



中国实现水需求零增长的可能性探讨*

文 / 刘昌明¹ 赵彦琦^{1,2}

1 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101

2 河南理工大学资源环境学院 焦作 454000

【摘要】 水资源问题已成为制约我国经济社会可持续发展的主要瓶颈,深入挖掘造成各地区水资源危机的根源,精确界定缺水 and 用水的类型,探讨具针对性的水资源管理措施与对策,在遵循自然客观规律和经济社会发展规律的前提下,通过最严格的需水管理,到2030年前后可望实现需水的零增长。

【关键词】 水资源, 缺水类型, 用水类型, 需水管理, 需水零增长

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2012.04.006

1 引言

1972年联合国人类环境与发展会议及1977年联合国水事会议均指出水危机不久将成为继石油危机之后另一项严重的社会危机^[1]。当前我国水资源短缺、水旱灾害频发、水环境污染蔓延、水生态退化等问题日益向水危机态势发展,已成为制约经济社会可持续发展的主要瓶颈。2011年年初与7月的中央一号文件和中央召开的水利工作会议均针对我国严峻的水问题,强调水是生命之源、生产之要、生态之基。并提出

实行最严格水资源管理制度,确立了水资源开发利用总量控制红线、用水效率控制红线、水功能区限制纳污红线三条红线。水危机产生的根源主要涉及三方面:(1)水资源具有不可替代性和有限性,且在时空分配上存在与人口、耕地及经济发展状况的不匹配;(2)人口增长和经济社会发展对水资源需求的驱动及人类活动对自然环境的扰动;(3)自然和人类耦合引起的全球气候变化导致自然条件和水循环过程改变。尽管我国水问题由来已久,但是,近几年随着人口增长速度的放缓、各种节水措施及技术和管

* 基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)课题七(2006CB403407)和国家科技攻关计划项目(2007BAC03A11)

收稿日期:2012年5月1日

水平的提高,在遵循自然客观规律和经济社会发展规律的前提下,只要协调好社会各部门间及人类与生态及环境间的关系,公平、高效、合理、可持续地利用好水资源,并保护好水资源、生态及环境,通过由供水管理向需水管理的制度转变,厉行三条红线控制,未来我国实现水需求零增长甚至负增长仍有可能。

2 我国水资源分布的主要特点

2.1 人均与地均占有量少

尽管我国多年平均水资源总量 2.8 万亿 m^3 ,居世界第 6 位^[2,3],但人均水资源占有量仅为 2 185 m^3 ,是世界人均水平的 1/4 左右,已列入世界上 13 个最缺水国家的行列,其中黄河、淮河、海河等流域人均占有量仅为全国人均水平的 1/5。到本世纪中叶,按 16 亿人口计算,我国人均水资源量将比现在降低 1/4,约为 1 755 m^3 ,淡水资源短缺的形势将更加严峻。按耕地每亩平均占有水资源量计算,只有 1 750 m^3 ,相当于世界平均数 2 400 m^3 的 2/3 左右。

2.2 时空差异大,水与土地分布、经济社会发展状况的匹配性差

中国大陆年均降水总量约 6.2 万亿 m^3 ,折合降水深为 630mm,占全球陆地降水总量不到 6%,其中消耗于蒸散发的降水占 57%,约有 43% 的降水形成径流。降水或水资源的时空分布极不均衡,从年内分配看,一般长江以南(3~6 月或 4~7 月)的降水量约占全年的 60%,长江以北地区 6~9 月的降水量常常占全年的 80%,容易形成春旱夏涝;从 2010 年数据(图 1)看,空间分布上我国水资源与人口、土地、经济布局不匹配,北方地区人口约占全国 47%,耕地面积约占全国 65%,GDP 约占全国 45%,但水资源却仅占 19.1%,南方人口约占全国 53%,GDP 约占全国 55%,拥有全国 80.9% 的水资源总量,耕地却只占全国 35% 左右,北方人均水资源拥有量不足南方的 1/4^[2,3]。全国平均每公顷耕地径流量约为 2.8 万 m^3 。长江流域为全国平均

