

我国水资源保护研究概况

向 锋

建设部南京环境科学研究所

我国水资源保护研究概况

向 锋

(建设部南京环境科学研究所)

人口、资源、环境和发展是当代人类面临的四大问题。水是自然资源，又是环境要素，同时直接关系到人口问题和发展问题。水资源问题已成为世界各国普遍重视的重要课题。过去我们对这个问题重视不够，今后应进行充分的研究和宣传，以便了解开发、保护和合理利用水资源、节约用水的重要性。

从1972年斯德哥尔摩人类环境会议以来，环境管理进入了一个新时期。标志这个新时期的主要特点有两个：一是研究合理利用和开发自然资源成为环境管理的重要内容；二是把当代人类面临的四大问题的相互关系作为环境管理的指导方针。水资源是最重要的自然资源之一。水在生态环境中居于不替代的特殊地位。因此，研究水资源的合理开发和利用是环境管理中最重要的内容之一。

从这个意义上说，水资源保护也就是保护水资源的合理开发和利用。人们对水的环境要求也可以认为是一种对水的生理或精神上的利用。因而，水资源保护的涵义应是积极的，它包括保存、节约、再生以维持水资源的永续利用和美化环境等等。水资源保护的内容包括水质的保护和水量的保护两大方面。质与量的辩证关系，要求我们用全面、综合、关联、择优和实践的观点，即系统工程的观点

去解决水质污染和水资源合理开发利用的问题，只有把水质规划同流域规划结合起来，才能做好水资源保护工作。

一、我国水资源评价的研究概况

什么是水资源？我们当前重点调查评价、开发利用和保护的水资源是指可供人类经常利用的参与水循环的动态水量。但水资源量的具体计算，有几种意见：(一)多年平均降水量；(二)河川径流量；(三)河川径流量与地下水补给量之和；(四)河川径流量与地下水开采量之和；(五)河川径流量与地下水补给量之和扣除相互转化的重复水量。目前大多数人倾向于最后一种算法，认为其结果较符合实际情况。1981年12月完成的《中国水资源初步评价》就是按照这个关系进行评价的。

当时为了满足国民经济规划和农业区划等方面的需要，水利部根据农委和科委的统一部署，以现有的资料为基础，在较短时间内提出了水资源的综合评价成果——《中国水资源初步评价》，完成了全国水资源调查。评价工作第一阶段的任务，满足了各方面的急需。

(一) 水资源的数量及其时空分布特征

这次评价根据需要，按水系把全国划分为10大片69个分区。全国汇总的结果是：多年平均河川径流量26380亿立方米，多年平均地下水补给量7718亿立方米，重复水量6888亿立方米，合计全国多年平均水资源总量为27210亿立方米。

我国水资源的特点是地区分布不均衡和时程变化大。这给开发利用带来了许多特殊的问题。

在空间分布上，从沿海到内地，从南方到北方，水资源数量相差十分悬殊。南方四片，面积只占全国的36.3%，耕地占37.8%，年径流却占82.4%；北方五片，面积占28.1%，耕地占57.3%，年径流只占13.0%。海滦河和淮河片更为突出，两片人口和耕地共占全国27%，而径流量只占4%。地广人多，缺水十分严重。

在时间分布上，季节分配和年际分配都很不均衡。由于我国河流的补给来源最主要是雨水，所以汛期河水暴涨，甚至泛滥成灾；枯水季流量很小，常感水量不足，甚至断流。年内分配具有夏丰冬枯、春秋过渡的特点。在年际分配上，问题更为严重，尤其是缺水的北方地区，年径流的变差系数 C_v 可达1.0以上，而长江以南一般也在0.4以上。例如黄河在近60年中出现过连续11年的少水期，也出现过连续9年的丰水期。其他地区连丰、连旱也比较频繁。

(二) 水质污染状况

我国河流水化学特性有明显的地带性规律，主要是受降水、补给来源、水的理化性质、环境条件和人类活动等因素的影响。天然水质的分布趋势是从东南沿海湿润地区到西北内陆干旱地区河水的矿化度逐渐增加。

人类活动是造成水质污染的根本原因。从全国范围来说，地表水PH、总硬度、化学耗氧量、氨氮、酚、汞等污染较重。据1980年监测资料，在评价河流的总长度92806.1公里中，PH污染的占31%；总硬度年均值大于80毫克/升的占44.5%；化学耗氧量大于5毫克/升的占17.7%；氨氮年均值大于1.0毫克/升的占8.9%；酚年均值超过0.01毫克/升的占10.9%；汞污染的占11%。

