

跨流域引水的国际经验

The Inter-basin Water Transfer in the World

张泽祯

(水利部技术委员会委员, 国际水资源协会副主席)

有史以来, 水权在决定人类定居格局中发挥重要作用。水资源是决定社会持久发展的自然制约因素。近几十年来, 由于人口的迅速增长和工农业的高度发展, 在全世界范围内加剧了对水资源的需求。由此产生的水资源局部短缺, 要求从远距离的水资源较丰富地区向人口密集而水资源受制约的地区引水。由于跨流域引水工程在技术、经济、社会、环境等方面影响很大, 是非常复杂的系统工程, 因此国际上近代许多大型跨流域引水方案的共同特点是: 长期的研究、不断的反复、巨额的投资和对环境影响日益增长的担心。一般情况是, 研究技术上和经济上的可行性相对来说比较容易, 真正的问题在于政府和社会的可接受性。但从长远看, 随着人口的不断增长和社会经济的持续发展, 由水量多余地区向缺水地区引水, 仍是全面开发利用水资源的一个重要方面。

一、美国

1. 已建工程。美国主要跨流域引水工程均集中在西部, 其中有:

(1) 科罗拉多河—大汤姆逊河引水工程。从科罗拉多河上游引水向东, 经21公里隧洞穿过落基山, 至密苏里河支流大汤姆逊河, 设计流量15.6立方米/秒, 年引水总量3.8亿立方米, 供灌溉和城市用水。工程包括10座水库, 4座抽水站和7座水电站。

(2) 萨克拉门托河—圣华金河引水工程。其中包括:

中央河谷工程, 30年代开工, 以沙斯塔水库为骨干蓄水工程(库容55.6亿立方米), 先从北部特立尼特河每年引水10亿立方米入萨克拉门托河, 而后再将萨克拉门托河水引向圣华金河。该工程为以灌溉为主的综合利用引水工程, 最终年引水量为90亿立方米。

加州调水工程, 50年代开工。它包括水库23座、抽水站19座、水电站8座。其中埃德蒙斯顿抽水站扬程为587米。输水干渠总长710公里, 年引水总量52亿立方米。

(3) 中央亚利桑那州工程, 从科罗拉多河扬水, 输送536公里至图森和菲尼克斯两大城市及其间的农区。1985年底已输水至菲尼克斯, 1991年可输水至图森。年引水总量15亿立方米。由于该州处于科罗拉多河最下游, 如何合理利用这一仅余的新增水源, 是有待深

入研究解决的问题。

2. 规划设计工程。由于美国西部干旱地区的水资源几乎已开发殆尽, 目前美国跨流域引水的重点已移至东南部。为了解决水资源分配不平衡的问题, 近年来许多州已开始制订跨流域引水的有关法规, 其中有四个州位于美国东南部——佛罗里达, 佐治亚, 肯特基及南卡罗林纳。南卡罗林纳州已批准了七项跨流域引水工程。亚特兰他人都会由于人口急剧增长, 而当地地表水及地下水资源又严重不足, 在下一世纪必须考虑远距离大规模引水工程。美国还曾规划在中西部的高原地区引水, 并曾研究过五个方案, 包括造价最低的由密苏里河向西部堪萨斯州引水, 和造价最高的由中南部几条河向奥克拉荷马州引水, 这些方案至今均未实施。

二、苏联

苏联全国84%的水资源集中在西伯利亚、远东及欧洲北部, 而75%的人口及80%的生产力集中在欧洲南部、中亚细亚及哈萨克斯坦, 这些地区的水资源仅占全国的16%, 需要灌溉的农田也都集中在目前水资源已近于枯竭的南方。此外, 苏联一些大湖及内海, 如卡斯俾安湖、阿拉尔湖、阿佐夫海等均位于南方, 这些水体的面积主要由于蒸发正日益萎缩, 严重影响环境, 急需淡水补给, 几乎已成为最大需水户。

