

# 国外水利水电 考察学习报告选编

## 1998~2000

水利部国际合作与科技司 编  
水利部国际经济技术合作交流中心



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

# 国外水利水电 考察学习报告选编

1998~2000

水利部国际合作与科技司 编  
水利部国际经济技术合作交流中心



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

### 图书在版编目 (CIP) 数据

国外水利水电考察学习报告选编:1998~2000/国际合作与科技司国际  
经济技术合作交流中心编. —北京:中国水利水电出版社, 2003

ISBN 7-5084-1493-4

I. 国… II. 国… III. ①水利工程-考察报告-外国-1998~2000  
②水利经济-考察报告-外国-1998~2000 IV. F416.9-2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030216 号

书 名	国外水利水电考察学习报告选编 1998~2000
作 者	国际合作与科技司国际经济技术合作交流中心 编
出 版 、 发 行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 38.75 印张 919 千字
版 次	2003 年 6 月第一版 2003 年 6 月第一次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	98.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换  
版权所有·侵权必究

## 编辑委员会

主任 董哲仁  
副主任 刘建明 郑如刚 范锐平  
委员 刘志广 于兴军 陈霁巍  
李 戈 窦晓桂

主编 刘建明  
副主编 刘志广  
编辑 窦晓桂 常 有 黄国芳  
吴浓娣 金 海 郝 钊

# 前 言

在第八届全国人民代表大会第四次会议批准的《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》中指出：“要坚定不移地实行对外开放，积极参与国际经济合作和竞争，充分利用国内外两种资源、两个市场，进一步发展开放型经济，运用我国经济的比较优势，提高竞争能力，更好地与国际经济互补”。只有实行对外开放，有效地利用国际市场和国际资源，大胆借鉴和吸收人类社会创造的现代文明成果，扩大与其他国家进行人员、商品、资金、技术和信息交流，瞄准先进，积极进取，不断创新，才能赶上时代科技和经济的发展。为了促进水利系统的改革与开放，加强国际交流与合作，近年来，水利部派出大量团组赴境外进行了考察、学习和交流，取得了丰硕成果。为了使这些成果进一步运用和推广，使其为我国水利事业的改革和发展发挥积极作用，并为有关人员学习、交流考察成果提供一个很好的素材，本书收录整理了 1998~2000 年期间出国考察、学习和参加国际学术会议人员的技术报告 93 篇。

本书共分六个部分，第一部分：水资源开发与管理选入报告 33 篇；第二部分：防洪与水文选入报告 26 篇；第三部分：农田水利与水土保持选入报告 11 篇；第四部分：水利水电技术与设备及管理选入报告 5 篇；第五部分：水利经济与水产业选入报告 12 篇；第六部分：能力建设与人才培养选入报告 9 篇。

本书基本按各团（组）提交的报告内容编辑，对有关内容、文字和图表进行了删除或合并，不当之处，请批评指正。

编 者

2001 年 12 月

# 目 录

## 前 言

## 第一部分 水资源开发与管理

加拿大美国水资源概况及水利建设管理经验·····	3
美国水资源优化配置及流域管理·····	9
美国地下水资源的优化利用·····	30
中美水资源研讨会·····	35
加拿大水资源合理开发利用及水利工程·····	40
日本水资源保护技术·····	44
日本水资源综合利用及生态环境保护工程·····	50
英国水资源分配及管理·····	55
英国意大利水资源管理与水行业改革·····	60
英国荷兰水资源管理与水环境保护·····	64
德国法国防洪和水资源管理·····	72
法国德国水环境管理与保护·····	76
德国法国水资源保护与地下水管理·····	82
巴黎“水与可持续发展”部长级会议·····	88
法国遥感技术的应用·····	93
法国德国流域水管理·····	97
德国水资源和水行政管理·····	103
德国水资源保护·····	110
意法荷三国水环境管理与监测能力建设·····	113
德国荷兰水利管理·····	117
芬兰挪威水利建设·····	124
挪威瑞典地下工程建设·····	129
意大利西班牙流域治理与水资源管理·····	138
荷兰水资源管理·····	145
参加第二届世界水论坛部长级会议及访问荷兰英国报告·····	154
澳大利亚新西兰水利建设与管理·····	163
澳大利亚水资源管理·····	171
澳大利亚水资源管理政策·····	177
澳大利亚新西兰节水抗旱及水资源可持续利用·····	182
俄罗斯水资源管理·····	191

