

我国大西线“江河连通”调水新格局的设想与评析

陈传友¹, 沈 镭^{1,2}, 胡长顺³, 占车生¹, 李 玎^{1,2}, 陈根富⁴

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049;
3. 国家发展与改革委员会《宏观经济管理》编辑部, 北京 100824; 4. 重庆江河工程咨询中心有限公司, 重庆 400047)

摘要:利用地理与资源科学的基本原理,在大西线调水线路和“南水北调”工程的启迪下,通过多年野外考察和室内研究,提出“江河连通”调水新格局,试图解决我国水资源开发和水利建设中的重大基础设施问题。“江河连通”调水新格局具有 6 大明显优势:格局建设灵活机动、全局性比较好、风险小、构建合理及可操作性强、有较好的科学性、后续研究潜力大。针对当前新时代的新要求,我国应加快开展调水线路的核查,深入系统地开展长江与黄河联合调度与调济的可行性研究,把“以电换水”作为今后进一步完善调水的战略目标。

关键词:大西线;“江河连通”调水;南水北调;新格局;评析

中图分类号:TV21 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2019)06-0001-08

Analysis of and preliminary comments on new pattern of rivers-connected water transfer along Great Western Line of China//CHEN Chuanyou¹, SHEN Lei^{1,2}, HU Changshun³, ZHAN Chesheng¹, LI Ding^{1,2}, CHEN Genfu⁴
(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Editorial Department of Macroeconomic Management, National Development and Reform Commission, Beijing 100824, China;
4. Chongqing River Engineering Consulting Center Co., Ltd., Chongqing 400074, China)

Abstract:Based on the basic principles of geography and resource science, inspired by China’s Great Western Water Diversion Project and the South-to-North Water Diversion Project, by field investigation and indoor research over the past years, this paper innovatively puts forward a river-connected water diversion line, trying to solve the major infrastructure problems in water resources development and water conservancy construction in China. We believe that the scheme has six obvious advantages: strong flexibility, strong overall situation, few risks, feasible construction and strong operation, good justification, and great potential in following up research. In view of the new requirements of the current new era, authors suggest that China speed up the reconnaissance of water diversion routes, and carry out in-depth and systematic feasibility studies on joint dispatching of the Yangtze River and the Yellow River, taking electricity for water as the strategic objective of further improving water diversion in the future.

Key words: Great Western Line; rivers-connected water transfer; South-to-North Water Transfer; new pattern; analysis and preliminary

1 历史沿革

“江河连通”调水新格局是大西线研究的产物与综合,也是大西线研究的发展与延伸。20 世纪 50 年代初,毛泽东主席就指出,南方水多,北方水少,如果可能,借点水来是可以的。从此南水北调便载入我国的治水方略。1958 年,中科院与水利部联合成立“南水北调综合考察队”,通过多年的努力工作,他们首次提出西部调水计划,其中“怒洮线”为代表性成果。“怒洮线”从怒江沙布引水,先向东后

向东北,穿过澜沧江、金沙江、雅砻江、大渡河,直抵甘肃省的洮河,虽然全程自流,但工程浩大、艰巨,未被当时社会认可。随后长江水利委员会林一山主任多次踏勘西部调水路线,并提出“中国西部南水北调路线”^[1]:从怒江海拔 4 000 m 处引水东进,引提结合穿过横断山区,翻越红原与若尔盖分水岭,沿黑河支流流入洮河,虽然工程规模和难度降低,但引水量减少。水利部根据当时的国情、水情,建议调出区研究长江流域,调入区重点研究黄淮海平原以及东部沿海和黄河上中游部分地区,且优先用于城市居民

作者简介:陈传友(1935—),男,研究员,主要从事水资源合理调控研究。E-mail:13436416991@163.com

和工业用水,而对于农业与生态环境用水,则重点考虑它们的退水。同时,委任淮河水利委员会负责东线,长江水利委员会负责中线,黄河水利委员会负责西线。“三委”经过多年辛勤劳动,于20世纪70年代基本完成调水研究任务,又称“四横三纵”总体调水格局,也称小西线调水^[2]。到目前为止,南水北调中线基本竣工,东线仍然处在河道治污阶段,西线尚在进一步探讨中。随着时间推移,特别是20世纪80年代以后,我国社会经济发展加快,小西线调水虽然取得很大的成绩,但也应未雨绸缪,及时改进调水中呈现的各种生态环境问题。为此,社会各界又提出不少大西线调水方案,供国家有关部门参考。下面扼要介绍一些主要工程方案。

1.1 藏水北调工程

中国科学院地理科学与资源研究所水资源调控组提出利用雅鲁藏布江(以下称雅江)、怒江、澜沧江、金沙江(以下简称“四江”)的水和雅江大拐弯处电站(拟建)所发出的电力,提水北上,注入黄河上的两湖(扎陵湖、鄂陵湖),经调节后放至黄河中下游^[3]。兴修水电站涉及问题多、协调时间长。为了尽快实施调水计划,课题组参考国际咨询公司意见,并发现“两湖”附近地形、地貌适宜修建“借水发电、以电抽水、水电循环、滚动开发”的调水模式,研究成果在多家媒体上问世,得到社会上好评,但上千公里的干渠还是存在一定地质风险^[4-7],为此通过进一步研究后,最终完成“江河连通”南水北调调水新格局。

