

机 密
編 号 137

川西滇北地区
綜合考察专题研究报告集
(二)

中国科学院西部地区南水北調綜合考察队

1962 年 12 月

· 机密 ·

川西滇北地区
綜合考察专题研究报告集
(二)

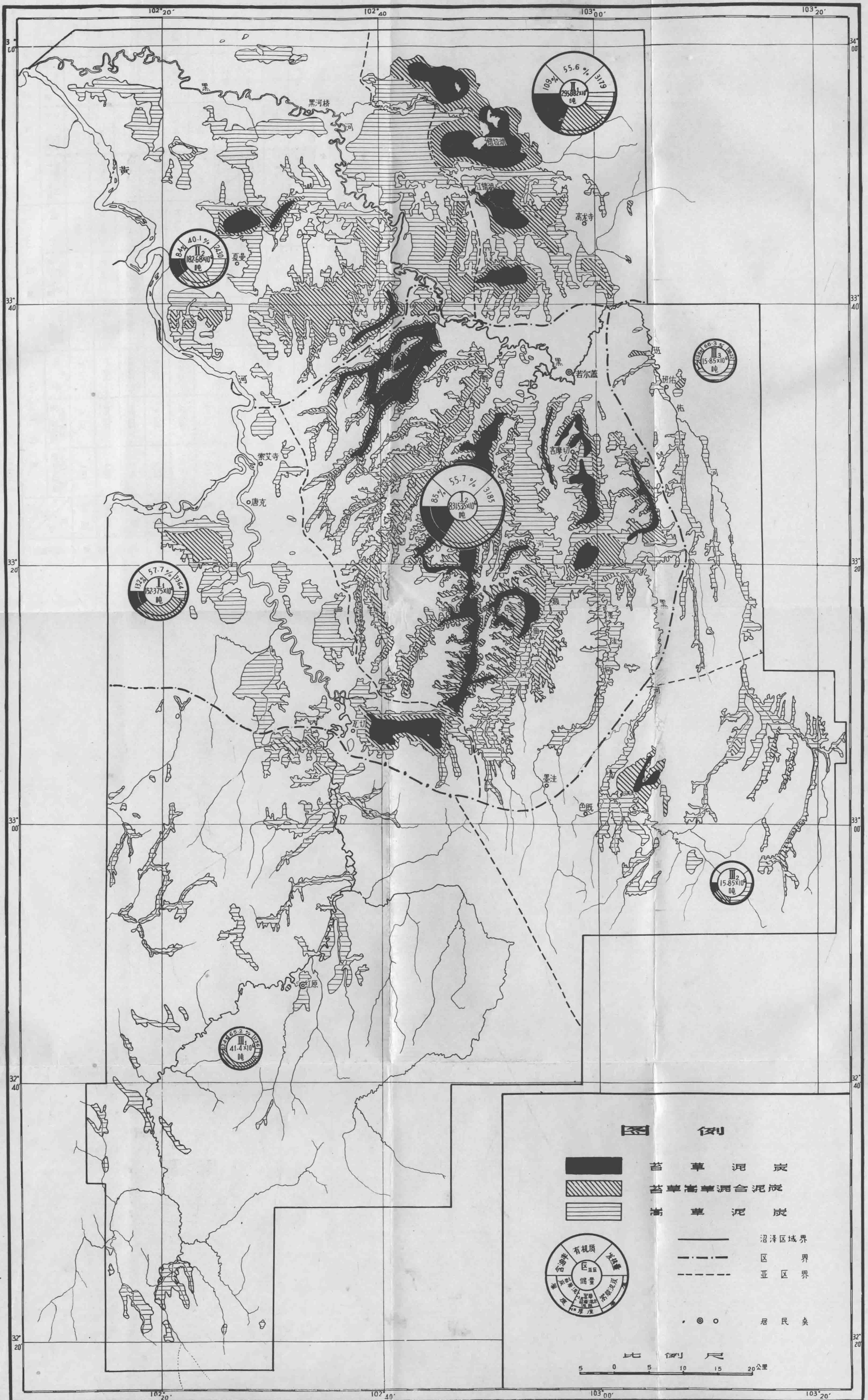
中国科学院西部地区南水北調綜合考察队

1962年12月

編輯組

郭敬輝 谷德振 孫新民 羅來興 趙鋒
程鴻 鄧暖臨 姜恕 李凱明

若尔盖沼泽区泥炭资源分区图



目 录

川滇接壤地区水利资源的综合利用与金沙江(石鼓以下河段)的梯级开发.....	1
---------------------------------------	---

- 一、地区基本情况
- 二、水利资源及其开发条件
- 三、水利资源的综合利用意见
- 四、金沙江的梯级开发意见
- 五、金沙江梯级首期开发对象的意见

川西滇北地区南水北调爆破筑坝工程地质条件.....	15
---------------------------	----

- 一、我国爆破筑坝的工程地质条件
- 二、西南地区地震堆石坝的形成与稳定条件
- 三、南水北调地区的爆破筑坝工程地质条件
- 四、典型坝爆破筑坝工程地质评价
- 五、南水北调爆破筑坝的几个问题

我国西部地区南水北调引水河綫工程地质条件.....	29
---------------------------	----

- 一、引水地区和引水河綫概况
- 二、引水河綫主要建筑物工程地质条件及其比较评价
- 三、工程地质问题和今后研究意见

川滇接壤地区的地震活动性及地震烈度区域划分.....	43
----------------------------	----

川西北地区地震活动与地震烈度分区.....	59
-----------------------	----

甘孜阿坝地区动力资源特点及电力工业发展方向.....	71
----------------------------	----

- 一、动力资源及其开发利用条件
- 二、电力工业现状及电能利用方向
- 三、电力工业建设的若干问题

若尔盖沼泽区泥炭资源及其评价.....	87
---------------------	----

- 一、本区泥炭形成的自然因素
- 二、泥炭资源
- 三、泥炭资源的评价

川滇接壤地区水利资源的综合利用与金沙江(石鼓以下河段)的梯级开发

一、地区基本情况

川滇接壤地区位于我国著名的横断山区的南部,其地理位置处北纬 25° — 29° 及东经 98° — 104° 之间;包括四川省的西昌专区和凉山彝族自治州,云南省的丽江专区(包括迪庆藏族自治州和怒江傈僳族自治州)、大理白族自治州及楚雄彝族自治州。土地总面积约19万平方公里;人口共约690万人,密度平均每平方公里约36人。