俄罗斯流域规划技术与方法.....	196
第六届中韩水资源技术交流会.....	203
以色列农业可持续发展水土资源管理培训班.....	211

## 第二部分 防洪与水文

美国水文预报技术.....	217
美国工程运行管理及防洪预警系统.....	222
德国抗磨蚀材料研究与应用.....	226
美国水文要素采集与数据传输技术.....	229
美国加拿大雷达测雨在水文中的应用.....	233
美国防洪抗灾技术培训.....	238
美国洪水保险蓄滞洪区管理和运用补偿制度.....	246
美国防洪预报技术.....	250
美国防汛异地会商系统.....	253
日本防洪技术.....	258
英国天气雷达测量降水技术.....	261
国际水文计划第 13 届政府间理事会 .....	267
国际水文计划第 14 届政府间理事会 .....	271
德国堤防隐患探测技术.....	278
德国水利管理和堤坝加固及防汛.....	282
德法荷三国的防洪减灾.....	285
德国荷兰流域数字化管理.....	291
德国荷兰堤防建设的新技术和新材料.....	295
法国荷兰堤防工程.....	301
荷兰防洪与流域综合管理.....	306
荷兰防洪疏浚技术.....	312
澳大利亚防洪和水文测报.....	320
加拿大水环境保护与监测技术.....	326
加拿大水利通信技术.....	330
美国水利工程建设与管理.....	334
挪威水电建设与环境保护.....	339

## 第三部分 农田水利与水土保持

美国节水灌溉技术及管理.....	345
美国水土保持与生态环境建设.....	352
美国西部节水灌溉.....	355
日本现代化农村水利.....	363
日本农村水利发展.....	368

日本水土保持与生态环境建设.....	377
日本灌溉管理国际研讨会.....	380
澳大利亚新西兰水土保持及防洪工程新技术.....	385
以色列西班牙奥地利节水灌溉技术及水管理.....	390
泰国农业发展与灌溉管理.....	397
印度第五届国际用水户参与灌溉研讨会.....	405

#### 第四部分 水利水电技术与设备及管理

美国加拿大工程建设与监理.....	415
美国农村水利工程管理.....	427
美国加拿大大型船闸技术.....	430
美国水库移民.....	436
马来西亚印度水利水电工程技术与管理.....	440

#### 第五部分 水利经济与水产业

美国城镇供水和水价.....	447
美国企业和水利企业制度.....	454
美国企业与管理.....	458
美国加拿大水质管理.....	461
美国水价.....	466
美国城镇供水.....	481
法国“百龙工程”企业管理培训班.....	487
英国意大利水价和电价.....	492
英国水利产业.....	501
澳大利亚城市供水和水价.....	507
澳大利亚水权制度和水管管理.....	512
澳大利亚水管管理与水权及水市场.....	519

#### 第六部分 能力建设与人才培养

美国职业培训.....	533
美国审计制度.....	537
美国人才开发管理.....	542
日本韩国人才培养.....	549
英国法国培训管理情况.....	560
德国法国教育培训制度和考核方法.....	564
澳大利亚新加坡人才管理与教育培训.....	574
韩国人力资源.....	590
俄罗斯高校教育.....	601

