

刘家峡水电站工程建设的若干历史反思

张志会

(中国科学院自然科学史研究所, 北京 100190)

摘要: 刘家峡水电站是黄河上游的重要梯级电站之一, 是中国自主设计、施工和安装的第一座百万千瓦级以上的大型水电站, 于20世纪50年代开工, 虽在工程设计和施工建设中经历了一些波折, 但仍于70年代胜利完工, 成为当时国内乃至亚洲最大的水电站工程, 并于2009年入选“新中国成立60周年‘百项经典暨精品工程’”。本文以具体事实为依据, 针对苏联专家对刘家峡水电站建设的贡献、“双反”运动、“大跃进”运动、“技术革命”运动和“设计革命”运动等对工程建设的影响, 以及“文革”时期的工程建设事故等, 进行重温和反思。本文充分肯定了苏联专家在刘家峡水电站工程的规划、选址和设计阶段的作用; 同时指出在“反右”的大背景下, 由于中方水利部门能为工程技术的争论提供较为宽松的环境, 中方专家在与苏联专家意见不同时能在技术问题上坚持己见, 从而有效影响了工程决策。在“双反”运动等一系列政治运动的影响下, 工程规范被篡改, 技术专家被迫靠边站, 导致工期被迫延长, 造价也相应提高。但是, 由于工程的地质勘测较为充分, 工程设计基本符合工程规范, 且能在发现错误后有效纠偏, 刘家峡水电站在建成后基本达到了设计目标。

关键词: 刘家峡水电站; 设计革命; 技术革命; 技术革新; 大跃进; 苏联援建

中图分类号: G301

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2013)01-0058-13

刘家峡水电站位于黄河上游, 20世纪50年代与三门峡工程几乎同期开工建设。近些年来, 国内围绕水电站工程的争议不断。在三门峡水电站被作为失败的水利工程典型备受诟病之时, 刘家峡水电站却少有社会学和工程史方面的学术关注。事实上, 刘家峡水电站作为“大跃进”运动和“文革”劫难中幸存不多的工程之一, 在当代中国水电事业发展历程中占据重要地位, 是中国在“独立自主、自力更生”的方针下, 自行勘测、设计、施工、进行设备制造和安装的第一座百万千瓦级以上的水电站。在众多相关文献和资料中, 刘家峡水电站一直作为中华人民共和国成立之后“第一座自己勘测、设计、施工的百万千瓦级以

上的水电站”被广为宣传, 苏联专家在水电站规划、设计和建设中的作用却甚少提及。此外, 因一系列政治运动的冲击, 在刘家峡水电站的建设上曾经走过弯路, 这其中的经验教训值得反思。

1 苏联专家对刘家峡水电站的贡献

中华人民共和国在成立初期曾借鉴苏联的发展模式, 采取“优先发展重工业”的战略, 重新开始工业化进程。当时中国电力短缺, 而改善工农业生产基础设施和提高人民生活水平都亟须廉价和稳定的电力供应。考虑到中国水能资源丰富的特点, 在将煤电与水电各自的优劣势进行比较的基础上, 国家确立了“水主火从”的电力工业

收稿日期: 2012-12-25; 修回日期: 2013-01-18

基金项目: 中国科学院自然科学史研究所重点培育方向“当代中国水利工程发展若干专题研究”(Y250013015)

作者简介: 张志会(1982-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向为中国近现代科技史。E-mail: zhangzhihui1008@163.com

长远方针，水电发展得到重视^{[1]18}。同时，国家水患灾害频繁，亟须变水害为水利。为此国家大兴水利事业，决定在发展农田水利（包括小水电）的同时，结合江河治理方略，兴建几座大型水电站。由于黄河水害的波及范围尤为广泛且水能资源充沛，黄河治理及水电开发的构想被提上国家议事日程。

苏联在 20 世纪 50 年代对中国水电事业的发展影响深远。除了整体性的黄河流域规划有苏联参与外，丰满水电站和三门峡水利枢纽作为苏联援建中国的“156 工程”（含 25 个电力项目）中仅有的两个水电项目，在设计和施工过程中很大程度上依赖苏联的援助。为了解苏联水电开发的经验教训，1954 年 12 月，燃料工业部专门派出电站访苏团，前往苏联学习有关电力工业，包括水火电建设的组织、领导经验^[2]。

毛泽东一开始就注意到中苏关系的不确定性，因此，在水电和其他各项工业的发展战略上，中共中央一开始就确定了“两条腿走路”的方针，即在接受苏联援助的同时，通过“独立自主、自力更生”，建设几座中国人自主设计的水电站，其中就包括刘家峡水电站。

1.1 苏联专家参与黄河流域规划

20 世纪 50 年代初，针对黄河水患，时任水利部黄河水利委员会主任的王化云提出黄河下游要“宽河固堤”、上中游则要“蓄水拦沙”、使黄河水变清的治黄思想。在当时特殊的政治背景下，这一治黄思想暗合“黄河清，圣人出，圣人出而天下治”的寓意。后来这一方略又被听取治黄报告的国务院副总理邓子恢归纳为“节节蓄水，分段拦泥”^[3]。1952 年，毛泽东乘专列沿途视察黄河，听取了王化云关于“蓄水拦沙”的想法，即用大水库拦截黄河，除害兴利，之后毛泽东发出了“要把黄河的事情办好”的指示。随后，中国开始聘请苏联专家来帮助进行黄河治理。