区内河流在50条以上,分属金沙江、澜沧江及怒江三大水系。金沙江水系在本区集水面积达216200平方公里,占全区的82%以上,主要支流有水洛河、雅砻江、龙川江、普渡河及雅砻江的支流理塘河、安宁河等;怒江水系集水面积12,360平方公里,占全区的4.8%,其支流均较短促细小;澜沧江水系集水面积33,754平方公里,占全区的13.2%,主要支流有漾濞江、沘江等。主要河流都来自康藏高原,流域面积广阔,水量亦很丰富。

区内地形极为复杂,最基本的特征是山高谷深,盆地散布,地势相对起伏很大。自西向东有高黎贡山、怒山、云岭、绵绵山、牦牛山——磨盘山、小相岭——罗吉山(鲁南山)、大凉山——黄茅岭等,山岭高者可达海拔4,000—4,500米以上,低者亦在3,000米左右,诸大河流除安宁河中上游为宽谷外,其他都为深切峡谷,割切深度大都在1,000—1,500米,甚至可达2,000米以上,河床大致变化在海拔600—1,800米之间,山地间夹有许多断陷盆地与宽谷,其中主要的在西部有中甸、丽江、剑川、大理、永胜等盆地和宁蒗、宾川等谷地,东部有盐源、会理、会东、姚安、楚雄等盆地及安宁河谷地。这些盆地和谷地的高度,低者海拔为1,500—1,600米,高者达3,300—3,400米,其中1,500—2,600米间的盆地和谷地,是区内耕地集中、人口密聚、交通比较方便的地区,也是本区经济活动的中心。此外在区内南部的盐丰、永仁、牟定、南华一带盆地与山岭相间,海拔1,800—2,000米,属于滇中高原。

本区气候,大部地区处在西南印度洋季风影响之下,只有大凉山——黄茅岭一线以东受东南太平洋季风所支配。由于受地形起伏影响,地区之间及不同高程间的气候差异极为明显,但由于北面有高山阻挡,冬季寒潮不易入侵,又因地势较高,夏季不太炎热,所以除海拔3,000米以上的山地冬季寒冷,或1,500米以下的河谷夏季炎热以外,一般地区年内温差变化不大,四季温和,适于多种作物生长。区内降水,在东北的雷波、马边地区及怒山山脉以西地区降水较多,为1,200—1,500毫米的多雨地区;中间大部地区都在1,000毫

米左右,金沙江东西向的河谷及滇中高原降水最少,属 800 毫米以下的少雨地区。降雨季节一般集中在6—9月份,只在大凉山以东及滇西北的怒江流域,由于受地形影响,春雨比较丰富,而中间大部地区则降水过分集中,干、湿季特别明显,雨季来临较晚,四、五月间天气晴朗,气温较高,蒸发旺盛,降水极少。

本地区产水率高,平均径流模数约为 21 秒公升/平方公里,一般都在 15—20 秒公升/平方公里之间;以东西两侧为大,在 25—30 秒公升/平方公里左右,个别地方甚至高达 40 秒公升/平方公里以上,可见区内地表径流相当丰富;但在金沙江河谷地区及其南岸滇北高原地区的径流模数最小,一般都小于 10 秒公升/平方公里(最小只有约 5.0 秒公升/平方公里),在干旱季节,一些小支流常会断流,出现季节性的河川,各河流量也较小。

区内现有耕地总面积约 1,300 万亩,尚有成片及零星分布的宜垦荒地约 500 万亩,大部可一年两熟,1958 年粮食作物总产量约 40 亿斤,主要粮食作物为稻谷和杂粮,经济作物有甘蔗、棉麻、油料等,南部尚有多种热带作物生长。区内畜牧业亦占有重要地位,牧地主要分布在西北部的高原地区,据 1959 年统计有大耕畜牛、马、骡约计 100 万头,家畜猪、羊共计约 430 万头。

本区是我国仅次于东北的第二大林区——西南林区——的主体,有林地面积 441 万公顷(林地总面积 1,291 万公顷),木材蓄积量约 6.7 亿立方米(总蓄积量 7.59 亿立方米),占西南三省蓄积量的 34%,为全国的 10%。惟目前限于运输条件,尚少采伐利用。

特别是本区的矿藏,不但多种多样,而且储量极为丰富,截至 1959 年底为止,经探明的主要金属矿藏储量,计有铁约 33 亿吨(远景 50 亿吨以上),铜 128.8 万吨,铅 177.7 万吨,锌 140 万吨,在上述矿石中还伴生有钛、钒、镍等貴重金属和多种稀有元素,此外还有相当丰富的云母、石棉、磷等非金属矿。尤其是这些矿藏,多集中在川、滇、黔三省的接壤地带,因此国家拟辟为建立西南工业体系的中心地区之一,使其成为西南黑色、有色等冶炼工业的核心。惟目前区内交通运输条件极差,工业尚不发达,只有一些中小型工矿企业,电力生产量极少,据 1959 年底的统计,金沙江流域内电站装机容量只有 2.31 万千瓦,且其中 80% 以上是火电,水能的开发极少。

由于区内大部属于山地,一般没有灾害性洪水,但在夏秋两季,降水集中,常暴发地区性的山洪,对农业较集中的山间平坝地区的生产有一定的影响;受灾的地区主要有安宁河流域,龙川江的南华、楚雄、元谋一带,以及答旦河流域。又由于区内雨水集中于夏秋,冬春稀少,春旱比较严重,因而在西昌、大理、楚雄等地亦常发生旱灾,有时减产达 50%,突出的如宾川、祥云一带干旱的威胁更大。

