

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2015.06.031

南通市地下水开采与地面沉降关系

杨贵芳¹, 闫玉茹¹, 程知言¹, 徐凤英², 赵培松¹, 郭娜¹

(1. 有色金属华东地质勘查局, 南京 210007; 2. 南通市国土资源局, 江苏 南通 226000)

摘要: 通过对南通地区地面沉降发展历史的总结, 分析了南通地区区域地面沉降的特征和形成机理, 指出地面沉降的发生主要与不合理过量开采地下水引起的水位下降有关, 南通地区地下水水位下降速率大的区域与地面沉降速率大的地区有较好的一致性, 地下水水位埋深越大的地区地面沉降下降速率越大, 两者呈现正相关性关系。最后提出了相应的地面沉降防治对策和措施。

关键词: 南通地区; 地面沉降; 地下水水位; 相关关系; 防治措施

中图分类号: P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)06-1168-04

Relationship between groundwater exploration and land subsidence in Nantong

YANG Gui fang¹, YAN Yu ru¹, CHENG Zhi yan¹, XU Feng ying², ZHAO Pei song¹, GUO Na¹

(1. East China Mineral Exploration and Development Bureau, Nanjing 210007, China;

2. Land and Resources Bureau of Nantong, Nantong 226000, China)

Abstract: In this paper, the development history and characteristics and formation mechanism of land subsidence in Nantong were analyzed, which suggested that land subsidence is related to groundwater level decline caused by excessive groundwater pumping. The results showed that the rate of land subsidence has positive correlation with groundwater level decline and the area with high land subsidence rate is consistent with the area of high groundwater level decline rate. Finally, control measures of land subsidence prevention were proposed.

Key words: Nantong; land subsidence; groundwater level; correlation; control measures

地面沉降是一个全球性的问题^[1], 迄今全世界已有 60 多个国家或地区的城市发生了地面沉降。中国有 90 多座城市或地区已经发现程度不一的地面沉降, 地面沉降问题越来越受到各级政府和研究者密切关注^[2-8]。地面沉降是一种可由多种因素引起的地面高程缓慢降低的地质现象, 严重时会成为灾害, 其中过量抽取地下水是造成地面沉降最主要的原因^[9]。在美国有 45 个州多于 17 000 mile² 的地区受到地面沉降的影响, 并且 80% 以上是由地下水的开采造成的^[11]。持续超采深层地下(热)水势必引起水环境的变化及影响地质环境的质量^[10-13]。南通市近年来随着城市建设及经济的快速发展, 大量集中开采水质较优的深层地下水, 引起部分地区地下水水位快速下降, 水位降落漏斗梯度增大, 并诱发了地面沉降^[14]。由于地面沉降具有生成缓慢、持续时间长、影响范围广、成因机制复杂和防治难度大的特点, 因此, 它是一种对城市规划建设、经济发展和人民生活构成威胁的一种地质灾害^[2]。

1 区域地质环境背景

南通市第四系发育全, 分布广, 厚度大, 主要为一套砂层与黏性土层交替出现、具韵律变化的松散沉积物, 以冲积为主, 厚度 200~360 m。按含水介质的成因时代、埋藏条件及水动力特征等, 南通地区松散岩类孔隙水自上而下可划分为五个含水层组, 即潜水含水层(Q₄)、第Ⅱ承压含水层组(Q₃)、第Ⅰ承压含水层组(Q₂)、第Ⅰ承压含水层组(Q₁)、第Ⅰ承压含水层组(N₂), 其中富水性较好的层位为第四系中下更新统含水层, 并且第Ⅰ承压含水层(第四系中更新统含水层)顶、底板隔水性良好, 储有优良淡水, 是本区主要供水水源。区内中东部地区由于长期以来大量开采第Ⅰ承压含水层地下水, 已经形成了区域性水位降落漏斗, 并引发了地面沉降的问题^[15]。

2 地面沉降发展历史

20 世纪 70-80 年代地面沉降中心主要发生在南通市区

收稿日期: 2014-03-07 修回日期: 2015-05-23 网络出版时间: 2015-11-03

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20151103.1049.012.html>

基金项目: 江苏沿海地区综合地质调查子项目(苏国土资函[2013]255号文)

作者简介: 杨贵芳(1985-), 女, 安徽萧县人, 工程师, 主要从事地下水污染方面的研究。E-mail: Yangguifang1985@sina.com

范围内。根据 I 等水准测量成果,南通市 1975 年-1986 年间发生了明显的地面沉降,城区沉降量比外围大,城区有两个沉降中心:一个是粮食局-城建局,另一个是色织二厂;1986 年-1988 年南通市地面沉降量有所增大,粮食局仍为沉降中心,而另一中心则由色织二厂转移到农药厂;20 世纪 90 年代到 2000 年左右地面沉降中心仍在南通市区内,只是沉降中心有所变化。1996 年 12 月进行的地面沉降监测,结果表明整个城区范围内累积沉降量已超过 50 mm,并形成若干个次级沉降中心。到 2000 年 12 月再次监测城区已出现五个沉降中心,分别是老南通日报社、南通农药厂、原棉织五厂、第一印染厂以及第三化工厂^[16];据 2012 年南通市国土资源局测量资料,地面沉降主要集中在如东近海岸地带,特别是小洋口港及洋口港地区,南通市主城区、通州区及海门、启东地区地面沉降已连成片,并形成了海门滨江工业园区、悦来镇、海门滨海工业区、通州二甲-海门麒麟镇地区、启东滨海工业园区(近海镇南)几个沉降量相对较大的中心(图 1)。数次监测数据表明,南通城区长时间开采地下水已诱发地面沉降地质灾害,最大累积沉降量已达 200 mm,近期沉降速率约在 6~12 mm/a 之间。

