

日本对水资源的精细化管理及利用

王学睿

(国家知识产权局专利局, 北京 100088)

摘要: 随着经济的发展、人口的增长以及城镇化的推进和都市不断的大型化, 水资源的管理面临严峻的挑战。尤其在公众环保意识和环保要求较高的情况下, 工业废水的回收和处理技术、农业节水技术以及家庭节水与净水技术等要求也越来越高。未来对水资源的利用必然是一个节约、环保、安全、便捷、可循环和可持续利用的模式。通过研究日本在水资源利用、精细化管理以及水利用相关技术研发方面的做法, 期望为我国节能城市等的建设提供有益参考。

关键词: 日本; 水资源; 精细化管理; 水资源利用; 节水技术; 水文化

中图分类号: TV213.4(313) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.11.005

日本是水资源比较丰富的国家, 虽然年用水量只占水资源总量的很小一部分, 但是, 日本政府仍然非常重视水资源的有序开发与利用, 从大坝堤堰到湖沼河流的各种水资源调节设施非常完善, 同时, 日本政府很早就制定了一系列完备的水资源开发与利用及水环境保护相关的法律法规, 并提出了建设良性水循环体系的目标。

1 日本的水资源及利用概况

1.1 建立全国水资源统计账, 准确把握使用情况

日本有一本非常详细的全国水资源统计账, 国土交通省水资源部、经产省等部门每年按照地区、产业、用途等分类对水资源的开发、利用等情况进行详细的统计汇总, 可以准确地把握水资源的管理和使用情况。根据1976—2005年30年的统计数据显示, 日本平均年降水量约为6 400亿 m^3 , 其中, 2 300亿 m^3 (约为36%) 被自然蒸发, 其余的4 100亿 m^3 是理论上可使用的最大剩余水资源量 (具体参见图1)^[1]。另据统计, 日本用水量最高的年份集中在1990—2000年期间, 但每年实际用水量平均不到890亿 m^3 。近年来, 日本年用水

量呈现出了一定的下降趋势。2009年, 日本全国实际用水量约为815亿 m^3 (见图1), 其中, 生活用水约为154亿 m^3 , 工业用水约为116亿 m^3 , 农业用水约为544亿 m^3 ^[2] (公益事业及消雪融雪等的用水未包括在内)。

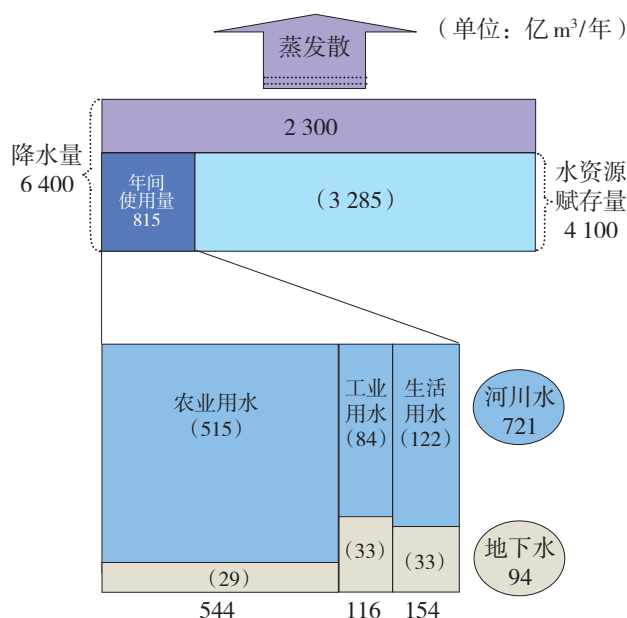


图1 日本水资源的收支及使用情况

作者简介: 王学睿 (1978—), 男, 副调研员, 主要研究方向为知识产权制度发展动态。

收稿日期: 2013-06-20

1.2 水资源的开发和利用

从世界范围来看，日本的降水量较多、水资源丰富，但是，实际上每年约有 3 000 亿 m^3 （约占年降水总量的 50%）的水资源以洪水的形式流入大海或者成为地下水储存起来。此外，由于梅雨季节、台风期、融雪期等的交替影响，一年四季水量变化较大，城市的生活用水及工业用水等，也随着季节的不同以及节假日的不同，有较大的变动。因此，为了实现水资源的综合开发利用，保障生产生活用水的稳定供给，减少季节及自然等因素的影响，日本从 20 世纪 50 年代便开始制定水资源开发、利用、安全等的相关法律，并开始综合规划及修建各种水资源开发设施^[3]，主要有：

