

跨流域调水工程的效益转换分析 及补偿机制研究 ——以引大济湟为例

孙凡 解建仓 孔珂 编著

KUA LIUYU DIAOSHUI GONGCHENG
DE XIAOYI ZHUANHUAN FENXI
JI BUCHANG JIZHI YANJIU

陕西科学技术出版社

跨流域调水工程的效益转换 分析及补偿机制研究

——以引大济湟为例

孙 凡 解建仓 孔 珂 编著

陕西科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

跨流域调水工程的效益转换分析及补偿机制研究/孙凡等编著—西安:陕西科学技术出版社,2007.10

ISBN 978-7-5369-4301-8

I. 跨… II. 孙… III. 跨流域引水—水利工程—经济评价—研究 IV. TV 68 F407.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 157524 号

-
- | | |
|-------|--|
| 出 版 者 | 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话 (029) 87211894 传真 (029) 87218236
http://www.snstp.com |
| 发 行 者 | 陕西科学技术出版社
电话 (029) 87212206 87260001 |
| 印 刷 | 西安建筑科技大学印刷厂 |
| 规 格 | 880mm×1230mm 1/32 开本 |
| 印 张 | 8.625 |
| 字 数 | 214 千字 |
| 版 次 | 2007 年 10 月第 1 版
2007 年 10 月第 1 次印刷 |
| 定 价 | 22.00 元 |
-

(如有印装质量问题,请与承印厂联系调换)

摘 要

引大济湟工程是青海省水利建设史上规模最大的综合性水利工程,工程从大通河引水补给水资源紧缺的湟水河,对青海省的社会、经济、文化发展有重要意义。水资源的调动带来了调水区域和受水区域之间的效益转换和利益冲突,本着公平公正的原则,本文结合国家自然科学基金项目、国家 863 项目和青海省科技创新项目,在分析效益转换的基础上,从理论和实践两方面探讨了补偿机制问题。主要的研究内容包括以下几方面:

(1) 依据可持续发展原则,建立区域水资源和外调水资源联合调度优化配模型,结合湟水流域经济发展、需水水平、供水水平和调水工程规划,对湟水流域水资源进行优化配置,并在此基础上测算了调水效益。

(3) 分析了调水地区遭受的负面影响,建立了水力发电、农业灌溉、工业生产的损失测算模型,并进行了实际计算和分析,得出了实施补偿的定量参考依据。

(4) 利用复合系统和协同学理论,构造了区域产业用水系统的协调度模型,探讨了产业用水系统演化的哈肯模型,对大通河流域产业用水的发展演化趋势进行了分析,为引大济湟的长期决策提供了参考依据。

(5) 测算了引大济湟工程的工程水价,并结合调水地区的损失测算,在水资源价值理论的基础上,设计了调水补偿水价;分析了用水户的水价承受能力,并将其与设计的补偿水价进行了对比分析。

(6) 根据水权理论,分析了调水补偿的原则、形式和制度构成,提出宏观调控方式是目前最有效的制度形式,而建设节水型社会是解决困境的根本途径。

前 言

跨流域调水工程对社会经济发展有非常重要的意义，但是，任何调水工程都不能增加水资源总量，只是从一个地区调向另一个地区，受水区受益的同时，调水区不可避免地要承受一定的水资源损失，水资源配置原则要求保障全民用水的权利，无偿的调水有违公平公正的原则。因此，调水一方面要尊重自然规律，另一方面考虑当地社会、经济、人文等具体情况，同时要避免水资源平均化，科学处理调水区与被调水区的关系。正如汪恕诚部长所说：“调水区的水资源承载能力的提高是基于被调水区的水资源承载能力的降低，调水区的经济社会发展一定不能造成被调水区的生态系统恶化”。跨流域调水改变了原有水资源分配格局，产生的问题无法在原有的制度框架内解决，必须通过制度创新的手段建立一套调水补偿机制，消除调水的负面影响，实现效率与公平的兼顾。