## 第一部分

# 水资源开发与管理

# 加拿大美国水资源概况及水利 建设管理经验



以水利部张基尧副部长为团长的水利部代表团一行 6 人，于 1999 年 10 月 8 日~10 月 23 日对加拿大和美国进行了考察、访问。期间，代表团访问了加拿大工业部、BC 省水电局、魁北克水电局及美国内务部垦务局等政府机构，并实地考察了加拿大 CAE 电子有限公司、加拿大通用电气公司、加拿大国际项目管理有限公司（CIPM）、美国伏伊特水电公司及拉格朗德 2 号电站和胡佛大坝等水电工程现场。代表团就加强中加和中美之间在水利水资源的规划、开发、资金筹措和偿还等宏观管理方面；在水利工程中的防洪预警系统、大坝安全检测系统、自动化控制系统、环境保护和电网改造等技术方面的问题，与加拿大、美国的政府机构和公司的官员及专家进行了多次会谈和充分的交流。

## 一、加拿大水资源概况及开发

加拿大地广人稀，境内河流众多。湖泊密布，是世界上水利资源最为丰富的国家之一；河流多而且落差大，水能资源丰富的同时也存在着地区水量分布不均匀的现象。

从 20 世纪 60 年代起，加拿大联邦政府已开始按境内河流流域全面进行规划，并同加拿大 6 个流域的所在省份签署协议，在给予必要的财政资助的同时；要求各省按期完成流域水资源普查和开发方案流域规划方案。这 6 个流域是：萨斯喀彻温—纳尔孙河流域；奥卡纳干河流域；圣约翰河流域；加伯尔河流域；皮斯—阿萨巴斯卡河流域；温尼伯与丘吉尔河流域。

由于自然条件的优越及政府的扶持，加拿大水电发展的趋势越来越大。目前已建库容在 100 亿  $\text{m}^3$  以上的水库 20 余座；已建的 100 万 kW 以上的水电站近 20 座。预计到 2000 年，水电装机容量将达 9340 万 kW，开发利用率达 61.10%。

## 二、美国水资源概况及开发

美国理论水能资源蕴藏量为 3.9 亿 kW，可能开发的水能资源为 1.467 亿 kW，居世界第 7 位。美国水能资源在地区分布上极不均衡，全国 45% 左右的水能资源集中分布在太平洋沿岸及西北部五个州，其中哥伦比亚河流域水能资源最为丰富。

美国对水资源有计划的开发利用与保护工作，开始于 20 世纪初，迄今已有 90 余年的历史。重点是综合治理密西西比河干流，兴建西部干旱、半干旱 17 个州的灌溉工程和开发西北部哥伦比亚河的水能资源。水资源开发主要集中在本土 48 个州，开发程度比较高，已建成水库、塘坝 180 多万座，总库容超过 1 万亿  $\text{m}^3$ ，控制本土年径流量 60% 以上。美国近期的水电发展趋向是改建现有水电站、扩大装机容量；增建抽水蓄能电站，用它担负电力

系统调峰任务；利用现有的灌溉、防洪渠道和水库重新发展小水电站。20 世纪末，预计水电装机容量可达到 13217 万 kW，其中抽水蓄能电站达 4980 万 kW。

### 三、美、加水利建设管理的特点和经验

美、加两国的水利建设开始较早，并且已由初级性的开发、治理逐渐迈入规范化和法制化的管理轨道。目前，美、加两国的水利建设机构和相应的法制体系建设比较完善。水利设施的建设、运营、管理的高度自动化技术等方面的经验值得我们借鉴。

#### （一）完善的运作体系

美国设有若干个负责全国水利水电与水资源管理的中央机构，他们的任务各有侧重，互相协调，密切配合。其中水资源理事会是一个协调与指导性的中央机构，由总统授权执行某些与水资源有关的协调、指导任务。美国水资源的规划、设计、开发和管理大多数都是由国防部陆军工程师团、内务部垦务局和田纳西流域管理局完成的。这三个机构在所管辖的范围内都不设相应的分支机构。