（1）大坝、堤堰。用于保障农业用水、工业用水及自来水，有时配合水力发电设施的建设以实现多功能化。

（2）湖沼开发设施。具有代表性的是琵琶湖开发设施、霞浦开发设施等，通过湖沼开发设施可以实现湖沼水位的人为调整。

（3）流量调整河道。具有代表性的是北千叶引水河道及霞浦引水河道等，这些引水河道连接多条流量不同的河流，可以根据流量的大小实现河流之间水量的调整。

目前，日本已经建成了约 800 所多功能型水坝，1 900 多所农业、工业、自来水等的专用水坝。通过这些水资源开发设施的建设，大幅提升了“开发水量”的使用比例，日本每年约 270 亿 m^3 都市用水中的 53% 由水资源开发设施供给，尤其是在人口和经济活动集中的关东沿海地区，生活用水量的 91% 均依赖于水资源开发设施稳定提供的“开发水量”。日本主要参地区人口及生活用水量占“开发水量”的比例^[4]见图 2 所示。

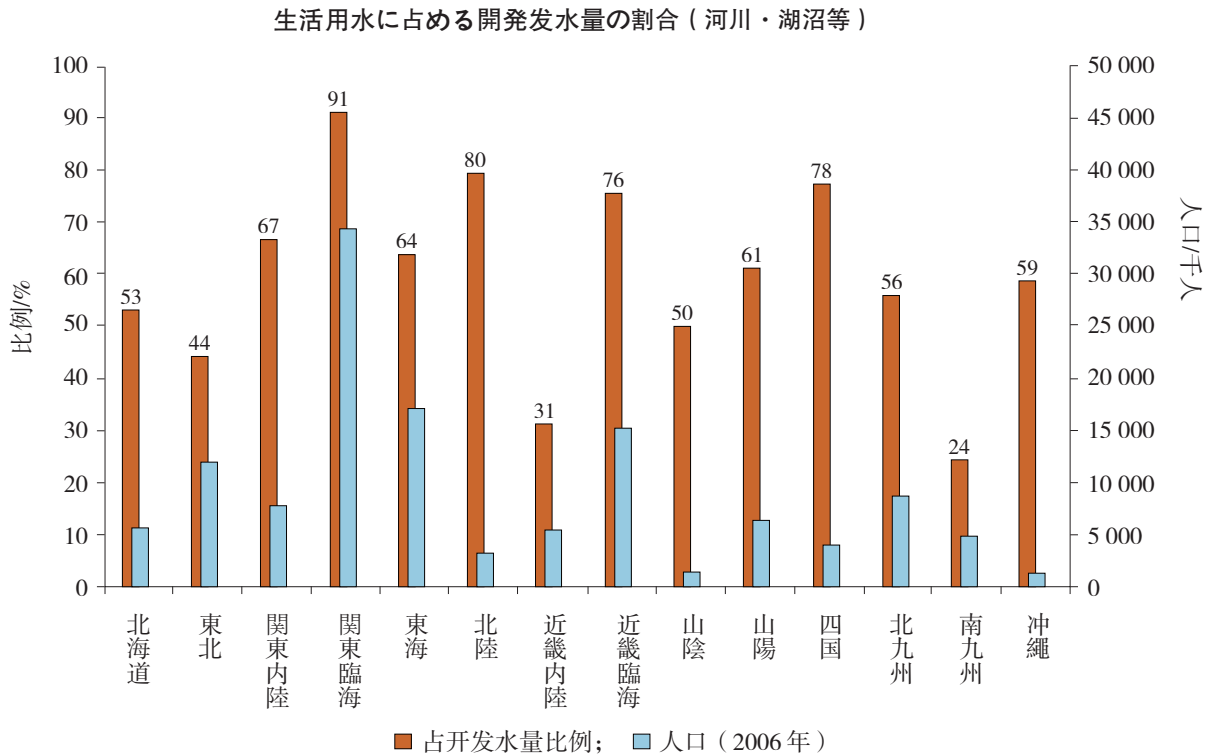


图 2 日本主要地区人口及生活用水量占“开发水量”的比例

1.3 地下水的使用与治理

地下水的水质良好，温度稳定，只需要通过水井取水，不需要大型的蓄水、取水及供给设施，使用范围非常广泛，例如，2006 年，日本在生活用水及工业用水中地下水的使用比例分别为 21.7%

