

32 届地质大会中有关水文地质的几个重要议题

一、地下水中的砷污染

地下水中的砷污染是本次大会的热点问题, 共有 11 篇文章从不同的角度论述了砷的起源、分布和治理等问题。以下是其中的几篇论文摘要的内容。

1. 墨西哥北部 La Laqu Na 地区地下水中高浓度砷的来源——含水层管理的意义

该地区地下水中高砷浓度早有记录, 砷中毒为地方病。本文的研究重点是该区东南部地区地下水同位素和化学组份, 此外还有沿剖面的区域地下水流模拟。水样取自粘性隔水层中的碳酸盐含水层和孔隙含水层以及粘土隔水层中。结果表明, 碳酸盐含水层中砷浓度大于 50mg/l, 可能与补给区存在含砷黄铁矿有关, 其环境为氧化环境。碳酸盐含水层中的水以大量泉的形式补给孔隙含水层和隔水层, 其中的水来源于大气降水。孔隙含水层和隔水层中的地下水以及汛期时的河水补给湖泊。正如孔隙含水层和隔水层中地下水的氢氧同位素特征和化学特征所指示的, 古湖水经历了进一步的蒸发, 导致形成咸的、富含砷(达到 5000mg/L)的地下水。砷富集的机制, 既不是由于农灌和含砷化肥施用引起的地球化学环境变化使含砷黄铁矿氧化, 使沉积层中的砷解吸, 也不是地热活动导致砷污染。推断蒸发作用是导致该区砷富集的主要机制。由于强烈的地下水的开采和地表河流建坝导致地表径流淡水减少, 富含砷的咸水正在向前推进, 从而减少了孔隙含水层中淡水的分布范围。可以预料, 含砷和其他污染质水的入侵将来会加重, 继续损坏该区的地下水质, 这可能是人类活动期间不可避免的。

2. 随含水层深度变化的砷浓度——空间类型和变化

自然环境中的砷浓度很低, 在 Bangladesh 地区地下水中的砷浓度假定是来自地质体, 其浓度随不同的深度而变化。许多对砷浓度随含水层深度变化的类型的研究得出不同的结果。一些研究报告展示, 砷浓度随深度增加而减小; 而另一些报告则认

为, 深层含水层不含砷, 是安全的。决策者提出缓解砷的措施是打深层井, 开采不含砷的深层水。本文就是要探讨这项措施的科学依据, 这项措施是否是可持续的。分析砷浓度随深度的空间变化类型是本文的主要目的。本文也探讨砷在深层含水层中是不是浓缩的。地下水砷浓度和含水层深度之间的关系用统计、地质统计和空间技术来分析。

3. 地球化学变化引起含水层中砷的释放

地球化学反应导致含水层沉积物释放砷的辩论仍在进行, 因为沉积物是复杂的介质, 各种天然的和人为的来源都与水中的砷污染有关。本文着重研究有关地下水砷污染的来源。地下水中过量的砷在两种环境中发现: 首先是干旱或半干旱地区的内陆或封闭盆地; 其次是冲积扇中强烈的还原环境。两种环境都含有年轻的沉积物, 地形是平坦或低洼地区, 地下水滞留区。pH 变化导致吸附的砷尤其是砷(V)和其他阴离子形式的元素从矿物氧化物中, 特别是 Fe 的氧化物解析出来, 或者 pH 阻止这些元素被吸附; 第二个因素是近中性的 pH、强还原环境, 导致砷从矿物氧化物中解析以及 Fe/Mn 氧化物的还原性溶解也使砷释放。在这些地下水中, Fe(II)和砷(III)是相对富集的, SO_4 浓度很小, 一般为 1mg/L 或更小。高浓度的 PO_4 、 HCO_3 、硅酸, 可能还有有机质, 由于吸附体的竞争, 它们能够促进砷的解吸。受砷影响的含水层受某种环境的控制, 似乎是特殊的而不是普遍的。

4. 探寻安全水的选择: 孟加拉国降砷的难度

孟加拉国农民几十年来一直用浅井水作为饮用和其他生活用水。然而 1990 年代以来, 检测到地下水中的砷和水位在降低, 除了不能接受的铁浓度和浅层水中的盐份, 含水层已经严重威胁了该国的农村管井给水系统。为了解决这个问题水工程师提出了各种技术: 挖井、砷离子去除厂、池砂过滤、雨水收集系统、管水供水系统等。为了饮水安全, 技术上和地质上对于孟加拉国来说是可行的。但是从社会、经济和文化方面来说, 人们面临这些困难

时并未采用这些技术,而最终放弃了缓解砷的主动性。这些技术的成本对单个家庭来说极为昂贵的,这就迫使人们接受社区所有权,有时导致人们放弃安全饮用水;此外,由于各项技术的复杂性和繁琐、费力的操作和维护占据了更多的空间,所以这些技术不能为家庭所用。因此,现有的技术方法可能不适宜解决降砷问题,并且为贫穷农民供给安全水。以家庭为基础的给水可能是解决这个问题的方法。

