

# 重大调水工程建设与管理发展史 ——以江苏省为例

朱乾德<sup>1</sup>, 张晓红<sup>1</sup>, 潘海蓉<sup>2</sup>, 孙金华<sup>1</sup>, 陈静<sup>1</sup>

(1. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029;  
2. 南京瑞迪建设科技有限公司, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 科学规范调水工程的建设与管理, 对于推进水资源优化配置与高效利用具有重要意义。梳理世界重大调水工程建设与管理发展史, 研究分析国内外重大调水工程的布局特征, 以江苏为例, 分析该地区调水工程发展史、建管经验及主要问题, 提出相关对策和建议, 为科学开展重大调水工程建设与管理提供工作提供支持。

**关键词:** 调水工程; 水利史; 江苏; 工程建设与管理

**中图分类号:** TV68 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7839(2016)10-0007-07

## Development history of major water diversion project construction and management ——take Jiangsu province as an example

ZHU Qiande<sup>1</sup>, ZHANG Xiaohong<sup>1</sup>, PAN Hairong<sup>2</sup>, SUN Jinhua<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>1</sup>

(1. *Hydrology and Water Resources and Hydraulic Engineering State key Laboratory of Nanjing Hydraulic Research Institute science, Nanjing 210029, Jiangsu;*  
2. *Nanjing Ruidi Construction Technology Co., ltd, Nanjing 210029, Jiangsu*)

**Abstract:** The scientific and standardized construction and management of water diversion project, which is of great significance to promote the optimal allocation and efficient utilization of water resources. The history of the construction and management of the world's major water diversion projects is reviewed, and the layout characteristics of the major water diversion projects at home and abroad are studied and analyzed. Taking Jiangsu province as an example, the development history, construction management experience and main problems of water diversion project in the region are analyzed. Related countermeasures and the suggestions are put forward. This paper provides support for the scientific construction and management of major water diversion projects.

**Key words:** water diversion project; history of water conservancy; Jiangsu; construction and management of project

水是基础性的自然资源和战略性的经济资源, 是生态与环境的控制性要素, 依靠水资源的可持续利用保障经济社会的可持续发展, 是世界各国面临的共同挑战和紧迫任务。在人与自然长期共

处的水利文明史上, 逐步摸索出水资源调度的重要载体——治水调水工程。规范调水工程的水资源调度管理, 有利于合理配置水资源, 科学应对水资源短缺、水污染和生态用水危机, 统筹生活、

收稿日期: 2016-08-22

基金项目: 中央级公益性科研院所科研专项基金(Y515002, Y513001)

作者简介: 朱乾德(1984-), 男, 工程师, 主要从事水资源管理研究。

生产和生态用水。

据史料记载,我国早在公元前486年,春秋吴国有为伐齐国修建的引长江水入淮河的邗沟工程。公元前361年开挖的鸿沟,沟通了黄河与淮河的水力联系。改革开放以来,为解决缺水地区的水资源紧张状况,修建了20余座大型跨流域调水工程,为受水区提供了稳定可靠的水源,在推动经济发展、促进社会安定和改善生态环境等方面发挥了非常重要的作用。

在国外,最早的跨流域调水工程可追溯到公元前2400年前的古埃及,为满足今埃塞俄比亚境内南部灌溉和航运要求,兴建了世界上第一个跨流域调水工程,从尼罗河引水至埃塞俄比亚高原南部进行灌溉,促进了埃及文明的发展与繁荣。20世纪以来,尤其是二战后,各国致力于经济恢复与发展,纷纷开始兴建各种用途的调水工程,且规模越建越大,系统结构愈加复杂,工程建设与运行管理的技术方法也越来越先进。随着调水工程数量增多,大型、特大型调水工程的不断涌现,调水工程的科学规范管理成为优化配置水资源的核心问题。

旨在梳理分析世界重大调水工程的布局变化特征,整理国内外重大调水工程的发展史,以典型调水工程为例,借鉴分析其建设与管理经验,为规范国内外重大调水工程建设与管理工作提供支撑,以更好地落实最严格水资源管理制度,推动水生态文明建设。