1.2 大西线调水方案

20世纪90年代,有干部和科学技术人员通过联合研究提出多个版本且大同小异的成果,其中公开见报的有郭开先生主持的“大西线调水”^[8]、袁嘉祖与王治全先生执笔的“大西线调水方案”^[9]。以后者为例,它从雅江引水,先向东后向东北,穿越“四江”和金沙江的主要支流雅砻江、大渡河注入黄河。以此同时,把调出的水沿东、北、西3个方向输出,年调水约1600亿 m^3 ,几乎是黄河水量的3倍^[8-9](数据和线路未经作者现场核实,下同)。

1.3 西南水西北调设想

该设想为新疆阿克苏水利局总工程师李于洁执笔,并公布在2000年中国社会科学院文化经济中心参天水利资源工程研究会工作通报上。它由两条线路构成:一条从雅江中段江当附近、拉萨河直孔附近,抽水北上,并在纳木湖汇合后入通天河,西进塔里木盆地;另一条从“四江”引水北上,同时还从雅江支流帕隆藏布抽水北进。两水汇合后注入黄河,然后再向东、北、西3个方向分水,注入西北干旱半干旱地区,控制面积非常大。

1.4 南水北调西线替代方案

杨永年先生在2006年主编的《南水北调西线工程备忘录》一书中,提出西水北调替代方案,即从雅江林芝附近以及怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江、大渡河上建库与凿洞,然后调水至黄河上的洮河^[10-11]。

1.5 双线调水方案^[9]

该方案由贵阳勘测设计院有限公司提出,包括自流与提水两部分。前者又分为南北两线:北线与原西线相同,南线从怒江东巴引水,穿过澜沧江、金沙江、雅砻江、大渡河等一系列江河后,注入黄河,可调水470亿 m^3 。提水分别在大渡河、雅江干流大拐弯处建坝蓄水提水450亿 m^3 。

1.6 三江贯通方案^[9]

中国海洋所朱效斌教授提出,我国有三大三角洲,即长江、珠江、黄河三角洲。直到目前,唯有黄河三角洲缺水与落后,基本没有开发,长期下去,三角洲一带将成为生命的荒原。800万靠海洋生活的人将无生路发展,只有从“四江”补水,才是有效出路。

1.7 大隧洞调水方案^[9]

由成都市南洋新技术研究所张士禧教授提出。方案以雅江中段日喀则附近为取水点,由南向北凿洞,分3次建成,年取水300亿 m^3 。一旦成为现实,便可开发那里的土地、能矿资源,进一步发展西部经济。

1.8 南水西调方案

该方案由新疆八一农学院杨力行教授提出,由两部分构成:①在通天河与楚玛尔河交汇处建坝,并引水至格尔木河,再西延到新疆;②在雅江中段尼木县境筑坝,然后通过840km的超长隧洞入柴达木盆地那仁郭勒河,再西进入疆。两线合计年调水210亿 m^3 。

1.9 其他方案

a. 原云南省水利厅邓德仁总工程师提出“三江连通方案”,即利用怒江、澜沧江、金沙江“三江”山高脊薄的特点,凿洞引水并与“南水北调”连通,形成西部调水格局^[12]。

b. 全国政协李国安委员,利用雅江干流与拉萨河交汇处的良好地形、地质构造条件,拟建大型蓄水工程,然后引水北上穿过高原,补水我国西北地区^[13]。

c. 近年来(2015年以后),网上和社会上又有多个方案如“红旗河调水”^[14]、“天河调云增雨”^[15]、“大西线水网”“问水大西北”^[16]、“天河工程”设想图初步方案^[15],又在热议或探索中。读者如感兴趣可在网上搜索或查询。

更值得提出的是,中国社会科学院文化经济中心邓英淘教授^[17],他多年来通过对社会上多种形式的综合研究,从宏观上提出“高水北调、低水东调、

风水互济、提引并重、东西对进、调补兼筹”的 24 字调水思路,既扼要地反映了以上调水线路的优势,又总结了调水线路需要进一步完善的内容。这与我们当时正在从事研究的很多地方不谋而合,对我们的工作起到了很好的启发与推动作用。2016 年“江河连通”调水新格局在南水北调和一系列大西线调水方案基础上发展成熟,并在水利水电出版社出版发行^[18]。但种种原因,对它的后期评价和与其他方案比较讨论很少。所以社会上有读者希望作者在这方面适当作些补充,开展交流,有利于大西线进展。

2 “江河连通”调水新格局方案设想

2.1 新格局方案与规模

“江河连通”设想(图 1、图 2)的主要内容是:以长江三峡水库(含丹江口水库)为水资源调配中心,以南水北调中线及其延长至长江三峡水库的输水道为调水链,根据国家对水资源的实际需要,可不断地使之向南延伸,相机把海河、黄河、淮河、长江(含金沙江)、澜沧江、怒江、雅江七大江河串联起来,逐步形成“四横一纵”新东线、“四横一纵”新中线、“二横一纵”新西线、“五横二纵”澜沧江-金沙江新中线、“六横三纵”怒江-澜沧江-金沙江新中线、“七横四纵”雅江-怒江-澜沧江-金沙江新中线,以上 6 个调水单元^[18]分别从西南“四江”干支流 7 个取水点引

水,然后汇集到长江三峡水库(含丹江口水库),再调节后北送华北、西北。三峡水库是我国最大汇水水库,如果考虑澜沧江、怒江、雅江补水,年来水量超过 5000 亿 m³。即使干旱年,来水量也接近 4000 亿 cm³,调水是有保证的。即使遇到突发事件,只要有准备,三峡水库有水应急解危。