二、地下水与海水的相互作用

在地下水与地表水相互作用的议题中,除了研究地下水与河水的相互作用外,地下水与海水的相互作用也是一个值得关注的研究动向。俄罗斯在这方面研究较多。

1. 俄罗斯科学院海洋研究所的 Evgeny 在“估计海底地下水排泄对地中海生物地球化学参数的影响”中谈到,他们正在评估海底地下水排泄对滨海水体生物地球化学参数的影响。获得可靠的淡水体流出、流入量的定量估计是很重要的。如果流入的地下水足够的冷,它将占据大陆架分层水体的下部,它在底板层的运移作用将会排斥滨海带中排泄的水。这种排斥的物理机制与大陆架上水的密度分层的机制相似。分层是热咸水循环的一种特定的类型,在大陆架上形成的重水会沿着大陆斜坡向深处运移。这种作用是中海水和深海水流通的主要机制,从而影响热咸水循环和全球气候。形成的水流不可避免地会使海洋水与大陆架水发生交换,由于浮游生物、碳和叶绿素在产区被去除,这种水流对生物地球化学循环产生重要影响。由于这种水再返回到地面需要几十年甚至更多的时间,水的分层将对长期气候变化产生影响。通常,密度重的水是通过表层水的冷却、蒸发或结冰形成的,而海底地下水排泄可以提供地中海大陆架密度重的水形成的另一种机制。他们在研究项目中计划调查地中海滨海带海底地下水排泄去除的物理机制,试图定量获得海底地下水排泄的流出滨海的通量和运移路径,以及在海底边界层通过这种过程的数值模拟获得大陆架的化学组分。

2. Evgeny 的另一篇文章“咸海盆地中地下水与海水相互作用研究”提到,根据咸海盆地中所获得的所有液体的数据,地下水约占 50%。这种水流大部分是大气降水和雪水通过土壤表层中的空隙

和裂隙入渗到地下,而后进入小溪和河流,最终流入咸海的。在咸海地区,当地人的饮水供给是一个严重的问题。解决这个问题最有前景的方法是扩大地下水开发和可持续的地下水利用。然而,咸海盆地含水层系统很复杂,至少有 4 个单个的含水层组成,由于复杂的水文地质条件,以前的研究得出不同的结果。事实上,淡水含水层是由很高矿化程度的地下水包围着,由于强烈开采和灌溉,咸水入渗到开采层是可能的,这将导致淡水水质下降。这个结论是通过区域地下水流模型获得的。模拟的目的是研究在天然和开采条件下地下水形成的主要特征,预测地下水在不同的开采方案中的演化。

3. 俄罗斯科学院海洋地质研究所的 Eageny 在“Rodamine - C 作为海底地下水排泄和全球变化研究的示踪剂”一文中指出,海底地下水排泄及其营养物质对滨海带的贡献与全球变化密切相关。例如,在过去几十年,陆地上化肥和污水的持续输入,已经导致地下水的氮浓度增高,由于它们沿海岸缓慢持久的排泄,最终导致滨海海水富营养化。本次工作的目的是检测海底地下水排泄,识别进入海洋的水流,估计入流量。这次工作也包括海底地下水排泄的动力学及其季节性变化。研究方法是引入生态安全的示踪剂投入地下水中,研究水运移的过程,确定水流参数。Rodamine - C 就是这样一种示踪剂,这种示踪剂在可见光谱 590nm 中具有很强的发光性,在波长为 550nm 时受到诱发。在研究海底地下水排泄的试验中,我们加入 Rodamine 到地下水中,以识别流入海洋的位置和估计流入量。

三、水文地质模拟

水文地质模拟是本次大会的重要议题。模拟的方法包括概率统计、地球化学模拟和数值模拟等。

1. William 先生在“半分析方法对水均衡预算和环境问题作决策风险时的一种实际方法”文中介绍了综合利用 MONE CARLO 方法或敏感性分析圈定未来行为范围的方法,分析了垃圾填埋固体废物处理对环境的影响,以及开采地下水时河流-地下水相互作用对河流的影响。

2. 来自意大利的 Michele 在“地下水水流和污染运移模拟”中介绍了地下水水流模拟结合风险评估的方法。第一步建立概念模型,第二步收集补给地下水所需的数据,第三步是钻孔的水头和受季节变化影响的降雨。模型是 MOI.FLOW 模型,进行

两个稳态地下水模拟, 主要任务是细化在变化条件下的水流方向, 两个模型均被校正, 一个是无灌溉时的校正, 另一个是有灌溉时的校正。污染模拟使用风险评估模型, 最终的任务是评价淡水钻孔受苯、MTBE、两种主要的有机氯和杀虫剂污染的风险。

3. 来自葡萄牙的 Lius 先生在“利用转换概率方法评价地下水扩散污染”文中指出, Beja 城市供水部分依赖地下水资源。由于强烈的农业活动, 地下水很容易受硝酸盐污染。硝酸盐浓度中值变化在 53–86mg/l 之间, 然而, 这个值很容易受季节影响大于 100mg/l, 最大约 200mg/l。因此, 迫切需要评价硝酸盐污染, 以优化城市和农业的水管理以及与大規模扩散污染有关的生态方面。为此, 从 1997 年 7 月到 2000 年 7 月开展了水文化学监测, 以评价由于季节施肥和降水的季节性硝酸盐含量的时空变化。利用改进的地质统计方法研究 36 个月内硝酸盐的时空变化。该研究包括下列步骤: 1) 建立硝酸盐的几个域值和指标, 进行结构分析; 2) 结构分析的指标显示逐渐变化的现象, 即通过邻近值的转换, 这个事实暗示 Kriging 方法适合扩散型模型; 3) 确定硝酸盐含量超过某一域值的概率等值线; 4) 计算超过某一域值的概率, 这种方法提供了扩散污染现象的空间分布的图像。

