

南水北调西线一期工程生态环境影响及对策

崔 荃¹, 吴春华¹, 邢 琳²

(1.黄河勘测规划设计有限公司, 郑州 450003;
2.黄河水利委员会黄河档案馆, 郑州 450003)

摘 要:以南水北调西线一期工程的前期工作为例,在概括生态环境现状特征的基础上,对调水后河流水文情势的变化及生态环境影响进行了全面系统的分析,并制定了缓解调水影响的有针对性的措施。结果说明,调水后径流的变化由引水水库至下游沿程递减,到长江干流后已微乎其微;从宏观上分析未发现制约西线一期工程建设重大环境因素;但下游河道水量减少,会在局部河段内和一定时期内有一定的影响,主要是对调水河流水生生物的影响、对下游湿地局部的影响、对下游个别县城附近河段水质的影响等。在对调水影响认真研究的基础上,通过全面规划、统筹兼顾,提出构建环保观念、绿色设计、生态调度、行为规范、生物修复、工程保护、监测监督、经济保障及长效机制等九大绿色屏障,采取具有针对性的措施,防控调水工程对鱼类、湿地及水质的影响并将其降低到最低程度。努力设计出一个南北互利、环境和经济双赢的跨流域调水工程,将西线一期工程建成青藏高原绿色生态工程的范例。

关键词:南水北调;西线一期工程;生态环境影响;对策

中图分类号:TV68

文献标识码:A

文章编号:1674-4969(2012)04-0341-07

1 基本情况

1.1 工程概况

南水北调西线一期工程(以下简称西线一期工程)从雅砻江、大渡河上游的干支流调水,总调水量为 $80 \times 10^8 \text{ m}^3$,从雅砻江干支流的三条河流调水 $56.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,从大渡河四条支流调水 $23.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。调水工程由水源水库和输水线路组成,有“七坝九段十四洞”。“七坝”即在7条调水河流上建7座引水水库,最大坝高30~192 m,其中6座为多年调节水库。“九段”即输水线路全部由隧洞组成,总长320.9 km,被河谷自然分为

9段。杜柯河之前有4段,长153.9 km,杜柯河之后有5段,长167 km,为两条隧洞平行布置。前后隧洞条数总共为14条,称“十四洞”^[1]。

1.2 自然环境

该工程主要分布在四川、青海两省和甘孜、阿坝、果洛三州,以及甘孜、德格、色达、壤塘、阿坝、班玛六县。

根据中国科学院知识创新工程重大项目“中国西部环境特征及其演变”中的生态地理分区,本生态影响分析区属青藏高寒大区、高原温带、湿润半湿润地区的川西藏东高山深谷分区

收稿日期:2012-03-09;修回日期:2012-04-09

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划重大项目“南水北调工程若干关键技术研究与应用”(2006BAB04A08)

作者简介:崔荃(1954-),男,教授级高工,主要从事跨流域调水研究。E-mail: quancui54@163.com

吴春华(1970-),女,博士后,教授级高工,主要从事环境生态学研究。E-mail: wuchunhua88@126.com

邢琳(1984-),女,助理工程师,主要从事信息管理。E-mail: 285676933@qq.com

(H II A/ B1) ^{[2]12-13}, 在《全国生态脆弱区保护规划纲要》划分的生态脆弱类型区之外。川西藏东高山深谷分区和藏南山地分区是青藏高原仅有的两块温度较高的区^{[2]23-24}, 由于区内河谷海拔较低, 温度、水分条件优越, 发育了具有亚热带特性的生态系统, 和周边的青藏高寒大区其他分区严酷气候下的脆弱生态形成鲜明的对比。

