

论水资源危机及防治对策

THE CRISIS OF CHINA'S WATER RESOURCES AND HOW TO AVERT OF

王健民

一、人类面临水资源危机的严重威胁

水资源问题的严重性、急迫性越来越被人们所认识,已从个别城市、个别地区、个别国家发展成全球战略问题之一。在诸多全球战略问题中,水资源问题具有特殊的地位与作用,已成为当代各国决策依据之一。但相对能源问题的严重性、急迫性的认识来说,对水资源问题的认识是不足的,因此有必要不断提出警告。

联合国 1972 年召开的“人类环境”会议,1976 年召开的“人类居住”会议,1977 年召开的“沙漠化”会议,都强调了水资源的极端重要性。特别是 1977 年 3 月又专门召开了“水”的大会,研究了全球范围内面临的水资源短缺、污染和对策。这次大会前后还分别召开了一系列与水资源有关的各方面问题的国际会议。1987 年 5 月在我国上海由国家环境保护局与同济大学联合召开了“中国水环境管理国际讨论会”,笔者在会上交流了这篇论文。

科学家预测,到 20 世纪 90 年代,世界各地水质及可用性都会降低,将有 10 亿以上人得不到廉价、质量合格的饮水。联合国决定把 80 年代的十年定为国际饮水供应与卫生十年,意图改善水源供应与卫生问题,并对全人类敲响长达十年的警钟!十年将过去,问题仍在发展。

美国环境质量委员会(CEQ)认为:至 2000 年,仅人口增加一项,人均供水量将下降 1/3。联

合国粮食和农业组织高级顾问罗伯特·P·安布罗吉(Robert P. Ambroggi)认为,至 2000 年全球将有 30 多个国家严重缺水,为解决水源卫生问题要投资 2 000 亿美元。这实际上做不到,另一项权宜之计也需投资 300 亿美元。世界银行已向我国第一个农村供水项目提供了 8 210 万 SDR 的软贷款,世界粮食计划署等国际组织为配合上述项目的进行,也提供了总计大约 1 400 万美元的无偿援助。

根据近十几年来的系统研究,笔者认为:

1. 北京市于 1970 年就进入了水资源危机阶段!
2. 中国大部分地区将于 2000 年前进入水资源危机阶段!
3. 全球大部分国家将于 2030 年前进入水资源危机阶段!

二、水资源问题的形成与发展

水资源问题的形成与发展是很复杂的。它在开发、利用、排污、控制与保护过程中,受到来自自然与社会两方面因素的相互影响,有许多因素是随机性的干扰。但通过系统的综合归纳分析,仍可以看出存在三类矛盾、三种型式、三个阶段,它们共同组成了九种不同类型的水资源问题。

1. 三类矛盾:(1) 水量供与需的矛盾,(2) 水质污染与净化的矛盾,(3) 治理费用与效益的矛盾;

2. 三种型式:(1) 水量型,(2) 水质型,(3)

复合型（又缺水又污染）；

3. 三个阶段：（1）供大于求的初期阶段，（2）供求动态平衡阶段，（3）供小于求的水资源危机阶段（又可分为前期、中期、后期）；

4. 九种不同的水资源问题（ $Q_{\text{天}}$ 天然可用水量， $Q_{\text{用}}$ 用水量， $Q_{\text{容}}$ 天然水环境容量， $Q_{\text{负}}$ 污染负荷量）：

（1）初期阶段

个别水量问题($Q_{\text{天}} > Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} > Q_{\text{负}}$)

个别水质问题($Q_{\text{天}} > Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} > Q_{\text{负}}$)

个别水量水质问题($Q_{\text{天}} > Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} > Q_{\text{负}}$)

（2）平衡阶段

局部暂时水量问题($Q_{\text{天}} \leq Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} > Q_{\text{负}}$)

局部暂时水质问题($Q_{\text{天}} > Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} \leq Q_{\text{负}}$)