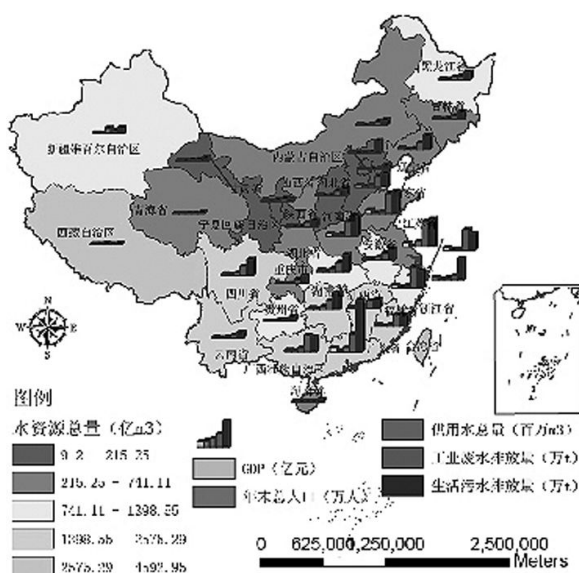


图 1 2010 年中国水资源和经济社会发展部分指标分布图

值的 1.4 倍,珠江流域为全国平均值的 2.42 倍,黄淮流域为全国平均值的 20%,辽河流域为全国平均值的 29.8%,海滦河流域为全国平均值的 13.4%。全国地下水总补给量为 7 700 亿 m^3 ,其中 6 200 亿 m^3 补给河流,长江流域及南方地区地下水资源量约 4 800 亿 m^3 ,北方地区约 2 900 亿 m^3 。

3 我国水资源开发利用过程存在的主要问题

我国水资源开发利用过程中,在认识上经历了由水资源无价到水资源有价,在水利建设和管理上,经历了由初期的百废待兴到重建轻管的大兴土木,再到从供水管理向需求管理的转变。虽然在水资源开发利用方面取得了举世瞩目的成就,在水资源管理方面积累了成功的经验,但相对水资源开发利用和管理较先进的国家,仍存在差距。

3.1 用水效率低,结构不甚合理

与水资源管理水平高的国家相比,在水的生产率上我国存在的差距主要表现于用水结构和用水效率。地处干旱与半干旱区的以色列以实现用水的最大效率和效益为目标,进行科学的需水管

理,根据单位水应当产生的最大效益分配水的使用权^[4],从1980 2008年,人口大约由375万增长到731万(近2倍),人均淡水使用量却维持在280m³左右,万元GDP用水量目前大约是45m³,平均单方灌溉水粮食产量达到2.5 3.0kg,灌溉水

有效利用系数在0.7 0.8之间,水资源回收率达75%。而我国从1980 2008年,人口从9.87亿增长到13.28亿(约1.35倍),人均综合用水量则一直维持在445m³左右。万元GDP用水量由3 501m³降到了193m³,全国平均单方灌溉水粮食产量约为1kg,灌溉水有效利用系数仅为0.45左右,工业用水重复利用率约为60% 65%。显然我国的水资源利用效益与发达国家仍存在相当大的差距,距离我国确立的用水效率控制红线:万元工业增加值用水量(以2000年不变价计)降低到40m³以下,农田灌溉水有效利用系数提高到0.6以上尚有一定距离。

我国北方大多数河流的水资源开发利用都超过了国际警戒线即40%(见图2),其供水中对地下水的依赖性很强(见图3),造成地下水超采及生态环境退化等一系列

严重问题,危及我国的可持续发展。此外,与水资源状况相协调的产业结构比例仍不甚合理,农业种植结构的调整还不足以提高农业生产的效率与效益。目前我国城乡产业结构高级化进程缓慢,三大产业结构2010年比例为:10.1%、46.8%、43.1%,与1978年的28.2%、47.9%、23.9%相比有所提升,但与发达国家大致的比例1% 2%:20% 30%:79% 68%相比还存在相当大的差距,且各地尚存在较大差异。目前,我国农业用水量在总用水量中的比重依然在60%以上,而发达国家基本上低于50%,这些不甚合理的产业结构和用水比重耦合的结果致使水资源无法更加高效地利用。

