

文章编号: 1007-6301 (2002) 06-0527-11

应用环境同位素技术研究华北 典型流域水循环机理的展望

宋献方, 夏 军, 于静洁, 刘昌明

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 1000101)

摘要: 华北水问题日益严重, 而水循环机理研究尚显得薄弱。环境同位素水文学是研究流域水循环过程变化的新的技术途径。它利用水中水分子所含的同位素含量的变化, 可以判断大气降水的水蒸气的来源; 定量分析坡地的产汇流产生机制, 进而研究“大气降水—地表水—土壤水—地下水”的相互作用关系; 彻底查明流域“四水”转化关系, 创新和发展水循环模式。本文主要介绍同位素技术的原理及其在日本、斯里兰卡、河北平原等地应用实例, 最后, 对应用此技术研究华北典型流域水循环, 从“大气—土壤—植被”界面水循环机理、坡地径流的产汇流机制、流域水循环机理等方面进行了展望。

关键词: 华北; 流域; 水循环; 环境同位素

中图分类号: TV 212.4 **文献标识码:** A

华北地区是我国社会经济发达的地区, 同时又是水资源供需矛盾十分突出的地区。近 30 年来, 华北地区一直处在气候干旱的状态。华北缺水不仅影响国民经济发展, 而且导致华北地区尤其是海河流域产生河道断流, 水体污染, 湿地消失, 地下水枯竭等严重的水环境问题。例如, 华北地区持续干旱引起降水(广义水资源量)的减少; 土地利用/覆被变化正在改变“陆-气水循环”的响应关系; 城市化过程加速了深层地下水的消耗和水污染问题; 流域中众多的水库、排洪工程建设改变了河流自然系统水循环的流路, 减少了中下游地下水的补水与蓄水功能; 社会经济活动的各种用水行为加剧了人工侧支水循环中的“耗水”强度, 人类活动大量超采地下水大大减低了区域水资源的可再生性^[1-9]。目前, 国际上十分重视陆地水循环及其相关的地表过程变化。联合国教科文组织(UNESCO)、国际科学联盟理事会(ICSU)等实施了一系列国际水科学计划, 如国际地圈生物圈计划(IGBP)等。水文水资源研究热点问题有: 气候变化对水资源的影响, 人类活动对水资源演变的影响。流域水循环过程是其中的重要基础^[10-14]。近年来, 随着环境同位素技术的应用, 使水文科学的研究发生了质的飞跃, 开拓了水文科学研究的视野, 能获取水循环内部过程的更多信息,

收稿日期: 2002-08; **修订日期:** 2002-10

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KXCX-SW-317-01), 中国科学院知识创新工程领域前沿项目(CX10G-E01-08-02), 中国科学院地理科学与资源研究所所长基金(DW 862)资助项目

作者简介: 宋献方(1965-), 男, 研究员。1996年3月获日本筑波大学理学博士学位。日本科技厅防灾科学技术研究所特别研究员, 日本农林水产省农业环境技术研究所计算技术研究员。主要从事水循环, 同位素水文, 遥感水文, 水文地质研究, 在国内外发表论文 30 余篇。

认识环境变化下的“大气降水—地表水—土壤水—地下水”之间相互作用关系。创新水循环模式研究。

1 水的环境同位素成分

自然界水中,天然存在 1 000 种类同位素,应用于水文学研究的同位素,可分为两大类:稳定同位素 (stable isotope) (表 1) 和非稳定同位素 (radio isotope) (表 2)。非稳定同位

表 1 稳定环境同位素

Tab. 1 The stable environmental isotopes

| 同位素 | 比 | 存在丰度 /% | 标准 (丰度比) | 常见存在形式 |
|------------------|---------------------------------|---|---|---|
| ^2H | $^2\text{H}/^1\text{H}$ | 0.015 | VSMOW (1.5575×10^{-4}) | H_2O , CH_2O , CH_4 , H_2 , OH^- minerals |
| ^3He | $^3\text{He}/^4\text{He}$ | 0.000138 | Atmospheric He (1.3×10^{-6}) | He in water or gas, crustal fluids basalt |
| ^6Li | $^6\text{Li}/^7\text{Li}$ | 7.5 | L-SVEC (8.32×10^{-2}) | Saline waters, rocks |
| ^{11}B | $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ | 80.1 | NBS951 (4.04362) | Saline waters, clays, borate, rocks |
| ^{13}C | $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ | 1.11 | VPDB (1.1237×10^{-2}) | CO_2 , carbonate, DIC, CH_4 , organics |
| ^{15}N | $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ | 0.366 | AIRN ₂ (3.677×10^{-3}) | N_2 , NH_4^+ , NO_3^- , N-organics |
| ^{18}O | $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ | 0.204 | VSMOW (2.0052×10^{-3}) VPDB (2.0672×10^{-3}) | H_2O , CH_2O , CO_2 , sulphates, NO_3^- , carbonates, silicates, OH^- minerals |
| ^{34}S | $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ | 4.21 | CDT (4.5005×10^{-2}) | Sulphates, sulphides, H_2S , S-organics |
| ^{37}Cl | $^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ | 24, 23 | SMOC (0.324) | Saline waters, rocks, evaporites, solvents |
| ^{81}Br | $^{81}\text{Br}/^{79}\text{Br}$ | 49.31 | SMOB | Developmental for saline waters |
| ^{87}Sr | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr} = 7.0$ Absolute ratio measured $^{86}\text{Sr} = 9.86$ | | Water, carbonates, sulphates, feldspar |

