

枯竭含水层的区域性治理

William Whipple, Jr.

导言 由于地下水纯洁,随时可用,旱季可保证供应,所以美国的许多地区视地下水为主要供水源。但发展中地区人口不断增长,需水量超过了自然回灌量,因此不得不从越来越深的地下抽水。在承压含水层内,有效压力水头(测压管液面)下降,有时下降到海平面以下200英尺(60米)或更低。美国含水层枯竭的典型是奥加拉拉,它严重地影响着内布拉斯加州,堪萨斯州,俄克拉何马州,尤其是得克萨斯州。在这种情况下,一个明显的解决办法就是把每一含水层的总抽水量,减少到通过回灌能够长期承受的水平。然而,尽管含水层已经明显超采,人们对于水文地质状况仍然缺乏充分的了解,因而很难准确地确定抽水量。此外,在含水层已枯竭的地区,每一个井主所关心的只是毫无限制地抽水以满足自己的需水量。因此不可能通过自愿合作来达到普遍减少抽水量的目的。

新泽西州在“1981年供水管理条例”的指导下,授予环境保护局以广泛的权力来管理本州的供水,并且重申本州抽水量和用水量的分配在法律上是一种优惠,而不是随心所欲的权利。随着本州人口的增长和经济的发展,需水量在旱季超过了现有的供水能力,有些水还受到来自许多污染源的污染,所以立法机关肯定了这一管理供水的权利。1981年制定的《州供水总体规划》指出了本州面临的地下和地表水的实质问题。一个大的债券发行机构在1981年为该重大工程项目提供了资金。有了基本权利和资金,环境保护局制定了管理规程,其中包括起草“供水临界区域”计划和设计解决枯竭含水层的特殊问题。

在划出的临界区域内,有必要做出一个规划,首先确定含水层的水文地质情况,然后决定提供备选水源的方法,以取代部分抽水量。利用州提供的资金,在州地质调查所的帮助下,美国地质调查所对被划为1号和2号临界区的两个地区的含水层进行了彻底的调查。调查期间,他们还使用了一个事先设计的海岸带含水层多层模型。同时,该州还开始进行替代供水的可行性研究,以期补偿削减的地下水抽水量,并满足将来增加的需水量。这两项规划活动为实施改变含水层枯竭状况的管理方法打下了基础。

治理的策略是,为含水层枯竭地区的每个主要用户将来抽用水规定一个削减了的“基本分配量”,同时要求用户提交如何利用这一分配量来满足基本需水的计划。提交的计划里应说明用户可能采用的任何局部代替办法,如使用地表水或从非枯竭含水层的井中取水。然后要求用户签订合约,从区域备选供水源购买所缺的水,而区域备选供水源是根据州的可行性规划而开发的。以这种方式确定了用户使用区域备选供水源后,投资者和属公共所有的供水公司开发备用供水源的积极性才得以调动。后面还详述这一做法。

供水临界区域的特点 被划为两个供水临界地区占新泽西州沿海地区的相当大的面积。如图1所示(略),广大沿海地带由露头区的降水得到水量补给,这一区域通常称为补给区。在补给区的南面和东面,含水层受到粘土层的约束,上覆一薄蓄水层——科汉西沙层,由地质上的近代海相沉积物构成。1号和2号临界区这一薄蓄水层的等压面低于海平面30英尺(9米)或更低,这些含水层被新泽西州确定为含水层枯竭区。

图2(略)表明新泽西州近年来由于淡水压力下降海水侵蚀含水层的地区。拉瑞坦海湾,特拉华海湾,以及旱季特拉华河流域的部分地区均已受海水侵蚀。当相邻的含水层压力下降时,海水可能会侵蚀部分含水层并破坏其可使用性。

图2(略)还表明南部更广大的地区深含水层贮有原生咸水。这些原生咸水是自远古地质时期以来,可能自该地质层形成以来贮存在含水层内的。在井位影响范围内,这些下伏的原生咸水也可能被抽出。

在沿海地区不断地大量的抽取淡水已局部地导致了压力水头降低或造成下降漏斗,部分地区已低于海平面200英尺(60米)。仅仅由于粘土层或其他相对不透水材料的阻止,水井才在若干年内未遭咸水侵入。然而,等压面下降的情况一年比一年更严重,因而粘土保护层被渗透的危险越来越大。

在2号临界区内,仅有一个水压下降的含水层系统——波托马克—美约塞—拉瑞坦(PRM)含水层系统,本区域内的其他含水层很少被使用,也未被定为枯竭含水层。在1号临界区内,有4个枯竭的含水层——法灵顿和旧布里奇(这两个都是PRM的构成部分,以当地的名字而命名),英吉利敦和劳雷尔·韦诺纳山。图3所示为法灵顿含水层,其枯竭区(内线)一个3英里(4.75公里)的边缘或受威胁区(外线),以及整个1号临界区的包络曲线。这一含水层补给区的一部分也已在图3(略)中标出。

