

从南丫河三级水电站竣工验收 看剩余梯级的开发利用

杨渭汶

(水电部成都勘测设计院)

西南电业管理局受水利电力部委托，会同四川省建委及水利水电建设总局等有关单位，于1986年4月24~25日在石棉工地，对南丫河三级水电站进行了竣工验收。三级水电站是引水式，经约8公里的引水隧洞及压力钢管，利用毛水头293米，发电引用流量 $54\text{米}^3/\text{秒}$ ，装机三台共12万千瓦，设计年发电量6.50亿度（单独运行，未考虑上游龙头水库的调蓄作用）。三台机组分别于1983年底投产，截至1985年底的二年多一些时间内，共计发电14.53亿度，其中1985年度发电6.59亿度，超过了设计年发电量。这个事实说明，除该年水情偏丰和电厂精心运行以外，同时也说明水工建筑物及机电设备的设计及施工都是比较好的，故验收委员会认为：“施工符合设计要求，施工质量综合评定为良好”。

“施工质量综合评定为良好”。

三级水电站竣工决算，包括后期基建贷款利息115.9万元在内，总投资为2.10亿元。如不包括后期贷款利息，总投资为2.09亿元，单位千瓦投资1740元。总造价为1.84亿元，单位千瓦造价1533元。

在这以前，二级水电站装机1.45万千瓦，设计年发电量1.09亿度，运行21年以来，情况一直正常。

南丫河梯级各水电站(图1)都属中型水电站，一般投资较少，见效快，在四川省长期比较严重缺电的情况下，剩余梯级尚不能连续开发，是很值得探讨的。现在趁三级水电站竣工验收的机会，就梯级水电站初步规划概况、可能效益、技术上的可靠程度及远景跨流域引水以扩大梯级调蓄能力等方面，探讨如下。

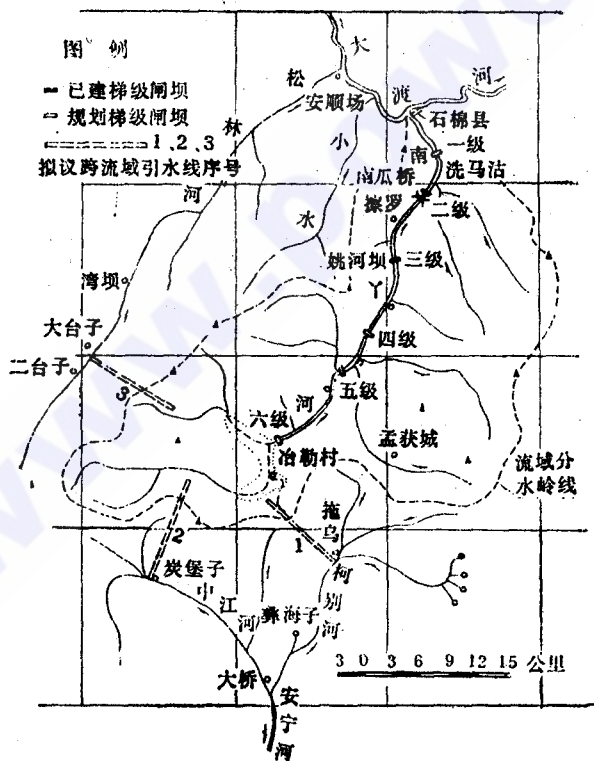


图1 南丫河梯级电站位置示意图

一、梯级水电站初步规划概况

南丫河是大渡河中游右岸的一条支流，在石棉县城注入大渡河。流域面积 1200 公里²，河口多年平均流量 51.9 米³/秒，干流从冶勒到河口长约 50 公里，天然落差达 1700 米。河道比降除靠近河口长约 10 公里一段比较平缓外，一般比降达 30 ‰左右，其中冶勒到栗子坪段的比降有高达 60 ‰左右的。