二、水利资源及其开发条件

(一) 水利资源及其分布

本区河网密布,数大河流穿经境内,径流资源甚丰,怒江、澜沧江、金沙江等三大江在

区內的河川流量約 7,000 立方米/秒,折合年径流总量約为 2,200 亿立方米。由于各河坡陡流急、落差集中,因之水力資源极为丰富,其理論蘊藏量达一亿瓩以上(按多年平均流量計算),多年平均电能达 9,000 余亿度(見表一)。占西南三省的 2/5 或全国的 1/6,超过美国全国水力資源蘊藏量的总和,是世界上水力資源最集中的区域。单位面积的水能模数每平方公里达 390 瓩,約为西南三省平均值的 2 倍,全国平均值的 7 倍;尤其是区内石油及天然气尚未发现,而煤炭探明儲量(迄 1959 年底)仅約 24 亿吨,少得与本区鉄和有色金属的蘊藏量不成比例,因此对将来本区經濟开发,水能的利用具有极其重要的意义。

表一 主要河流水力資源統計表

水 系	河 流	河 段 起 迄	流域面积 (平方公里)	平 均 流 量 (立方米/秒) (迄点)	河 长 (公里)	落 差 (米)	水 力 資 源 (万瓩)
金 沙 江	合 計		216,200				7,410.4
	金沙江干流	乡城河口—宜宾	166,950	4900.0	1509.8	1764.0	4,514.5
	碩多崗河	双桥—河口	1,031	34.7	114.3	1644.2	38.4
	黑 白 水 河	白水桥—河口	190	7.9	24.8	1444.7	5.7
	水 洛 河	河源—河口	8,658	250.0	250.0	3400.0	259.4
	漾 弓 江	黑龙潭—河口	1,673	23.4	97.4	1200.0	19.4
	龙 川 江	大平地—河口	8,642	50.7	—	1198.5	19.6
	普 隆 河	黄家庄—河口	1,565	30.1	127.3	830.3	16.2
	鱖 魚 河	丙米—太平子	1,320	29.6	87.7	1573.0	24.4
	普 渡 河	永定桥—河口	5,881	75.5	154.7	949.0	54.9
	小 江	东湖出口—河口	3,122	49.6	127.1	1389.0	27.2
	以 礼 河	金牛厂—河口	2,398	44.1	110.0	1730.0	53.3
	黑 水 河	哈加依古—河口	4,136	122.0	154.0	1945.0	78.9
	牛 栏 江	楊林海口—河口	11,650	180.0	411.9	1380.0	172.2
	西 溪 河	庫衣乡—河口	2,118	86.5	114.4	1516.0	81.3
	美 姑 河	別托沟—河口	2,340	157.0	116.8	1716.0	174.7
	橫 江	翁家樑子—河口	13,185	268.0	263.5	1791.0	120.3
	雅礮江合計		49,250				1,750.2
	雅礮江干流	方家火山—河口	49,250	1911.0	510.0	1256.5	1,466.1
	理 塘 河	瓦浪—河口	12,810	275.0	187.6	994.0	138.8
	安 宁 河	河源—河口	10,770	252.0	340.0	1437.5	145.3
瀾 滄 江	合 計		33,754				1,344.0
	瀾滄江干流	盐井—洋溢江口	21,764	1124.0	697.5	1308.0	1,261.1
	漾 泌 江	剑河口—河口	11,550	116.0	299.1	1331.4	82.9
怒 江	怒 江 干 流	貢山—道街坝	12,360	1790.0	370.4	765.0	1,109.2
恩梅开江	独 龙 河		3,990	229.0	207.0	2733.0	221.3
总 計			266,304				10,085.0

水力資源的地区分布,丽江专区最多,占全区总蘊藏量的 42%;其次西昌专区,占 30%;大理州最少,仅占 6%,但从絕對数量看,大理州仍有 600 余万瓩,数量亦很可观。

本区全部水力資源可以归入怒江、瀾滄江、金沙江、雅礮江四大河流,80% 以上的水力資源集中在这四大河流的干流上,中小河流的水力資源所占比重虽小,但其絕對数量仍

很大，水力資源理論蘊藏量在 100 万瓩以下的 39 条中小河流的总和在 860 万瓩以上（見表二）。

表二 大、中、小河流水力資源分布表

水力資源分級 (万瓩)	河 流 条 数 (条)	資 源 数 量 (万瓩)	占 百 分 比 %	备 注
500 以上	4	8350.9	80.0	金沙江、雅礱江、瀾滄江、怒江
100~500	7	1232.0	11.8	独龙江、水洛河、理塘河、安宁河、牛栏江、美姑河、橫江
20~100	12	621.1	5.9	碩多崗河、普渡河、臥落河、以礼河、漾泌江、黑水河等
20以下	27	239.4	2.3	黑白水河、洋弓江、龙川龙、普降河等。
合 計	50	10443.4	100.0	

*) 按計算河流統計。

本区丰富的水力資源提供了大力发展水电建設的可能性。仅怒江、瀾滄江、金沙江、雅礱江及安宁河五大河流所布置的梯級电站，装机容量总和达 9,000 余万瓩，年平均发电量达 5,000 余亿度。除可最大限度地滿足本区經濟发展的用电外，尚有大量多余的电能可以外送。随着本区許多巨型和超巨型的水利樞紐的建設，随着西南、中南以至全国統一电力系统形成，本区将成为具有全国意义的电源中心。

(二) 开发利用条件

本区水利資源的开发利用有着极为有利的条件。

1. 資源分布非常集中：本区河流大都流經山高谷深的橫断山区，坡陡流急，落差非常集中，因而水力資源的分布也非常集中。如金沙江虎跳峽在 15 公里的河段內，落差达 191 米，平均比降达 12.74‰，各大江河平均比降均在 1.5‰以上，而雅礱江更大达 3.42‰，平均每公里河长蘊藏水能都在 1.7 万瓩以上，最大单位河长出力在 4.0—7.5 万瓩之間，資源之集中，为国内外其他河流所罕見。

