

黄河断流与西部调水

The Broken Current of the Yellow River and Water Transfer from the Western China

高季章 甘 泓 沈大军
(中国水利水电科学研究院 北京 100044)

一、黄河断流及其发展趋势

黄河流域是我国西北、华北地区的重要水源。流域面积 79.5 万 km², 占全国的 8%。根据 1919~ 1975 年的资料统计, 黄河花园口多年平均实测径流量为 470 亿 m³, 还原后, 多年平均天然径流量为 559 亿 m³, 加上花园口以下支流径流量 21 亿 m³, 黄河流域多年平均天然径流量为 580 亿 m³。黄河流域地下水资源总量 453 亿 m³, 其中与河川径流重复计算量 305 亿 m³。因此黄河流域水资源总量为 728 亿 m³ (表 1)。

表 1 黄河天然年径流地区分布					
区 间	控制面积		平均径流量		径流深
	km ²	%	m ³	%	
兰州	222 551	29.6	323	55.6	145
兰州—河口镇	111 586	21.7	- 10	- 1.7	
河口镇—龙门	111 586	14.8	73	12.5	65
龙门—三门峡	190 869	25.4	113	19.5	59
三门峡—花园口	41 616	5.5	61	10.5	146
花园口	730 036	97.0	559	96.4	77
花园口—黄河口	22 407	3.0	21	3.6	94
黄河河口	752 443	100.0	580	100.0	77

流域内共有耕地 1.79 亿亩, 林地 1.53 亿亩, 牧草地 4.19 亿亩, 还有宜于开发的荒地约 3 000 万亩。1990 年人口 9 781 万人。流域内人均水量 593m³, 为全国平均的 25%, 亩均水量 324m³, 为全国平均的 17%。黄河供水地区引用黄河河川径流量 395 亿 m³, 耗水量 307 亿 m³。用水的地区分布为: 上游地区年引水量 198 亿 m³ 耗水量 131 亿 m³; 中游地区年引水量 71 亿 m³, 耗水量 45 亿 m³; 下游地区年引水量 126 亿 m³, 耗水量 122 亿 m³ (其中流域外耗水量 106 亿 m³)。用水的主要部门是农业灌溉, 平均年引用黄河河川径流 362 亿 m³, 耗水 284 亿 m³, 占总耗用河川水量的 92%; 工业及城乡生活每年引用黄河河川径流 33 亿 m³, 耗水 23 亿 m³。流域内地下水开采利用量 97 亿 m³, 其中上游地区 23 亿 m³, 中游地区 54 亿 m³, 下游地区 20 亿 m³ (表 2)。由于水资源总量不足, 部分地区

水土资源分布不相适应, 以及中下游和一些主要支流调蓄水量的能力不足等原因, 黄河流域的水资源供需矛盾已相当突出, 部分地区存在不同程度的缺水。多年平均缺水量 26 亿 m³。由于水资源短缺, 黄河下游干流河道及部分支流经常断流。从 1972 年到 1997 年的 26 年中, 黄河下游共有 20 年发生断流。根据利津站的实测资料, 20 年中累计断流 70 次, 共 908 天, 平均年断流 45 天。其中 1997 年断流 226 天, 长度 704km (表 3)。

表 2 黄河供水地区耗水量现状					
水 源	项 目	河口镇以上	河口镇—花园口	花园口以下	合 计
河川径流	城镇生活	0.66	1.14	2.01	3.81
	农村人畜	1.54	1.74	1.78	5.05
	工 业	5.12	3.81	5.53	14.45
	农业灌溉	123.76	47.74	112.43	283.93
	小 计	131.07	54.42	121.75	307.24
地下水	城镇生活	1.93	3.80	0.62	6.35
	农村人畜	1.67	5.65	2.02	9.34
	工 业	9.22	10.94	1.99	22.15
	农业灌溉	10.20	33.12	15.42	58.73
	小 计	23.01	53.51	20.02	96.57
合 计		154.08	107.93	141.80	403.81

