左岸人工砂石系统的生产能力可满足工程建设的需要。1995 年 4 月,水利部万家寨工程建设管理局以管工[1995]05 号文向水利部水利水电规划总院提出“关于取消万家寨水利枢纽工程柳青塔人工砂石系统的请示”。天津设计院对水利部万家寨工程建设管理局的建议进行了认真的研究。“认为其建议是合理的”，并于 1995 年 6 月 28 日以水津施[1995]3 号文向水利部水利水电规划总院上报“关于万家寨水利枢纽工程柳青塔人工砂石系统设计变更的报告”，“决定在万家寨水利枢纽工程施工总布置设计中取消右岸人工砂石系统。”1995年 9 月，水利水电规划设计总院以水规概字[1995]0005 号文对取消该系统‘函复”;“原则同意取消右岸柳青塔人工砂石系统”。停建柳青塔人工砂石系统可节省石料场征地 42.38hm^2(635.7 亩),节省投资 920 余万元。

(作者单位：水利部天津水利水电勘测设计研究院)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

万家寨水利枢纽规划设计综述

刘德堂　　杨松德

一、地区综合利用要求

万家寨水利枢纽位于黄河北干流的托克托至龙口峡谷河段。临近的晋、蒙、陕周边地区都是能源和重化工基地,东面是平朔、大同及太原能源基地,西面是准格尔、东胜能源基地和神府煤田。然而，这些地区又是水资源十分贫乏的地区。其中，大同、太原人均占有水量仅 $268m^3$ 和 $236m^3$,尚不及全国人均占有水量的 1/10。按现有水量要维持人民生活和工农业生产已是十分困难，供水已成为当地社会、经济发展急需。经规划比选，万家寨作为引黄工程的首部枢纽是缓解这些地区水资源紧缺的最佳方案。

枢纽在山西省电网和内蒙古西部电网间，两电网与京津唐电网和冀南电网组成华北电网。该电网 1988 年统一调度的装机容量为 1 603万 kW,其中水电 65 万 kW,仅占 4.1% 开发万家寨水利枢纽的水电资源，解决调峰电源及电量，是改善晋、蒙电网运行条件的最合理方案。

枢纽地处高寒地区,干旱少雨,但汛期可能发生局部性暴雨,强度大,库周围还是水土流失严重地区。因此，万家寨水利枢纽将为下游以及天桥水电站的防洪、防凌、减淤提供有利条件。

根据地区环境特征、社会经济发展要求,万家寨水利枢纽应在供水、发电、防洪、防凌等综合效益上发挥显著的作用。

二、工程任务

根据《黄河治理规划》(修订本)确定的黄河北干流开发规划,托克托一龙口河段,万家寨建设高坝，龙口建设低坝，并考虑地区综合利用要求，确定万家寨水利枢纽工程主要任务是供水结合发电调峰,同时兼有防洪、防凌等作用。

(1)供水。向山西雁北、晋中及内蒙古准格尔能源基地提供工业和城市用水。年供水量 14 亿 m^3 其中向内蒙古自治区准格尔地区供水 2 亿 m^3 ,向山西省大同、平朔和太原地区供水 12 亿 m^3.

(2)发电。水电站装机 6 台,总容量 108 万 kW ,年发电量 27.5 亿 kW·h,担负晋、蒙电网及华北电网尖峰负荷。

(3) 防洪。水库的滞洪作用可削减洪峰流量，减少下游受灾害性洪水的威胁。对于下游相距 94km 的天桥水电站，在发生万家寨以上洪水为主的 500 年一遇洪水时,由于万家寨水库的调蓄，可不破坏右岸土坝而安全度汛，提高天桥水电站的防洪标准。

