

全国地下水 资源评价 经验交流会论文选

地质矿产部水文地质 工程地质
技术方法研究队选编

0555

地 质 出 版 社

全国地下水 资源评价 经验交流会论文集

中国地质大学(北京)地质研究所 地质研究所编

地质出版社 地质出版社



地质出版社 地质出版社

全国地下水资源评价经验 交流会论文选

地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究队

选 编

地 质 出 版 社

21170/18

全国地下水资源评价经验交流会论文选

地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究队 选编

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：戴鸿麟

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：4³/₈ 字数：114,000

1983 年 5 月北京第一版·1983 年 5 月北京第一次印刷

印数：1—3,698 册 定价：0.90 元

统一书号：15038·新 935

前 言

从五十年代开始,我国就有计划地在全国范围内开展了水文地质普查工作,对地下水资源进行了调查与评价。与此同时,还进行了大量的农业、工业和城市供水等专门水文地质工作。此外,还在一些重点地区,围绕水资源评价问题开展了专题研究。通过以上工作,累积了大量资料,基本上掌握了我国地下水资源概况,并且在理论研究和评价方法方面取得了不少经验。

一九八一年九月,在京举行的“全国地下水资源评价经验交流会”上,各省(自治区)都提出了区域地下水资源评价成果,交流了工作经验。为了使地下水资源评价方面的经验得以推广,以利今后工作,现从会议交流的论文中选出八篇文章编辑出版。其中,除第一篇系概括全国区域地下水资源评价方面的文章外,其余七篇均系全国有代表性地区的成果,力求反映不同类型地区的地下水资源评价方法及经验。至于所计算的成果数字,则尽量予以删略。

选编工作系由地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究队完成的。

目 录

我国区域地下水资源评价的若干问题及有关意见.....	1
黄淮海平原浅层地下水补给资源计算方法.....	26
河南省商丘地区浅层地下水资源评价方法.....	40
甘肃省河西地区地下水资源.....	58
三江平原地下水资源计算方法与评价.....	84
成都平原地下水资源.....	98
湖南省洛塔岩溶盆地水资源评价方法	111
云南省地下水资源评价	127

我国区域地下水资源评价的若干问题 及有关意见

一、前 言

我国从五十年代开展水文地质普查工作以来，曾按国际图幅进行了地下水资源估算。五十年代后期，首次组织冀、鲁、豫三省开展华北平原地下水资源的计算工作。许多重要城市，如北京、包头、西安、石家庄等，结合城市供水也进行了大面积的地下水资源评价。六十年代，在华北、东北、西北以及南方部分地区，广泛结合农业或牧区供水，开展了按专区或县、社的地下水资源评价工作。同时，在黄淮海平原与松辽平原，通过编制水文地质图系，也组织进行了全区的地下水资源计算。西北的河西走廊、柴达木盆地、准噶尔盆地等，都先后在这一时期进行了全区地下水资源计算。

七十年代以来，遵照周总理指示，在全国范围进一步加强了水文地质普查工作。我国领域内三分之二以上的面积，已基本上完成了普查工作。特别是在西北、西南等广大边远地区，填补了大片空白，为全国地下水资源评价提供了大量宝贵资料。近年来，在黄淮海平原，再度组织有关省、市，对全区地下水资源进行了全面评价。在河北黑龙港地区、河南省商丘地区及河西走廊石羊河流域，根据大量地下水动态资料，结合农田供水对各地区的地下水资源进行了比较深入的专题研究。甘肃、青海、辽宁、吉林、山东、江苏、浙江等省，近年来都先后分别计算了全省的地下水资源。北京、西安、沈阳等许多重要城市，根据大量资料进一步对全区地下水开采资源进行了详细评价。

通过以上大量工作，已初步掌握了我国地下水资源概况。对于区域地下水资源评价，不论在理论研究或评价方法等方面，都取得了不少经验，而且累积了大量资料，为进一步系统地评价我国地下水资源奠定了良好基础。