1952 年秋至 1953 年，北京水力发电建设总局

和黄河水利委员会联合对龙羊峡至青铜峡河段进行勘察，初步拟定在刘家峡筑坝。1954 年 1 月，以苏联电站部列宁格勒水电设计院副总工程师 A·A·柯洛略夫为组长的苏联专家组来华考察，帮助中国制定治理和开发黄河的规划。1954 年 3 月，由黄河研究组（当年 4 月在黄河研究组的基础上成立黄河规划委员会）主持，有关部门负责人与以苏联电站部专家 A·A·柯洛略夫为首的 9 位苏联专家，以及中国有关专家、工程技术人员共 120 余人组成黄河查勘团，李棵华、刘澜波分别任正、副团长，赵明甫、张铁铮分别任正、副秘书长。该查勘团再次对黄河干、支流进行大规模查勘，自下而上，直至刘家峡，结合工业中心的建设规划选择坝址。经过研究，苏联专家认为兰州附近能满足综合开发任务的最好坝址是刘家峡。1954 年 10 月始，黄河规划委员会在前述勘测工作基础上，仅用了 6 个月的时间就完成了《黄河综合利用规划技术经济报告》^{[4]15}，确定刘家峡水电站工程为第一期开发重点工程之一，并选址于洮河口。

1955 年 7 月 30 日，以“除害兴利、蓄水拦沙”为主要内容的《关于根治黄河水害和开发黄河水利的综合规划的决议》（以下简称《黄河规划决议》）在第一届全国人民代表大会第二次会议上通过。根据这个规划，在 15 年内要在黄河干流上修建 46 座大坝和相应的梯级电站，还要在支流上修建众多水库（图 1）。人们乐观地估计，不出几年，黄河水将变清。在黄河治理思想上，“苏联老大哥”也倾向于王化云的“高坝、大库、蓄水、拦沙”的方案。黄河干流上一系列电站（包括设计发电量较大的三门峡等大中型水电站）均按照这一方略设计，而苏联专家的这一方案很难说没有受到王化云等国内人士的影响。为了组建西北大型电力系统，给西北部多个重工业基地和苏联援建工程项目提供电力供应，刘家峡水电站的建设进入落实阶段。

工程量最大、建设成本也较高而首先被排除。红柳沟坝址的右岸基岩较低，需修筑 20~30 m 高、800 m 长的附坝，增加了工程量，不过该处有宽阔的施工场地。洮河口坝址的工程量较低，但是附近地质结构复杂，施工中可能遭遇意外困难，泥沙问题也更大。综合权衡利弊后，中方倾向于选择红柳沟坝址。

在选坝会议上中苏双方争论的焦点是马六沟和红柳沟，核心是洮河泥沙问题（洮河是黄河一大支流，水少沙多，在红柳沟上游 1.5 km 处汇入黄河干流）。现在来看，两者各有利弊。苏联专家主张在马六沟处建坝，虽然避开了洮河的泥沙问题，但也放弃了洮河可供发电的水量。而中方专家选择在红柳沟处建坝，可利用洮河的水量来发电，但同时也拦截了洮河的泥沙^[9]，有可能造成水库泥沙淤积。与中方专家更注重水电站的发电效益相比，苏方则更担心泥沙隐患。三门峡水利枢纽初步设计审查会到 1957 年初才召开，很难确定在刘家峡水电站的坝址选择过程中苏联专家对泥沙问题的忧虑是否受到三门峡工程的影响。

经充分讨论、研究，刘家峡水电站选坝委员会选定了红柳沟坝址，提出要在洮河流域加紧水土保持工作，并采取其他措施，杜绝泥沙来源和阻拦泥沙并行；同时也谨慎地指出，针对红柳沟坝址的一些地质问题应继续进行勘探研究工作。苏联专家们认为将刘家峡水电站的坝址选在红柳沟是正确的，但也要着重指出解决洮河泥沙问题对刘家峡水电站的安全运行至关重要^{[8]25}。坝址选定后，1957 年 5 月，水电总局王鲁南副局长和朱宝复、陈益焜会同苏联专家组到红柳沟工地选定坝线和坝型^{[6]62}。

1.3 选坝会议之后中苏专家就刘家峡水电站的坝址问题再掀“红马之争”

后来，刘家峡水电站的坝址选择又生波澜。1957 年 8—10 月，苏联地质专家古里也夫和沙金在现场查勘后，对已经选定的红柳沟坝址的地质问题产生疑问，他们认为 F69 断层在第四纪时还

有复活性的断裂运动，按苏联的工程规范，不能建高坝，提出另选坝址。故刘家峡水电站选坝委员会决定再对马六沟坝址作进一步的勘测和地质研究工作，并重新召开选坝会议，进一步讨论坝址选择问题。

为了解决这一争议问题，1958 年 4 月，刘家峡水电站选坝委员会邀请中、苏有关专家到工地对红柳沟坝址的地质资料进行详细审查。同年 5 月，由水电总局在北京召开刘家峡水电站坝址讨论会。会上，水电部苏联专家组派来的几个地质专家多数都反对在红柳沟建坝，中方则持不同意见，双方进行了公开辩论，具体分歧详见表 2。

1958 年“反右”运动兴起，一些人因批判苏联专家而被划成“右派”，这股风潮也波及了水利建设领域。但因为“当时水电部的几位部长，敢于支持正确的、实事求是的、切合实际的、符合国情的意见，积极地进行思想和诱导”，中国专家在选坝会议上与苏联专家针锋相对地进行了辩论^{[10]233}。

