

张

水利电力部西北勘测设计院论文集

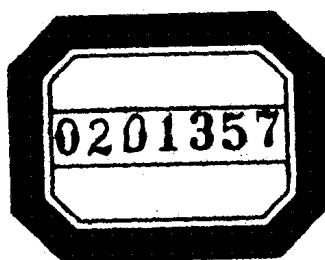
〔1〕

中国西北大坝和水电站建设

中国西北大坝和水电站建设



水利电力出版社



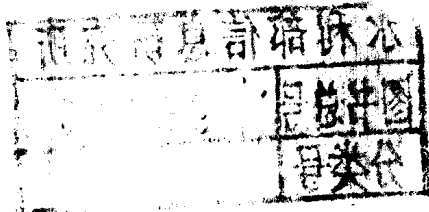
水利电力部西北勘测设计院论文集

第 1 卷

中国西北大坝和水电站建设

CONSTRUCTION OF
LARGE DAMS AND
HYDROPOWER STATIONS
IN NORTHWEST CHINA

水利电力出版社



内 容 提 要

本书选编了有关西北大坝和水电站建设的论文及技术总结44篇，内容包括水能规划，地质勘探，大坝、水电站的设计和施工，以及科学实验研究等方面的内容。论文密切结合工程实践，系统地介绍了以黄河上游、汉江上游和白龙江为主的西北地区大中型水电站的建设经验，并附有必要的基本资料和设计数据，内容丰富，实用性强。本书可供水力发电工程设计、施工、科研、教学等各方面的专业人员参考。

水利部西北勘测设计院

CL 1 1501 121
SHORTAGE 2152/40 01
AM 1501 121

中国西北大坝和水电建设

水利电力部西北勘测设计院

水利电力出版社出版

西安昆明印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 27.75 印张 658 千字

1988年6月第一版 1988年6月西安第一次印刷

印数0001—2000册 定价：（平装）7.10元

ISBN7-120-00524-3/T·165

水利部西北勘测设计院

前言

建国30余年来,西北勘测设计院主要承担我国西北五省(区)大中型水利水电工程的规划、勘测、设计和科研以及国家下达的部分科技攻关项目;有时也支援地方小型水利水电工程的建设。我院先后完成黄河上游、汉江上游、白龙江流域、甘肃河西走廊以及新疆一些河流的流域规划设计;承担勘测、设计的水电站有:已建成的刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡、碧口等水电站15座,总装机容量225万kW;正在建设和已列入“七五”计划的有龙羊峡、宝珠寺、李家峡等水电站3座,总装机容量392万kW;待建和正在进行前期勘测、设计的有拉西瓦、公伯峡、紫兰坝、积石峡、苗家坝、黑山峡等水电站9座,总装机容量890万kW。

30多年来,黄河上游水电站的建设为我国西北地区经济发展做出了积极贡献,也为我国水电技术的发展起到促进作用。60年代在黄河上游最先建成发电的盐锅峡水电站,装机容量35.2万kW,最大坝高55m,建设周期仅为3~4年,单位千瓦投资仅为420元,是当时国内水电建设中单位千瓦投资最低、建设速度最快的一个。又如刘家峡水电站(由原西北院、北京院承担勘测设计),在50、60年代进行建设时,大坝高度(147m)和装机容量规模(122.5万kW),在当时国内是领头的;单机容量为22.5~30万kW的水轮发电机组和330kV的高压电器设备,在当时国内还属于首次试制;在高速水流、水工高压闸门、大跨度地下(厂房)结构以及用黄土筑坝(高47)技术方面,也有相当的规模和水平。70年代兴建的龙羊峡水电站有黄河上游的“龙头”水库,库容247亿 m^3 ,是目前国内最大的水库,已于1986年10月开始蓄水,重力拱坝最大坝高178m,单机容量32~35万kW水轮发电机组和120m水头的泄洪排沙底孔(孔口 $5\times 7m$)等,均为当前国内最大的之一。此外,在70年代建成的水电站,尚有白龙江上的碧口水电站,拦河坝采用土石坝,最大坝高101m,用混凝土防渗墙处理厚达34m的河床覆盖层,目前仍为国内高土石坝之一。青铜峡水利枢纽采用闸墩式电站的布置型式,在国内进行了首次实践。由于广大科技人员的努力,有多项工程设计和科研成果荣获国家级和省级科技成果奖。同时,由于我们建设大中型水电站的历史并不长,实践经验还不足,在建设过程中也有过不少教训,很需要进行认真的回访和总结。

编辑这本论文集——《中国西北大坝和水电站建设》,目的在于总结、交流经验和教训,同时也是抛砖引玉,欢迎从事水电建设的广大科技人员批评指正,使我国水电事业欣欣向荣,为“四化”建设做出更大的贡献。

