

优化南水北调中线工程

Optimization on the Middle Line of the South-to-North Water Transfer Project

杨力行

(新疆农业大学 教授 乌鲁木齐 830052)

中线工程是南水北调东、中、西三线工程中问题较少的线路,是比较成熟的首选项目,却还有不少弊病。许多专家学者从不同角度提出了分析和建议。但仍然还有优化的可能,可以使弊病减少到最低限度;同时做到库区不用移民,下游也不用引江补汉,还能多调水。

一、深入认识自然的规律和特点

1. 京、津、华北地区缺水的规律和特点

华北平原年降水在 600mm 左右,如果年际和年内都分配均匀,就不存在干旱问题。但自古以来的“三年两旱”是因为 1~4 月春耕期的总降水量不到 40mm,冬小麦无法返青夏粮无法出苗,所以大部分年份都需要春灌;尚有 1/3 的年份属于多雨年,可以不需要灌溉。但华北还有多年连旱的情况,黄河历史上有过持续 11 年干旱的记载。海河近 70 多年来,连旱连丰更是频繁,既有连续二三年甚至 5 年的干旱,也有连续二三年的洪涝。连续干旱诱发了盲目开发华北平原地下水,地下水被过量超采,仅海河平原深层地下水的累积消耗储量,在 1998 年就已经超过 425 亿 m^3 ;同时又不注意人工回灌补给,致使地面沉降已扩大到山前平原区,下沉 1m 以上的达 755 km^2 ,下沉 30cm 以上的达 18 200 km^2 。即使现在停止开采靠自然补给,恢复深层地下水储量仍需数十年,甚至上百年。目前,能补充春早期春灌缺水量的地下水多年调节水库基本上已无水可抽,这是人类违反自然规律得到的报应。

南水北调中线有一半的水量即 76 亿 m^3 的水计划用于补充工业和城市供水,属于均匀供水。另一半除用于补充春早期的灌溉缺水量、干旱年的缺水量之外,还应当考虑人工回灌地下水库的需水量。这一半用水是属于季节性的非均匀供水,不一定要从兴利库容均匀调水,而可以加大引水渠的设计流量,通过从防洪库容内抢引入库的春洪、夏洪、秋汛洪水,分散注入各地平原的中、小水库进行再调节

和分配,或者用于人工回灌地下水库。由于地下水库具有多年调节功能,所以人工回灌补给,也不需要均匀供水,更不需要每年都进行,完全可以利用丰水年集中人工回灌,逐步恢复华北平原地下水库数百亿立方米库容的调节功能。但原中线工程缺乏这一规划,没有考虑充分利用华北平原地下水库巨大的多年调节功能。所以中线在优化设计时应当充分利用需水地区的这一自然规律和特点。

2. 中线调水口的自然规律和特点

中线调水口是 70 年代建成的汉江丹江口水利枢纽工程,位于支流丹江的汇入口下 0.8km 处,多年平均径流量 408.5 亿 m^3 ,入库水量 393.4 亿 m^3 , 87.4% 来自汉江库区,丹江库区年来水量仅 50 亿 m^3 左右。

汉江年径流的特点是丰枯变化较大,最丰的 1938 年近 800 亿 m^3 ,而最枯的 1941 年仅 140 亿 m^3 ,相差 5 倍多。还有连枯多年的现象,如 1991~1995 年汉江上游安康、汉中出现持续干旱,年入库水量小于 300 亿 m^3 ;而 1941~1942 年连枯,两年总来水量才 316 亿 m^3 。要解决这样的两年连枯问题,其多年调节库容则需要 470 亿 m^3 以上,即使丹江口水库坝顶加高 14.6m 到 176.6m,兴利调节库容增加到 222.5 亿 m^3 ,也只能解决 1 年的枯水问题,所以在汉江用建造多年调节水库来解决连枯多年的问题是杯水车薪之举。

洪水也主要来自汉江,汛期特长,从 4 月开始春汛,接着夏汛和秋汛,一直持续到 10 月下旬,汛期长达 7 个月,洪水次数多、峰高量大。最大 7 日洪量有 70% 的年份超过 50 亿 m^3 ,最大 30 天洪量有 76% 的年份超过 100 亿 m^3 ,为大流量分洪引水提供了条件。最大 7 天的设计洪量:百年一遇为 141 亿 m^3 ,千年一遇为 188 亿 m^3 ,万年一遇加 20% 为 284 亿 m^3 。从 1960 年滞洪到 1993 年 33 年中,累积库淤泥沙 14 亿 m^3 ,81% 淤在汉江库区,丹江库区仅淤 19%,是泥沙较少的河流。丹江口水库运行 40 年,已具有在汛期提供 1~3 天入库流量过程预报的能力,使年发电