本区中小河流的落差，更为集中。如金沙江左岸支流黑水河平均比降达 14‰，最大比降达 40‰，不少河流都具有連續跌水的縱剖面形态。这种落差和水利資源高度集中的情况，提供了引水式高水头开发的优越条件。如黑水河的拉溪以切电站只需开挖 2.4 公里长的明渠，即可获得落差 335 米，工程簡易，其上游又有調节性能較好的水庫坝址如木茨衣甲水庫，坝高 67 米，有效庫容 3 亿立方米。更值得指出的是本区河网密布，岭谷平行相間，不少地方具有跨流域引水开发的有利条件。若引洗馬河的水穿过 11 公里长的隧洞至其干流普渡河以发电，可获 900 米左右的落差，每公里隧洞长度可获落差 80 米以上，共可获得保証出力約 9 万瓩。

2. 水利坝址优越：本区干支流上有很多优越的水利坝址，由于河谷狹窄，不少地方具有定向爆破筑坝的地形、地質条件，建設水电站的技术經濟指标都非常优越，即用較少的投資就可获得巨大的廉价电能。

就水庫淹沒指标而論，如金沙江上淹沒損失較大的樞紐白鶴沱坝高达 264 米，而淹沒

农田也仅 6 万亩, 迁移人口只 3.4 万人, 其单位装机或单位库容的迁移人口数和淹没耕地数, 都远比国内已建或正在兴建的大型枢纽为少。

就工程指标而论, 本区一些主要枢纽的指标, 都比国内外著名的大型枢纽还要优越得多。如苏联的布拉茨克枢纽的单位土石方量为 14.5 立方米/瓩, 混凝土方量为 2.81 立方米/瓩, 美国的大古力枢纽的单位土石方量为 8.49 立方米/瓩, 混凝土方量为 4.65 立方米/瓩, 而本区主要水利枢纽的单位土石方量在 0.5—1.0 立方米/瓩之间, 混凝土方量在 1 立方米/瓩左右, 可与国内指标优越的长江三峡媲美。

所述指标均可综合反映在投资和成本指标上, 据统计我国 13 个水电站(总容量为 550 万瓩) 的平均单位瓩投资为 900 元, 而金沙江的溪罗渡及白鹤滩枢纽均在 225 元左右, 比沅水五强溪电站还低, 只相当新安江的 1/5。本区其他枢纽一般的单位瓩投资仅 250 元左右, 最高的也不过 500 元左右, 每度电投资仅约 4—5 分, 均可见经济指标的异常优越。

3. 水库有效库容可充分利用: 本区大部河流, 河谷狭窄, 一般水利枢纽的库容都比较小。就区内主要河流上所建梯级统计, 每米坝高所获库容一般仅 0.5 亿立方米左右(而在区外几个大型枢纽的每米坝高可获库容约 2—7 亿立方米), 虽是在本区建库的一个弱点, 但因河川径流较稳定, 大河洪峰相对不高, 小河洪量相对不大, 沿河居民点和耕地一般分布部位又较高, 大都没有什么迫切的防洪要求, 因此在修建水利枢纽时, 不需留专门的防洪库容, 只有在金沙江和雅砻江的下游, 据长江流域规划的要求, 需要控制下游的洪水, 以减轻长江三峡的防洪负担。但由于可利用汛末较大的流量来充蓄水库, 因而防洪库容可与兴利库容取得良好的结合。而在区外大部分的大型枢纽的防洪库容却在有效库容中常占有相当大的比重。

又本区径流在多年间或年内的变化不大, 各大江河的年径流变差系数(C_v)一般均在 0.15—0.25 之间, 径流年内分配不均系数(C_L) 在 0.3—0.4 之间, 这样就不需要太大的库容, 仍可获得较高度度的径流调节。如在怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江四大干流上所建枢纽的库容系数(有效库容与库址多年平均年总水量之比) 在 0.3 左右, 就可以达到年调节或部分多年调节。

4. 指标优越的大型水利枢纽靠近大用电户、大矿点: 区内矿藏资源和森林资源异常丰富, 各种矿藏资源的开发都需要大量电能, 尤其在煤炭缺少和运输困难的情况下, 冶炼技术有采用电冶以代替焦煤的必要, 其他部门按生产工艺也都是很大的用电户。区内主要矿点、林场、工业基地和农业中心区域, 与初步勘测确定的一些水利枢纽的距离, 均在 100 公里范围以内。最近的如攀枝花铁矿至小得石枢纽、白马铁矿至陡崖子枢纽、大理至西洱河梯级电站的距离均仅 10—20 公里; 金沙江上的溪罗渡和白鹤滩枢纽位于川、滇、黔三省接壤地区的中心, 与成都、重庆、贵阳、昆明等大城市的直线距离都在 400 公里以内, 与本区未来的西昌、白马、攀枝花、会理、宁南、雷波等工业基地和邻近的东川、会泽、威宁等工业中心的距离一般不超过 200—300 公里; 雅砻江下游的小得石枢纽与攀枝花、白马、会理、西昌、元谋、盐源等地的直线距离都在 100—200 公里以内。这样, 一方面由于就近利

用水电資源,可以減少远距离輸变电的費用,并可減少輸电損失;另一方面由于水利樞紐靠近矿山、林場、工业基地和农业中心区域,就使得水力資源的开发具备了綜合利用的优点,即可以把发电、水运(特别是漂木)、灌溉、防洪和工业用水等結合起来,一并考虑,这是本区水力資源开发利用的又一大优点。

5. 本区河流的含沙量不大(一般仅 1,000—400 克/立方米),河水的化学性質对水工建筑物几无侵蝕作用,从而大大提高了水工建筑物的使用年限和設備利用率;又由于地形地質条件較好,且在各河中上游段能找到較大庫容的水利坝址,因此各河所布置的梯級,几乎可以利用除河源而外的全部落差,并調节径流达到較高程度,以增加各河下游諸樞紐的利用流量和在特枯水年份降低系統的破坏程度,使天然蘊蓄的水利資源能得到充分的利用等等,都构成了本区水利資源在开发利用上的独特的优点。