4. 得克萨斯州大学的 John 在“模拟气压变化过程中重度有机蒸发物在地下的迁移”文中指出, 每天的气压变化会引起作为地下蒸发物驱动力的地下压力的变化。蒸汽运移的其它作用包括气相扩散和密度流运移。本次研究的目的是调查包气带大气压力的变化对重度有机蒸汽运移的影响和重要性。数值模拟通过野外数据校正, 用于对各种运移机制重要性的敏感性分析。污染物是四氯化碳, 比空气重。场地岩性是厚层裂隙玄武岩。在两口井的不同深度测定压力。利用 SF₆ 进行了 1 个月的示踪试验, 测定了随时间变化的浓度。模型与压力数据拟合很好。模拟结果显示, 大气压变化的影响对于模拟气源污染物在包气带中的运移是重要的。

5. 墨西哥水技术研究所的 Carlos 在“利用地球化学模拟确定含水层中砷的起源”文中阐述了河水的蒸发对地下水砷的贡献, 并进行了地球化学模拟。法国巴黎的 Anne 在“古气候和古地貌对巴黎盆地水文地质的影响”文中对 5 百万年来的地下水

演化进行了模拟。

6. 意大利佛罗伦萨大学的 Riccardo 在他的论文“地理调查在利用 SINTACS 模型评价脆弱性中的应用”中提到的 SINTACS 模型, 涉及 7 个参数: 水位埋深, 有效入渗率, 非饱和带的自我净化能力, 上部土壤的岩性, 含水层的地质特征, 含水层的导水性, 斜坡的坡度组成。研究方法是将研究区划分成许多单元, 每一个参数从 1–10 给一个值, 得分越高, 污染越容易。脆弱性指数定义为所有参数的加权平均和。

四、气候变化对地下水的影响

影响地下水的因素很多, 其中气候变化是最重要的影响因素之一。气候变化对地下水的影响研究在本次大会受到重视。

1. 来自以色列的 Arie 教授在他的论文“古代迦南两个城市的一个传说: 地下水的储量决定了它们的历史”中, 通过对许多城市中的两个城市的详细考证, 认为古迦南的城市在青铜器早期 (3000–2700BCE) 经历了沙漠化过程, 随后城市中心定位在沙漠边缘。Arad 城市的筑堤建在了半干旱的 Hebron 山脉的南部山腰上。现在年均降雨量约 250mm, 该区没有长久性的水源。基岩由白垩岩 (始新世) 组成, 盖层为黄土。白垩岩大部分是不透水的, 因溶解作用形成一些裂隙, 成为半透水、含水的。在青铜器早期城市的最低位置发现了一口约 30m 深, 到达地下水位的水井。据降雨曲线外推, 青铜器早期降雨量可能达到 300–350mm。抽水量供给约 2500–3500 人使用。公元前 3000 年中期以后, 该区变得更加干燥, 水位开始下降, 出水量减少以至干枯。直到 1000 年以后, 当气候再次变冷变潮湿时, 这个城市才重新建立起来, 即铁器时代。相反, Jericho 的历史说明, 永久性水源是促进社会经济发展作用的一个例子。Jericho 市位于雨水少的地方, 年平均降雨量不到 100mm, 它的供水来自区域灰岩含水层补给的泉。在青铜器早期, 可能是由于西部闪米特人的入侵, 该城市被毁于公元前 2300–2100 年, 或更早些时候。大约在青铜器早期约公元前 1900 年开始, 该城重建, 并环城建筑了城墙。新移民统治了该区, 直到公元前 1650 年再次被毁。在铁器时代晚期, 该城市又重建, 直到公元前 587 年巴比伦占领。可以得出结论, 在温暖的沙漠区中心部位, 受区域含水层补给

的永久性泉可以产生理想的绿洲条件。这些条件首先创造了人类避难的生存环境,其次有助于促进社会经济的发展。

2. 英格兰东部大学环境科学院的 Kevin 教授在他的论文“气候变化对地下水补给的影响及其对湿地生态系统的意义”中,调查了气候变化对湿地的各种类型补给的影响。影响湿地的水文学因素包括气候、地形和地资。地质可以影响湿地储水,地形能够影响湿地发育的形状,气候决定了湿地是否被降水、地表水或地下水输入所饱和。受地下水补给的湿地,一个重要因素是水的预算,随着水位的变化,受地下水补给和水文地质条件控制的入流和出流量也在变化。为了调查气候变化对地下水补给湿地的影响,本文以英格兰东部地区为例(该地区以拥有湿地而著称),利用英国气候影响项目(2002)的数据,采用地下水补给模型模拟了基准气候(1961-1990)和未来气候(2080年期间高低温室气体释放情景下)的情况。计算的平均补给或与蒸发均衡后的额外降雨量,在基准年12月到4月的138mm减少到2080年1月到3月的高温温室气体释放情形下的107mm。因此,预测的未来气候变暖和变干旱在地下水位下降时有可能影响脆弱的湿地,从而打乱现在的水生植物的分布。长期的低水位和正如90年代频繁出现的干旱是湿地的重要考虑因素,尤其是地下水的强烈开采附近的湿地。