为了从北方及东方向南方调水, 在上一世纪即已考虑远距离跨流域引水。最近20年更抓紧全面研究, 从70年代起已有100余个国属单位参加了研究工作, 包括气候、水文、环境、生态、工程、效益及投资等方面。从欧洲北部向卡斯俾安湖流域引水, 距离3500公里, 年总引水量190~200亿立方米。计划分三期实施(二期引水量分别为60亿、35亿及100亿立方米)。从西伯利亚向中亚细亚地区引水, 距离2500公里, 计划年总引水量最终为250亿立方米。由于这些工程规模巨大, 问题复杂, 仍在广泛研究讨论, 目前均尚未决策实施。

三、印度

印度全国年平均降雨量1170毫米, 但时空分布不均, 全国约有1/3的地区缺水, 全国耕地面积的39%属

易旱地区,本世纪已发生过20次干旱年。据估计,印度地表年水量约18 000亿立方米,其中约7 000亿立方米可在本流域内或邻近地区开发利用,可供远距离跨流域引水的水量高达2 500亿立方米。

1. 已建工程。300多年以来,印度的引水工程包括18世纪修建的由喜马拉雅山区向哈亚那邦、北方邦、拉贾斯坦邦引水的工程;19世纪修建的由克里什纳流域向邻近流域引水的工程,可灌溉10万余公顷农田;由克拉拉邦河流向东引水,至泰米尔南杜邦的干旱高地进行灌溉。印度已修建的跨流域引水工程如下:

(1)1861~1870年修建的库尔努一库达巴工程,由通加巴德拉流域向昆都流域和彭那流域引水,引水渠道长约330公里,流量122立方米/秒,年引水量33亿立方米,灌溉11万余公顷农田。

(2)1958年开始修建的英迪拉甘地引水工程,由比阿斯河及苏特列支河向拉贾斯坦邦引水,工程分两期实施,引水线路总长640公里,灌溉总面积158万公顷,第一期工程已于1986年完成。

(3)60年代开始修建的由北方邦噶格拉河向萨达河引水的工程,渠道总长280公里,引水流量480~650立方米/秒,设计灌溉面积200万公顷,1985年已灌溉面积135万公顷。

(4)由克拉拉邦波利亚河向东部邻邦苏鲁里亚河引水工程,两条干渠总长85公里,引水流量共46立方米/秒,灌溉总面积63 200公顷。

(5)由北方邦拉姆甘噶河向恒河流域的引水工程,水库于1978年建成,有效库容22亿立方米,引水线路全长108公里,引水流量135立方米/秒,总灌溉面积65.9万公顷。

(6)巴克拉及比阿斯工程,由苏特列支河向比阿斯河引水。苏特列支河上的巴克拉混凝土坝高226米,于1963年建成,比阿斯土坝高133米,于1987年建成。前者灌溉面积260万公顷(另改善灌溉面积90万公顷),后者灌溉面积160万公顷。跨流域引水的渠道在两座水库的上游连通。

(7)帕拉比库朗·阿里亚多目标工程,位于印度南部,将向西流的一些河流的多余水量引向南部及东南部的克拉拉邦和泰米尔南杜邦。这一工程包括八座水坝,已先后在1962~1982年期间建成。

2. 规划方案。近年来印度对跨流域远距离引水仍继续予以高度重视,研究了三大方案:连接北方恒河和南方考弗里河的计划;全国范围环形渠道计划;国家发展计划。从技术及经济方面比较,以第三方案对优化开发主要河系最为有利,这一计划包括两项主要内容:

(1)喜马拉雅河系开发:包括在恒河干流、布拉马普特拉河以及它们的主要支流(印度及尼泊尔境内)筑坝蓄水,以达到防洪、发电及灌溉的目的。通过互相连通的渠道网,可将柯西河、甘达克河以及查格拉河等的多余水量调往西部。同时布拉马普特拉河的多余水量还可补给恒河、苏特列支河、比阿斯河等河流,以便向更南地区引水。这一开发计划约可引水1 400亿立方米,灌溉2 200万公顷农田,使加尔各答港流量加大1 120立方米/秒,并可改善印度境内的航运。这一计划不仅对印度部分地区有利,而且对邻邦尼泊尔、孟加拉也有利。

