

文章编号:1007-4929(2009)12-0054-04

土耳其水资源及其开发利用

许 燕,施国庆

(河海大学公共管理学院水管理研究所,江苏南京 210098)

摘要:土耳其河流资源丰富,湖泊众多,所处地区缺水,属于水资源压力国。该国水电蕴藏量为世界总水电蕴藏量的1%,欧洲水电蕴藏量16%,因此土耳其政府对水利工程建设极为重视。对土耳其的水资源特征以及其开发利用进行了综述,重点介绍了灌溉、国内供水、水力发电能源、洪水管理和征地与移民安置等方面的情况。

关键词:水资源开发;水资源利用;土耳其;移民安置

中图分类号:TV213 文献标识码:D

1 水资源

土耳其共和国总面积为 $780\ 576\ km^2$,其中陆地面积 $774\ 815\ km^2$ 。海岸线长达 $3\ 518\ km$,地形东高西低,大部分为高原和山地,仅沿海有狭长平原。沿海地区属亚热带地中海气候,内陆高原向热带草原和沙漠型气候过渡,温差极大。土耳其拥有包括山中小湖在内的120个天然湖泊。河流资源丰富,其境内有许多地势较高的河流注入海洋。其年均降水量为 $643\ mm$,年总水量为 $501\ Bm^3$ 。土耳其的水资源潜力如表1。

表1 土耳其年水资源潜力情况

| 土耳其年水资源潜力 | 数量/ Bm^3 |
|-------------------------------------|------------|
| A 降水总量 | 501 |
| B 蒸发量 | 274 |
| C 渗入地下水水量 | 69 |
| D 渗入地下水滞留于地表的水量 | 28 |
| E 来自附近地区的地表水供给量 | 7 |
| F 总地表水量 ($F = A - B - C + D + E$) | 193 |
| G 可开发的地表水量 | 98 |
| H 深层地下水水量 | 14 |
| I 总可开发水量 ($I = G + H$) | 112 |

注: $1\ Bm^3 = 10\ 亿\ m^3$ 。 $C - D = 69 - 28 = 41\ Bm^3$ 为渗入的地下水又以各种方式(深层地下水的抽取量、其他未记录的抽取量、注入海洋水量、跨国界的流量)可返回地表的水量; 土耳其总可恢复利用的水资源(包括可利用的地表水与地下水)评估为 $193 + 41 = 234\ Bm^3$,但是以目前的技术、经济条件,其能够开发的净水量为 $112\ Bm^3$,其中 $95\ Bm^3$ 来自地表水资源、 $3\ Bm^3$ 来自邻国、 $14\ Bm^3$ 来自深层地下水。

根据各个国家的水资源量有如下分类:人均年拥有水量在 $1\ 000\ m^3$ 以下的国家为水资源贫穷国, $1\ 000 \sim 2\ 000\ m^3$ 之间为水资源压力国, $8\ 000 \sim 10\ 000\ m^3$ 为水资源富足国。就现存的水资源而言,土耳其可开发的水资源中,人均年拥有水量约为 $1\ 500\ m^3$,属水资源压力国。据土耳其国家统计局(DIE)估计,到2030年土耳其人口将达到1亿。因此,土耳其人均年拥有水量在1960年为 $4\ 000\ m^3$,2000年为 $1\ 500\ m^3$,到2030年,其人均年拥有水量将为 $1\ 000\ m^3$ 。随着人口的增长,每年人均可分配到的水量随之下降,现有的人口增长率与经济增长率将会改变水资源的消费模式,在未来至少25年内水资源不被污染的前提下,这一对未来水资源消费的估计是准确有效的。所以,对现在可供开发利用的水资源进行理性的评估是非常紧急与必要的,只有这样才能为下一代提供纯净与足够的水资源。

2 灌溉

在没有灌溉的情况下,土耳其农业收入为 $600\ YTL/hm^2$,而引进灌溉后农业收入为 $3\ 100\ YTL/hm^2$ (YTL 土耳其里拉为土耳其货币计量单位,600 YTL 约为375美元。 $3\ 100\ YTL$ 约为1 950美元),可见灌溉的重要效益。