## 1 世界重大调水工程布局研究

### 1.1 重大调水工程概述

#### 1.1.1 重大调水工程内涵

调水工程是指随着社会生产力的不断发展,为解决由自然地理及气候因素等导致的水资源分配不均、洪涝灾害、干旱缺水及航运不便等问题,人类通过开挖沟渠、开凿运河等途径改造自然而开发的一种水利工程。

调水工程可按不同标准进行分类,以流域为单位开展水资源综合管理是一种较为普遍的做法,参考希洛克曼诺夫等人研究成果,调水工程按照水文地理标准可分为局域(地区)调水工程,流域内调水工程及跨流域调水工程。以调水量和输水距离等作为标准,调水工程可分为小、中、大、

特大和巨型工程<sup>[1-3]</sup>。

鉴于调水工程分类标准尚未统一,此处重大调水工程分类并没有采用上述标准,而是提出较为宏观、理论的概念,一般是指跨省的大江大河骨干治理工程项目和跨省、跨流域的引水及水资源综合利用等对国民经济全局有重大影响的调水工程。与一般调水工程相比,除了地位、作用重要,社会关注度高,还应具备以下特点:如涉及多方利益,管理协调任务重;具有较强的公益性质,承担防洪、改善生态等公益性任务,兼具供水、发电等经营性功能。

#### 1.1.2 重大调水工程概况

由于世界各国和地区自然地理情况不同,水资源赋存差别较大,各国调水工程发展水平不一致,在全世界范围内统计各国已建和在建的部分重要调水工程,其中排除干渠长度小于20km,年调水量小于1000万 $m^3$ 的工程,选择具有代表性、记录完整、地位及作用重要,社会关注高的调水工程,研究分析世界范围内重大调水工程的基本概况。

据不完全统计,全球约有超过40多个国家和地区共建成了200多项调水工程。世界范围内的大江大河如亚洲恒河、非洲尼罗河、美洲亚马逊河、北美密西西比河、大洋洲墨累河和欧洲多瑙河等都兴建过调水工程,从空间分布上来看,主要集中在加拿大、美国(北美洲),智利(南美洲),前苏联(欧洲),印度、巴基斯坦和中国(亚洲),南非、埃及(非洲)及澳大利亚(大洋洲)等国家,见图1。

调水工程的建设目标主要包括发电、灌溉、城市生活及工业供水、防洪、航运、生态用水及娱乐等。重大调水工程大部分为多目标调水工程,尤其是近期建设的调水工程。按照目前现有调水工程的调水量进行统计和分类,绝大部分水量用于灌溉和发电用途,其次是城市、工业供水,航运,生态、娱乐用水等。

### 1.2 重大调水工程布局演变特征

#### 1.2.1 时间变化

据不完全统计,在19世纪到20世纪初,全球范围内出现了重大调水工程,但数量较少。进入20世纪40年代,重大调水工程的建设速度明显加快,20世纪80年代是大型、多目标调水工程兴建的高峰期,而随着全球调水工程的日益增多,负面影响也逐渐受到重视。20世纪90年代后,