表 2 非稳定环境同位素

Tab. 2 The environmental radio isotopes

| 同位素 | 半衰期 /年 | 衰减 模式 | 基本来源 | 常见存在形式 |
|-------------------|----------------------|----------|--|---|
| ^3H | 12.43 | β | Cosmogenic, weapons testing | H_2O , CH_2O |
| ^{14}C | 5730 | β | Cosmogenic, weapons testing, nuclear reactors | DIC, DOC, CO_2 , CaCO_3 , CH_2O |
| ^{36}Cl | 301000 | β | Cosmogenic and subsurface | Cl^- , surface Cl^- salts |
| ^{39}Ar | 269 | β | Cosmogenic and subsurface | Ar |
| ^{85}Kr | 10.72 | β | Nuclear fuel processing | Kr |
| ^{81}Kr | 210000 | ec | Cosmogenic and subsurface | Kr |
| ^{129}I | 1.6×10^7 yr | β | Cosmogenic, subsurface, nuclear reactor | and I in organics |
| ^{222}Rn | 3.8days | α | Daughter of ^{226}Ra in ^{238}U decay series | Rn gas |
| ^{226}Ra | 1600 | α | Daughter of ^{230}Th in ^{238}U decay series | Ra^{2+} , carbonate, clays |
| ^{230}Th | 75400 | α | Daughter of ^{234}U in ^{238}U decay series | Carbonate, organics |
| ^{234}U | 246000 | α | Daughter of ^{234}Pa in ^{238}U decay series | UO_2^{2+} , carbonate, organics |
| ^{238}U | 4.47×10^9 | α | Primordial | UO_2^{2+} , carbonate, organics |

素是指能自发地放出粒子并衰变为另一种同位素; 而稳定同位素是指无可测放射性的同位素。环境同位素的定义 (IAEA, 1967): 是指天然存在, 或核爆炸实验生成的同位素, 以自然形成存在于环境中, 随着水循环运动而移动的同位素^[15, 16]。目前在以水循环研究中, 广泛利用是 D、T (³H)、¹⁸O、¹⁴C。D、¹⁸O 稳定同位素, T、¹⁴C 是放射性同位素。T、¹⁴C 的半衰减期分别是 12.43 年、5 730 年。

2 环境同位素技术原理

如图 1 所示, 水中的同位素成分伴随着水循环而变化。符号黑点表示同位素相对含量, 按位置的高低, 分为低、中、高三级。符号 { } 表示同位素含量随着当地自然条件的不同发生变化。水按箭头方向循环。同位素也按同样方向循环。T、¹⁴C 来源于大气层, 而 D、¹⁸O 源于海洋^[17]。

上述同位素 D、T、¹⁸O 分别以 HDO、HTO、H₂¹⁸O 等水分子的形式存在, 如图 1 所示和水一起在自然界中循环。上述同位素, 主要存在形式是 H₂¹⁶O (99.73%)、HD¹⁶O (0.032%)、H₂¹⁸O (0.20%), 其中 HD¹⁶O 和 H₂¹⁸O 的浓度比一般的水化学成分高。此外, 水的同位素分子既是水化学成分, 又和一般的化学成分不一样, 不和周围物质发生化学反应, 所以, D、T、¹⁸O 是研究水循环的理想示踪剂。

稳定同位素 D 和 ¹⁸O 是通过分析其同位素比值 $R = D/H$ 、 $^{18}O/^{16}O$ (同一元素的重同位素与轻同位素之比) 的变化来研究水循环。但是通常 R 值变化微小, 现有质谱仪 (mass spectrometer) 的测定能力极难测准。实际工作中, 采用相对测量法, 即待测样品的同位素比值 (R) 与一标准物质的同位素比值 (R) 作比较。比较结果称为样品的 δ 值, 其定义为:

$$\delta(\text{‰}) = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) \times 1000$$