新方案从雅江永达提水北上,经拉萨、旁多、嘉黎到怒江热玉后,顺江而下,至怒江的沙布,并在沙布筑坝抬高水位,经长 35.8 km 的隧洞,引水至澜沧江上的那石,再顺江而下至军达。在军达筑坝,抬高水位,并通过约 30 km 长的隧洞,至金沙江上的达拉。从达拉经虎跳峡和一系列的水电梯级发电后,把水引入三峡水库,再经过新中线导入黄河。根据我国西北、华北(以下简称“两北”)地区的实际用水需求,利用黄河调济,把调济出来的水,从黄河上、中游的水库调入河西进入新疆等西部地区。从雅江永达到黄河线路全长约 4 000 km,其中利用河道输水长约 2 800 km,明渠、隧洞共 1 200 km 左右。由于线路走河道避免了走更多的不良地质地段,增加了工程的安全度,减少了工程投入与难度。该方案年平均调水量约 1 000 亿 m³(含南水北调的调水量),其中雅江调水约 200 亿 m³,占雅江年来水的 13%;怒江、澜沧江调水约 300 亿 m³,占其年来水的 20%;金沙江调水约 100 亿 m³,占其年来水的 2.2%;从三峡

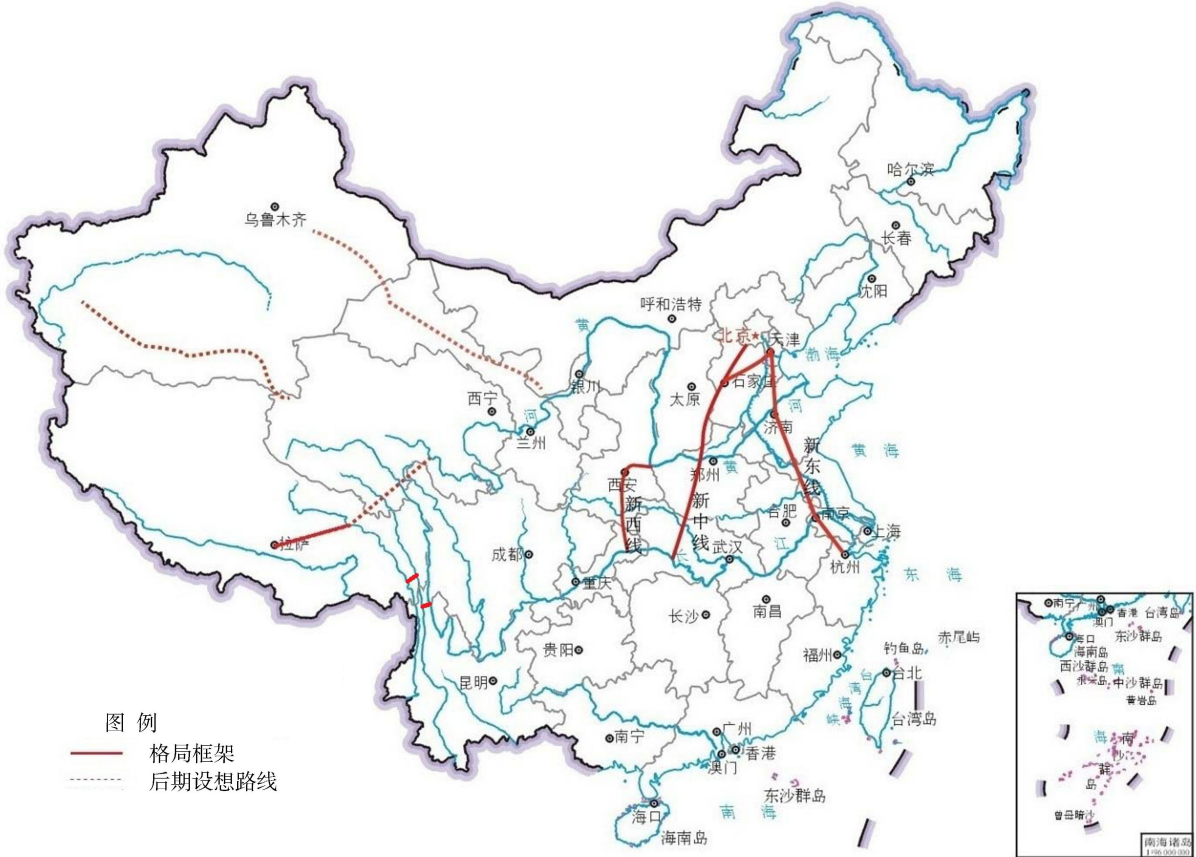
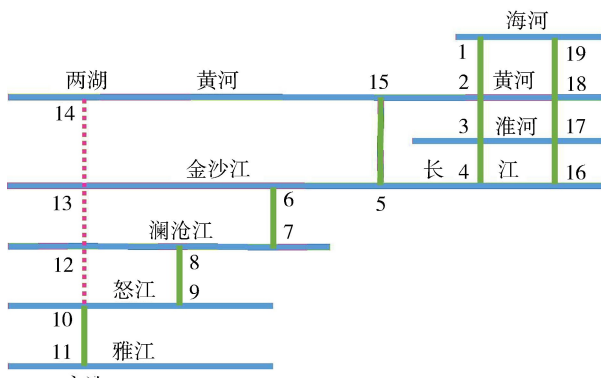


