

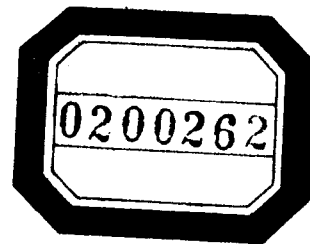
国外 水利水电 考察报告 选编

上册

中国水利学会
水利部科技教育司
水利部外事司

SELECTED INVESTIGATION REPORTS ON WATER CONSERVANCY
& HYDROELECTRIC POWER IN FOREIGN COUNTRIES

水利电力出版社



1983 — 1990



005823 水利部信息所

国外水利水电考察报告选编

上 册

中国水利学会
水利部科技教育司
水利部外事司

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

315004

1983~1990

国外水利水电考察报告选编

上 册

中国水利学会 水利部科技教育司 水利部外事司

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号)

各地新华书店经售

地质矿产部河北测绘制印中心印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 34 印张 778 千字

1993 年 7 月第一版 1993 年 7 月北京第一次印刷

印数 0001—1580 册

ISBN 7-120-01880-9/TV·685

定价 上册 34.60 元
下册 43.40 元

编 者 的 话

本《选编》收录了水利系统 1983~1990 年期间部分外出学习、考察和参加国际学术会议回国人员编写的技术报告。为了使读者参阅方便，按专业分六部分，上、下两册。考虑到篇幅与专业面，其中不少报告作了较大的删减，望作者予以谅解。

在收录和编辑过程中，得到了许多单位领导和外出学习、考察和参加国际学术会议人员的大力支持，在此一并致谢。

参加本《选编》编辑整理工作的人员有中国水利学会秘书处和水利部科技教育司的部分同志。由于水平有限，工作中可能出现错漏，敬希读者批评指正。

中国水利学会
水利部科技教育司
水利部外事司

1993 年 1 月

目 录

编者的话

I. 水 资 源 开 发 和 利 用

世界水资源开发保护的最近动向·····	(3)
美国西部跨流域调水与水资源开发情况·····	(8)
美国水资源规划、开发和管理·····	(23)
美国加州、内华达州等长距离调水工程·····	(38)
美国加利福尼亚州的水资源管理·····	(51)
英国的水资源与水管理·····	(72)
日本水资源开发利用与管理·····	(96)
苏联中亚锡尔河流域的水资源及其开发利用情况·····	(125)
赴罗马尼亚考察水资源的报告·····	(130)
泰国水资源利用与管理·····	(138)
国际水资源系统应用研讨会概况·····	(147)
泰国的水库移民·····	(150)
水资源开发中的环境影响评价问题·····	(153)
加拿大水利工程环境影响评价·····	(165)

II. 水 工 程 建 设 与 管 理

赴美技术合作交流情况的报告·····	(173)
对美国波尔顿福尔司水坝问题的咨询·····	(182)
美国的大坝安全工作·····	(185)
美国一个半月建成一座高 51m 的混凝土坝·····	(192)
美国高混凝土坝通仓长块浇筑的温度控制和裂缝问题·····	(197)
美国的江河治理·····	(203)
美国混凝土面板堆石坝的一些情况·····	(213)
美国圣海仑火山区的拦泥库·····	(215)
美国哥伦比亚河的开发与现状·····	(217)
美国密苏里河的治理开发·····	(221)
日本的土质改良技术·····	(232)