2.1 耕地灌溉

土耳其土地总面积的 $1/3$ ($28\ M\ hm^2$)为可耕地。大量的研究表明,土耳其可耕地中的 $8.5\ M\ hm^2$ 为经济可灌溉地,在2005年其中的 $4.9\ M\ hm^2$ 土地已装置了灌溉设备。目前的灌溉发展率为58%($4.9\ M\ hm^2 / 8.5\ M\ hm^2$),约94%的灌溉地采用的是地表灌溉的方法如:沟灌、渠灌和漫灌等。喷灌的方式在当地农民中比较普遍。到2030年,土耳其国家水利工程总

收稿日期:2009-04-07

基金项目:福建省科技专项基金(2006F5002)。

作者简介:许 燕(1984-),女,硕士研究生。

通讯作者:施国庆(1959-),男,教授,博士生导师。

局(DSI)建设的灌溉基础设施将达到 6.5 M hm^2 。自2005年初,DSI已完成了1 908个灌溉项目建设,为 $2 396 434\text{ hm}^2$ 的地区安装了灌溉设备,其中DSI负责运行的有 $113 158\text{ hm}^2$ (70个灌溉项目)。

土耳其国家水利工程总局开发的所有灌溉项目目的都是要保证渠道的运行使用、维护和修理以及农民的参与。1993年,已经出台一项新的政策管理农业组织的灌溉活动。世界银行也支持DSI实行的把灌溉管理的责任和权力从政府移到用水者身上(IMT),IMT实行的很成功,世界银行将其作为向发展中国家推荐的政策典范。

2.2 地下水资源灌溉

由DSI主持发展的总灌溉面积($2 773 650\text{ hm}^2$)的80%采用的是地表水资源灌溉,20%采用地下水灌溉。根据DSI最近的灌溉运行活动统计数据,其灌溉比与灌溉效率分别为65%和45%。灌溉比低的原因及所占比重主要有(数据来自DSI主持发展的超过 $1 000\text{ hm}^2$ 灌溉工程):休耕地(13%),旱作地(28%),水资源不足(4%),灌溉结构不足(6%),涝地(2%),盐碱地(2%),缺少维护(2%),地形情况(4%),经济和社会问题(22%),生活和工业侵占农业用地(17%)。DSI正在开放渠道灌溉系统中采取一系列措施来使灌溉效率达到50%。

根据截止至2005年的调查,土耳其可供开发的地下水资源为 $13.66\text{ km}^3/\text{a}$ 。 $11.44\text{ km}^3/\text{a}$ 的地下水已被分配使用,其中 $6.24\text{ km}^3/\text{a}$ 地下水用于灌溉(包括每年私人使用的 2.34 km^3), $5.20\text{ km}^3/\text{a}$ 地下水用于生活与工业用水。地下水资源主要用于生活、工业以及灌溉。

土耳其利用地下水资源发展灌溉分两类:国家投资的地下水灌溉和农民个人投资的地下水灌溉。国家投资的地下水灌溉以三种形式实施:国家水利工程总局地下水灌溉;公共地下水灌溉;合作项目的地下水灌溉。自2005年,国家水利工程总局地下水灌溉区域达 $78 145\text{ hm}^2$ 。公共机构和大部分的农业企业都需要地下水灌溉即公共地下水灌溉,涉及的土地面积达 $16 140\text{ hm}^2$;最近几年,大部分灌溉运行使用权都移交到了灌溉组织部门;土耳其大部分的地下水灌溉是由合作项目的地下水灌溉(GWICs)项目组织实施的。自2005年,GWICs已灌溉土地达 $406 458\text{ hm}^2$ 。在土耳其约有1 000项GWICs。2005年,有111 513名农民个人被授予灌溉使用权用于私人灌溉、生活和工业用水,分配给个人的灌溉水量达 2.23 km^3 。

2.3 东南部安那托利亚工程(Guneydogu Anatolia Project)

东南部安那托利亚工程(GAP)是20世纪土耳其国家水利工程总局承担的最大的一个投资项目,是一个包括大量灌溉系统和电力发电系统的农业工程,受影响人口总数为647万。在GAP中,能源工程的实现水平为75%,而灌溉工程为12%。GAP总灌溉面积($1 821 048\text{ hm}^2$)中,包括个体工程面积 $110 485\text{ hm}^2$ 。其中,由土耳其国家水利工程总局DSI实行实际操作的个体工程达 $71 299\text{ hm}^2$ 。GAP具体情况见表2。