量增加 3% ,也为防洪预报调度奠定了良好基础。

丹江口水库死水位 138m ,正常高水位 157m ,坝顶高程 162m ,兴利库容 106.5 亿 m^3 ,汛限制水位 150m ,校核洪水位 161.3m ,157m 时底孔泄洪能力 9 200 m^3/s ,溢洪道泄洪能力 28 200 m^3/s ,校核洪水位时溢洪道泄洪达 40 000 m^3/s 。巨大的泄洪能力加上有 1~3 天的入库洪水过程预报能力 ,为水库提前预先腾空库容进行预报调度、为有控制地等流量泄洪、为考虑下游区间洪水错峰调洪提供了有利条件。

丹江口水库是由丹汉两库组成的库容、面积相近的并联式水库 ,而且丹江汇入汉江处的库区河道狭窄 ,有利于建闸坝将并联式水库分开 ,发挥丹江库区洪水小、泥沙少、相应库容大、闸坝易于大流量分洪、防洪库容与兴利库容可以完全结合的优势。而汉江库区则可减小防洪库容、提高发电水位、减小发电损失。汉江库区南岸紧邻十堰市 ,有海拔 1 611m 的武当山 ,是修建抽水蓄能电站的理想区域。

中线的规划工作始于 20 世纪 50 年代 ,历时 40 多年。为了进行多年调节 ,给中线引水提供水源 ,丹江口大坝坝顶准备从 162m 加高到 176.6m ,兴利调节库容增加 116 亿 m^3 达到 222.5 亿 m^3 ,防洪库容增加 33 亿 m^3 达 111 亿 m^3 ,千年一遇最大泄洪流量 22 300 m^3/s ,万年一遇最大泄洪流量 47 400 m^3/s ,移民将达 22.4 万人 ,淹没耕地 20.2 万亩。而三峡库区 113 万移民安置尚未及一半 ,若再加上 22.4 万南水北调移民 ,显然更是给国家难上添难。

三峡水库是中线规划的远景调水补水口 ,但由于泥沙淤积对库尾重庆段航道、港口的影响尚待验证 ,初期只能按 156m 蓄水位运用 ,汛期只能在 145m 高程敞开泄洪。10~20 年内 ,不可能把长江上游起拦沙作用的向家坝、亭子口、合川水利枢纽同时建成 ,即使建成后 ,向家坝虽可减少三峡入库泥沙的 1/3 左右 ,但其下泄的清水冲刷搬移的 427km 河床卵石和粗沙 30 年可达 5 亿吨 ,绝大部分将堆积在重庆河段航槽中 ,势必严重影响航运。因三峡的蓄水位很难提高至 175m ,汛限制水位就很难超过 145m ,所以近 10~20 年内三峡水库无法向丹江口水库自流补水。根据《科技导报》2000 年 11 期所载 4 篇文章中的情况〔朱禄海建议用隧洞从三峡库区龙川河或大宁河输水 3 000 m^3/s 到丹江口水库堵河的支流 (实际上堵河干流河底已超过 200m 高程 ,显然 ,不扬水是不可能的) ;陈传友等提出从香溪扬水 300 m^3/s ,扬程 212m ,隧洞总长 122.75km ,补水 100 亿 m^3 ,霍有光提出从长湖扬水 500 亿 m^3 ,扬程 100m ;欧阳志远则指出已建成的东线引水一期工程已调水至徐州、连云港 ,每吨水的水利费用接近 1 元 (扬程仅约 40m) ,每亩水稻得由省财政补贴近 300 元〕来分析 ,每年没有巨额的财政补贴 ,要靠电力扬水来进行 100~500 亿 m^3 的调水是不现实的。

二、充分利用自然的规律和特点 , 优化南水北调中线工程

为顺应自然、利用自然 ,优化中线工程 ,建议 :

(1) 改变单纯引库蓄水量的调水方式为与引洪相结合的方式 ;(2) 中线引水渠流量加大到 4 000 m^3/s ,从汛限制水位直接分洪引水 ;(3) 在丹江口水库内修建使汉、丹分库的闸坝 ,让丹库作为主要的防洪库容于汛末蓄满后作供水库容 ,让汉库在汛期保持高水位发电 ;(4) 在黄河以北沿中线渠道修建人工回灌地下水的设施 ,恢复华北平原 400 多亿 m^3 地下水库容的多年调节功能 ,以替代在丹江口水库加高大坝和移民来扩建多年调节库容的工程 ;(5) 在丹江口库岸利用武当山地形修建抽水蓄能电站 ,充分利用三峡的谷电 ,这将节省出大量调峰发电水量 ,足以保证枯水季节下游的航运流量而不必再上引江补汉工程。