二、关于地下水资源的基本概念问题

我国地域辽阔，各地区自然条件互不相同，区域水文地质条件比较复杂。在这种情况下，如何根据各地区特点开展区域地下水资源评价，是长期以来经常探讨的一个重要问题。

近年来，曾先后召开了水文地质普查经验交流会、全国地下水资源评价学术会议及西北干旱地区地下水资源学术讨论会议等，专门讨论了有关区域地下水资源评价问题。通过这些会议反映出，各地区不仅在评价原则与技术要求上存在差异，而且对地下水资源的基本概念也缺乏统一认识。这对今后进一步对全国地下水资源进行全面的定量评价，将会造成不利的影响，需要今后不断通过广泛讨论逐步求得统一。

地下水资源是指赋存和运移于岩层中的，其质与量具有一定利用价值的地下水。它服从于大陆水的总循环，并有自己的运动规律，是大陆总水资源的重要组成部分。目前我们开展的区域地下水资源评价工作，是以供水目的为主的、大面积分布的地下淡水资源（北方地区可包括一部分微咸水）作为主要评价对象。广义的地下水资源，还包括卤水、矿水、热水等。

地下水与一般矿产资源的主要区别，是具有流动性和可恢复性等特点。它通过补给、径流、排泄的运动形式，循环交替，显示出有规律的周期性变化。在一般情况下，地下水主要接受降水或地表水直接或间接补给，通过潜水蒸发、泉水溢出或地下径流等形式排出区外。在正常的自然条件下，补给量与消耗量每年基本上能达到天然的平衡。但有时在气候条件的影响下，当年会出现不平衡现象，次年得到补偿而达到平衡；有时还可出现多年性

的周期变化。在人为开采条件下，虽然改变了原来的补、排关系，但只要开采量与补给量保持平衡，就能维持地下水正常循环的进行，而不出现异常状况；否则，就会由于过量开采而破坏平衡关系，造成水位持续下降、水量逐渐衰竭的现象。

地下水在开采条件下，除得到天然补给外，还会由于水动力条件的变化而得到额外的补充资源。如外围地区的周边补给、河流岸边的渗透补给、相邻含水层的越流补给、承压水的弹性释放补给，以及由于开采使水位降低而扩大的人渗补给等；此外，还有各种形式的人工补给。因此，在开采条件下的均衡关系，就必须考虑以上这些新因素。

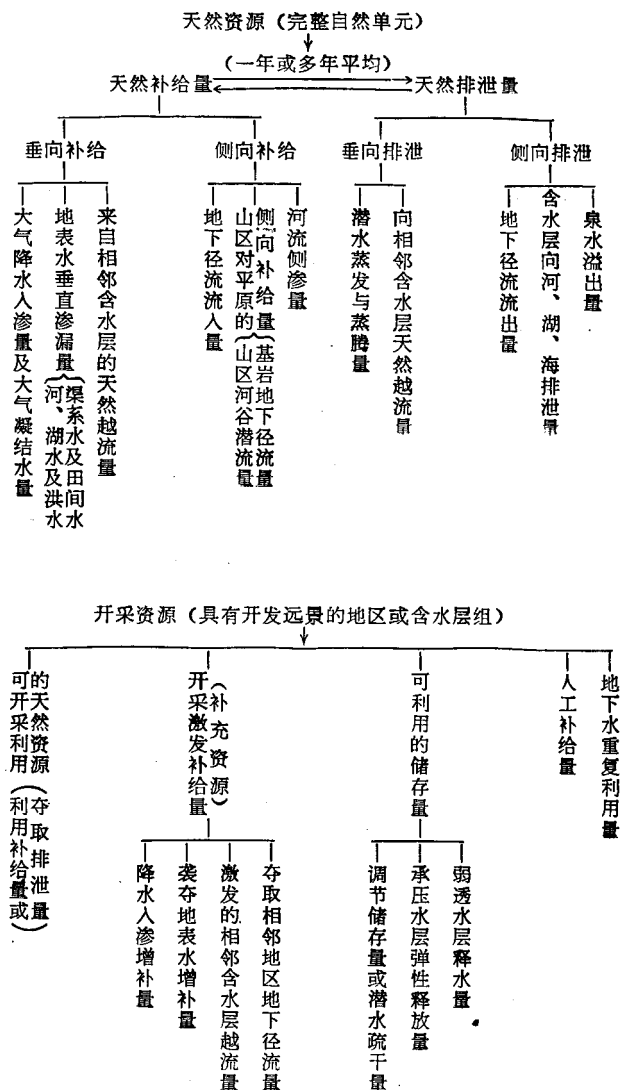
由此可见，从供水意义来说，最具有实际价值的是地下水在循环交替过程中的可恢复资源部分。在天然条件下，上述可供利用的可恢复资源，称为天然资源；而实际能开采利用的地下水资源，称为开采资源。天然资源的丰富程度，主要决定于补给条件或天然补给量；而开采资源的水量大小，除决定于天然情况与开采情况下的补给条件外，还决定于开采条件与经济技术条件。因此，天然资源是评价开采资源的基础。两者是地下水资源在不同条件下（即天然条件与人工开采条件）两种不同的表现形式（见附表）。