(4)防凌。下游天桥水电站库区以上地区多次发生冰塞、冰坝，给左岸的河曲县及右岸的准格尔旗沿河村庄、厂矿、农田造成损失。天桥库区流冰大部分来自万家寨坝址以上内蒙古河段。万家寨建库后，采用以蓄为主的运用方式，上游来冰将被拦截，天桥水电站入库冰量大为减少，从而可缓解天桥库区冰情。另外，由于万家寨水利枢纽运用后，水电站出流水温将较天然河道水温有所提高，也将使天桥水电站和待建的龙口水电站防凌情况得到改善。

三、水文水资源

（一）径流

万家寨坝址径流由两部分组成：一为河口镇(干流入库站)径流，二是河口镇至万家寨坝址区间径流。河口镇径流比重约为 98%。

河口镇径流，因上游已建成龙羊峡、刘家峡等大型水库调节的影响，以及上游各灌区和城市工业用水的发展，不宜采用实测径流作为设计依据。因此，黄河水利委员会将实测径流插补延长，提供 1919～1986 年共计 67 年实测径流系列，又还原成 67 年天然系列。扣除上游工农业用水 127 亿 m^3，河口镇站补水 250m^3/s，并考虑安宁渡站至河口镇之间的河道损失，1919～1979 年 60 年径流系列多年平均入库径流量 192 亿 m^3。

河口镇站至坝址区间的多年平均水量 3.5 亿 m^3，与水库的蒸发、渗漏量相当。

(二)设计洪水

万家寨河段的洪水有两种类型：一是来自河口镇以上黄河上游地区的洪水，由于大面积长时间降雨以及湖河调蓄，造成洪峰涨落平缓，峰型肥胖，洪量大，历时长；另一类型洪水来自河万区间，该地区地处黄河中游暴雨区的北端，汛期常发生短历时、高强度的暴雨，形成峰高量小，陡涨陡落的尖瘦型洪水，如 1969 年 8 月 1 日，坝前左岸支流杨家川洪水，万家寨河段发生 11 400m^3/s 的大洪水，而相应河口镇仅为 470m^3/s 的流量。因此，万家寨坝址设计洪水有两种可能：一是河口镇以上洪水与坝址洪水同频率，区间相应；另一种是河万区间洪水与坝址洪水同频率，河口镇以上相应。我们采用后者较安全合理的洪水组合，并进行坝址调洪计算。

万家寨水利枢纽工程初步设计审查定为一等大（Ⅰ）型工程，坝址千年一遇设计洪水洪峰流量为 16 500m^3/s，万年一遇校核洪水洪峰流量为 21 200m^3/s。

为保证工程施工期与运行期防洪安全，规划设计了万家寨水利枢纽水文自动测报系统。应用遥测、超短波通讯、计算机技术，完成上游及库周地区降水量、水位、流量、沙量、上游水库泄洪设施开度等数据实时采集、报送和处理的信息系统，已历经几年的运行。

（三）泥沙

万家寨河段的输沙量也分为两部分，一部分来自河口镇以上的黄河，一部分是河万区间所产生的沙量。

根据河口镇站水量与输沙量各月相关线，计算各月的输沙量。河万区间的输沙量经过支流红河放牛沟站的侵蚀模数修正后推算。万家寨坝址设计年输沙量 1.49 亿 t，设计含沙量 6.6kg/m^3。估计万家寨水库年入库推移质泥沙约 100 万 t。

（四）冰情

万家寨库区上游是内蒙古河套地区。地处北纬 39°～40°之间，气候严寒，冰期长达 5 个月之久。

根据河曲和义门站冰情资料，并与头道拐实测资料对比分析，估算万家寨河段冬季封河期最大冰量 4 020万 m^3，春季开河期冰量约 5 000万 m^3，万家寨库区盖面冰约1 000万 m^3。万家寨春季开河期的总冰量约 6 000 万 m^3.