局部暂时水量水质问题($Q_{\text{天}} \leq Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} \leq Q_{\text{负}}$)

（3）水荒（危机）阶段

区域长期水量问题($Q_{\text{天}} < Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} \leq Q_{\text{负}}$)

区域长期水质问题($Q_{\text{天}} \leq Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} < Q_{\text{负}}$)

区域长期水荒问题($Q_{\text{天}} < Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} < Q_{\text{负}}$)

严重的水荒问题($Q_{\text{天}} < Q_{\text{用}}, Q_{\text{容}} < Q_{\text{负}}$)就形成水资源危机问题。

水资源危机阶段划分的标志是：

1. 一次供水量已大于天然补给可利用水资源量；

2. 地下水位形成区域连续性下降；

3. 出现水荒年的自然变化间隔年份越来越短，从 11 年左右降到 9 年、7 年、5 年、3 年，以致一般丰水年份都在年年下降（除特大降水补给年份外）；

4. 供水水源的大部或全部受到污染危害；

5. 调控水量、水质的经济、技术、材料、管理对策措施没有保证，致使可以人为控制与解决的水源问题逐步演化为难于挽救的水资源危机。

三、北京市于 1970 年就进入了水资源危机阶段

笔者综合研究了北京市（包括上游补给区）的历年降水、蒸发、径流（包括上游来水）、地下水、生产及生活用水、生产及生活排放的废水及污水、治理、弃水的水量、水质及水经济问题，得出了几十张时间系列变化图。从图 1 可见，北京市在 1962 年以前水量供大于求，1962~1970 年处于供求动态平衡阶段，1970 年之后就进入了水资源危机的初期

阶段。1980 年以前一直在动用地下水静储量（一般不得长期动用）维持首都供求平衡。一旦地下水源枯竭就要靠华北（黄河）调水，而黄河水源水质不可能解决首都供水。华北地下水从 80 年代起开始区域大面积出现水位下降，也不可能解决首都供水。进一步就要引长江水，那时，水的成本就将从几分钱、几角钱一吨，上升到几元钱一吨！而且大量引水又会导致大量污水的产生，如不能同步得到处理，就会反过来更加加剧已经形成的水资源危机！此图中未绘出污染的影响情况，实际上早从 1958 年起北京地下水就受到污染，污染范围还相当大。鉴于首都水资源问题的严重性和急迫性，我们曾在 1981 年向北京市委、市政府写了专门报告：“如何解决北京 2000 年前可能出现的水资源危机——一个重大的决策问题”，引起了北京市及中央领导的重视，解决北京市的水资源危机问题已列为首都的重大决策问题，某些建议正在实现。但是水资源问题非一日形成，“水多而不值钱”的错误思想也非一日可解决。所以首都的水资源问题目前尚不能乐观。

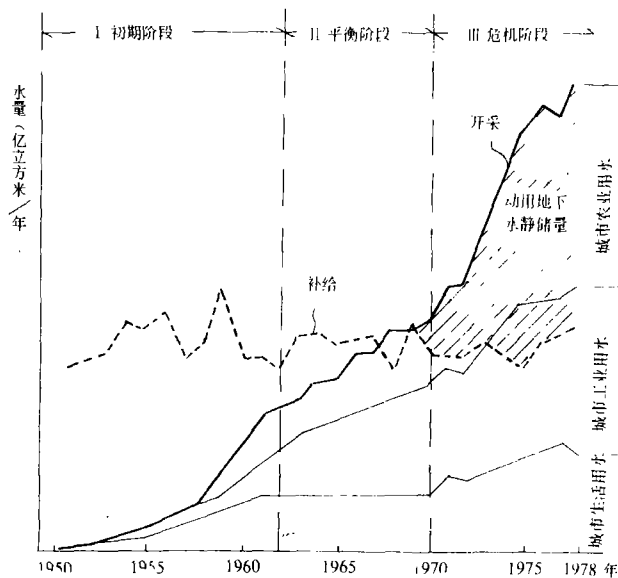


图 1 北京市水源问题的形成和发展
(我国半干旱地区模式图)