会后，水电部根据地质资料，认为红柳沟处虽然地质结构复杂，但其强度仍可承受高坝建设，经研究确定红柳沟为最终选定坝址。同时尊重苏联专家意见，将原来红柳沟建设拱坝的方案改为建设重力坝。

1.4 苏联专家在刘家峡水电站设计方案和具体技术问题上的贡献

与刘家峡水电站同时期决策上马和开工建设的三门峡水电站，是当时黄河干流上最重要的水电站，由苏联专家直接设计和担任工程总设计师。国内水利工程界盲从苏联专家，忽视了从河口镇到三门峡水库的黄河河段是中国水土流失最为严重的区域这样一个事实，也忽视了黄万里等专家的不同意见和建议。1957 年 4 月 13 日，三门峡工程在一片争论声中坚持开工。1960 年 9 月，三门峡工程开始蓄水，泥沙淤积问题随即暴露，后来被迫多次改建，并降低水位运行。这是工程设计思想的失误，教训极其深刻。

表 2 刘家峡水电站坝址讨论会上中苏双方的不同意见

序号	不同意见指向	苏联专家	中方技术人员
1	红柳沟坝址的河床地质条件	河床部位有一条尚未被探明的顺河向大断层,其形成年代应为第四纪,属于新构造,因此不能修建拟定中的混凝土高拱坝。	河床部位并不存在至今未被发现的大的顺河断层,有较为详细的勘探资料可以为佐证(后在大坝基坑开挖时,证明确实无顺河大断层)。
2	坝址右岸岩体	右岸岩体背斜轴通过坝址,岩体可能已被切割成“小块体”,难以建成大跨度地下厂房。	虽有背斜轴通过,但在变质过程中热效应作用下岩体是完整的,绝不是外国专家理论推测的被切割成“小块体”。
3	水电站规模	西北地区的电网预计发展并不快,刘家峡水电站的建设规模应缩小。马六沟坝址的装机容量约为红柳沟坝址的 2/3 较为合适。	红柳沟水电站的技术经济指标优越。
4	施工条件	无	马六沟坝址的地质资料不足,尚需 2~3 年的勘探方能确定此处有无地质缺陷、能否开工。红柳沟坝址的地质勘探已完成,施工条件优于马六沟坝址。

资料来源:文献[10]。

1958年4月,刘家峡水电站的坝址最终确定后,如何在刘家峡这样深而窄的峡谷中进行枢纽方案布置是一个综合性的复杂技术难题。与三门峡水电站不同,刘家峡水电站是由中方专家担任设计总工程师,其枢纽布置方案也主要由中方水利技术人员完成,并做出相关技术决策。1956年,一批水利专业毕业的大学生被分配到名义上的刘家峡工程局(其实当时该机构还未正式成立)。大学毕业生们到燃料工业部报到后,就在北京与勘测设计员一起设计大坝和发电厂。

遵循苏联水电站的工程规范,刘家峡水电站的设计者们曾先后研究过13个枢纽布置比较方案,最终采用了目前的整体式混凝土重力坝、岸边溢洪道、坝后地下混合式引水发电厂房。整体式混凝土重力坝作为主坝,最大坝高147m,主坝长204m,顶宽16m,底宽117.5m。“这些都是我们自己一点一点勘测设计出来的。”当时毕业后即被分配去参与刘家峡水电站建设的陆佑楣院士这样回忆说^[11]。

然而,根据水电部北京勘测设计院水工处副处长、在工程后期担任刘家峡水电站总设计师的石瑞芳回忆,刘家峡水电站在建设初期“完全由苏联专家指导”^[12]。在水电站枢纽的布局、地下厂房方案的可行性以及黄土坝的建造等具体问题

上,苏联专家对刘家峡水电站工程的影响是不能忽视的。

围绕刘家峡水电站采用岸边窑洞式的地下厂房方案是否应服从苏联的工程规范等问题,中苏专家之间曾经发生过激烈争论。由于窑洞式地下厂房紧挨右岸边坡,施工时要从右岸岩石边坡表面开挖跨度为31m、高达59m的地下厂房。按照苏联工程规范的标准,洞室开挖的进口段岩石的坚固系数 $f=0$ 的情况下难以保障工程安全,且设计和施工难度大,因此苏联专家认为这一方案比较冒险。然而,中方专家通过对地下厂房进口段进行岩性分析和测试,同时在设计、施工中采取分块开挖和锚杆等相应技术措施,终于建成31m的地下厂房^[13]。

刘家峡水电站高30~40m的黄土坝,一度被认为是世界级水平的难题而列入“中苏技术合作条款”。中国专门邀请苏联专家来协助解决此问题。

值得一提的是,同黄河流域规划和三门峡工程“蓄水拦沙”的方略如出一辙,苏联专家在指导刘家峡水电站的设计时,同样没在坝内设置排沙底孔,而仅仅提出水土保持和在上游筑坝拦沙的方案。虽然刘家峡地处黄河干流上游,泥沙含量较低,但时间一长,泥沙淤积,仍能导致严重后果。为了避免刘家峡水电站遭遇跟三门峡同样

的境况，工程设计人员高度重视这一问题。在中苏关系恶化、苏联专家陆续撤出中国的情况下，国内设计人员通过模型试验和讨论研究，采用了在坝内专门设置排沙底孔的方案，在较长时间内缓解了泥沙淤积问题。