这四个含水层有各自的枯竭和受威胁区域,这些区域一起勾出了1号临界区的界线。

水文地质学 观察井内的地下水等压面,指明那些测压面被抽至海平面以下30英尺(9米)的区域,这些区域可认为是水层枯竭区。3英里以内与这一地区相邻的区域被称作边缘或受威胁区域。环境利益促使人们将每一个枯竭的含水层作为一个整体看作临界区并进行相应的治理。尽管这一点很合乎逻辑,但这在政治上却不受欢迎。同时实施这样一个庞大的管理计划,在行政管理上也不易做到,因为这一规划还将包括那些地下水未构成问题的广大地区。

美国地质调查所对1号临界区做过综合模拟试验。试验分析发现,两个下部含水层和两个上部含水层具有很强的水力联系。在确定了适当的抽水量之后,对这四个含水层一起做了模拟。研究人员提出了种种不同方案,这些方案对于从上述含水层取水的百分率作出了不同设想,并且假定经初步削减后的取水量将来能保持稳定。在每个方案里均发现含水层等压面将迅速回升,大约在20年后将达到平衡点。这一模拟试验表明,要使法灵顿、劳雷尔·韦诺纳山以及英吉利敦含水层达到比较满意的结果,有必要在1983年取水量的基础上减少50%,而旧布里奇则需减少40%,这些数据就是努力目标。

美国地质调查所在2号临界区卡姆登进行了一些初步的模型试验。一个咨询公司——德莱塞—麦克基公司,对可靠的抽水量以及需要的缩减抽水量进行了最终估计。在这种情况下,PRM含水层1983年的抽水量应减少35%。在2号临界区,英吉利敦含水层还未得到鉴定。劳雷尔·韦诺纳山出水量低,因此尚未枯竭。

按新泽西州1985年“供水管理条例”的规定,专门为每一临界区制定了治理步骤,这两个临界区的治理步骤在本质上是相同的。经过一系列的会议和召开公众听证会,这些步骤经行政管理部门正式批准。在这些步骤被批准,界线划出以及抽水量缩减百分率制定以后,每个用户,每个团体以及那些用水量每天超过100,000加仑(379m³/d)的城市都收到一封信,使它们知道它们1983年从枯竭或受威胁的含水层的抽水量以及要求他们减少用水量的一个基本分配量。例如,在英吉利敦含水层枯竭区,基本分配量是1983年用水量的60%。在受威胁地

区,基本分配量同1983年的用水量相同。

每封信都要求用水户在14个月内制定出一个计划,说明在减少被保护含水层的抽水量后,将如何满足欠缺水量需求。这个计划可能包括三方面内容:(1)通过采取检漏和节水措施,减少用水量;(2)用水户发现或采用当地备用水源;(3)通过州规划和发挥地方主动性,参与开发地区备用水源工程。计划中第一项要求用户节水,并在1988年达到要求量;计划中第二项要求用水户确定当地备用供水源,并且立即落实;计划中第三项要求依赖当地备用供水源,一旦新水源条件成熟,用户应签定有关使用合同。然后发给用户暂时用水许可证,允许用户在新供水源投入使用前,继续从枯竭的含水层中抽取地下水,甚至可增加抽水量,以满足其基本需水量。在合同生效前的这段时间里,发给用户临时抽水许可证,允许用户继续从含水层抽取足够的水以满足基本需水量。一旦新水源可以使用,要求用户签定正式用水合同。这时,再发给他们短期使用许可证。

以上措施是为了在使用备选供水源计划落实前限制从枯竭含水层的抽水量,同时防止拖延偿付建筑款项。这是一个敏感的政治问题。州法院和立法机关授权在所有正在开发的居民区建造一定数量的财政可支付的住宅群。许多居民强烈反对建造这些住宅群,而很高兴有机会把供水计划当作反对进一步开发的口实。政府不能允许这样做。然而,市政土地使用法要求在批准任何基建计划以前,市政府应当确保可靠的水供应。实质上,临界区域计划已清楚地说明了严重枯竭含水层不能为进一步开发建设提供可靠供水源。所以,除非供水计划清楚表明如何在临时或短期供水基础上得到可靠的供水,否则,开发工作将被否定。这就要求市政当局或代表市政当局的粮食供应者签订一个协议,以比现行水价高得多的价格或订约时无法确知的价格购买将来用水。显然,这可能使市政府处于一种不利的境地。但是,这似乎是落实该州保护枯竭含水层计划的唯一途径。这样做,既不需要该州支付尚无来源的巨额津贴,也不会对建筑工程造成很大干扰。