从综合评价的结果看，在92806公里评价河长（878条河流）中，受到污染的有近20000公里，其中受到严重污染的有5000多公里。虽然这些河流是选择有重要经济价值和污染较重的，但仍然可以说明问题。总的可以认为，我国江、河、湖、库地表水已普遍受到了不同程度的污染。全国水资源质量可利用情况见下表

表1

可利用 情 况	符 合 饮用要求	符合地面水 水质卫生要求	符合农业 灌溉要求	不符合农业 灌溉要求	严 重 污 染
河段数(个)	362	1087	1639	292	213
%	18.7	56.2	84.9	15.1	11.0
河长(公里)	24437	58837	75817	11272	5322
%	28.1	67.6	87.1	12.9	6.1

据水电部水管司《全国地表水水质评价》

(三) 水资源量、质综合评价方法

水作为资源，本身包含质与量两方面的涵义，若离开质量去研究数量，不可能对水资源作出正确的估价。水资源的综合评价和合理开发利用的研究，已作为一项十分紧迫的工作被引入国家108项科研项目之中。水资源的综合评价方法逐渐引起了大家的注意和研究。

条件概率评价法就是对河段进行水质水量统一评价的一个尝试。这一方法基于概率论和数理统计的原理，假定水质与水量之间存在

某种相互关系（例如单一点源，水量大，水质就好；单一面源，水量大，水质就差），因此，可以把利用少量水质水量同步资料建立起来的“评价系列”推广到仅有水量资料的年系列，从而获得对水资源的量质统一评价。

但是，上述基本假定限制了本法的实际应用。此外，需要有较多的实测资料 and 不能用于对流域（一般认为流域是进行水资源评价的合理地理单位）的水资源评价，都是本法的不足之处。但是，作者提出的按水质等级来评价水资源量的思想，不疑是为水资源的量、质综合评价指出了一条可由之路。若能象表1那样，根据水的可用性把水资源总量分为若干个分量，以对应不同的用途，那就更为实用了。

根据这一思想，把不同质量的水按其资源功能划分为若干等级，用一个向量来表征水资源是合适的。水资源向量 r 定义为：

$$r = (r_1 \ r_2 \ \dots r_n)^T$$

r 的分量 r_i ($i=1, 2, \dots, n$) 是水资源数量中水质等级为 i 的水量。显然，水资源数量是

$$r = \sum_{i=1}^n r_i$$

数量与向量之间的关系，可由下式给出

$$r = i^T r$$

式中 i 是 n 维单位列向量。

为了使量质综合评价的结果具有可比性,引进水资源的价值系数向量 a

$$a = [a_1 a_2 \dots a_n]^T$$

式中的分量 a_i 定义为

$$a_i = v_i / v_0$$

这里 v_0 是一个单位标准水(如饮用水)的资源价值; v_i 是单位 i 级水的资源价值。

这样,我们就可以把水资源换算为标准资源水量 r_0 , 即

$$r_0 = a^T r \quad \text{或} \quad r_0 = \sum_{i=1}^n a_i r_i$$

标准资源水量是一个衡量地区水资源多寡的等价值指标,是反映质与量统一的可比性指标。其反映的准确程度取决于 a_i 的取值是否合理。

这种水资源的向量评价方法目前只是一个设想。是否可行,是不是一个进步,都有待于实践的检验。

二、我国水资源开发利用研究的进展

(一) 水资源的开发利用概况

人类从逐水草而居发展到定居,于是有了农业生产。为了保护生产,开始出现原始的水利设施。我国人民防洪治河、引水兴利的历史十分悠久。大约四千年前就有“大禹治水”的传说。西周的沟洫就是一套除涝的农田基本建设。李冰父子的都江堰举世闻名。两

千多年来一直发挥着很好的效益。隋唐以来的南北大运河是世界上最早的大型跨流域水利工程之一，兼有水运和灌溉之利。

中华人民共和国成立后，在水资源的开发利用方面做了大量工作。到1981年底，兴建了各类型水库86811座（其中大型328座），总库容达4169亿立方米（其中大型2989亿立方米）；塘坝631.73万座，蓄水量达265.92亿立方米；全国共有固定排灌站472299处（2453.61万马力）；水轮泵站32966处（50017台）；农田有效灌溉面积达66860.7万亩；旱涝保收·高产稳产农田34966.9万亩。除保证农业的发展外，还为发电、航运、淡水养殖、城市和工业的发展提供了大量水源。