表 3 90 年代黄河断流情况统计表					
年 份	断流时间(月、日)		断流次数	断流天数	断流长度(km)
	最 初	最 终			
1991	5.15	6.10	2	16	131
1992	3.16	8.10	5	83	303
1993	2.13	10.12	5	60	278
1994	4.03	10.16	4	74	308
1995	3.04	7.23	3	122	683
1996	2.14	12.18	6	136	579
1997	2.07	12.31	13	226	704

由于黄河断流, 黄河下游沿黄河两岸特别是河口

地区城镇居民生活用水造成危机,影响社会安定。1997年,由于黄河流域普遍干旱,以黄河为主要生活水源的东营、滨州、德州、青岛等城市以及中原、胜利油田90多万城镇居民饮水发生严重困难。不仅如此,黄河断流对工农业生产也带来严重影响,据初步统计,黄河下游1972~1997年因断流和供水不足,造成工业停产或减产、作物绝收或歉收,累计直接经济损失400多亿元。90年代以后断流加剧,年均损失达50亿元。

黄河河床进一步抬高,使黄河流域的防洪形势也进一步恶化。据统计,1986~1996年间,黄河下游连续出现枯水,下游河道共淤积泥沙27亿t,其中河槽淤积了19.4亿t,年平均淤积1.8亿t。河槽的泥沙淤积使过水断面减少,水位抬高,平滩流量由80年代中期的6000~8000m³/s减为目前的3000m³/s。另外,黄河流域的水资源短缺及断流,也使黄河流域的水环境进一步恶化。

随着经济发展,黄河流域的工农业生产和人民生活对水资源量的需求还将进一步增加。据水利部和国家计委联合实施的水中长期供求计划研究结果表明,在2010年,黄河流域的8个二级区需水量将达523.95亿m³,比现状增加29.8%。其中工业需水108.93亿m³,农业需水383.20亿m³,生活需水31.81亿m³,分别比现状增加197.6%、11.8%、29.6%。计划的供水量也将达到481.04亿m³,其中地表水325.69亿m³,地下水149.54亿m³,污水回用5.81亿m³。考虑节水措施和技术进步等因素进行预测,2010年供需缺口仍然达到42.91亿m³,比现状的缺水增加15亿m³,而且若按计划进行供水,黄河流域内的水资源利用率将达66.1%,比现状提高了20%。到那时若没有非常的措施,黄河流域的水资源形势将进一步恶化。2010年以后,流域内的工农业生产仍将发展,城市化进程将继续提高,生活用水也将继续增加,而流域内的水资源几乎耗竭,缺水和断流问题将更加严重。同时,上述的需水预测也仅限于工农业生产和人民生活用水的预测,没有考虑生态环境用水,是不全面的。因此若为了保护黄河流域的生态环境,流域的需水量将远比上述预测数据大,流域内各类用水的竞争将更激烈,水的供需矛盾也更突出。据初步估计,为了冲刷黄河的泥沙,保持河道冲淤平衡,至少需水155亿m³,保持黄河流域的生态环境约需水50~80亿m³。另外,在黄河流域实施的水土保持工作对水资源的供需也产生了影响,目前由于水土保持减少的黄河径流量约为年均30亿m³。因此,在2010年以后,黄河流域的缺水量可能达到120~130亿m³。