加拿大水管理的最高部门为加拿大工业部；下属各省和地区的水电局。

美、加两国的水资源开发由中央机构统一规划、协调，下属机构负责地区或流域的水资源规划、开发和管理。下属机构相对独立，既是政府机构，又是独立的经济实体；既受中央政府的监督，又具有相当大的自由度。流域的规划一旦由中央机构批准，便与相应的下属机构签署协议或通过立法的方式来监督实施。

#### （二）高度的法制化

美、加两国在水利建设和管理方面，从水资源的管理到水资源的开发，从规划到勘测设计，从建设、施工到工程管理，都受到相应的专业法规约束；又受到法律的保护。联邦政府和地方在水资源方面各自的权力和义务通过立法予以明确。这些法律条文通过“协议”得到细化，从而得到很好的执行。例如在流域规划方面，美、加两国都十分重视流域规划设计工作，流域规划设计文件一般由资深的工程咨询机构编制；经联邦或州（省）议会审定立项后，就受到法律保护。凡经议会审定的流域规划文件，只能按法律程序进行修改。各届政府必须持之以恒地贯彻实施。充分显示出了流域规划的权威性、严肃性和一致性。

#### （三）综合开发和多方筹资

美、加两国对大江大河的开发和治理体现了统筹兼顾、综合开发的原则。一般都是对流域进行全面规划，上、中、下游实行梯级滚动开发。防洪、灌溉、供水、发电、航运、环保、旅游等统一考虑，充分注意水资源的综合效益。

由于水利建设项目工期长、耗资大，政府很难提供全面的投资。美、加两国以市场经济为导向，利用多样化的筹资渠道，以社会效益和经济效益兼顾的方法很好地解决了这一问题。对于防洪、环保等社会公益项目，均使用国家无偿投资或启用相应的保险基金。对灌溉、供水等半公益项目；由国家适当补助，不足资金或其余投资由相应的流域或地区管理机构采取贷款或其他方式筹措，并负责建设、运行、管理和贷款的偿还。

半公益项目建成后，建设管理机构对用户只收取小部分的费用，实际成本与收费之间的差额由发电收益来弥补，以达到总体平衡。管理机构在确定电价时，不仅考虑企业的还

贷能力、税收和盈利，还考虑对其他公益和半公益收费项目的补贴，以达到资金统筹、收支平衡的目的。美、加两国政府对水利项目建设在金融政策上还提供一定的优惠政策，如延长还贷时间，有些贷款偿还期长达40~50年。这样做既体现了水资源开发利用的系统性、综合性、平衡性、合理性；又有利于水利建设这一公益事业持续发展。

#### （四）注重效益分析和成本控制

美、加两国的政府官员和业内人事非常重视水利建设项目的成本和效益比较分析，一般项目建设的实际成本与项目的概算相差较小。在项目的设计和建设阶段，均结合项目的实际需要和所要达到的主要目标来分摊相应的成本费用。如有许多大型水利水电工程的地下厂房不采用衬砌和装饰，岩石开挖面作为永久暴露面；还有些交通洞、溢洪道、发电洞等不衬砌或只采用喷混凝土衬砌作为永久工作面等。

20世纪60年代和70年代是美、加水利基本建设的高峰期，目前已很少有在建的大型项目，但仍有不少的项目利用已有的条件进行增容、改造，既提高效率、又节省投资。

#### （五）建设管理的规范化

美、加大型水利水电项目建设一般由所属区域的政府机构负责规划、设计并组织实施和运行管理，但政府机构行使的是规范的企业行为，作为独立的经济实体，自负盈亏。

建设项目的法人在编制招标文件时，并不完全执行FIDIC条款，而是以FIDIC条款为依据，参考其他国际金融机构的采购导则，结合本地区的实际情况和自身积累的经验，专门编制一套适合本流域或本地区项目建设管理的通用规则，并依据此规则进行招标文件的编制。