除此之外，我们还在水体的其它利用方面做了大量的工作。例如对水体的环境容量和自净能力的研究就是充分合理利用水资源的一个重要方面。另外，天然水体（如微山湖）和人工水体（如太原晋阳湖）又为热电厂提供了最廉价的散热体，这是水资源的又一利用。

（二）目前我国水资源供需关系

中外历史经验告诉我们，随着生产发展和人口增加，地区水资源供需关系大致经历水源富足、供需平衡和出现水荒三个阶段，出现水荒的原因又可分为水量不足型、水质污染型和量质综合型三种类型（表2）。

经济发展，人口增加，生活水平提高使用水量迅速增加。一个地区或国家，如果可供水量的增长率低于用水量的增长率，那么不管其水资源多么丰富，或早或迟总要发展到供需平衡，甚至水荒阶段。我们的任务就是要将水资源问题尽量控制在供需平衡阶段，防

止或推迟水荒的出现。我国目前状况如何呢？据水利部门统计，目前（1978年）供水能力约为4659亿立方米，需水量约4767亿立方米。数量上稍稍不足，大体相当。质量上，据表1作粗略的估计，尚能不影响资源的利用（环境问题另论）。供需关系大致处于水量型平衡阶段与综合型平衡阶段之间。节约用水、保护水质是关键措施，增大水能力是有效办法。

表2 水资源供需关系发展过程

水资源状态		进入该状态的决定因素和问题		
发展方向	发展阶段	水量型	水质型	综合型
↓	原始阶段			
	初期阶段	$U < R, P \ll E$	$U \ll R, P < E$	$U < R, P < E$
	平衡阶段	$U = R, P < E$	$U < R, P = E$	$U = R, P = E$
	水荒阶段	$U > R, P = E$	$U = R, P > E$	$U > R, P > E$

U = 需要量, R = 供应量, P = 污染负荷, E = 环境容量

（三）本世纪末水资源状态约估

据水利部门预测，到本世纪末，我国总供水能力可达6499亿立方米，需水量为7345亿立方米（ $P = 75\%$ ，中等旱年），其中农业用水5958亿，城市和工业用水1387亿。从增长率看，供水能力增长39.5%，需水量增长54.1%。所以，量的紧张程度

有所加剧。另据一些内部估计，本世纪内，我国用于环保的投资比例不会有大幅度的增加，水环境质量不大可能有明显的改善，水质对水资源可利用性的影响程度估计不会低于目前水平。若以缺水量700亿立方米考虑，水资源的供需关系可能发展到综合型阶段，只要措施得当，还不至于出现全国性水荒。但若掉以轻心，也可能提前进入水荒阶段。

局部的水资源问题目前就已经相当严重，但只要不出现全国性的水源危机，南水北调的设想，在调余补缺上就有了根据（当然还应作全面的可行性论证）。

总之，我国水资源并不丰富，在本世纪内出现水源危机也不无可能。防止水荒的出现已是不容迟缓的紧迫任务，环境工作者和水利工作者，特别是主管部门的决策者，对此有不可推脱的责任。

三、我国的水资源保护及其研究

上已论及水资源保护应当包括水质的保护和水量的保护两个方面。但是由于职业的习惯等原因，环保工作者比较局限于对水质的保护；水利工作者则偏于对水量的储蓄；各有各的观点。但是，根据我国的现状，一般认为水资源保护大致包括水利监测、水质调查与评价、水质管理、水质规划、水质预测预报等。当然，这些都是水资源保护的重要内容，今后不但不能放松，而且还需加强。但从总的看来，上述主要还还是从水质方面考虑的内容。光做这些工作，无疑是不够的。这种情况的出现，有认识上的原因，也有体制上的原因，而体制上的原因是主要的，起决定性作用的。今后，必须通过认识的转变，来推动体制的改革，以适应水资源保护和水环境保