通过分析 δ 值变化来解决实际问题。

而 T 是直接测定其绝对含量变化, 其单位为 TU: 1TU 是指每 10¹⁸ 氢原子中含有 1 个 T 原子。

¹⁴C 是通过测定碳的相对一标准的活动能力, 该标准为“Modern Carbon” (The activity

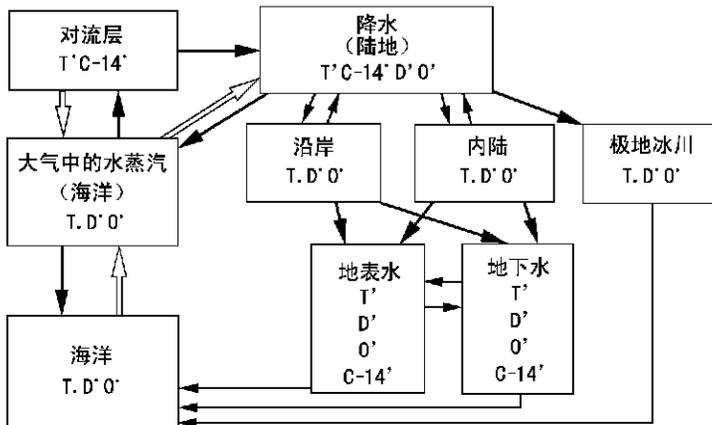


图 1 水循环中的同位素循环 (Thatcher)

Fig. 1 The isotopic cycle with water cycle (Thatcher)

of "modern carbon" is defined as 95% of the ^{14}C activity in 1950 of the NBS oxalic acid standard).

2.1 应用氚 (T) 同位素研究水循环的原理

在环境同位素中, 氚同位素的利用最早、最广泛。天然的氚同位素是宇宙线的中子和大气中的氮原子发生核反应, 在大气层的上部形成, 主要以HTO形式在自然界循环。天然水的氚浓度通常大约为10TU。但是, 由于1952年开始的世界各地核试验的影响, 1953年起降水中的氚的浓度急剧增长, 如图2所示, 在1963年达到最高值, 降水的氚浓度高达天然浓度的100~1000倍。随后, 由于国际公约核实验的禁止, 降水的氚浓度逐渐以指数形式递减, 到1990年代基本恢复到了天然水的浓度。如上特征, 氚同位素含量变化的大气降水, 补给陆地表层系统中的土壤水、地表水和地下水后, 这些水的氚同位素浓度必将发生大的变化。利用这些特点可以追踪水循环机理。另外, 由于氚是放射性同位素, 利用其衰减周期可以推算50年内(滞留时间)的水的年龄。滞留时间是研究水循环的基本概念, 一旦算出滞留时间, 就可以推算流域水资源的储存量、补给量及流出量。鉴于上述特征, 氚同位素被认为是具有“时间情报”的示踪剂。

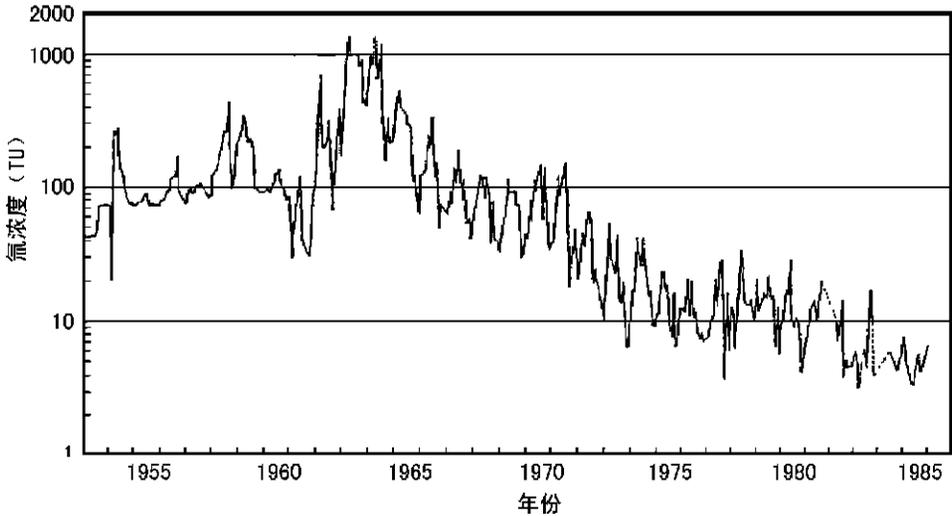


图2 东京和筑波的大气降水的氚同位素变化

Fig.2 The change of tritium concentration at Tokyo and Tsukuba

2.2 应用稳定同位素D和 ^{18}O 研究水循环的原理

稳定同位素D和 ^{18}O 具有以下特征: 大气降水中的氘、氧-18的同位素含量由于同位素分馏的影响, 主要受降水形成时的温度控制, 由此产生同位素含量变化系列效应。