3.2 水资源浪费严重,节水水平与普及率低

我国每年平均缺水量大约400亿m³,其中农业生产缺水量就高达300亿m³^[4],但粗

放的水资源开发利用方式仍未根本性地转变。我国现有1.22亿hm²耕地中,有效灌溉面积0.578亿hm²,占耕地面积47%^[5],节水灌溉面积仅占有效灌溉面积的35%左右,而

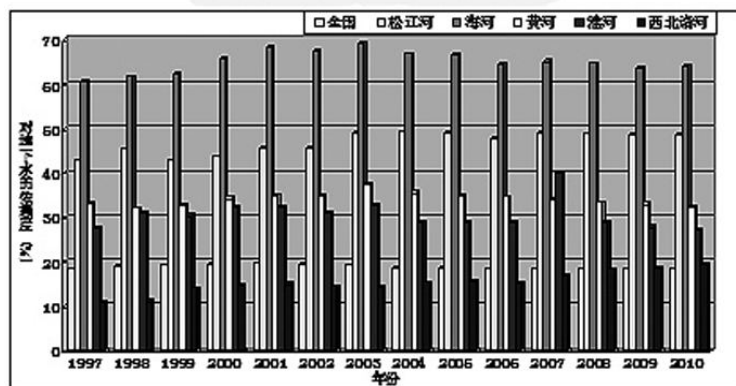


图3 全国主要河流流域对地下水依赖程度的变化图

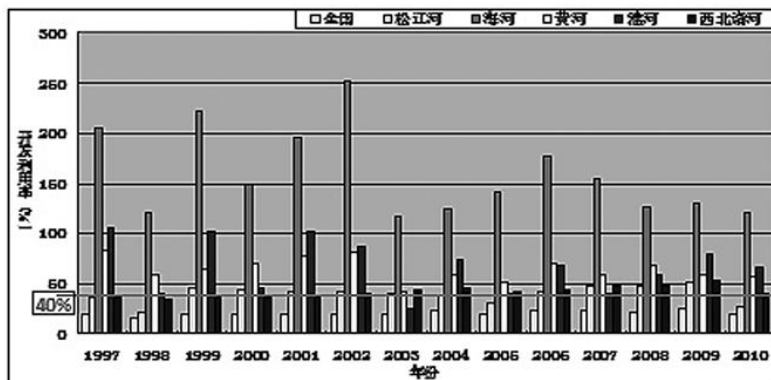


图2 全国主要河流流域水资源开发利用率变化图

一些发达国家,节水灌溉面积比例都达到了80%以上。我国大部分灌区仍然采取传统的以渠系引水地面漫灌为主,平均灌溉水利用系数仅为0.43,其中灌溉渠系水利用系数平均仅有0.5^[6]。据有关资料,在先进的节水灌溉技术中,微灌可节水60%~70%,喷灌可节水50%,管道输水可节水20%~30%;喷灌一般比地面灌溉增产20%~30%,滴灌增产40%^[5]。美国是世界上节水研究最多的国家之一,从20世纪50年代初到80年代初,新增灌溉面积1 334万hm²,其中喷灌面积占50%^[5],20世纪90年代微灌面积增加了73%,占世界总微灌面积的29.7%^[7]。以色列25万hm²的有效灌溉面积全部实施了喷灌和微灌,且80%是灌溉与施肥同步进行,2000年,微灌面积发展到1 616万hm²,占总灌溉面积的66%以上^[7]。而我国截至目前,在2 200万hm²的农田节水灌溉工程面积中,微灌面积仅占6.36%(即140万hm²),喷灌仅占13.64%(即300万hm²),低压管灌仅587万hm²^[5],与发达国家的差距很大。此外,我国公众的节水意识有待提高,节水器具使用率普遍偏低,节水设施老化与破坏严重,雨水资源化与利用、海水与微咸水利用以及多种非常规水源的利用程度很低,清洁水生产与高效用水技术集成(即减量化、回收、再利用的3R循环经济增长模式)也很迟缓,具有巨大的节水潜力。

3.3 水资源开发利用的认识问题

在水资源的利用过程中,人们的认识仍然存在重开源轻节水和忽视提高用水技术含量的问题,主要误区是:(1)以为人口的增长与经济的发展必须由水资源供给成比例的增长来作保证。实际上,随着生产力的发展和科技水平的提高,产业结构和各产业内部的调整、节水意识和各环节技术的提升、无效消耗和浪费的杜绝及现代化和文明化程度的增强,水资源的利用量会趋近平稳,甚至出现减少;(2)节水与防污及农业节水观念不足,对节水与防污的关系认识不清。节水具有多种功效:一是保护减少水资源消耗,二是减少废污