图 1 “七横六纵”总体调水新格局平面位置示意



1—北京;2—黄河郑州附近;3—京杭大运河交汇点;4—三峡水库;5—三峡水库小江;6—金沙江达拉;7—澜沧江军打;8—澜沧江那石;9—怒江沙布;10—怒江热玉或甘达;11—雅江永达;12—澜沧江襄谦附近;13—金沙江同加附近;14—两湖(扎陵湖、鄂陵湖);15—渭河入黄河汇合潼关上游;16—江苏扬州附近;17—安徽蚌埠西南;18—山东东阿县或东平县内;19—天津;

图中虚线为长期设想部分

图2 “七横六纵”总体调配格局平面框架示意图

水库调水约 200 亿 m^3 (其中 170 亿 m^3 为现在的南水北调西线调水量)。

众所周知,我国是一个缺水国家,但主要缺水区域只有两北地区。二者幅员辽阔,资源门类齐全,区域可持续发展的用水需求量大,仅靠上述调水在枯水年水量仍然不足。通过分析后,我们初步认为新的调水方案应从“一带一路”沿线及相关地区为重点,向西供水。该方案的总投入不会超过 2 万亿元。以上概算是根据 21 世纪初的物资造价,仅考虑从取水点至长江三峡水库再向东北进丹江口水库到达黄河入水处郑州附近,而且只计算主体工程丹江口以南隧洞、以北主干渠的工程投入。这是因为这些投入占总投入的绝大部分。

2.2 江河连通新格局实施安排

“江河连通”新格局,几乎控制半个中国,是我国主要干旱半干旱地区。面对如此巨大的范围,我们提出 6 个条件各异的调水单元。从国情水情出发,6 个单元不可能同时开工建设,也不必这样考虑。因为各单元缺水、供水有各自的增长过程,如果不顾客观需求、全部采取一刀切的办法,在兴建过程中将会增加投资者的压力。即使工程竣工后,也会出现调水被浪费的现象。同时,我们也注意到江河连通工程的 6 个单元,虽然是独立的,各有各的控制范围、水源、输水道,但在一定条件下又是具有相互联系的统一体,因此,在实施建设中必须全盘考虑,理顺各种关系,充分发挥每个单元应有的作用。通过研究分析后认为,在整个调水设想中,“四横一纵”新中线,是解决问题的突破口,且在整体工程中必须排在最优先地位。这是因为:

a. 中线已经基本建成。2014 年丹江口水库的水已到北京,且干渠从河北的徐水东行,经雄安直抵天津。只要把原中线从丹江口水库南延至长江三峡水库,新中线的研究设计工作就基本完成。

b. 工程简单而易行。新中线是原中线的发展,工作深入细致有保证。其延长段很短,只有 50 ~ 150 km 之遥,由隧洞、水库、泵站构成,投资不足 2000 亿元。如果抓紧进行,10 a 左右即可竣工。

c. 意义重大。计划首期工程调水 200 多亿 m^3 (其中 170 亿 m^3 替代原西线调水量、其余为原中线二期调水量),主要任务是保证原南水北调控制区用水、向雄安新区供水。由于目前中线已经通水,加上近几年雨水较多,人们对水的要求不像过去那样迫切。本着先急后缓的原则,建议将其大部分调水通过与黄河来水置换,把置换出来的水,经过黄河上游刘家峡或龙羊峡或大柳树水库(拟建)转送入新疆,更快、更好地促进“一带一路”社会经济全面发展;

d. 不可替代的战略地位。新中线是我国西南来水进入北方的最好通道,也是“四横三纵”“六横三纵”“七横四纵”调水单元的主要组成部分。建好新中线,就等于完成了江河连通调水的主要功能,且条件早已成熟。更重要的是只有它才可提前 20 a 完成原南水北调任务,能充分发挥三峡水库更大的防洪、发电、供水、抗旱、治理泥沙、发展内河水运的战略作用。

如果以上几点依据能够赢得共识,将说明“江河连通”设想的首期工程具备建设的可行性,也就是“四横一纵”新中线。它的竣工将标志着能够实现该设想的基本功能。下一步工作主要是利用其他调水单元向“四横一纵”新中线补水,满足社会不断发展对水资源的要求。因此其余 5 个单元的排序完全可参照一般水利建设排序的要求进行:即先急后缓、先易后难、先近后远、先小后大等原则。

根据我国当前的宏观经济稳定发展的形势和可供来水、未来用水的发展,结合以上原则,建议调水排序如下:首期工程是“四横一纵”新中线,建设期 10 a 左右,包括“四横一纵”新东线的部分工作;二期工程是“四横一纵”新西线,建设期 5 a 左右;三期工程是“五横二纵”澜沧江—金沙江—新中线以及“六横三纵”怒江—澜沧江—金沙江—新中线,建设期 10 a 左右;四期工程是“七横四纵”雅江—怒江—澜沧江—金沙江—新中线,建设期 5 a 左右。

3 “江河连通”调水新格局评析

值得注意的是,上述方案是在青藏高原特殊环境地区实现调水的目标。高原海拔高、严寒干燥、风

大日照强、地形起伏不定、地质灾害频繁,同时地广人稀、高山缺氧、生态环境脆弱、人力施工难度大。因此,工程建设一定要利用它的优势,创造性地遵循“该引则引、该提则提、该蓄则蓄”原则,顺其自然,必然事半功倍,反之就可能困难重重、半途而废,或者高谈阔论、束之高阁。“江河连通”调水新格局具有以下的明显优势。