- (1) 纬度效应: 即随着纬度的升高(温度降低), 氘、氧-18的同位素含量变低(轻)。
- (2) 高度效应: 即随着高度的升高, 氘、氧-18的同位素含量变低(轻)。
- (3) 大陆效应: 即从海岸向内陆方向, 氘、氧-18的同位素含量变低(轻)。
- (4) 季节效应: 即在夏季, 氘、氧-18的同位素含量高(重); 而在冬季, 氘、氧-18的同位素含量低(轻)。

(5) 量效应: 即降水量变大时, 氘、氧-18 的同位素含量变低(轻)。

(6) 大气降水线: 即氘与氧-18 的关系曲线—大气降水线, Craig (1961)^[18], 经过测定, 发现全球规模的大气降水中的 δD 与 $\delta^{18}O$ 关系为:

$$\delta D = 8\delta^{18}O + 10$$

它是一条直线关系, 因此被称为大气降水线 (Meteoric Water Line, 简称为MWL)。

但是, 由于自然界的蒸发过程常伴有动力学效应, 及各地蒸发过程的差异, 世界各地的大气降水线的斜率及常数项将偏离 8 和 10。常数项被称为 d-parameter, 它主要受形成降水的水蒸气生成时的蒸发速度(动力学的同位素效应)控制。如果氘与氧-18 的关系曲线的斜率为 8 时, 说明降水形成于 Rayleigh 凝结过程(同位素平衡分馏)。其他情况降水产生于同位素非平衡过程。降水中的氘、氧-18 同位素的差异, 必然导致土壤水, 地表水及地下水的空间差异。同样, 鉴于上述特征, 氘、氧-18 的同位素被认为是具有“空间情报”的示踪剂。通过这些差异, 可以判断地下补给来源, 分析形成大气降水的水蒸气的来源。还利用该技术可以分割河流流量变化曲线, 区分基流和洪峰, 及它们的比例, 这是用传统的研究方法很难解决的问题。

2.3 应用同位素技术测定地下水年龄的原理

2.3.1 用稳定同位素研究古水文, 古气候, 古地理

由于地下水接受大气降水补给, 因此地下水的同位素组成与大气降水有良好的关系。随着温度的变化(古气候效应), 降水同位素含量的变化必然反映在地下水的同位素变化。通过研究地下水的这些变化, 可以了解古水文、古气候及古地理特征。

2.3.2 用碳-14 测定地下水年龄

碳-14 半衰减周期为 5730 年, 利用衰减方程, 地下水测定年龄公式为:

$$t = 8267 * \ln(a_t / a_0 / {}^{14}C)$$

通过地下水年龄的测定, 可研究地下水循环系统及探讨地下水资源的可再生性。

3 应用事例

3.1 应用氘同位素研究水循环事例

利用氘同位素作为示踪剂, 在世界各地开展了研究土壤水的运动机制、地下水流动系统及推算地下水补给量的研究。最近, 笔者与日本千叶大学等合作, 利用氘同位素技术, 研究了河北石家庄市西部北沙河流域及滹沱河流域的水循环(图 3 和图 4)。从图中可以发现氘同位素浓度变化有以下特征:

(1) 北沙河流域的地下水, 从上游往下, 氘同位素浓度逐渐增加, 但到下游部迅速下降。

(2) 滹沱河中游的地下水, 氘同位素没有明显变化。

由此可以推测, 北沙河流域的地下水接受垂向补给较少, 而滹沱河流域的地下水接受了垂向补给。野外调查也证实了这一点。北沙河流域地表水基本断流, 而滹沱河有水流动。这也说明了平原地区地表水对地下水补给的重要性。目前华北河流断流, 产生一系列生态环境问题, 利用这些数据分析可以阐明其原因。