对工程涉及的 5 万 km² 区域进行环境本底调查后发现, 区内有高等植物 102 科、259 属、680 种, 国家保护植物有星叶草、虫草、长苞冷杉、岷江柏木、红豆杉、大叶柳、中国沙棘及光核桃等 15 种; 分布有鸟类 14 目、34 科、192 种, 国家 I 级保护鸟类有金雕、玉带海雕、胡兀鹫、雉鹑、绿尾虹雉、黑颈鹤等 9 种; 分布有兽类 7 目、17 科、56 种, 国家保护种类 25 种, 国家 I 级保护种类有雪豹、豹、白唇鹿、扭角羚、西藏野驴等 5 种; 两栖类 2 目、4 科、9 种, 爬行类初步记载有 1 目、5 科、17 种; 检出浮游植物 39 属、浮游动物 15 种, 发现底栖动物 13 种; 鱼类共有 3 目、4 科、33 种, 其主要组成是鲤科裂腹鱼亚科鱼类, 占 15 种, 另有鳅科条鳅亚科鱼类 14 种,

此外还有鲢科川陕哲罗鲑、鮡科的青石爬鮡、黄石爬鮡和宽纹纹胸鮡等 4 种^{[3]31-72}。

2 生态环境影响分析

2.1 调水后调水河流水文情势变化

西线一期工程 7 个引水水库按照丰水多调、枯水少调、保障生态环境用水的原则进行调度运用。从雅砻江干流的热巴水库调水 $42 \times 10^8 \text{ m}^3$, 从其支流的达曲阿安水库和泥曲仁达水库分别调水 $7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3$; 从大渡河支流的色曲洛若水库、杜柯河珠安达水库、玛柯河霍那水库、阿柯河克柯水库分别调水 $2.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $3.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。调水后, 在各调水河流下游未建水电梯级的状况下, 各断面径流变化情况如表 1^[4]。

由表 1 可以看出, 调水后径流的变化由引水水库至下游沿程递减, 到长江干流后已微乎其微。径流变化中, 枯水年减少的幅度要大于丰水年。随着长江干支流水电梯级的建设, 河段水量、水深、水面宽的变化主要受水库调节运用的控制。

表 1 调水前后河流下游径流变化表

河流	断面	多年平均年径流			最大年径流			最小年径流		
		调水前 /10 ⁸ m ³	调水后 /10 ⁸ m ³	变化幅 度/%	调水前 /10 ⁸ m ³	调水后 /10 ⁸ m ³	变化幅 度/%	调水前/10 ⁸ m ³	调水后 /10 ⁸ m ³	变化幅 度/%
雅砻江	达曲	13.15	6.03	54.1	21.34	13.2	38	6.18	2.96	52
	泥曲	19.84	12.10	39.0	29.99	20.84	30	10.28	6.72	35
	干流	493.65	435.03	11.9	743.07	681.47	8	328.74	283.45	14
大渡河	绰斯甲河	58.37	45.59	21.9	17.26	8.54	50	5.42	2.27	58
	足木足河	74.13	62.89	15.2	98.54	86.49	12	36.89	32.02	13
	干流	464.46	440.52	5.2	554.46	529.19	4.6	350.26	339.87	3
长江	干流	1 262.5	1 204.6	4.6	1 713.2	1 651.7	3.6	894.1	839.9	6.1
	屏山	1 439.0	1 381.1	4.0	1 972.8	1 911.3	3.1	1 043.1	997.8	4.3
	宜昌	4 334.6	4 252.8	1.9	5 244.7	5 155.4	1.7	3 446.6	3 377.3	2.0

注: 各水文站径流系列为 1960-06—2005-05。

2.2 主要调水影响分析

工作中采取定性与定量分析相结合的方法, 对工程沿线的气候、水质、地下水、陆生生物、水生生物、干旱河谷、若尔盖湿地的影响进行了

分析, 主要调水影响的分析如下。

2.2.1 对气候的影响

引水水库蓄水后, 7 座水库将形成 134.63 km^2 的水面、 $60 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的水体, 库区下垫面的自然

状态改变,将对库区及库周有限范围的局地小气候产生影响,如气温、湿度、降水、风速、雾情等均可能有所变化。水库增加的水面与气候规律转换和降水特征演变所需要的面积相比微乎其微,不可能改变大尺度的大气季风环流的形势及大气下垫面的热力状况,也不能左右对降水的影响占95%的外循环水分,对大区域的天气的影响是很小的,对大范围气候的影响并不明显^{[3]149-157}。