具体来说，地下水天然资源的涵义，是指在一个完整的水文地质单元内（区域的总体或整个含水层组），地下水在天然条件下通过各种途径，直接或间接地接受大气降水或地表水的人渗补给而形成的具有一定水化学特征，可资利用并按水文周期呈现规律变化的多年平均补给量。一般可用区域内各项补给量的总和或各项排泄量的总和来表征。因此，对天然资源的计算，必须首先搞清地下水的补给、径流、排泄条件。地下水开采资源的具体涵义，是指在经济合理的开采条件下，和在开采过程中不发生水质恶化或其他不良地质现象（如地面沉降、地面塌陷等），并对生态平衡不致造成不利影响的情况下，有保证的可供开采的地下水资源。故地下水开采资源是与一定的开采方案相联系的。

附表

区域地下水资源的组成系列表

(淡水、微咸水、半咸水)



如上所述,天然资源是开采资源的主要保证条件,但不能把天然资源与开采资源等同起来。因为在有利的开采条件下,特别是能获得大量新的补给的情况下,开采资源可以大于天然资源;相反,在开采条件不利的情况下,例如地下水埋藏较深,或相邻区分布咸水含水层,使开采条件受到一定限制时,那么开采资源就会远远小于天然资源。当然,有时两者也可接近平衡。此外,还要严格区别开采资源与开采量之间的差别。开采量一般是指现有生产井的开采量,故不宜把开采资源称为开采量。因为开采资源是根据一定的开采方案确定的,而实际的开采量经常由于不同的供水需要而随时发生变化。因此,“开采量”与“开采资源”是两个完全不同的概念。

在地下水资源中还存在一部分不直接参与大陆水总循环的所谓“储存资源”或称“储存量”,即相当于传统的“静储量”的概念。但也有把含水层水位变动带内的容积储存量(即相当传统的“调节储量”)纳入“储存资源”的。后者实际上代表含水层的垂向入渗补给量,是属于天然资源中的一个主要组成部分。而前者因不具有可恢复性,从供水目的来说,对一般地区实际意义不大;但在开采条件下,一部分“储存量”可以在枯、丰期之间起到调节作用。这部分“储存量”可称为“调节储存量”,是属于开采资源中的一个组成部分。承压水中的弹性贮存量,只有在开采情况下,特别是开采初期才能发挥一定作用,故也是从属于开采资源的。因此,在区域地下水资源评价中,一般不要求计算“储存资源”。

美国地质调查所从七十年代以来,在全国按二十个水资源区分别进行了资源评价。其中对地下水资源的评价方法,主要是采用水均衡法等,立足于估算地下水的年补给量;对水资源区地下水供水量的估算,是以稳定开采量(相当开采资源)为依据,一般不超过年平均的天然补给量;对含水层中储存的水量,则不列入总供水量中,只是利用其调蓄作用,以提高地下水供水的可靠程度和均匀性。

区域性地下水资源评价，一般是结合区域水文地质普查工作进行。因此，主要是提供规划阶段所需的地下水资源资料。目前，我国除华北平原及其它少数地区地下水开发程度较高外，绝大部分地区的开发程度都较低，或根本尚未开发。这类地区，一般以评价天然资源为主；只有在部分具有开发前景的地区，可进行概略的、带有预测性的开采资源的评价。我国丘陵山区分布很广。这类地区，大面积开发利用地下水的可能性较小，也主要以评价天然资源为主。对于开采程度较高，并具有一定的动态观测资料、调查研究程度也较高的地区（一般都进行过农田供水详查），应在分析地下水开采量与地下水水位、各项补给量之间的关系的基础上，结合供水规划，提出一个经济合理的开采方案，并根据这一方案进行开采资源的评价。