(2)半岛河系开发:这一计划将印度中部的马哈那

迪河及哥达瓦里河大量余水调向南部缺水的克里希那河、潘那尔河及考弗里河。调水路线除大部分可自流引水外,局部地区抽水扬程最大可达122米。这一计划还将印度西部和中部的一些中小河流连通起来,满足南方缺水各邦的灌溉要求,以及孟买大都市不断增长的水需求。

印度最近通过的水资源政策认为,“应该通过调水方案,包括从一个流域向另一个流域调水,以满足缺水地区的需要。这些方案应在国家发展前景的基础上,考虑有关地区或流域的需要后决定”。印度政府的一个独立机构——国家水资源开发局从1982年以来,一直在研究下一世纪初将要开始修建的各项跨流域引水工程,以满足各地区对水资源的需求。

四、加拿大

加拿大就全国范围而言,水资源比较丰富,占有全球淡水的9%。但在地理上分配不均,东西沿海地区水量丰富,草原各省则属半干旱地区,有些地区经常发生历时长短不同的旱灾。南部草原地区的可供水量仅为全国平均值的30%。因此加拿大在跨流域引水方面也有较长的历史。在地质上,除西部高山区以外,加拿大境内由更新统冰川形成的分水岭高度一般较低,因此修建调水工程比较简单。加拿大跨流域引水工程的主要目的为发电。至1980年,加拿大九个省共有54座引水流量超过25立方米/秒的跨流域引水工程,其中发电43座,灌溉9座,城市供水2座。在过去20年内加拿大修建了两座大型引水工程。

1. 邱吉尔河引水工程。在邱吉尔河上的南印度湖出口修建引水建筑物,使湖水位抬高3米,引水经过拉特河,再引至奈尔逊河,渠道总长300公里,引水流量807立方米/秒,这样可以使两条河流的总发电量大大增加。引水工程于1976年建成,奈尔逊河上的两座水电站于1979年建成,总装机容量225万千瓦。这一工程由于在设计期间对移民以及其他环境问题研究不够,工程建成后还在继续研究解决。

2. 詹姆斯湾引水工程。建于70年代,由詹姆斯湾向拉格兰得流域引水,工程包括九座大坝和160座土堤,通过引水和水库调节,使拉格兰得河流量由1 700增至3 300立方米/秒,四座电站总装机容量可达2 300万千瓦。这一大型引水工程在工程技术上有许多革新之处,对生态环境等问题也解决得比较好。

加拿大于80年代初开发了全国水资源利用评价及预测模型,对全国各水系的水资源平衡及各种水资源开发方案进行研究分析。各省也对水资源供需进行预测,研究由本流域或跨流域引水的不同方案。从长远目标看,有必要将全国性模型与各省的模型进行综合联网。

五、澳大利亚

澳大利亚的大分水岭(最高高程约2 000米),由南部的维多利亚州,经过南威尔士州,延伸至北部的昆士兰州,将东部澳大利亚的干旱内地与多雨的狭长沿海地带分割为二。东部内地有广阔的适于灌溉的土地,但水资源严重不足,而沿海地区雨量充沛,耕地既少又不需

灌溉,但洪水灾害时有发生。因此,长期以来,澳大利亚一直在研究将沿海河流的多余水量引向内地的方案,已完成以下两项工程。

1. 雪山工程。修建于1949~1975年。工程包括在雪河上修建两座大型水库,穿过分水岭开挖二条长隧洞通往内地的墨雷河及图木特河。在通往墨雷河的引水线上有两座水库,两座抽水蓄能的上池和三座水电站。在通往图木特河的引水线上有四座水库,三座抽水蓄能的上池和四座水电站。通过这一系列工程,可使墨雷河的可供水量增加一倍,使图木特河的可供水量增加60%。全部工程的电站总装机容量400万千瓦,包括抽水蓄能机组50万千瓦。

2. 绍尔哈温工程。建成于1976年,主要目的为扩大向悉尼市的供水。工程包括在绍尔哈温河上修建他罗瓦水库,由该水库抽水,扬程高达600米,跨过分水岭,注入温卡里比河上距离很近的费兹罗依水库,再通过长约100公里的渠道,向悉尼市供水,此外水电站装机40万千瓦。由于抽水可利用火电站廉价的低谷电能,且城市供水水费较高,因此这一工程的经济效益比较显著。