2.2.2 对调水河流水质的影响

大渡河支流阿柯河、玛柯河和杜柯河,雅砻江支流泥曲、达曲及其干流上游的调水河段的环境功能区划均为地表水Ⅱ类水体,现状是两条河水质情况良好。2030年各预测水平年内,未来河流的污染源仍将以城市生活污水为主,雅砻江、大渡河流域日排放入河污水量分别约达到16 364 t和11 698 t。

采用7Q10法,计算了各调水河流近10年自然状况下的最枯月平均流量和90%保证率下的最枯月平均流量,作为河流污染物允许排放量的最小流量分别与引水水库下泄的流量对比,发现引水水库下泄的流量均大于上述最小流量。采用水质预测模型,根据经济生活发展指标及治污和不治污两种场景,对引水坝址下游河道内的水环境质量变化趋势进行了预测,发现调水不会使河流水质类别发生变化,水体依然能维持Ⅱ类水的水质,满足功能区划要求。但在有效治理生活污水前,阿坝县城的断面最枯水月份水质有超标现象,采取治污措施后可显著改善。

2.2.3 对陆生生物的影响

工程施工活动主要在自然生态环境条件最好的一级区,区内海拔高度为3 000~3 500 m,土地覆盖类型主要以林地、灌丛地为主;植被覆盖很好,87%的区域植被覆盖度大于75%;降水量较高,多在700~770 mm;年均温度多在1~5℃,局部地方为10℃;植被净初级生产力(NPP)集中在400 g/(m²·a)左右,说明有较好的物质能量

循环过程,植被自然修复的能力强^{[3]86-89}。

采用环境同位素示踪法对7条调水河流的123处进行调查、取样、化验,并通过灰色关联分析,认为其水源以大气补给为主,由地下水单向补给河水,所以河道内水量的变化不直接对河道水—地下水—植被关系产生影响^[5]。用分布式水文模型模拟流域植被的耗水量,也证明调水区内植被的生长水分需求基本上能从降水中得到满足,调水引起的河道水位降低,对大多植被的生长影响很小,受影响主要是河流下游的局部宽谷河段近岸的植被^{[3]160-162}。

陆生动物群落多分布在淹没线以上,坝址附近分布的珍稀保护动物有藏羚、白唇鹿、盘羊、雪雉、白马鸡、蓝马鸡和班尾榛鸡等,这些动物均有较强的迁徙能力,蓝马鸡的分布位置较低,大约位于海拔2 100~3 600 m地带,水库蓄水将会淹没其栖息地。

2.2.4 对水生生物的影响

引水水库蓄水后,将有利于水体中浮游动植物和底栖动物种群的生长繁殖和扩大,饵料生物量的增加又使一些适宜生活在高原宽谷缓流和静水中的鱼类成为库区鱼类的优势种。由于枢纽大坝的阻隔,破坏了部分鱼类的洄游、栖息、索饵和繁殖的生态条件,某些洄游鱼类因洄游路线受阻,或原先适宜急流水生活的鱼类因不适应新的环境而可能移向库尾或支流上游,会导致其种群数量也相应减少。

调水后下游河道水面、水位、流量的变化,导致该河段内水生生物的栖息空间明显缩小。浮游生物、底栖生物、水生植物的种群结构及生物量都会发生改变。鱼类区系组成、种群结构等皆有可能受到影响,对鱼类资源的影响程度随调水量的增加而加重。

利用繁殖条件法、类比法、生态水力学法分析满足鱼类生存的生态水量,综合分析判断和计算认为,应该保障4—5月份的流量达到原河段同

期平水年的平均流量,这样就可以满足保护鱼类和主要经济鱼类的繁殖和索饵需求,最低状况下则应该保证各河流在调水前的4月份的流量。

在玛柯河上引水坝址以下流域已建有大团、仁青果两座水电站,这阻隔了国家二类保护动物虎嘉鱼(又称哲罗鲑)往上游觅食的通道,导致其在灯塔产卵场和柯河摄食场之间洄游。由于引水水库的下泄流量基本维持了原河段流量,调水后虎嘉鱼越冬的水深仍可维持。但调水后虎嘉鱼的食物生物量的减少,影响虎嘉鱼在被阻断的生存空间中的种群容纳量^{[6]9-10}。

