

地下水水资源量监测分析技术应用探讨

朱金峰¹, 章树安¹, 戴宁¹, 杨丹¹, 丁瑶²

(1. 水利部水文局, 北京 100053; 2. 天津龙网科技发展有限公司, 天津 300181)

摘要:地下水水资源量是区域水资源分析评价的重要内容,掌握地下水水资源量及其变化是地下水开发利用与管理的工作基础。针对地下水补给量、排泄量和储存量变化等关键要素,对地下水水资源量监测分析有关的技术方法进行系统探讨。同时,结合我国地下水水资源量监测分析的现状,总结提炼已有的试点工作经验和应用成果,指出将来地下水水资源量监测分析的研究方向和工作重点,为进一步提高全国地下水水资源量的监测分析和管理水平提供技术支撑。

关键词:地下水水资源量; 监测分析; 开采量; 地下水储存量

中图分类号:P345

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)03-0058-05

1 引言

地下水的循环是受补给、径流、排泄条件影响的动态过程,地下水水资源量的变化综合反映了某时段内地下水含水层的补排关系。在水资源的分析评价和管理中,开展地下水水资源量的监测分析具有关键作用,它主要包括三个方面内容:地下水补给量,地下水排泄量(人工开采量+天然排泄量,主要是人工开采量),以及地下水储存量变化。然而,受到水文地质条件和地下水监测资料等限制,地下水水资源量的监测与分析计算较地表水更加复杂和困难,相关的技术方法发展也较为缓慢,当前还主要是依靠观测地下水水位变化,间接分析地下水水资源量的变化情况。而作为地下水排泄量的重要部分,地下水开采量主要还是采用统计与估算方法得到,实际直接监测水量的技术应用偏少。

2012年国务院三号文件《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》明确要求,地下水管理要实行取用水量控制和水位控制的“双控管理”,在此背景下,加强地下水水资源量的监测分析研究具有重要意义。当前的水文系统中,有关地下水水资源量的监测分析技术方法的研究还比较少,开展的有关监测与分析工作基础也相对比较薄弱。通过对地下水水资源

量监测分析的技术方法进行系统探讨,总结提炼已有的典型区试点工作经验和应用成果,可为进一步提高全国地下水水资源量的监测分析水平提供技术支撑。

2 地下水补给量

在区域水文循环中,地下水补给是含水系统从外界获得水量的整个作用过程,通常包括降水入渗补给、河道径流渗漏补给和农田灌溉入渗补给等多种途径,这些补给量是进行地下水水资源量监测分析的重要部分。然而,由于较大尺度的地下水补给量难以直接监测,实际大多采用相关的经验分析或统计方法进行间接计算得到。这些计算方法在全国第一次和第二次水资源评价中得到普遍应用,也是较为成熟的技术方法,并形成了较完整的分区参数值和降水监测体系。

2.1 入渗补给系数法

入渗补给系数法是根据现场实验或地质调查评价得到的^[1-3],通过地中渗透仪、河床入渗仪等测定入渗补给能力,确定降水入渗补给系数 α 、河道渗漏补给系数 β 、灌溉入渗补给系数 η ,进行经验分析计算。对于一定区域的地下水含水层,利用这些有关的地质参数成果,将监测统计的区域降水量 P 、河道径流量 R 和农田灌溉水量 $W_{灌溉}$ 乘以相应的入渗补给

收稿日期:2016-07-22

基金项目:地下水水位控制与取水总量控制“双控管理”研究与示范(1261420810010)

作者简介:朱金峰(1987-),男,山东潍坊人,博士,主要从事水文水资源监测与分析评价工作。E-mail:zhujf@mwr.gov.cn

通讯作者:章树安(1963-),男,安徽来安人,处长,教授级高工,主要从事水文水资源监测技术管理。E-mail:sazhang@mwr.gov.cn

系数,即可估算得到相应区域的地下水补给量。其计算公式表示为:

$$Q_{\text{降水}}=P \cdot A \cdot \alpha \quad (1)$$

$$Q_{\text{河道}}=R \cdot \beta \quad (2)$$

$$Q_{\text{灌溉}}=W_{\text{灌溉}} \cdot \eta \quad (3)$$

式中: $Q_{\text{降水}}$ 、 $Q_{\text{河道}}$ 和 $Q_{\text{灌溉}}$ 分别为区域的降水入渗补给量、河道渗漏补给量和灌溉入渗补给量; A 为计算区域面积;降水入渗补给系数 α 受包气带岩性特征、地下水埋深和降水量等因素综合影响;河道渗漏补给系数 β 受渗透系数、河床厚度、地下水水位和入渗的过水断面面积等综合影响;灌溉入渗补给系数 η 受灌溉水量、作物消耗水量等主要因素影响。在相关研究和应用中,这些入渗补给量及补给系数通常结合野外试验、水量平衡模型或数值模型进行补给规律的研究和相互验证^[4-5]。

2.2 相关统计分析法

相关统计分析法是采用多年的长系列历史资料,确定影响地下水补给量同相关因子直接的相关关系,相关关系是建立在统计基础上的纯数学关系。对于一些主要地下水开发利用平原区,分别建立地下水补给量(或入渗补给系数)同有关因子(如降水量 P 、河道径流量 R 和灌溉水量 $W_{\text{灌溉}}$)的相关统计关系,其计算公式表示为:

$$Q_{\text{降水}}=f(P) \quad (4)$$

$$Q_{\text{河道}}=f(R) \quad (5)$$

$$Q_{\text{灌溉}}=f(W_{\text{灌溉}}) \quad (6)$$

相关关系是建立在历史系列资料的统计分析基础上,可能具有非线性关系。对于一定的区域含水层,通过监测分析的降水量及其分布、河道水位和流量、灌溉用水量等,利用相关统计分析法确定地下水入渗补给系数,预测相应的地下水补给量^[6-7]。

2.3 应用情况

目前,在我国北方的6区平原(松花江区、辽河区、海河区、黄河区、淮河区、西北诸河区),应用已有相关的水文地质调查和统计成果,进行了浅层地下水补给量(灌溉回归补给量、地表水体入渗补给量、降水入渗补给量等)的分析计算,并汇总到每年的《中国水资源公报》发布。2014年,6区平原的地下水总补给量 $1370 \times 10^8 \text{m}^3$,降水入渗补给量、地表水体入渗补给量、山前侧渗补给量和灌溉回归补给量分别占50.4%、35.8%、8.1%和5.7%。

3 地下水开采量

地下水排泄是水流离开地下水系统并返回地表水

文循环的过程,包括人工开采量和天然地下水的排泄量(地下水向地表水体和地面的排泄、蒸发等)。地下水开采量是地下水排泄量监测分析的重要组成部分,也是实施最严格水资源管理制度、地下水“双控管理”的重点与难点。近几年我国的地下水开采量(用水量)基本在 $1000 \times 10^8 \text{m}^3 \sim 1100 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右,农业开采量约占66%,其余为城镇工业和居民生活用水。在“国家水资源监控能力建设项目”中,地下水开采量监测是重要的监控内容,目前较大规模的工业和城市供水的地下水开采量基本实现了监测计量,而农业开采量还主要是采用统计或估算方法获得。

3.1 工业和城市供水的开采量监测

工业和城市供水的开采量主要是直接监测和计量。“国家水资源监控能力建设项目”的一期和二期项目建设分别对地下水年取水量在 $50 \times 10^4 \text{m}^3$ 和 $20 \sim 50 \times 10^4 \text{m}^3$ 以上的颁证取水户进行自动监测、在线传输,为最严格水资源管理考核提供手段和支撑。有些省份为了满足本省水资源管理需要,还对地下水年取水量 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 的颁证取水户进行了实时监测。随着二期建设的完成,“国家水资源监控能力建设项目”基本能够实现对全国规模以上的地下水颁证取水户进行直接监测^[8]。

3.2 农业灌溉开采量的监测分析

农业灌溉开采量相对分散,其监测分析技术和方法相对复杂,目前针对不同的灌区和条件采用不同的监测分析方法。对于农业灌溉地下水取水户,大中型灌区的用水量由于开采量相对集中、渠系和监测设施相对完善,可以通过直接量测获得。其中,明渠水量监测可以采用流速仪面积法、水平ADCP(多普勒流速剖面仪)、超声波时差法、堰槽等方法进行人工监测或在线监测;管流量多采用智能水表、电磁流量计等监测方法测量。如目前青岛市的大中型灌区实现了全部直接测量,灌区管理单位填报用水量台账表记录灌溉取水量、灌溉面积。