由此可见,黄河流域的缺水以及断流问题已到了非解决不可的程度,而最为有效的措施则是采取从外流域调水解决。

二、西部调水工程水源区水资源量分析

南水北调东线和中线工程的研究比较深入,进行过多次讨论和论证,在技术上均是可行的。东线的主要问题是水质较差以及为改善水质投资巨大;中线的

主要问题是工程量和投资较大,导致水价高,用户的承受能力近期尚不能适应,同时缺乏调蓄水库,管理比较复杂。

对西线研究较少,本文所讲的西部调水,是包括了黄河水利委员会的长江西线调水方案和中科院综考会陈传友先生提出的大西线调水方案。

我国西部调水工程水源区涉及的河流为大渡河、雅砻江、金沙江、澜沧江、怒江和雅鲁藏布江及其支流拉萨河、帕隆藏布和尼洋河等。

雅鲁藏布江是世界海拔最高的大河,也是西藏最大的河流,发源于喜马拉雅山中段北麓的杰马央宗冰川,全长2057km,在我国境内流域面积240480km²。上游段从海拔5590m的源头至海拔4400m的里孜,全长268km,集水面积26570km²;中游从海拔4400m至海拔2800m的派(地名),全长1293km,集水面积163951km²。下游段从2880m的派到海拔155m的巴昔卡附近,长496.3km,集水面积49959km²。

雅鲁藏布江流域的上游地区,年径流深一般为100~200mm,径流系数为0.3~0.4;中游地区年径流深为200~1000mm,径流系数为0.4~0.7;派以下的下游地区年径流深一般在1500~3000mm。

澜沧江在我国境内河长1612km,流域面积16.8万km²,年平均水量740亿m³。源头海拔约5000m,流经133km至昌都。流入西藏处水面海拔3520m,流出西藏处水面海拔2257m。

怒江也是我国的一条大河,在我国境内总长度1659km,流域面积137818km²,出国处多年平均径流量703亿m³,其中西藏境内408.9亿m³。

雅砻江是金沙江最大的支流,流域面积13万km²,河口多年平均水量591亿m³。

金沙江是长江的上游,发源于唐古拉山主峰格拉丹冬雪山,至四川省宜宾,全长3481km,流域面积近50万km²,天然落差5142m。干流屏山站控制流域面积47.3万km²,多年平均流量1553亿m³。

经过对上述各河流水文站资料分析,得出各河流高程与径流量关系(略去关系图)。从以上的数据可以看出,我国西南5条主要河流的水资源量相对较丰富。这是由于河流的集流面积较大,在海拔2000m以上,流域面积达75万km²左右,径流量达2400亿m³;在3000m以上流域面积也达56万km²,径流量达1400亿m³以上;在海拔4000m以上,流域面积也达11万km²以上,水量近280亿m³。同时所有的河流内人口稀疏,工农业生产和生活用水少,这也使区域内的水资源相对较丰富。但从总体上来讲,区域内的水资源量并不十分丰富,除西藏的部分地区外,区域内的径流深并不大,海拔2000m以上径流深为320mm左右,3000m以上为250mm左右,4000m以上为250mm左右。区域内水资源量呈海拔降低、单位产水量增加的趋势。

跨流域调水工程的可调水量与水源区的水资源量、工程布置和用水区的需水量有关。从水源区考虑,若以径流量的40%作为可调水量,水源区海拔2000m调水的可调水量接近1000亿m³;在海拔2500m处调水,可调水量可达700亿m³;在海拔3000m处调水,为500亿m³;在3500m处调水,为350亿m³;而在海拔4000m处,仅为110亿m³左右(表4)。

表4 水源区水量及集水面积估算表 (水量: 亿 m^3 ; 面积: km^2)

海拔	4 000m		3 500m		3 000m		2 500m		2 000m	
河流	水量	面积	水量	面积	水量	面积	水量	面积	水量	面积
怒江	66	18 228	200	57 050	329	87 269	365	92 770	395	98 500
澜沧江			140	40 000	163	54 000	180	67 000	220	80 000
雅砻江	28	14 000	73	27 800	140	56 600	250	83 000	360	120 000
金沙江	98	12 500	128	138 700	204	162 000	304	18 810	375	215 000
雅鲁藏布江	85	65 000	326	150 000	530	188 000	700	199 000	860	210 000
足木足河			10		49	15 000			190	
绰斯甲河			16		27					
合计	277		893		1 442		1 799		2 400	
可调水量	111		357		577		720		960	