中国三峡工程代表团赴日本考察报告·····	(234)
日本河流的梯级开发情况及电站管理·····	(270)
日本抽水蓄能电站·····	(276)
苏联高坝施工技术·····	(290)
苏联工程建设标准化概况·····	(297)
苏联水电建设、机组制造及运行·····	(304)
访苏考察报告·····	(309)
苏联苏拉克河上三个水电站简况·····	(313)
苏联中亚地区水利建设情况·····	(319)
苏联冰情及冰防治·····	(332)
乌兹别克水利工程泥沙防治简况·····	(340)
泰国的电力事业及其发展前景·····	(344)
澳塔斯马尼亚参观考察简要报告·····	(347)
加、美、法、意四国大坝安全监测·····	(353)
加拿大的电力工业·····	(381)
荷兰王国的水利概况·····	(384)
荷兰王国几项水利技术情况简介·····	(403)
赴埃及水利水电考察报告·····	(411)
赴法国、挪威考察报告·····	(422)
印度柯西河治理与高土石坝的设计施工·····	(432)
委内瑞拉古里水电站考察·····	(440)
奥地利、意大利水电建设概况·····	(447)
赴意大利、瑞士考察压力输水洞后张预应力和带防水层复合衬砌的报告·····	(452)
意大利的大坝安全监控管理·····	(463)
联邦德国河口治理概况·····	(477)
联邦德国城乡供水工程的情况·····	(485)
印尼大坝建设简介·····	(489)
芬兰的冰工程·····	(496)
长期电力系统会议和斯里兰卡电力建设情况·····	(504)
法国水务工程及其管理·····	(506)
第二届国际资本货物协商会·····	(510)
日本大坝施工中污水处理技术·····	(514)
与水利水电工程建设有关的工程地质问题·····	(521)
西德、比利时等国的升船机·····	(532)

I、水资源开发和利用

世界水资源开发保护的最近动向

——参加第四届世界水资源大会的体会

一、大会情况和议题内容

1982年9月5~9日,由国际水资源协会主持的第四届世界水资源大会在阿根廷首都布宜诺斯艾利斯举行。总的议题是“人类的水消耗及人与环境的关系”。参加会议的有44个国家和地区的361名代表,我国派了4人参加。总共提交了论文120余篇。

大会设4个专业委员会,具体如下。

(1)水与系统工程。其研究对象主要包括水文,水文地质、水质等资料的测验、预报、整编、出版和管理等技术;水量调节与水量分配规划;为有效地利用水资源的抽水和污水(纯水)处理的低成本的设备、方法和步骤以及在阿根廷巴拉那河中游的一个多目标工程的规划中作为应用系统分析试点。

(2)教育、经济和社会方面的问题。这个问题范围比较广泛。包括培训气象、水文、水文地质、水资源管理等方面的中、高级技术人员;公共卫生与健康用水问题;对不同用途需水量的预测问题;水资源开发规划的财务预算问题;以水价作为推行合理用水的工具问题;从社会与政治的角度对待饮用水的供应问题以及水与健康及发展的关系问题等。

(3)环境方面的问题。包括水圈及水文循环的问题;水资源开发对环境的影响(考虑到2000年水平)问题以及与环境和水资源管理有关的问题。

(4)水权与管理。包括家庭及工业用水的立法问题;按国家及当地水质标准管理排放污水与用水的立法问题;环境与水污染控制的立法问题;用水户参加水资源的决策与管理问题以及在国际河流上进行多目标开发工程的立法和若干规定等问题。

同时,大会还举行了特别会议,议题是:农村的非农业用水问题;海洋的水资源问题;平原水文与管理问题;日本、埃及、中国、印尼等国介绍本国水资源现状及开发保护的意見;国际有关组织介绍如何协助各国解决水资源的合理利用及保护等问题。

国际水资源协会系民间学术团体。其宗旨有以下3个方面。

(1)推动水资源的规划、开发、管理、科学技术及教育事业,使其达到世界先进水平。

(2)为规划、行政管理人员,科学家,工程师,教师以及与水资源有关的人员提供国际性讨论的场所。

(3)鼓励、协助和支持水资源方面的国际活动,包括与其他国际组织就共同关心的问题合作。

这个组织,就笔者理解,其任务是为了人类的利益,合理利用水资源。它是利用各个不同的水利组织的研究成果,进行综合研究,解决各个组织之间的空隙和边缘问题,把它们联系起来,它既是各个水利组织之间的联系纽带,又是把水利学科、环境科学、卫生工程、法律等学科联系起来的桥梁。

二、会议主要内容

根据个人参加会议的体会,把讨论、交流的主要内容和问题归纳如下。

(一)关于过去 10~15 年水资源开发与环境方面的经验教训

(1)各项水利工程,特别是大型水资源开发工程(如水库工程和灌溉工程等),对环境产生影响是肯定的,但以往不为人们所重视,今后必须在此类工程的规划设计中考虑环境影响,把它提到应有的高度来认识。并对环境保护的效益与投资比进行研究,综合选定开发方案。