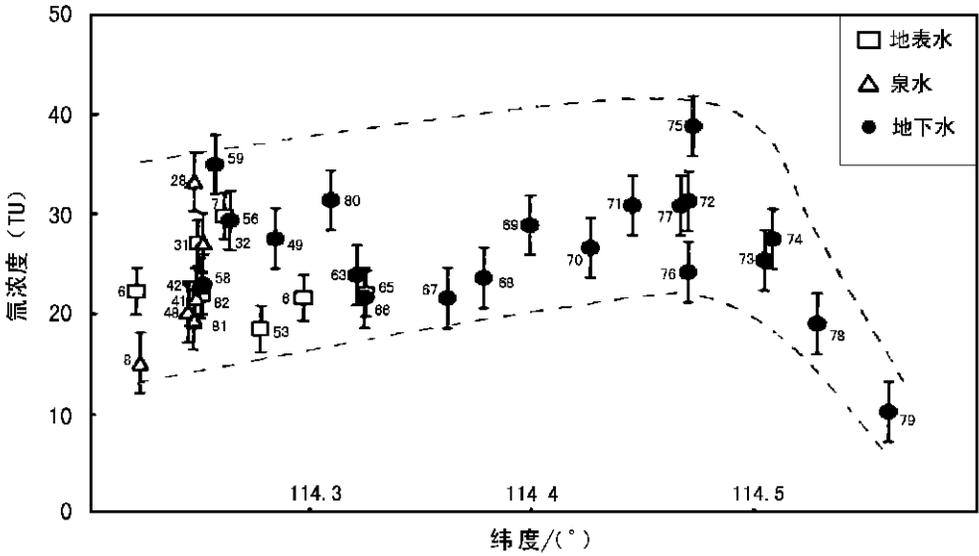


图 3 河北石家庄附近北沙河流域氚同位素浓度变化

Fig. 3 The change of tritium concentration at north Shahe catchment, Shijiazhuang, Hebei

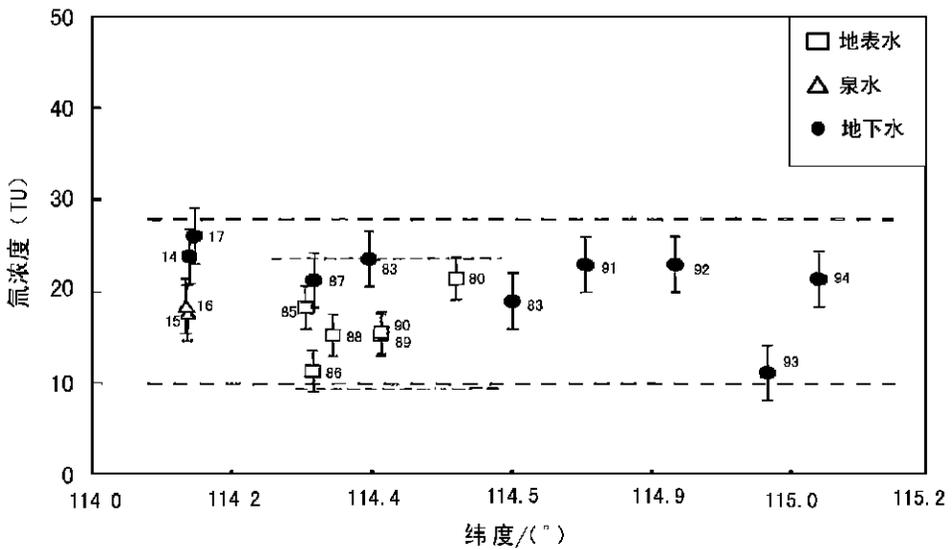


图 4 河北石家庄附近滹沱河氚同位素浓度变化图

Fig. 4 The change of tritium concentration at Hutuohe catchment, Shijiazhuang, Hebei

最后，依据东京氚降水指数函数模型，推算了北沙河流域上游地区地下水的平均滞留时间大约 50 年左右；滹沱河流域地下水的直流时间大约 60 年左右。利用这个数据可以回答地下水的可再生性问题。

3.2 应用稳定同位素研究水循环

日本的水谷、小田 (1983)^[19], 利用高度效应, 判明了补给庄川洪积扇地区地下水的各地表水体来源。庄川的汇流域为平均高程 1020 米高山区, 而小矢部川汇流域为平均高程仅是 260 m 的低山区和丘陵地带。各河流的同位素存在较大差异。利用这些差异, 可以推断各河流对地下水的补给范围。由此, 该区地下水主要由小矢部川补给形成。

笔者 (1996)^[20-22], 应用该技术, 研究斯里兰卡的地下水水质与水循环关系, 通过分析大气降水, 地表水, 地下水同位素分析, 国际上首次阐明了该区的大气降水—地表水—地下水的相互作用关系, 建立了地下水水质演化模型 (如图 5 所示)。