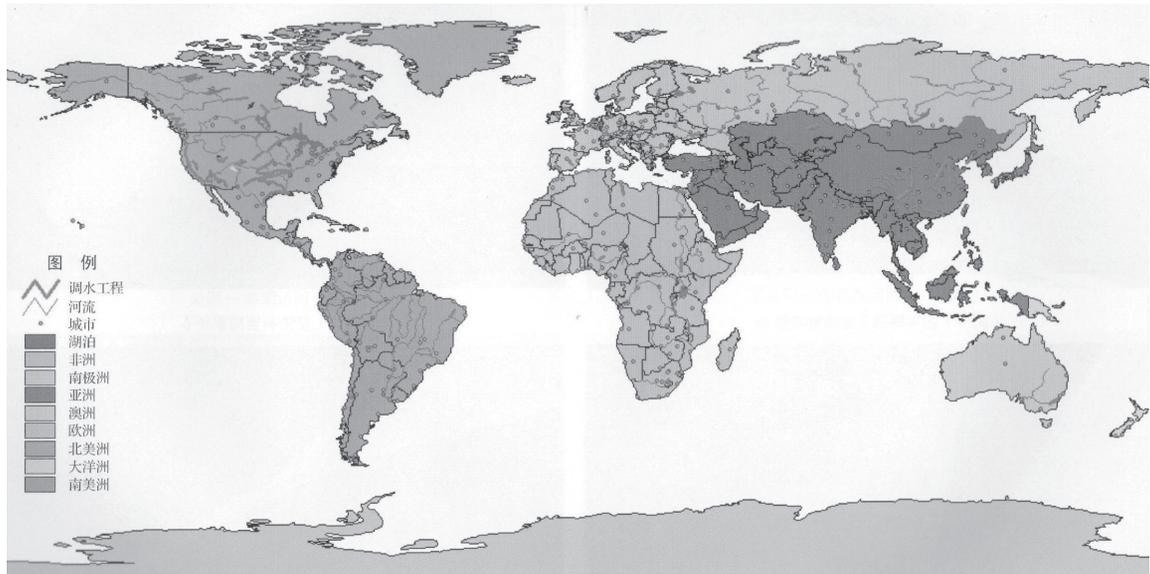


图 1 世界调水工程分布图

发达国家在修建调水工程时都严格考虑了生态环境的保护补偿, 新建调水工程数量在减少; 重大调水工程的调水量在 20 世纪 60 年代后期有了显著的增长, 进入 80 年代后, 增长缓慢, 增幅较少; 进入 21 世纪后, 重大调水工程及调水量的增加又有了一定程度的提升, 见图 2。

有一定的增长, 但趋势并不明显, 见图 3。

### 1.2.2 空间变化

从现状来看, 据不完全统计, 北美洲和亚洲已建和在建的重大调水工程数量最多, 亚洲的调水量超过北美洲, 成为世界范围内重大调水工程调水量最多的地区。北美洲的调水工程数量虽然

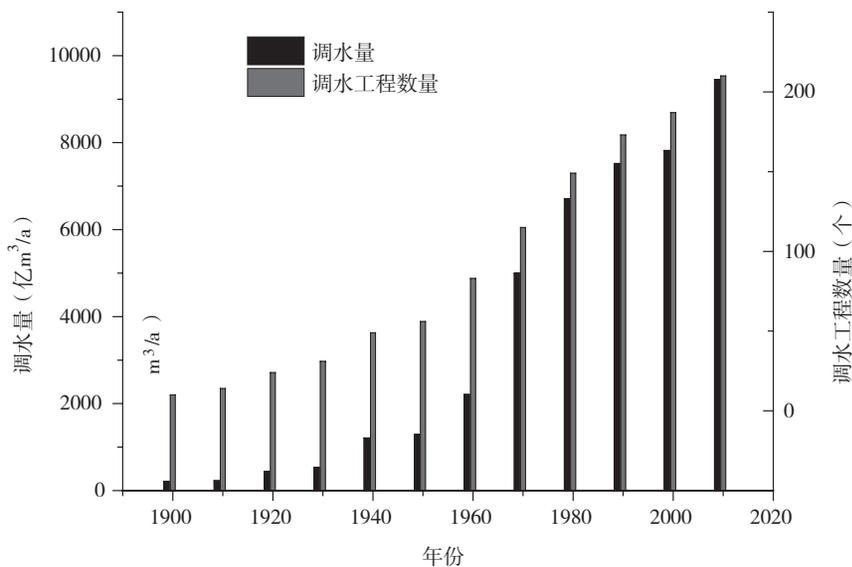


图 2 世界重大调水工程数量及调水量变化

发电、灌溉、城市及工业供水一直是调水工程最主要的功能和目标, 灌溉是调水工程的第一用途, 20 世纪 70 年代后, 城市及工业供水增长速度加快, 进入 21 世纪后逐渐超过发电成为调水工程的第二用途, 发电成为第三用途, 其他用途如航运、防洪及娱乐用水等在 20 世纪 60 年代后也