3. 来自葡萄牙的学者 Joao 在他的论文“气候变化对葡萄牙地下水资源的影响:一些初步结果”中,认为尽管地下水是水循环的基本组成,但是有关气候变化对地下水潜在影响的研究很少。根据关于气候变化的政府间的协议,“需要加强模拟技术、含水层特征、补给速率和海水入侵以及地下水开采监测等方面的研究。这次研究将提供气候变化和海平面上升对补给和地下水资源影响的评价的良好基础。”在葡萄牙,地下水在城市、农业和工业供水起着重要的作用。在全国分布有各种水文地质类型,62个各种岩性(孔隙、岩溶和裂隙)的含水层。不同气候环境下地下水与河流、湖泊和海洋的相互作用。在全国项目“葡萄牙的气候变化:类型、影响和措施”中,对地下水直接和间接影响的初步结果如下:1)有效降雨量和蒸发量的变化对季节性补给和周期类型的影响;将展示两个研究实

例:位于葡萄牙西部的孔隙含水层和南部的碳酸盐含水层。采用了区域性水均衡模型和季节性 Mann-Kendall 统计检验方法。2)季节性补给变化对位于南部半干旱地区与地下水相关的冲积扇生态系统内的河流基流的影响;3)海平面上升(由于海洋的热膨胀)对滨海含水层咸淡水界面移动的影响,在 Algarve 地区分析了海水入侵的风险;4)土地利用变化(对气候变暖和社会经济布局的响应)对易受扩散污染的含水层的影响。借用 DR 砷 TIC 方法,采用了一种新型的敏感性指数。分几种社会经济模式用于分析作物和农业活动变化对位于半干旱地区脆弱性混合的孔隙-裂隙含水层的影响。

4. 印度国家地球物理研究所的 Balbir 在他的论文“气候和地质对印度人工结构补给效率的控制”中,阐述了除印度半岛的少数地区外,大部分半干旱基岩地区,天然降水补给含水层已不足于补偿由于工农业和生活开采导致的地下水位下降。在这些地区,降雨少、地表径流大更加剧了地下水位的下降。为了使即便在非季风和干旱期地下水资源可持续利用,采用季风期大流量地表径流在季风期后人工补给地下水是最重要的。因此,各种人工补给结构/技术在印度风行起来。在这些技术当中,入渗池由于结构简单已作为人工补给结构很受欢迎。作为传统的水平衡方法在评价这种结构的入渗率已不可靠,为此,我们研究了一种简单的地球化学(环境 Cl)方法(Sukhija 等,1997)。这种方法有足够的灵敏度来确定气候和地质条件对入渗效率参数影响的控制。通过位于不同地质背景(玄武岩和砂岩),但在同一气象条件下气候和地质对入渗速率的控制已进行研究,两者相差 25km。我们的研究显示,位于砂岩的人工补给结构的入渗率是池中水的 60%,而玄武岩只有 20-30%。因此地质对入渗率的控制远胜于气候控制。砂岩的入渗率更高是可以理解的,因为砂岩的渗透系数比玄武岩大。除了补给结构外,每年的温度和蒸发的变化也反映在入渗率上。

5. 俄罗斯环境科学研究所的 Igorevitch 的论文“气候变化对俄罗斯地下水位的影响”论述了全球气候变化影响的重要性在俄罗斯每年都在增加。俄罗斯的地下淡水资源丰富,广泛用于饮用、工农业用水。全球气候变化不仅引起地下水位和排泄的变化,而且引起地下水资源空间上的再分布。这些变

化不仅涉及水交换带中的所有含水层,而且最迅速、最强烈地影响潜水。我们绘制了补给、排泄和潜水在降雨和温度各种变化情形下预测图。全球变化对地下水影响图的时间是 2005-2010 年和 2025 年。到 2010 年,潜水位下降(达 0.5m)将出现在俄罗斯欧洲部分的南部和西部以及西伯利亚东部地区。只在乌拉尔南部和高加索山区下降 1m。在俄罗斯的其他地区,潜水位将上升一点(大体上升 1m)。最大的上升将发生在俄罗斯的远东地区。地下水补给的增加将在 2025 年发生在整个俄罗斯境内。最大的增加预计在远东、乌拉尔北部和高加索地区。俄罗斯欧洲部分的大部分地区潜水位上升将不超过 2m。

五、地下水脆弱性评价与制图

地下水脆弱性评价与制图是本次大会的热点问题之一,共提交了 9 篇相关文章。以下是其中的几篇文章。

1. 巴西 SP 地区固有脆弱性编图

城市和农村地区固有脆弱性编图是利用由 Foster 等人提出的 GOD 方法(地下水、上覆地层、水位埋深)来完成的。它是了解自然环境和土壤利用以及具有后续计划的有效工具。在 Araraquara 地区进行了一项研究,其目的是为政府和私人投资决策服务,寻求不受自然环境干涉的适宜活动。此项研究在 Paran 盆地西北部进行。固有脆弱性图是地质和水文地质数据综合的结果。最终的图件产生了脆弱性自然单元地域空间的分区和不同的限制性(例如,土壤占有的形式和类型)。脆弱性的自然单元是:低到中等、高和极高。

2. 地下水脆弱性图的波兰概念

本文提出了波兰 1:50 万比例尺地下水脆弱性图的概念。该方法的主要假设是:地下水具有比河、湖大得多的存储能力。因此,地下水以水文循环的形式向河流提供了可观的基流供水,——地表水的质量取决于地下水的质,——地下水的流量是 3D 的,——从补给区到排泄区的距离很远,一般为几十年。