全河于 1958、1970 年两次提出开发意见，1972~1973 年对龙头水库冶勒，进行过规划阶段的库区、水工建筑物区的地形测绘、地质勘探、建材试验及地震调访。之后又对干流其他梯级组织过多次复勘，并于 1983 年提出《南丫河梯级开发研究情况报告》。报告认为：“南丫河干流宜在上游冶勒附近修建调节水库，然后分数级引水发电”。这个原则无疑是正确的。至于梯级布置，先后提出过一库八级、一库七级及二库六级等开发方案。今暂以二库六级为代表，其梯级平面布置、梯级纵剖面 and 梯级水电站主要技术经济指标见图 2、表 1。

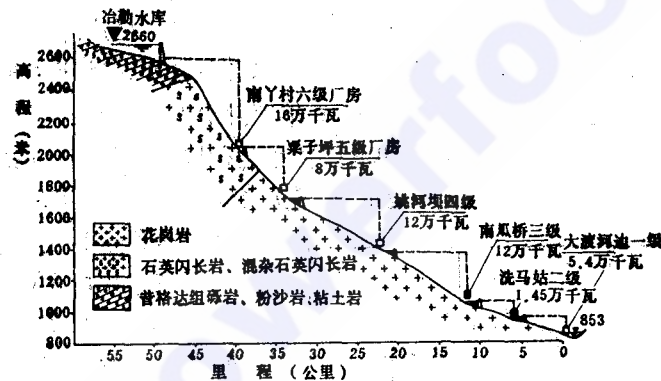


图 2 南丫河梯级开发纵剖面图

表 1 南丫河梯级水电站主要动能指标

项 目	单 位	一 级	二 级	三 级	四 级	五 级	六 级	合 计
勘测设计阶段		查勘	1965年发电	1983年发电	查勘	查勘	规划	
工程总投资	亿元	0.90	0.22	2.09	2.10	1.50	3.00	
坝址处流域面积	公里 ²	1169	952	876	765	395	323	
坝址多年平均流量	米 ³ /秒	50.6	41.2	37.9	33.1	17.1	14.0	
水库正常蓄水位	米	961	1058.5	1369.5	1720	2030	2660	
厂房处尾水位	米	853	966.4	1076.5	1400	1740	2030	
电站毛水头	米	108	92	293	320	290	630	1733
水库总库容	亿米 ³	很小	很小	很小	0.012	接尾水	3.60	
水库调节库容	亿米 ³	—	—	—	0.010	—	3.39	
水库调节性能		无	无	无	日	无	多年	
最大发电引用流量	米 ³ /秒	67	20/55	54	50	31	30	
电站装机容量	万千瓦	5.4	1.45/4	12.0	12.0	8.0	16.0	57.4
枯水期补偿出力	万千瓦	3.1	1.0/2.6	3.0/8.0	8.0	7.0	14.8	43.5
多年平均发电量	亿度	3.5	1.09/2.6	6.5/7.5	7.5	3.3	6.5	30.9
最大闸坝高度	米	20	15.5	21	32	—	120	
明渠、沉沙池长度	米	500	3337	407	1300	4000	—	
引水隧洞长度	米	5300	902	7016	7100	1200	8040	

注：二、三级电站多年平均发电量中，分子为单独运行时指标，分母为梯级联合运行时指标。

二、梯级水电站的动能效益

南丫河梯级主要是发电，规划中的龙头水库，当壅水高 102~105 米时，最大坝高约 120 米，总库容 3.60 亿米³，调节库容 3.39 亿米³，有多年调节性能，而淹没损失很少。六个梯级共利用毛水头 1733 米，装机共约 57.4 万千瓦，当补偿调节为六个月时，保证出力 43.5 万千瓦，年发电量约 30.9 亿度，其效益之高超过国内已建七条中型河流的梯级水电站，其主要动能指标详见表 2。