3 国内供水情况

3.1 概况

根据1968年土耳其议会审核通过的1053号法案,国家水

表2 东南部安那托利亚工程(GAP)

| 工程状态 | 幼发拉底河工程 | 底格里斯河工程 | GAP工程总数 |
|----------------------|-----------|---------|-----------|
| 总体状况装机容量/MW | 5 318 | 2 172 | 7 490 |
| 发电总量/GWh | 20 140 | 7 247 | 27 387 |
| 灌溉面积/hm ² | 1 188 135 | 632 913 | 1 821 048 |
| 投入运行的装机容量/MW | 5 066 | 402 | 5 468 |
| 发电总量/GWh | 19 464 | 927 | 20 391 |
| 灌溉面积/hm ² | 175 471 | 38 353 | 213 924 |
| 在建的装机容量/MW | 60 | 0 | 60 |
| 发电总量/GWh | 124 | 0 | 124 |
| 灌溉面积/hm ² | 103 246 | 57 014 | 160 260 |
| 规划中的装机容量/MW | 202 | 1 770 | 1 972 |
| 发电总量/GWh | 552 G | 6 320 | 6 872 |
| 灌溉面积/hm ² | 909 318 | 537 546 | 1 351 471 |

利工程总局(DSI)总理理事会负责国家各个城市超过10万人的生活与工业供水。1968-2005年,DSI已由议会授权向45个城市提供水源。其中,有17个城市修建了供水工程。根据法案,2005年初DSI每年约提供 2.5 km^3 符合饮用水标准的国内用水量。当在建的、设计中的和规划的工程全部完成后,DSI每年的供水量将会达到 5.3 km^3 。(DSI地方理事会以及其他机构通过钻井为本区获得的地下抽取的水资源不在其中)。自1968年以来,水资源传输管道的总长达到1 000 km,这些管道直径各不相同,由混凝土、钢、玻璃制作而成。

目前为止,DSI所主持建设的供水工程已满足国内 $1/3$ 的生活、工业用水。按照欧洲的标准每年有 2 Bm^3 的水经过污水处理厂处理。在安卡拉、伊兹密尔市、布尔萨、加齐安泰普、伊斯坦布尔、康亚、美辛、萨姆松、迪亚巴克尔、巴勒克埃西尔、善利乌尔法11个城市DSI已主持建设了污水处理厂。土耳其年均生活饮用水供水量在20世纪80年代为每人 98 L/d ,90年代为每人 192 L/d ,21世纪为每人 210 L/d 。到2005年初,DSI为2 900万人提供生活用水。

根据土耳其相关地下水资源的法律规定,土耳其国家水利工程总局DSI为地下水资源的法定使用者。根据此项法案,由DSI组织实施用于国内生活用水的地下水资源的分配和使用权的准许。超过10 m深的地下水供给必须要取得DSI授予的执照。截止2005年,用于生活与工业用水的地下水总量为 5.2 km^3 。

3.2 土耳其主要供水工程

3.2.1 伊斯坦布尔的耶斯力凯和麦伦供水工程

耶斯力凯工程(Yeslicay)主要是为引距奥梅利(Omerli)大坝60km阿格瓦镇的可可苏河(Coksu)和恰纳卡莱河(Canak)的水资源满足伊斯坦布尔的中期水需求而设计。第一阶段中,每年14 500万 m^3 的水量由建在这些河流上的两个调节水库来保证满足。水量会满足约150万居民的饮用水需求。在以色列(Isakoy)、萨格鲁(Sungurlu)两个河流调节水库建成后,会增加19 000万 m^3 的水量,总供水量每年将达到33 500万 m^3 。另一个供水工程麦伦系统第一阶段每年提供26 800万

m^3 水量,满足伊斯坦布尔地区达 275 万人口的生活及饮用水需求。第四阶段每年提供 118 000 万 m^3 的水量,会满足至 2040 年伊斯坦布尔的水需求。第一阶段耶斯力凯和麦伦供水工程完成后,伊斯坦布尔市区每年将会有 41 500 万 m^3 的供水总量。DSI 通过这些投资将会在原来的基础水平上为人均供水量再增加 115 L。