该图应由 3 页组成,每页具有不同的数据层。第一页——与地表水和陆地生态系统相互作用的浅层地下水的脆弱性,包括的数据有:渗透速率、土壤特征、水位埋深和迁移时间、常量污染物迁移的速度和方向。浅层水污染脆弱性的分类是依据 FOS-

TER 的假设,从该页数据层可提供不同的污染想定,首先提出了源于农业的固有脆弱性分带的方法,可采用含水层(第二页)脆弱性,通过波兰 1:50 万比例尺水文地质图来表征含水层限定的类型和厚度、水文地质系统特征、地下水的数量和数量状态。可用含水层应遵循下列基本标准:

厚度超过 5m,渗透系数 $>50\text{m/d}$,单井出水量 $>5\text{m}^3/\text{h}$;第三层——主要地下水盆地的脆弱性,由补给区到排泄水体、常量污染物的迁移时间来评价;下面是主要地下水盆地的基本定量和定性标准说明:单井出水量 $70\text{m}^3/\text{h}$,水开采量 $>10000\text{m}^3/\text{d}$,渗透系数 $>10\text{m}^3/\text{h}$ 水质——I 级(优质)。

3. 脆弱地区地下水管理——印度南部研究实例

世界人口预计到 2025 年从 60 亿增加到 80 亿,但由于水源匮乏,粮食产量在 2000 年仅增加了 1.3%。因而世界大部分地区人口可能要出现粮食危机。据估计,到 2005 年近三分之二的世界人口将在面临水压力的状况下生活。由于水作为一种稀缺而且常常是共享的资源,可能是引起冲突的原因。人类世代依水而存,水一直是生存的基本必需品。在正常时间是生命支持所必需,在洪水期间又横行肆虐,在干旱时人们又苦苦寻找。河流、含水层、泉、湖等已成为我们日常生活的一部分。

对水的日益增长的需求已刺激了地下水资源的开发,地下水并不像地表水那样几乎到处都有,在干旱期间更可靠,有许多优于地表水的特点。地下水满足家庭、农村、城镇、工农业供水需求的重要性无需特别强调。保证可持续的水资源管理是政府和全社会的共同责任。

4. 意大利火山脆弱地区地下水资源管理

饮用和农业用水的深刻危机在周期性地影响着干旱时期的西西里,这主要取决于可用地下水资源的不合理利用。含水层补给不足事实上又通过年补给量的开采和有限的含水层的集中得以扩大。由于 2001 年 10 月到 2003 年 11 月间降雨稀少,在西西里出现了特别严重的危机,持续的干旱已引起含水层水位的强烈下降,并伴有水井采水量大幅减少。同时波及到了其他地区。含水层日益提高的脆弱性增加了未控制液体、固体废物污染的风险。

本文提供了 Etna 地区部分研究成果,这些成果侧重于该地区密集的人口、水需求、环境退化。通过计算正常气候条件下可供水资源、对比地下水

实际开采量、揭示过度开采,可以看出,这里的状况在干旱季节更为恶化。与此同时,利用 SIN-TACS 评价参数系统的相关图观测到,在最脆弱地区地下水质变劣。

基于这些研究成果,作者通过综合管理手段分析了合理利用可用资源的可能性。利用劣质和循环水用于农业和市政服务,替代现今的地下水供给。我们确信创造出控制区域开采系统的可能性,以避免污染风险,通过设立保护区取代普遍使用的,无理性的和无防护的设施。

5. 伊朗利用卫星数据和 GIS 开展非耕地冲积扇作物地下水回灌区的适宜性编图

利用卫星和 GIS 进行非耕作冲积扇适宜性编图,其目的用于洪水溢散以达到地下水补给和洪水灌溉。由于冲积扇是由非常粗的和可渗透的沉积物组成,在干旱和半干旱地区,潜在的洪水存在冲积扇上部盆地,所以认定这样的地质特征最适宜作为回灌补给区。因此,冲积扇的边界用卫星影像解译勾画出来,而有些冲积扇特征,像地质、剖面、人为活动,低地的农业区是由可视图像解译获取的。通过图像解译,开发了伊朗非耕地冲积扇空间和属性特征数据库。该数据库是通过增加其他所需的数据:如坡度数量、距村庄的距离,与地质构造相关的可能污染来进行运行的。这些数据用于进行非耕种冲积扇适宜性编图的最终决定。这项研究结果是作为 1:25 万全伊朗适宜性图提出的。

6. 包气带作为人工放射性核素路径的天然屏障——切尔诺贝利城市事故后的经验

本文分析了灾害企业是地质环境被污染的一个常见的污染源。地下水通常是区域供水源,其中的放射性核素是一个严重的社会问题和水文地质问题。关键的问题是包气带是否能够作为放射性核素进入地下水的天然屏障。切尔诺贝利市事故回答了这个问题,评价了包气带,定性土壤结构,定量包气带厚度。据此完成了放射性核素污染的脆弱性编图图。调查表明,包气带不足于作为防止放射性核素从地表进入地下的天然屏障。

六. 城市地下水管理

随着人类活动的加剧,城市化对地下水的影响愈来愈大,城市地下水管理成为本次大会的重要研究内容。

1. 渗漏下水道封闭系统环境下污水渗透对城

市地下水的影响

下水道管网年龄老化结构破损可能是引起大多数下水道失效的原因,并使得大量未经处理的污水进入地下水。有关渗漏污水量的表述通常依据长期和大规模地区的近似值,卡尔斯鲁区的应用地质学正在调查下水道失效的风险潜势,因而测定了下水道中单个渗漏点的有效渗透,并研究了靠近渗漏点渗流和地下水的时空变化。