当然,本区的水利資源的开发利用,也有其不利的一面。如安宁河的冕宁到德昌段,金沙江的巧家、蒙姑到滇中的寻甸、嵩明、宜良段,宁蒗經永胜、宾川到祥云、弥渡段,丽江經剑川、洱沅到大理、巍山段,都是地震震中較密集烈度較高(約 8—9 度)的地段,断层較多,基础岩石比較破碎,河床复盖层厚等,为坝址坝段的选择以至实施时的工程技术处理,造成一定的困难;又由于山高谷深、地势险峻,給交通運輸、施工場地和施工导流带来很大不便;樞紐远离現有工业中心,人烟稀少,施工所需劳动力不足,交通運輸、原材料設備等的供应将有一定困难。犹值得注意的是本区各河干流上的电站一般都是 100 万瓩以上的巨型、超巨型水利樞紐,而支流上的梯級电站又大都是 5 万瓩以下的小型电站,至于 10—100 万瓩的大型樞紐及 5—10 万瓩的中型樞紐数量較少,这种缺乏中型骨干电站的情况,給电力工业发展上的远近期啣接,会带来一定的困难。所有这些困难,在目前看来还是水利工程建設中难于解决的。但可相信在今后通过进一步研究处理和随着我国国民經济的发展,科学技术事业的日益发达,而一定能完全予以逐一克服的。

三、水利資源的綜合利用意見

水利資源的开发利用,特别是金沙江、雅礱江、瀾滄江和怒江等大江河干流的开发更对国民經济各部門有着极其重大的影响。

金沙江及其支流雅礱江,所控制的集水面积占全区 88% 以上,水力資源占 70% 以上,因此金沙江干支流的开发对本区的发展,相对說来有着更为重大的现实意义。由于怒江和瀾滄江目前研究得还很不够,資料十分缺乏,而且它們的开发又势必較金沙江更为远期,因此本文着重研究金沙江干支流的綜合开发問題。

一、防洪:金沙江和雅礱江干流,均屬深切割狹谷河流,山高水低,谷深坡陡,两岸农田和居民点既少,且一般多分布在离水面較高的阶地上,故干流本身几无洪水災害,沒有迫切的防洪要求。但由于金沙江干流集水面积广闊,流域內暴雨活动時間很长,其中 6—8 月暴雨強度較大,常形成較陡的单峯,9—10 月暴雨強度虽然稍次,但經常有連續性的暴雨造成較為平緩的复式峯,形成金沙江洪水历时长、变化少、洪量大的特点。这就

使得长江干流的汛期基流长期高涨,如与嘉陵江、岷江、沱江、烏江等大支流集中暴雨所形成的陡高洪峯遭遇,便易酿成峯特高、量很大的災害性洪水,使长江干流中下游广大平原地区,經常遭受洪水災害的威胁,据統計金沙江屏山站的60天洪量經常占长江宜昌站的30—40%,确是长江洪水主要来源之一。因此,从长江流域整体规划的水利任务出发,控制金沙江的洪水,合理分担长江的防洪任务,从而減輕长江三峡枢纽的防洪負担,是金沙江梯級开发綜合利用中的一个重要任务。

从金沙江6—10月或7—8月洪水的地区分配来看,巧家站已控制屏山站的洪量約90%,其中石鼓至龙街区間产生的洪量占屏山站的50%左右,且大部来自雅礱江中下游,因此在雅礱江中下游及金沙江龙街至巧家河段內,规划以較大的庫容,就可以达到控制洪水,提高径流調节程度的作用。实际上,从进行三峡防洪調蓄演算的結果表明:金沙江梯級在汛期內只要进行有利于长江干流中下游的調度,便能起分蓄三峡洪水的作用。而金沙江本身无特殊的防洪要求,因此金沙江梯級就有可能不需要留專門的防洪庫容也能达到水利資源綜合利用中分担长江防洪任务的目的。

金沙江支流的洪水災害比較分散,对部分城鎮的安全和农业生产的发展有一定的影响。受災的地区主要有安宁河流域(年平均受災农田6000余亩),龙川江的南华、楚雄、元謀一带(常年有5万亩受災)以及答且河流域等。水災性質,除了一些河流的上游由于坡陡流急,洪水暴涨暴落,造成山溪洪災(如安宁河上游、龙川江上游)以外,一般是由于在河谷平坝內,河道曲折,坡度平緩,河流从上游狹谷区內携带来的固体物質,大量淤积,河床日漸淤高,泄水不暢,一旦山洪来袭,就易造成泛滥,如普渡河流域的安宁、富民等县和龙川江流域的南华至楚雄一段平坝的洪災即为典型实例;也有些地区因坝区內地势平坦,河道狹窄,遇有暴雨,內水不易及时排出,因而漬水成災。这些支流上的水災,因为比較分散,不易集中控制,其治理应結合各个支流的綜合开发逐步加以解决。目前这些地区采取了一些修筑河堤、疏浚河道、裁弯取直等措施,取得一定成效,但为根除水災,除应积极进行各支流河道的整治外,更应注意河道上游流域內羣众性的水土保持工作和分批建設一些水庫、塘堰工程。

怒江、瀾滄江均是国际河流,在我国境內除靠近国界处,河谷較为开闊,出現一些較大的河谷平坝(如怒江下游的怒江坝、瀾滄江下游的允景洪和橄欖坝)以外,几乎都是崇山峻岭,人烟稀少,其下游的河谷平坝也因离水面較高,几无洪水災害;瀾滄江支流漾苨江上游剑川一带,曾因剑川湖尾間泄水不暢,造成湖水漫淹农田的災害,近年来整修人工河道予以解决,因此在国境以內,怒江、瀾滄江干支流綜合开发中沒有迫切的防洪要求。

二、发电:如前所述,本区的水力資源不仅蘊藏量极其丰富,而且开发利用条件也很优越,但由于区內国民經济基础非常薄弱,电力生产量极少,目前已經开发的和正在开发的,还只限于洗馬河、螳螂川、大姚河以及以礼河等支流上的几个中小型水电站,各大干流的巨大的水能資源則未开发利用。