2 “双反”运动、“大跃进”运动及“技术革命”运动对刘家峡水电站工程建设的影响

2.1 “双反”运动对刘家峡水电站工程设计的影响

1957年，党中央、国务院对水利建设提出“必须切实贯彻执行小型为主、中型为辅、必要和可能的条件下兴修大型工程”的水利建设方针，并提出“必须注意掌握巩固与发展并重、兴建与管理并重、数量与质量并重”的原则^[14]。当时刘家峡水电站工程的地质勘测、设计均严格遵守来自苏联的工程规范。

“双反”运动（“反贪污、反浪费”运动的简称）是大范围的全民整风运动的一部分。1958年2月18日，《人民日报》发表社论《反浪费反保守是当前整风运动的中心任务》，提出“大跃进”的号召。1958年3月3日，中共中央发布了《关于开展反浪费、反保守运动的指示》，在“大跃进”的形势下，全国掀起大规模“双反”运动，要求水利勘测和设计工作人员要敢想敢干。1958年5月，中国共产党第八次全国代表大会第二次会议确立“鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义”的总路线。6月21日，《人民日报》发表《力争高速度》的社论，强调“速度是总路线的灵魂”^[15]。全国很快掀起“大跃进”运动，水利工程建设随即处于失控状态。按照以往的工程规范，水电站的勘测和设计工作需要两三年的时间，这远远赶不上施工要求，阻碍“多快好省”

目标的实现。根据1958年全国中型水利水电工程交流会的记录，全国各地水利工程的勘测设计工作都出现以提高速度、节约投资为主要目标的“大跃进”^[16]，高指标、瞎指挥、违反自然规律、急于求成的现象屡见不鲜，为后来水电站工程遭遇的曲折和隐患埋下了伏笔。

刘家峡水电站由北京勘测设计院进行设计。北京勘测设计院组织设计人员召开了“跃进辩论大会”，要求“政治挂帅”，“拔白旗、插红旗”，进行“两条路线”的斗争，进而引发了关于苏联工程规范和保守思想的大批判。批判的核心是提倡工程设计要简化数据分析和设计程序，走“多快好省”路线，走出办公室。辩论会上，与会者纷纷揭发刘家峡水电站设计中存在的浪费现象及保守思想，前后贴出大字报320余张。

辩论的结果是将电站总投资从5.4亿元降为2.64亿元；单位千瓦造价由540元降为264元，降低51%；施工期限亦由原来设计的5年缩短为2.5~3.0年^[17]，采用“三同时”制度，设计可以与勘测、施工同时进行，并保证在1961年发电^[18]。刘家峡水电站于1958年6月完成初步设计，1958年9月27日开始动工兴建，到1960年6月才完成技术设计（表3）。所幸的是，之前的勘测工作较为扎实，在“大跃进”初期，工程设计几乎全部完成，这也是刘家峡水电站虽建设过程曲折而最终成功建成的重要因素之一。

2.2 “大跃进”时期刘家峡水电站的“技术革命”

“技术革命”运动和“大跃进”运动有着千丝万缕的联系。1958年6月3日和6月24日《人民日报》相继发表社论《向技术革命进军》和《技术革命一定要发动群众》。在“大跃进”的氛围中，群众性的“技术革命”运动在全国兴起。1959年

根据1976年决算，刘家峡水电站的总投资为6.38亿元，总造价为5.15亿元，折合单位千瓦投资为506元、单位千瓦造价420元。

表3 “双反”运动前后刘家峡水电站的设计指标的变化

序号	项目	“双反”运动前指标	1958年初步设计指标
1	水利枢纽总投资/万元	58 000	30 000
	1) 水库部分	34 00	1 330
	2) 土建部分	19 500	8 570
	3) 施工准备工程、施工机械交通运输及附属工程等	14 000	9 040
	4) 机电设备及安装	15 400	9 700
	5) 其他工程及不可预见工程	5 700	1 360
	6) 资金回收	4 000	3 600
2	水利枢纽总造价/万元	54 000	26 400
3	单位千瓦造价/元	540	264
4	施工期限/年	5	2.5~3.0
5	初步设计竣工时间	1958 年底	1958 年 6 月

资料来源：文献[18]9。

展开的“水利运动”又简化成“建库修坝运动”。1959年庐山会议继续“反右”以后，大中型水电站建设也持续“跃进”。

“技术革命”运动作为“大跃进”运动的内在引擎，是党在技术、机械装备等各项条件都不具备的条件下，依靠“政治挂帅”和大搞群众运动的方式进行的。这些在刘家峡水电站建设中也有生动的体现：

大中型水电站的工程量大，要求也高；建设周期往往比较长，至少需要五年以上，这显然不符合人们“多快好省地建设社会主义”的急切心理。刘家峡水电站开工建设不久，就提出了在1959年的第一个枯水季节打通三道关的目标——修通导流隧洞、截流和开挖大坝基坑。由于施工准备期过短，材料和设备均不充分。在这种情况下，刘家峡水电工程局党委深入发动群众，大搞“技术革命”，提出了“土法先上马、方法多样化、土洋相结合、逐步机械化”的方针，“有条件要上，没有条件也要上”。

刘家峡水电站的导流隧洞长675 m,直径14 m,即使与世界上同类工程相比，规模也较大。一般只能采取高度机械化施工，才有可能实现在5个月内修通的目标。而当时刘家峡水电站隧洞施工的石方队机械很少，只能用人力辅助机械，这就

