Index Evaluation on Groundwater Sustainability of Beijing

Chen Jiang,Chen Zongyu,Chen Li,Nie Zhenlong
The Institute of Hydrogeology and Environmental Geology ,CAGS,SHIJIAZHUANG,CHINA
Email: shuihuansuo@126.com

Abstract: This article adopted the international universal system on groundwater evaluation indicators. With the help of groundwater datum of Beijing, the research designed indicators assemble that implemented quantitative analysis on groundwater sustainable evaluation. Utilizing this method and research to evaluated Beijing's groundwater sustainability. This evaluation is about every sub area through three aspects, include, groundwater dependence, availability and quality. According to the result, in general, Beijing groundwater sustainability show an low level appearance, and beneath the world general average level, it is urgently need to research reasonable utilizing mode, and design available policy to improve groundwater using.

Keyword: Beijing; Groundwater; Sustainability; Evaluation

北京市地下水资源可持续性的指标评价

陈江 陈宗宇 陈立 聂振龙
（中国地质科学院水文地质环境地质研究所，石家庄，中国，050061）
Email: shuihuansuo@126.com

摘要：本文采用国际通用，由 IAH 制定的地下水评价因子体系，结合北京市地下水数据获得的实际情况，设计了可以定量分析的评价因子组合，从地下水依赖、可用性、水质三个方面，对北京市地下水的可持续性做了分区评价。评价结果可以看出，北京市各区县总体上可持续性较差，可持续性水平低于世界公认的平均水平，亟待研究合理利用模式和政策的设计。

关键词：北京； 地下水； 可持续 ；评价

1 引 言

大都市的水资源利用是城市发展的关键约束因素之一，如何定量分析水资源的可持续性一直缺乏公认精确的方法。2007 年，联合国教科文组织和国际原子能机构、国际水文地质学家协会（IAH）共同建立了地下水可持续性因子体系[1]，给出了建议性的评价因子。该组地下水可持续因子从三个方面加以设计：地下水的依赖性、可用性、质量三个方面，因子的确定要能够综合反映地下水资源的资源功能、生态功能、地质环境功能。

2 地下水可持续因子介绍

地下水因子的设计以问题为导向，按照压力－状态－响应的方法分层表示。IAH 在已有成熟数据的基础上，设计了如下三个方面的可持续性因子：

本文由国家重点基础研究发展计划（973）项目（课题编号：2010CB428803）和中国地质科学院水文地质环境地质研究所基本科研业务费项目（编号：SK07023）资助。

（1）地下水依赖性方面：反映地下水对人类生产生活的支撑程度。

（2）地下水可用性方面：储存地下水可采量/研究区总人口、地下水总开采量/储存地下水开采量、污水处理率（量），单位面积生态需水量。

（3）地下水（深层、浅层）水质方面：高脆弱性污染区面积/研究区总面积、天然污染区面积/研究区总面积、人为污染区面积/研究区总面积等。

针对这些评价因子，RICARDO HIRATA 等人在巴西的 Sao Paulo 地区选择其中 7 个实际做了应用[2] 。由于自然条件、社会发展阶段的不同，各国对水资源可持续利用的考虑角度也有差别，很多地区没有详细的地下水水质监测计划，监测数据的可信度和相互兼容性很低，很多观测井不合适于地下水监测等等。

3 北京地下水资源及经济发展状况

地下水资源的可持续利用受控于当地的地下水资源量、可采量、分布状况、经济规模、人口数量和政策

等诸多因素。可持续发展利用的准则包括三个方面：可承载、有效益、可持续，要判定是否可持续，就需要建立可持续发展的量化指标体系[3]。因此需要详细的北京地区地下水、经济数据作为评价的依据。

3.1 地下水资源及利用现状

北京市地下水主要补给源来自降水，降水空间分布上表现为山区变化大，平原区变化小。

从 2001 年至 2008 年北京市地下水资源量变化不大，和降雨量的相关性明显，开采量在持续平稳增加，但是开采量一直大于资源量。随着时间的推移可以看到，超采有减轻的趋势(图 1)，这一方面有降雨量的影响，另一方面就是工农业需水的下降和节水措施的实施。从各区县地下水开采状况看，平原区平谷县、通州区和西部山区的延庆县还有一定开采潜力，而其它地区都处于超采状态。开采程度作为地下水可持续性评价的一个因子，直接反映了地下水资源的利用水平和对地下水的依赖程 度，是地下水可持续性评价中最具参考价值的指标。