护的共同需要，做好工作。

(一) 水资源保护工作的进展

人类从开发利用水资源到保护水资源是有一个认识和发展过程的。社会的发展使人们认识到要用好水资源必须先保护水资源，否则很快就会出现供不应求的局面，这个需包括生产之需、生活之需和感观（环境）之需。古今中外，由于大自然对人类的报复，人们自觉不自觉地加强了对水资源的保护。我国元代为了保护大都（今北京）的水资源，明文规定“金水入大内，敢有浴者、瀚衣者、弃土石颌颞其中者，驱马牛往饮者，皆执而笞之”。各地民间有关水源保护的乡规民约也不鲜于世。这些都是早期保护水源、防止污染的措施。

近二十多年来，我们在水资源保护方面做了不少工作。六十年代初期在编制科技发展十年规划时，就制订了污水处理规划，提出了污水处理支援农业、保护水体的方向，并把污水处理利用的研究列为国家重点项目之一。1963年召开了全国性污水处理利用会议。1972年成立了官厅水库水源保护领导小组，开展了有39个单位参加的官厅水系水源保护的研究。这是我国最先开始的一项有关水源保护的基础性理论研究工作。1973年全国第一次环境保护会议推动了全国水源保护工作的发展，相继建立了黄河、长江、松花江、淮河、珠江、湘江、太湖、黄浦江、沱江等流域的水源保护机构。进行了大量调查研究工作，建立了监测站网，加强了水环境管理，开展了科研工作，提出了大批研究成果。通过十年来的水源保护工作，使一些水域的水质有一定的改善。如鸭儿湖、官厅水库、松花江、黄河兰州段、漓江、西湖等等。但是，我国水资源保护工作起

步晚，基础弱，加上财力、物力和科研水平的限制，水质污染尚未得到有效的控制，有的水域的污染还在发展。

(二) 水资源保护研究中存在的主要问题

水资源保护属于应用科学，是一门边缘学科，牵涉部门多，问题较复杂，当前正处于开拓创新的阶段。水资源保护科学研究和技术研究工作，一是要全面展开，二是要突出重点和难点。我们在水资源保护研究方面存在着选题，科研体制，科技情报资料交流，研究成果推广应用等问题，宜及早解决。

1、突出的问题是科研规划和选题。由于缺乏统一的科研规划，在选题上，有些项目争着列、年年列，但由于基本资料不足，力量分散等原因，年复一年，很少能拿出象样的成果来。相反，有些带根本性的课题却列不上，或者缺乏系统深入的研究。

2、科研体制问题是关键。在水资源管理上，水利部门管水量，环保部门管水质；地质部门管地下水，水电部门管地表水；生产部门管用水，市政部门管排水；再加上条条块块，关系十分复杂。这样的管理体制（五龙治水）导致科研体制上存在各行其是，各自为战的弊病。水资源、水环境保护是归环境部门管好，还是归水利部门管好，这就很值得研究。目前对各流域的水资源保护机构实行两部双重领导的体制，也许是一个进步，但恐怕也非良策。在水资源管理方面，国家计委曾建议：扩大水利电力部职权，使它成为全国水资源的综合管理部门，由国务院责成水利电力部全面负责对水资源的管理。今后凡是同水资源开发、利用、治理、保护有关的调查、考察、科研、规划、立法监督工作，以及水资源的调配、水利纠纷的处理，均由该部归口负责。这一建议若实现，无疑将结束过去那

种各自为政的局面，水资源保护科研体制也将随之解决，水资源保护科学研究也将为之面目一新。

我们现在这种“拼盘式”的研究，花钱不少，成效不大。我们国家还不富裕，这就要求我们花较少的钱，办较多的事，办好事，这就需要决策人能在较高的层次上去认识问题，作出决断。水资源和水资源保护是一个巨大而复杂的系统问题，十几年来，各个部门（各个子系统）都做了大量的工作，已初步具备从大系统的角度出发考虑问题、解决问题的条件。

3. 在科技、科研情报资料的交流和使用方面，普遍存在严重的本位主义的倾向。这在一定程度上影响和妨碍科研人员在较高的层次上去考虑问题、研究问题和解决问题。拟建立全国统一的水资源情报资料中心，定期刊印资料，及时交流情报，为水资源研究服务，为水资源管理服务。这样，既可减少或避免低水平的重复劳动，提高科技人员的研究水平；又可为将来在更高的层次上（如从国土整治的角度）解决水资源问题作好准备。