四、工程规划

万家寨水利枢纽向晋蒙两省区年供水 14 亿 m^3，其中内蒙古准格尔旗 2 亿 m^3，山西引水 12 亿 m^3，除 8、9 两月排沙期，其余月份平均分配。电站设计保证率为 90%，设计水平年为 2000 年。980m 高程的原始库容为 8.96 亿 m^3，水库运行 50 年后的调节库容为 4.45 亿 m^3，水库全年调节周期划分为排沙期、蓄水期、供水期。排沙期选定为 8、9 两月，期间基本上为日调节。蓄水期为 10 月 1 日至翌年 4 月 30 日，属季调节。供水期自 5月 1 日至 7月 31 日也是季调节。径流调节计算采用长系列时历法，取各月保证率为 90% 的出力为该月电力效益计算的出力，取多年电量的均值为多年平均电量。

最高蓄水位主要由泥沙淤积末端、库区防凌和经济性等因素综合分析选定。为防止库区泥沙淤积上延而影响喇嘛湾镇和大黑河下游灌区，故淤积末端必须控制在拐上河段。经论证，最高蓄水位 980m 和 975m 两个方案淤积末端均未超过拐上断面，但 980m 方案留有足够的蓄冰库容和安全高度，有利于凌汛安全。与 975m 方案比较，980m 方案替代容量多 3 万 kW，库容多 1.2亿 m^3，供水期多 15m^3/s 的调节流量，若库尾防护，淹没损失差别也较小，故 980mm 方案的经济效益好。综合分析后，选定最高蓄水位为 980m，其每年持续时间 10d 左右。

最低运行水位的选定，主要是考虑水库排沙要求以及发电效益因素。该水位是指电站在排沙期 8、9 月正常运用的最低水位。在此期间，最高运用水位与最低运用水位之间的库容，为电站调峰用的日调节库容。经论证，排沙期运行最低水位 952m 和 955m 两方案的排沙效果较好，是可行的，而 955m 方案电力效益较好，为留有余地，仍选定 952m 为最低运用水位。在排沙期内当水库淤积严重，可视有利排沙的来水条件，如入库洪峰流量大于 1 000m^3/s 时，可降低水位至 948m，冲刷 5～7d。

装机容量是在选定特征水位以后，考虑了万家寨水电站在电网中的作用，进行经济比较选定的。

该电站的出力特征是冬、春季出力较大，夏、秋季出力较小。这与电网冬、春季负荷大，峰谷差也大，夏季负荷较小，峰谷差也小的情况基本相适应。从华北电网电力平衡考虑，其出力下降值限定在电网允许范围内，经与华北电管局研究，可以考虑万家寨水电站各月出力下降值限制在该月电网峰荷下降值的 1/2 以内。山西电网和内蒙古西部电网各月的调峰能力虽有变化，但调峰出力均值相同。该电站担负调峰任务，在电网负荷图中的工作位置位于已建水电站之下。经经济分析比较，安装 6 台 18 万 kW 机组，总装机容量 108 万 kW，最为经济合理。电站多年平均发电量 27.5 亿 kW·h，相应机组年利用小时数

为2 546h。水、火电折算总费用比 1:2.51 ；而且电站各月出力变化完全能满足电网要求。

枢纽工程为一等大(Ⅰ)型工程，挡水建筑物按 500 年一遇洪水设计，5 000年一遇洪水校核。起调水位选定为 966m，不考虑电站参与泄流，调洪后的校核洪水位为 977.79m，相应最大泄量为 8 086m^3/s。即使遇万年一遇洪水，调后的洪水位为 979.1m，在最高蓄水位以下。

万家寨水库调度采用“蓄清排浑”的运用方式，库水位除满足泥沙冲淤要求外，还要满足防洪、防凌和机组发电等要求。8、9 月排沙期间内，当入库流量小于 800m^3/s 时，库水位在 952m 至 957m 之间进行日调节运行，当入库流量等于 5 台机组最大过水能力 1 300m^3/s时，电站带基荷或弃水带峰，其中当入库流量大于 1 000m^3/s 时，库水位可降低至 948m，冲沙 5～7d。7 月至 10 月上半月的汛期防洪限制水位为 966m。10 月下半月逐渐蓄高，至 10 月底蓄到 970m，如预报河口镇仍有洪水，便可在洪水前降到 966m。11 月中旬以后冰花入库，库水位不超过 975m，上游封冻冰花结束后，库水位可升到 977m。3 月 1 日至翌年 4 月上旬，上游流冰入库，水位降至 970m。11 月至翌年 4 月水位不低于 970m，以保证发足额定出力。