七十年代中期，遵照周总理的指示进一步加强水文地质普查工作以后，对地下水资源评价，就开始根据上述新的认识，不再采用过去的四大储量的概念，而统一规定在普查报告中分别提交天然资源与开采资源，且其中大部分地区以提交天然资源为主。但在地质系统内，目前尚缺乏统一规定，有关的专用名词尤其十分混乱。例如，与天然资源涵义相同或接近的名词，就有补给资源、天然补给量、天然径流量、补给量……等等；与开采资源涵义相同或相接近的名词，有开采储量、可开采量、开采量、允许开采量，等等。其它不少专用名词或有关术语，也经常缺乏明确的涵义。这需要今后逐步统一认识，统一名词，并在这一基础上，明确有关地下水资源评价的基本原则与要求，使今后全国性的地下水资源评价，能够取得一个统一的成果。

三、关于平原地区地下水资源评价问题

平原地区第四系松散岩层中的地下水，无论在数量上和开发利用价值上都占有重要地位。特别是浅层地下水更为突出，其资源约占第四系孔隙水资源的80%以上。如华北平原，关中平原等

重要农业区，地下水资源比较丰富，井灌事业发达，开发利用地下水对农业的旱涝保收发挥了显著作用。第四系孔隙水在我国北方干旱、半干旱缺水地区已成为农牧业供水和城市供水的重要水源，并且也逐渐成为南方一些缺水地区（如滨海平原）或地表水严重污染地区的城市供水和农村居民饮用水的水源。因此，平原地区地下水资源评价成果对制定远景规划，特别是农业区划有着重要意义。

（一）平原地区主要水文地质类型

我国地域辽阔。根据地质、地貌、水文气象、地下水补给和排泄条件，以及地下水与地表水的转化关系，我国平原地区第四系孔隙水，大致可归纳为以下几种主要类型：

1. 半干旱、半湿润地区冲洪积、冲湖积平原地下水：如黄淮海平原及松辽平原大部分地区的地下水，除山前地带外，水循环主要以垂直交替为主，地下水水平径流缓慢。地下水的主要补给来源是大气降水入渗，可占地下水总补给量的60%—80%以上，其次为灌溉回渗、河流渗漏或侧渗补给。地下水的天然排泄，主要是潜水蒸发，可占排泄量的80%以上；在开采条件下，地下水的排泄方式则转化为以人工开采为主。地下水与地表水的转化关系呈交替补给型。这类地区的有些地段，由于含水层结构比较复杂，咸淡水交错分布，开采程度较高，造成了地下水资源评价的复杂性。因此，对开采资源的评价，应充分考虑综合治理旱、涝、盐、碱和有利于生态平衡等原则，确定最优水位埋深，增大降水入渗补给量和夺取无效的潜水蒸发量。

2. 干旱区山前冲洪积倾斜平原和大型盆地的地下水：如河西走廊、天山南北麓山前带、柴达木盆地、焉耆盆地等地区。该类型地下水以其与地表水强烈相互转化为主要特征。在山前地带，山区河流流出山口后，大量渗漏补给地下水（约占河流流量的60%以上）；并在细土平原顶部以泉水形式大量溢出，成为下游河水的主要组成部分。在下游地区，河水流入另一盆地后，又渗入补给地下水，再次重复上游地区的地表水与地下水的径流转化过程。