和 28.4%（具体参见表 1）^[5]。地下水的大量开采造成了很多问题，比如，地面下沉、水质污染、海水倒灌、土地盐碱化等。日本从 20 世纪 50 年代便开始陆续制定《土地改良法》、《工业用水法》、《水质污染防治法》、《湖沼水质保全法》、《环境基本

表 1 2006 年日本全国地下水使用状况

序号	用途	地下水使用量/(亿m ³ ·年 ⁻¹)		用水总量/(亿 m ³ ·年 ⁻¹)		地下水依存率/%	
		分 项	1~3 项合计	分 项	1~3 项合计	分 项	1~3 项合计
1	生活用水	34.0		157.0		21.7	
2	工业用水	36.3	103.0	127.8	831.0	28.4	12.4
3	农业用水	33.0		546.2		6.1	
4	养鱼用水	12.6		—		—	
5	建筑物等用水	6.5		—		—	
总 计		122.4		—		—	

法》、《河川法修订》、《自来水水源法》等一系列防止水质污染及地面下沉、保护水资源环境等的法律法规^[6]。1996 年水质污染防治法修订之后，日本还制定了被污染地下水的水质净化相关措施。经过多年治理，东京地区的地下水取水限制效果显著，

与 20 世纪 60 年代相比，东京地下水的水位恢复了约 20 m。

此外，日本对地区水循环结构的解析及水资源评价的工作细致精确，通常需要准确把握该地区的水收支情况（如图 3 所示）^[7]。

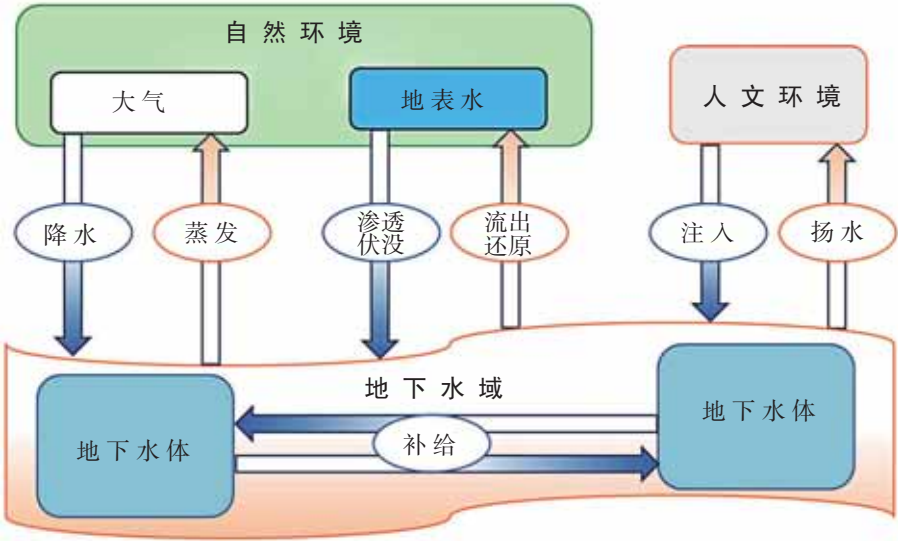


图 3 日本地区水收支调查及评价模型

在对地下水的情况进行调查时，通常要进行精确的测量和长期的观测，以掌握：地下水位及地基变化情况，水质相关的情况，取水量的相关情况以及地形·地质的相关情况等。日本相关部门，根据详细的调查和测量结果，来制定水资源和水环境的治理方案。

2 日本对水资源的精细化管理

日本非常重视水资源的利用和管理，较早地从国家层面对水资源的利用及相关技术研发进行综合规划，尤其在工业用水再循环、超节水精密农业、

雨水及都市排水管理、都市及家庭节水、探索性水处理技术、水的安全管理等方面积累了先进的经验，对水资源的管理和利用达到了精细化的程度。

2.1 将水资源管理和利用技术作为国家重点发展领域，提出构建良性水循环体系目标

早在 1998 年，日本便联合了环境省、国土交通省、厚生劳动省、农林水产省及经济产业省等 5 个省厅，成立了“关于构建良性水循环体系的省厅联络会议”^[8]。该会议不定期在各省厅轮流举行，主要议事内容包括：与良性水循环体系构建相关的政府预算讨论、政策的制定与修改、环境整備、