五、电站经济性

该电站因有泥沙年内冲淤平衡要求，夏秋两季出力下降，但这与电网夏秋两季负荷下降基本一致，故可采用“水电多发时，火电少发多检修；水电少发时，火电多发少检修”的原则进行系统电力电量平衡。本电站 108 万 kW 装机，有 86.3 万 kW 的替代容量。建设期为六年半 1998 年第 1 台机组投产，2000 年 6 台机组全部投产。电站多年平均发电量为 27.5亿 kW·h。工程经济内部收益率大于社会折现率（12%），经济净现值大于零，效益费用比大于 1.0，工程在经济上是可行的，且具有一定的抗风险能力。

该工程是具有供水、发电等效益的综合利用工程。山西省引黄入晋工程从万家寨水利枢纽坝上取水获得效益，根据三方“协议书”，引水需缴纳水费，并将取水口运行成本记入水价。因此经济评价中不再进行投资分摊。

六、泥沙淤积与环境影响

根据库区库周围的环境特征以及国内已建水库的运行经验，在规划设计中，对建库后可能产生的库区末端泥沙淤积上延、环境影响等问题十分重视。

(一)水库淤积上延

万家寨水库位于黄河北干流上段，上游托克托以上河道平缓，比降为 1/10 000，托克托以下河道逐渐变陡，由拐上村以下进入峡谷，拐上村以下河道比降为 1/800。因此，拐上断面成为万家寨水库设计中的控制断面，要求水库淤积末端不超过拐上村，以免淤积上延，进而影响土默特川地区的排水。

库区泥沙冲淤计算是以水科院泥沙所编制的河流与水库统一计算的数学模型而进行的。该数学模型曾经过许多水库的实测资料验算，在计算时又用下游天桥水库的泥沙淤

积实测资料作参数率定。计算时以不同正常蓄水位，排沙期运行水位，排沙期历时，泄流排沙规模以及日调节发电的各项指标，组合成各种不同条件共 14个计算方案进行的。在选定最高蓄水位和其他运行水位时，始终遵循以淤积末端不超过拐上为原则，并以 3次模型实验加以验证。

1988年，我院委托中国水利水电科学研究院泥沙所进行库区泥沙模型实验。实验的主要结论为 在最高蓄水位 980m条件下，拐上河道段泥沙冲淤变化不受库水位影响，水库淤积末端约在大榆树湾附近（拐上以下 2km左右）。

1991年我院委托清华大学泥沙室进行库区泥沙模型实验。实验主要结论为：在最高蓄水位 980m 的情况下,汛期运行水位 952m 和 955m方案，水库回水及淤积末端均在大榆树湾以下，拐上河段冲淤规律和河床形态与天然状态一致，拐上村断面水位流量关系保持天然状态。

1991～1992年我院科研所又做了库区泥沙模型实验，实验的主要结论基本与清华大学相同。

值得说明的是,上述 3个实验,由于条件限制,都还未能考虑大水时降至 948m冲沙的有利条件,因此,实验结论是留有余地的。

即使如此，考虑泥沙的随机性，规划近期正常蓄水位仍暂按 975m运行,并要求对水库淤积及冲沙效果进行监测，在总结经验的基础上，逐步改进水库调度，在保证不影响拐上的前提下，尽可能提高水库运行水位。