美、加两国社会经济秩序较为规范，配套体系完善，合同管理严格。因此，在工程建设中很少有违约和不规范的行为。各州或省均有自己的劳务级别划分标准、工资基数和所有工程设备的租用和使用定额，并且每年根据市场需求的变化调整一次版本。上述这些均使建设项目的管理更加严密、实际又易于操作；避免了大量不必要的合同处理工作。

#### （六）运行管理的高度自动化

美、加两国的水利水电项目的运行管理普遍采用了现代化的高科技手段，大坝的安全监测均采用自动化的数据采集和分析系统；若出现质量、安全的临界状态，自动进行报警，这样既节省了大量的人力、物力，又提高了工作质量和管理水平，消除了人为因素的影响。

已建的水利水电项目，除在工程现场设有计算机运行控制设施外，还在各地区分别设有控制中心，联网交换数据。由于美、加两国之间及国内的高压输电及配电线路建设相对完善，并形成了一个庞大的网络，因此各地区控制中心可随时根据用电需求和电价决定开启或关闭本地区控制范围内的任何一台机组，同时也利用调节水库在夜间或电价较低时买进电量贮备，然后在白天的用电高峰期卖出，从差价中获得利润，在国内及北美地区以竞价上网的方式来调节用电市场中的供求关系。

#### （七）重视防洪减灾

美、加两国所面临的洪水问题比较突出，联邦政府和各州（省）共同治理，除河道疏浚治理、修建防洪、排涝工程提高已建工程的防洪标准外，还对洪灾频繁地区制定洪水风险图，在此风险图中标明百年一遇洪水可能淹没的范围，作为洪泛区洪水保险标准、土地开发利用以及洪泛区管理的重要依据。尤其是近年来，美、加两国在全国范围内普遍成功

地采取了先进的通讯技术和自动化测报系统加强洪水的预警预报工作。如美国联邦气象局下设 13 个河流洪水预报中心，在全国主要河流流域设 82 个河流分区，可预报 2500 个控制点的流量和水位，全国 90% 左右的地区可获得预报和警报。

美、加两国非常重视防洪法令的制定和完善，通过法律的强制和约束来保证防洪措施的全面实施。

#### （八）注重环境保护

美、加两国在水资源开发建设过程中，非常注重环境保护工作，在项目可行性研究阶段已充分考虑了对环境的影响及保护措施，并得到有关政府部门的批准。在项目实施阶段，对移民、大气、动物、污水、漂浮物等均采取切实有效的安置、保护和处理措施，并时刻接受有关政府部门的监督。例如，加拿大卑斯省为了保护沙文鱼的生存繁殖，放弃在此资源蕴藏丰富的河流上修建任何水利水电建筑物。

### 四、促进科技交流和加强国际合作

在出访期间，张基尧副部长就中国水利建设的成就及政府改革后的水利部职能向美、加两国的同仁作了介绍，并与他们一道愉快地回顾了以往的合作历程，对未来的合作前景更是充满信心。同时，就具体领域合作事项的会谈中，达成了许多共识。主要内容如下。

#### （一）水利部改革后的基本职能

水利部是直属国务院的国家政府机构，下设一个规划院、一个科研院、按流域划分设立 7 个委员会。水利部负责全国水资源的统一规划；编制 21 世纪前 30 年的水利规划，包括水资源开发、防洪、污染治理等，分步实施，5 年一个目标；大江大河的治理，重点工程建设；制定人大法律文件的实施细则；推动技术进步与国际技术合作。

#### （二）对以往的合作表示满意和对未来的合作充满信心

中国与美、加两国在水利建设领域合作历史悠久，尤其在科技交流、咨询服务、人员培训等方面的合作，已经有了良好的开端，我们表示满意并感谢。朱镕基总理 1999 年 4 月对美、加两国的访问成功，更加奠定了今后我们加强合作的基石。