利用双重系统在典型的下水道破损点(连接处、破裂口……)和德国西南的 Rastatt 地区测定了直接渗透,调查了损失、废水水位和渗透速率之间的相互关系。

Rastatt 地区地下水中,下水道淋渗的干涉可以通过特殊的废水标志物的出现来显现。如硼,需氧的 x—射线与媒介对照和微生物指示剂。在紧邻主要下水道破损处的观测井 GW 表明,铵和钾浓度显著抬升,SEC 的短期变化可以监测并可以归结废水组分的变化。除了地下水中化学影响变化可以观测到,即使管道中水位的很小增加都会引起地下水水位的微升。然而提升入渗速率并非必然导致进入地下水物质的增加。尽管随着废水水位上升,联合下水道下渗速率较高,但暴雨事件经常造成 SEC 在 GW 的降低,使得管内有雨水造成污水的冲淡。为了评价不同下水道渗漏潜势和对地下水的影响,对水流模式的日常变化与污水化学组分一并进行监测。SEC、pH 和湿度采用在线监测,在污水和地下水中,地下水分析主要离子,污水分析示踪剂。

为了进一步调查下水道渗漏对渗漏水 and 地下水的影响,在 Rastatt 地区下水道渗漏点正在埋设“下水道侧渗计”。

2. 日本 Kanto 地下水盆地地下水资源管理——地面沉降和监测系统

在 Kanto 地下水盆地,人口 3800 万。东京也利用 Kanto 盆地的地下水。地下水盆地的底部与 Kanto 盆地底部一致,最大深度超过 2500m—3000m,较低的部分含有天然气和碘盐水。在盆地上部,大部分含水层含有淡水,所提取的地下水量最大。在这个盆地建立了监测系统以监测地下水水位的变化,1990 年监测井超过 450 口,地面沉降量的测量通过一年一次的精确水准测量进行。基准数量和水值测量的长度 1990 年分别为 5000 个和

7300Km。地下水盆地管理监测规模可能是世界上最大的。在 1970 年,早期地下水位降到了最低点,在东京滨海工业区,水位降到了海水水位以下 60m。此后,通过控制抽水量水位得以恢复。在 20 世纪 70 年代,坚持在盆地南部进行调整,从而使水位自 1975—1980 年的最低水位恢复到 30—40m,地面水平面表现水位恢复的趋势。近年来,盆地北部中心水位还是表现为下降趋势。由于超采造成地下水位下降,导致地面沉降。因而,东京地区低地的高程自 1910 年以来下降了 4.0m,低于海平面的地区大面积扩展。这些现象在东京郊区已得到验证。我们需要通过监测系统和模拟分析进行地下水盆地的定期检查,以便慎重利用地下水。

3. 美国密西根州东南城市分水岭地下水脆弱性与土地利用规划

在城市分水岭地区了解地下水脆弱性对于防止地表和地下水污染是很重要的,而且可以作为 brownfield 恢复和土地利用计划的一个有效的工具。尽管密西根州南部的工业活动历史上已经限制在底特律城市化区域内,但是新兴的工业开发正在迅速占领农村和未开发地区。尽管环境保护者和城市规划者指出工业场地在城市中心的重复利用比开发绿色地区更优越,但许多老场地由于真正的和察觉到的风险仍就未开发。利用 PC—GIS 开发了一项土壤溶质迁移概念模型,以评价由于工业发展导致的对地下水和地表水质量的潜在影响。该模型用来提供一幅密西根东南部 Rouge 河分水岭内地下水脆弱性图。该图已用来圈定出几个农村和未开发地区,那里的地下水已受到由提议的开发项目的威胁。该图还清楚地显示有底特律市位于原料上的 brownfield 场地,对地下水污染有很低的脆弱性,与未开发的分水岭地区的绿地相比,可能远没有开发价值。

4. 基于加油站苯污染模型 ARCVIEW GIS 的开发

用于评价小规模石油溢洒的地下水污染源与地下水储油罐的渗漏或运输途中地表溢洒,这些小规模的原油释放在加油站是常有的。这样小规模的溢洒渗漏事故可能增加了未饱和带中残留非水相液体的形成,那里是作为水相污染物对城市地下水的来源,洒渗液主要包括苯、甲苯、乙烷基苯和二甲苯,通过渗流带迁移最终到达地下水位,而 BTEX

补给污染流导致了地下水污染。在未饱和带 BTEX 的终结和迁移是由一整套复杂的过程来控制的,它取决于化学物质的性质、补给系统和含水层。经常需要评价频繁出现的点污染对区域规模地下水质量的影响。因而,开发了一种以 GIS (ArcView) 为基础的模型,其允许从地表到地下水位起作用的溶解相迁移的评价。这种模型利用大得多的城市补给 GIS 模型的输入,该模型中 BTEX 补给污染物流的估算是通过六个步骤进行的:1) 未饱和带体积水容量的估算;2) 土壤土划分参数,气—水划分参数, BTEX 化合物的 NAPL—水划分参数等的计算;3) 溢散汽油进入到四相的多次划分和它们的各自浓度的估算,初始 BTEX 渗出液浓度;5) BTEX 化合物未饱和带延迟因子的计算;6) 最终的 BTEX 浓度计算,和进入到达水位衰减的 BTEX 污染流。主要的输入数据要求该模型位于加油站或储油罐,溢出量,溢出的有效区域或储罐的水平区域,地表地质信息(土壤结构,土壤水力性质和土壤中的有机碳成分),补给速率,在加油站位置的水位埋深。该模型在英国伯明翰市进行了试验验证。结果证实,除临近河流的未饱和带厚度有限的地区外,对于大多数小规模溢散,其对地下水的污染是最小限度的。