水的排放,三是降低用水成本与治污代价,一箭多雕。值得特别强调的是,节水与防治水质污染密切相关,具有由污染的末端治理转向以污染的源头治理为主的内涵。另外,在农业节水中,人们往往只看到灌溉节水,减少灌溉输水中的损失,实际上农业节水除灌溉节水外还包括水源优化配置、农艺节水与节水管理等很多方面的工程与非工程措施。从农业生产用水多少来看还涉及到两个重要的方面:一是农业结构的调整,即农、林、牧及渔业结构的配置如何更适合其资源、环境与生态条件,二是提高植物本身光合作用的效率^[8],提高绿水利用以降低蓝水的损耗;(3)对缺水 and 生态脆弱地区认为只有靠外流域调水解决,而忽视尽量用好当地现有的水资源,忽视节水优先与治污为本的原则。在当地的水资源分布不适应当地的经济发展的时,往往不能坚持节流与开源的辩证统一观点,而是不经科学论证,拆东墙补西墙,进行盲目地调水与开源,其后果是造成生态与环境的巨大压力和严重恶果。

3.4 关于缺水问题的商榷

过去我们一般将缺水划分为三类:资源性缺水、设施型缺水和污染型缺水,但随着我国水资源管理由供水管理向需水管理模式的转变,它的内涵也发生了变化。基于人水和谐,作者认为缺水类型可以作以下划分:一是基于自然生态-气候条件的缺水,即蒸发能力大于降水的区域,比如秦岭淮河以北;二是基于经济社会发展规模与速度导致的缺水,包括超承载、水质污染、缺乏设施与粗放管理等。比如北京,50年代城市人口仅300万左右,按全市人均水资源量计算大约1 300 m³,而现今人口增加到2 000万左右,人均水资源则降低到200 m³左右。由不缺水成为全国最缺水的地区之一。从历史辩证观看,称其为资源性缺水并不确切;三是对区域企业而言,按供水边际效益判别经济学意义的缺水。另外一个问题是对于用水消耗的认识。不同部门、行业用水的消耗不同,应予区分,一类是强耗水,指的是大量的水在使用中

被散失掉,比如农业灌溉,水灌溉到农田以后通过大气的蒸发作用,水量大部分被消耗到大气之中,只有1%左右的水量通过光合作用形成了产品。另一类是弱耗水,是指用水以后,水质变坏而水量尚存。弱耗水很少消耗水量,并以回归形式排放到下水道或河湖之中。比如生活与工业用水,大约有90%以上的废污水都要排放出去。因此判别缺水 and 用水的类型后,才能有针对性制定科学策略。

4 需水管理理念与实现我国需水零增长的探讨

4.1 需水管理的理念与内涵

需水管理是面向包括人类与自然在内的所有用水户,在水资源供需平衡上全方位而有序的管理系统工程,目的是通过控制需水,避免水循环再生性或可更新性遭受破坏及水资源系统的衰退,以确保水资源的永续利用。显然需水管理能够很好地体现人-水的和谐与协调发展,也是尊重自然规律、不与自然对抗的一种适应性策略。

需水管理具有深刻而广泛的内涵。需水调控的目的不是限制人们的用水,而是要求人类自身在遵循人、水与环境关系和谐发展的前提下合理用水、计划用水、节约用水、保护水源,杜绝一切浪费和不必要的奢侈性用水,即贯彻建设资源节约型和环境友好型方针。