很大程度上增加了工人的劳动强度。为了争取时间，就多找几个工人，多开几个支洞，增加工作面；各洞明挖部分都用人力开挖；通风设备不足，就先打通导洞，以后再扩大和补砌；没有高速卷扬机，就用汽车上的绞车水泵加马达代替^[19]。1960年1月1日，刘家峡水电站在七小时之内胜利截流，从1958年9月底算起仅历时一年零三个月时间。由此不难看出，“技术革命”主要是使用人力代替机械，将生产工具简单化，一些粗制滥造的所谓创新还大量浪费了人力和物力。同时，在“技术革命”的实施过程中，过度重视“扫清思想障碍”，多次组织设计人员和施工队伍学习《实践论》和《矛盾论》，对资产阶级“技术权威”和“专家治厂”的局面进行所谓的“革命大批判”，造成了蔑视知识、轻视知识分子的现象，打击了技术人才的积极性。

2.3 “大跃进”时期刘家峡水电站的主要工程质量问题

先进的施工机械和严格的工程管理是保障大坝混凝土浇筑质量的基础。“大跃进”运动中，通过开展群众性的“技术革命”，盲目缩短建设工期，必然导致工程质量不过关，工程事故也在所难免。1960年7月6日上游围堰发生管涌；同年7月25

泽东发动“设计革命”运动,其目标直指中国已经实行十余年的仿照苏联建立起来的设计体制。

“设计革命”运动认为从事设计工作的知识分子,大多数是从“家门”到“校门”再到“机关门”的“三门干部”,这种干部存在着“脱离政治”、“脱离实际”、“脱离群众”的“三脱离倾向”。对应的解决措施是发动群众的创造力,使其“敢想敢干,破除迷信”,打破现代修正主义和教条主义的影响。^{[23]78}

1963年中共中央制定“三五”计划时,原本设想解决“吃穿用”问题。1964年8月,美国轰炸北越的事件和苏联对中国的威胁使毛泽东和中央不得不把国家战略重点转到战备问题上来,提出搞“三线建设”。“三线建设”是做两手准备的,即兼顾战备和改变内地落后工业交通布局。作为西线新建设的工矿企业的重要能源供应之一,根据“靠山、分散、隐蔽”的工程布局方针,在刘家峡水电站修改设计的过程中,加重了对防空安全因素的考虑。

1964年9月,北京勘测设计院响应“设计要革命”的指示精神,成立刘家峡设计组,践行“下楼出院”、“三结合”、“现场设计”等具体措施^{[24]275-276、291}。设计人员常驻工地,在现场与施工、科研“三结合”,对技术设计进行补充。此时,负责工程设计的设计组组长为石瑞芳,副组长为杨德晔,设计总设计师为陈益坤、陈道周,设计人员达180多人。为了加快施工进度,“三结合”的设计小组集中大家的意见,提出在右岸增开一条导流隧洞,从而保证汛期由两条隧洞同时泄水;将上游围堰改为混凝土拱形围堰,高46m,按20年一遇洪水的标准设计,并按50年一遇洪水的标准校核;改原设计枯水期施工的方案为全年施工,在洪水期,使高拱围堰挡住洪水,让洪水全从导流隧洞中流走,避免三进三出基坑的局面,为整个工程至少抢回一年的工期。1962年三门峡工程因泥沙淤积问题而第一次改建,给刘家峡水电站敲响了警钟。因此,在“设计革命”中,

水利部北京水利科学研究院负责对刘家峡水电站进行了水力学、结构、泥沙等各项试验研究工作。

1964年10月,水电部会同有关单位,在刘家峡水电站的施工现场对工程防空安全、泥沙淤积和工程地质三个关键问题进行审查、研究。为提高水电站性能,提出增设排沙孔,水轮机叶片制造采用耐磨材料,在洮河流域7000 km²内开展水土保持工作。工程地质问题也被再次确认,建设高坝的方案得到认可。工程于1965年底完成技术设计文件。经水电部1966年3月审查批复后,编制施工详图(图3)。

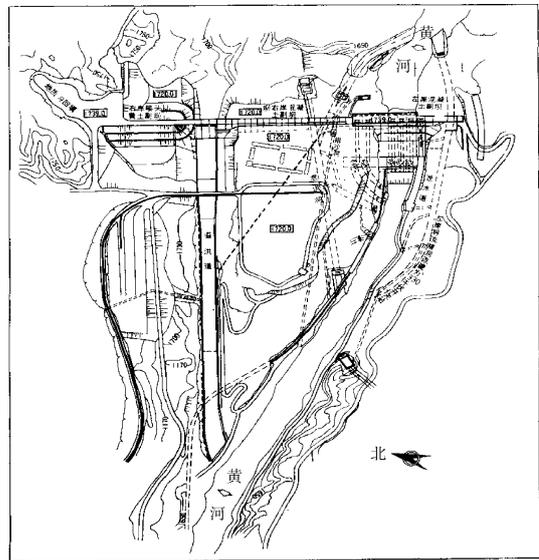


图3 刘家峡水电站平面布置图

图片来源:文献[6]60。

1965年6月14日,中共中央批转了国家基本建设委员会主任谷牧《关于设计革命运动的报告》。该报告提出:“设计革命的核心是采用和发展新技术。进行设计,一定要采用国内外最新的科学技术成就,不能老是照抄照搬一些陈旧的东西。”“设计工作的任务,设计工作革命化的目的,都是为了做出好的设计。”^[24] 1965年10月1日,刘家峡铁路专用线建成通车,全长49 km^{[22]24}。