表 2 已建中型梯级水电站（代表性的）主要动能指标

河流梯级	流域面积 (公里 ²)	多年平均 流量 (米 ³ /秒)	梯级 数 (个)	利用落差 (米)	梯级总 装机 万千瓦	年发电量 (亿度)	龙头水库 总库容 (亿米 ³)	龙头水库 有效库容 (亿米 ³)	补偿或保 证出力 (万千瓦)	平均年利 用小时 (小时)
东北：浑江梯级	14,776	187	3/5	125	45.55	11.81	35.3	8.2	7.58	≈2590
福建：古田溪梯级	1,799	49.8	4	360	25.9	10.62	6.55	5.47	10.85	≈4100
云南：以礼河梯级	2,558	38.7	4	1,413	32.15	16	5.53	4.72	15.56	≈5000
云南：西洱河梯级	2,620	30.5	4	602	25.5	11.05	31.6	10.80	11.0	≈4330
贵州：猫跳河梯级	3,113	49.0	6	385	23.9	9.18	6.42	4.42	6.2	≈3840
四川：龙溪河梯级	3,280	54.0	4	180	10.45	5.1	10.27	7.48	3.8	≈4880
四川：渔子溪梯级	1,674	58.8	2	621	32.00	16.73	0.007	0.003	9.6	≈5230
四川：南丫河梯级	1,200	51.9 引用流量 米 ³ /秒	6~7	1,730	57.4	30.9	3.60	3.39	43.5	≈5380
瑞士：大迪克逊斯梯级	357	45	3	1880	81	19.4	4.00	≈3.8±		≈2400
瑞士：莫瓦桑梯级	188	34.5	3	1855	38	8.35	1.80	≈1.7±		≈2400

南丫河流域面积虽然不大，但源于雪山、冰峰，融雪水补给丰富，冶勒附近年降雨量又达 1600~2000 毫米，再加上落差特别大，所以动能效益十分显著。与国外高水头梯级相比，例如瑞士的大迪克逊斯梯级（二个梯级三个电站），莫瓦桑梯级（三个梯级三个电站）并不逊色。如果我们结合梯级补偿，装机尚可能有较大的提高。

三、从技术可靠性上分析

1. 梯级特别是龙头水库的地震烈度与地质构造

根据七十年代的地质测绘，著名的安宁河大断裂位于冶勒坝址下游约 4 公里，只有在地震对大坝的影响问题上落实后，勘测设计及以后的建设工作才能放心进行。从已有资料分析，二级电站经地震部门正式鉴定，其基本烈度为 7 度（1963 年），三级电站基本烈度经鉴定为 8 度（1974 年）。剩余梯级电站的基本烈度，根据四川省地震局从公元前 116 年到 1976 年的地震资料，认为强震震中均在南丫河流域以外，对本流域均属影响带，其中多数为 8 度，少数为 7 度。进入七十年代以来，四川西部地震曾一度活跃，例如：

1973.2.6. 炉霍 7.9 级地震；

- 1974.5.11. 永善、雷波 7.1 级地震；
- 1976.8.16. 松潘 7.2 级地震；
- 1976.8.23. 平武 7.2 级地震；
- 1976.11.7. 盐源 6.9 级地震；
- 1976.12.23. 盐源 6.8 级地震；
- 1981.1.24. 道孚 6.9 级地震。

震中距本流域均在 200 公里以上，影响当时在建的三级水电站，一般为 5~6 度，不超过 7 度。因此剩余梯级的基本烈度为 8 度，其中重要建筑物如冶勒大坝等设防烈度提高到 9 度，是有一定根据的。

2. 龙头水库——冶勒大坝

目前规划最大坝高不超过 120 米，基础为成岩不久的砾岩，夹粉砂岩及粘土岩，岩层倾向上游。结合当地建材及气象条件，计划采用堆石坝。当地适合堆石坝用的石料非常丰富，但防渗材料只有土夹小石的混合料可以考虑。由于工地雨天及降雪天数较多，采用钢筋混凝土面板的堆石坝可能比较合适。国外面板堆石坝建成的高度已达到 160 米，在建的十多座，其最大坝高已达到 200 米。国内正在勘测设计的天生桥一级及潘口均采用面板堆石坝，其最大坝高分别达 180 及 123 米。为了尽快取得这类坝型的实践经验，计划在长江支流黄柏河上的西北口面板堆石坝进行试点，其最大坝高为 95 米。据此，在冶勒兴建钢筋混凝土面板堆石坝，不会有多大困难。至于堆石坝抗震稳定，可以适当放缓上下游坝坡，亦可考虑分层埋设水平拉筋来加固。