中国地域广阔，水资源丰富，但开发程度很低；只有 14% 左右。中国政府很关注国内的基本建设，尤其是防洪项目、大型水利水电工程、地方小型水电项目的建设等。同时，由于中国水利大规模建设管理起步较晚，因此其自动化控制、科技含量、系统管理等方面有待进一步地完善、改造和提高。

美、加两国在水资源开发、保护和管理运行等方面的体系相当完善，科技含量、自动化管理程度较高，并且长时间的实践总结出了许多有益的经验。

中国的水利市场是巨大的，加之上述诸多优势互补的因素，我们对今后进一步加强合作的前景充满信心。

#### （三）明确今后的合作方向

1998 年长江、嫩江发生历史上罕见的特大洪水，中国人民在中国共产党的领导下，取得了抗洪抢险的伟大胜利。同时也说明了增加水利投入的迫切性和水利建设加快改革的必要性。最近，国务院强化领导，把以下工作作为水利建设的重中之重来抓。

（1）防洪工程及预警预报系统的建设。今后中央和地方政府机构将加大防洪工程的投

资力度，致力于全国各流域的防洪预警预报系统的建设和完善，通过数据的自动采集、输送和分析，加强水文和洪水的预报预测。

(2) 逐步缓解水资源贫乏和地区供水紧张状况。中国人均水资源占有量为  $1000\text{m}^3$ ，远远低于世界平均水平。今后将加强水资源的配置和优化，通过在建的南水北调来缓解北方缺水问题。同时，将大力宣传和采取一系列的节约用水措施，如灌溉的配套，工业废水的回收等。

(3) 加大环境保护力度和加强水土流失的治理。可持续发展是 21 世纪中国发展战略之一，我们非常关注环境保护和治理工作。让长江、黄河上游退耕还林，禁伐森林，对水土流失进行有效治理，同时关闭小煤矿、造纸厂等对环境造成污染的企业。作为 12 亿人口的大国，决不能以牺牲环境的巨大代价来换取经济的一时发展。

(4) 电网改造和小水电开发。中国已建的电网大部分属于区域网，在全国范围内还不能全面实行竞价上网的方式来调节电力供求关系，同时目前电网的高压损失大、输电效率低。为适应社会主义市场经济的发展，我们已准备对目前电网加大改造力度，修建  $500\text{kV}$  的高压输电网络，加强农村小型电网的建设，改善电力分布不均匀性。提高输、配电质量和效率。

中国水资源蕴藏丰富，但开发程度很低，目前仍有大量的小型水利水电资源有待开发，在这方面，我们欢迎美、加两国的外商直接投资开发。

(5) 大坝运行及监测的自动化管理。中国已建水利水电工程运行管理及安全监测的自动化程度较低，不适应水利事业发展的需要，我们已经开始着手改造，提高大坝运行管理和安全监测的科技含量，目前准备建立一个大坝安全监测与管理中心和两个分中心，修改、完善有关大坝运行和安全管理的技术标准。

对于目前我国水利发展中遇到的上述问题，美、加两国均表示也曾经不同程度地经历过，但他们已得到很好的解决，同时在技术、管理和法律上积累了丰富的经验，并期望着就上述事项和我国加强进一步的交流、合作。

张基尧副部长在率团考察加拿大国际项目管理有限公司、CAE 电子有限公司、加拿大通用电气公司和美国的伏伊特水电公司时，对公司以往与中方的合作表示满意，对公司的热情接待表示感谢，双方均希望在各自的领域进一步加强技术交流和国际合作。同时，就张副部长提到的天荒坪工程水轮机低水头振动和小浪底水轮的供货延误、制造缺陷和售后服务等问题，加拿大通用电气公司和伏伊特公司均表示有信心解决上述技术、质量和管理问题。