2.2.5 对干旱河谷的影响

调水河流下游200 km以外的河段分布有干旱河谷,其中大渡河河段有1 185.01 km²,雅砻江河段有8.17 km²,主要为干暖和干温两种类型。一方面,干旱河谷的成因主要是地形地貌与大气环流;另一方面,由于干旱河谷区距离调水工程区较远,随着区间汇流的沿程增加,加上干旱河谷区为下切很深的“V”形河谷,调水后径流减少导致河面减小的幅度有限。所以,水面宽度的轻微变化对降水、河水蒸发和空气湿度等气象要素的影响不明显^{[6]11}。特别是位于干旱河谷内的雅砻江两河口、牙根水电站,大渡河双江口、金川、巴底、丹巴水电站均先于西线工程建成,届时,水库增加的水深、水面和西线工程调水导致减少的水深、水面呈逆向变化,而且西线工程的影响值是厘米级,而当地所建水库的影响值是百米级的,故对干旱河谷的影响应以当地修建水电站后产生的影响为主。

2.2.6 对若尔盖湿地的影响

若尔盖湿地保护区在黄河支流黑河的入黄口下游60 km处,距黄河干流30 km。保护区的核心部分如哈丘湖、措拉坚、拉隆措(花湖)等集中在黑河支流达水曲盆地内,被海拔3 600~3 700 m的浅山包围分割成数片。黄河与临近的黑河干支流河段地下水分水岭的高程普遍高于湿地的高

程,也高于黄河干流水面高程,调水后,与若尔盖湿地相邻的黄河水位呈升高趋势,但仍低于黄河与黑河地下分水岭的高程,因而,不会影响到湿地的水位,不会加剧若尔盖湿地的干旱化。

3 对策措施

3.1 总体构想

在调水影响对策及措施设计中,本着充分考虑兼顾调出区的利益,使经济社会发展与生态环境相协调,认真研究和妥善解决社会和调出区关心的问题,全面规划,统筹兼顾,设计出一个南北互利,环境、经济双赢的跨流域调水工程,把西线一期工程建成青藏高原绿色生态工程的范例。

3.2 对策措施

通过9项措施,构建环保屏障,将调水对生态环境的影响降低到最低程度,保障工程与自然和谐。

1) 环保观念

编写、宣传、贯彻《南水北调西线工程工作人员环保手册》、《青藏高原生态环境现状及特征》等材料,内容包括自然环境现状、环境保护要求、重点监控对象、环保法规体系、环境管理及监督。组织工作人员学习领会,设立检查、考核及上岗制度,运用经济奖惩手段,牢固树立工作人员在勘测、设计、施工及运行各个阶段的环境保护观念。

2) 绿色设计

将环保的理念贯穿工程的规划、设计、咨询和审查的全过程,打造绿色设计。如在工程总体布置中,坝址多选在坝下有支流汇入的河段,以使调水后河道基流能够较快恢复,减少对河道生态的影响。引水线路尽可能多用隧洞,基本不用明渠。避免破坏植被和地下渗流的通道,影响湿地生态环境。线路通过支流支沟时,以高渡槽的形式通过,给水生生物留下生存空间,给陆生生物留下迁徙通道。加强对弃渣再利用研究,减少堆放场占用草场。在工程选型、方案优选及咨询

审查中，环境影响及保护因素占较大权重。

3) 生态调度

引水水库的运行根据生态环境保护的需求进行调度。

维持引水水库坝下最小生态流量，根据多种生态环境水量方法计算，初步选择引水水库下泄需要维持的最小生态环境流量（表 2）^{[3]108}。

利用引水水库多年调蓄库容，“移峰填谷”，总量控制，汛期多调，非汛期少调，极枯期基本不调，非汛期调水量仅为调水前径流的一半，在最枯期的 1—2 月份，基本维持调水前河流的水量不变。