本论文集是第一集。今后,我们还将组织力量继续编辑出版这类论文集。欢迎从事和关心西北水电建设的同行们投稿。

石瑞芳

1988年2月于西安

编辑说明

为了系统总结我国西北地区水利水电建设的丰富经验，我院拟陆续编辑出版论文集。本期的内容，是以我院负责或参加过的已建、在建和待建的大中型水电工程的大坝和电站的设计和施工经验为重点，同时也编入了水能规划、地质勘探和科学实验等有关方面的一些论文。其中一部分内容，是采用过去正式发表过的论文；一部分内容系本次有计划地组织编写或第一次正式发表的论文，以便使本书所包含的内容更加全面。

由于论文的写作年代不同，在收入本书时，作者根据新的情况，对原著作了适当的修改和补充。一些设计数据，在水电站建设过程中进行过修正，论文中尽可能采用新的数据；但有的数据涉及面广，改动不便，则只能保留当时的设计采用值，而在文字中加以说明。本书着重于经验总结，不拘泥于设计数据变动的考证。另外，对有些论文中的类似内容或图表则适当地予以删减和协调，尽量地避免重复。

凡属本院科技工作者的论文，在作者姓名之下，不再一一注明所属单位；而对外单位作者或本院与外单位协作的论文，则分别在作者姓名之下，注明作者的所在单位。

限于时间和水平，编辑工作中一定还存在不少疏漏和差错，竭诚欢迎读者的批评指正。对在编辑过程中来自各方面的支持、配合，特别是撰稿人的密切协作，在此表示深切的谢意。

1988年3月20日

目 录

前 言 编辑说明

规 划

黄河干流龙~青段梯级开发规划概况·····	方润生 (1)
实行梯级流水作业, 加速黄河龙~刘段水电开发·····	石瑞芳 (11)
黄河龙~青段防洪工程经济效益的探讨·····	薛介大 (15)
西北地区大中型水电工程设计洪水计算总结·····	王永昌 (24)
黄河上游水电站泥沙问题初步总结·····	杨赉斐 吴孝仁 苏风玉 (39)
黄河上游梯级水库设计洪水地区组成·····	王锐琛 孙汉贤 熊炳燧 (50)
陕西省水力发电建设的展望·····	王宝基 (61)

地质勘探

龙羊峡水电站近坝库岸滑坡涌浪问题研究·····	庆祖荫 (73)
刘家峡水电站的坝址选择与工程地质勘察·····	黄元谋 (85)
刘家峡水电站大坝主要工程地质问题 ·····	李仲春 彭进夫 王勋全 朱红亮 卢源彬 (95)
黄河八盘峡水电站兴建中的几个工程地质问题·····	戴尚纯 (107)

大坝设计和施工

龙羊峡拱坝基础处理设计中两个问题的探讨·····	李 贇 赵炳祯 (115)
刘家峡水电站工程建设的若干经验·····	甘维义 (135)
刘家峡水电站大坝施工·····	董策华 (144)
盐锅峡水电站大坝设计·····	丁国强 (154)
大峡水电站初步设计中重点研究的几个问题·····	王信茂 张尚信 (164)
青铜峡水利枢纽工程的布置和设计·····	夏季华 (173)
石泉水电站拦河坝的设计·····	刘文端 (183)
石泉空腹重力坝坝体应力与扬压力观测资料的整理分析····· ·····	郭明合 何剑珩 (193)
石门拱坝的设计与施工·····	林景铭 (202)
碧口水电站的土石坝·····	王复来 (210)
碧口水电站土石坝壤土心墙孔隙压力的计算与观测·····	陈洪天 (219)
碧口水电站导流泄洪洞底板磨损破坏的修复·····	吕祖珩 (228)

碧口土石坝混凝土防渗墙应力状态分析·····	黄家然 李秦生 (232)
石头河土石坝的设计和施工·····	周子慎 (238)
论大型水电站的大型设备公路运输·····	王天雄 (251)

厂房和机电

龙羊峡水电站电气设计·····	张镜林 (258)
龙羊峡水电站地下安装间围岩稳定分析及其锚固处理·····	张庆堂 (268)
刘家峡水电站厂房设计·····	李必如 (279)
刘家峡水电站电气设计中的若干问题·····	李诗发 王书恒 (290)
刘家峡水电站金属蜗壳的设计与施工·····	干 城 (299)
刘家峡水电站金属结构设计和实践的若干问题·····	沈德民 (309)
碧口水电站厂房设计·····	魏彩章 (321)
碧口水电站调压井的设计与施工·····	杨欣先 (327)
碧口水电站导流洞闸门封孔中的几个问题·····	陆长生 (336)
用低阻抗保护作为母线后备保护的可能性探讨·····	田又涵 文陇秀 (342)
对改善水轮机稳定性的几点意见·····	田树棠 (355)