供水临界区域计划有一个上面未提到的独特的实质性特点。因为将1号临界区内的90个用户同区域供水源连接在一起花费极其昂贵,而用户分享产权利益至关重要,他们设计了一个非连接用户的计划。远离区域供水源的用户可先与有关部门签约并付款后,才能获许从枯竭含水层抽取足够的水。委员会将安排某个被连接的用户接受这些钱,这个用户可用这些钱支付从区域供水源获得的补充用水费。同时,这个用户要相应地减少从枯竭含水层的抽水量,抽水量要低于基本分配量。

在受海水侵蚀地区,如果这一计划能减少抽水量,那么也可以在两个被连接的用户间实施这一计划。

备选供水源 1号临界区是一个经济迅速发展的地区。该地区日益增长的需水量将很快大大超过目前以保持含水层可靠产水量的抽水量。如图4(略)所示,这一地区的东部将获得国家建造的供水工程的供水,这一工程为曼奈斯宽工程。它建有一个导流建筑物,一个水泵站和压力总管,以及一个离槽水库。这一工程将耗资72,000,000美元,预期1990年完成。其每天的可靠出水量将是30,000,000加仑($113,600\text{m}^3/\text{日}$),如果结合使用地下水,出水量将更为可观。售水利润将能偿还国家全部投资。蒙默斯中心供水公司愿意提供加工处理部分水的设备,国家提供所缺部分。在写这篇文章时,此事尚未决定。

在这一临界区内,一个被称为南河区的西部情况比较复杂。由于连接两河(特拉华河和拉瑞运河)的一个导水渠和两个国家拥有的大型水库(斯邦思润水库和罗恩德山谷水库)的水的输入,拉瑞坦河随时可以提供可靠而又便宜的未经处理的水,日供水量为40,000,000加

仑 ($151,500\text{m}^3/\text{日}$)。通过扩建拉瑞坦河北岸的工厂,米得塞科斯私人供水公司可以接受并处理这些水。也有人提议,附近的布兰斯威科市每天处理并供应 $8,000,000$ 加仑水 ($30,200\text{m}^3/\text{日}$)。

无论使用哪种计划,都需要一个一天能输送 $40,000,000$ 加仑水的导水管,将水从拉瑞坦河抽出,经米得塞科斯县输送到蒙默斯县西部的居民区。米得塞科斯私人供水公司同意通过扩大该公司容水量和输送面积来提供此项服务。米得塞科斯县自由地产人批准了现存的沟渠系统来完成输水任务。在作出这一决定过程中,有许多技术、资金、政治、法律方面的问题需要探讨。

在 2 号临界区的卡姆登市区,也有一个投资者拥有的公司——新泽西供水公司。该公司愿意提供所需备用水源。这将需要每天从特拉华河处理并输送 $40,000,000$ 加仑 ($151,500\text{m}^3/\text{日}$) 的水。据此,有关的三个县对该公司的水量分配工作很满意。但是,费城愿意由该市的百克斯特水处理厂提供用水,该厂有过剩的贮水量。毫无疑问,这一供水可能便宜。然而,在协商这一必要的供水计划中还有许多问题有待解决。首先,很难确定一个 35 年有效的用水价格。第二,新泽西已实行了更为严格的饮用水标准,它要求最大限度地降低水中污染物含量,其要求比联邦政府制定的标准还严格。而宾西法尼亚州却依据联邦政府制定的标准。在这种情况下,费城的供水很难符合新泽西的标准。最后一个问题是,很难建立一个协调州、市和投资者拥有的公司间履行合同的机构。在正式实施这一供水计划前,这些问题必须解决。

但是,重要的一点是,在没有国家大规模投资的情况下,为这些枯竭含水层备用水源的基础设施获得约 $200,000,000$ 美元的投资,显然是切实可行的。

在决定实施上述供水计划的过程中必然面临的一个重要问题就是务必要求所有用户在基年 (1983 年) 按比例减少用水量。老的居民户不承认是他们的过量抽水而导致了含水层的枯竭,他们认为这一问题是由迅速开发的居民区所引起的。而迅速开发的居民区却声称他们受到了不平等的待遇,因为对他们目前和将来的计划用水的压缩量超过了那些老居民区的压缩量。国家对这一问题的合理分配量将在不久举行的议会上进行辩论。