1966年6月“文化大革命”初期,刘家峡工地的广大设计人员继续开展“设计革命”。在当时中共“四清”(清政治、清经济、清组织、清思想)

工作团党委和中共刘家峡工程局委员会领导下，实行设计、施工、科研、安装、制造内外“三结合”。经过广泛讨论，认为溢洪道目标太大，不符合防空袭的要求，确定对已批准的技术文件中的泄洪建筑物、主坝、主结线和开关站等进行修改，并经水电部水利水电建设总局同意，但未发文。此后，所有施工详图及设计均按上述修改原则编制。水电站的全部施工详图于1969年底基本完成。

“设计革命”运动尽管因受当时政治环境的影响，效果不那么明显，但毕竟在工程防空安全、泥沙淤积和工程地质方面对改进和完善工程设计有一定的促进作用^[25]。“设计革命”重视实际调查，可以帮助设计人员更翔实地占有材料；通过倡导“设计人员必须眼睛向下，虚心向群众学习”，敦促设计人员请教一线施工人员的意见，有利于在工程内部“发扬技术民主”^[26]；有利于克服设计工作中科研与生产脱节、设计方法繁琐、周期长、效率低的弊病；但客观上又使设计力量分散，工作条件恶化，眼光狭隘。

4 “文革”期间刘家峡水电站的工程建设

4.1 “文革”时期的工程管理事故

混凝土质量问题是1964年刘家峡水电站在工程复工后需面对的首要问题。当时对于已建混凝土坝体的去留，存在争议：倘若保存下来，会给工程留下隐患；而炸掉则会使国家已投入的宝贵资金付诸东流。经反复调查研究，并经水电部决定，为了确保工程质量，全部炸除已经浇筑的不合格的混凝土坝体，重新予以浇筑，这无疑给工程造成了很大损失。

1966年4月20日，主坝重新开始浇筑第一块混凝土。工程局认真吸取“大跃进”时期的教训，尽力使用大型施工机械，严把混凝土浇筑的质量关。在全国大协作下，刘家峡工地上建成了自动化、机械化的作业线，从开采砂石料、拌和和输送混凝土一直到浇筑坝体，都是机械化操作，还注

意适时地改进施工方法^{[11]19}。主坝基础的开挖和处理、主坝和副坝的混凝土浇筑与心墙堆石坝的坝体填筑都采取了严格的质量控制。设计人员进行了各种情况下的大坝混凝土温度应力分析，改进混凝土配合比，防止大坝产生裂缝。同时改善施工工艺，合理安排施工程序，采用柱状浇筑和人工降温技术，在坝体内埋设冷却水管，通过向管内灌注冷水降温。混凝土的最高月浇筑强度达10万 m^3 ，同时保证其质量技术性能达到设计要求。1969年8月混凝土浇筑全部完成，混凝土、坝体接缝灌浆、预埋件及止水、排水系统施工质量良好。

1966年5月，在刘家峡水电站刚刚恢复建设一年多的时候，“文化大革命”开始了。工地上出现了所谓的刘少奇的“专家治厂”、“洋奴哲学”、“爬行主义”等“修正主义路线”和“独立自主、自力更生”、“艰苦奋斗、勤俭建国”的“无产阶级革命路线”的斗争。工程技术人员石瑞芳等被当作“反动学术权威”和“走资本主义道路的当权派”进行批斗，被剥夺了参与工程决策的权力。随着“文革”斗争形势的激化，工地上的正常秩序难以为继。1967年3月5日刘家峡工程局实行军管。之后，由于外行指导内行，管理混乱，规章制度废弛，发生了几次比较严重的工程事故。

1967年10月28日，上游来水1800 m^3/s ，左岸导流洞开始下闸蓄水。当时在未弄清左岸导流洞闸门是否全关闭（实际上未完全关闭，还差0.7m）的情况下，指挥人员决定关闭右岸导流洞闸门，导致左岸导流洞漏水严重。为了堵住漏洞，采取了抛投混凝土块等多种措施，但均未奏效。在此期间，黄河在宁夏中宁一带形成冰坝，相关部门试图用飞机轰炸和炸药爆破等手段破除冰坝，但均未达到目的。受刘家峡水电站漏水事故和黄河冰坝导致的凌洪影响，5个公社、1566户、9840人受灾，17155亩土地、364间房屋被淹^{[6]77}。水电部决定，于1968年2月4日打开右岸导流洞

闸门泄水,以便堵塞左岸导流洞。1968年2月8日,周恩来总理主持召开国务院业务小组会议,研究解决刘家峡水电站的工程问题,指示要“依靠群众,把洞口堵牢靠”^{[6]78},并指示钱正英和杜星垣前往刘家峡工地领导完成堵漏工程。会后,钱、杜二人前往工地,同专家、工人研究堵漏的有效措施。同年3月1日,将悬空浇筑在左岸导流洞进口上方的一块重1200余t的混凝土块抛向洞口,进行截沉闭气;3月20日完成进口临时堵塞工程;10月14日全部封堵完毕;10月15日右岸导流洞再次关闭,水库正式蓄水^{[6]77-78}。

1967年12月15日,刘家峡水电站革命委员会成立,危局才得到控制。1969年“‘工宣队’进驻现场工程设计组,并规定工程施工中有困难问题,‘工人阶级领导’有权对原设计提出修改,对溢洪道底板取消了止水和排水,这对刘家峡来讲又是一场灾难”^[12]。1974年之后又进行了“批林批孔”运动和批判大会,这进一步扰乱了工程的正常建设。