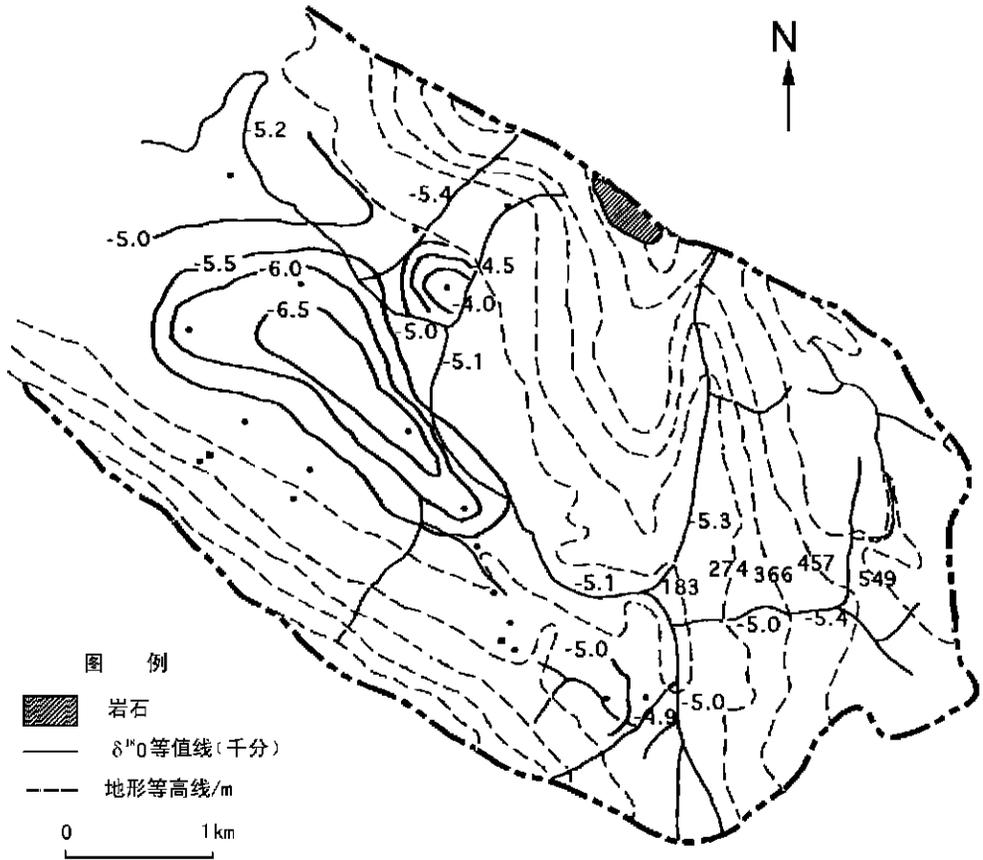


图 5 斯里兰卡的小流域 $\delta^{18}\text{O}$ 分布图 (1994 年 2 月)

Fig. 5 The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ at one of small catchment, Srilanka (Feb. 1994)

最近, 笔者与日本筑波大学、千叶大学等合作在河北平原纬度 38 度为中心, 利用同位素技术, 测定了地下水年龄, 创新了地下水循环模式 (如图 6 所示)。为国家合理开采地下水资源, 提供了可靠的依据。

4 在华北典型流域应用的展望

目前中国科学院正在开展“华北地区水循环与水资源安全”项目的有关研究, 其中一个重要方面是通过同位素水文学方法, 认识山区径流衰减的成因机理。笔者们认为, 重点应该侧重下列若干方面:

4.1 小尺度的“大气—土壤—植被”界面水循环机理

针对城市供水水源地和华北平原地区的不同类型, 开展实验流域的水、热通量观测, 研究“大气—土壤—植被”系统中水、热、碳交换、植物水分利用效率的基础问题, 测定大气降水的同位素成分研究大气降水变化规律; 测定土壤水分建立土壤水运动模型; 研究地面蒸发植物蒸腾过程; 创新“大气—土壤—植被”界面水分转换关系。

4.2 坡地径流的产汇流机制研究

在实验流域, 通过自然及人工降雨观测降水过程, 出流过程(包括表面流、壤中流和底层出流), 土壤水分动态变化。结合同位素水样分析, 土壤水分空间变异分析, 坡地蒸散