四、中国 2000 年前将进入水资源危机阶段

中国的径流量在 20 976~27 841 亿立方米范围内变化，比较趋近用 26 200 亿立方米，总可用水量为 11 000 万亿立方米，全国一次水资源利用率不到 60%，实际可用水量仅为 7 000 亿立方米，再加上每年 300 多亿立方米的污水污染的水量至少达 3 000 多亿立方米，所以实际可用的清洁水资源仅约 4 000

亿立方米。

我国 1980 年总用水量达 3 000~4 000 亿立方米。至 2000 年, 工农业总产值翻两番 (增长 4 倍), 用水量仅按翻一番计, 即达 6 000~7 000 亿立方米, 约占我国总水资源量的 20%, 占总可用水量的 60%, 占实际可用水量的 100%, 是实际可用的清洁水资源量的 150%! 显然, 中国大部分地区将于 2000 年前进入水资源危机阶段! 我国决策者应当机立断!

五、全球 2030 年将进入水源危机阶段

罗伯特·P·安布罗吉在“水”一文中, 对全球水资源的供需平衡作了权威性的剖析。该文附图显示出 2000 年以前的全球水资源供需时间序列变

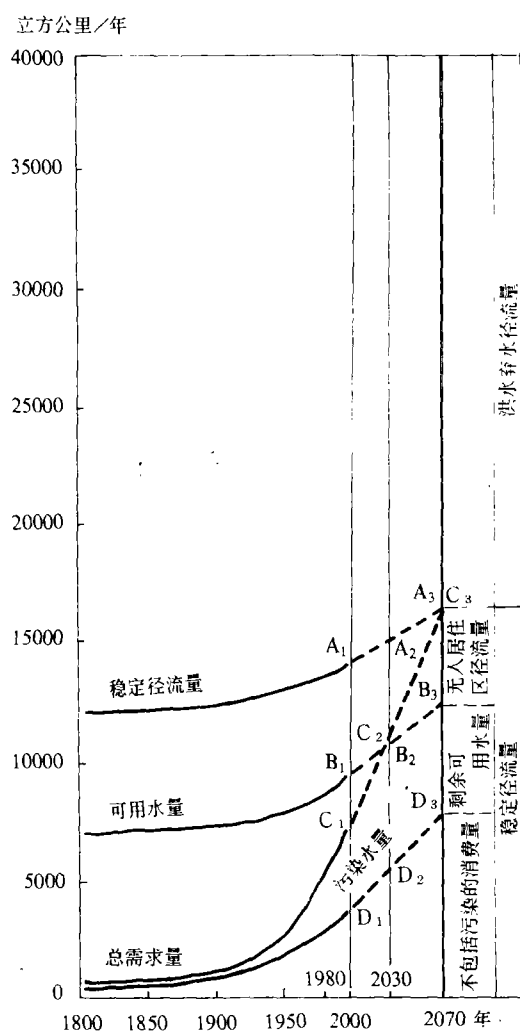


图2 全球水资源供需时间序列变化图

根据 Robert P. Ambroggi“水”,《科学》,1981,第1期

化情况。作者在该图的基础上, 采用趋势外推法推

至 2070 年, 找出几个临界特征点 (值) (见图 2)。

1. 全球各大洲淡水资源净收入量为 40 000 立方公里。

2. 除去洪水径流 (弃水), 稳定径流量 1980 年为 12 200 立方公里; 随着人类调控能力的提高, 逐年可有所增加, 2000 年为 14 000 立方公里, 2030 年为 15 020 立方公里, 2070 年为 16 350 立方公里。

3. 除去无人居住地区的径流量, 有人居住区的径流量 (可用水量) 1980 年时为 7 200 立方公里, 2000 年为 9 300 立方公里, 2030 年为 10 700 立方公里, 2070 年为 12 400 立方公里;