2 号临界区限制从枯竭含水层抽水。同时,以其他水源进行替代供水的计划正在付诸实施,并得到特拉华流域委员会的积极鼓励。预期该委员会会批准做必要的改变。

地下水污染问题 新泽西州地下水污染严重。在州和联邦政府的净化和补救工程中,该州已走在其他州的前面。1985 年新泽西制定了对所有公共供水实行强制性检验的措施,规定了诸如可致癌的苯一类的挥发性有机物的临时性十亿分之几的检验标准。他们发现一些公共供水井已被挥发性有机物污染,或被人们熟悉的如铅、硝酸盐或六价铬污染。这些水井的主人受到州里警告,并要求他们根据情况或进行水处理,或将水井即刻关闭。许多私人水井已受污染。出人预料的是,地下水绝大多数的污染源并非来自广为人知的重大投资场所,而是来自州指定的小型垃圾场、汽油供应站、车身制造或修理工厂、以前用于化粪池的清洁器、或来自农业生产活动。许多地方根本找不到污染源。在多数情况下,严重污染地区也无法准确地划定出来。

在上述两个供水临界区,已知的污染区域相当多。尽管正在迅速地采取补救措施,公共供水源仍面临污染的危险。尤其是卡姆顿附近地区,过去工业生产的残留污染场地和垃圾的随意堆放迫使一些公共供水井关闭,并且正在威胁着其他水井。再往南在哥劳塞斯特县,原生水中的钠导致了当前的水井污染,有些原生水中的含钠量高于百万分之二百,远远高于标准量并且还可能增高。

就现存的水井而言,临界区域计划提供了一个避免污染的措施。当一个居民区根据要求

地貌学的现代研究重点和未来

Dale F. Ritter

一、现代地貌学的重点 在Davis的地貌学影响正在衰退和过程地貌学正在兴起期间,地貌学家们所缺少的正是能够去改变研究重点和思维结构的一种明确的理由,或者是能说明那些在指导进行的各种过程研究之间的共同结合点的范例。

过程地貌学的哲学思想框架并非草率地建立起来的。相反,过程地貌学中的各种基本前提是在几十年的研究期间逐渐占据了其在理论体系中的位置的。过程地貌学转而兴起的一个原因可能是二次世界大战在军队中服役的许多地貌学家一直是致力于实用的科学研究背景下(Sevon and Others, 1983; Tinkler, 1985)。在战争期间经常涉及的地球表面的问题集中于地貌过程是如何进行的,而不是地形是什么时期发育的。战后,地貌学家们继续沿此方向进行他们的此类研究,这也许为地貌学家研究重点的变化提供了推动力,但这种推进往往是与立足于地貌发育模式研究基础的挫折相伴而发展,因为这些研究对各种地貌现象的解释总是引起争议(Bishop, 1980; Linkler, 1985),而很少在地学中产生什么实用价值。

在此短短的讨论中需要涉及的研究论文实在太多,大量的研究为建立一个独立的过程地貌学学科分支提供了雄厚的理论依据。表1所列的只是我个人对过程—调整地貌学的理论结构发展过程所作的评论性的阶段划分和说明。此表并非打算把所有的有关研究均包括进去,而是通过这些挑选出来的例证可以说明过程地貌学的理论基础在三十多年时间里是如何逐渐发展起来的。在研究方向转变的初期阶段,有两篇文章的这种观点是很值得重视的(Horton, 1945; Strahler, 1952),它们发表在美国地质学会会报上(Geological society of Ame-

需要减少35%的抽水量时,即使那个区三分之一的水井已受污染,其余的水井也能够满足需水量。然而沿特拉华河在临界区以外的那一地区情况就截然不同了。在那里作为一种备选水源正考虑挖掘大量靠河水渗透回灌的附加水井。由于这一地区处在PRM含水层的补给区内,附近的大污染源的污染物很可能会渗透到水井里来。即使先前地下水的流向不同,这些新井也几乎肯定会将污染物抽吸过来。因此,必须采取特殊措施以防挥发性有机物侵蚀。由于污染体的侵蚀,甚至有必要关闭新挖掘的水井。出于这个原因,似乎更有必要设计处理特拉华河水以做必需的备选供水源。

结 论 要成功地恢复一个因超采而枯竭的含水层需要做到以下几点:(1)建立州的法定权威机构,负责管理其供水,并调整或削减以前规定的分配水量;(2)先进的给水抽取分配制度;(3)详细的水文地质知识,包括对含水层可靠产水量的估计;(4)进行可行性研究,以决定未来需水量的大小,以及最佳供水措施;(5)决定如何在不同用水户之间分摊必要的削减量,包括那些确实无法同新的供水源相连接的用水户;(6)对于选择备选供水源做出决定;(7)或者准备接受那些因水费率的必要提高而受到影响的人们的反对和批评;或者为了改善资金情况争取必须的政府投资。

邹美林译自《Water Resources Bulletin》, Vol. 23, No. 6, 薛云长校