需水管理是基于自然良性水循环,以人类自身理性用水为主的一个系统问题,因此,需水管理应包含经济社会与自然技术两组因素的许多方面与诸多环节。水循

环理论可以作为需水管理的基本依据,这里所说的水循环是将其划分为在自然界中的水运行与在社会圈中的水流通两个过程,即所谓的自然水循环与社会水循环,并把他们的影响要素分成两组向量。需水管理的任务就是兼顾两者,对前者进行维护,对后者进行调控,将两方面工作包含在水的整个运用环节中。对于自然界中的水运行,主要是维持自然水循环可更新或可再生性,包括水资源量的持续可用性、保证率和水质的良好状态;对社会圈中的水流通主要是追踪经济社会用水过程中的供水、用水、耗水、排水和蓄水5个环节,并对它们进行有效管理,进行节水与高效利用,对无效耗水进行调控。最终的目的是使经济社会用水量不超过水资源的可利用量与承载能力,把社会与自然两种水的流通加以综合集成并制定需水管理的指标体系,对需水量进行全面和系统的管理,以在未来使之与我国人口的零增长大致同步,实现全国需水的零增长。

4.2 需水零增长的现实性分析

基于严格的需水管理,进行水资源的合理利用,是要在保持经济社会继续增长的前提下,使需水量的增长逐渐减缓,并保持在一定的稳定水平上发展,最终由低增长转变为零增长或者负增长。本文作者在1996年曾探索了需水零增长^[2],分析了发达国家先后进入需水量零增长的过程。欧洲特别是

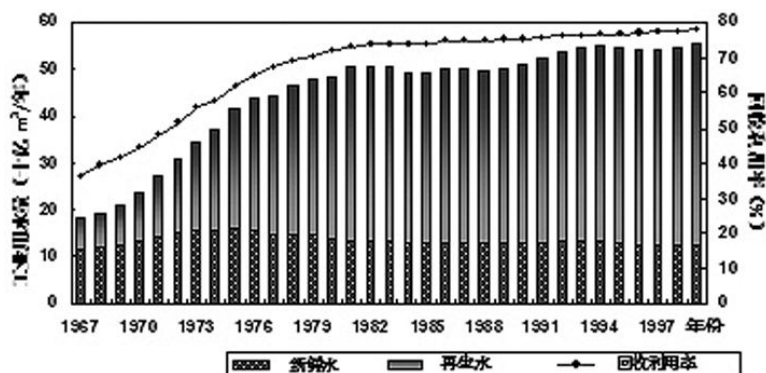


图4 日本工业用水变化趋势图

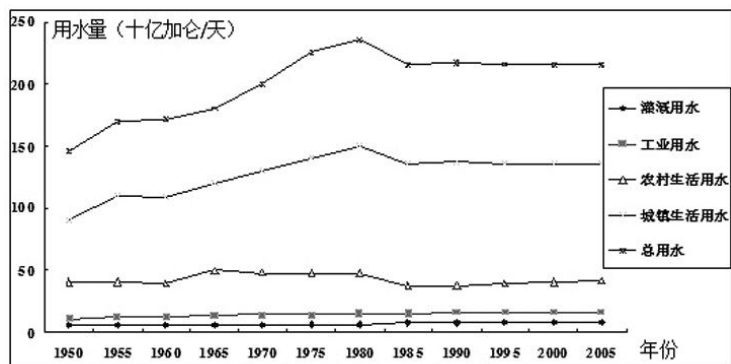


图5 美国各行业用水变化趋势图

北欧国家(如瑞典、荷兰等国)于上世纪70年代就实现了需水零增长,随后是日本和美国,分别于上世纪70年代末与80年代初进入需水零增长(见图4和图5)。20世纪60年代以来经济发展速度最快的日本,工业用水于70年代末,农业用水于80年代初分别出现零增长。从上世纪80年代开始,美国总用水量与人均用水量均呈逐年减少趋势,其中总用水量20世纪80—90年代,由6100亿 m^3/a 减少到5640亿 m^3/a ,人均用水量由2600 $m^3/人 \cdot a$ 减至2240 $m^3/人 \cdot a$,人均工业用水量由500 m^3/a 减至420 m^3/a ,然后稳中略降。显然,上述西欧、美国与日本需水量零增长的先例,可供我国借鉴。

从我国用水历程来看,建国60年来,特别是改革开放以来,我国经济社会发展很快,水利工程建设取得了巨大的发展和效益。全国供水量与用水量已由1950年的1000亿 m^3 至今猛增了近6倍(见图6),已与美国的用水总量大致相当。在过去60年间我国的GDP总量已由1950年的200亿美元左