科 研

西北、华北联网工程的作用及其运行方式研究·····	万景文 (363)
从水、火电经济界限论西电东送·····	宋泽敏 (370)
水电站埋藏式钢管外压失稳的试验研究 ·····	谭一中 胡积龄 杨若琼 潘玉华 (375)
龙羊峡水电站压力钢管与混凝土联合作用试验研究 ·····	闰 力 李志能 傅金筑 (389)
刘家峡水电站泄水建筑物高速挑流的几个问题·····	严 振 (399)
刘家峡水电站通风设计及其实践·····	丁季芳 (410)
刘家峡水电站水力学问题试验研究 ·····	朱培林 黄种为 朱荣林 谢省宗 刘长庚 (422)

CONTENTS

PREFACE

EDITOR'S NOTES

PLANNING

- A summary of the cascade development planning of the Yellow River from Longyangxia to Qingtongxia.....Fang Runsheng (1)
- A proposal for cascade development on the Yellow River from Longyangxia to Liujiaxia.....Shi Ruifang (11)
- Some experiences in planning of flood control on the upper reaches of the Yellow River from Longyangxia to Qingtongxia.....Xue Jieda (15)
- A summary of design flood of middle and large hydropower projects in Northwest China Wang Yongchang (24)
- A preliminary report of sedimentation problems at hydropower stations on upper reaches of the Yellow River Yang Laifei, Wu Xiaoren, Su Fengyu (39)
- Regional composition of design flood in cascade reservoirs on the upper reaches of the Yellow River..... Wang Ruishen, Sun Hanxian, Xiong Bingxuan (50)
- The outlook of the hydroelectric development of Shaanxi Province..... Wang Baoji (61)

GEOLOGIC PROSPECTING

- Researches on landslide plunging surges in Longyangxia Reservoir Qing Zuyin (71)
- The alternative of the dam site and geological survey of engineering for the Liujiaxia Hydropower Station.....Huang Yuanmou (85)
- Main problems of engineering geology in Liujiaxia Hydropower Station Li Zhengcun, peng Jinfu, Wang Xunquan (95)
Zhu Hongliang, Lu Yuanbin
- Engineering geological Problems of Bapanxia Hydropower Project Dai Shangchun (107)

DAM DESIGN AND CONSTRUCTION

Study on two problems in foundation treatment design of Longyangxia Gravity-Arch Dam.....	Li Zan, Zhao Bingzhen (115)
Some experiences in construction of the Liujiaxia Hydroelectric Power Project.....	Gan Weiyi (135)
Construction of Liujiaxia Dam.....	Dong Cehua (144)
Dam design of Yanguoxia Hydroelectric Project.....	Ding Guoqiang (154)
Some important problems in preliminary design of Daxia Hydropower Project.....	Wang Xinmao, Zhang Shangxin (164)
The scheme of Qingtongxia Hydraulic Project.....	Xia Jihuan (173)
Design and construction of Shiquan Dam.....	Liu Wenduan (183)
Analysis of the monitoring data of stress and uplift for Shiquan hollow gravity dam.....	Guo Minghe, He Jianheng (193)
Design, construction and operation of the Shimen arch dam	Lin Jingming (202)
The earth and rockfill dam of Bikou Hydroelectric Project.....	Wang Fulai (210)
Computation and observation of pore pressure in the loam core of earth and rockfill dam at Bikou Hydropower Station.....	Chen Hongtian (219)
Rehabilitation of erosion damage in diversion tunnel floor of Bikou Hydropower Station.....	Lü Zuheng (228)
Stress analysis of the concrete cut-off in the earth and rockfill dam of Bikou Hydropower Project.....	Huang Jiaran, Li Qinsheng (232)
Design and construction of high earth and rockfill dam on the Stone River.....	Zhou Zishen (238)
On the highway transportation of large equipment for big hydropower stations.....	Wang Tianxiong (251)

POWER HOUSE AND ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT

Electrical design of the Longyangxia Hydropower Station.....	Zhang Jinglin (258)
Stability analysis and anchoring treatment of rock mass around underground erection bay of Longyangxia Hydropower Station	Zhang Qingtang (268)
Power house design of Liujiaxia Hydropower Station.....	Li Biru (279)

Some problems on electric engineering design of Liujiaxia Hydropower Station.....	Li Shifa, Wang Shuheng (290)
Design and construction of metal volute at Liujiaxia Hydropower Station	Gan Cheng (299)
Design of hydraulic gates for Lujiaxia Hgdropower Station	Shen Demin (309)
Design of machine hall of Bikou Hydropower Station	Wei Caizhang (321)
Design and construction of the surge shaft of the Bikou Hydropower Station.....	Yang Xinxian (327)
On blocking of diversion tunnel of the Bikou Hydropower Project	Lu Chonshen (336)
Research on possibility of low-impedance protection rely used as back-up protection rely of busbar	Tian Youhan, Wen Longxiou (342)
Views on improving the operational stability of water turbines	Tian Shutang (355)