4. 人类对淡水资源的总需求量 1980 年仅为 6 000 立方公里 (包括 1 000 立方公里的污染水量), 2000 年升至 7 000 立方公里 (包括 3 500 立方公里的污染水量), 2030 年为 11 000 立方公里 (包括

5 400 立方公里的污染水量), 2070 年为 16 500 立方公里 (包括 8 500 立方公里的污染水量)。

5. 从全球平均来看, 2030 年时出现供小于求, 全球性水资源危机阶段随之到来。

全人类必须联合起来, 与包括水资源危机在内的多种危机 (能源、资源、环境、生态、人口等) 作斗争!

六、防治水资源危机的对策分析

解决水资源问题应贯彻预防为主, 注重管理、综合治理和经济合理。水资源问题、水荒、水危机是由于水量、水质及投资失去平衡所造成的, 因此, 应针对这三方面的原因加以解决。即应实现需水量小于某一保证率 (如 95%) 的供水量; 水体污染负荷小于水体环境允许容量; 保证水的开发、利用、保护和管理所需的投资。

在理论上, 水资源量 (包括海水、污水在内) 是无限的, 水又是一种能够多次循环或重复使用的资源, 随着科学、技术、经济的发展, 超远距离调水, 利用冰雪水, 淡化苦咸水及海水, 污水深度处理后回用, 减少蒸发损失, 人工降水等都有可能做到, 但任何一项重大的开源或节流措施, 都受到一系列因素的制约。无论是开源、处理或改变用水方式, 由它们共同组成的总费用必须最小才是经济合理的。

如图 3 所示, 如需将 $Q_{末}$ 的水量压缩到 $Q_{初}$, 则形成改变用水方式的附加费用 ($C_{使附}$), 相应 $Q_{初}$ 时的费用将增加 (CF), 叠加在原总费用 ($C_{总}$) 上,

得到 $C_{\text{总附}}$ 曲线的 B 点, $BG=CF$ 。B 点的费用小于 A 点费用, 说明 $Q_{\text{末}}$ 减到 $Q_{\text{初}}$ 是经济的。但在开采利用的初期费用很低, 过早的改变用水方式, 则其投资不一定是经济合理的。由一系列 B 点, 可组成一条最优投资曲线, 可作为设计的依据。图上的最大可用水量 Q_{max} 在一定条件下是固定的, 当新的水资源被开发出来, 它还会不断提高。根据以上分析, 可采取以下措施解决水资源问题:

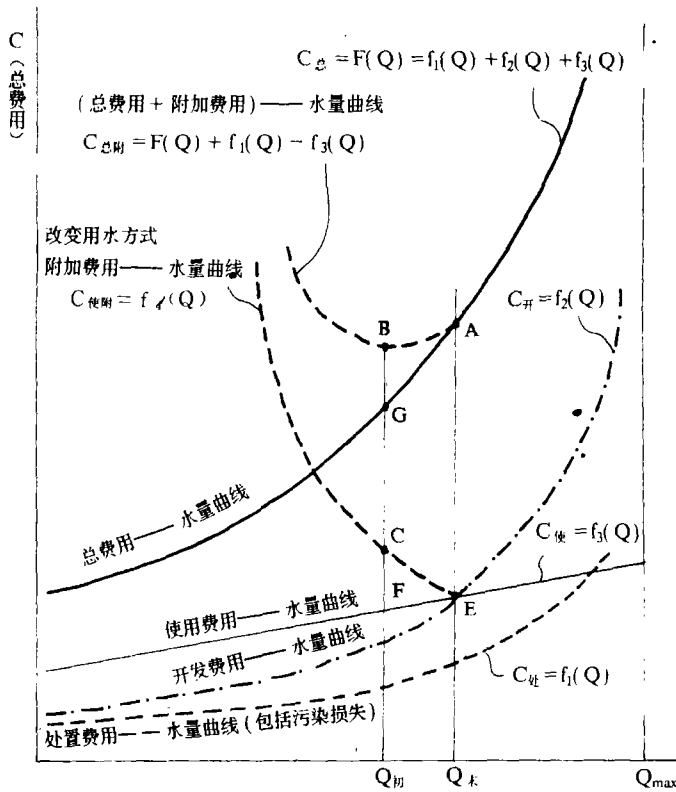


图 3 水资源问题费用水量分析曲线

(原作者: 聂桂生)

1. 提高决策者对水资源特性及基本规律的认识

(1) 地球表面拥有的总水资源量是巨大的, 相对人的需求量来说几乎是“无穷大”; 但是地球表面的清洁可用淡水资源却是有限的, 相对人类的需求量来说, 已日趋平衡并向供小于需的方向迅速发展。所谓“水资源危机”, 正确地说是“可用的清洁淡水资源危机”。

(2) 区域水资源具有自然循环和人为循环的特性, 但这种更新程度是有条件和有限度的, 每一次循环中总有相当一部分被蒸发掉或跑冒滴漏掉。因此, 如果用水、耗水盲目发展及废水、污水任意排放, 可用的清洁淡水资源和天然水体的环境容量就会用尽, 不仅缺水地区会出现水资源危机, 就连上海这样的城市 (处在长江入海口处, 降水、地面径

流水丰富) 也会出现水荒、水资源危机。

(3) 如何全面地评价水 (包括土地、生物、矿物资源) 资源的价值, 如何给水定价, 是一个重要的理论与实际问题。价格定得过低, 将会导致水的浪费及水资源危机, 是很不利的, 也是目前的问题之一; 如果定得过高, 有一个用户承受能力的问题。美国西部电厂经验表明, 水价提高 4 倍, 用水量减少 98%。市政、灌溉用水水价提高, 用水量也显著下降。水价 (包括其他自然资源定价), 应以资源稀缺度作为依据, 加上水的开发成本、运载成本和适度利润来定价。

2. 建立统一的水资源科学管理体制

(1) 成立全国、流域、区域、城市水资源管理机构, 通过法规与标准把勘测、开发、利用、回用、处理、排放、监督等各个环节统一管理起来。

(2) 查清水帐, 做好长远规划

查清降水量、径流量、蒸发量及水平衡, 地下水动储量及静储量、水位、水压、水质, 上游来水、雨洪弃水, 已控制水量及最大可控制水量, 跨流域调水的可能性, 不同保证率条件下的调水量, 计算出不同时期不同保证率条件下的动态水资源流量, 作为规划用水的依据。规划中原则不能动用地下水静储量, 并要保证河道功能用水量。

制订全流域的水资源规划, 需兼顾上、中、下游及相邻流域用水需要及可调给城市的用水量; 根据水资源的特征、水质、水量、距离及经济等各种条件及用水部门的要求, 分级分类规划用水。

制订水资源环境保护规划, 建立清洁区、安全区、保护区。

(3) 加强用水水质、水量的计划管理

进行用水登记, 建立用水执照, 建立各部门、行业、产品、品种、方式的用水; 制定耗水定额, 计量供水, 计价供水, 累进收费; 按用水系统分别供给不同水质的水源, 以合理分配用水; 推行无水、少水工艺, 一水多用, 重复利用 (工业重复循环利用、城市污水重复循环利用及区域水重复利用三级), 减少跑冒滴漏的浪费水量, 减少农田灌溉用水及水面蒸发损失, 减少供水弃水量。

建立一、二、三级水资源保护区, 严格饮用水的水源保护和供应; 严格管理废水和排水的处理和排放; 建立水体监测网站, 定时、定期监测, 建立水质水量警报系统; 消除生物、有机物、重金属的污染, 减轻地面径流的污染。