(2)砍伐森林对水资源的影响也是肯定的。森林生态不仅提供商品,而且对稳定土壤、防洪和调节气候等都有作用,此外,还可为有价值的动物提供生存环境。砍伐森林就破坏了上述作用,特别是减少了土地吸收、储蓄和调节河水的能力,因此,砍伐森林造成的经济损失远不如生态作用的损失。例如南美的亚马逊河是世界水量最丰富的河流,现在流域内大量砍伐森林,使气候和流量已开始明显改变,减少了形成降雨的那一部分蒸发量,洪峰增大。有些专家预测,由于气候和水文情况受到影响,部分流域将可能变成半沙漠或沙漠化。

(3)在规划和兴建水利工程之先必需研究流域或地区内现有生态系统的作用,识别和维护现有生态系统,为进一步合理开发水资源提供有价值的作用。例如研究海岸咸水湖生态系统的利用问题,就要认识其对河口、沿海渔业的价值,或对保护沿海低地的价值,以及其他产品的价值,等等。

(4)对流域或地区都需要有包括环境问题在内的全面、完整的规划。环境问题大多可以预测,因而可以事先提出防治措施。重要的教训是需要更多更好的规划来指导开发。从调查确定任务、论证开发的可能性、进行可行性研究,直到最终实行开发都需要有环境、水质评价与防治和对不利影响减免措施的规划。

有一些人把环境处理作为开发以外的问题,而不把它作为开发的重要尺度。处理工作的发展趋势是只从国民经济各部门考虑的,如农业、水资源、林业、渔业、工业和城市发展等。这个趋势成为对环境问题有效处理的阻碍之一。因此,今后在水资源开发中,除注意国民经济各部门的要求外,还必须考虑环境因素,作好整体的全面的规划。

(5)在水资源开发中要注意多国关系。过去 10~15 年深刻的教训是认识了开发水资源国际力量的相互关系。由于河流及地下水不受政治界限的影响,气候的变化也不受政治界限的影响。因此水资源的开发必须经常着眼于多国关系及其相互影响。过去 20 年的经验表明,国家间的争吵,随着对用水量的增加以及水质污染的加剧而激化,并变得复杂化。例如美国加利福尼亚州的灌溉使科罗拉多河高盐度的水流向墨西哥,结果经历了 10 年的谈判,美

国和墨西哥才签订了协议。

有些国际河流矛盾现在还不尖锐,但是当工农业进一步发展,矛盾将会发生或激化。通过过去的教训,需要建立公共的组织来解决这些矛盾。

(二)必须重视战略问题

以收集资料为例,从战略观点看,搜集水资源资料应有两个目的:一是了解水资源的特征;二是了解水在当地生态系统中的作用和任务。但在过去较长时期中,对后者重视是很不够的。

例如,对于测验项目,不同专业各自从本身业务需要出发,缺乏联系。例如气象学家重视的是降雨量、气温;农业水文学家对蒸发量很注意;土木工程师有兴趣的则是河流的流量和水位;水化学家和微生物学家则强调水质分析资料。对于布站也从各自专业需要出发,缺乏整体战略观点,以致所得资料缺乏联系,难以比较,到发现问题和困难之时再来谋求补救就显得被动了。今后,应当各学科联合起来,共同全面收集资料。

流域的数学模型,可以作为资料空白补充的桥梁,应当作为资料系统的组成部分。

还要平衡费用,观测密度与复杂数学模型的关系,得出收集资料的最优方案。

以上只是一例,总之各项工作都要从战略出发,要从长远考虑,要全面考虑。

(三)要重视水资源开发对环境的影响

既然水资源的开发肯定要对环境产生影响,而且水资源进一步的开发利用对环境的影响越来越严重,环境又直接影响人类和生物,因此就必须重视此问题。在工程规划中尽量减少对环境不利的影响,这不仅对大工程如此,对小工程、面上的工程也是一样,数量众多的小工程,由于积累作用,对环境可产生显著的影响。在水资源开发中,要留有余地,尤其是对某些问题,如一时搞不清,没有把握,在规划中要留余地。