4.2 1968年之后的“技术革新”与机电安装

刘家峡水电站的机组安装自1968年6月开始,1974年12月18日5台机组全部投入运行,至此工程竣工。

从1969年以来,刘家峡水电厂的“技术革新”人员同制造厂和其他单位密切配合,完成大小革新项目620多项,其中的重大技术革新有大型水轮机导向轴承、晶体管保护、可控硅自动励磁装置等65项^[27]。

当时刘家峡水电站的一系列机电设备处于国内最高水平,具体包括:由哈尔滨电机厂制造的电站水轮发电机组,机组容量不断增大并陆续投产;220kV及330kV主变压器由沈阳变压器厂制造;5号机组单机容量30万kW,为当时国内最大双水内冷水轮机组;26万kW和36万kW的主变压器,320kV、330kV的超高压配电设备、330kV的防潮消音空气开关、高压充油电缆等,是20

世纪60年代末国内首批研制成功的新产品^{[6]75}。

在安装过程中,由于4号机组座的环碟形边过渡段因材料质量问题出现裂纹,不得不从浇筑好的机窝内将其挖出,运回厂家加工,从而影响了3个月的安装进度。为抢回工期,水电站采取了机坑悬挑式混凝土回填、水涡轮一次焊接、发电机定子坑外组装等措施,并作耐压试验和整体吊运等革新,使4号机组按期投产发电。

在刘家峡水电站的设备安装过程中也曾出现过重大事故。1971年3月18日,刘家峡水电站的电厂主厂房施工中,在安装吊运330kV联络变压器时,因钢丝绳断裂,变压器前部落地,后部砸向1号水轮发电机组,330kV联络变压器和正在运行的1号水轮发电机组均受损,1号水轮发电机组被迫停止运行。该事故不仅使工期延长,而且造成重大经济损失。在当时被称为“国内容量最大的变压器,砸坏了国内容量最大的发电机”,损失电力1000余万kW·h。周恩来总理闻讯后对这次事故做出批示:“请予以极大注意,并研讨事故的內因何在。”^{[4]47}事后查明事故是工程管理混乱、吊装措施不当造成的,并对责任者进行了处理。

1974年刘家峡水电站胜利建成,产生较为广泛的综合社会效益。1975年2月5日,《人民日报》和全国各大报刊均以头版头条位置刊登刘家峡水电站开始发电的消息,这是1960年之后刘家峡水电站第一次在全国媒体上曝光。

5 小结

刘家峡水电站是中国水电事业发展的重要里程碑。与全面由苏联专家设计、决策和建设的三门峡水电站相比,刘家峡水电站是在中苏关系破裂之后,坚持“独立自主、自力更生”的方针,自行勘测、设计、施工的第一座百万千瓦级水电站。但是,工程在规划、选址和设计阶段曾得到苏联专家的帮助。在“反右”的大背景下和主流意识形态的影响下,中方水利部门的领导能够支

持工程技术专家自由发表言论，在中苏不同意见的争论中坚持己见，从而保障了工程决策的科学性和民主性。

在“双反”、“大跃进”和“文革”等政治运动中，出现了“反对走‘白专’道路”、“打倒反动学术权威”、“外行可以领导内行”、“政治压倒一切”等闹剧，工程技术专家被排挤出技术决策的范围，在工程设计和建设等相关的工程技术决策问题上盲目实施“群众路线”，导致工程在设计和施工过程中走了很长一段弯路，工程规范被篡改，工期被迫延长，造价也相应提高。这些都是特定历史条件下政治影响工程的不良后果。同一时期开工建设的丹江口水电站、三门峡水电站在水库建设上也出现了类似的问题。

但是，与“大跃进”和“文革”时期数以万计受影响的农田水利工程相比，刘家峡水电站基本达到了设计目标，建成后安全运行近40年，持续发挥电力、防洪、灌溉、防凌等综合效益。地质勘探等前期工作较为充分，工程设计核心问题符合工程规范，关键时刻保证水利专家在重要技术问题上的决策权，这些都是该工程最终胜利完成的重要因素。总体来讲，刘家峡水电站的建设为中国黄河综合治理积累了经验，在各方面取得了良好的效益。2009年，刘家峡水电站与云南鲁布革水电站、黄河公伯峡水电站、广州抽水蓄能电站等水电工程一同入选“新中国成立60周年‘百项经典暨精品工程’”^[28]。

致谢

在本文写作过程中，中国科学院自然科学史研究所王扬宗研究员、熊卫民副研究员曾多次给予指点和帮助，本人对此表示衷心的感谢！

参考文献

- [1] 李文, 刘昭. 黄河上第一座大型水电站——刘家峡水电站诞生记[J]. 党史文汇, 1999(5).
- [2] 李锐. 苏联水力发电建设的基本情况和主要经验[J]. 水力发电, 1955(12): 5.