负面的影响是要考虑水资源供需变化、市场经济规律等因素。本研究从公平、公正、效率的原则出发，通过对跨流域调水工程涉及流域的水资源现状、调水的效益转换、补偿机制的理论依据、技术手段以及制度建设等问题的研究，探讨如何建立和维护合理调水补偿机制，发挥调水工程的经济效益，促进水资源的可持续利用和社会经济的可持续发展。另外，建立合理的调水补偿机制不仅仅涉及水量调度技术问题，还涉及到水资源价值、水资源产权、水市场以及流域管理体制等多方面的理论问题，而这些正是目前我国水资源管理体制改革的理论基础，也是社会主义市场经济理论体系的重要组成部分。通过对此问题的研究，能够全面、深入地对现代水资源管理的诸

多基础理论问题进行探讨,对当前我们国家的水资源管理体制
改革也有一定的理论借鉴价值。

本书以青海省引大济湟工程为例,主要探讨了以下几方面
内容:(1)从水资源管理制度的角度阐述了调水补偿机制的是水
权制度的创新,提出了补偿制度构建的公平性、可持续发展性、
优化性、可操作性和动态性等原则。

(2)分析了调水地区遭受的负面影响,建立了水力发电、
农业灌溉、工业生产的损失测算模型,利用等效水库法与 PSO
- SA 算法相结合的方法,计算了联合调度时大通河梯级水电站
的调水损失情况,为实施补偿提供了定量参考依据。

(3)利用复合系统和协同学理论,构造了区域产业用水系
统的协调度模型,探讨了产业用水系统演化的哈肯模型,分析
了调水对大通河流域产业结构长期演化的影响,为引大济湟的
长期决策提供了参考依据。

(4)在水资源价值理论的基础上,提出引大济湟的跨流域
调水水价由工程水价、水资源费和机会损失价值构成,测算了
引大济湟工程的工程水价,并结合调水地区的损失测算,设计
了调水补偿水价;分析了用水户的水价承受能力,并将其与设
计的补偿水价进行了对比分析。

(5)依据可持续发展原则,建立区域水资源和外调水资源
联合调度优化配置模型,结合湟水流域经济发展、需水水平、
供水水平和调水工程规划,对湟水流域水资源进行优化配置,
并在此基础上测算了调水效益。

(6)提出引大济湟动态补偿机制,设计了补偿机制的制度
组成、相关规则和宏观调控流程,探讨了节水型社会的措施和
建议;应用现代信息技术建立了调水补偿的信息平台,并对不
同调水方案的动态补偿价格进行了实例测算。

本书由孙凡、解建仓、孔珂、马维成统稿编著;第二章至
第五章由马维成、孙凡编著;第一章、第六章至第十二章由孙

凡、解建仓、孔珂编著。

在本书编写过程中，得到了青海水利水电勘察设计院苏小波院长、杨龙高级工程师、青海大学解宏伟教授、西安理工大学朱满林教授的帮助，此外陕西科学技术出版社赵生久编审、西安建筑科技大学印刷所田世义老师也给予了大力支持，使本书得以顺利出版，在此深表谢意。

由于作者水平有限，书中谬误难免，望读者给予批评指正。

作 者

2007 年 10 月于西安

目 录

1	绪论	(1)
1.1	研究的目的意义	(1)
1.2	研究的对象	(4)
1.3	国内外研究进展	(7)
1.4	本书的主要内容	(11)
2	引大济湟工程概况	(13)
2.1	自然地理条件	(13)
2.2	河流水系	(16)
2.3	地质构造条件	(16)
2.4	社会经济状况	(17)
2.5	规划的任务及原则	(17)
3	湟水流域水资源条件及其开发利用形势	(21)
3.1	水资源条件	(21)
3.2	供用水量现状	(25)
4	湟水流域需水预测与节水规划	(37)
4.1	区域发展现状评价	(37)
4.2	人口与经济发展预测	(38)
4.3	农业土地资源及其利用	(44)
4.4	社会经济发展需水预测	(55)
4.5	生态环境需水预测	(62)
4.6	水资源需求分析	(79)
4.7	节水规划	(83)