SCIENTIFIC RESEARCH

Investigation of the roles and operating modes in the interconnection of Northwest and North China power systems.....	Wan Jingwen (363)
On power transmission from West to East China based on the economic margin line between hydropower and thermal power	Song Zemin (370)
Experimental studies on buckling of buried penstocks under external pressure in Liujiaxia Hydroelectric Station.....	Tan Yizhong, Hu Jiling, Yang Ruoqiong, Pan Yuhua (375)
Experimental studies on combination effect of penstock and reinforced concrete for Longyangxia Hgdropower Station.....	Yan Li, Li Zhineng, Fu Jinzhu (389)
Study on Liujiaxia's high velocity jet flow.....	Yan Zhen (399)
Design and operation of ventilation in Liujiaxia Hydropower Station	Ding Jifang (410)
Investigation of hydraulic problems of Liujiaxia Hydropower Station	Zhu peilin (422)

规 划

黄河干流龙~青段梯级开发

规 划 概 况

方 润 生

【提要】 黄河干流龙羊峡至青铜峡河段全长918km,水力资源理论蕴藏量为1133万kW。由于本河段水力资源集中,梯级开发条件好,投资少,效益大,堪称我国“水电富矿”,为国家重点开发的水电基地。

本文扼要介绍了河段的自然地理和社会经济状况,以及河段的水力资源和开发现状。着重叙述我院1982~1983年编制的“黄河干流龙羊峡至青铜峡河段梯级开发规划报告”中的指导思想和遵循原则,以及按上述原则调整后的河段规划和按15个梯级布置的开发方案。进而推荐了大峡、李家峡、小观音、大柳树(低)和拉西瓦为本规划的近期工程。最后指出了这次规划工作存在的问题。

黄河发源于青海省的巴颜喀拉山北麓,正源为卡日曲,流经青、川、甘、宁、蒙、陕、晋、豫、鲁等九省(区),于山东省垦利县汇入渤海,全长5464km,流域面积为75.24万km²。通常将全河分为三段,即河源至内蒙的河口镇为上游,河口镇至河南的花园口为中游,花园口至入海口为下游。黄河干流龙羊峡至青铜峡河段(以下简称龙~青段)为黄河上游的中下段。本河段先后通过青、甘、宁三省(区),全长918km,区间流域面积为14.36万km²,分别占全河的16.8%和19.1%。若包括龙羊峡水库,则全长为1023km,占全河长的18.7%。由于本河段水电梯级开发的自然条件和建设条件好,淹没损失小,技术经济指标优越,投资效果显著,故有我国“水电富矿”之誉,被列为国家重点开发的水电基地之一。

龙~青段位于我国西北高原,在东经98°57′~106°40′,北纬34°06′—38°18′之间。从青海的共和、贵南两县交界的龙羊峡进口起,到宁夏的青铜峡出口止,流经青、甘、宁三省(区)的17个县(市),穿行于龙羊峡、李家峡、公伯峡、刘家峡、黑山峡等17个峡谷和贵德川、甘循川、雁滩、什川、靖远川、卫宁盆地等13个川(滩)地,出青铜峡后进入银川平原。河段内有隆务河、大夏河、洮河、湟水、祖厉河、清水河等较大的支流汇入。

由于河段地处我国西北内陆,属高原大陆性气候,所以气温变化大,空气干燥,降水量较少,平均在250~300mm之间,蒸发量则达1500~2000mm。多年平均流量为650~1050m³/s,相应的多年平均径流量为205~330亿m³。因本河段上游的沼泽、湖泊有巨大的调蓄作用,故河段径流在年内、年际之间相对比较稳定,变差系数为0.23左右。洪水主要由降雨形成,其特点是涨落缓慢,历时长,周期性明显,较大的洪水多在七月和九月出现。龙羊峡以上集流区植被良好,河流含砂量少,龙羊峡坝址多年平均输砂量只有约2300万t,刘家峡以下集流区

属黄土高原,植被较差,水土流失逐渐严重,至青铜峡坝址天然多年平均输砂量已达2.36亿t。

本河段有明显的峡谷与川地相间的地形特点,峡谷内山势陡峻,河道狭窄,耕地稀少。川地地势较开阔,阶地发育,土层厚,肥力好,气候宜于农业。人口也比较密集,有藏、回、撒拉、土、东乡、汉等民族聚居,以从事农业耕种为主。青、甘两省1980年引黄灌溉面积分别为201万亩和329万亩,农(牧)业人口为283万和423万;宁夏1979年引黄灌溉面积376万亩,农业人口约300万。

河段附近主要城镇有西宁、兰州、银川和青铜峡等。西宁、兰州、银川既是青、甘、宁三省(区)的政治、经济、文化中心,又是西北冶金、化工、机械、轻纺等工业比较发达的新型工业城市。青、甘、宁三省(区)土地宽广,矿藏和资源比较丰富,交通运输也较发达。但总的看来,这里仍属地广人稀,自然地理条件较差,经济基础比较薄弱的地区,因此其国民经济的迅速发展受到了一定的限制。