近海地区水资源开发必须包括研究对海域环境的影响,潮汐平原和咸水湖有很高的生物生产力,如果在开发水资源中要泄放大量的淡水,将会改变海域的生态系统,减少海域的生产力,影响渔业和水生壳类动物的养殖,规划中如果没有应有的注意,就会引起社会问题。

内陆水资源的开发,可能导致海岸的侵蚀,但常被忽视,以致发生环境退化和经济损失,例如埃及的阿斯旺高坝,这次大会对它的评价是基本肯定的,认为利大于弊,但有些效应也不能忽视。该坝建筑以前,多年平均有 330 亿 m^3 水量入地中海,建坝后,200 亿 m^3 的水量用于灌溉,约 100 亿 m^3 的水被蒸发,入海的水就很少了;同时,输向海口的泥沙也因建库而减少,破坏了河口冲淤的平衡,造成海岸被侵蚀。

在近海地区开发水资源与围垦土地时,必须仔细研究,要在可靠的基础上,根据陆地和海域总产量,求出最优方案。

(四)运用系统分析,作好整体规划

运筹学广泛地用于水资源规划中复杂系统的研究,例如工程的组成方案,以及不同用户的组合决策等。但必须注意,使用任何数学模型和方法,求得成果的精度不可能超过资料本身的精度。在应用系统分析时,应当避免不必要的复杂数学模型,实用性和简单性应作为评价数学模型的重要指标。有的人在研究某一问题所用的数学模型中,引入了 28 个参数,互相影响,关系复杂,不考虑主次,把数学模型搞得神秘化和复杂化。单纯从数学模型中得出的最

优方案,有时在政治上可能是不现实的,有时在决策中宁可采用非最优解。

在方案决策中,预算是非常重要的,要考虑时间因素对经济情况变化的影响。例如,某工程的几个方案的总投资可能一样或相差不大,但各方案审批和施工过程长短不一,这就需要考虑到并预测这一时间的经济变化情况。

在整体规划工作中,应通过系统分析方法,对每一方案都建立一套完整的正确的制度,包括工程的兴建和运转阶段的各项规划,如人员培训、工程的运行管理、财务、法规等都应该有相应的配套。要做好总体规划,要从全流域统一着眼,各个用水部门的工程规划、环境规划和管理规划要同时考虑;对本流域与相邻流域的关系,特别是国际河流或跨省河流的水资源开发中,更要详为考虑;还要考虑规划的时间水平(例如考虑到 2000 年)以及这一时段内经济情况的可能变化。在资源方面,水资源和土地资源统一考虑;地上水、地下水联合使用;要进行多方案的比较。规划设计中所需设计费较多,发展中国家请外国进行规划设计的较多,是一笔很大的开支,要设法降低规划设计费用,可通过培训人员,制订各种规程规范,提高工效来解决。在个别工程的规划与实施中,必须与流域的最终规划相协调,尤其是重点工程,并要留有一定余地,以适应将来的发展,至于裕度大小则视工程的重要性而定。

(五)水资源的保护利用规划、管理和研究的动向

当今世界,由于社会发展,对水资源的要求越来越大。其原因,一方面人口增多,城市化,工农业的发展,要求供水增多;另一方面排污量增多,水质日益恶化。此外由于能源涨价,大量抽水不经济,也使供水量逐渐减少。因此需要对不同年份的不同情况各用户的可能用水量作出预测,并据此进行最经济的分配。如某国有一片面积较大拟开垦的地区,为了优选开发对象,先将该地划分为 100 个小块,根据最合理地使用水资源,优选出了其中最具有开发价值的 23 块地区,再根据给水的可行性、蓄水和配水的要求,人口、土地的实用性,现有的条件、经济的潜力以及环境和社会方面的问题等评价的准则选定开发地区。

目前在水资源规划和管理工作中,还存在一些问题。例如,对不同水体的水法还没有订立或很不全面;地上水和地下水本是一种资源的两种形式,却得不到统一规划和研究;人为的将水量和水质管理分开;对某些用水户没有拟定合理的水价和有效的收水费办法;用水户对节约用水不关心,这些都是有待解决但并不难解决的问题。