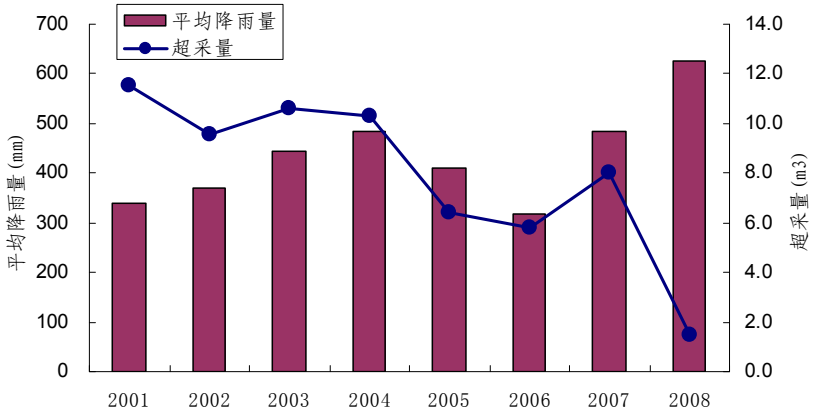

Figure 1.Groundwater over exploration versus rainfall of BEIJING

图 1 北京市地下水超采量和降雨量对比

3.2 社会经济发展

北京经济的发展对水资源的依赖很大，表现在人口数量多，经济规模巨大，生态环境标准高，水安全的要求严格。根据北京市统计年鉴 2001－2008 年的统计，北京市主要行业用水量变化如图 2 所示。

北京市工业用水量从 2001 年开始明显减小，2008 年比 2001 年用水量减小了 43%。工业用水量的大幅度减小，原因主要是耗水企业的搬迁和节水技术的发展，大量技术投入是的耗水水平连年下降，污水回用水平逐年提高，对水资源的依赖逐步减小。

农业用水量 2008 年比 2001 年减少了 5.4 亿 m3，并且连年减小。这是因为耕地面积在逐年降低，节水农业的应用也使漫灌的耕地面积在减小。

生活用水：2008 年比 2001 年增加了 2.7 亿 m3，增加了 22.5%。原因主要是人口的增加和生活水平的提高，虽然水价提高和生活用水定额的出台，但是实际生活用水依然呈增加趋势。

环境用水：北京市环境用水主要包括景观湖泊、河道、湿地的基本生态维持用水，随着城市生活标准的提高，环境用水量逐年增加，

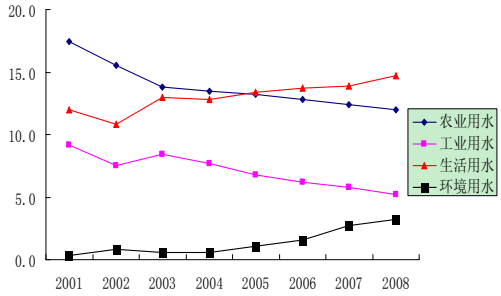

Figure 2.Primary Groundwater utilization change of BEIJING

图 2 北京市主要行业用水量变化

4 北京地区地下水资源持续性分析

在评价分区上，一般选择地下水系统单元为评价单位，但基于经济发展程度和数据的限制，北京市地下水数据大部分以行政单位为统计单位，故本次研究单元以行政边界划分。地下水可持续分析评价根据 IAH 制定

978-1-935068-16-7 © 2010 SciRes.

的地下水可持续性指标体系，结合北京市已有的数据和评价侧重，选定了如下因子作为评价指标。

评价地下水依赖性：人均地下水资源量（I1）、开采资源量/地下水资源量（I2）

评价地下水可用性：工业开采/地下水资源量(I3)、农业开采/地下水资源量(I4)。

评价地下水（浅层）水质：污染区面积/研究区总面积(I5)。

Table 1. The result of sub area indicators evaluation of BEIJING

表 1 北京市各区县评价因子值及评价结果

区县	人均地下水资源量(m^3)1	地下水开采比例(%)2	工业耗水率(%)3	农业耗水率(%)4	污染面积比例(%)5
城郊	53.68	179	54	22	52
通州	174.76	187	66	86	48
平谷	465.12	122	29	55	0
房山	384.80	87	40	38	43
顺义	401.82	162	84	70	45
密云	437.03	45	10	25	29
怀柔	649.89	56	12	30	0
大兴	287.78	194	60	89	46
延庆	408.89	57	1	47	26
昌平	481.82	84	19	39	36
观察	1100<I	I≦75%	I≦30%	I≦30%	I≧30%
注意	360≦I≦1100	75%<I<100%	30%<I<50%	30%<I<50%	15%<I<30%
警告	I<360	I≧100%	I≧50%	I≧50%	I≦15%

参数计算上，污染的面积以监测井水质监测是否达到三类水为标准。由于监测井分布均匀，因此污染面积统计采取未达标井占分布井总数的比例计算。根据参考文献 4—7 已有的数据资料，选定的评价因子结果如表 1 所示，分观察、注意、警告三个类型对应于低、中、高三个评价分类标准。

地下水依赖性方面：因子 1 反映了地下水为公众提供服务的能力，分类为三个等级，标准依据我国多年人均水资源量：低（1100<I）、中(360≦I≦1100)、高(I<360)。10 个行政区域计算显示人均地下水资源量 70%处于中等水平，30%处于低级水平，城近郊由于人口过于集中，人均资源量只有 53.68m3，严重依赖于外调水源。

因子 2 是最直观反映地下水利用状态的指标之一，显示地下水是否处于超采水平。分类标准：低（I≧100%）、中(75%<I<100%)、高（I≦75%）。10 个行政研究单元中有一半处于低标准状态，3 个处于高标准状态。