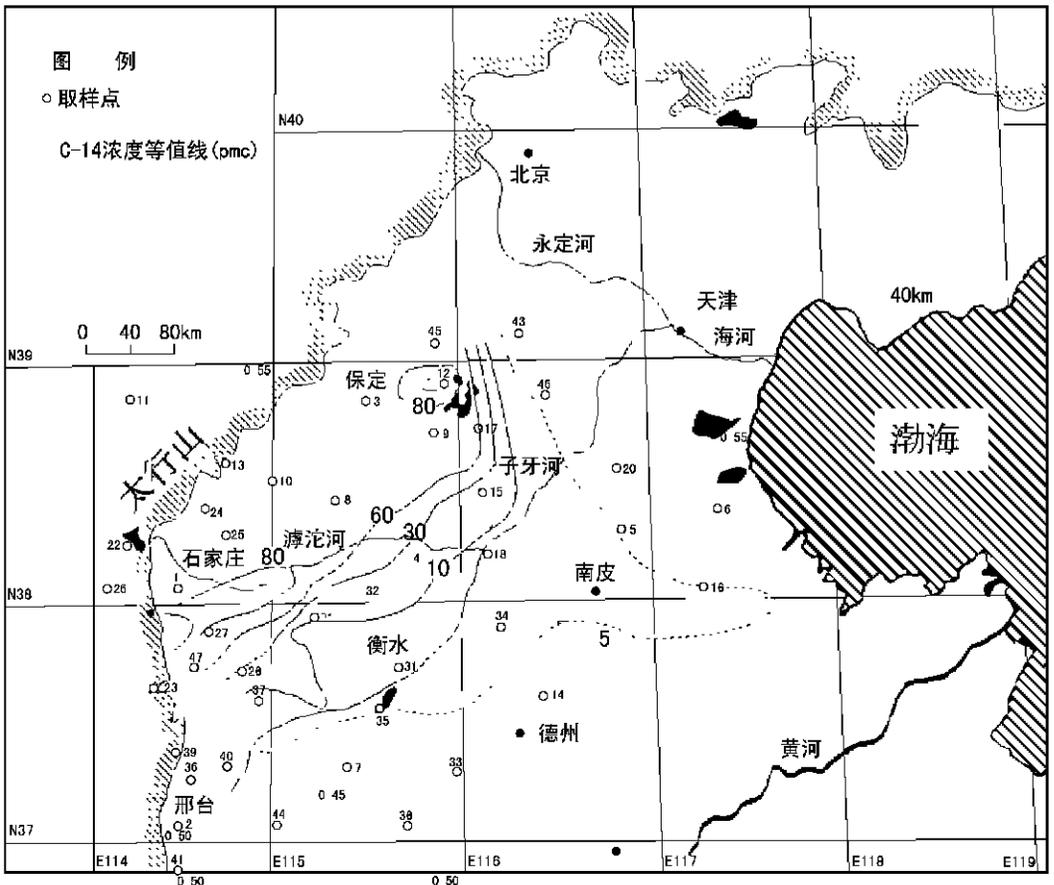


图 6 北纬度 38 为河北平原 C-14 分布图

Fig. 6 The distribution of ¹⁴C of groundwater along N38° of Hebei plain

发计算分析, 坡面产流模型分析等。研究植被变化对降水再分配、入渗特性及坡面产流特征(不同层次径流), 探讨坡地植被对产流的影响机制和相互作用关系。创新坡地水文过程, 建立坡地水循环模式。

4.3 流域水循环机理研究

主要通过野外调查, 结合同位素及水化学分析, 研究流域大气降水—地表水—土壤水—地下水之间、浅层地下水与深层地下水之间的相互转换关系。同位素水文学应用的方面有:

(1) 流域中大气降水的水质及同位素含量变化的研究, 即采取流域不同部位的大气降水水样, 通过水样的水化学(主要阴阳离子)及同位素(D, ^{18}O)测定, 分析其含量变化, 研究大气降水的形成环境。探讨大气降水入渗机制;

(2) 流域中土壤水的水质及同位素含量变化的研究, 即采取流域不同部位及深度(10、20、30 cm……)土样样品, 而后在实验室提取水样, 通过水样的水化学(主要阴阳离子)及同位素(D, ^{18}O)测定, 分析其含量变化, 研究土壤水运动规律, 推算地面蒸发;

(3) 流域中地表水的水质及同位素含量变化的研究, 采取流域不同部位地表水水样, 通过水样的水化学(主要阴阳离子)及同位素(D, ^{18}O)测定, 分析其含量变化及径流变化规律;

(4) 流域中地下水的水质及同位素含量变化的研究, 采取流域不同部位, 不同深度地下水水样, 通过水样的水化学(主要阴阳离子)及同位素(D, ^{18}O)测定, 分析其含量变化, 查明地下水补给机制, 浅层地下水和深部地下水之间关系, 地下水-地表水之间关系。通过同位素水文学在流域尺度“大气降水-地表水-土壤水-地下水”转化的水循环机理的认识, 可望创新有华北地区特色的流域水文循环模型。

参考文献:

- [1] 陈志恺 持续干旱缺水对华北平原生态环境的严重影响[A]. 中国工程院第六次院士大会学术报告文集[C], 2002 90-97.
- [2] 施雅风 华北地区水资源合理开发利用[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990
- [3] 王志民, 任宪韶, 郭宏宇 面向 21 世纪的海河水利[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2000
- [4] 沈振荣等 水资源科学试验与研究——大气水、地表水、土壤水、地下水相互转化关系[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992
- [5] 刘昌明, 何希吾等 中国 21 世纪水问题方略[M]. 北京: 科学出版社, 1996
- [6] Chen J Q, Xia J. Facing the challenge: barriers to sustainable water resources development in China[J]. *Hydrological Science Journal*, 1999, 44(4): 507-516
- [7] Crook F, X Diao. Water Pressure in China: Growth Strains Resources[M]. Agricultural Outlook, Economic Research Service, USDA., 2000 25-29
- [8] Seckler D, Amarasinghe U, Molden D et al World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues [M]. Research Report 19. International Water Management Institute, 1998, Colombo, Sri Lanka
- [9] Xia Jun, K. Tackeuchi (). Barriers to sustainable management of water quantity and quality, Guest editors for Special Issue[J]. *Hydrological Science Journal*, 1999, 44(4): 503-505
- [10] IUGG Volume A and B, XXII General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics, July 18-30, Birmingham, U. K., 1999
- [11] Schultz G A. A Change of Paradigm in Environmental and Water Sciences at the Turn of the Century? [J] Proceedings of International Conference on Water Resources & Environment Research: Towards the 21st Century,