三、对几个问题的认识

1. 黄河流域水资源短缺是不争的事实,但调水应基于当地水资源的充分利用

黄河流域的断流说明了黄河水资源的严重短缺,需要从流域外调水解决。但我们同时也必须认识到,从外流域调水应基于流域内当地的水资源充分高效利用这个前提。目前,黄河流域的水资源浪费与短缺并举,区域的水资源开发利用仍然有潜力。

据黄河水利委员会设计院分析,1990年引黄、扬黄灌区有效灌溉面积1 557万亩,直接引黄、扬黄能力1 500 m^3 /s。引水量宁夏为81.2亿 m^3 ,内蒙古79.8亿 m^3 ,农田引水灌溉量达154.07亿 m^3 。按引水量计,灌溉定额近1 000 m^3 /亩,其中宁夏灌区达1 500~2 200 m^3 /亩,渠系水利用系数在0.4左右。因此黄河流域的农业用水节水潜力较大。据初步估计,黄河流域的灌溉节水潜力约70亿 m^3 ,其中渠灌区60亿 m^3 ,井灌区10亿 m^3 。黄河流域的工业用水的重复利用率也较低,大中城市在50%~60%,小城镇只有20%~30%。因此增加农业投入,积极推行节水措施,改变灌溉方式,可以适当地为当地增加一部分供水量;但靠节水解决黄河断流和增加下游的供水能力,非相当长时期,很难实现。

黄河流域下游两岸及上中游灌区可开采利用的地下水潜力很大。黄河下游灌区应以地下水灌溉为主,引黄补源为辅,减少引黄水量。另外,应在黄河上中游大力推行生态保护,减少泥沙,也可以利用一部分冲沙水量供工农业生产和生活之用。

2. 西部调水工程调水量随工程的不同变化很大,应考虑工程的可行性和现实性

由于黄河干流的河床高程比我国西南诸河高100~600m左右,因此为了实施调水,现在提出的有关大西线调水的各方案的工程规模都十分庞大。所有方案都涉及200~600m以上的高坝,几十公里长的隧洞和装机上百万千瓦的泵站。由于工程规模的不同,各方案提出的可调水量相差较悬殊。但在实际的研究中,应注意工程的现实可行性。

3. 西部调水近期应以解决黄河断流为主

由于黄河断流的严重性和其影响的广泛性,黄河断流成为近期迫切需要解决的问题,也是我国北方缺水问题的体现。解决黄河断流问题可以很好地缓解沿黄地区的工农业生产和生活用水问题,也可以较好地

解决黄河流域的环境问题。

4. 西部调水工程应与中线结合研究

南水北调中线工程是解决河南以及黄河以北北京、天津、河北地区水资源短缺的有效措施,同时客观上对解决黄河下游的断流起直接和间接的重要作用。由于其优越的地理位置和水源区丰富的水资源,在远期若考虑从长江三峡引水,通过南水北调中线的输水干渠入黄河,可以解决黄河下游的断流问题,同时也可以给黄河下游沿黄地区提供相当一部分的水量。

大西线是从黄河的源头补水,其控制面广,供水量也较大,有可能缓解我国西北地区的水资源问题,是一条根本的出路,但其工程量大实施较困难。因此如何在远期和近期结合中线和西线工程,以及不同的供水量和供水范围等问题,应进行充分的论证分析。

5. 近期宜以黄河水利委员会的雅砻江和通天河方案结合陈传友的近期方案(见本期P7文章)研究对比

南水北调西线工程已经进行大量的前期研究工作,方案比较成熟,基础资料也比较可靠。陈传友提出的方案基于南水北调西线工程的通天河调水方案,其设想有新颖独到之处。互相结合将能促进方案的实施。此方案的水量有保证,通天河治家的径流量为99亿 m^3 ,直门达为124亿 m^3 ,能保证近期的用水区的水资源需求,若能调水80~100亿 m^3 ,对解决黄河断流也能起到很好的作用。方案的规模相对较小,影响范围小。主要问题是取水点高程近4 000米,工程建设难度较大。