多, 但都集中在加拿大、美国, 南美洲和大洋洲人均水资源总量充沛, 调水工程数量相对较少, 而亚洲人均水资源量最少, 重大调水工程数量较多, 调水量最高。结果表明, 调水工程数量、年调水量与人均水资源量呈现明显负相关性, 具体见表 1。

从变化趋势来看, 据不完全统计, 从 20 世纪初

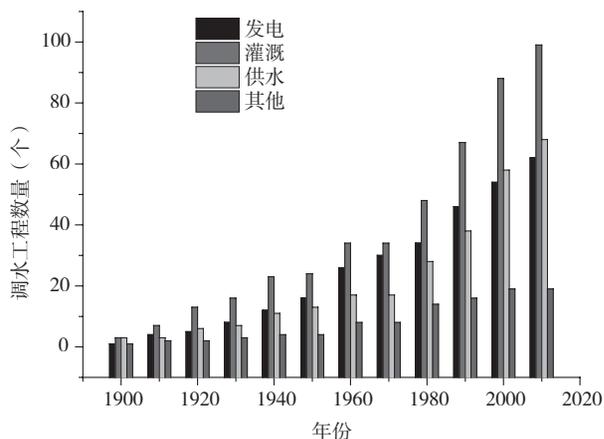


图3 世界重大调水工程功能变化

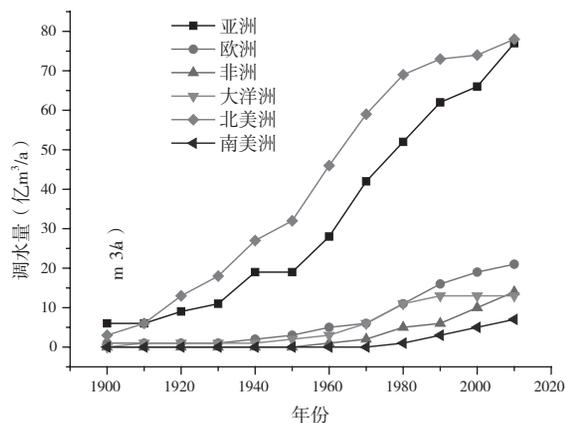


图5 各洲重大调水工程调水量变化

表1 世界调水工程数量与人均水资源量关系表

洲名	工程数量	有工程的国家	调水量 (亿 m <sup>3</sup> /a)	人均水资源量 (亿 m <sup>3</sup> /a)
亚洲	77	16	5025.77	3490.96
欧洲	21	12	412.4	3994.49
非洲	14	8	296.66	4657.08
大洋洲	13	1	135.71	72727.27
北美洲	78	3	3524.52	17108.7
南美洲	7	4	57.35	34371.43
合计	210	44	9452.41	136349.93

至今，欧洲、非洲、大洋洲和南美洲的变化趋势比较一致，且不甚明显，重大调水工程数量及调水量增幅较小，20世纪60年代增长较为显著，进入20世纪80~90年代增长又趋于平缓；北美洲和亚洲的增长远超过欧洲、非洲、大洋洲和南美洲，20世纪50~60年代，北美洲和亚洲的重大调水工程数量及调水量有明显增长的趋势，但北美洲在进入20世纪80年代后增长趋势开始缓慢，调水量被亚洲逐渐超越，调水工程数量也被亚洲近乎追平，与世界经济发展形势高度吻合，见图4、图5。