龙~青段水力资源十分丰富。包括龙羊峡在内,集中的落差为1465m,单位河长集中的落差为1.43m/km。水力资源理论蕴藏量为1133万kW,年发电量992.5亿kW·h。

1954年,黄河规划委员会编制了“黄河综合利用规划技术经济报告”,并得到了第一届全国人民代表大会的审议和通过。在这个规划报告的指导下,不间断地对龙~青河段进行了有计划的开发、勘测、设计和工程施工。自1958年黄河上游第一批水利水电工程开工以来,已有刘家峡、盐锅峡、八盘峡和青铜峡四座水电站先后建成投产,总装机容量196.4万kW,年发电量97.2亿kW·h,总投资11.79亿元,平均每千瓦投资600元,每千瓦小时投资0.123元。到1985年底,累计发电量1219.2亿kW·h,产值79.25亿元,为四座水电站总投资的6.7倍。具有总库容为247亿m³和调节库容为193.5亿m³的龙羊峡水电站,目前正在加紧施工,其装机容量为128万kW,年发电量为60亿kW·h,预计第一台机组将于1987年发电。到目前为止,黄河上游已建和正建的水电站共五座,总装机容量324.4万kW。

继“黄河综合利用规划技术经济报告”之后,几个部属设计院根据变化了的情况,又陆续对龙~青段进行了多次查勘和规划工作,并提出了相应的查勘报告和河段规划报告。随着国民经济的迅速发展,水利电力部水利水电建设总局给我院下达了重新编制龙~青段规划的任务,要求提出以发电为主的梯级开发规划。我院遂于1983年编制了“黄河干流龙羊峡~青铜峡河段梯级开发规划报告”。

在编制过程中,我们详细研究了以往的资料,认真分析了本河段的特点和国民经济对其提出的综合利用要求,从而进一步明确了整个龙~青段的开发方针和各个河段的具体任务。目前国民经济部门对龙~青段开发要求首先是发电,以加快地区国民经济的发展和向华北、西南等邻区送电的步伐,进而为西北地区和全国的经济建设与发展做出贡献。同时还要兼顾灌溉、防洪、防凌、城市及工业给水、河口镇断面补水,以及航运、养殖、旅游等要求。因此,龙~青段的水力资源应尽早开发,各河段的开发任务应有所侧重。龙羊峡至刘家峡河段各梯级枢纽的任务应以发电为主,兼顾防洪、灌溉、给水;黑山峡河段则以发电、灌溉和反调节为主,兼顾防洪、防凌、给水和航运等要求。

从龙~青段的自然、经济、社会等情况,看水电开发的有利条件

(1) 得天独厚的自然条件,对整个河段的梯级布置和每个梯级的枢纽布置都十分有

利。

龙~青段各梯级间基本上相互衔接,使河段落差得到了比较充分的利用,河段水量稳定,径流变化相对较小,坝址地质条件好,河床覆盖层浅,坝址地形条件好,并且川地与峡谷相间,便于水工建筑物的布置和有利于获得较大库容。本河段梯级水库共可获得库容418.13亿 m^3 ,几座大水库(龙羊峡、刘家峡、小观音)的调节性能好,为多年调节或年调节,并且其地理位置分布理想,分别在河段的首、中、尾部,有效地控制着整个河段的水量,而大片灌区则在青铜峡以下。从大区的地理分布来看,龙~青段所在的西北地区,又与缺少调峰容量的华北及缺少调节库容的西南和华中地区相邻,对跨区联网十分有利。

(2) 有较好的建设条件,对工程施工十分有利。

河段内以兰州为中心有陇海、包兰、兰青等铁路干线,近的在坝址处通过,远的距坝址也只有百余公里,同时各坝址与省、县公路相通,对外交通相对方便,多数梯级工程都有开阔的施工场地,洪峰流量变幅小,大大降低了导流截流的难度,特别是龙羊峡电站投入运行后,基本上控制了龙~刘段的一般洪水流量,为其下游梯级的施工,提供了更加有利的条件。此外,本河段一般坝址附近都有比较充足的天然建筑材料,工程施工可以就地取材。

(3) 地区社会经济条件,对移民安置十分有利。

本河段通过的多为地广人稀的地区,除个别水库淹没土地和迁移人口的数量相对较多外,一般淹没损失都比较小,而且基本上不淹没城镇、工矿、交通、电讯等设施,移民安置问题较易解决。如拉西瓦水电站规划阶段装机容量为300万kW,仅淹没土地300亩,迁移人口150人。这在全国大型水电站工程建设地区是少见的。