5	引大济湟工程总体布局	(89)
5.1	分期调水规模	(89)
5.2	工程布局	(91)
6	引大济湟工程的效益分析	(96)
6.1	水资源优化配置理论	(96)
6.2	基于可持续发展的水资源优化配置模型	(100)
6.3	调入区的水资源优化配置	(108)
6.4	小结	(112)
7	大通河流域直接效益损失测算	(113)
7.1	大通河流域水能规划	(113)
7.2	梯级水库单独运用发电损失的计算	(115)
7.3	梯级水电站联合调度的发电损失计算	(115)
7.4	上游灌区农业损失的测算	(124)
7.5	工业损失测算	(126)
7.6	小结	(127)
8	大通河产业用水长期演化分析	(129)
8.1	产业用水系统协调的基本理论	(129)
8.2	产业用水系统演化机制和优化控制	(136)
8.3	大通河产业用水复合系统的协调度分析	(138)
8.4	小结	(143)
9	调水补偿的水价设计	(144)
9.1	水资源价值理论	(144)
9.2	水价的功能与定价原则	(151)
9.3	水价的影响要素	(153)
9.4	水价的确定	(157)
9.5	引大济湟工程水价测算分析	(162)
9.6	补偿水价的测算	(167)
9.7	补偿水价的居民承受能力分析	(168)
9.8	小结	(177)

10	引大济湟工程管理体制	(178)
10.1	构建管理体制的重要性	(178)
10.2	管理体制的制定原则	(179)
10.3	管理体制制定的目标	(180)
10.4	管理方式的构想	(180)
10.5	管理机构的设置	(183)
10.6	业务管理模式	(185)
11	补偿制度的建立	(189)
11.1	水权理论	(189)
11.2	水市场理论	(200)
11.3	补偿的原则	(207)
11.4	调水补偿的制度	(208)
11.5	节水型社会的建立	(214)
12	调水补偿的信息平台	(238)
12.1	系统功能	(238)
12.2	系统开发技术	(239)
12.3	系统体系结构与实现	(252)
13	结论与展望	(253)
	参考文献	

1 绪论

1.1 研究的目的意义

我国水资源短缺并且水资源时空分布不均,即使同一个流域的上、下游水资源量也很不均衡。这种水资源的不均衡造成了某些地区的缺水问题,业已给社会、经济、生态环境等带来严重威胁。为解决水资源空间分布不均而造成的水资源短缺问题,通常会通过合理调水改善水资源布局,保障缺水地区的经济社会和生态环境的可持续发展,这是政府优化配置水资源的一种重要手段。

调水工程古来有之,我国著名的都江堰工程就是引岷江水灌溉四川平原的调水工程。随着时间的推移,调水工程越来越复杂,调水量越来越大,跨流域长距离调水工程和应急性调水工程越来越多。跨流域调水是指在两个或多个流域之间开挖渠道或隧道,利用自流或抽水等方式把一个流域的水输送到另外一个或几个流域,或者把若干个流域的水输送到一个流域。如加拿大的“詹姆斯湾”调水发电工程、巴基斯坦的西水东调工程、我国的南水北调工程都是跨流域的大型调水工程,等等。

湟水是黄河的一级支流,也是黄河上游最大的支流,主要由湟水干流和大通河组成,总面积 32863km^2 ,流经湟源、湟中、西宁、平安、互助、乐都、民和,全长 370km ,其中省内全长 349km ,干流省内流域面积 16100km^2 ,年平均流量 21.6亿 m^3 。湟水流域内的行政区域包括西宁市和海晏、湟源、湟中、大通、互助、平安、乐都、民和 8 个县,是青海省政治、经济、文化中

心。^①青海省湟水干流总人口为 296 万,耕地面积为 441 万亩,GDP 为 125 亿元,人均 GDP 为 4221 元,仅为全国平均水平的 60%;工业总产值为 135 亿元,占青海全省的 58%;粮食总产量占全省的 61%,农牧民人均纯收入和人均粮食产量不足全国平均水平一半;贫困人口为 44.3 万人,占其总人口的 14%,是青海省总贫困人口的 68%。湟水干流地区是青海省的政治、经济、文化和交通中心,省会西宁位于流域的中心地区,在青海省经济社会发展中占有极其重要的地位。