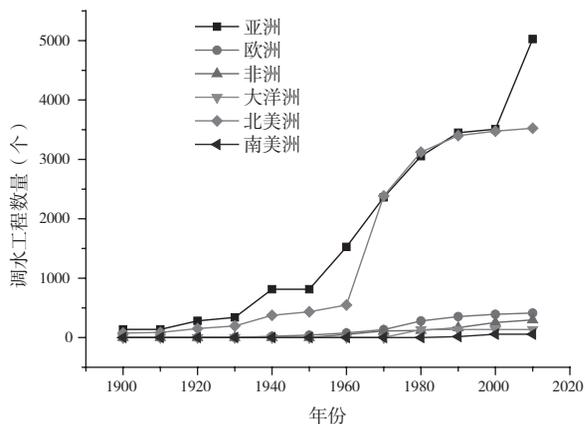


图4 各洲重大调水工程数量变化

## 2 世界重大调水工程发展史

由于各地区自然地理、社会经济条件不同，重大调水工程的建设背景及管理情况也存在一定的差异。鉴于北美洲重大调水工程数量、调水量都居世界领先，且集中在加拿大和美国。因此，以加拿大、美国为代表进行阐述；澳大利亚是大洋洲唯一建有调水工程的国家，以澳大利亚为代表进行阐述<sup>[4-5]</sup>；南美洲、欧洲及非洲由于调水量及调水工程数量较少，以我国江苏省重大调水工程为例进行分析研究。

### 2.1 北美洲

北美洲重大调水工程集中在加拿大和美国。加拿大水资源量和人均占有量均居世界前列，但降雨分布空间十分不均。为解决降雨不均的问题，加拿大先后兴建了大量的跨流域调水工程，成为世界上年调水总量最多的国家。据统计，加拿大已建的调水工程中，近80%工程的主要用途是发电，调水量约占加拿大总调水量的95%。目前，加拿大已经成为世界上最大的发电和电力出口国。

著名的魁北克省詹姆斯湾调水工程是加拿大调水工程中最典型的以发电为主要调水目标的工程之一。有相应的法律保障，采用经济、行政、法律相结合的措施，以保障工程建设与管理的正常实施，搭建合理完善的配套工程、自动化控制系统等。

美国东部湿润、西部干旱缺水，干旱、半干旱地区的缺水问题严重制约着地方经济社会的发展，为此，美国自19世纪开始先后兴建了一批调水工程，以解决缺水地区的用水问题。目前，美国已建成跨流域调水工程近20项，总调水量超过300亿m<sup>3</sup>/a，其中包括著名的中央河谷工程、加州水道

工程等, 多以灌溉和供水为主, 兼顾发电和防洪。

美国的重大调水工程从工程建设到运行管理均有严格的法律加以约束、规范和保证。加利福尼亚州水道工程是美国最典型的调水工程, 是除中国南水北调工程以外距离最长、扬程最高的调水工程。在管理上, 政府大力支持, 提供启动资金和法律保护, 形成了水交易市场模式, 建立用水户联合会制度, 搭建公正公平水市场, 重视管理的透明性和社会公众教育。

## 2.2 大洋洲

据统计, 大洋洲除澳大利亚有几项规模不等调水工程外, 其他地区调水工程较为鲜见。澳大利亚是世界上人类居住气候最干燥的大陆, 水资源时空分布极不均衡、用水矛盾突出。澳大利亚修建的第一座调水工程——雪山调水工程, 从规划建设至今有 60 余年, 无论在水质安全、水源保护等方面, 还是在工程运营管理体制方面, 都取得了一定的经验及教训。

雪山调水工程依靠立法完善水权制度与水资源保护政策, 水源与调水采用统一运营管理, 政府控股下的股份制运作和企业化管理实现了工程的良性运营, 搭建了先进的信息监控网, 随时掌握工程的运行情况, 在保障安全供水的同时减少运营成本。

## 2.3 其他

由于降水时空分布不均, 人均水资源量最少, 亚洲多数国家均建有调水工程以缓解水资源矛盾, 主要目的是农业灌溉和供水。其中, 调水工程较多的国家有印度、巴基斯坦和中国等。较著名的工程有巴基斯坦的西水东调工程、印度的萨尔达萨罗瓦工程和萨尔达撒哈亚克工程、以色列的北水南调工程、土库曼斯坦的卡拉库姆运河工程及中国的南水北调工程等。

南美洲调水工程的修建也是由于水资源空间分布不均匀, 许多地区仍存在严重缺水的问题。南美洲如大陆北部岸线、奥里诺科河流域部分地区、布莱尔高原东北部, 巴拉圭河流域部分地区、大陆的大西洋坡面等都存在水分不足的现象, 为有效解决地区水资源不足的问题, 巴西、秘鲁、阿根廷等国家都兴建有调水工程。