为满足鱼类繁殖期 3~6 个月的用水，下泄的生态水量维持或超过调水前相应月份的 8~55 m³/s。为满足塑造河床或湿地漫滩的生态需求，还可调节适宜的大水过程。

预留 2×10⁸~5×10⁸ m³ 的生态安全水量储备，一旦发生水质污染、极度干旱等生态危机或突发事件，可通过水库联合调度，向下游进行紧急生态补水，防止生态灾难的发生。

4) 行为规范

建立环境保护管理体系，规范环境保护的规章制定、宣传教育、验收监控、督察奖惩等工作。通过《南水北调西线工程工作人员环境保护条例》，内容涉及植被、野生动物、水生生物、水环境、大气及民族宗教文化等方面的保护要求，规

范工作人员在勘测、设计、施工及运行工作中的环保行为。

5) 生物修复

对受到破坏或退化的植被生态系统，通过生物措施模拟天然植被的生境。依托当地的林场及科研基地，研究培育当地的优势种，进行乔、灌、草的移栽，建植人工种群；在水库清理库底时，把草甸腐殖质层分块剥离，将适宜移植的乔、灌木带土起苗培育，移植到受损裸地，使受损生态系统迅速恢复至群落发展的高级阶段。

6) 工程保护

通过工程措施减缓调水的影响。如在引水水库上游及重要的河段，设立水源涵养保护区或保护河段，对水环境及水生生物栖息地进行保护；在雅砻江干流和玛柯河等河流建设重要鱼类孵化场，保护种群数量及多样性；在湿地保护区布置顺河坝，维持湿地关键时期原有的水位，通过引水水库生态调度满足其水量要求；在水库上下游沿岸县城建污水处理厂，保护水源及生活用水的水质等。

7) 监测监督

建立环境监测预防系统，进行分级监测。设置南水北调西线工程环境监测总站；在各施工区及重点地（河）段设置工程环境监测分站，下设监测点；在引水水库下游建立水环境和水生生物监测站；在县城附近建立水质监测站；在坝址、

表 2 各调水河流坝址下游河道内生态环境需水量分析结果 m³/s

河流	坝址	坝址多年 平均流量	Tennant 法		最小月平均 径流法	按国家 环保局“11 号文件”规定	水力 半径法	湿周法	生态环境流 量范围值	基本生态流 量初选值
			良好生态 环境标准流量	一般生态 环境标准流量						
雅砻江 干流	热巴	192.5	54.6	35.3	44.5	9.6	49.8	11.06	9.6~54.6	35
达曲	阿安	31.7	9.0	5.8	6.0	3.3	5.0	4.60	2.4~9.0	5
泥曲	仁达	36.4	10.3	6.7	4.6	3.6	8.3	3.72	3.6~10.3	5
色曲	洛若	13.1	3.7	2.4	1.8	1.3	—	—	1.3~3.7	2
杜柯河	珠安达	45.8	13.0	8.4	6.4	4.6	—	3.50	3.5~13.0	5
玛柯河	霍那	35.1	10.0	6.4	7.2	3.5	9.9	1.27	3.5~10.0	5
阿柯河	克柯	19.2	5.4	3.5	2.4	1.9	3.7	1.9	1.9~5.4	2

过沟建筑物、中度和高度危险度泥石流沟等分别布置水保固定监测点, 在受扰动的封闭流域出入口部位建立控制站。全面、及时、准确、迅速预报工程建设及环境动态、突发性环境污染事故、保护措施效果等情况, 督察工程建设行为, 为生态调度提供依据, 协调环境保护工作。