6. 应研究调水的电力得失和水电联营问题

大西线调水所涉及的地区是我国水电资源的富矿区,我国规划的12大水电基地有5个位于区内。金沙江石鼓—宜宾装机4 789万kW,雅砻江两河口—河口装机1 940万kW,大渡河双江口—铜街子装机1 805.5万kW,澜沧江干流2 137万kW,黄河上游龙羊峡—青铜峡装机1 415.48万kW。因此,在我国的西部地区的调水也意味着调电。调水将对规划的这些梯级产生影响。另外,对于我国的西部丰富的水电资源,在大西线工程的规划时,应充分考虑利用这些丰富的水电资源提水的可能性,以充分利用水资源和电力资源。通过调水,既输水又发电。由于黄河上已建电站库容大,如龙羊峡水库达240多亿 m^3 ,而目前长期在死水位运行,故可进行调蓄。这种输水相当于增加了蓄能电站。有些专家建议通过西南向西北输电,减少西

北水电站运行时间, 增加供水, 这一方案由于无法调蓄, 受市场限制较大, 作用有限。

7. 应采用调水、水电(电力)联营的新机制

调水工程如果仅靠水费回收资金, 很难形成一个在经济上能够自我良性循环的项目。水费太高, 用户将负担不起; 水费太低, 项目将亏损。但如果能与电联营, 在 2010 年三峡工程建成、形成全国联网时, 使调水工程成为一个巨型抽水蓄能工程, 则有可能以电养水。在国家投入较多资本金和优惠政策支持下(因为解决农业用水需补贴, 冲沙、防洪、环境效益需政府投入), 在贷款利率、税收政策等方面给以优惠, 则有可能成为一个运行期基本自负盈亏的巨型项目, 同时将很好地发挥工程的社会效益和经济效益, 增加粮食产量, 从而彻底解决黄河的断流和防洪问题。

可设想由三峡开发总公司、二滩开发公司、西北电管局、水利部三门峡和小浪底工程的业主、主要受益区等单位组成西部调水—水电联营公司, 就方案的可行性进行研究, 并负责实施。

8. 西部调水入黄河, 有利于发挥黄河上已建电站、引黄工程的效益并节省土地资源

西部调水入黄河, 有利于发挥黄河上已建的电站、引黄工程的效益, 避免由于黄河水量进一步减少而造成已建工程的报废或不能正常运行, 以及进一步新建工程可能带来的巨大浪费。同时由于利用黄河河道为输水线路, 可大幅度地减少工程用地, 这对于土地资源非常紧缺的中国, 是非常重要的。

9. 两个规划方面的技术问题需要明确

(1) 并非自流总是比抽水好。在电力紧缺时自流的优点较多, 在电力平衡或供过于求时则不同。抽水有利于提高流速, 减小过水断面, 减少工程量。例如南水北调中线工程, 由于落差的限制, 输水流速为 1m/s , 而做了防渗的渠道的输水流速至少可达到 4m/s 。输水流速为 1m/s 的渠道, 过水断面要比流速为 4m/s 时大 3 倍, 工程量增加的幅度很大。若利用电网负荷低谷时的廉价电力抽水, 运行成本也会降低。一般讲, 输水流速小, 建设费用高而运行费用低; 反之, 输水流速大, 建设费用低而运行费用高。应通过技术经济比较, 找出总费用最低的方案。

(2) 输水线路最好能串通。若是隧洞有压输水, 可采用逐步提高水头、加大流速的办法, 而不是新增加洞线的办法。这样在需要增加输水量时, 只要增加调节水库的坝高和运行水位即可。这样便于统一规划、分期施工, 且可视用水需求的增加而逐步实施, 机动灵活, 工程只须在几个点进行, 不会浪费投资。