要注意研究水资源保护的战略重点。现在很多发达的国家,对水资源污染控制的战略重点有所转移,开始由传统的控制点污染源(城市和工业污水)和它的有机负荷,转向控制非点源的营养物质、有毒物质和酸雨的研究。

(六)其他一些原则问题

在规划管理方面还有一些原则问题。例如:①关于水质标准问题。世界上现用的是河流标准或排放标准,或二者的综合;②要考虑经济效益为最优。计算开发方案经济效益最优的方法是,净效益最大(净效益=总效益-成本);效益成本比最大(效益/成本>1);回收率最大(即回收年限最短)等;③采用低成本、低能耗的抽水和污水处理方法。在抽水和污水处理过程中,要从节约出发,应尽量少使用非再生能源,充分利用再生能源,如太阳能,风能等,以降低成本。例如在阿根廷不少农村,普遍利用风车抽水,其风车基本上是定型的;④管理城市河流的水质模型。河流的水质模型很多,现在有的以 DO 为主要因素,建立 BOD 与 DO 的关

系,根据发展后排放的 BOD,预测河流的 DO,以此作为控制污染的方法;⑤饮用水的供应是一个非常重要的问题。据调查估计,目前世界上约有 1/3 的人口可得到第一等的优质饮用水,1/3 的人口有饮用水设施,另有 1/3 的人口没有供水设施。每天约有 3 万人由于饮用水污染以及水传染病而死亡。国际上已将 80 年代作为国际饮用水供给和卫生的 10 年;⑥应当研究废水、污水的再利用问题。一般是将污水进行处理,用于农业灌溉或工厂冷却用水,工厂冷却水经循环再利用;⑦海洋水资源的利用问题。以往是海水淡化、潮汐发电、从海水中提取有用物质,目前已发展到多目标的综合利用。关于海水的淡化方法,德意志联邦共和国^❶取得了较好的成就和先进经验;⑧注意研究农村的非农业用水。这个问题是这次大会特别会议的议题之一,1985 年将在比利时召开的第五届世界水资源大会的议题是“农业地区及其村(社)的水资源问题”。

由于没有看到全部论文,以上情况只是个人根据论文摘要和代表发言以及与代表接触中所得到的材料写成的,也没有来得及与中国其他 3 位代表商讨,错误和挂一漏万之处,在所难免,希批评指正。

长江水资源保护局 方子云

❶ 为原西德国名——编者注。

美国西部跨流域调水与水资源开发情况

为了吸取国外跨流域调水与水资源综合利用方面的经验,我们于 1985 年 4 月到美国西部考察,重点是考察远距离调水规划与管理方面的情况,了解美国水资源多目标开发利用的规划原则、管理方法、制度和实际运用;同时也考察了一些工程建筑物的设计建造、施工现场、社会经济效果和环境影响等方面的问题。现将有关情况介绍如下。

一、美国西部几项水资源开发工程

加利福尼亚州和亚利桑那州是我们本次考察的重点。加州水资源较丰富,但在时间上和空间上分布极不均匀。降雨几乎全部集中在 10 月至次年 4 月,正是农作物非生长季节。从降雨地区分布来看,南部有些地点年降雨量不足 50mm,但北部有些地点却可达 2500mm。全州水资源的 70%分布在北部,但主要城镇人口中心和农田却集中在南部干旱及半干旱地区,南部需水占全州总需水量的 80%。时空分布及需求不相适应的这些特征,要求加州在水资源开发中增加蓄水设施以进行时间上的调节,举办远距离调水以求在空间上合理分配全州水资源。亚利桑那州水资源短缺,以烈日、高温、干燥的沙漠著称。菲尼克斯年降水量不到 150mm。科罗拉多河、希拉河、盐河,被认为是亚利桑那州“生命的血液”,人民多沿河居住。这一带拥有美国最富饶的土地,但缺水一直是亚利桑那州所面临的最大危机。它的水资源规划必须考虑所有可供水源。开发地下水一直是南亚利桑那州经济增长的重要因素,但是开采量已超过天然补给量。州内所有当地径流基本上都被利用了。科罗拉多河是本州的主要水源,目前正在施工建设的从科罗拉多河引水的中央亚利桑那工程是解决本州水资源短缺的重要措施之一。