3.1 建设灵活性大

新格局可充分利用水量丰富,水源可靠的三峡水库作为“南水北调”水资源调节中心,又可最大限度地发挥已经建成的南水北调中线在我国水资源南北调配、东西互济中的骨干调水链作用。通过“七横六纵”调配格局将气候较好、水资源开发利用率低的“四江”流域水量,调引到严重干旱缺水的“两北”地区及黄河流域。既可全面完成“南水北调总体规划”,又能为我国北方内陆区包括内蒙古西部、新疆天山南北周边和河西走廊、准噶尔盆地、塔里木盆地、青海等内陆河流域安排了水源配置出路,并及时提出了西北八百里秦川稳定持续发展的用水对策,也为根治渭河、治理黄河的重大战略措施提供了充足的水源。届时长江与黄河的水资源进入联合调度使用的新时代,遇干旱年或干旱季节,黄河水资源主要保证上中游用水;下游及沿海地区主要由三峡水库来水解决。这为长江的开发与保护、雅江、怒江、澜沧江的保护性利用、黄河的利用与治理提供了用水条件,又增加了我国“两北”地区可供水资源。

灵活性的基础是输水线路的多样性。“七横六纵”调水设想由多个方案、十几条线路、若干个可选单元构成,实际上每个单元都是一组输水系统,只是控制范围不同而已。因此选择起来十分灵活机动。如“七横六纵”中沟通怒江与雅江的“一纵”,既可走低线,从怒江顺江而下,直抵三峡水库而进入黄河;又可从怒江北上走高线直抵黄河上游“两湖”;“四横一纵”新中线是调水的核心部分。它的主要任务是完成华北平原用水,同时是西南三江来水进入三峡水库的通道,其调水又可与黄河水量置换,把置换出来的水通过黄河上游调入西北新疆、内蒙古等地,避免了舍近求远,直接把西南水调入新疆等地的难题。

在时间安排上也很灵活。第一步实施的内容不一定要在第一时间完成,也可根据需要放在第二、第三时间完成,不影响其他部分工作。随着时间的推移,科学技术水平的提高,某一部分也可能暂时不用,通过决策部门研究后,可临时停止不建,也不会影响其他计划的实施。所以“七横六纵”不是一成不变的教条,符合与时俱进的原则。同样,“五横二纵”修建后,解决了黄河中游渭河流域用水,又为

“七横四纵”、渭河下游、黄河下游冲沙开创了先决条件。可见各单元之间,甲中有乙、乙中有甲,相互支撑、相互利用,灵活机动,立于不败之地。

3.2 调水从全局出发

首先调水从全国大局出发,不是仅从一地、一个行业、一个部门考虑。因为我国是一个缺水国家,加上水资源在时间、地区以及开发利用上分布不平衡,绝大多数地区(按水利部门把全国划分9个片计)无外援条件,其中东北三省只能就地解决辽河流域缺水问题,而西进华北可能性很小;“两北”地区属干旱、半干旱地区,水资源先天不足,后天开发利用程度高。黄淮海三大流域,开发利用程度均超过极限^[19],只有节水和外援,才有可能解决可持续发展用水;长江水量丰富,但中下游河内用水多(发电需要水量、水运需要维持水位),不宜再扩大开发;再向南只有珠江水量大,但珠江中下游发电、水运任务也很繁重,加上地理位置所限,也无北援可能;只有我国西南片水资源充沛。全片水资源约5000多亿 m^3 ,河外开发利用不到2%。人均水资源2.7万 m^3 ,是全国人均值的10倍多,比全球人均值大3倍,再加上邻近“两北”地区,有北援的地理条件。从全国出发,调西南的水进北方是大势所趋。“两北”地区土地面积辽阔,工农业生产潜力大,调水定会我国今后生产力布局。因此调水前必须综合平衡,从全国考量。只有这样,才能充分发挥西南水资源的战略作用,把水用在刀刃上。此外,我国能源资源短缺,且结构组成极不合理,迫切需要绿色能源补充。西南水能资源稳定集中,其中雅江大拐弯段可开发出力高达5000多万kW,建设条件良好,亦是我国水能资源后劲所在。调水必须重点研究与发电的关系,不能各自为政、互不联系。课题组研究后认为,如果从大拐弯以上调水200多亿 m^3 ,同时兴修大型蓄水工程1~2处,就可能保证发电、调水两不误。此外,西南多为国际河流。我国又是负责任的大国,因此国内开发一定要考虑对国外的影响,建议把加拿大与美国共同开发哥伦比亚河作为借鉴的例子,即双方应在尊重主权前提下,贯彻公平、公正、鼓励合作、整体效益最大的原则,开发西南国际河流。

从全局出发,考虑了各条江河的水情及其演变规律,调水不采用一刀切的办法,而是分别决定其调水量:雅江近期调水200多亿 m^3 (远期配合提水可能适当扩大);怒江、澜沧江调水300亿 m^3 ;长江年调水量500亿 m^3 (含现有南水北调调水)大约为怒江调水的3倍,占总调水量的1/2左右。