湟水干流多年平均降水量 496.6mm,多年平均蒸发量 800~1100mm,且降水时空分布不均,造成湟水干流干旱少雨、水资源短缺。人均、亩均水资源占有量分别为 $764\text{m}^3/\text{人}$ 和 513m^3 ,分别是全国平均水平的 35% 和 28%,从人均占有量上看湟水干流属资源型缺水地区。湟水干流两岸广大浅山地区,农业生产长期没有摆脱靠天吃饭的被动局面,粮食产量低,人畜饮水困难,群众生活贫困;流域内生态环境脆弱,浅山地区植被稀少,水土流失严重,是青海省实施退耕还林、还草,加强生态环境保护和治理水土流失的重点地区;西宁以下河道枯水季节经常断流,水体污染严重,对城市生活、工业用水造成严重影响。随着湟水干流国民经济不断发展,各部门对水的需求提出了新的要求,水资源供需矛盾日益突出,已不能满足经济社会可持续发展的要求。与湟水干流毗邻的大通河,水量相对较丰,用水需求较小,规划从大通河引水至湟水干流和浅山地区,对于促进本流域乃至青海全省的经济社会可持续发展,改善流域内生态环境具有重要作用,兴建引大济湟工程是十分必要的。

根据 2004 年现状用水调查,湟水干流水资源开发利用程度为 60.5%,超过了世界公认的合理开发利用警戒线(40%)。经

^① 青海水利水电勘测设计研究院,《调水总干渠报告》,2006 年 6 月;中国水利水电科学院,青海水利水电勘测设计研究院,《青海省引大济湟工程规划报告》,2003 年 6 月

现状水平年水资源供需平衡分析,多年平均缺水量为 2.41 亿 m^3 ,水资源供需矛盾突出,当地水资源已不能支撑经济社会可持续发展的要求。

为了解决湟水流域水资源短缺问题,保障湟水流域的供水安全 and 环境安全,满足城市化、工业化对水资源的需求,青海省决定兴建引大济湟工程,从水资源总量相对较大、需水量相对较小的大通河引水穿越大坂山补给水资源紧缺的湟水河。大通河系山区河流,干流水量丰沛,河长 574.12km,天然落差 2056m,水力理论蕴藏量 113.16 万 kW,并且水利地址众多,淹没损失小,适宜水能开发。流域内的门源盆地光热条件较好,在有灌溉工程时,适宜种植小麦等作物。除水电、农业和畜牧业外流域内工业不发达,除电力外还有建材、毛纺、矿业等,2005 年工业总产值为 12278 万元。

引大济湟工程是青海省水利建设史上规模最大的综合性水利工程,也是水资源合理配置的关键性工程。工程主要由石头峡水利枢纽、调水总干渠、黑泉水库、北干渠等工程组成,估算工程总投资超过 50 亿元。

引大济湟工程对青海省的社会经济发展有非常重要的意义,但是,任何调水工程都不能增加水资源总量,只是从一个地区调向另一个地区,受水区受益的同时,调水区不可避免地要承受一定的水资源损失,水资源优化配置公平原则要求保障全民用水的权利,无偿的调水有违公平公正的原则。因此,调水一方面要尊重自然规律,另一方面要考虑当地社会、经济、人文等具体情况,同时要避免水资源平均化,科学处理调水区与被调水区的关系。正如汪恕诚部长所说:“调水区的水资源承载能力的提高是基于被调水区的水资源承载能力的降低,调水区的经济社会发展一定不能造成被调水区的生态系统恶化”。引大济湟调水改变了原有水资源分配格局,产生的问题无法在原有的制度框架内解决,必须通过制度创新的手段建立一套调水补偿机制,消除调水

的负面影响,实现效率与公平的兼顾,是一条可行的途径。

本研究从公平、公正、效率的原则出发,通过对引大济湟工程涉及流域的水资源现状、调水的效益转换、补偿机制的理论依据、技术手段以及制度建设等问题的研究,探讨如何建立和维护合理调水补偿机制,目的是在公平与公正的前提下,发挥调水工程的经济效益,促进青海水资源的可持续利用和社会经济的可持续发展,具有积极的现实意义。