- [3] 赵炜, 王化云. 在黄河治理方略上的探索与实践[J]. 中国水利, 2009(15): 4-5.
- [4] 《刘家峡水电厂志》编纂委员会. 刘家峡水电厂志[M]. 甘肃人民出版社, 1999.
- [5] 湖北水电网. 黄河流域水电站分布[EB/OL]. [2013-01-18]. <http://www.hbhp.net/sdz/hhdzfbt.html>.
- [6] 黄河水利委员会勘测规划设计院. 黄河志·卷九: 黄河水利水电工程志[M]. 河南人民出版社, 1996.
- [7] 张国维. 刘家峡水电站坝址选择委员会选定了刘家峡水电站坝址[J]. 人民黄河, 1956(4): 67.
- [8] 陈益坤. 刘家峡水电站坝址区的选定[J]. 水力发电, 1957(1).
- [9] 荣在书. 刘家峡水电站的坝址是如何选定的[M]//政协甘肃省委员会文史资料和学习委员会, 甘肃省水利厅. 甘肃文史资料选辑 第57辑: 甘肃水利的开发与利用. 甘肃人民出版社, 2002: 305.
- [10] 陈益焜, 石瑞芳. 刘家峡水电站若干决策的回顾[M]//国家能源局. 中国水电100年(1910—2010). 中国电力出版社, 2010.
- [11] 网易. 刘家峡的弯路: 原国家水电部副部长陆佑楣回忆修建过程[EB/OL]. [2012-12-10]. <http://news.163.com/09/0826/15/5HLFPCUA00013LN4.html>.
- [12] 陕西建设网. “一项成功的设计不靠个人, 是集体智慧的结晶”(图): 专访中国工程设计大师石瑞芳[EB/OL]. (2008-02-03)[2012-12-10]...<http://www.shaanxijs.gov.cn/web/main/ShowDetail.aspx?fid=af1dffe0-f33d-469d-be9f-1c807d5e8a4e&type=1109>.
- [13] 石瑞芳, 甘维义. 刘家峡、龙羊峡等水电站建设中的技术发展[J]. 水力发电, 1986(12): 56.
- [14] 张岳. 新中国水利50年[J]. 水利经济, 2000(3): 1.
- [15] 有林, 郑新立, 王瑞璞. 力争高速度(《人民日报》社论1958年6月21日)[M]//中华人民共和国国史通鉴(第2卷)(1956—1966)当代中国出版社, 1993: 359.
- [16] 湖北省水利厅勘测设计院. 水利工程勘测设计工作的改革与跃进: 全国中型水利水电工程经验交流会议丛书[M]. 水利电力出版社, 1958: 1.
- [17] 黄开继, 王雄斌. 刘家峡水电站水力机械的设计及运行[J]. 水力发电, 1987(2): 33.
- [18] 石瑞芳. 从刘家峡水电站的设计看设计思想问题[J]. 水力发电, 1958(16).
- [19] 刘家峡水电站主要工程全面铺开盐锅峡水电站部分机组年内发电[J]. 人民黄河, 1959(2): 63.
- [20] 朱淑莲. 刘家峡水电站光耀九曲黄河四十春[N]. 国家电网报, 2009-09-03.
- [21] 水利电力部第四工程局. 刘家峡水电站: 图片集[M]. 人民美术出版社, 1977: 28.

- [22] 永靖县志编纂委员会. 永靖县志[M]. 兰州大学出版社, 1995.
- [23] 邹德依, 戴路, 张向炜. “文革”从设计革命始: 中国现代建筑史[M]. 中国建筑工业出版社, 2010.
- [24] 中共中央文献研究室. 建国以来重要文献选编: 第 20 册[M]. 中央文献出版社, 1998.
- [25] 武力. 中华人民共和国经济史(上) [M]. 中国时代经济出版社, 2010: 440.
- [26] 石瑞芳. 把眼睛转向实际转向群众[J]. 中国水利, 1965 (6): 30.
- [27] 以阶级斗争为纲, 坚持党的基本路线: 刘家峡水电厂连续六年超额完成发电计划[N]. 人民日报, 1975-12-23.
- [28] 新中国成立 60 周年“百项经典暨精品工程”[J]. 四川水力发电, 2009 (6): 108.

Some Historical Reflection on the Construction of Liujiaxia Hydropower Station

Zhang Zhihui

(*Institute for the History of Natural Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*)

Abstract: Liujiaxia Hydropower Station is one of the important hydropower in the upper stream of the Yellow River. It is the first large hydropower station above 1 million kW, designed, constructed and installed by Chinese. The construction started in the 1950s and finished in the 1970s. After completion, the project became the largest hydropower station in China and even in Asia. The design and construction of the project underwent some ups and downs, but was completed successfully eventually. Later on, it was selected as one of “the a hundred classic projects for the 60th anniversary of the founding of New China”. The paper, based on the specific facts of Liujiaxia Hydropower Station, reviews the contribution of Soviet experts to Liujiaxia Hydropower Station, and then reconsiders the influences of “Double Reverse” Movement, the “Great Leap Forward” Movement, “Technological Innovation” Movement and the “Design Revolution” Movement to the construction of Liujiaxia Hydropower Station. Furthermore, it revisits the construction accidents of Liujiaxia Hydropower Station during the “Cultural Revolution” period, and attempts to draw a few lessons in the last.

The paper not only affirms the role of Soviet experts in planning, site-choosing and designing of Liujiaxia Hydropower Project, but also points out that in the context of the “anti-rightist”, the Chinese water conservancy departments could supply a more relaxed environment for engineering debate, and Chinese experts stood their ground on the technical issues when disagreeing with the Soviet experts, which led to the Chinese experts’ effective influence on engineering decisions. Besides, under the influence of a series of political movements including the “Double Reverse” Movement, engineering experts had been forced to stand aside, so the construction was delayed, and the cost increased correspondingly. However, thanks to the sufficient geological survey, core engineering design conforming to the norms, and the effective correction of errors once being discovered, Liujiaxia Hydropower Station basically reached the design target.

Key words: Liujiaxia Hydropower Station; design revolution; technical innovation; Great Leap; Soviet Union’s aid