资源的管理与开发、灾害应对等。2012年5月，日本正式将水资源管理及利用技术作为未来国家发展的7个重点优势领域之一（另外6个重点领域包括：尖端医疗、新一代汽车、能源管理、高速铁路、机器人及内容媒体）^[9]。

2.2 提高工业用水的回收再利用率及海水的使用比例，加强工业废水处理和治污能力

日本在工业用水方面，化学行业和钢铁行业的淡水使用量最高，两者总合使用淡水量占工业用水

总量的60%以上，其次是石油·煤炭、造纸·纸加工及传送器械等行业。日本企业的工业节水意识、环境保护意识非常高，政府大力提倡工业废水的净化处理及循环再利用。2010年，日本从业者30人以上的企事业单位每天的工业用水量为1亿7711万 m^3 ，其中淡水为1亿3542万 m^3 ，工业用水的淡水回收再利用率达到了79.4%。近10多年以来，日本工业用水的淡水回收再利用率一直保持在79%左右（见图4所示）^[10]。

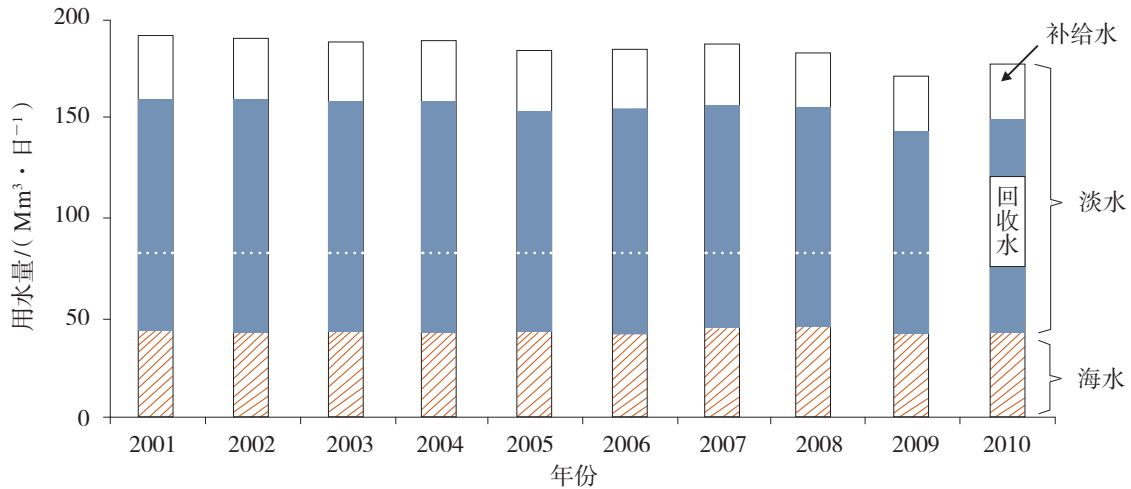


图4 2001—2010年日本从业者30人以上企事业单位日平均用水量

2010年，日本工业用中海水的使用量虽然仅为4168万 m^3 （占工业用水量的23.5%），但是随着技术的不断发展，今后海水的用量将逐渐增加。目前，日本的钢铁行业、化学工业及石油·煤炭行业3种产业占海水使用量的90%以上。

日本通过对企业集中搬迁、废水集中处理的方式来处理工业废水及治理污染。日本政府较早就制定了《公害防止事业团法》，创建国家全资的公害防止事业团，对中小企业援助应对公害所需的资金和技术。公害防止事业团通常会让产生废水的企业建立联合组织——“协同组合”，并通过贷款、共建、转让等方式与协同组合签署项目合作协议（如，购入搬迁用地、建设厂房、更新设备和建设集中废水处理设施等）使企业集中搬迁，在实现企业设备升级、提高生产水平的同时实现废水的集中处理。例如，横滨市福浦产业废水处理厂是日本规模最大的废水共同处理设施，由4家协同组合共同利用，每天可处理铬废水75130 m^3 、印染和染色废水4000 m^3 ，还能处理各种酸碱及高低浓度的氰废水等。