3.3 极大降低地质灾害风险

从青藏高原调水,比从其他地区风险性都大。

其最主要原因是高原地壳不稳定、地震活动频繁、地震破坏性大。根据地质专家们的分析,高原北、东、南三面分别为昆仑—阿尔金—祁连构造地震带、南北构造地震带、喜马拉雅—冈底斯构造地震带环绕,地震多、地震大。20 世纪青藏高原发生过震级 $M_s \geq 5.0$ 地震 500 多次,其中 $M_s \geq 7.0$ 地震 34 次, $M_s \geq 8.0$ 地震多发生在高原的边缘。可见青藏高原的边缘,都分布有地震活动强烈的断裂带。从 1959—1980 年 21 年间,青藏高原发生 $M_s \geq 6.0$ 地震 114 次,其中 52 次发生在喜马拉雅—冈底斯构造地震带上。据闫志德的统计,我国大陆 $M_s \geq 6.0$ 地震,其中 60% 集中在我国南北构造地震带上^[20]。我国地质学家李四光指出^[21]:“① 活动断裂带曲折最突出的部位(简称拐弯处或拐点),往往是震中所在的地点;② 活动断裂带的两头(简称端点),有时是震中往返跳动的地点;③ 一条活动断裂带与另一条断裂带交叉的地方(简称交叉点),往往是震中所在地点……。”但是高原上的地震活动分布,也不是铁板一块,到处均匀的出现。比如雅江中部曲水至朗县之间就分布很少。换句话说,高原上断裂带到处都有分布,只是疏密程度不同罢了。高原周边较密集、中部较疏远^[22],所以选点、选线要特别慎重,把风险降到最低程度,是可以办到的。“江河连通”就是本着上述选点、选线的原则来降低风险性。

西藏冰川泥石流,也是一大自然灾害,特别是青藏高原通麦—古乡—波密—然乌—一线。这里是印度洋水汽进入高原的前缘,高山上降水(含降雪)特别丰富。我国雅江出境处年降水高达 5 000 多 mm。由于海洋性冰川发育,冰川泥石流非常频繁。古乡年年都发生若干次冰川泥石流。我国泥石流电视片,就出在此处。因此调水选线、选点也要尽量避开冰川泥石流地带,更不要把引水渠穿过泥石流线路。

3.4 构建合理可操作性强

新格局由取水点、输水点(又称交叉点或调节点)、入水点以及连接线路所构成。点的位置不同,可组成不同调水格局,决定调水成败与兴衰。大西线调水幅员广袤,如何构建调水格局,成为调水的难题。如果格局规模小,调水太少,大西线调水就需要构建若干个或若干次。这显然不符合大西线调水的总方针,也将破坏调水区的自然环境、降低西南水资源的有效利用率和自然功能,极大浪费人力、物力与财力。如果修的过大,输水干线漫长,一般都会超过 3 000 km,较多增加工程投入、造成资金积压、大幅度提高工程的风险度与艰巨程度,也不易解决输水道中水流合理分配与调控,同时沿线渗漏、蒸发量大,无效用水倍加上升。因此方案难被社会认可。

在前人无数经验启迪下,在室内外研究对比中,总结出“江河连通”调水新格局:它采用并联、串联混合式布局,极大地输短了调水区南北差距。根据当地地势西高东低、地形起伏不定的特点,采用河床输水,又较多地拉近东西距离。横断山区河水流向南北,河流沿东西向排列,且沿岸山脉高峻、山峦叠嶂、山脊单薄。如果用隧洞连通,又成为不可多得的水道。为了缩短工期、降低隧洞的难度,建议实施长洞短打技术,多打斜井与竖井,要求单洞长一般不超过 3 km。

遵循上述理念,再结合点、线的位置与重要性,把总体“七横六纵”调水格局分为首部和尾部两部分:前者由新中、新西、新东(暂时不变)三线并联构成。新中线从三峡水库提水(两库水位差 5 m)北送,经丹江口水库反调节后,沿京广铁路线西自流北上,在郑州附近入黄河,总流程 400 多 km。然后与黄河水量置换,并把置换出来的水调往迫切缺水地区。置换主要依据是往日蓄水。在黄河流域蓄水;在三峡与郑州沿线附近一带蓄水(含已建、在建、拟建平原水库、山湾水库、拦河水库);还可利用调水如向白洋淀等湖泊、洼地补水。以补待蓄。新西线由三峡小江入渭河,解决关中部分地区用水(含渭河下游冲沙)。水流向东与三门峡小浪底水库联合调度,协助新中线保证黄河下游用水安全,特别是下游冲沙、生态环境用水、三角洲开发用水;也为黄河的泥沙治理,洪水局面改观走出一条新路。

新东线维持沿东线的设计,但应把修复大运河供水放在首位。

尾部由“五横二纵”“六横三纵”“七横四纵”串连构成,它们的主要目的是向三峡水库补水,保证“两北地区”“雄安地区”“一带一路”有关地区用水、用电安全。也为全国构建水网奠定基础。由此可见“江河连通”新格局给国家带来的“三性”效益极大。

选线首先选点。选点、选线必须结合起来考虑。在社会、经济、环境条件综合评价的基础上,反复磨合后才可能定下来。因此,两者相辅相成,既有独立的要求又有联合的目的。根据以上的原则“江河连通”新格局比选出 6 个取水点(原南水北调取水点不计)、3 个交叉点、7 个入水点和 6 个调水格局,共同构成一个整体,较圆满地完成中国乃至全球最宏大的基础设施工程。

实施大西线调水,是我国乃至地球上最宏伟、难度最大、投资最多、受益最广的基础设施工程、民生工程。如果不用现代眼光分析问题,不用高新技术解决问题,不用创新方法处理问题,很难付诸实

践^[23-28]。通过反复研究,把原来高原上的纯跨流域调水,改变成主要利用江河河床的江河输水工程;把地面输水工程全部改成地下隧道工程;把长隧道工程变成长洞短打的中小隧洞工程;把长近 4 000 km 的输水工程,缩短为近 2 000 km 的输水工程,而且在很多地方避开了我国最著名的几条大地震带、泥石流带使输送工程基本处于比较稳定的区域。