3.2.2 马那夫加特河(Manavgat)供水工程

马那夫加特河(Manavgat)供水工程为土耳其和其他国家的海上交通提供 500 000 m^3 的饮用水,其中 250 000 m^3 为经过处理的水,其余为未经处理的水。目前,正在考虑将马那夫加特的河水销售到其他国家。因此,关于水单价的制定政策具有重要意义。这个工程将会为其他国家相似工程树立先例,并且最终会在土耳其的领导下建立起国际性的水资源交换机制。

3.2.3 土耳其北部赛普勒斯(TRNC)共和国供水工程

本工程的目标是从索古苏河传送 700 万 m^3 的水量经库姆廓伊(Soguksu)水库到雷夫寇撒(Lefkosa)、土库曼加齐(Gazi)、麦哥萨(Magosa)。这个系统在 2002 年 12 月 6 日移交 TRNC 水利部门。自 2002 年以来,为满足赛普勒斯的水资源需求,已建设一从土耳其到赛普勒斯的水运输管道,此工程的工程服务项目已被 DSI 列为投资项目。这项工程分为两类。一类为沿岸建设,包括大坝、储水设备、抽水站以及运输线的建造。另一类为远岸建设,包括生产设备、管道、250 m 的吊轴承的建造。

4 水力发电能源

目前,土耳其的能源消费水平为人均 2 100 kWh,低于世界的平均消费水平 2 500 kWh,而发达国家的平均水平为 8 900 kWh,国家间的消费水平差异较大,美国为 12 322 kWh,中国则为 827 kWh。经济与社会发展实现工业化是土耳其的目标,因此应以持续、健康的方式来满足工业与其他部门的能源需求。

4.1 概 况

20 世纪 50 年代,土耳其总能源发电量仅为 800 GWh,目前为 151 000 GWh/a,约增加了 190 倍。目前土耳其的装机总容量为 37 500 MW,年均发电量应为 220 000 GWh/a,但由于工程的失败、维护、修理、运行规则、经济萧条、低需求、干旱、低效率等问题,目前实际年均发电总量为 151 000 GWh/a,即能源利用率为 69%。而热能能源利用率为 59%,水力发电能源利用率为 105%。土耳其 31% 的发电能源来自可更新的水力发电能源,69% 的发电能源来自热能(天然气、褐煤、煤炭、燃油(化石燃料))。最近一些替代能源如风能、地热能、核能的应用受到关注与重视。

土耳其天然气与燃油能源短缺,因此必须依靠进口。最近几年,其国内生活、工业的天然气消耗量呈上升趋势。天然气发电厂的目标是满足日益增长的工业能源需求。因此,在总体能源发电中,水力发电的份额在下降而热能发电的份额在上升。不过,欧盟对于绿色能源(水能、风能、太阳能、生物能)问题十分重视,制定了相关政策。土耳其的能源政策与相关法律法规应积极与欧盟相关能源政策相协调,其水力能源发电的比重在总发电需求中的比重应加以提高。管理水力发电的两个权威机构是国家水利工程总局(DSI)和电力能源调查与发展管

理局(EPRSADA)。

土耳其还有其他国家都尝试着最大限度地使用水力发电。与其他几种发电形式相比,水力发电有以下优点:对环境无害;洁净;可再生;能够满足人们最大需求;高效率(能源利用率超过 90%);不需要燃料成本,为能源价格的平衡器;生命周期长达 200 年;成本回收周期短,为 5~10 年;操作成本低,约 0.2 美分/kWh;是全民的也是天然的一种固有资源。

4.2 水电蕴藏量

水电蕴藏量的计算是在一定的假设条件下进行的,由于经济条件以及技术条件的限制,最大限度地使用水电蕴藏量是指在目前存在或可预期获得的经济条件下,利用可获得的技术能够开发利用的水电蕴藏量。土耳其理论上的水电蕴藏量为世界总水电蕴藏量的 1%,欧洲水电蕴藏量的 16%。具体情况见表 3。