另外,建立合理的调水补偿机制不仅仅涉及水量调度技术问题,还涉及水资源价值、水资源产权、水市场以及流域管理体制等多方面的理论问题,而这些正是目前我国水资源管理体制改革的理论基础,也是社会主义市场经济理论体系的重要组成部分。通过对此问题的研究,能够全面、深入地对现代水资源管理的诸多基础理论问题进行探讨,不仅对青海水资源管理有指导作用,对当前我们国家的水资源管理体制改革的也有一定的理论借鉴价值。

1.2 研究的对象

引大济湟工程是青海省水利建设史上规模最大的综合性水利工程,也是一项战略性水资源配置工程。

引大济湟工程的主要任务是通过工程措施从大通河向湟水流域调水,设计规模是 7.5 亿 m^3 的水量,为湟水流域提供生活用水、工业用水、灌溉用水,以及生态基流补水;兼有防洪、发电的任务,同时还具有发展渔业养殖、观光旅游的潜力和条件。

引大济湟工程总体布局为:在大通河上游修建石头峡水利枢纽,通过调水总干渠将大通河水调至黑泉反调节水库中,再通过北干渠和西干渠将水分配给受水区。引大济湟工程总体布局见图 1-1 所示。

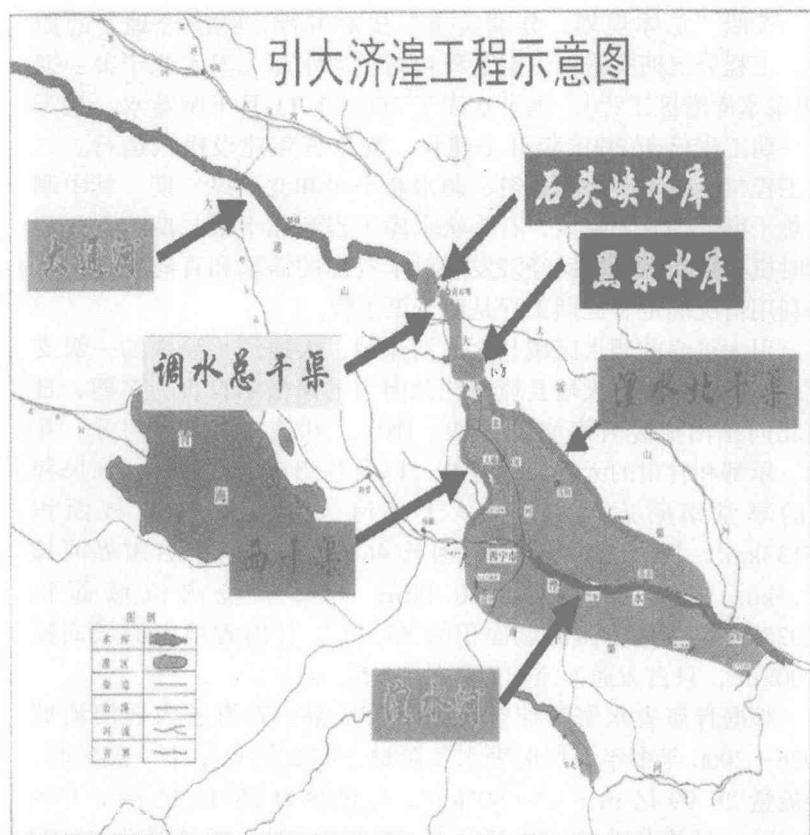


图 1-1 引大济湟工程示意图

(Figure 1-1 Diversion from Da to Huang Project)

工程主要由石头峡水利枢纽、调水总干渠、黑泉水库、湟水北干渠等工程组成，估算工程总投资 54.32 亿元。根据水利部水资〔1998〕518 号文批复，总调水规模为 7.5 亿 m^3 。整体工程建成发挥效益后，可扩大农田灌溉面积 118.44 万亩，新增生态林草灌溉面积 89.38 万亩，向城市和工业用水增加供水量 2.78 亿 m^3 ，河道生态用水增加 1.85 亿 m^3 。