以上这些有利条件,决定了这一河段的水电工程投资少,发电和其他综合效益大的特点,是全国其它地区的水电工程无法与之相比的。

经认真研究本河段水电开发的有利条件和历次的规划资料,对原规划作了一定的补充,最后确定了河段梯级开发方案。在历次规划中,尽管对本河段开发任务的认识基本上是一致的,但在规划指导思想上却不尽相同。1954年“黄河综合利用规划技术经济报告”对龙~青段确定为16级开发,总利用水头1203m,总装机容量1092.5万kW,总多年平均发电量为584亿kW·h。这16个梯级由上到下依次为:龙羊峡、拉西瓦、泥鳅山、松巴峡、李家峡、公伯峡、积石峡、寺沟峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、柴家峡、乌金峡、黑山峡、大柳树、青铜峡。这个梯级开发方案的指导思想侧重考虑了充分利用水头、尽量开发水力资源以及梯级相连,尽量考虑高坝大库的问题。当时对淹没问题没有足够的认识和作比较深入的研究。本次规划与1954年规划主要指标对比情况,如表1所列。

60年代以后,几个原部属设计院在对本河段的规划中,逐步认识到了减少淹没保留沿黄川地的重要性。但也产生过另外一种倾向,把减少淹没良田强调到不适当的地步。比如1966年的一次规划查勘报告的指导思想,就是一概不修建大库,把梯级划分的较多,仅青海境内的龙羊峡至寺沟峡河段就划分为龙羊峡、曲乃亥、拉西瓦、左拉、松巴峡、李家峡、林卜赫、占卜户、积石峡、寺沟峡等10个梯级。

本次规划,我们考虑了国民经济发展的整体与局部、工业与农业、上游与下游、近期与远景、需要与可能等各方面的关系,按照综合利用的原则合理而又充分地利用水力资源,并适当考虑西北与华北、西南联网的前景,从技术上可能、经济上合理的实际情况出发,因地制宜地

制宜地拟定梯级开发方案。具体原则是：充分利用水头，尽量使梯级衔接；争取多获得库容，充分调节水量；少淹没川地，控制和减少淹没损失。因此，避免淹没贵德川、水地川、甘循川、丹阳川、兰州诸川地以及靖远川等川地，所以这些河段也就未进行梯级布置。而对有些河段

表1

本次规划与1954年规划方案主要指标表

项 目	本次规划	1954年规划	备 注
梯级数 (个)	15	16	淹没耕地与迁移人口为 相应于规划报告中当时 采用的数字
总库容 (亿 m^3)	418.13	约463	
利用最大水头 (m)	1073	1203	
装机容量 (万kW)	1246.4	1092.5	
保证出力 (万kW)	456	537.6	
年发电量 (亿 $kW \cdot h$)	500.6	584.0	
淹没耕地 (亩)	341093		
迁移人口 (人)	184323	209900	

的梯级布置则做了适当的调整：龙羊峡峡谷的拉西瓦坝址情况好，具有修高坝的条件，淹没损失少，高坝一级开发可以减少勘探和施工交通的困难，而动能指标与曲乃亥、拉西瓦二级开发基本一致，故初步按一级开发考虑。左拉（泥鳅山）坝址在龙羊峡峡谷出口，坝址地形开阔，地质条件差，集中的落差仅6~8m，因而这一梯级暂予取消。贵德~李家峡河段过去几次规划均建议松巴峡与李家峡二级开发，由于松巴峡坝址地质构造复杂，坝址上游百余米及库区内有一系列滑坡体，而且从技术经济和施工、运行可靠性以及加快水电开发等方面分析，一级开发均比二级开发有利，所以确定为一级开发。刘家峡~靖远河段，1954年“黄河综合利用规划技术经济报告”拟按刘家峡、盐锅峡、八盘峡、柴家峡、乌金峡五级开发。刘家峡~兰州河段的刘、盐、八三座水电站早已建成发电。柴家峡因峡谷短、落差小（约15m），其上游有重要企业和新城川地，同时还有兰新、兰青铁路通过，不宜淹没，故对这一梯级本规划报告中未予考虑。乌金峡高坝开发，将大量淹没兰州的川地，为了不淹或少淹兰州的雁滩、什川和条城川，兰州~靖远河段由乌金峡高坝一级开发改为小峡、大峡、乌金峡三级开发。至于黑山峡河段的开发方案问题，是大柳树一级开发，还是小观音、大柳树二级开发，自1958年以来，长期争议，未得定论，尚有待国家进一步审查确定。但我院经过了全面技术经济分析论证后，仍认为以多次规划推荐的小观音、大柳树（低）二级开发有利，因而本规划报告暂按二级开发考虑。

总之，经过多次查勘和修改规划工作，龙~青段梯级布置明确，而且开发方案也已基本定局，确定按15个梯级开发，依次为龙羊峡、拉西瓦、李家峡、公伯峡、积石峡、寺沟峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、小峡、大峡、乌金峡、小观音、大柳树（低）和青铜峡。龙~青段梯级水电站位置示意如图1所示，梯级开发方案纵剖面如图2所示。尚未进行梯级布置并确定开发方案的河段，将随着国民经济发展的需要予以补充。整个河段共利用最大水头1073m，获得总库容418.13亿 m^3 ，可能开发的保证出力456万kW，装机容量1246.4万kW，年发电量500.6亿 $kW \cdot h$ 。龙~青段梯级水电站简要技术经济特性指标如表2所列。