(二)环境影响评价及环境保护

天津设计院在环境本底调查基础上，结合工程运行特性，编制了环境评价大纲及环境影响报告书。报告书对下列环境问题作了评价：水库水温分析；水库水质分析；水库末端淤积上延影响;凌汛影响;淹没、移民安置及库底清理;环境地质影响;下游环境影响;鱼类资源影响;环境风险性评价;施工期环境污染影响等,并提出了相应的防范措施。

评价主要结论是：水库的形成将改善原有较脆弱的生态环境。目前，河道水质达到“尚清洁一轻污染”,建库后水质还会进一步提高,能符合饮用水质的目标要求,与火电站相比，不污染环境。万家寨水利枢纽有明显的社会经济和环境效益。

（作者单位：水利部天津水利水电勘测设计研究院）

万家寨水利枢纽工程地质特征及基础处理

刘满杰　　李彦波

黄河万家寨水利枢纽工程位于黄河中上游托一龙段峡谷区，在库、坝区呈近似自北向南径流。主坝坝址区河床基岩出露高程 897m，河水位高程 900m，最高蓄水位 980m。

黄河在库区段两岸岸坡陡峻，切割深度大。库水位蓄至 980m 时，库水干流回水至拐上附近，水库回水长度 72.34km，且此时除少数沟口处外，均低于库岸。水库两岸主要地层自老至新为寒武系张夏组、崮山组、长山组、凤山组和奥陶系冶里组、亮甲山组及上下马家沟组碳酸盐岩。库区地质构造较为简单。水库主要工程地质问题除右岸渗漏外其他均较简单，对本工程影响不大。

水库除库岸岸坡和沟口基岩裸露外向西逐渐深埋地下。根据碳酸盐岩地层的水文地质特征划分为奥陶系中统马家沟组、下统亮甲山组至寒武系上统凤山组和寒武系上统崮山组至中统张夏组 3个含水岩组。根据不同地段岩体的渗透性，自上游至下游又划分 3个渗漏段：上段——自库尾至龙王沟；中段——龙王沟至黑岱沟下游打渔窑子挠曲；下段——打渔窑子挠曲至坝址。

由于黄河岸坡向西库区右岸 2km 地段岩溶地下水位普遍低于黄河河水位，且该区为近岸分水岭，蓄水后库水位将超过分水岭高程产生永久渗漏。岩溶地下水位低缓带边界东侧为地下水位缓坡段与近岸地带陡坡地段的交界处；西侧为距黄河岸坡 20 余 km 的十里长川和榆树湾断层一带；南侧为龙口水利枢纽；北侧为东孔兑。该地段地下水位比相应的黄河河水位低 20～90m，比正常库水位低 90～110m。除在榆树湾一带岩溶地下水一部分以泉群形式排泄汇入黄河外，其余部分自北向南径流。

在库区岩溶地下水渗透性较强的中段大焦稍沟附近，由于水库运行初期，库水频繁升降冲刷了上覆土层，高程 963m 处出现以洞径为 1.0m左右的裂隙式垂直溶洞，深约 15m，洞底有走向分别为 NWW 和 NNE 向两个洞径为 1m×1.5m 的产状近水平的溶洞与库外连通，当库水淹没洞口后，产生旋涡，测试其渗漏量为 0.3m^3/s，为局部集中渗漏通道。

库水以岩溶裂隙式渗漏为主，经宽约 2km 的岸边地带径流至地下水位低缓地带，因下游排泄区地层渗透性强于径流区及入渗区，推测地下水位低缓带水位抬高有限，计算时按邻谷渗漏形式考虑。计算蓄水后最大渗漏量 10.63m^3/s。由综合分析和计算得：水库右岸虽存在永久岩溶渗漏，但由于岩溶发育强度有限，其渗漏量不大且不会影响水库运行效益。但应加强岩溶渗漏的监测工作，重点集中入渗部位应及时处理。

一、工程地质条件

(一)地质概况

坝区河谷呈宽 U 型，谷宽 430m左右，两岸岸坡陡立，高出河床百余米。河床地层主

需要全本请访问 www.ertongbook.com