5. 城市地区地下水管理和保护战略

30 亿人现今生活在城市地区,而有些预言称这个数字到 2050 年将会翻番。这个增长速率将会对饮用水产生一个空前的需求,意味着必须要制定危险资源管理决策。关于城市地下水问题是复杂的,但有良好的理由来谨慎乐观。例如,区域上有价值的科学和技术进步已经取得,如城市水平衡,污染源特征,填埋场设计,含水层脆弱性编图,使用回灌技术的暴雨降水管理,深基坑、道路和隧道中地下水的控制。面临的挑战就是将这些问题的综合成有效的、整体的,作为地下水管理和保护的计划。执行这些工作时,我们必须认识到:1) 城市区域内或周边地下水必须管理,不管是否用于供水。太多地依赖于地表水的城市忽略了地下水,直到出现问题,我们必须有心里准备;2) 城市地下水管理必须把盆地作为一个整体来考虑,包括输入和输出水并综合地表水的管理;3) 必须设计所有的计划组分以提供切实的净利润。例如,暴雨降水的回渗可以是管理多余暴雨的一种有效手段。但

是,如果危机到地下水的质或地下水位抬升过高,利益就会受损。类似的情况如,含水层脱水会有益于道路和隧道建筑,但是如果全部是以激进的方式改变地下水流向,耗尽地下水资源,或是由于导入了劣质水(如填埋场和咸河口)就会降低地下水质量。

6. 研究、评价和预测自然资源积极开发条件下地下水生态状况的战略原则

由于矿藏的开发、城镇和工业的建设、运输开采和农业活动,自然资源正在活跃地迁移。地下水是自然资源最具活动性和敏感性的一部分。通过地下水的储存、质量和系统,可以确定其生态状况,它在时间上是变化的,取决于自然条件和人类活动的影响。

提出的战略依赖于运行的和长期的地下水生态状况的研究、评价和保护优化技术,证实其合理利用、补充和保护,减缓对工程建筑和自然景观组成的不利结果。战略是以解决下列一般任务为基础的:研究水文地质结构条件下的含水层天然状态、地下水资源、质量和系统的形成;评价人类活动对地下水资源和其他自然资源的影响;模拟自然和人类活动因素之间的相互作用和它们对地下水的影响。提出对地下水资源管理和保护和进一步调查的具体建议。

合理利用自然资源的基本原则是:获得有关自然资源组分的状态和相互作用,景观要素和大气状态必要的和充分的资料,以证实对自然资源利用的管理解决方法;地球内部结构和状态扰动的最小化,地下空间和表土以及植被覆盖的及时恢复,地下水的补充;依据方法标准和评价证实的估算,使自然资源的利用规范化。

解决战略任务的基本方法是:开展有目的的不同比例尺的水文地质结构的区域调查;利用连续的数据库开发和一系列输出数据,监测自然资源的状态并给用户以建议;开发系列水文地质结构和地下水场的数学模型,以评价和预测它们在活跃的自然资源利用条件下与环境组分的相互作用。

7. 加拿大 Surrey 市地下水供水战略

该城市的地下水供水战略分为两个阶段。第一阶段包括初步评价松散含水层,确定 300—500l/s 的优质水作为城市供水的有偿开采。第二阶段包括:1) 利用三维水文地质模型管理井的纪录数据,

确定含水层钻探目标;2) 对地下水作为城市供水时进行生命周期的价格分析;3) 开展的钻探项目包括 4 口试验井,2 口生产井,在冰积沉积物中钻至 160m;4) 利用三维地下水流模型估计允许开采量;5) 确定将地下水井与一个大型地表水库联合作为城市的主要供水水源。

8. 意大利孔隙含水层的地下水保护和管理

地下水的保护和管理需要一种综合的方法,有关信息主要来自水文化学特征的监测、含水层水文地质、土壤利用和类型。这种方法是地下水资源管理决策的基础。该方法分为三个步骤:1) 查明地下水水质特征;2) 进行地表污染负荷和土壤入渗能力分析;3) 前两步所获得的数据与地下水脆弱性进行比较。第一步的化学分析来自公共水井和私人水井的分析,井的结构记录、滤水管位置和含水层的底板埋深已输入化学数据库中。地下水水文地球化学数据、 NO_3^- 和其他化学参数用于确定含水层的质量等级。这套数据能够用于识别与人类活动有关的污染影响的地区。在第二步中,土壤的入渗能力分析地表污染负荷一起用于识别污染物到达非承压含水层的脆弱区。在这一步,只需要关注 NO_3^- , 因为它是地下水中最常见的污染物。在最后一步,通过前两步所得的数据与含水层的脆弱性比较,指出脆弱性地区与受影响的地下水之间不一致的地方,说明原因,作出解释。研究结果也提出用于优化地下水水质监测网的新观测井位置。