六、墨西哥

墨西哥水土资源分布不平衡,东南部雨量及径流充沛,而耕地较少;西北部有大面积肥沃土地,但水资源缺乏。因此政府制定了国家西北水利计划,修建一系列大坝及其他引水输水建筑物,进行南水北调,以满足地方需要,并扩大总体效益,包括生活用水、灌溉、发电、防洪等。

这一计划涉及17条河道及其支流,经过1 000公里距离,流入太平洋及加利福尼亚湾。全部工程包括22座多目标大坝,18座引水坝,2 500公里干渠,灌溉194万公顷良田。这一工程开始于60年代,至1986年已建成11座大坝,一座正在施工,10座引水坝已投入运用,灌溉面积达100万公顷,发电装机33万千瓦。57%的年平均径流量已得到利用。

七、以色列

以色列于70年代建成的塔列干引水工程,由卡斯皮安河流域平均每年引水3.76亿立方米至噶兹温开发区,以增加52 000公顷的灌溉面积,并补充少量生活及工业用水。引水工程包括在塔列干河上修拦河坝,经过9公里长的隧洞(引水流量30立方米/秒),引水至齐阿兰河上的拦河坝处,再经过200公里长的干渠,引水至该开发区。在开发区内,总长200公里的支渠及总长25公里的压力管道分水至100个田块及8处地下水人工回灌区。

八、西班牙

西班牙年平均降雨量660毫米,年平均径流深220

毫米,水资源时空分布不均,加以人口分布不均,人均年水资源量最低500立方米,最高6 700立方米。西班牙共分10个大流域,其中沿地中海的四个流域(南方河、色古拉河、犹卡河、东皮林纽河)缺水。为此政府制定了跨流域引水的长期计划。近期(2010年)由中部的托约河和东北部的埃布罗河引水,远景由距离较远的西北部北方河(流域面积占全国面积的11%,但年径流量占全国40%)引水。西班牙在过去90年内修建了许多水库,调蓄水量,以解决水资源在时间上分布不均的问题;在过去20年内大规模修建了跨流域引水工程,以解决空间上分布不均的问题。至1985年,已完成由托约河向色古拉河引水(距离286公里)工程,年引水量3亿立方米。由埃布罗河向色古拉河、犹卡河引水的第一期工程已在80年代末完成,年引水量3亿立方米,增加灌溉面积约5万公顷,90年代中期将开始修建第二期工程,年引水量12亿立方米。政府计划远景由北方每年向东南沿海引水26亿立方米,约占引出流域水资源量的20%。

九、国外跨流域引水的主要经验

1. 要充分研究引入流域内部水资源的潜力,包括更有效地使用现有水量、废水再利用、改善流域管理、地表水和地下水联合运用、改变耕作制度、发展节水型经济、建立节水型社会。要充分审查可能替代的全部供水方案,来确定跨流域引水是否必要。

2. 国民社会经济发展计划要与水土资源的开发利用计划相适应,要考虑水土资源的承受能力。在缺水地区要限制发展耗水工业、耗水农业,限制大中城镇的发展,控制人口增长。

3. 合理确定设计水平年,详细分析引出和引入流域相应这一水平的供水量和需水量(比较最高、最低的不同方案)。制定引水方案的总目标和优先供水部门的次序。

4. 如果跨流域引水方案已决定实施,当存在不同的线路和不同工程布置时,要进行详细比较和优选。

5. 要合理确定对引出流域的经济补偿,做好必要的移民安置工作。

6. 加强环境生态方面的研究。鉴于目前在研究方法上(包括物理模型、生物模型等)还不成熟,有些成果还很难定量,要多作调查分析,加强监测,积累经验。要防止忽视或过高估计环境生态副作用的两种倾向。

7. 当不同部门或不同地区之间存在利益矛盾时,多目标跨流域引水工程的运行要建立适宜的管理机构,合理分配调度水量。

8. 考虑到跨流域引水规模越大,其孕育时间越长,实际效果的产生越迟。除要求规划、勘测、设计、施工、运行都要做到合理可靠外,为了查清引水效果(即使是局部效果),在全部工程完工前要分段实施。

(责任编辑 蔡今)