按照“总体规划、分期实施、技术可行、经济合理”的原则,工程分三期实施:一期工程包括黑泉水库、湟水北干渠一期(黑泉水库灌区工程)。黑泉水库于2001年11月下闸蓄水,北干渠一期工程已于2005年开工建设,规划五年建设投入运行。二期工程包括石头峡水利枢纽、调水总干渠和北干渠二期。其中调水总干渠已经开工建设,石头峡水库工程和北干渠二期工程的建设时机根据受水区国民经济发展对水资源的需求和青海省湟河水水量利用情况确定。三期工程是西干渠工程。

引大济湟的调水区域是大通河流域,大通河是湟水的一级支流,发源于青海省天峻县境内托莱南山的岗格尔肖合力东麓,自西北向东南流经青海省的天峻、刚察、祁连、海晏、门源、互助、乐都和甘肃的天祝、永登县,以及兰州市的红古区,在民和县的享堂镇附近汇入湟水。干流河长574.1km,流域面积15133km²,其中:青海省境内河长464.2km,青海甘肃界河长49.3km,甘肃境内河长60.4km;青海省境内流域面积12975km²,占大通河流域面积的85.5%,甘肃省境内流域面积2190km²,只占大通河流域面积的14.5%。

根据青海省水资源综合规划评价成果,青海省大通河流域1956-2000年多年平均地表水资源量25.72亿m³, $P=25\%$ 时,径流量28.99亿m³; $P=50\%$ 时,径流量为25.16亿m³; $P=75\%$ 时,径流量为21.84亿m³; $P=95\%$ 时,径流量为17.90亿m³。

调水总干渠引水枢纽在尕大滩水文站下游2.7km处,中间没有支流汇入,与尕大滩水文站的集水面积相差不超过3%,该站的径流分析成果可直接作为引水枢纽断面的径流分析成果。尕大滩水文站于1953年设在石头峡出口的尕大滩村,距河口距离273km,集水面积7893km²,上游主要为草原牧场,人类活动较少,对天然径流的影响非常小,可以用实测资料分析天然径流系列。1956-2000年多年平均河川径流量15.83亿m³, $C_v=0.24$,

$C_s = 2C_v$, $P = 25\%$ 时, 径流量 18.2 亿 m^3 ; $P = 50\%$ 时, 径流量为 15.5 亿 m^3 ; $P = 75\%$ 时, 径流量为 13.1 亿 m^3 ; $P = 95\%$ 时, 径流量为 10.1 亿 m^3 。

1.3 国内外研究进展

引大济湟工程是一个跨流域的水利工程, 引大济湟的效益转换和补偿问题涉及到跨流域管理、水资源管理中的补偿、和水权水市场等多方面问题。

(1) 跨流域水资源配置研究现状。

跨流域水资源优化配置是以两个以上的流域为研究对象, 涉及工程技术、社会经济、自然环境各个方面, 其系统结构和影响因素间的相互制约关系较区域和流域更为复杂。

国外建设和规划了多项跨流域调水工程, 开展了大量的研究。詹姆斯·D. G 提出了“分阶段近似法”对跨流域调水工程进行评价, 迪克逊·J. A. 建立了跨流域调水工程的经济分析范式; Howe C. W. 和 Easter K. W. 提出了水资源区域再分配经济效益分析关系式, Fisher A. C.、Harris 考虑了调水地区经济的发展前情对经济分析的影响。国内, 邵东国针对南水北调东线这一多目标、多用途、多用户、多供水优先次序、串并混联的大型跨流域调水工程的水量优化调配, 以系统弃水量最小为目标, 建立了自优化模拟决策模型, 采用动态规划法进行求解。吴泽宁等以跨流域水资源系统的供水量最大为目标, 将模拟技术和数学规划方法相结合, 建立了具有自优化功能的流域水资源系统模拟规划模型, 并以大通河和湟水流域为例对模型进行验证, 提出了跨流域调水工程的规模。卢华友等以跨流域水资源系统中各子系统的供水量和蓄水量最大、污水量和弃水量最小为目标, 建立了基于多维动态规划和模拟技术相结合的大系统分解协调实时调度模型, 采用动态规划法进行求解, 并以南水北调中线工程为背景进行了实例验算, 该成果考虑了污水量最小目标, 体现了水质水