3.5 具有科学性

如此巨大的调水方案,科学性必须很强。江河连通试图应用地球科学的原理,解决我国建设中重大的基础设施问题,其核心是如何现实可行,又安全可靠地把中国西南水北调到“两北”地区利用;从水流方向、地势分布特点,输水走明渠十分困难,而且要经过各种地质灾害地带,穿越众多的高山、大川,风险性比较突出;全部用隧道输水,虽然比明渠优越,但投入与难度大、施工期长,不良的地质现象可能减少、降低,但遭遇还会较多;江河连通的优势就明显多了。调水条件进一步得到改善。更重要的是课题组还在江河连通的基础上适当配合提水,调水方案有了新的突破:输水距离大幅度减少、枢纽工程规模降低、投入下降、工期缩短,而且受益极大提高。其主要原因是三峡水库、丹江口水库,因调水较长时间的处于高水位发电,可增加电站的年发电量;又因原西线调通天河、雅砻江、大渡河水 170 亿 m³;江河连通后改由三峡水库调水。两地位置高差 2 000 ~ 3 000 m,从而增加了三峡系统的发电量,减少了系统的调水损失量。据黄河水利委员会调查,从长江上游三条河调水 170 亿 m³,影响中下游已建和拟建梯级水电站 69 座,保证出力减少 822.3 万 kW,多年平均发电量减少 986.2 亿 kW·h。此外调水后三峡电站日夜负荷差也会相应扩大,可利用晚上负荷少、抽水北上。这对电站也会起到极好的保护作用。总之,三峡提水北送是件大好事。可以肯定地说,调水多发的电能是扬水消耗的电量的若干倍。所以抽水是科学上的突破。

3.6 后续研究潜力远大

通过大西线调水研究,深刻感到西南水资源丰富,但不论当前还是较长远的未来,水资源形势仍然不容乐观。这是因为我国水资源分布极不均匀,供需错位。即使“江河连通”后,也只能保证南水北调原设计控制区调水 500 亿 m³;雄安、河西、新疆一带调水 200 多亿 m³;黄河流域上、中、下游一带即上游大柳树一带、中游渭河一带、下游三角洲一带调水 100 多亿 m³;内蒙古中西部干旱区调水 60 多亿 m³;陕、甘、晋主要缺水城市和京杭大运河供水以及蒸发、渗漏耗水。随着北方人口的增加、人民生活水平

的提高、工农牧林业的发展,缺水还会适当的扩大^[22],到那时(可能 50 年后)外援来水更困难,代价更高。根据研究,最好的思路是在“江河连通”调水的基础上,进一步开展长江、黄河联合调度、相互调济,较好解决北方可持续发展用水。

大家知道三峡水库年平均来水量 4 000 多亿 m³。三峡水库建库前这些水量基本上没有利用(指国外用水)。水库兴建后,为了多发电,装机很大。换句话说,只要有外来水源调济,电站一定能多发出电力。另外,三峡水库有效库容为 165 亿 m³。平均每年可充满 28 次,其中 7 月份一个月可充满 7 次,但为了防洪,汛期不蓄水,一般都是低水位运行。仅当入库流量较大时,根据下游防洪需要,水库拦洪蓄水,库水位抬高。洪峰过后,降至低水位。如果能想方设法在不影响防洪的前提下,汛期多蓄一次或更多次水,是增加调水量的有效措施。退一步说,如果上述计划行不通,还可利用三峡水库和新中线的特殊条件,以电换水,较好地解决未来北方可持续发展用水。随着时间的推移,发电的动力也会越来越多,如水、光、热、风和多种多样的可燃的固体、液体和气体,且生产技术日臻完善。可预见将来,电力的数量、质量都会不断提高。而水资源是不可替代的自然资源,虽然有虚拟之说,比起以电换水,无论在代价上还是难度上都大得多。三峡水库有水、有电、条件优越。如果减少电站装机,就可获得较多水资源,由南泄改为北调,充分发挥三峡的战略作用。北调水不仅可以发展供水,还可利用三峡地区的地形变化,修建一系列的调峰电站,如堵河上的五级调峰电站;还能激活一部分高山蓄水电站;还可利用三峡水库、丹江口水库库区地形,发展抽水蓄能电站;再加上从三峡水库到丹江口水库扬程不高,又有外水补给,所以电力可能不减,调水却很充足。未雨绸缪。今天的调水要为明天的需水做好准备。由此可见大西线调水方案要慎之又慎,绝不是权宜之计。因为这种调水工作太复杂、太艰巨、投入太多,决不能再来第二回。这是我们水利工作者和广大志士仁人应尽的职责。

致谢:文章在收发与修改过程中,得到崔乃悦、张梓莹同志的大力帮助,在此深表之感谢!