(一)中央河谷工程

中央河谷包括萨克拉门托河和圣华金河两大水系,南北延伸长近 800km,平均宽约 190km,除西部海峡外,周围均由山脉环绕。两水系在萨克拉门托—圣华金三角洲汇合后,经旧金山湾注入太平洋。

中央河谷工程的范围大致从北部的喀斯凯特山到南部的克恩河平原。

加州立法机关在 1933 年批准“1933 年中央河谷法案”,准备兴建,因财力不继,申请联邦政府支持。1935 年,经罗斯福总统批准,由垦务局承建。

工程从 1937 年开始动工,1940 年 6 月部分工程建成并第一次送水,其后不断扩建。开工后 40 年,已投资 24 亿美元。现仍在陆续修建一些蓄水、输水和扬水工程,前后已通过有关法案 12 项。估计全部建成所安排的工程项目,总投资将达 50 亿美元。建成后每年能供水约 100 亿 m^3 。

中央河谷工程是一多目标工程,初期所定目标是改善萨克拉门托河的航运与防洪,其次是灌溉和居民供水,发电则是第三位的。以后还有三角洲的淡水拒咸、旅游和野生生物保护等。

中央河谷工程包括 20 多座水库,总库容近 140 亿 m^3 ;8 座水电站和 2 个抽水蓄能电站,总装机 180 万 kW;另外还有 800km 长的输水干渠,沟通了特林尼蒂河、萨克拉门托河、圣华金河和克恩河等水系。

主要工程项目如下:

(1)沙斯塔水库。位于萨克拉门托河上,总库容 56 亿 m^3 ,是中央河谷工程的骨干水库。

(2)费林特水库。拦蓄圣华金河水,南送克恩县,北入马德拉渠。

(3)特拉西抽水站。装机 9.93 万 kW,从三角洲扬水 60m 入门多塔渠道。

(4)三角洲—门多塔渠道,长 182km,沿圣华金河谷西侧向南送水,以取代费林特水库所蓄用的圣华金河水。

(5)沙斯塔水电站及其下游的克斯维克水电站。共装机 65 万 kW,向特拉西抽水站供电。

(6)康特拉—科斯塔渠道。长 77km,设计流量 $10\text{m}^3/\text{s}$;费林特—克恩渠道,长 245km,设计流量 $150\text{m}^3/\text{s}$;马德拉渠道,长 58km,设计流量 $10\text{m}^3/\text{s}$;这些渠道将调来的水送往中央河谷的农村、城镇和工厂。

(7)福尔松水库。控制萨克拉门托河的主要支流阿美利加河,库容 12.5 亿 m^3 。

(8)特林尼蒂水库和电站。库容 30 亿 m^3 ,拦蓄和调节特林尼蒂河水,经清溪隧洞,把特林尼蒂河的水调入萨克拉门托河流域的清溪河。

(9)圣路易斯水库和抽水蓄能电站(由加州政府和联邦政府共建共管)。库容 25 亿 m^3 ,装可逆机组 8 台,每台 4.63 万 kW(流量 $39\text{m}^3/\text{s}$,扬程 88m),总计 37.07 万 kW;发电时每台流量为 $46\text{m}^3/\text{s}$,功率 5.3 万 kW,总功率为 42.4 万 kW。

中央河谷工程的管理运用中心设在萨克拉门托市,通过通讯控制系统网络,统一指挥所辖的 5 个分局进行具体操作运用。

工程按每年分两个运用期进行运用:11 月到次年 4 月,为防洪运用期。水库运用以尽可能减小洪灾损失和充分拦蓄冬季余水为目标;3~10 月,为灌溉供水运用期。在这一运用期中,以满足灌溉、城市和工业供水、提供水质保护、改善航运、发展鱼类生产和娱乐活动为目标。在这两个运用期中,工程的具体调度运用都需要和其他有关机构,特别是与加州水资源部密切配合。