通过集中处理废水，可以发挥规模效益，降低单位建设成本及处理成本，同时，为废水的深度处理创造条件，并扩大工业用水的循环利用规模。

2.3 加强超节水精密农业技术的研发

世界水资源利用的70%以上是农业用水，近年来，日本农业用水比例约占实际用水量的67%。如何节约农业用水及提高农业用水的效率是世界性的课题。目前，日本正在研发高效率的节水栽培管理技术以发展现代化的超节水型精密农业。超节水型精密农业技术只需利用非常少量的水就可培育农作物，尤其适用于干燥地区和植物工厂等的农业用水。该农业模式需要解决一系列技术问题，主要有：基于农作物吸水需求的水利用效率最大化的监测及灌溉技术；雨水·地下水·排放水的净化·再生处理及储存技术；植物工厂运作所需的节能空调及环境调节技术。解决上述技术问题，需要涉及众多领域的研究课题，例如：植物根系区域的精密水分探测（包括水分的时间与空间分布等）、土壤及光照特性的研究、适应作物吸水需求的实时负压

差灌溉控制、水净化·循环系统、节能及环境调节（温度、湿度、光照、二氧化碳含量、土壤水分等的监测与调解）、各类指标的评价技术等^[11]。

2.4 重视雨水及都市地下水的管理和利用

日本全国年平均降雨量 1 850 mm，大大超出世界的平均水平，雨水资源十分丰富，有时暴雨还会引发都市灾害。为了有效地利用雨水资源并且防止灾害的发生，东京从 20 世纪 60 年代末开始了大型地下雨水调节池的建设。目前，东京都有大型地下雨水调节池 25 个，按东京都 23 区平均来算，相当于每个区至少有 1 个大型地下雨水调节池。25 个调节池共计可储存雨水约 210 万 m³，其中，最大的环七地下调节池总存储容量达到了 54 万 m³^[12]。除了大型地下雨水调节池之外，东京都还有相当数量的中小型雨水调节池，这些调节池大多建设在学校、公园、住宅区等周边的地下，对暴雨时临时分流储存雨水起到了十分有效的作用。储存的雨水，对公园或绿地的灌溉、都市工业用水等，都起到了重要的作用。

日本的湖泊、河道、海湾等也曾倍受都市下水、工业污水的污染。由于水质污染导致的鱼类内分泌混乱，20 世纪 90 年代后期，日本许多水域的淡水鱼甚至出现了雌雄同体的变化。经过多年的治理情况得到了较大改善。目前，东京都有 20 多个污水处理中心，每天污水处理能力达到 556 万 m³。为了节省占地，污水处理中心的沉淀池往往是 2 层结构，反应槽深入地下，处理中心建筑的顶部多植有草木，通常作为公园对外开放。处理中心对污水处理的能力很强，通常设有专门的污泥处理设施，可对污泥进行回收利用。经处理后的排水，符合环保要求，可以满足农业或工业的用水标准，也可直接排入东京湾。城市的河道及东京湾的生态环境因此得到了极大的改善。

此外，日本许多地方自治体或居民区根据自身条件设置有地下或地上的雨水储水槽或储水罐，并配套设置雨水净化装置及供水系统，以满足居民部分日常生活用水，有效地达到了节能、节水、绿化的效果，满足环保型现代化住宅的用水要求。

2.5 加强资源和能源节约型都市用水技术的研发，重视饮用水的安全管理

日本大都市已经不受城市附近水资源的限制，

实现了远距离取水和供水。2011 年，日本自来水普及率（总供水人口/总人口）已经达到了 97.6%^[13]。同时，日本的自来水已经达到了直饮的标准。

要保持质与量都满足较高标准的大规模、长距离的高水平都市供水，需要耗费巨大的能源。然而，日本城市的家庭用水仍然以“一次性用水”模式为主。根据相关统计^[14]，日本的家庭用水中，做饭用水仅约 23%，厕所用水约 28%，洗澡用水约 24%，洗涤用水约 16%，其他用水约 9%。家庭用水的绝大部分都是一次性用完之后便直接排入下水道，造成了巨大的资源和能源浪费。