1. 调整和优化调水规则

根据京、津、华北缺水的规律 ,中线的调水规划完全可以调整 ,没有必要全部从兴利调节库容内均匀调水 ,只有一半即 76 亿 m^3 左右的工业及城市供水需要均匀调水 ,丹江口水库现有的年调节库容可以满足需要。其余 69 亿 m^3 左右的灌溉、生态等用水属于季节性缺水 ,集中于作物生长季节 ,而且不仅各月用水量不同 ,多雨年和少雨年用水量更不同 ,在华北的多雨年还可以不引灌溉、生态用水。调 69 亿 m^3 的灌溉、生态用水 ,可以采取机动灵活的方法 :在汉江丰水年多引水 ,在枯水年少引水 ,并通过加大渠道引水设计流量 ,在汛期从丹江口水库分洪引水 ,丰水年可引水 100~300 亿 m^3 ,用于人工回灌地下水库 ,把华北平原数百亿的地下多年调节水库充分利用起来 ,以补充在汉江枯水年时所少引的水量。利用这种“异地存取”进行多年调节的方法 ,就完全没有必要在丹江口水库加高大坝以增加多年调节库容。甚至丰水年从汉江多引出的分洪水量 ,还可以拿出一部分来作为黄河下游的冲沙用水和缓解断流的用水。丹江口水库到郑州仅 400 多 km ,这样做要比从 3 000km 外的龙羊峡水库放水解决黄河下游冲沙和断流问题要容易许多倍 ,将来郑州桃花峪水库修建后 ,则更易于实现此功能。

2. 加大渠道引水设计流量便于汛期分洪引水

根据汉江汛期长达 7 个月、洪水次数多、峰高量大的特点 ,只要加大渠道引水设计流量便非常有利于汛期分洪引水 ,既能分散汉江的防洪风险 ,又解决了中线的季节性缺水问题。初步估计按 4 000 m^3/s 分洪引水 ,渠道水深增加 11m 左右 ,一次中等洪水 7 天可分洪引水 24 亿 m^3 ,丰水年 30 天可以分洪引水 50~100 亿 m^3 以上 ,特丰水年 90 天可

以分洪引水 200~300 亿 m^3 以上, 多年平均分洪引水 50~100 亿 m^3 。这样, 中线就可以少引兴利调节库容内的水量, 不仅能够分散汉江下游防洪风险, 而且还能够充分化解丹江口水库发电、航运与中线引水的矛盾。

3. 汉、丹分库可增加防洪库容和兴利库容的结合量, 有利于防洪并提高发电水头

(1) 汉、丹分库 丹江口不增修多年调节库容时, 中线引水后将使发电量减半, 为了降低发电量的损失, 建议充分利用汉、丹两并联库区的有利地形和丹江库区有利的水沙条件, 在丹江汇入汉江处狭窄库区内, 修建分库的闸坝, 坝肩增设从汉江库区引 4 000 m^3/s 的分洪闸和引洪渠与中线干渠连接。利用丹库来水、来沙少的长处, 在汛期腾空作专用防洪库容, 风险较小。汉库有巨大的泄洪能力, 可以留较小的防洪库容, 主要用于抬高发电水位、减少发电损失, 有利于化解防洪和发电、引水的矛盾。

(2) 丹库蓄洪和供水 丹库死水位 135m, 平中线引水渠底高程; 汛限制水位 140m, 以保证丹江汛期中线有 300 m^3/s 的最小引水能力; 正常高水位 162m 即目前的坝顶高程, 相应防洪库容 65 亿 m^3 , 到汛末蓄满到正常高水位 162m 高程时, 共有 70 亿 m^3 库蓄水, 加上被随时引走的丹江 50 亿 m^3 来水, 共有 120 亿 m^3 可供中线调用。配合京津华北城乡当地雨水资源利用技术和节水灌溉技术的推广和普及, 120 亿 m^3 的基础调水是能够基本满足原中线规划的 145 亿 m^3 的用水要求的。若计入直接从汉江库区的多年平均分洪引水量, 则年调水量可达到 170~220 亿 m^3 , 远超过了原中线规划的年调水量。