对于农业灌溉取水较为分散、水源成分复杂、无水量计量设施的灌区,开采量的监测分析具有多种不同的技术方法,主要包括:通过基层水利人员统计的调查统计法、根据灌溉面积和作物种类及定额的分析算法、机井用电量数据估算开采量的水电转换法、农灌典型区用水量监测统计法等几种方法。计算公式见式(7)~(10)。

$$Q_{\text{开采}} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (7)$$

$$Q_{\text{开采}} = A \cdot M / \gamma \quad (8)$$

$$Q_{\text{开采}}=q \cdot \mu \quad (9)$$

$$Q_{\text{开采}}=A \cdot Q_0 \quad (10)$$

式中： $Q_{\text{开采}}$ 为灌区总的地下水开采量； Q_i 为第*i*个灌区的开采量； A 为灌区面积； M 为综合灌溉定额； γ 为灌溉水利用系数^[9]； q 为电量； μ 为电水转化系数； Q_0 为农灌典型区单位面积的用水量。

前两种计算分析方法是目前农业灌溉地下水开采量监测分析中普通使用的方法。后两种方法在一些典型示范区进行了研究应用，近些年，部分典型地区开展了采用不同方法对农业开采量进行监测或复核的工作，并取得了一定成果。

河北沧县示范区依据不同埋深分区测定的水电转换系数和分区内所有农灌机井的耗电量，通过系统试验研究，得到了不同泵型、埋深的电量和水量转换系数，实现了对电量监测而得到水量。水电转换法计算开采量虽然精度较高，但也存在一些问题：需要提前率定不同深度的水电转换系数，尤其在水位变化较大的地区，可能每年都需重新测定；数据量较大，需要熟悉区域农业用水情况方可准确计算。

青岛市开展了农业灌溉典型区管理模式及监测统计方法研究，采用市、区、乡镇、村几级管理模式，对不同地块和作物进行典型试点工作，对不同类型水源实施精确监测，得到了较准确的灌溉用水量；再计算亩均灌溉水量，修正了原来的灌溉定额，较以前较粗的亩均定额取得了更准确统计数据。青岛市试点区系统总结了农灌典型区用水量监测和统计方法，其成果也在有关区域进行了推广应用。该方法对典型地块和试点区的选取，以及监测精度要求较高。

3.3 地下水开采量和水位的统计相关模型

在地下水开采资料累积较多的区域，利用长系列资料和相关分析法建立地下水开采量与地下水水位之间的统计相关模型，进而通过监测地下水水位的变化实现复核地下水开采量统计数据的准确性，复核地下水开采量，能够从技术上为“双控管理”提供支撑。

相比数学模型，统计模型更适用于水利行业为地下水资源管理和开发利用服务的预测分析^[9]。首先是通过多变量之间相关性的分析，识别不同季度尺度下，地下水水位变幅、降水量以及开采量间的线性相关关系；然后，根据相关关系的显著程度，筛选出影响水位变化的关键变量因子，并确定各变量的回归系数；最后，采用适合的统计模型，建立统计学回归方程^[10]。

针对浅层地下水，以山东省平度市和辽宁省辽阳县为例，采用相关关系法分析了地下水水位变幅与降

水量、开采量之间的相关关系。通过协变量的偏相关分析，地下水位变幅（ ΔH_t ）与本时段开采量 Q_t 、上时段开采量 Q_{t-1} 、本时段降水 P_t 和上时段降水 P_{t-1} 呈显著相关关系，据此建立水位-水量多元线性回归方程。平度市和辽阳县建立的水位-水量多元线性回归方程见式(11)和式(12)：