多目标的水资源开发促进了中央河谷,特别是圣华金河谷的经济增长和社会繁荣,南部的几个县跻身于全国农业高产值县的行列,主要得益于中央河谷工程的供水。

灌溉:平均每年提供灌溉水量 37~50 亿 m^3 ,灌溉面积约 1200 万亩,这些土地每年生产约 15 亿美元的农产品。在 1982 年,灌溉面积达 1670 万亩,毛产值达 30 亿美元。

城市和工业供水:正常年份,每年提供城市及工业用水 4 亿 m^3 。

水电:每年发电约 55 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,这些电力首先满足工程本身的需要,剩余部分作为商业电力出售,这部分收入是偿还工程投资的重要来源。

防洪:沙斯塔、费林特和福尔松水库都发挥了防洪作用,自 1950 年以来,估计防洪效益约 3.75 亿美元。

航运:为改善萨克拉门托河航运创造了条件。

水资源保护:和加州调水工程联合运用,使三角洲地区 216 万亩土地免受咸水入侵之害。

此外还有旅游、鱼类生产和野生动物保护等方面的效益。

(二)加州调水工程

加州调水工程原名费瑟河工程。它的作用是将费瑟河和萨克拉门托—圣华金三角洲一带富余的水调用于旧金山湾、圣华金流域和南加州等需水的地区。本来中央河谷工程解决了由萨克拉门托河向圣华金流域调水的问题,但由于:①南加州人口持续增长,用水远远超过当时的供水能力;②中央河谷工程主要提供灌溉(垦务局管)及防洪(陆军工程师团管)服务,未能满足城市及工业供水要求,特别是南加州的用水要求;③地方对联邦政府的运用方针不满意,认为中央河谷工程的灌溉及发电应接受州的指导,才能反映加州的社会经济问题。因此,加州又提出了调水工程计划,1951 年州议会通过名为“费瑟河及萨克拉门托—圣华金三角洲工程”的计划。

1955~1956 年的冬季洪水,造成了很大损失,1957 年 2 月,州立法部门给加州水资源部紧急拨款 2519 万美元,开始了加州调水工程的建设。1959 年又通过珀恩斯—波特法案,次年批准发行 17.5 亿美元的债券,建造这项当时最大的调水工程。

工程包括水库 23 座,总库容 84.5 亿 m^3 ;输水干渠 1102km,包括隧洞 33km,管道 281km;水泵站 19 座和水电站 8 座。调水干渠起自三角洲南部,建有三角洲抽水站,渠首引水流量为 292 m^3/s ,全线七级泵站,总扬程 1151m。年用电 137 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ (包括抽水蓄能用电 9 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$),8 座水电站年发电量 66.5 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,可满足各水泵站抽水用电的一半。

整个工程预计 2000 年前后完工,总投资 33 亿余美元,现已投资超过 30 亿美元。全部建成后,每年可调水 52.2 亿 m^3 (其中中部用 21.4 亿 m^3 ,南部用 30.8 亿 m^3)。订有合同的用水户,拥有 1.5 亿亩土地,占全州土地面积的 1/4,占全州人口的 2/3。

已建的工程项目如下。

(1)费瑟河上的奥罗维尔水库。总库容 43.6 亿 m^3 ,是工程的主要蓄水库。

(2)三角洲抽水站。扬程 74m,抽水入加州输水渠,渠长 110km,设计流量 292 m^3/s ,向南送入圣路易斯水库(与中央河谷工程共建共管,如前所述),经该库调蓄后,设计流量增大到 371 m^3/s ,继续南送,流量逐渐减小到 125 m^3/s 。

(3)埃德蒙斯顿泵站。扬程达 587m,装 14 台水泵,每台抽水流量 8.9 m^3/s ,共计 125 m^3/s ,总功率 77.6 万 kW ,年耗电 60 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

(4)特哈哈比山立交段。加州输水渠经埃德蒙斯顿泵站扬水后,穿过一系列隧洞和倒虹吸管(总长度 12.7km,最长的卡勒波特隧洞 7.6km),与特哈哈比山立交。然后分东西两支,送水到滨河县与洛杉矶县。加州输水渠自三角洲起,到滨河县的佩里斯水库,全长 714km。