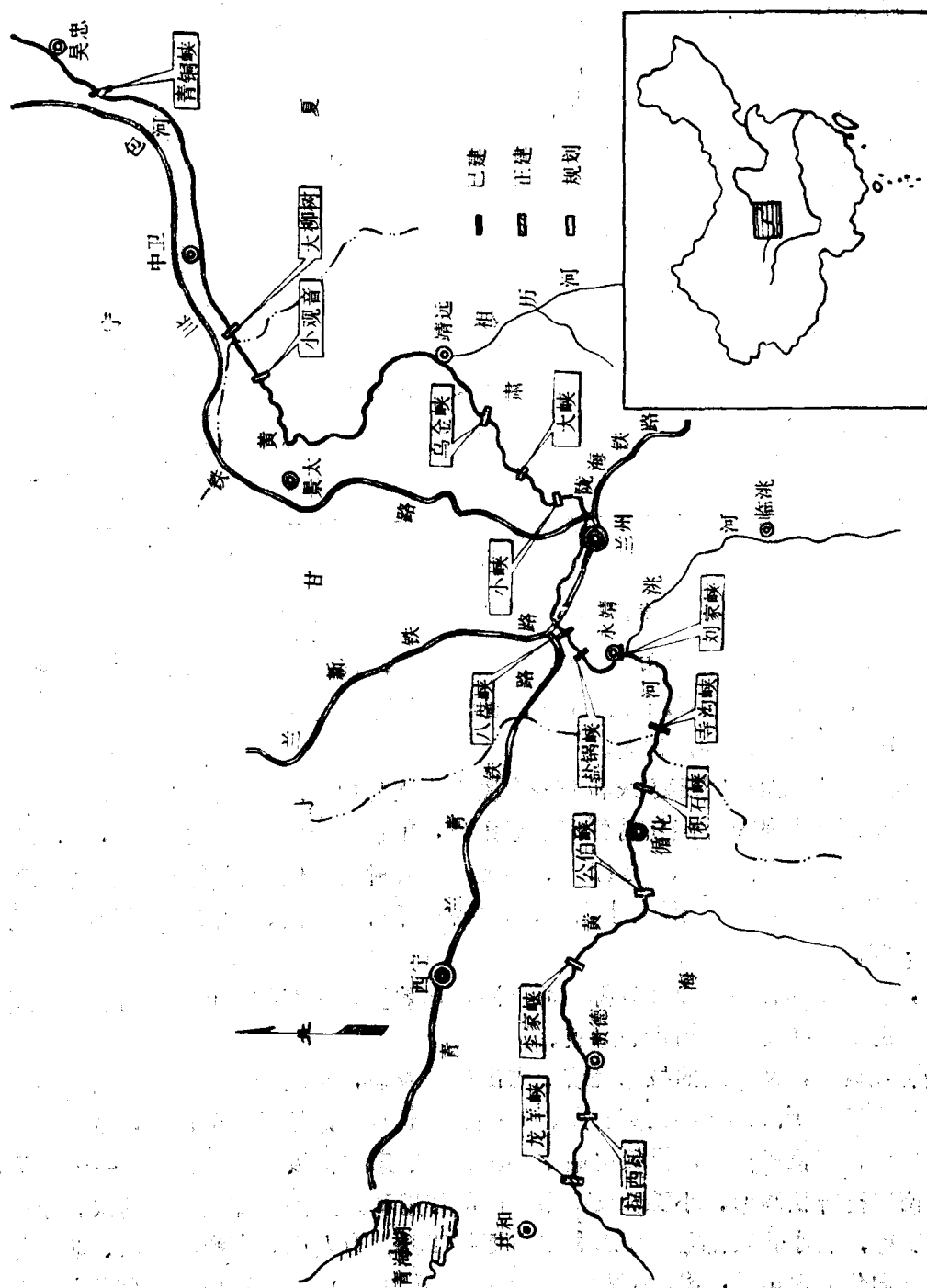


图1 黄河干流龙~青段梯级水电站位置示意图

从表2中不难看出, 龙~青段已建成和规划的水电站有以下明显的特点: 即工程量小, 淹没少, 投资省、效益大。另外已建成的主要水电站的工期短。如果把龙~青段作为水电基地, 按流水作业进行集中的梯级连续开发, 那么必将大大缩短工期, 降低造价。这样, 就更能显示黄河上游水电的优势。