Vol I, Kyoto, Japan, Oct 29-31, 1996, 1-20

- [12] 李秀彬 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/覆被变化的国际研究动向[M]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-557.
- [13] 高彦春, 王长耀 水文循环的生物圈方面(BAHC 计划)研究进展[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2).
- [14] 吴险峰, 刘昌明 流域水文模型研究的若干进展[J]. 地理科学进展, 2002, 19(4).
- [15] International Atomic Energy Agency. Tritium and Other Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle[M]. Technical Reports Series No. 73, IAEA, Vienna, 1967. 83
- [16] International Atomic Energy Agency. Stable isotope hydrology. Deuterium and oxygen-18 in the water cycle[M]. Technical Reports Series No. 210, IAEA, Vienna, 1981. 273
- [17] Thatcher L L. Water tracing in the hydrological cycle[J]. *Isotope Techniques in Hydrologic Cycle*, Geophysical Monograph Series, 1967, 11: 97-108
- [18] Craig H. Standard for Reporting Concentrations of Deuterium and Oxygen—18 in Natural Waters[J]. *Science*, 1961, 133: 1833-1834
- [19] 水田义彦, 小田松尚 利用稳定同位素研究富山县洪积扇地下水系统 地球科学, 17: 1-9
- [20] Kayane S X, I Tanaka T, Shimada J. A study of groundwater cycle using stable isotope in Sri Lanka[J]. *Hydrological Processes*, 1999, 13(10): 1479-1496
- [21] Kayane S X, I Tanaka T, Shimada J. Conceptual model of evolution of groundwater quality at the wet zone in Sri Lanka[J]. *Environmental Geology*, 1999, 39(2): 149-164
- [22] Kayane S X, I Tanaka T, Shimada J. Conceptual model of evolution of groundwater quality at the dry zone in Sri Lanka[J]. *Journal of Japan Society of Hydrology & Water Resources*, 1999, 12(5): 408-428

The Prospect in the Research of Water Cycle at the Typical Catchments of North China Plain Using Environmental Isotopes

SONG Xian-fang, XIA Jun, YU Jing-jie, LIU Chang-ming

(Institute of Geographical Sciences & Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101 China)

Abstract: The water problems in North China plain are very serious, and they hinder the economic development. The reason is that the research of water cycle is not enough. Environmental isotopes have become integral components of hydrological research and applications. They routinely contribute to such investigations, complementing geochemistry and physical hydrology. The environmental isotopic technology is the most powerful tool for hydrological research. For instance, the stable isotopic composition of water is modified by meteoric processes and so the recharge waters in particular environment will have a characteristic isotopic signature. This signature then serves as a nature tracer for the provenance of waters; on other hand, radioisotopes decay provides us with a measure of circulation time, thus groundwater renewability. The source of vapor, which forms precipitation, the mechanism of rainfall and runoff at the slope, the relation among precipitation-surface water-soil water-groundwater, groundwater quality evolution and recharge processes can be understood. In this paper, the stable isotopes (D and O-18) and the radioisotopes (T and C-14) are explained, and their basics, usages and some examples in

Japan and China are also introduced

Lastly, the prospect in the research of water cycle at the typical catchments of North China Plain using environmental isotopes is described, including three parts: the system of "atmosphere-soil-vegetation" at small scale; rainfall and runoff at the slope; water cycle at catchment scale

Key words: North China Plain; Catchment; Water Cycle; Environmental Isotope

* * * * *

《地理科学进展》征订启事

《地理科学进展》是中国科学院地理科学与资源研究所主办的综合性学术期刊, 为更及时地反映地理科学的研究成果, 经国家科技部批准, 于 2002 年起正式改为双月刊, 2003 年将版面进一步扩大至每期 112 页, 国内刊号: CN 11-3858/P, 国际刊号: ISSN 1007-6301, 国内邮发代号已改为 2-940, 每期定价 20 元, 全年共计 120 元, 全国各地邮电局均可订阅。如有漏订者或需过刊者请与本编辑部联系。

联系单位: 《地理科学进展》编辑部

地 址: 北京安外大屯路 917 大楼 中科院地理所

邮政编码: 100101

《地理科学进展》编辑部