右增加到2010年的约59266亿美元,按可比价值,两者相差大约2个数量级,经济增加幅度远远大于用水量增加6倍的程度。显然,事实说明了用水量增长并不是按比例地随经济增长而同样增加,说明我国用水效率在逐年不断提高。具体分析我国历年来的年用水量资料,可以得出:1980年以前的年平均用水增长率是5%以上,为最高时期,20世纪80年代的10年间明显下降到了1.5%以下,90年代中期到2006年更是下降到了1%以下。其原因主要是大力推行了节水,提高了用水效率和调整了用水结构(全国农业用水的比例由原来的75%下降到65%以下),尤其改革开放30年来,我国年用水增长率平均为1%左右,而GDP总量年平均增长率却高达8%—11%,但我国年平均人均综合用水量仅为世界平均的60%。

农业是我国的用水大户,其仍然占全国用水总量的60%以上,但近10多年来我国粮食产量一直保持增长,而农田灌溉用水量已经进入零增长阶段。图7(据中国水资源公报数据绘制)表明我国1980—2010年30年间工业万元GDP用水明显下降,农业灌溉定额用水量也逐渐下降。由此可见,我国的需水增长态势会是速率的继续放缓,预计至2030年可望大致与人口同步进入零增长。

4.3 区分需水零增长的表征与实质

西方发达国家需水零增长的经验与我国过去

30年来年用水量增长率逐年下降的事实,均能客观地反映出我国未来可以达到需水零增长的前景,需水量零增长不是我们的主观臆断,而是人类发展与水和谐相处的必然趋势和结果。但我们还要区分需水量统计的表征与实质,在一些因水资源可利用量的限制而不能增加供水的

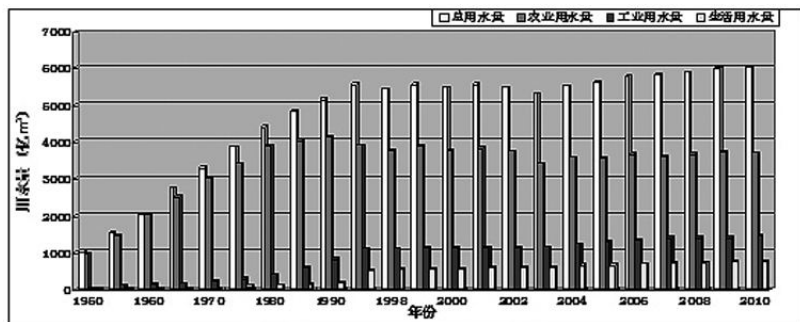


图6 我国各用水量指标历年变化趋势图

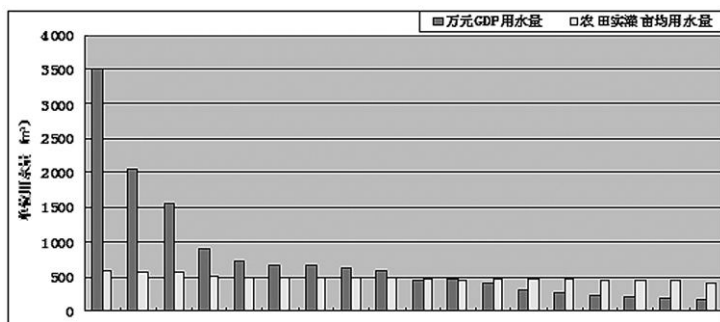


图7 我国单位用水量指标历年变化趋势图

地区，供水量就会停留在一定的数量上，即需水受到缺水限制不能再增长，也会出现零增长的统计结果，这只能称其为零增长现象而不能视为实质上的零增长。例如北京从1995年以来，在保持经济增长的情况下，用水量并未增加，尽管多数年份降水偏少，用水仍维持在一定的稳定状态，处于零增长，但是北京的平稳用水总量中每年有3亿~4亿 m^3 的供水量不得不靠超采地下水来维持。因此，北京市目前出现的用水零增长仅仅是一种现象，并无实质性的意义，不属于我们前述的人、水和谐条件下的零增长。应当指出的是，我们提出的需水零增长概念并不仅限现象的统计，而实质是社会经济的可持续发展的必然。