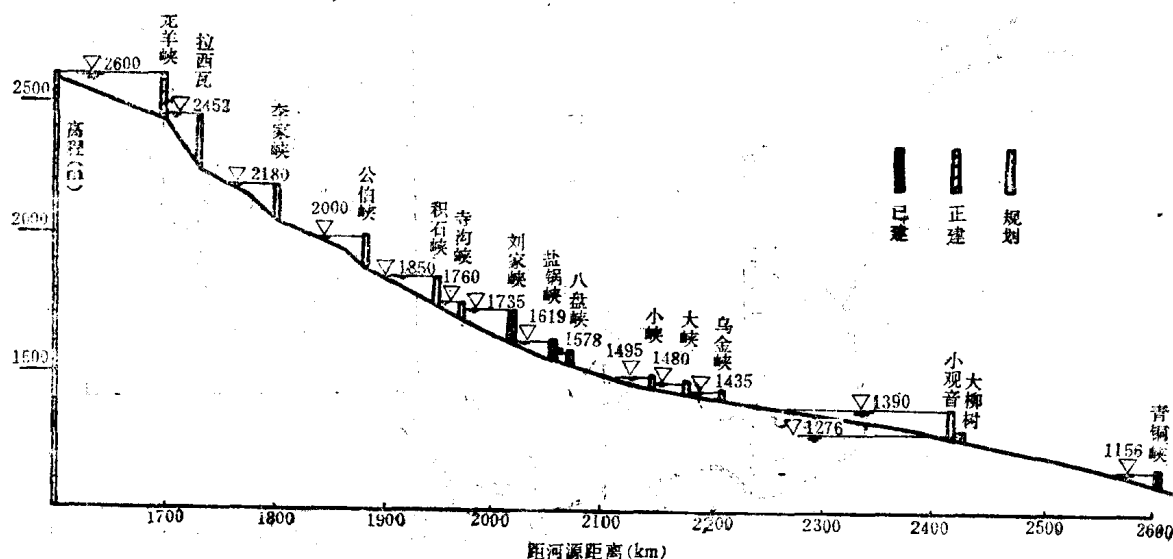


图2 黄河干流龙~青段梯级开发方案纵剖面图

龙~青段除了前述的已建和正建的5座水电站外, 尚待开发的水电站还有10座, 总装机容量922万kW, 年发电量343.4亿kW·h, 规划阶段计算投资111.86亿元, 平均每千瓦投资1213元, 每千瓦小时投资0.326元。

根据地区国民经济发展要求和龙~青段水电规划向华北、西南等地送电的需要, 同时考虑河段各梯级工程的技术经济特性和建设条件, 前期工作安排和工作深度, 以及施工力量的部署等情况, 提出了大峡、李家峡、小观音、大柳树(低)和拉西瓦为近期工程。建议河段开发程序为: 大峡、李家峡、小观音、大柳树(低)、拉西瓦、公伯峡、积石峡、寺沟峡、小峡、乌金峡。

此外, 报告中还提出了充分发挥黄河上游水电效益, 从而扩大联网进行径流电力补偿, 以及灌溉、防洪、防凌等规划设想意见。

应当补充说明, 从单纯的技术经济观点出发来考虑, 小观音比李家峡较为优越。因为小观音水库是本河段下游的一座大型水库, 对发电、灌溉有良好的反调节作用, 从而可增加整个梯级保证出力。据粗略估算, 梯级电站中小观音比李家峡梯级保证出力多8~10万kW, 如实现跨区联网进行补偿调节, 小观音反调节水库的作用和效益就更加显著; 其次, 李家峡是一座纯发电工程, 而小观音则是一座水利水电枢纽工程, 有发电、灌溉、防洪、防凌等综合效益; 再次, 向华北送电的距离, 小观音比李家峡约近300km。不足的是, 小观音水库移民比李家峡多27倍, 安置问题比较复杂; 尤其是这一河段的开发方案的论证远远超出了技术经济范畴, 致使开发方案得不出肯定的结论。因而近期工程的安排以李家峡为先, 并将其作为继龙羊峡之后的下一个开工项目来考虑。

这次编制的“黄河干流龙羊峡~青铜峡河段梯级开发规划报告”，着重进行了水力发电梯级开发的论证工作，由于受时间、人力以及技术和政策水平的限制，还存在一些问题，比如，龙羊峡谷河段的开发方案，本阶段没有很好的进行研究，对黑山峡河段目前仍在做补充论证工作，各梯级规划尚需进行详细的经济分析和比较，近期工程选择和梯级开发程序安排尚需进一步深入论证，拟采用系统工程方法确定梯级开发方案（规模）和开发程序，此外，对刘家峡以下多沙河段的泥沙问题处理及措施研究的也不够，等等，都有待于今后补充修正。

附 记

规划报告提出以后，近年来我院对龙~青段梯级陆续开展了选坝、可行性研究、初步和发包等不同阶段的设计工作。由于设计水平年和供电范围的变化，不少梯级水电站的装机规模都有所增大。如李家峡初步设计审定装机容量为200万kW，拉西瓦可行性研究阶段确定的装机容量为372万kW等。因而，目前龙~青段梯级总装机容量比规划报告中的数字略有增大。