同时，代表团还考察了拉格朗德枢纽电站和胡佛大坝，其通过梯级滚动开发充分利用水利资源及科学的施工管理和对环保的重视等均给我们留下了深刻的印象。

## 五、启示

我国水利建设起步较晚，发展较快，新中国成立以来在水利资源的开发和保护方面已取得了不小的成就，但与美、加两国相比，我们还有很大的差距。

今后水利建设应着重抓好以下几个方面的工作。

(1) 进一步完善水利建设事业的运行管理机制。积极推进项目法人责任制的实施，推

行勘测设计的招标、投标制，改进勘测设计的取费办法，严格控制成本，提高勘测设计的质量和竞争力。

(2) 提高水资源的综合利用程度，推行流域水资源的滚动开发方式，逐步实现社会效益和经济效益的收支互补。

(3) 加强水利法制建设，确保水利资源开发和水资源保护工作纳入到法制轨道上进行运作。

(4) 拓宽融资渠道，完善保险业等配套体系的建设，节省政府投资，使水利建设工作在政府的指导和帮助下相对独立地进行。

(5) 努力提高工程建设管理中的科技含量，促进水利建设的科技进步和水利事业的持续发展。

(6) 通过立法和建立健全相应水利建设市场机制。坚持水利事业的可持续发展。

我国的水利资源丰富，水利事业市场发展前景广阔，并且在开发和保护方面取得了可喜的成绩。只要我们认清差距，拓宽视野，开阔思想，坚持改革开放，坚持不懈地努力，扎扎实实地做好各项工作，坚信我们水利建设事业必将在 21 世纪取得更加辉煌的成就。

水利部赴加拿大、美国考察团

# 美国水资源优化配置 及流域管理

## 一、美国加利福尼亚州调水工程（SWP）考察综述

### （一）加利福尼亚州概况

加利福尼亚州（以下简称加州）总面积 41 万  $\text{km}^2$ ，最新人口统计数为 3200 万。加州的工农业生产十分发达，高科技产业举世瞩目。旧金山、洛杉矶、圣地亚哥都是世界著名的大城市。旧金山南边的“硅谷”领导着当今世界的微电子技术，东北部的 Intel 公司生产的电脑芯片占领了世界 80% 的市场。旧金山港依其优越的海湾成为世界三大良港之一，加上国际机场，使旧金山市成为进出美国的主要门户。

加州盆地的气候四季如春，冬无严寒，夏无酷暑，绵延 1300km 的海岸线到处布满美丽的海滩，加上洛杉矶的好莱坞影城及迪斯尼乐园，使得旅游业十分兴旺。

良好的气候条件给农业创造了极好的发展机遇，在解决了水的问题以后，加州农业迅速崛起。它的水果与蔬菜产量占全美总产量的 45%，出口到世界各地。

据统计，加州的国民生产总值 8000 亿美元，居世界第 5 位。

加州位于美国西南部，西临太平洋，南与墨西哥接壤。

加州内陆环山，中心为巨大的 Central Valley 盆地。主要河流为发源于北部山区的 Sacramento 河及发源于南部山区的 SanJoaquin 河。Sacramento 河由北向南流入旧金山湾，SanJoaquin 河由南向北流入旧金山湾，两河汇合后注入太平洋。

以 Sacramento 市为分界，加州北部降水较丰富，特别是山区，年均降水量 1000mm 以上，局部地区高达 2500mm。Sacramento 市周围地区年降水约 500mm。Sacramento 市以南地区年降水量迅速减少为 250mm，部分地区只有 50mm，成为沙漠和半沙漠地区。

### （二）修建 SWP 的必要性

加州年平均总径流量约 876 亿  $\text{m}^3$ ，其中 70% 产于 Sacramento 市以北，30% 产于 Sacramento 市以南。但 Sacramento 以南地区人口约 2000 万，需水量占全州总需水量的 80%，水资源空间分布极为不均，需要与供给的矛盾十分突出，加上水资源时间分布的不均，大部分径流无法利用，使加州南部地区成为水资源极度紧缺的地区。据测算，2000 年以后总缺水量将达到 62 亿  $\text{m}^3$ 。