区內各种自然資源,特别是黑色、有色金属和磷矿等非金属以及森林資源极为丰

富,因此在本区大力发展电力冶炼和林化工业具有优越条件。根据地区工业发展远景设想,本区将是西南区工业体系的核心组成部分,其中黑色冶金、有色冶金、森林和化学等工业是本区的主导工业部门,特别是电冶(电解)、电化学等大耗电工业将占有较大的比重。这些工业的发展将提出巨大的用电要求,因此发电并对各河下游水利枢纽进行径流电力补偿调节是本区水利资源综合利用开发中的一项头等重要的任务。

区内各水系的干流上所规划的梯级电站的装机容量,一般都在100万千瓦以上,不但工程规模比较宏大,而且从当前来看,技术条件和设备物资的供应等方面都存在一定困难,难于满足近期内电力负荷的迫切需要。因此,近期以大力开发中小河流上的中小型水电站为主,看来是比较现实合理的,中小河流上个别水电站的装机容量可能比较小些,但值得注意的是区内多数中小河流都具有较为优越的开发条件,梯级总装机容量绝对数值也不少,而且这些电站一般都接近负荷点、工程量小、投资少、收效快,比较容易兴建,易于满足地区急剧增长的电力要求。

在西昌、凉山地区的中小河流有安宁河、黑水河、普隆河、鲹鱼河及大桥河等。安宁河流贯西昌工业区,水量较大,水能蕴藏量丰富,不乏优越的水力坝址,因而安宁河的梯级开发,对西昌工业区的供水、供电有巨大的作用,且安宁河流域的防洪和灌溉要求也较迫切,因此其水利资源的开发具有较大的综合利用意义。大桥电站(装机7.2万千瓦)是安宁河梯级中唯一调节性能较好的水利枢纽,可以满足工业和农业用水的要求和适当满足西昌近期的电力需要;又小高桥电站(装机4.8万千瓦),距西昌和白马矿区均较近,工程简易,故此二枢纽均可列为首期工程。黑水河的梯级电站开发条件较为有利,15个梯级电站的总装机容量可达75.5万千瓦,开发方式以引水为主,并有若干控制性水库,以提高各梯级电站的保证出力,沿河引水线路的条件比较好,与西昌直线距离仅30~100公里,施工场地及交通运输均较方便,从时间、地点、经济与技术条件等方面来看,对满足西昌地区近期或中近期的用电要求有比较重要的意义,其中木茨衣甲水库和拉溪以切电站可以考虑优先开发。其他如普隆河上的石坪、江西弯电站,鲹鱼河上的沙拉沟、河门口电站等都有比较优越的开发条件,可以根据需要陆续优先开发。

楚雄地区的中小河流有普渡河和龙川江的干支流等,落差集中,水力资源丰富,开发条件比较好,对满足昆明、楚雄、元谋等地区工矿业发展的用水、用电要求,均有现实意义,河流的开发有较大的防洪、发电、灌溉、水运等综合效益。其中以龙川江上的大海波,蜻蜒河上的尚攻,普渡河上的六柯、橙子山及掌鸠河上的新房子等枢纽开发条件较为优越。

大理地区的主要中小河流有西洱河和漾濞江。西洱河所规划的四个梯级电站的总装机容量为20万千瓦,远景可以扩充到40万千瓦,目前已在陆续开发;漾濞江的河口附近落差比较集中,是优良的水力坝址,已规划有值得路枢纽估计可装机60万千瓦。

丽江地区的主要中小河流有漾弓江、黑白水河和碩多崗河等,其中以漾弓江上的玉龙关枢纽条件较优越,碩多崗河在吊江岩以上具有多年调节的水库地形,吊江岩以下,落差集中宜引水式开发,均有优先开发的價值。

三、水运：根据地区綜合运输网的布局，本区水运具有重要意义的主要河流有金沙江、雅砻江和安宁河。金沙江沿岸的工矿企业将有很大发展，本河直通长江，因而水运意义非常巨大，虎跳峡以下的河段在全国水运网规划中已列为十大干綫之一；雅砻江有丰富的森林、金属矿藏和水力资源，在发展陆路交通十分困难的条件下，发展水运（主要漂木）愈显重要；因而也要求結合水力资源开发的同时，应尽可能发展水运，以減輕陆运負担。

目前各河由于滩多水急，仅能分段通航小木船，金沙江奔子栏至宜宾长约1,600公里，現已有45%的河道分段通航小木船或輪船，全河通航的最大障碍是虎跳峡大滩，以及受阻于老君、魚洞和母猪峡等特等汰险，其它汰险虽多，但經整治后皆可望通航。远景各梯級全部建成后，可形成基本連接的庫区深水航道，可通航1,000~2,000吨輪駁船，以满足水运需要。近期的开发，应分段整治，逐段通航，对一般汰险以疏浚、炸礁、清槽为主，以小型堤坝为輔；較大汰险則尚需輔以絞汰机，开辟繹道，帮助船只上行；对特等滩险則应考虑兴建与远景梯級开发相結合的水运枢纽，当白鶴汰枢纽正常高水位800米时，可以淹沒老君、魚洞及巧家以下母猪峡中的連續汰险，故从水运方面看，兴建白鶴汰枢纽的效益頗大。

雅砻江洼里以下河道长355公里，目前仅河口附近的67公里段通航小木船，由于河道汰险連綿，近期整治工程浩大，經濟上也无迫切需求，故通航問題可待河流梯級开发后綜合解决。但近期如考虑漂木，則尚需进行一定的整治工程；远景梯級全部开发后，将构成連續的庫区深水航道，可通航500~1,000吨輪駁船。

安宁河干流全长321公里，河道寬浅而多分叉，小汰毗連，目前仅河口附近約38公里段通航小木船，西昌以下稍加整治，近期内也可通航小木船。欲本河全綫通航輪船，即使实现了全河开发，由于梯級未能全部啣接，仍有約1/4的航道需利用引水渠道，故远景通航条件也不大有利，应在河流梯級开发方案中进一步研究。