表 3 土耳其水电蕴藏量及其与世界比较 GWh/a

| 地区 | 理论上的水电蕴藏量 | 目前技术条件下可开发利用的水电蕴藏量 | 目前存在或可预期获得的经济条件下可开发利用的水电蕴藏量 |
|-------|------------|--------------------|-----------------------------|
| 世界总水平 | 40 150 000 | 14 060 000 | 8 905 000 |
| 欧洲总水平 | 3 150 000 | 1 225 000 | 800 000 |
| 土耳其 | 433 000 | 216 000 | 127 381 |

土耳其理论上的水电蕴藏量为 4 330 亿 kWh,而利用目前可获得的技术能够开发利用的水电蕴藏量为 2 160 亿 kWh,目前存在或可预期获得的经济条件下,利用可获得的技术能够开发利用的水电蕴藏量为 1 270 亿 kWh。欧盟对于使用绿色能源实行减免税收和发放补贴的优惠政策,目的是提高目前经济条件下可开发利用的水电蕴藏量。目前土耳其国内水力发电站具体情况如表 4。

表 4 土耳其国内水力发电站

| 目前可获得的经济、技术条件下水力发电站 | 水力发电站数量/座 | 总装机容量/MW | 年均发电量/(GWh·a ⁻¹) | 占总可开发利用的水电蕴藏量的比例/% |
|---------------------|-----------|----------|------------------------------|--------------------|
| 正在使用的 | 135 | 12 631 | 45 325 | 36 |
| 正在建设的 | 41 | 3 187 | 10 645 | 8 |
| 正在规划的 | 502 | 20 442 | 71 411 | 56 |
| 总量 | 678 | 36 260 | 127 381 | 100 |

4.3 能源供应

美国已开发利用了其本国 86% 的可开发利用的水电蕴藏量,同样日本为 78%,挪威为 68%,加拿大为 56%,土耳其仅为 21%。国际能源部(IEA)预测到 2020 年水力发电和其他可更新能源资源的利用将会比目前提高 53%,标志着全部的水电蕴藏量被开发利用。欧盟已经采取政策来拉动能源消费内需(从 6% 提高到 12%),到 2010 年提高到 22.1%。而土耳其的情况如表 5。

表5 土耳其长期(2010 - 2020年)能源供应预测

| 发电类型 | 装机容量/ MW | 2010 年发电量/B kWh | | 装机容量/ MW | 2015 年发电量/B kWh | | 装机容量/ MW | 2020 年发电量/B kWh | |
|------|-------------|-----------------|-----|-------------|-----------------|-----|-------------|-----------------|-----|
| | | 汛期 | 非汛期 | | 汛期 | 非汛期 | | 汛期 | 非汛期 |
| 热能发电 | 30 583 | 211 | 211 | 45 603 | 314 | 314 | 62 273 | 426 | 426 |
| 水力发电 | 18 234 | 62 | 46 | 25 670 | 89 | 60 | 34 076 | 118 | 77 |
| 总计 | 48 817 | 273 | 257 | 71 273 | 403 | 374 | 96 349 | 544 | 503 |

注:资料来源 TELAS 土耳其电力能源发电规划与研究(2005 - 2020)。

除经济萧条期外,土耳其的年均能源消费增长率为 6%~8%。为满足这一增长需求,土耳其每年要耗资 30~40 亿美元建设新的能源项目。作为水力发电发展的主要公共执行机构国家水利总局(DSI),已发展了 10 215 MW 的装机容量占总装机容量(12.631 MW)的 80%。在 25 个已经建成的全国最大型的水力发电站中,有 20 个是由 DSF 主持建设的。

在目前技术及经济条件下,土耳其水电蕴藏量为 127.3 BkWh,其中在使用的安那托利亚东南部水力发电工程(GAP)提供了总量的 16%,在不久的将来,GAP 还会增加 5% 的供给量,总量达到 21% 即 27.4 BkWh。GAP 在土耳其总的水力发电项目中有非常重大的影响力(45%)。换句话说,目前 45.3 BkWh 的总水力发电量中的 20.4 BkWh 是由 GAP 中的发电厂提供的,GAP 的水力实现率达 74%。具体情况可以见表 2。可无禾盆地周围正准备建成第二大主要的水力发电工程链。当此工程结束后,将开发出土耳其水力发电潜力的 6.4%。