3. 其他重要建筑物如明渠、露天钢管或地面厂房等

鉴于剩下梯级的引用流量均比较小，为了获得抗地震上的安全性，引水系统尽可能采用埋藏式。在不得已需要采用地面式时，可参考已投产的二、三级水电站建设实践。例如：

二级水电站前池位于南丫河大断裂的上盘，上面有高约 80 米的高边坡。前池本身又位于近 80 米的高边坡上，其露天钢管的一个镇墩位于松散的砂卵、块石层上，其下部又在南丫河大断裂边缘。地面厂房亦位于大断裂边缘，基础的一角是破碎基岩，其余三角为深度不同的砂卵、漂石并夹有透镜状的砂层，变形模量相差均在 5 倍以上。这些建筑物已经过 21 年的运行，并经受了七十年代频繁地震的考验，情况一直正常。

三级水电站沉砂池、隧洞进口及调压井，均有高约 80 米的高边坡。特别是首部枢纽的小冲砂闸，沿水流方向大约宽度的一半为花岗岩，一半为砂卵石，变模相差达 100 倍，经过适当的处理，建成已经 9 年，蓄水运行亦已四年，情况都是正常的。

二、三级水电站在本流域梯级开发上已走在前面，实践证明是成功的。至于它在建设或运行中暴露的缺点，可再进一步总结提高，对剩余梯级水电站的开发，必然是有助益的。

4. 剩下梯级水电站的工期，会不会像三级水电站那么长

三级水电站从 1971 年 9 月开始施工准备，到 1983 年底三台机组全部投产，共经历了 12 年时间，这是事实。但具体情况要具体分析。三级电站施工是在“三边”情况下进行的，施工准备及施工的前六年，正值“四人帮”严重干扰，每年投资只有一千万元

左右,这是工期拖长的主要原因。从勘测设计上检查,整个引水系统必要的重型勘探没有做,地质资料是从隧洞开挖过程中逐步取得的。由于前期工作没有做够,调压井位置中途被迫改变,是影响施工安排的另一个原因。加上隧洞开挖中,支撑有的没有及时跟上,或虽然有支撑但撑得不紧,造成较大的塌方16~17处,处理塌方拖延了一定时间。此外超挖控制不严,使其后混凝土衬砌工程量有较大幅度的增加。以上这些教训是值得今后认真吸取的。

三级水电站工期拖的较长,不是固有规律。只要严格按照现在国家规定的基本建设程序,并在地下工程中采用新奥法设计、施工,减少投资、缩短工期的潜力是很大的。如果梯级连续开发,事先做好施工准备,剩余的几个水电站,每4~5年建成一个是有可能的。

四、远景跨流域引水以扩大调蓄能力

冶勒水库流域面积323公里²,多年平均流量14米³/秒,年径流4.41亿米³。现在规划的有效库容3.39亿米³,相应库容系数约77%,在国内来说这已是较高的数值。其下游梯级水电站共可利用水头1733米,并且冶勒水库淹没很少,都是它突出的优点。为了进一步扩大冶勒水库的调蓄效益,还可以考虑跨流域引水(如跨流域引水水量较大,正常蓄水位以上每增加1米,可增加库容约0.1亿米³的有利条件,适当增加其坝高)。

跨流域引水在西欧水电发达国家,在五十年代就开始采用。先是跨流域自流引水,六十年代发展到跨流域自流引水与水泵提水相结合,以扩大引水来源。例如瑞士南部大逃克斯斯坝,其跨流域引水隧洞总长达105公里,总集水面积357公里²,多年平均引水量4.20亿米³,其中自流2.15亿米³,水泵抽水2.05亿米³,龙头水库的总库容为4.0亿米³,系统内两个梯级、三个电站,利用总水头1883米。跨流域引水中有水泵站四座,水泵共14台,总容量19.27万千瓦,合计抽水能力49.5米³/秒,每年耗电约2.7亿度。是一高水头梯级电站开发中,充分发挥高水头优势来换取补偿出力的一个成功实例。

结合冶勒水库的具体条件,跨流域引水可能考虑的引水点及引水线路有:南面安宁河上游东源有拖乌,西源有炭堡子,西面松林河有大台子共三处(图1)。将来结合水文、地质条件及工程的难易选择其一。三处跨流域引水的主要指标见表3。