今后，日本将加强对水处理技术的研发，重点针对下水道排水中的微量化学物质、病原微生物等的清除技术进行研发，使得经过处理的下水能满足人类健康使用的标准。日本将根据用途按照饮用水或农业用水等不同等级进行不同方法的水处理，此外，还将更加精细地按照不同原水类别（水质类型）使用不同的净化设备和净化方法进行相应的处理，同时，日本还在积极推动对水的处理方法、使用标准、质量评价等管理的国际标准化。

通过精细的水处理，不但可以实现都市排水的稳定再利用以节约水资源，还可以减少污水对环境的破坏，节约远距离送水的能源消耗等，真正实现健康、可持续的循环型水利用机制。日本科学技术振兴机构正在推进的“战略性创造研究推进事业”中就包括可持续水资源利用的专门研究小组。研究小组开展范围广泛的各种实用性或探索性的水资源利用研究课题，这些课题涉及：水的供给·排放·再利用的最优化技术以及能源·成本·环境·健康的安全性机制等。东京大学、京都大学、东北大学、东京工业大学、筑波大学、北海道大学、东京农工大学、名古屋大学、广岛大学、宇都宫大学、埼玉大学、熊本大学、国立环境研究所、国土技术政策研究所、土木研究所、水产综合研究中心、雨水储存浸透技术协会、东丽公司、日立公司、METAWATER 公司、阪神水道企业技术集团等众多日本国内的高等院校、科研院所及公司参与了相关课题的研究。

在饮用水的安全监测与管理方面，2008 年，日本根据世界卫生组织的《饮用水水质指南第三版》（2004 年）制定了本国的《水安全计划》，决

定构筑从水源地到供水龙头的全程水质安全评价与危害管理体系。管理体系重点监测水源地的各种污染因素、原水的水质、管道老化情况（包括其中消毒副产物的状况）及定期精密检测出水的品质等，以确保国民日常用水的安全性及高品质性^[15]。

2.6 提倡保护水环境，恢复水文化

1999年6月，日本制定的《新全国综合水资源计划（水计划21）》中还大力提倡保护水环境、恢复并培育水文化的目标。目前，日本每年都要举行多次以水为主题的宣传活动，包括每年3月22日的“联合国水之日”、8月1日的日本国家“水之日”及从这天开始为期一周的“水之周”等。此外，国土交通省还认证并选出在水环境保护和利用方面优秀的107个地区为“水乡百选”等，借此向国民宣传水的珍贵性及水资源开发与保护的重要性，增强国民的节水意识^[16]。

3 启示

水资源的安全关系到人类的生存，特别是地下水一旦被污染，治理将十分困难。随着经济的发展、人口的增长以及都市不断大型化，用水需求强度越来越大，水资源的管理面临严峻的挑战。无序过度的水资源开发将对水资源和水环境造成破坏，影响工农业等的生产，更会危害国民的健康，甚至对国家安全造成严重影响。日本通过近半个世纪的努力形成了一套完整的水资源精细管理的办法，其对水资源的管理利用方法及相关技术的研发经验值得借鉴。

3.1 综合规划，合理开发和利用大型水资源

大型的江河湖泊本身是一个完整的生态系统，同时又存在众多的利益相关者，因此，对于大型水资源的利用和保护需要进行综合规划、合理开发和利用。无序、过度的开发和利用，不仅会造成浪费，还会影响水环境，容易造成社会性的危害。我国应当针对对大型水资源的管理，建立必要的法律和制度保障，强化流域管理机构的职能，统一水资源开发、利用和保护的管理权限，实现水资源统一规划、调度、监测和管理。

3.2 加强水循环利用技术、节水技术的研发

粗放型的用水模式已经不能满足未来大都市的用水要求，节水技术与水的循环利用技术在未来的

水资源利用中不可缺少，也是构建绿色都市、资源节约和环境友好型社会不可或缺的要害。日本在水资源利用方面已经达到了精细化管理的程度，其节水技术的研发也属于世界领先。尤其在工业废水再利用、都市排水处理、雨水的管理和利用、家庭节水技术以及超节水精密农业等方面，有着值得借鉴的经验。

3.3 加强水质安全的监督和管理

水资源的利用涉及生产和生活的各个方面，水是国民生活中必不可少的资源，要求政府对其安全利用进行有效地监督和管理。日本在其《水安全计划》中，详细描述了对都市供水系统的安全管理目标、措施、检测及监测方法、危害分析、应急措施以及历年的水安全事故事例分析等。政府在供水的各个环节都设置了严格的监督和管理基准，为国民提供了安全放心的用水供应。