8) 经济保障

初步估算, 西线一期工程建设期和环境保护有关的投资为 50 亿元, 其中环境保护投资 25.6 亿元, 用于环境影响评价与研究、环境保护措施、环境监测、环保设施及安装、环境保护临时措施等; 水土保持投资 24.4 亿元, 用于工程措施、植物措施、临时措施、工程建设监理、科研勘测、水土保持监测、工程质量监测等。工程建成后继续征收南水北调建设基金, 其中部分用于后续的环境保护工作。

9) 长效机制

为缓解调水后的生态环境影响和满足当地人民群众提高生活质量的期盼, 将南水北调西线工程建成“南北双赢”的生态工程、经济工程和社会工程, 必须建立长效机制, 其中生态补偿机制的建立是一条十分有效的途径。建议建立赔偿与补偿平台, 监督补偿资金的落实和补偿项目的实施, 对生态补偿效果进行评价等。建议国家适时征收生态补偿税, 将生态补偿税金全部用于调水影响区域的转移支付。

4 综合结论

经采用宏观定性分析、具体定量计算、模型

模拟等方法, 在大尺度的范围内, 从整体和宏观上, 未发现制约西线一期工程建设重大环境因素。但在局部河段内和一定时期内有一定的影响, 主要是对调水河流水生生物的影响、对下游湿地局部的影响、对下游个别县城附近河段水质的影响等, 通过采用九大措施后这些影响得到缓解。

西线工程调水入黄河, 有利于构建西北生态脆弱带的生态屏障, 遏制土地荒漠化, 维持和恢复内陆河下游的绿洲湖泊, 增加黄河稀释污水和输沙的能力, 并对华北、黄河中下游乃至中国北方的生态环境及经济社会的可持续发展具有重要的战略作用, 其有利影响远大于不利影响。

参考文献

- [1] 景来红, 王学潮, 崔荃, 等. 南水北调西线第一期工程项目建议书综合说明书[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2009: 1-17.
- [2] 秦大河. 中国西部环境演变评估 第一卷: 中国西部环境特征及其演变[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 吴春华, 张宏安, 轩晓博, 等. 南水北调西线第一期工程环境影响分析报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2009.
- [4] 范可旭, 贾建伟, 张晶. 南水北调西线一期工程调水对下游水文情势影响[J]. 人民长江, 2008, 36(17): 32-34.
- [5] 刘苏峡, 夏军, 莫兴国, 等. 基于生物习性和流量变化的南水北调西线调水河道的生态需水估算[J]. 南水北调与水利科技, 2007, 5(5): 12-14.
- [6] 吴春华, 王晓峰, 牛卫华. 水北调西线一期工程调水区生态影响分析[J]. 人民黄河, 2006, 28(1).

Eco-environmental Impact Analysis and Countermeasures on West Route Project of South-to-North Water Diversion

Cui Quan¹, Wu ChunHua¹, Xing Lin²

(1. Yellow River Engineering Consulting Co.Ltd., Zhengzhou 450003, China;

2. Yellow River Archives Center, YRCC, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Taking the preliminary work of the west route project of south-to-north water diversion as an example, this paper does a comprehensive and systematic analysis on the changes of hydrological situations of the rivers as well as the effects on ecological environment. The targeted measures to alleviate the negative effects of water diversion are also discussed on the basis of summing up the characteristics of ecological environment. The results are that no significant environmental factors constrain the construction of the first stage of West Route Project of South-to-North Water Diversion. But there is a certain impact on local rivers, for example, on the aquatic life, on the wetland of downstream, as well as the water quality of several counties around the downstream. After serious study on the effects of water diversion, and through overall planning and consideration, this paper proposes nine green protective methods-environmental protection notion, green design, ecological adjustment, regulatory behaviors, living things recovery, project protection, monitoring and supervision, economic guarantee, and long-term mechanism. Besides, targeted measures are applied to prevent and control the negative effects to the minimum on fish, wetland and water quality. The aim of the project is to design the water diversion project that could benefit both the north and south, and is favorable to environment and economy and shape the first stage of the west route project as the model of green ecological project on Qinghai-Tibet plateau.

Key words: The first stage of West Route Project; South-to-North Water Diversion; eco-environmental impact; countermeasures