5 洪水管理

建造和使用防洪工程是土耳其国家水利工程总局(DSI)的一项基本职责。它采取必要的一些防洪措施并监督其他相关部门的防洪活动。

5.1 洪水管理工作概况

通常洪水管理工作主要包括以下部分。

(1)发生洪水前的准备工作。包括建立观测站;装备示警系统;装备传播系统;洪水防御计划。

(2)洪水期工作。包括地区食物申请计划;洪水防御计划外的申请与协调工作。

(3)洪水期后工作。包括洪水的测定;采取临时紧急的防御措施;洪水控制设备的测定。

5.2 土耳其洪水管理 - TEFER(洪水地震应急救援项目)

1998 年,土耳其经历了一场山崩洪水,造成了黑海西海岸(WBSR)国家与个人重大的损失。为了防御洪水,加强洪水管理,减少长期风险,土耳其政府在世界银行的帮助下,建设了洪水地震应急救援项目(TEFER),向国际复兴开发银行贷款 3 690 万美元,其中 840 万美元已用于 DSF 的工程项目中。

洪水地震应急救援项目(TEFER),涉及到许多新的技术的使用,因此只在黑海西海岸地区、苏苏尔鲁克(Susurluk)、盖迪兹(Gediz)、布尤克查伊(Buyuk Menderes)4 个地区实施。这 4 个地区的水力监测系统、洪水预警发展与检测系统会被改造升级,其中黑海西海岸(WBSR)的防洪基础设施的重建成为当务之急。

洪水地震应急救援项目(TEFER)中的一个重要组成部分

就是监测、预报、示警、反应系统的现代化。这个部分由最高工程执行部(PIU)以及其他机构如土耳其国家水利工程总局(DSI)、国家气象总局(DMI)、国家电力调查厅(EIE)负责实施。TEFER 作为一个综合项目,还包括相关的咨询服务和必要的硬件设施,还有一系列用于预告的相关技术。技术的恰当合理运用会准确预测洪水的发生频率、大小程度和发生时间,为公众与相关组织提供有价值的预测信息。

计划的洪水地震应急救援项目(TEFER)系统中有 TEFER 洪水预测系统、遥感勘测系统、以及它们间的接口系统。

在一些较先进的地区,丹麦的一家公司为洪水预测工作承担咨询服务工作。此项工作开始于 2001 年 11 月 30 日,结束于 2003 年 1 月 31 日。洪水预测模型的发展属于咨询服务工作范围内,在获得准确数据的前提下,提供一系列信息包括河流水位与流量状态、特定位置的洪水流量与水位预测估计。在整个模型中,数据整合至关重要,它是通过实际情况中自动水文观测和有关气候的数据整合为地表降水量路径模型。这个模型应适合当地情况,并且要经过校正调试与检测。模型的软件条件如经过培训的专门工作人员和模型的检测工作都在咨询服务工作范围之内。目前洪水预测中心已经建成,相关工作人员也已确定,有待建成一个高效运作的服务系统。

6 土地整理

DSI 规划并实施灌溉工程,而乡村事务委员会(GDRS)则负责土地整理工作,乡村事务委员会(GDRS)只能在改革的土地范围内进行土地整理工作。目前为止,土地整理工作成果远不令人满意。DSI 需要一项新的法律授权其对所辖工程的土地整理工作。

尽管目前为止欧洲农场的平均耕地面积为 16 hm²,土耳其只有 6 hm²,但土耳其的土地整理工作水平可与欧洲其他国家进行媲美。另一方面,土耳其目前的农业用地每个农场土地的数量超过 6 块,平均每块土地大小约为 1 hm²,而欧洲国家平均每块土地大小为 1.8~4 hm²。在土耳其灌溉地区的土地整理实现率为 10%,但装置了灌溉设备后就下降到 8%。

由于这些问题,土耳其的土地整理工作是非强制性的,农民的犹豫心理也限制了这一工作的有效开展。2003 年一部新的关于 DSF 为灌溉工程实施土地整理工作的法律草案提案已提交能源与自然资源部。通过此项提案,土地整理工作将被确定为强制性的并且高达 10% 的灌溉项目中的土地将会被免费征收。此项法律如果正式实行,DSI 就可以不付征地补偿金而从那些受益于灌溉工程的土地拥有者征收一定数量的土地,其灌溉工程的征地成本就会大大减少。