龙川江与普渡河是金沙江右岸支流，龙川江上游联接楚雄、元謀两个工业基地，普渡河联接上游昆明滇池，通航意义都很大。云南省在以滇池为中心的水运网规划中，以普渡河作为通往金沙江干流联結长江的主要干綫。但这两条江比降都較大，流量較小，目前布置的梯級开发方案中都有引水（隧洞）式的开发，各梯級也未完全啣接，因此远景通航的可能性和合理性尚待进一步研究。

四、灌溉：本区国民經济的发展对农业生产提出了巨大的要求。区内虽由于山巒起伏，平坝散見于山間小块盆地及河谷阶地，耕地較为分散，但已有耕地达1,300余万亩，此外还有成片 and 零散的宜垦荒地，大部分可以一年两熟。由于本区雨水集中于夏秋，春季雨水少且蒸发強烈，在作物生长期間有时連續100多天无雨，因而每年在不同地区常有不同程度的旱災，旱災地区一般減产20~30%，在西昌、大理、楚雄一带經常減产达50%。如1952年德昌县受災損失粮食76万斤，1958年西昌一带損失粮食315万斤，宾川、祥云受旱达12万亩等等。根据本区农业发展远景設想，在近期主要依靠垦荒和提高复种指数来扩大播种面积，远景則主要依靠提高单位面积产量。灌溉則是农业增产保收的一项根本措施，因此必須积极发展农田水利事业，逐步实现水利化。

本区各大干流及主要支流的下游,流行于深切河谷間,耕地面积較为狹小、零星分布,高程参差不一,引水工程比較艰巨。但区内河网密布,多数支流流量稳定,比降較大,有較好的引水灌溉条件,应多发展中小型灌溉工程,水源以自支流引灌为主,結合干流梯級引水为輔。

区内耕地面积較为集中(耕地面积在10万亩以上),农业較为发达,且有灌溉要求的地区,主要集中在滇中高原的平坦地区。这里降水較少,雨季集中,春旱严重,是本区水量不足的地区,远景可考虑从外流域引水解决,其他灌区内的地表径流,基本可满足需水要求。此外,将来結合金沙江干流的开发,还可以考虑从虎跳峡引水灌溉滇中和自魯拉戛或龙街引水灌溉龙川江下游元謀盆地。

五、跨流域开发: 我国长江以北和西北地区共有耕地面积 8.8 亿亩,占全国总耕地面积的 51%,水量只有 1,843 亿立方米,仅約占全国总水量的 7%;但长江流域及其以南的耕地为 5.7 亿亩,約占全国耕地总面积的 33%,而水量竟达 20,060 亿立方米,占全国的 77% 以上,水量有余。如何充分利用我国丰富的水利资源,促进西北和西南地区的經济开发,看来西部地区的南水北調具有重大意义,但有待今后充分可靠的調查研究西北地区的用水供需平衡問題,以及繼續勘查引水綫路的沿綫工程地質条件,才能作出初步結論。西調边境怒江、瀾滄江的丰富水量,跨流域引至东面深入內地的长江流域——我国經济腹地——来开发,兼收径流补偿之效,看来也具有重大的国防、政治、經济意义。而由于这些大江大河的跨流域开发,无論是上述南水北調或西水东調,都是举足輕重,关系特大的創举,即使实现亦系相当长远的事,因而在目前研究地区水利资源綜合利用或金沙江的梯級开发时暫不予考虑。

四、金沙江的梯級开发意見

金沙江的梯級开发綜合利用,要求有較大的庫容,使径流达到完全年調节或部分多年調节,以期获得較大的綜合效益,充分滿足地区各国民經济部門的需要,同时能分担长江干流的防洪任务和在西南省电力系統中进行补偿調节。根据河川径流特性,进行調节計算的結果,要达到完全年調节,其庫容系数当在 0.28 左右,因此金沙江梯級的总庫容至少应有 400 亿立方米左右,最好能有 450 亿立方米以上,才能較好地滿足綜合利用的要求。另外,在庫容的分配上还应考虑在雅礱江汇口以上及以下,都要有較大的庫容,使其以上枢纽首先获得較高程度的径流調节,得以提高下游系列枢纽的保証出力、增加綜合效益,并能更有效的控制洪水,以分担长江的防洪任务。

根据沿河地形、地質、水工、施工、交通条件、梯級啣接和減少淹沒損失等方面,在长办編制的金沙江流域规划意見书中,曾研究布置了三个梯級开发方案。茲在此基础上,重新布置雅礱江梯級,并将原第一方案以向家坝高坝方案代替,及原第三方案以向家坝低坝方案代替,組成共五个梯級开发方案(諸方案对照列如表三),一併分析論述如下:

第一类方案(包括 I_1 及 I_2 方案)是以虎跳峡、皮厂、魯拉戛、白鶴沱、溪罗渡(或向家坝)

等枢纽为主组成的高水头方案。干流上有效库容分配在雅砻江汇口以上约为汇口以下的2倍,其中虎跳峡、皮厂两个枢纽的库容较大,使金沙江下游能获得较大的调节流量,增加各枢纽的保证出力;支流雅砻江下游有小得石、三滩(九龙河口)两枢纽库容较大,能达到部分多年调节,控制本身洪水的性能也较好;又有向家坝或溪罗渡作为干流下游控制性的枢纽,以增加长江干流三峡枢纽的调节径流和防洪作用。

本类方案金沙江干流共计有效库容在454—472亿立方米,可达到部分多年调节,装机容量约5,800万千瓦,年发电量约3,200亿度,可以满足地区国民经济用电的要求。方案实施后,梯级回水河段由向家坝(屏山以上)至拖顶(中甸以上)长约1,430公里均可通航,并增加下游水深,便利航行;至于灌溉方面,有从虎跳峡枢纽引水灌溉滇中干旱缺水地区农田的可能。