欧洲河网比较密, 水量丰富, 但某些地区也存在水资源短缺的问题, 因此修建调水工程主要是为了缓解供水矛盾。目前, 欧洲至少有 10 个国家

建成了超过 20 项的调水工程。其中, 以原苏联修建的调水工程居多。此外, 德国的巴伐利亚调水工程以生态环境保护为主要目标, 这是国外调水工程中较为少见的。

非洲修建调水工程的主要目的是为了解决由于高温、少雨和降水量时空分配不均等导致的干旱缺水问题。据不完全统计, 非洲至少有 8 个国家兴建了 30 多项调水工程, 其中有 14 项重大调水工程。南非和埃及修建的调水工程最多, 仅南非一个国家就修建了 24 项调水工程。埃及的调水工程主要用于农业灌溉, 而南非的调水工程主要用于供水和发电。

## 3 典型重大调水工程案例

### 3.1 南水北调东线调水工程

我国水资源总量丰富, 但人均水资源少且时空分布极不均匀, 为缓解重点缺水地区的供需矛盾, 我国先后建成一批调水工程, 按照行政区划, 重大调水工程主要分布在我国东部地区, 由于东部地区经济发展迅速, 人口稠密, 水资源需求大且人均水资源总量偏少。其中南水北调工程作为我国的战略性工程, 分为东中西三线, 是世界上规模最大的调水工程, 是我国最典型的重大调水工程<sup>[5-7]</sup>。

为了应对山东地区、淮河流域用水紧缺的形势, 我国修建了以江苏省为调水区的南水北调东线调水工程。南水北调东线工程利用江苏省已有的江水北调工程, 逐步扩大调水规模并延长输水线路, 见图 6。而江水北调是我国建设最早、规模最大、线路最长、效益最明显的跨流域调水工程<sup>[8-11]</sup>。

南水北调东线工程建设背景复杂, 区域内水网交错, 各类水工建筑物众多, 新旧档次参差不齐, 已有的跨流域调水和新增调水并存, 输水沿线取水口门众多, 水量调度关系复杂, 水质污染问题突出。因此, 南水北调东线工程的建管具有一定的困难性与典型性。

### 3.2 南水北调东线工程建管

#### 3.2.1 江水北调工程管理

江水北调工程起步于 1961 年 12 月江都站的兴建, 起初主要功能是保障农业灌溉, 后随着工程发展, 还兼具防洪、排涝等综合功能。由于农业效益比较低, 农业供水无法实现按成本收费。据此,