$$\Delta H_t=0.357+0.007P_t-0.795Q_t-0.004P_{t-1}-1.602Q_{t-1} \quad (11)$$

$$\Delta H_t=-0.091+0.006P_t-2.138Q_t-0.002P_{t-1}+0.844Q_{t-1} \quad (12)$$

针对深层地下水(承压水)，在沧县试点研究构建了不同降水情景的水位变幅与降水量、开采量的多元回归方程。选取沧县各管理分区代表性监测井2001~2012年的水位数据、开采量数据和降水量数据为依据，根据相关关系的显著程度，筛选出影响水位变化的关键变量因子，并确定各变量的回归系数，建立统计学回归方程。根据相关性分析结果可知，沧县各含水层分区同深层水位相关性显著的变量有：浅层水位、当季开采量、当季降水量和上一季降水量。以深层水位变幅作为因变量，浅层水位 h_t 、当季开采量 K_t 、当季降水量 P_t 和上一季降水量 P_{t-1} 作为控制变量，用于沧县深层地下水开采量的计算分析。根据沧县水文地质条件和开采强度的不同进行分区，沧县西部为运西 I 区。运西 I 区建立的回归方程见式(13)：

$$\Delta H_t=-1.613-0.017P_t-0.041P_{t-1}-4.633h_t+0.051K_t \quad (13)$$

根据这些多元回归方程建立的相关关系模型，通过监测的地下水水位变幅与降水量数据即可分析和预测区域的地下水开采量。该方法能够起到复核当地上报的地下水开采量数据，为地下水的“双控”管理提供技术支撑。

4 地下水储存量变化

地下水储存量变化目前主要通过监测地下水水位(埋深)变化和调查的地下水含水层特性间接分析得到。含水层特性参数(给水度)通过打井时抽水试验确定，在地下水主要开发利用平原区已有许多地质调查和抽水试验的给水度参数成果，但由于参与计算的井多数为生产井或民井，其监测资料受地下水动态水位影响，存在一定的误差。地下水储存量变化的分析主要有单井蓄变量算法、分区蓄变量算法及卫星遥感反演方法。

4.1 单井蓄变量计算

单井蓄变量计算是根据地下水监测站网监测的地下水水位(埋深)变化、单井控制面积和给水度参数，计算单个监测井控制范围内的地下水储存量变化，然后通过累加各行政分区(或各平原区)内监测

井的蓄变量,分析得到一定时间段内各行政分区(或各平原区)的地下水蓄变量。其中,单个监测井控制的地下水储存量变化计算如式(14)所示:

$$Q_i = \mu_i \cdot \Delta h_i \cdot A_i \quad (14)$$

式中: Q_i 为编号为 i 的地下水位监测井,在统计时段内的地下水蓄变量; μ_i 为第 i 监测井地下水水位变幅带的综合给水度,无量纲; Δh_i 为第 i 监测井统计时段内地下水水位变幅; A_i 为第 i 监测井的控制面积。

4.2 分区蓄变量计算

分区蓄变量计算首先是通过监测站网监测的地下水水位(埋深),计算各分区的地下水平均水位变幅(面积加权或算术平均方法),然后计算各区域的地下水储存量变化,最后累加各分区的地下水蓄变量,得出统计时段内各行政分区(平原区)的地下水储存量变化。计算公式见式(15):

$$W_j = \mu_j \cdot \bar{\Delta h}_j \cdot F_j \quad (15)$$

式中: W_j 为第 j 分区统计时段内地下水蓄变量; μ_j 为第 j 分区地下水变幅带的给水度,无量纲; $\bar{\Delta h}_j$ 为第 j 分区统计时段内地下水位平均变幅; F_j 为第 j 分区的监控面积。该算法在全国地下水业务分析与发布系统已进行了开发应用^[11]。

4.3 卫星遥感反演

地下水变化一般通过地下水观测井进行监测,传统的方法布设维护耗时耗力,而且仅仅监测单点的地下水变化,难以充分反映流域尺度地下水的变化情况。GRACE(gravity recovery and climate experiment)重力卫星能够通过监测地球时变重力场的变化反演陆地地下水储存量的变化。其原理是将监测到时变的地球重力场等价转换为地球表面的质量变化,从而反演得到陆地水储量的变化,通常以等效水柱高表示。

有研究利用 GRACE 卫星数据,采用多元线性回归方法,建立了地下水年开采量与地下水储量年变化和年降水量数据的二元回归模型,用于估算地下水年开采量^[12]。GRACE 卫星的数据是月尺度的,可以弥补区域地下水监测网的不足,使用实测观测值或陆表模型数据可以从 GRACE 数据中提取出地下水储存量的变化,已成功应用于区域地下水储量动态评价,为区域地下水管理提供了新的方法^[13]。