地下水可用性方面：因子 3 反映地下水对工业发展的贡献程度。分类标准：低（I≧50%）、中(30%<I<50%)、高（I≦30%）。因子 4 反映了地下水对农业发展的贡献程度，分类的标准：低（I≧50%）、中(30%<I<50%)、高（I≦30%）。可用性方面的两个因子分别有 4 个因子处于低标准状态，空间分布明显受限于区域行业功能和人口分布。

浅层地下水水质方面：因子 5 反映了研究单元地下水资源的水质条件，水质划分以是否满足三类水为基准。研究单元中，平谷、怀柔两地未监测到地下水存在三类以上污染样本。该因子的评价分类标准：低（I≧30%）、中(15%<I<30%)、高（I≦15%）。研究区中除两个为检测到污染的区域外，六个研究单元处于污染的低标准状况，两个研究单元处于中等标准。

根据文献[1-2]所设定的评价结果分类标准，对北京市各区县的评价结果分别做评价(表 1)，评价的结果如图 3 所示，城郊、房山、通州、大兴区、顺义三个方面表现出地下水的可持续性为差，主要原因是人口过度集中，工业用水量大。密云、怀柔、延庆、昌平地区因子

评价表现为中下等级，该地区地下水开采率低、污染面积分布小，工业耗水率低。总体上看，北京市大部分地区地下水开采率较高，污染面积占总面积的百分之四十以上，人均水资源量远远低于国际公认的标准，北京市地下水总体上可持续性较差。

5 结论

利用 IAH 的评价因子结合北京市具备的有效数据，利用因子评价北京市各区县的评价结果看：除山区县因人口较少、工业耗水量少、地下水获得的山区补给较大而可持续较好外，其它区县可持续性均达不到基本的良好标准，表现在地下水开采率高、单个行业耗水率过高、污染导致可利用水平降低，和国际水平差距较大，亟待地下水利用模式的研究和政策的制定。

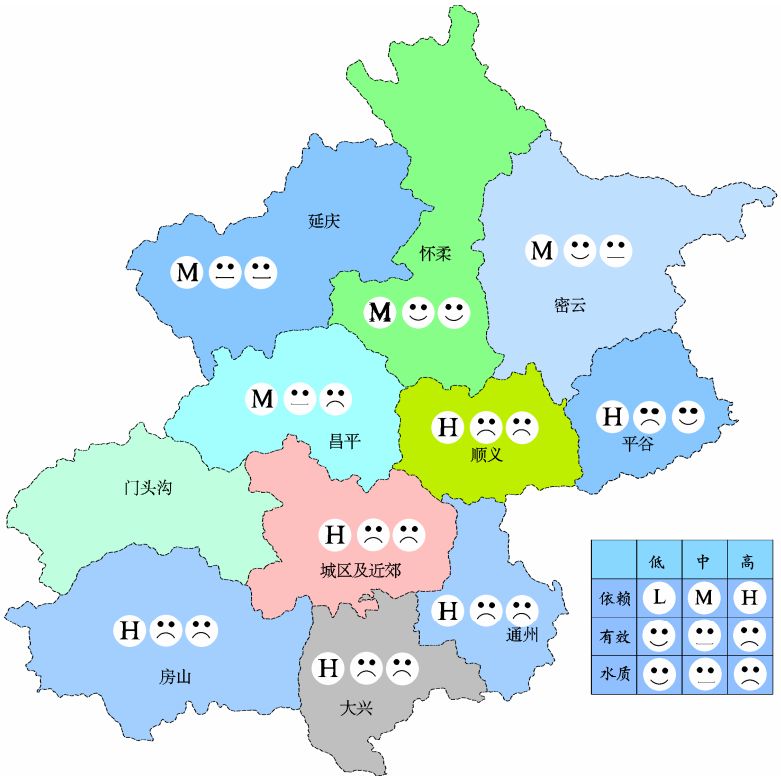

Figure 3.Groundwater sustainable indicators evaluation result of BEIJING

图 3 北京市地下水资源可持续的因子评价结果

References (参考文献)

[1] UNESCO, IAEA, IAH, IHP-VI, Groundwater resources sustainability indicators, 2007

[2] RICARDO HIRATA, Groundwater resources in the state of Sao Paulo (Brazil): the applica- tion of indicators, P141-152

[3] Zuo Qiting , Water Resource Carrying Capacity of city-Theory, Method, Application., Chemical Industry Press.2005

左其亭，城市水资源承载能力－理论.方法.应用， 化学工业出版社，2005

[4] BEIJING water resource communique, 2008

北京市水资源公报，2008

[5] BEIJING statistical yearbook, 2001-2008.

北京市统计年鉴，2001-2008

[6] BEIJING Groundwater, BEIJING bureau of geology and mine, 2008.

北京地下水，北京市地质矿产勘察开发局， 2008

[7] BEIJING geology environmental communiqué, BEIJING bureau of land and resource.

北京市地质环境公报，北京市国土资源

978-1-935068-16-7 © 2010 SciRes.