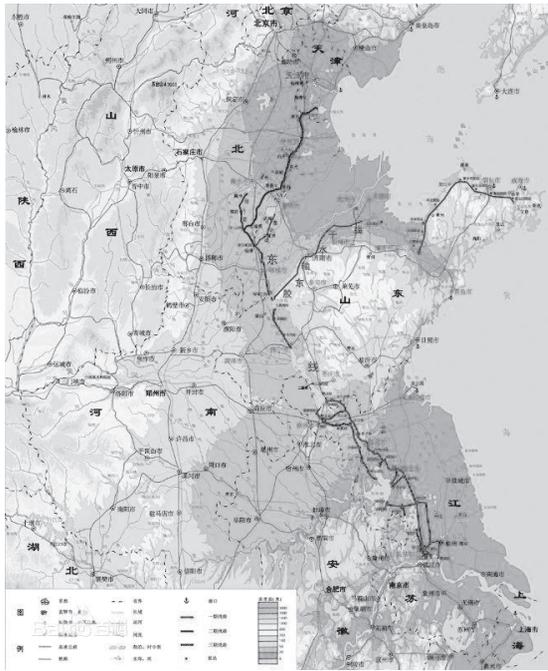


图6 南水北调东线工程调水示意图

江苏对江水北调工程实行了由省级财政负担工程建设、运行、维修和改造费用的政策。同时,国家和江苏一直对江水北调工程用电实行优惠电价政策。

经过几十年的建设发展,目前,江水北调工程实行省、市分级管理的体制,流域性控制工程由省组建水利工程管理处管理,其余工程由地方管理,管理单位均为事业单位,不直接收取水费,由所在地水行政主管部门按照工业用水、生活用水、农业用水等水费标准统一收取。水量、水位监测由省水文水资源勘测局按国家有关规范统一施测和报送。日常调度运行时,省防汛防旱指挥部根据各地上报用水计划、上游来水、湖泊水量,结合天气趋势预测,统一调度防洪、排涝、供水事宜。

### 3.2.2 南水北调工程管理

南水北调东线工程主要向江苏、山东、天津供水,是基于原江苏江水北调建立的调水工程,在天然湖泊处修建了13级泵站,抬高40m水位扬程,将水输送到山东和天津。

南水北调东线工程水量调度管理严格遵守“统一调度、联合运行”的原则,按照《南水北调工程供用水管理条例》(国务院令第647号)以及《南水北调东线一期工程水量调度方案(试行)》,江苏省逐步形成了以省政府领导,省南水北调办(省南水北调工程管理局)统筹,省防汛防旱指挥部、省水利厅、江苏水源公司、省政府相关职能单位和工程沿线各地方政府分头负责的运行管理

责任体系。

工程管理上主要采用企业化管理,分别由江苏省和山东省组建东线江苏水源有限责任公司和东线山东干线有限责任公司,负责东线一期工程的建设,并与两省委托的南四湖供水管理机构等,共同承担东线一期工程的运行管理工作。对于水费征收机制,国家发改委已经制定了南水北调东线工程运行初期的两部制供水价格政策。

## 3.3 经验借鉴

### 3.3.1 政府宏观调控

南水北调工程长距离调水,水量调度跨省、跨流域并且涉及到沿线有关政府和多个行业部门,水量接纳涉及地方利益,工程交叉管理涉及原工程功能和管理权限。因此,南水北调工程的建设与管理需要国家、各级政府的重视和各行各业部门、交叉工程管理机构的支持配合,共同完成调水工作。

### 3.3.2 企业管理模式

调度管理与工程管理分工合作,工程管理采用企业市场运作方式。山东省与江苏省成立省南水北调工程管理局,统筹南水北调东线各省境内新老工程的运行管理工作。

省委省政府于2014年底在省南水北调办基础上组建省南水北调工程管理局,从行政层面上建立了统筹管理江苏境内南水北调新老工程的组织机构,为江苏南水北调工程运行管理工作的有效开展奠定了基础。工程管理采用企业管理模式,建立市场竞争体制,推进新建工程运行管理机构建设。江苏水源公司不断建立健全各级管理机构的职责和工作机制,构建完善了总公司、分公司到新建工程现场管理单位的三级管理体系,促进各管理层级之间的规范有序、协调高效的运转。

### 3.3.3 现代化管理系统

利用先进的信息采集、通信网络、现代遥感及计算机控制处理技术,建设一套集信息采集、计算机监控、调度运行管理、水资源优化配置于一体的现代化调度运行管理系统,即南水北调东线一期工程调度运行管理系统,是由信息采集、通信与计算机网络、计算机监控与视频监控以及调度管理应用系统等4个子系统组成的现代化的管理系统。

### 3.3.4 协调落实管理权责

东线一期江苏境内新建工程,除了泵站工程

外,还有大量的河道整治、河坡护砌、堤防截渗、口门堵漏、配套建筑物等工程,对于保障东线工程的效益发挥有着重要作用,是东线工程调度运行的重要组成部分。一方面督促水源公司在工程建设完成并通过验收后尽快办理移交手续,另一方面协调各地方水行政主管部门落实运行管理单位和人员,帮助争取维养经费。通过积极协调,明确改造工程仍由原单位管理,新建工程原则上属地管理,使每一条河、每一段护坡和堤防、每一座排涝泵站和引水口门,都有人管护,有人运行。