方案中虎跳峡枢纽考虑在上峡口建坝,沿河引水至下峡口发电这段峡谷长约10公里的通航问题,可采用斜面升船机或其他方式解决。白鹤滩枢纽正常高水位800米,将淹以礼河四级电站并对华弹铁矿有影响,估计被淹矿藏约870万吨,约占总储量的12.2%,可考虑在施工以前尽先开采或用水下方法开采。鲁拉戛枢纽对鸿门厂、新村一带矿藏有些影响。半边街枢纽如采用半边街坝线,对纳拉菁煤矿无影响,惟下游鲁拉戛枢纽正常高水位995米,回水不到半边街,为便于水运,尚须建衔接梯级;如选用新庄街坝址将淹没矿藏2000万吨,且影响矿区附属企业的布置。向家坝枢纽正常高水位460米,库容较大,控制好,对长江干流的防洪作用更为显著,惟河床复盖层很厚,尚须进一步探查。

第二方案是以虎跳峡、溪罗渡、小得石、三滩(九龙河口)等枢纽为主组成的低水头方案,如虎跳峡采用跨弯引水式开发,方案亦可成立,仅取消洪门口、梓里两个梯级。方案中白鹤滩枢纽正常高水位730米,对华弹铁矿影响较小,淹约110余万吨,约占总储量的1.6%。本方案金沙江干流梯级共计有效库容约283亿立方米,可达到部分多年调节,装机容量约5,400万千瓦,年发电量约3,000余亿度,亦可充分满足地区国民经济用电要求,水运条件的改善和灌溉方面与第一类方案同。

第三类方案(包括III₁及III₂方案)是以虎跳峡、鲁拉戛、白鹤滩、向家坝(或溪罗渡)、小得石、三滩(九龙河口)等枢纽为主组成的高水头方案。与第一类方案不同的特点,是虎跳峡枢纽采用跨弯引水方式,在虎跳峡建200米高的坝,右岸隧洞长35公里,跨弯引水至下游梓里,可获得680米的水头。本类方案金沙江干流共计有效库容约302—320亿立方米,装机容量约5,400万千瓦,年发电量约3,000余亿度,可充分满足地区各国民经济部门用电的要求;灌溉与水运方面的效益及对矿区的影响同第一类方案,惟由虎跳峡至梓里河段须另建水运梯级衔接,或用其他如水陆联运方式解决。

如上所述,从金沙江干流各梯级开发方案的综合经济指标(见表四)来分析:第一类方案有效库容及年发电量最大,单位装机投资较第二方案小,比第三类方案为大,在雅砻江汇口上下游均有较大库容的枢纽,可以满足规划上的要求;惟与华弹铁矿有些矛盾,须淹以礼河四级电站,淹没耕地及迁移人口最多。第二方案有效库容及年发电量均最少,单位

装机投資最大;且梯級最多(12个),为高山峡谷区河流兴建梯級施工困难所不宜;但对华弹鉄矿影响較小,淹沒損失亦最少。第三类方案的有效庫容及年发电量均大致同第二方案,单位装机投資却最小;对矿区影响与第一类方案相同,惟虎跳峡跨弯引水,要开凿长约35公里的隧洞,尚須进一步研究在技术上和經濟上的可能性与合理性。另外,第一及第三两类方案中,向家坝河床(据現有勘探資料)复盖层很厚,是否在这一坝区河槽中普遍存在,成因如何及能否建坝,須今后勘探查明。

因此,据現有資料通过上述初步分析,暫选定第一类方案中向家坝为低坝的方案(I_1 方案),作为金沙江流域(干流石鼓以下河段)的梯級开发方案是比較适宜的。但值得特別注意的是: III_2 方案比 I_1 方案总投資少約13亿元,少淹耕地約7万亩,少迁移人口約3.5万人,且亦能充分滿足地区各国民經济部門用电的要求,并能起分担长江干流防洪的作用,看来优点較为突出,在进一步研究比較中应予以足够的重視。

五、金沙江梯級首期开发对象的意見

从金沙江綜合利用开发任务的研究結合河段特征,在龙街以下河段,选择調节性能高、庫容大的樞紐,列为首期开发,对滿足防洪、发电等綜合利用的效益将越大。在发电上,龙街至向家坝間最接近电力負荷中心,也是中近期最接近缺电地区的河段;在水运上,本河段特等汰险多,为通航的最大障碍;在防洪上,要求河段的下游有庫容較大的樞紐,則控制性能愈好,对滿足长江中下游的迫切防洪要求,減少三峡樞紐的防洪負担愈为有利。而在拟定的第一类或第三类梯級开发方案的这一河段中,具有較大庫容的樞紐,計有魯拉戛、白鶴汰、溪罗渡及向家坝等四个樞紐。从各樞紐单独运轉的几个主要动能經济指标来看,都是比較优越的,且都能适应地区各国民經济部門迅速增长的用电要求,年发电量在442~557亿度之間,单位装机投資在226~289元/瓩之間,其中以溪罗渡的每瓩投資226元为最廉;防洪作用以溪罗渡和向家坝两樞紐靠近选择河段的下游,而較为显著;在水运上,以白鶴汰正常高水位800米,能淹沒普渡河口的老君、魚洞两特等汰及巧家下游母猪峡中的連續汰险,而解决得較好。

各樞紐中,魯拉戛樞紐位置嫌偏居选择河段的上游,配合长江干流防洪作用不显著,交通、施工条件很差,且河谷地貌不对称,右岸发现一层全风化玄武岩,其下阳新灰岩中有地下河槽,須进一步研究其对筑坝的影响。向家坝樞紐交通施工条件最优越,而低坝方案因庫容小,綜合效益較差;高坝方案在滿足防洪、发电要求上虽較理想,但单位装机投資在諸比較樞紐中为最大,且地質条件較复杂。白鶴汰樞紐距西昌、楚雄、元謀等鋼鉄工业基地及会理銅矿都較近,供电便利;結合河道整治,可基本上改变金沙江目前分段通航的旧面貌,防洪、发电效益及坝址地質条件又均好,优点突出,可与溪罗渡比美;但缺点也較严重,它的开发对华弹和洪門渡两处鉄矿有一定的影响,淹沒耕地及迁移人口(淹沒耕地約6万亩,迁移人口約3.4万人)較多,淹沒損失大,交通条件差,缺乏施工場地。四樞紐中惟溪罗渡地当川、云、貴三省边緣,对宜宾、內江威宁等工业基地及水城煤矿、雷波磷矿供