(3) 汉库泄洪和发电 汉库死水位 138m, 汛限制水位 157m, 正常高水位 162m, 防洪库容 20 亿 m^3 。汉、丹分库后防洪与兴利库容的结合量从 47.6 亿 m^3 增加到 85 亿 m^3 , 库内闸坝可以实现大流量、大变幅的快速调洪。调洪时, 汉库的水位将稳定少变。再考虑直接从汉江库区的 4 000 m^3/s 的中线分洪引水能力, 加上 157m 高程下有 37 400 m^3/s 的巨大泄洪能力, 将使丹江口水库下游河道的堤防从 5 年一遇的洪水标准, 提高到千年一遇。千年一遇 7 天设计洪量 188 亿 m^3 , 中线可分洪引水 24 亿 m^3 , 水电站发电流量 1 700 m^3/s 加溢洪道泄洪 16 000 m^3/s , 共下泄 17 700 m^3/s , 7 天可泄洪 79 亿 m^3 , 余下 85 亿 m^3 蓄在防洪库容内; 而且千年一遇最高库水位不超过正常高水位 162m 即现在的坝顶高程, 最大泄洪流量比原规划 176.6m 坝顶高程方案的最大泄洪流量还小 4 600 m^3/s 。万年一遇加 20% 的校核洪水 7 天洪量 284 亿 m^3 , 中线分洪引水 24 亿 m^3 , 发电加溢洪道和底孔下泄共 33 700 m^3/s , 7 天能够下泄 165 亿 m^3 , 余下 85 亿 m^3 蓄在防洪库容内, 校核洪水位也不超过

正常高水位 162m, 相应最大泄洪流量比 176.6m 坝顶高程方案的最大泄洪流量还小 13 700 m^3/s 。防洪库容和兴利库容的最大结合, 使校核洪水位与正常高水位完全相同并且不超过现有坝顶 162m 高程。

这些都是在不考虑利用已有的 1~3 天洪水过程预报能力、不提前预泄腾空库容进行预报调度下的调洪结果, 是留有余地的, 考虑到了下游出现区间洪水时错峰调洪的需要。

分库后的汉库可以将汛限制水位从 149m 提高到 157m, 可以提高发电水头 8m; 多年平均发电量只下降 20% 左右, 可以达到 30 亿 kwh 。

(4) 库区不用移民 汉、丹分库和中线建设 4 000 m^3/s 分洪引水能力后, 多年调节库容将被华北平原地下水多年调节库容所替代, 校核洪水位与现有坝顶高程相同, 所以不用加高大坝, 只需在现在的坝顶上增加 1m 高的钢筋混凝土防浪墙; 并且库区不需要移民, 就可以顺利解决引水、防洪、发电的全部矛盾。按每人平均 4 万元移民费计算, 可以节省移民费 89.6 亿元, 还能减少 20 万亩高产耕地的损失, 并有利于缩短工期。

4. 利用过河渡槽建人工回灌地下水库的拦河闸和渗水井

中线 4 000 m^3/s 的分洪引水能力, 为华北平原地下水库回灌提供了水量, 但必须有相应的地下水库回灌工程相配合。中线穿越 603 条大、中、小河道, 可以根据地质资料找出具有透水性最好的沙卵石层并与地下水库水力联系最密切的河床或古河床, 利用过河渡槽修建拦河闸作为人工回灌地下水的渗水库, 或者修建各种类型的渗水井, 使华北平原严重超采的深层和浅层地下水库的多年调节能力, 通过数十年的努力逐步得到恢复。

5. 汉库建设抽水蓄能电站

汉库南岸紧邻武当山脉和工业重镇十堰市负荷中心, 地形和位置有利, 库区建设抽水蓄能电站后, 可以利用三峡电站廉价的谷电抽水, 再向电网提供峰电。大坝电站只担负基荷, 汛期可以满足装机发电, 充分利用洪水能量; 枯水期则按航运流量发电而不进行调峰发电, 这将会节省出大量高峰负荷时调峰发电所下泄的用水量以确保航运流量, 并且不需要在下游修建引江补汉工程。

以上的分析和建议表明, 优化的中线工程可以做到: 向京津华北多引水; 库区不移民; 减少 20 万亩南方高产耕地的损失; 有利于缩短工期; 下游堤垸防洪标准从 5 年一遇提高到千年一遇; 不用修建引江补汉工程; 可恢复华北平原地下水库多年调节库容, 使近 2 万 km^2 的地面下沉能够得以缓解; 丰水年多引的分洪水量可以用于黄河的冲沙; 使京、津和华北对频繁的洪旱灾害具有较强的适应能力。

(责任编辑 王宏章)