### 3.3.5 高度重视监督检查

江苏省高度重视对南水北调调水运行的控制管理与监督检查工作。在每次调水运行任务执行前,省委省政府都召集各相关单位召开工作会议,部署调水运行工作,明确运行管理和保障工作的职责要求。在调水运行过程中,省委省政府领导多次亲自带队检查工程运行管理情况,强调对调水运行过程中各环节、各阶段工作的控制管理和监督。

## 3.4 存在问题

### 3.4.1 管理体制尚未完全理顺

规划及可研阶段确定江苏省境内工程由省统一管理,工程建成后,江苏省成立了南水北调工程管理局负责工程的运行管理工作,但国务院南水北调办也成立了东线总公司以期统管东线工程,各管理主体间的责任有待明确。

### 3.4.2 预期工程效益远未得到发挥

因南水北调工程水价较高、水质保障较难,且配套工程与干线工程没有同步建成,受水区各地市用水积极性不高,用水量也有限,预期工程效益远未得到发挥。

### 3.4.3 行政与技术管理难度较大

调水线路长,配套工程复杂,输水沿线涉及部门众多,水量协调工作和调水期间协调运行工作十分繁重,行政与技术管理难度较大。

### 3.4.4 新老工程水资源统一调度下运管费用尚未完全解决

自2013年东线工程正式通水以来,江苏南水北调工程根据国务院南水北调办的部署安排,按照新老工程统一调度、联合运行的原则,已完成多次调水任务,但工程运行管理费用却未能落实。为保证工程的正常运行和效益发挥,江水北调工程、尾水导流工程和南水北调新建工程投入初期

运行的运行管理相关费用需尽快解决。

## 4 结论

重大调水工程遍布全球,主要集中在北美洲和亚洲,主要功能是灌溉、发电及城市、工业供水等。20世纪70~80年代为重大调水工程发展的高速时期,进入21世纪,重大调水工程增速有所缓解。江苏江水北调起步于20世纪60年代,是南水北调东线工程江苏段的发展史,是社会经济发展的产物与直接反照。

重大调水工程的建设与管理应有配套的法律保障,构建科学合理的统一管理机制,利用先进的现代技术搭建自动化的调度运行管理系统,加强监督与公众参与。南水北调东线工程作为江苏江水北调工程基础上新建和改建工程,建议理顺管理体制,进一步完善新老工程之间的衔接,实现科学规范管理,优化合理配置水资源。

## 参考文献:

- [1] 杨立信. 国外调水工程[M]. 北京, 中国水利水电出版社, 2003:12-13.
- [2] 王光谦, 欧阳琪, 张远东等. 世界调水工程[M]. 北京, 科学出版社, 2009:11-26.
- [3] 沈滢, 毛春梅. 国外跨流域调水工程的运营管理对我国的启示[J]. 南水北调与水利科技, 2015, (2):391-394.
- [4] 李学森, 于程一, 李果峰等. 澳大利亚雪山调水工程管理综述[J]. 人民长江, 2008, 39(6):109-110.
- [5] 方妍. 国外跨流域调水工程及其生态环境影响[J]. 人民长江, 2005, 36(10):9-10, 28.
- [6] 王慧, 王慧敏, 仇蕾等. 南水北调东线水资源配置问题探讨[J]. 人民长江, 2008, 39(2):8-10, 19.
- [7] 黄海田, 仇宝云. 江水北调工程运行管理初步分析[J]. 排灌机械, 2002, 05:3-6.
- [8] 黄海田, 仇宝云, 莫岳平. 南水北调东线工程江苏段管理改革设计[J]. 扬州大学学报(自然科学版), 2003, 02:60-64.
- [9] 常虹. 南水北调东线江苏境内工程管理模式研究[D]. 河海大学, 2005.
- [10] 陆一忠. 试论南水北调东线江苏段管理模式[J]. 水利发展研究, 2014, 08:36-39.
- [11] 侍翰生. 南水北调东线江苏境内工程水资源优化配置方法研究[D]. 扬州大学, 2013.

(责任编辑: 王宏伟)