3.4 加强健康水环境和水文化建设

到过日本的人都会对日本的水和空气有比较深的印象：市中心的许多河流能见到鱼，自来水可直饮、公园及绿化等整洁漂亮。每年日本还举行多次和水相关的纪念活动，并且政府还在全国范围内评选“水乡百选”，借此向国民宣传水的珍贵性及水资源开发与保护的重要性等。因此，加强健康水环境与水文化建设、提高国民节约用水及保护水环境的意识，也非常重要。■

参考文献：

- [1] 日本国土交通省水资源部. 日本の水資源賦存量と使用量[EB/OL]. (2012-08-01)[2013-04-22]. http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/images/01-01.gif.
- [2] 日本国土交通省水资源部. 全国の水使用量[EB/OL]. (2012-08-01)[2013-04-22]. http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/images/03-01.gif.
- [3] 日本国土交通省水资源部. 水資源の開発[EB/OL]. (2012-08-01)[2013-04-22]. http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual04.html.
- [4] 日本国土交通省水资源部. 水資源開発施設の重要性[EB/OL]. (2012-08-01)[2013-04-22]. http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/images/04-03.gif.
- [5] 日本国土交通省. 地下水利用の現状[EB/OL]. (2007)[2013-04-30]. <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/>

- chikasui/genjou.html.
- [6] 林家彬. 日本水资源管理体系考察及借鉴[EB/OL]. (2005-08-21)[2013-04-30]. <http://www.cgp.gov.cn/ReadNews.asp?NewsID=4131>.
- [7] 日本国土交通省. 今後の地下水対策について[EB/OL]. (2011-01-14)[2013-05-10]. <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/chikasui/kongo.html>.
- [8] 日本国土交通省. 「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」について[EB/OL]. (2003-10)[2013-05-12]. <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/junkan/keikakudukuri.html>.
- [9] 日本知的財産戦略本部. 知的財産推進計画 2012[R/OL]. (2012-05-29)[2013-05-12]. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/kettei/chizaikeikaku2012.pdf>.
- [10] 日本経済産業省. 工業統計調査：平成 22 年確報用地・用水編[R/OL]. (2012-04-27)[2013-05-15]. <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyou/result-2/h22/kakuho/youti/index.html>.
- [11] 澁澤栄. 超節水精密農業技術の開発[EB/OL]. (2010)[2013-05-15]. http://www.water.jst.go.jp/publication/pdf/shibusawa_22.pdf#search=%E8%B6%85%E7%AF%80%E6%B0%B4+%E7%B2%BE%E5%AF%86%E8%BE%B2%E6%A5%AD.
- [12] 東京都建設局. 神田川・環状七号線地下調節池（第二期）が完成[EB/OL]. (2008-04-22)[2013-05-15]. <http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2008/04/20i4m200.htm>.
- [13] 日本厚生労働省健康局水道課. 平成 23 年度給水人口と水道普及率[EB/OL]. (2012-03-31)[2013-05-15]. <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/fukyu.html>.
- [14] 日本国土交通省水資源部. 水の利用状況[EB/OL]. (2012-08-01)[2013-05-15]. http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual03.html.
- [15] 日本厚生労働省. 水安全計画について[R/OL]. (2012)[2013-05-20]. <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/suishitsu/07.html>.
- [16] 日本国土交通省水資源部. 水文化の回復と育成[EB/OL]. (2006-09-15)[2013-05-20]. http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/h_event_pr/index.html.

Fine Management and Utilization of Water Resources in Japan

WANG Xue-rui

(Patent Office, State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, Beijing 100088)

Abstract: With the economic development, population growth, advance of urbanization and the growing scale of urban, water management is facing tough challenges. Especially in the context of high public awareness of environmental protection, the demands on industrial wastewater recycling and treatment technology, agricultural water-saving technologies, and home water-saving and water purification technologies are also increasing. The future use of water resources must be a mode meeting requirements of saving, environmental protection, safety, convenience, recycling and sustainability, etc. By studying the practice of Japan in water use and management, some useful reference can be provided for the construction of energy-efficient cities in China.

Key words: Japan; water resources; fine management; water resources utilization; water-saving technology; water cultureutilization