最终散流于沙漠带或盐土带，或排泄于内陆湖泊，消耗于蒸发。山区河流及渠道渗漏是这类地区地下水的主要补给来源，约占地下水总补给量的60%以上；其次为灌溉回渗的补给。在平原区或盆地内，当地降水入渗补给所占比重很小，一般在5%以下。基岩山区对平原或盆地的侧向补给量一般也不大。但山前带洪流的补给及沙漠带大气凝结水的补给具有一定意义。在山前带的天然排泄量中，泉水溢出量往往可达60—70%；在盐土带，地下水的天然排泄主要为潜水蒸发。一般在该类型地下水的天然资源评价中，着重计算河渠水的渗漏补给量、泉水溢出量和潜水蒸发量等；同时还应注意进行全区水均衡和湖水水均衡的分析。特别是因该类型地区突出的特点是地下水与地表水都主要来源于外围山区的雨雪水，在整个流域内构成一个不可分割的统一的水资源系统，因而在天然资源评价中，应注意确定不同地段地下水与地表水的定量转化关系。有些地区修建水利工程及在山前带提高渠系防渗能力，减少了河渠水对地下水的补给，导致溢出带泉水流量明显衰减。因此，对于地下水开采资源的评价，主要应分析开采条件下区域水位下降和泉水流量削减趋势，并结合各地农牧业经济发展方针，在地下水与地表水联合开发的基础上，选择经济合理的地下水（井水）—泉水—地表水统一的联合开发方案。

3. 大型河谷平原和山间盆地地下水：如关中平原、太原盆地等。这类地区地下水具有垂直交替和水平径流转化两个特点。地下水主要补给来源为大气降水、河水、渠系灌溉水的补给和基岩侧向补给。排泄方式主要为垂直蒸发排泄、向河流水水平排泄和以泉水形式排泄。天然资源的评价重点是计算垂直入渗补给量和侧向补给量。开采资源主要是截取侧向流出量和潜水无效蒸发量。

4. 黄土塬区黄土层中地下水：陕西渭北与甘肃陇东地区黄土塬，一般可分为两种形式。一种是高原塬区，如洛川塬、董志塬等；一种是阶状黄土台塬。前者地下水以垂直降水入渗补给和水平径流排泄及以泉的形式沿塬边沟谷流出为其主要特征；后者

除大气降水补给外，还有河流侧渗和山前洪积扇地下径流等侧向补给。评价地下水资源着重确定降水入渗补给、侧向补给和堰边潜水排泄量等。

5. 湿润地区冲湖积平原地下水：如江汉平原、成都平原等地区，降水充沛，河网和湖泊极为发育。地下水除垂直渗入补给外，主要接受河流、湖泊的补给。一些大型河流或湖泊，局部切割了承压含水层，对承压水天然资源的形成具有重要作用。

6. 滨海平原地下水：如江苏、浙江、福建、广东等沿海地区，潜水以咸水为主，浅层淡承压水则成为主要含水层。因此，淡承压水及局部分布的淡水透镜体为本区地下水资源评价的主要对象。

（二）天然资源评价

区域地下水天然资源，一方面是水资源综合利用和统一规划的依据；另一方面，又是开采动态下地下水资源的“背景值”或“本底值”，是研究地下水资源及总水资源在人为活动影响下的演变规律及研究水土资源平衡和生态平衡等问题的基础资料。甘肃石羊河流域，研究了地下水天然资源的演变规律，以大量的实际资料进一步论证了地下水与地表水资源统一规划的重要意义。

我国平原地区地下水的开发程度不太平衡。除华北平原开采程度较高外，很多地区目前尚处于未开发或开发程度较低的阶段。平原地区天然资源的评价，主要是按水文地质单元进行，以评价淡水为主，其次为微咸水。在进行区域总体评价时，多以水文地质单元内所获得的总补给量表征地下水天然资源。第四系含水层多属于双层或多层越流含水系统。一般浅层水（指深度为50—60米以内者）和深层水（主要是指深度为200米以内者）具有同一补给来源，因而浅层水与深层水资源应统一评价。很多地区由于浅层水补给条件好，且易于开采，应重点评价浅层水资源。

各地经验表明，水均衡法可广泛用于平原地区地下水天然资源的评价。它主要包括地下水水均衡法和总水均衡法。针对各类地区的主要补给项和排泄项，列出本区的水均衡方程，利用不同