9. 巴西南部城市地区地下水中的硝酸盐

利用数理统计分析、变量检测和平均差检测将硝酸盐数据划分为三类: $< 1.0\text{mg/l}$ 、 $> 1 - 10\text{mg/l}$ 和 $> 10^{-7}\text{mg/l}$ 。认为,第一类代表雨水补给有关的地下水,该区雨水中的硝酸盐含量 $1.7 - 3.2\text{mg/L}$,雨水中含量更高,反映地下水贫 N;第二类与不受人类活动影响,与土壤有机质天然降解有关;最后一类与人为形成的污水污染有关。

10. 喀斯特含水层排泄中通过端元混合分析定量天然和人为的组成

定量估计了供水水源的组成,测定了地下水和附近地表水中两年内的主要离子化学、氢氧碳稳定同位素作为水运动的示踪剂及其作为识别水源的手段。在 1999—2000 年秋季(9—10 月)暴雨发生时每天取井水样,进行主成分分析和端元混合分析定量三种端元组分的混合比:1) 来自河流的地表

水补给; 2) 含水层的补给; 3) 人工补给。人工补给以异常高的 Cl^- 和 SO_4^{2-} 、 Cl^-/Br^- 为特征。上述两种方法以暴雨取得的数据来分析。结果显示河流的份额最大, 在高流量时期, 含水层的补给份额越来越大, 它是第二大组成; 人工补给组分对供水井影响很大, 占抽水量的 32%。结果强调含水层的出水量在相对短的时间内各组分在多大范围内变化, 展示定量估计混合水源的天然化学参数如何测定。

11. 美国亚利桑那州傍河地下水与地表水的相互作用

调查重点在地下水受硝酸盐工厂污染地段的河流。调查方法包括一年四次的河流量测量、地表水和井水的取样分析。这次调查证实了早期调查结果, 河水与地下水的补排作用以及对水质的影响。地下水与地表水的相互作用受水文地质条件的影响。这些条件包括含水层边界离河流的距离、河流侵蚀深度、相互作用段河床的长度以及各种古沉积的影响。这些作用的结果可看见河床有水区和无水交替出现, 并进行了低流量期的评价。详细的地表水和井水取样调查揭示了在补给段 NO_3^- 浓度剧增。渠道内安装的井采集水样的 NO_3^- 浓度大于 600mg/l, NH_4NO_3 工厂沿河岸分布, 西岸井水的 NO_3^- 浓度比东岸的更高。利用 Modelflow 软件和河流-含水层关系模块建立了一个二维地下水流模型, 校正后模拟了各种修复方案对河水基流的影响。

12. 地下水中的 Rn^{222} : 一种水文分割工具

本文介绍了利用天然产生的 Rn^{222} 和 O^{18} 对小块流域进行水文分割的方法。在测点上安装了 Rn^{222} 的连续检测装置、精确温度计、电导仪、 CO_2 检测仪、流量计、V 形堰以及化学分析自动取样器。除了连续测定 Rn^{222} 外, 还取样品用于液闪仪分析。第一年为仪器调试和评价。不同的监测点调查表明仪器在野外运行良好。假定雨水的 Rn^{222} 浓度可忽略, 通过取样分析, 泉和含水层的浓度为 15-30Bq/l、40-70Bq/l, 他们可以被区分出来。上一年的结果显示 Rn^{222} 的浓度对降水和河水的排泄量增大有响应。在包气带和浅层冲积层

中含有 Rn^{222} 的溶滤水加入到总径流中。这个系统非常敏感, 对流量变化反应非常快。

13. 利用敏感性分析和剖面变化方法模拟河流-含水层相互作用的评价

这篇报告介绍了本次调查的目的是, 确定进行模拟的地下水、水文和生态系统动力学模拟区。由于模拟区的性质, 首次开发大范围的模型以提供更精细模型, 如生态重要性的河流区的边界。这里描述的是初始(大范围)的地下水-地表水模型。模型利用 Model-2000 和河程序包建立。模型利用两个稳定状态条件和含水层受到或不受相邻山区补给进行校正。定义的参数有面状补给、含水层渗透系数和河床底部的导水率。由于没有观测值, 系统北部的流量输入也被校正。建立了好几个概念模型, 如通过改变导水系数分类的个数。最后通过与观测值和真实参数的估计是否吻合, 识别出一个最可能的模型。采用了三种分析方法: 敏感度分析、剖面变化和使用新的观测数据的检验。敏感度分析表明, 对模型拟合最重要的参数是导水系数和河底的导水率, 河流流量的观测值显著地减少了估计参数的不确定性。

14. 活动与不活动的地下水流系统——一种新的概念模型

文中提出了一种新的地下水概念模型。这种模型用活动与不活动地下水流区描述地下水水流系统。该模型是建立在地表水与浅层和深层地下水相互作用分析的基础上的。活动带地下水水流路径是连续的, 对每年的补给和气候变化有响应, 地下水滞留时间“年龄”从补给区到排泄区变老。相反, 不活动带地下水是极其有限的, 或不与每年的补给有联系, 地下水平均滞留时间不随水流路径增加。在不活动带中的地下水可能是分离的, 是不连续体, 互相之间没有水力联系。研究区的不活动带中的地下水遇到煤矿, 其中的地下水排泄速率迅速下降, 水中的 ^2H 和 ^{18}O 组成与浅层地下水有明显区别。一般情况下, 深层水没有 ^3H , ^{14}C 滞留时间为 500-200000 年 (45.9-4.9pmc)。

佟元清等译