参考文献:

[1] 林一山. 中国西部南水北调工程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.
[2] 魏昌林,郭学恩,陈雪英. 中国南水北调[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
[3] 陈传友,马明. 中国缺水形势分析[J]. 自然资源学报,

- 2000 (增刊1): 10-13. (CHEN Chuanyou, MA Ming. Analysis of water shortage situation in China [J]. Journal of Natural Resources, 2000(Sup1): 10-13 (in Chinese))
- [4] 陈传友. 改造大西北的宏伟设想[J]. 科技导报, 1993 (10): 60-61. (CHEN Chuanyou. A tentative plan for transforming Northwest China [J]. Science & Technology Review, 1993 (10): 60-61. (in Chinese))
- [5] 沈大军, 刘昌明, 陈传友. 南水北调中线工程对汉江中下游的影响分析[J]. 地理学报, 1996 (9): 426-433. (SHEN Dajun, LIU Changming, CHEN Chuanyou. Analysis of the influence of the Middle Route Project of South to North Water Transfer on the middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Journal of Geography, 1996 (9): 426-433. (in Chinese))
- [6] 沈大军, 陈传友, 苏人琼. 拉萨河水资源合理利用研究[J]. 自然资源学报, 1996 (4): 373-376. (SHEN Dajun, CHEN Chuanyou, SU Renqiong. Study on rational utilization of Lhasa River Resources [J]. Journal of Natural Resources, 1996 (4): 373-376. (in Chinese))
- [7] 徐大懋, 陈传友, 梁维燕. 雅鲁藏布江水能开发[J]. 中国工程科学, 2002, 4 (12): 47-52. (XU Damao, CHEN Chuanyou, LIANG Weiyan. Hydro power development at the Yalu Tsangpo River [J]. Engineering Science, 2002, 4 (12): 47-52. (in Chinese))
- [8] 郭开. 中华朔天运河: 大西线南水北调工程[J]. 科技文萃, 1999 (4): 11-12. (GUO Kai. Chinese great canal: the great western line of South-to-North Water Transfer Project [J]. Science and Technology, 1999 (4): 11-12. (in Chinese))
- [9] 袁嘉祖, 张学培. 三北地区淡水资源可持续利用研究[M]. 北京: 中国林业出版, 2001.
- [10] 林凌, 刘宝珺. 南水北调西线工程备忘录[M]. 北京: 经济科学出版社, 2006.
- [11] 马怀新, 刘世庆. 南水北调西线工程备忘录[M]. 北京: 经济科学出版社, 2006.
- [12] 熊清华, 邓德仁, 李常林. 改善云南农业环境及抑制自然灾害之对策探讨[J]. 生态经济, 1989 (5): 19-21. (XIONG Qinghua, DENG Deren, LI Changlin. Countermeasures of improving agricultural environment and restraining natural disasters in Yunnan Province [J]. Ecology Economy, 1989 (5): 19-21. (in Chinese))
- [13] 李文. 全国政协委员李国安建议: 尽快实施“引雅济黄”工程[J]. 中国政协, 2009 (5): 40-41. (LI Wen. Li Guoan, member of the National Committee of the Chinese People's Political Consultative Conference (CPPCC), suggested that the project of “introducing Ya to the Yellow River” should be implemented as soon as possible [J]. CPPCC, 2009 (5): 40-41. (in Chinese))
- [14] 陈淑君. 院士专家共商“红旗河”西部调水工程[EB/OL]. (2018-01-08). http://www.xinhuanet.com/2018-01/18/c_1122280302.htm.
- [15] 鄂竟平, 叶建春, 王光谦. “天河工程”“空中南水北调”没有听起来那么玄[EB/OL]. (2018-11-10). http://www.sohu.com/a/274527483_651611.
- [16] 雨露水. 问水大西北[M]. 香港: 华夏文化艺术出版社, 2018.
- [17] 邓英淘. 再造中国, 走向未来[M]. 上海: 上海人民出版社, 2013.
- [18] 陈传友, 陈根富. “江河连通”: 构建我国水资源调配新格局[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015.
- [19] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [20] 青海省地震局兰州地震研究所. 青藏高原地震文集[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1985.
- [21] 吴忠芳, 周廷刚, 张元华, 等. 汶川“5·12”地震序列余震时空分布的研究[J]. 生态环境, 2008, 17 (4): 1662-1666. (WU Zhongfang, ZHOU Tinggang, ZHANG Yuanhua, et al. Analysis of spatial and temporal variation of aftershocks in Wenchuan “5. 12” Earthquake sequence [J]. Ecology and Environment, 2008, 17 (4): 1662-1666.)
- [22] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏地热[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [23] 黄河水利委员会. “黄河流域水旱灾害分析”[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [24] 董文虎. 京杭大运河的历史与未来[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2008.
- [25] 林凌. 南水北调西线工程需要进一步回答的几个问题[J]. 四川水力发电, 2006 (增刊1): 112-118. (LIN Ling. The problems required to be responded on the west line of water transfer from the south to the north [J]. Sichuan Water Power Magazine, 2006, 25 (Sup1): 112-118. (in Chinese))
- [26] 刘世庆. 南水北调西线工程若干问题述评[J]. 开放导报, 2007 (7): 49-55. (LIU Shiqing. On some of the issues in water for northern China engineering [J]. China Opening Herald, 2007 (7): 49-55. (in Chinese))
- [27] 刘世庆. 南水北调西线工程新情况及调水思考[J]. 工程研究: 跨学科视野中的工程, 2014, 6 (4): 332-343. (LIU Shiqing. The new deliberation on the west route of South-to-North Water Diversion Project and thinking of water diversion [J]. Journal of Engineering Studies, 2014, 6 (4): 332-343. (in Chinese))
- [28] 林文, 符敬东. 南水北调西线一期工程甘肃省受水区初步规划[J]. 水资源保护, 2006, 22 (5): 28-31. (LIN Wen, FU Jingdong. Gansu Provincial waterborne area preliminary planning in West Line Phase 1 of South-to-North Water Diversion Project [J]. Water Resources Protection, 2006, 22 (5): 28-31. (in Chinese))

(收稿日期: 2019-05-21 编辑: 郑孝宇)