为了解决抽水的动力问题,水资源部在调水沿线建有 8 个水电厂发电,大约每年可发电 20~30 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,另外还建一些地热电厂和火电厂,并向电力公司购买电力。

加州调水工程从 70 年代起,每年供水都在 10 亿 m^3 以上,现在年供水能力为 28 亿 m^3 ,最大达 37 亿 m^3 。这样大的供水量对加州农业和工业发展产生了深远的经济影响,在某些地方,甚至可以说从根本上改变了地区的经济面貌。如南加州的克恩县,1968~1983 年这 16 年中,共向克恩县供水 125 亿 m^3 ,平均每年近 8 亿 m^3 (最多的为 1981 年,供水 17 亿 m^3),约占该县全部用水的 1/3,这些水,90%用于农业。1980 年,克恩县的农产品毛收入达 12.7 亿美元,成为全州第三个农业高产县。除农产品直接收入外,也促进了地方其他工业,如化肥、农药、农机、食品加工工业的发展。

(三) 全美灌溉系统

全美灌溉系统位于加州东南部,由帝国引水坝、沉沙工程、全美灌溉、科切拉灌溉及一些附属设施组成,引科罗拉多河水灌溉帝国河谷及科切拉河谷的农田。修建全美灌溉系统的前提是科罗拉多河上的蓄水措施。早在 1928 年,根据鲍尔德峡谷工程法案(Boulder Canyon Project Act,1928)批准了兴建胡佛坝和全美灌溉系统。胡佛坝于 1931 年开工,1935 年建成,蓄水 352 亿 m^3 ,相当于科罗拉多河平均年水量的两倍。

科罗拉多河在帝国坝附近被截断,坝上游两岸引水;右岸引入加州全美灌溉,左岸引入亚利桑那州希拉干渠(Gila Gravity Main Canal)。渠首均设有沉沙工程。帝国坝所形成的水库原有库容 1.05 亿 m^3 ,由于泥沙淤积,目前仅余 123 万 m^3 ,并需要经常清淤。

全美灌渠向南加州的帝国河谷及科切拉河谷、加州和亚利桑那州的尤马(Yuma)灌溉工程供水。干渠长 130km,灌溉面积 320 万亩。干渠起点设计流量为 424 m^3/s ,沿程渐减到 75 m^3/s 。科切拉渠道从全美灌溉第一级跌水处引水,干渠长 200km,灌溉面积 47 万亩。干渠设计流量 70 m^3/s 。配水系统由垦务局设计和修建,大部分是混凝土地下管道,在配水系统中建一些小泵站,以便向高处送水。

全美灌溉系统自 1934 年开始修建(胡佛坝修建之后)。1940 年第一次通水。帝国坝和沉沙工程于 1936 年开工,1938 年完工。科切拉干渠在 1938~1948 年期间修建,配水系统建设始于 1948 年,完工于 1954 年。

工程效益很大,由于供水有了保证,帝国河谷和科切拉河谷农产品收获有显著增长。这两地区土壤肥沃,气候适宜,盛产水果和蔬菜。帝国灌区 1981 年农业及畜牧业总收入为 7.65 亿美元,年售电 13.4 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,收入 0.6 亿美元。科切拉河谷还是全国著名的枣椰子产地,占全国总产量的 90%。

同时,帝国坝所形成的水库水位很稳定,在水库区可开展多种旅游活动,如野营、打猎、野餐、游泳、划船和垂钓等。

在帝国灌区从 1928 年至 1976 年共铺各种排水暗管 35308km,排盐效果显著,1949 年灌溉水带来的盐分与排走的盐分达到平衡,之后每年排走盐分均大于带入盐分,土地逐步得到改良。

(四) 南加州城市水管区

南加州城市水管区是当今世界上最大的经营供水机构之一,成立于 1928 年。从 1931 年起,水管区由 27 个成员机构组成指导委员会,负责水管区的一切管理事务。成立水管区是为向南加州海岸平原区的城镇提供补充水源。供水范围约 13467 km^2 ,沿太平洋,北起奥克斯纳