5 结论

本文阐述了我国的水情特点是水资源人均占有量小、时空分布差异大、水土资源极不匹配，简要概述了我国的主要水问题是水资源过度开发利用、供需矛盾突出、北方地下水超采、水环境污染严重与生态环境退化明显，结合建国60年来经济社会发展情况，经分析我国用水量变化过程，发现改革开放30年来，经济总量增长的速度远大于用水增长的速率，特别是近10多年来，全国已有近半的省市用水量增长处于平稳状态，全国农业用水量达到了零增长。虽然经

济社会快速发展，但用水量的增长在逐渐地放缓，通过分析得知，这种放缓与工业万元产值取水量与农业灌溉定额的下降有关。

本文对加快实现需水零增长提出了相应的对策，我们根据前面所述的良性水循环原理，从自然

与人为两方面因素的各个环节入手，系统地审视水资源的评价、规划、利用、保护、优化配置与科学管理。为了补充可利用水资源，需要基于广义水资源概念对“绿水”进行利用并对各种非常规或非传统水源（包括雨洪、海水、咸水及废污水等等）进行挖潜，以扩充水资源的可利用量。重要的是应充分认识到用水事在人为，其中管理起主导作用。关键在于实现最严格的水资源管理制度，厉行“三条红线”的控制措施，即严格实行用水总量控制，使用水量不超过水资源的可利用量与承载力，按照划定的水环境功能区，对废污水排入河、湖的总量进行控制并尽量利用中水与回收再生水，大力提高用水效率，结合改善水消费方式，控制用水浪费。此外，在国家经济社会的进一步发展中，还要转变增长方式，根据我国的水情，适水发展，调整区域产业的高耗水结构，因水、因地制宜地调整不合理的产业布局。同时还要大力提倡用水文明，杜绝奢侈的水消费，按市场经济制定合理水价，调节消费。在以上众多对策中应当说节水始终是水资源合理利用的核心，因为节水可以减少无益的水量消耗与减少污水的排放，降低用水成本并提高用水的效益。因此，加快将我国建成“节水治污型社会”是早日步入需水零增长的最重要途径。

主要参考文献

- 1 高前兆,李小雁,苏德荣.水资源危机.北京:化学工业出版社, 2002.
- 2 刘昌明,何希吾.中国21世纪水问题方略.北京:科学出版社, 1996.
- 3 中国科学院水资源领域战略研究组.中国至2050年水资源领域科技发展路线图.北京:科学出版社, 2009.
- 4 姜训宇,段生梅,母利.节水灌溉自动化技术的发展及前景分析.安徽农学通报, 2011, 17(15): 207-208.
- 5 何小梅,赵良,龙振华.国内外发展节水灌溉技术的趋势和方向研究.农村经济与科技, 2011, 22(6): 45-47.
- 6 李睿冉,刘旭.国内外灌溉水利用系数研究进展.节水灌溉, 2011, (11): 56-58.
- 7 彭世彰,丁加丽.国内外节水灌溉技术比较与认识.水利水电科技进展, 2004, 24(4): 49-52, 60.
- 8 钱正英,陈家琦,冯杰.从供水管理到需水管理.中国水利, 2009, (5): 20-23.

Possibility of the Zero Growth of Water Requirement in China

Liu Changming¹ Zhao Yanqi^{1,2}

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS 100101 Beijing

2 Institute of Resources & Environment, Henan Polytechnic University (HPU) 454000 Jiaozuo)

Abstract Water resource problems have become the main bottleneck restricting the sustainable economic and social development. This paper deeply analyzed the reasons that cause the water resources crisis in different regions, and precisely defined the type of water shortage and water consumption, and discussed some pertinent water resources management measures. We believe that china is expected to realize the zero growth of water requirement in around 2030 through the most strict water-demand management under the premise of following natural objective law and socio-economic development law.

Keywords water resources, water shortage types, types of water consumption, water-demand management, the zero growth of water requirement

刘昌明 中科院院士,中科院地理所研究员。1934年出生,湖南汨罗人。长期从事水文、水资源等方面的研究工作,在水循环、产汇流模式、水文试验、农业水文、森林水文、生态与环境水文、气候变化与人类活动对水文水资源影响等方面多有建树。承担多个向国家咨询的重大咨询研究。发表论文400余篇、本,获国家级、院(省、部)级科技成果奖13项。E-mail: liucm@igsnr.ac.cn