20 世纪早期建成了 Central Valley Project 工程（简称 CVP）。它在 Sacramento 河的上游修建了 Shasta Lake 水库，蓄积洪水，调节径流。在 Sacramento 河的河口三角洲南端修建泵站，从河口抽取相当于 Shasta Lake 水库修建后所增加的可利用水量，通过 Delta—Mendota Canal 渠道送往加州中部的大盆地。CVP 建成后，极大地促进了加州中部地区的

发展，使这里成为美国的粮仓。

CVP 的建成与运行充分说明了调水工程巨大的经济效益。但这一工程只控制了中部大平原一半的面积，平原南部广大地区要水的呼声日益高涨。随着南加州、洛杉矶与圣地亚哥等城市的迅速膨胀，当地极有限的水资源远远不能满足需求，从外流域调水已成必然。此时，州政府正式开始组织实施加州调水工程（SWP）。

### （三）工程的建设经过

1950 年，以 A. D. Edmonston 为首的一批工程技术人员，在作加州的长期供水规划时正式提了加利福尼亚州调水工程（State Water Project 以下简称 SWP）的初步规划。1951 年州议会立法批准兴建此工程。在经过了长达 6 年的勘探与设计后，1957 年正式开始施工。1968 年建成水源工程 Oroville 水库，总库容 43.6 亿  $m^3$ 。在此之前还建成了 San Luis 水库，总库容 25 亿  $m^3$ ，它是输水总干渠上的主要调节水库。1971 年建成了 Edmonston 泵站，单级扬程 587m，设计流量 127 $m^3/s$ ，目前，仍是世界上单级扬程最高的泵站。1973 年建成了总干渠。至此，SWP 的主体工程完成并投入使用。之后又相继建成了北干渠（North Bay Aqueduct）第二期工程、海岸支渠（Coastal Branch）第二期工程，扩建了东干渠（East Branch），建成了所有的渠道电站。

### （四）SWP 的组成

#### 1. 水源

加州调水工程的主要水源是 Oroville 水库。该水库位于 Sacramento 河的支流 Feather 河上。水库的总库容 43.6 亿  $m^3$ 。水库首要任务为防洪、供水。年平均水量中约 30% 用于下游，其主要作用为保持旧金山湾的水位以防止海水倒灌。水库蓄水的另外 70% 则调往南加州。

水库建有坝下电站，装机 644MW，其中 3 台机组可按水泵方式工作。电站在电网峰荷期尽量发电，在电网负荷低谷期则购电将水抽回水库，从而获得好的经济效益。为了使电站调峰不影响供水，在坝下游修建了反调节水库 Thermalito Diversion Pool 及 Thermalito Forebay，总库容 0.31 亿  $m^3$ 。

坝下游建有大马哈鱼的孵化场，人工采集鱼卵、室内孵化，人工放归大海。人工繁殖取得了很大的成功，据调查，近年来大马哈鱼的数量有上升的趋势。孵化场年运行费为 3000 万美元。

SWP 的另一个水源是旧金山湾。旧金山湾在多雨季节来水量很大，有水可调。

#### 2. 输水设施

输水设施为天然河道和人工渠道（包括隧道、管道）及泵站。

从 Oroville 坝下到旧金山湾利用天然河道输水，长度约 261km，从坝下到 Feather 河与 Sacramento 河的汇合处利用 Feather 河输水，其余的利用 Sacramento 河输水。这些河段都进行了很好的整治。输水的河道窄而深，常年有水。在平原区，这些河道均另开有专门的行洪断面。

人工渠道总长 1040km，其中明渠长 672km，隧道总长 37km，管道总长 331km。

北干渠单独成为一个系统，渠首位于 Barker Slough。北干渠的水量来自于 Oroville 水库。因此，它服从 SWP 的统一调度。南干渠（South Bay Aqueduct）、海岸干渠（Coastal