表3 跨流域引水线主要指标

方案	取水地点	取水点处集水面积 (公里 ²)	引水隧洞长度 (公里)
1	拖乌(安宁河东源阳洛沟口)	120±	10±
2	炭堡子(西源中江河上游)	80~90	12±
3	大台子(松林河湾坝上游)	120~150	12~15±

跨流域引水只限于汛期4~5个月,引用流量不会超过20米³/秒,因此隧洞开挖尺寸较小。上述方案都需要用水泵提水,其扬程约400~500米,但南丫河梯级水电站水

头 1733 米, 以汛期次等电力提水, 可换取枯水期的补偿出力。这样的开发方式, 占用土地少, 工程量相对较小。当然越岭长隧洞施工目前还有困难, 但对四川省人多地少的情况来说, 是值得比较的, 建议在规划上作进一步的论证。

综上所述, 南丫河梯级电站的全部开发, 关键在龙头水库的冶勒大坝, 而冶勒大坝的关键又是地震烈度。根据四川省地震局 1986 年初步意见认为: “基本烈度为 8 度”。这样为冶勒大坝的建设, 带来了更加有利条件。

南丫河梯级是我国中型河流梯级开发的富矿, 为此希望:

1. 目前正在进行的冶勒水库开发性研究(大致相当可行性研究), 在 1986 年底完成以后, 请上级尽快审查, 在批准以后继续进行初步设计以外, 建议“七五”后三年内尽早列入国家建设计划, 争取提前开始施工准备。至于主体工程的施工, 当在初步设计正式审批以后, 这样有可能争取到两年左右的时间。

2. 全流域梯级究竟最终规划为: 一库八级、一库七级或二库六级, 应继续研究。

3. 过去二、三级水电站的施工队伍, 已经二进二出, 希望今后剩余梯级的开发, 能一气呵成。

铜街子水电站截流成功

大渡河铜街子水电站是我国能源建设重点项目之一, 装机 60 万千瓦。是以发电为主、兼顾漂木、灌溉和改善通航条件等综合利用的水利枢纽。经过半年准备在一期工程完建时, 于 1986 年 11 月 11 日主河道提前 19 天截流成功。

本工程利用上游围堰的下游侧排水堆石体作为截流进占戽堤。戽堤总长 160 米, 预进占段和龙口段各长 80 米, 顶宽 22 米。龙口位置设在河床左岸, 自右向左采用单戽堤单向立堵法截流。针对河床覆盖层深、纵向坡度大和上游龚咀水电站调峰运行增大了河道枯水期瞬时流量等特点, 拟定三个截流措施: (一) 龙口护底; (二) 先明渠分流, 再戽堤进占; (三) 合龙阶段, 利用龚咀水库调蓄限流。计划于 11 月 29 日开始, 48 小时内龙口断流。

龙口护底采用船抛铅丝石笼, 于 10 月中旬完成。为提高明渠分流能力, 11 月上旬, 对进口纵向围堰拆除的余渣进行了疏浚。

11 月 1 至 2 日及 9 至 10 日, 戽堤两次预进占情况良好。日抛投强度达 23,000 米³以上。11 月 10 日完成了全部预进占, 形成宽 80 米的龙口。11 月 11 日凌晨 2 点 30 分开始截流, 当时河道流量大于 1000 米³/秒。

戽堤进占上挑角领先, 端坡在平面上呈斜线或马鞍形。合龙过程中, 除采用一般块石和石渣外, 并备有混凝土四面体、五面体、扭 Z 字体。扭丁字体、杓槎体以及特大块大、石串和铅丝石笼等多种特殊料物, 根据龙口水力特性变化相机组合, 及时抛投。同时还分别对龙口和明渠进行测流。

在戽堤进占同时, 上游围堰防渗墙施工平台的堆筑亦紧随跟进, 特别是围堰上游防冲堆石体的进占, 对龙口起到了有利的排流作用。戽堤合龙前, 下游围堰已先期进占, 仅预留 120 米宽过水口门, 以便形成对截流龙口有利的影响。

(下转第 21 页)