4.4 应用情况

我国北方各水资源一级区(松花江区、辽河区、海河区、黄河区、淮河区、西北诸河区)利用单井蓄变量计算或分区蓄变量方法,对北方 17 个省级行政

区平原浅层地下水每年的储存量变化进行计算,其结果在《中国水资源公报》进行发布。对于我国北方 17 个省级行政区的地下水主要开发利用平原区,利用单井蓄变量计算或分区蓄变量计算方法,进行各省平原区浅层地下水各个月份储存量的变化分析,其结果在《地下水动态月报》上发布。

随着将来“国家地下水监测工程项目”的完成,通过地下水水位信息的自动监测和传输,可提高地下水主要开发利用区的地下水储存量变化的分析计算精度和计算效率,满足各行政分区(平原区)地下水储存量变化实时监控的需求。

5 结论建议

地下水水资源量的监测分析是掌握地下水补给、排泄和变化过程的基础,能够为地下水取用水量控制和水位控制“双控管理”提供技术保障。本文针对地下水补给量、排泄量(主要是开采量)和储存量变化等关键要素,探讨总结了地下水水资源量监测分析的技术方法,为进一步提升地下水管理水平,将来的研究和工作重点还需要从以下几方面加强。

(1)加强实验研究和水文地质资料收集整理分析。目前应用的分区参数大多数还是沿用 20 世纪 80~90 年代研究成果,需要结合当前实际,加强实验研究,对有关参数进行修订。国家地下水监测工程建设取得了大量地层钻探资料(岩心和土样)以及抽水试验资料、水质资料,还需要对这些资料进行系统深入分析和研究,得到较准确地层结构和有关参数分区规律,为下一步的分析预测打下坚实基础。

(2)加强小规模灌区和零散田地开采量的有关监测和统计分析技术方法研究与推广。随着国家水资源监控能力项目实施与完成,规模以上地下水开采量基本实现了在线监测,能取得准确水量,但小规模灌区和零散田地还是采用估算方法,可将青岛经验逐步在其他省区试点推广应用。

(3)推进与实现多系统、多信息源共享与融合。建议将已建或在建的“国家地下水监测工程”“国家水资源监控能力”“防汛指挥系统”等项目实现数据共享以及有关数据融合,做好顶层设计和组织协调。在建的“国家地下水监测工程”项目主要以地下水水位监测为主,规模以上地下水开采量主要由“国家水资源监控能力项目”实施监测,将来通过两个项目信息共享,以及更深入研究大尺度水位与开采量的关系,能够更准确的掌握地下水开采量信息。

(4)加强地下水业务分析和预测预报系统建设。目前地下水相关的业务系统和预测预报能力还相对落后,将来还需要进一步加强和完善地下水业务分析系统,提高地下水水资源量的监测分析能力,地下水的预测预报系统争取在5-10年内达到当前地表洪水预报的水平。

参考文献:

- [1] 张应华, 仵彦卿, 乔茂云. 黑河下游河床渗漏试验研究[J]. 干旱区研究, 2003, 20(4): 257-26. (ZHANG Yinghua, WU Yanqing, QIAO Maoyun. Lysimetric experiment on the riverbed in the lower reaches of Heihe River[J]. Arid Zone Research, 2003, 20(4): 257-26. (in Chinese))
- [2] 李金柱. 降水入渗补给系数综合分析[J]. 水文地质工程地质, 2009, (2): 29-33. (LI Jinzhu. An analysis of the coefficient of replenishment from infiltration of precipitation[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2009, (2): 29-33. (in Chinese))
- [3] 张志杰, 杨树青, 史海滨, 等. 内蒙古河套灌区灌溉入渗对地下水的补给规律及补给系数[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 61-66. (ZHANG Zhijie, YANG Shuqing, SHI Haibin, et al. Irrigation infiltration and recharge coefficient in Hetao irrigation district in Inner Mongolia[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 61-66. (in Chinese))
- [4] 周振民, 许拯民. 降雨入渗补给灵敏度及其计算方法研究[J]. 水文, 2004, 24(4): 9-12. (ZHOU Zhenmin, XU Zhengmin. Study on calculation and sensitivity of precipitation recharge[J]. Journal of China Hydrology, 2004, 24(4): 9-12. (in Chinese))
- [5] 武桂芝, 郑西来, 林国庆, 等. 季节性河道渗漏野外试验研究[J]. 干旱区研究, 2011, 28(1): 74-78. (WU Guizhi, ZHENG Xilai, LIN Guoqing, et al. Field experimental study on infiltration in seasonal river channels[J]. Arid Zone Research, 2011, 28(1): 74-78. (in Chinese))
- [6] 许昆. 降水量与地下水补给量的关系分析 [J]. 地下水, 2004, 26(4): 272-274. (XU Kun. Analysis on relationship between the precipitation & groundwater replenishment [J]. Ground Water, 2004, 26(4): 272-274. (in Chinese))
- [7] 王国庆, 刘冬梅. 地下水补给量数学模型解析[J]. 黑龙江水利科技, 2012, 40(3): 166-167. (WANG Guoqing, LIU Dongmei. Analysis of groundwater recharge mathematical model[J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2012, 40(3): 166-167. (in Chinese))
- [8] 蔡阳. 国家水资源监控能力建设项目及其进展[J]. 水利信息化, 2013, (6): 5-10. (CAI Yang. National water resources monitoring capacity building project and its progress [J]. Water Resources Informatization, 2013, (6): 5-10. (in Chinese))
- [9] 王光生, 杨建青, 于钊, 等. 地下水动态预测的探讨[J]. 水文, 2013, 33(3): 25-28+51. (WANG Guangsheng, YANG Jianqing, YU Po, et al. Preliminary study on groundwater level prediction[J]. Journal of China Hydrology, 2013, 33(3): 25-28+51. (in Chinese))
- [10] 章树安, 束龙仓, 徐强, 等. 地下水水位预测的统计模型应用研究[A]. 中国水文科技新发展[C]. 2012: 9. (ZHANG Shuan, SHU Longcang, XU Qiang, et al. Study on groundwater level prediction statistical modeling in application [A]. China Hydrology Technology New Development[C]. 2012: 9. (in Chinese))
- [11] 徐映雪, 牛鑫艳, 李玲, 等. 空间插值技术在全国地下水业务分析与发布系统中的应用[J]. 水文, 2016, 36(3): 65-69. (XU Yingxue, NIU Xinyan, LI Ling, et al. Application of spatial interpolation technology in national groundwater business analysis and publish system[J]. Journal of China Hydrology, 2016, 36(3): 65-69. (in Chinese))
- [12] 冉全, 潘云, 王一如, 等. GRACE 卫星数据在 Haihe 流域地下水年开采量估算中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2013, 33(2): 42-46+67. (RAN Quan, PAN Yun, WANG Yiru, et al. Estimation of annual groundwater exploitation in Haihe River basin by use of GRACE satellite data[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013, 33(2): 42-46+67. (in Chinese))
- [13] 胡立堂, 孙康宁, 尹文杰. GRACE 卫星在区域地下水管理中的应用潜力综述[J]. 地球科学与环境学报, 2016, 38(2): 258-266. (HU Litang, SUN Kangning, YIN Wenjie. Review on the application of GRACE satellite in regional groundwater management [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2016, 38(2): 258-266. (in Chinese))

Application of Groundwater Resources Monitoring and Analysis Technology

ZHU Jinfeng¹, ZHANG Shu-an¹, DAI Ning¹, YANG Dan¹, DING Yao²

(1. Bureau of Hydrology, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

2. Tianjin Lomwin Technologies Limited Company, Tianjin 300181, China)

Abstract: As groundwater resources quantity is an important factor for regional water resources analysis and evaluation, understanding groundwater resources and their changes is essential during groundwater resources exploitation and management. This study systematically investigated the related techniques and methods of groundwater resources monitoring and analysis, for the key elements including groundwater recharges, discharges and storage changes. By investigating current groundwater resources monitoring situation in China, it summarized existing specific region applications and experiences, and pointed out the related research fields and focused topics, which will promote the national groundwater resources monitoring and analysis, as well as groundwater management levels in the future.

Key words: groundwater resources; monitoring and analysis; pumped groundwater quantity; groundwater storage