(4) 做好预测及对策

由于社会惯性对水资源危机认识的滞后性, 相

应措施是加强预测,制定对策,一般需要作出十年、二十年或更长时间的水源、河水、耗水的情况预测预报。

从保证人类长远需水及城市用水来看,以下一些方面是值得开拓研究的:

沿海城市缺水一般应优先考虑海水淡化供水方案,需要解决的问题是能源、经济及大流量供水问题。如能解决利用潮汐能、太阳能、原子能的各种技术问题,及综合利用副产品的问题,这个方案是有前途的。沿海城市的某些工业、农业、市政用水直接利用海水也是很有前途的。某些国家沿海城市在考虑冰川供水方案。据报道,设想从南极拉冰川供洛杉矶用水,代价还不到目前该市用水费用的零头。当然问题也不这样简单,因为一次拉冰需一年时间,只可供目前一个月的水量。在内陆高山附近的干旱城市,采用高山冰雪供水方案倒是较现实的。

的。

从丰水流域向缺水流域调水已在许多国家实行,这对合理分配水资源无疑是有意义的,主要问题是取决于投资、环境、生态、社会、安全等因素的制约。人工降水在具备条件的地区也是一条有效的途径,但也受多种因素的制约。

鉴于进入产品中的水一般是极少的,所以研究工业密闭循环技术、彩用无水工艺和废水污水深度处理后回用是相当一个时期内解决工业用水的重要方向和途径。

实现区域绿化,搞好水土保持、生态平衡都是长期的方向和途径。

本文作者王健民(Wang Jianmin)系国家环保局,南京环境科学研究所副研究员。

科技动态

芬兰研究出一种不用电缆在水下传输电视图象的方法

塔斯社7月25日报道,芬兰国家科技中心的这一重大发明的基础是利用沿水声通道传输的超声波。芬兰专家们找到了一种把远距离信号编码的独特方法,编码好象把图象的组成部分“压缩起来了”,从而使其能够沿声道传输,而在接收装置上进行解码,使图象重现在屏幕上。

印度科学家研制“会思考的机器”

塔斯社7月26日报道,这种机器里的电“脑”将和人脑直接协作。艾哈迈达巴德科学研究所电子学分所已进行了初步试验。科学家们认为,如果能研制出一种相当于人脑和电子计算机之间的脉冲转换器,人脑将能与电子计算机建立相互联系。

日科学家在世界上首次记录下 一颗新星的诞生过程

日《每日新闻》7月26日报道,日本野边山天文台借助微波干涉仪完成了一颗新星形成过程的系列摄影。这台设备的天线能够在很短的波段内工作,可以获得关于冷分子的信息。

恒星物质基本上是由冷分子组成的。例如靠这台设备获得的天体物理数据已经确定,即将从中产生恒星的气体星云直径为一光年。气体围绕“云雾”中心旋转的速度,边缘为1公里/秒,靠近中心为3公里/秒。

日本研究出能识别英文26个字母的 光神经计算机的基本系统

《日经产业新闻》7月28日报道,三菱电机公司把神经线路网和光技术结合,在世界上首次开发了这种基本系统。过去三菱公司已经确立了识别A、E、J三个字母的光神经芯片的基本技术,今后将开发能识别26个字母的芯片。这个基本系统由以光信号输出文字图形的发光元件组、光纤、描述文字、识别图象的液晶元件和读取图象的受光元件组构成。

另据日本《日经产业新闻》7月21日报道,日本松下公司和原子能研究所开发出制造“分子器件”的基本技术:在硅衬底上形成一个有机分子厚度的超薄膜,然后在氮和氦气体里用电子束照射,改变超薄膜的化学性质。作为超薄膜构成分子的“分子器件”是超高密度、多功能元件。它们可具有存储和开关等不同的功能,如果作存储器件用,其存储容量可达现有器件的10000倍以上。

(转载自新华社《世界经济科技》)