10. 西部调水工程分期实施设想

大西线工程涉及的河流众多, 输水线路长, 应采用分期实施方案, 遵循“先近后远、先易后难”的原则。一方面, 用水区的需水并不是突然增加, 而存在一个逐步增加的过程, 同时用水区的范围也存在一个扩展的过程。另一方面, 对于水源区的工程建设, 也存在一个逐步改进和完善过程。对于西部调水工程的实施布置, 建议分 4 步进行(线路暂按高程 3 500m 左右考虑)。

第一步: 2010 年调水 50 亿 m^3 , 解决黄河断流及华北用水。

2010 年左右, 以雅砻江(径流量 70 亿 m^3 , 调水 50

亿 m^3) 为水源的西线调水一期工程, 满足黄河中下游及华北地区国民经济需水要求, 并解决黄河断流问题。利用二滩、三峡投产后富余的季节性电能和电网中每周、每日的负荷低谷多余电能作为提水动力, 沿程可经过新建的梯级电站和已有的黄河梯级电站再进行发电。

第二步: 2020 年调水至 100 亿 m^3 , 增加黄河泥沙冲淤用水量。

2020 年左右, 从金沙江调水 50 亿 m^3 (径流量 124 亿 m^3), 总调水达到 100 亿 m^3 , 除满足黄河中下游及华北地区国民经济需水要求和解决黄河断流问题外, 同时利用所调水量冲刷黄河泥沙(此时小浪底死库容已淤满), 力争在 20 年内逐步将黄河地上河改造为地下河, 从而根本解决黄河的防洪问题。提水动力为二滩、三峡、小湾、溪罗渡电站的季节性电能。

第三步: 2030~2040 年调水至 200 亿, 解决西北东部、华北西部的缺水问题。

2030~2040 年, 调水线路进一步向西南伸展, 将怒江(水源 200 亿 m^3 调出 100 亿 m^3)、澜沧江(水源 44 亿 m^3 , 调出 20 亿 m^3)、长江与黄河连接, 总调水达到 200 亿 m^3 , 解决西北东部、华北西部的缺水问题, 并开发河西走廊, 解决中国 16 亿人口的粮食问题。

第四步: 2050 年调水至 300 亿 m^3 , 调水扩展至整个西北。

2050 年, 调水线路再向西南伸展, 将雅鲁藏布江(水源 313 亿 m^3 , 调出 100 亿 m^3)、怒江、澜沧江、长江与黄河连接, 总调水达到 300 亿 m^3 。同时沿黄河向上将水量引入青海湖乃至柴达木盆地和塔里木盆地, 为青海、新疆的开发建设提供水源。

四 建 议

1. 进行雅鲁藏布江流域以及西南诸国际河流的流域规划

雅鲁藏布江是我国的重要江河之一, 是我国西部调水的主要水源地, 也是亚洲地区重要的国际河流。但目前雅鲁藏布江是我国各大江河中唯一没有进行流域规划的河流, 这十分不适应发展的需要。在以前的研究和规划中, 西藏已经完成了雅鲁藏布江中部流域地区的流域规划和拉萨河、年楚河以及尼洋河流域的有关规划, 但都没有涉及跨流域调水问题。目前, 在此工作的基础上, 进行雅鲁藏布江流域规划的时机和条件已经成熟。

2. 加强西部调水地区的基础工作

由于地理位置偏远, 目前我国西部调水地区研究所需的基本资料十分缺少, 某些河流甚至连基本的水文资料都不完全。这些均严重地影响了对西部调水的研究和工作的深入。建议国家有关部门为国家的长远利益和调水工作的研究, 加强这些地区的基本资料的收集和整理工作, 特别是有关水文、地理、地质的资料。有条件时也可利用 GIS 技术和手段进行基础工作。建议尽快启动“水利部调水工程研究中心”, 与有关部门联合进行前期研究, 尽快提出可行性方案。

(参加此项工作的还有中国水利水电科学研究院水资源研究所的王浩、汪林、丁民)

(责任编辑 王宏章)