4. 对科研成果的推广应用重视不够，只管开花不管结果。水资源保护科学研究属于应用科学，基础理论的研究也好，技术性开发研究也好，其目的都在于用。两方面的成果都要认真评价鉴定，更要推广应用。目前的情况是对研究成果的评议和鉴定不够慎重，甚至有流于形式之嫌；而对真正有价值的成果，推广应用的周期长，推广应用率不高。其结果是研究工作的环境效益和经济效益不明显，同时也在某种程度上影响了科研人员的积极性的充分发挥。

四、水资源保护研究展望

我国的水资源保护研究趋势大致仍将继续向两个方面发展：
一是水环境保护方面，一是水资源保护方面。

(一) 水环境方面，重点是水环境管理和水污染控制。今后的研究大致将集中于以下内容：

- 1、水系现状及水中污染物的动态模拟和预测技术；
- 2、污染物对水质、人体、动植物影响的评价；
- 3、费用少、耗能低的污水处理技术，氧化塘系统、土地处理系统和生态处理系统的研究会有更多的人感兴趣；
- 4、陆地水域富营养化研究，毒性污染物质控制的研究；
- 5、污染源控制的研究，面源的研究正在引起重视。
- 6、更新水质监测手段，研制功能全、体积小、易操作的监测仪器设备。

7、节水技术。污水回用技术和无污染工艺的研究等。

(二) 水资源方面，以环境水利学的研究为其代表，主要研究：

1、研究水资源和各种不同类型水环境保护、评价和利用的问题。

2、研究由于兴建水利工程而引起的环境问题，进行此项研究可以长江三峡和南水北调工程为代表。

3、研究充分发挥水利工程保环境、改善水质、维护生态平衡等方面的功能。

4、研究流域（区域）环境水利规划和环境水利经济问题。水资源、水环境的科学管理和合理利用的研究，将成为环保工作者和水利工作者共同感兴趣的课题。

主要参考文献

- 〔1〕 陈家琦、陈志恺，中国水资源及其开发利用和管理，中国科学院水利电力部水利水电科学研究院科学研究论文集，第14集，水利电力出版社，1984年5月。
- 〔2〕 中国农业年鉴编辑委员会，中国农业年鉴1982，农业出版社，1983年9月。
- 〔3〕 吴景学……我国环境科学研究的现状与展望（I）水体污染的研究，环境科学丛刊，1983年第6期。
- 〔4〕 方子云，关于水资源保护的几个问题的探讨，长江水资源保护，1983年第1期。
- 〔5〕 沈增卿，试论水资源保护工作，环境水利论文选编，第二集，1983年9月。
- 〔6〕 翟志敏，水资源统一评价方法初探，环境水利论文选编，第二集，1983年9月。
- 〔7〕 张宪宏，我国的环境水利问题，环境水利论文选编，第三集，1984年4月。
- 〔8〕 王健民，加强防止我国二〇〇〇年前可能出现水源危机，环境管理，1983年第6期。
- 〔9〕 王廷轩，水系污染与保护概述，环境科学情报，1984年第10期。
- 〔10〕 刘乃奋，水危机及其对策，国外环境科学技术，1984年第1期。
- 〔11〕 中国环境科学学会办公室，我国的水资源问题及2000年用

- 水预测, 环境科技长远规划参考资料, 1983年第6期。
- 〔12〕 赵珂泾, 我国水资源的几个问题, 中国水利, 1981年第1期。
- 〔13〕 曾北危, 我国水资源问题, 环境科学丛刊, 1982年第4期。
- 〔14〕 李伯宁, 我国的水资源和水利建设, 农业经济丛刊, 1981年第3期。
- 〔15〕 黄道基, 水污染面源的研究概况, 环境水利论文选编, 第二集, 1983年9月。
- 〔16〕 方子云, 环境水利学的任务, 水利学报, 1983年第12期。
- 〔17〕 贺伟程, 论区域水资源的基本概念和定量方法, 中国科学院水利电力部水利水电科学研究院科学研究论文集, 第14集, 水利电力出版社, 1984年5月。
- 〔18〕 程 潞, 我国的国土规划问题, 地理学报, 1983年第3期。
- 〔19〕 曲格平, 中国环境问题及对策, 中国环境科学出版社, 1984年10月。

1
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001

附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001
附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001, 附 6 卷 5001