方法分别计算各项均衡要素的多年平均值；然后分别计算补给总量与排泄总量，并互相校核。

以地下水均衡法为基础进行天然资源的评价，一般采取地下水均衡方程中的各项天然补给量的总和表征天然资源。相反，在有些地区也可采用各项排泄量的总和来表征天然资源。

I. 用天然补给量的总和计算天然资源

平原地区地下水的主要补给要素及其计算方法，分述如下：

(1) 降水入渗补给量：一般地区，常用的计算方法为降水入渗系数法。本法的关键是如何确定降水入渗系数。在具有动态观测资料的地区，常采用水位升幅法（即计算调节补给量）。此外，还常采用数理统计法，即根据地下水补给量（或地下水水位升幅）与降水量的观测资料，建立相关公式。当水位升幅受两种主导因素影响时，采用多元回归分析方法求降水入渗量。如果利用一个水文周期的降水量与地下水位年变幅的相关曲线，可以推求不同保证率条件下，丰、平、枯水年份的地下水补给量和多年平均地下水补给量。

(2) 河流渗漏量和侧渗量：最常用的方法为水文分析法或测流法，即根据水文站资料或测流资料计算上、下游河段流量之差，以求河流渗漏量。确定河流侧渗补给量，一般采用达尔西断面流量法较多；此外，还可采用非稳定流解析法、有限差分法、电模拟法等计算河流侧渗量。诸如淮北平原等地区。

(3) 渠系渗漏量：主要引用水利部门对各类渠道实测资料得出的经验公式，或根据渠系有效利用系数或单位长度渗漏量，计算区内渠系对地下水的补给量，如甘肃、河套等河水灌区。

(4) 灌溉回渗量的计算：一般是根据典型地段灌溉水回渗试验，求出灌溉水回渗系数，然后乘以灌水定额（如山东桓台等），或利用田间引水量的有效利用系数推算。

(5) 山区基岩侧向补给量和河谷潜流补给量：主要按断面流量法采用达尔西公式进行计算；基岩山区的侧向补给，也可采用水均衡法进行计算。

(6) 凝结水补给量: 根据均衡试验场地中渗透仪的观测资料求得。据河套地区的经验, 应注意将均衡观测中冬季潜水冻结层融化的水量扣除。

II. 用排泄量的总和计算天然资源

主要适用于排泄量较为容易确定的地区, 诸如: (1) 黄土塬区可利用径流模数法、河流水文图分割法及泉流量统计法评价地下水天然资源, 如甘肃董志塬区; 陕西渭北黄土塬, 还用水位升幅法计算的调节补给量与补给期潜水排泄量之和, 近似表示塬区的地下水天然资源; (2) 气候较为湿润、水系较发育的中小型平原, 地下水主要向河流排泄。当地下水动态资料缺乏时, 可采用河流水文图分割法求出区内地下水排泄量, 并估算潜水蒸发量。以两者之和近似表示积极交替带的地下水天然资源; (3) 山前戈壁带, 地下水排泄量主要为泉水溢出量, 其次为潜水蒸发量和侧向流出量; 可以其总和代表该区地下水天然资源; (4) 内陆封闭湖盆, 地表水及地下径流最终均排入湖泊。因此, 分析湖泊的水文资料, 计算湖面蒸发与潜水蒸发以及研究湖水均衡, 成为这类地区评价地下水天然资源的重要手段。

总水均衡法: 在完整的水文地质单元内, 如焉耆、小柴旦等内陆山间盆地, 具备一些河流、湖泊等水文资料, 根据河水、地下水、湖水和大气降水的转化关系, 建立盆地总水均衡、湖水水均衡及地下水水均衡方程, 联立求解三个方程中不易确定的均衡要素, 从而确定地下水补给量; 并可利用地下水水均衡法, 对已求得的均衡要素或地下水总补给量, 进行校核对比。

水均衡法是属于集中参数系统的方法。另外, 还有分布参数系统的方法 (指解析法、数值法和电模拟法)。水均衡法与电模拟法的联合使用, 在一些研究程度较高的地区, 已取得了初步经验。如河北平原中部肃宁地区, 利用电模拟法; 内蒙熔岩台地深埋藏第四系含水层, 利用数值法和包气带水分运移理论, 进行了降水入渗补给量的计算。上述成果表明, 分布参数系统的方法, 可以在区域地下水天然资源的评价中发挥其作用。