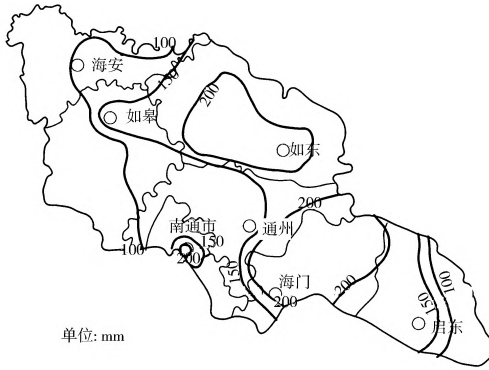


图 1 2010 年南通地区地面沉降量等值线

Fig. 1 Land subsidence isoline of Nantong in 2010

3 地面沉降特征

南通市第 III 承压含水层补给来源,除了上游段(区外泰兴县境内)及东方红农场一带,因隔水层甚薄,可得到 I、II 承压水、江水补给,还有上游补给区径流补给,以及在个别地段可能有少量基岩地下水侧向或顶托补给,但是,承压地下水的补给相当缓慢。南通沿海地区地表水和第 I 承压、II 承压地下水一般为微咸水-咸水,可使用率低,丰富的深层地下水成为主要的供水水源,其中第 0 承压含水层地下水在南通全区性开采,为地下水主采层。由于长期以来大量或过量开采,南通辖区内承压地下水水头持续下降。

3.1 发展具有连续性和继承性

从时间上(2005 年和 2010 年)和空间上可以看出^[17-18](见图 2,图 3),地面沉降是在前阶段的基础上发展扩大的。随着乡镇工业的发展,对清洁水源的需求量激增,地下水开采井、地下水开采量也同步增加,地下水位快速下降,形成了包括南通市区、海门及如东马塘等多个水位降落漏斗中心。地面沉降区域扩大至南通市的大部分地区。

据资料分析显示,研究区局部地区发生地面沉降已持续

30 余年,南通地区西部及以西地区、东台地区和沿江地段尚属轻度发生区,累计沉降量一般 < 100 mm,近期沉降速率一般在 5~10 mm/a 之间。但中东部近海地段,地面沉降已进入明显的发展阶段,较大范围累计沉降量在 100~300 mm 之间,近期沉降速率一般达 10~20 mm/a,个别点可能超过 20 mm/a。

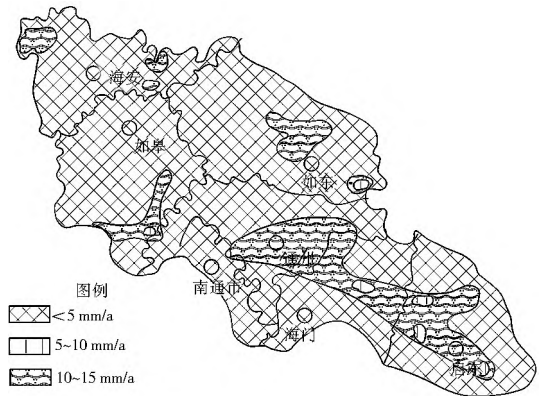


图 2 工作区 2005 年地面沉降速率

Fig. 2 Rate of land subsidence of Nantong in 2005

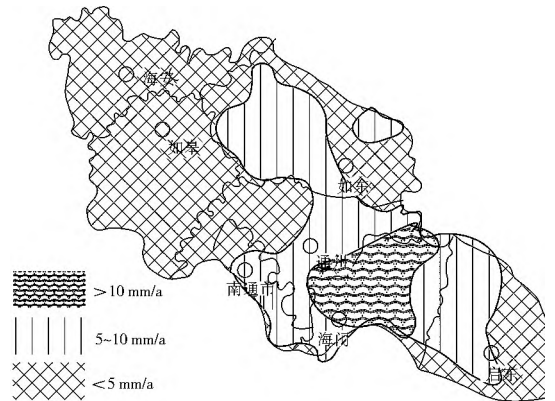


图 3 工作区 2010 年地面沉降速率

Fig. 3 Rate of land subsidence of Nantong in 2010

3.2 与地下水开采密切相关

南通市区主城区内以开采第 N、0 承压水为主,1984 年以来年开采总量都在 1500 万 m³ 以上,最高达 2800 万 m³。开采地相对集中,主要在通棉二厂、色织一厂、农药厂、制药厂、生化厂一带,据 1991 年、1992 年统计,该地段开采量占市区开采总量的一半左右,N、0 承压水年开采量大于 1000 万 m³。长期大量开采,地下水位大幅度下降,20 世纪 60 年代,第 0 承压水水位埋深 5~6 m 左右,20 世纪 80 年代埋深 30 m 左右,现在农药厂、通棉二厂水位埋深 40 m 左右^[17]。地面沉降中心地带与地下水集中开采地段水位降落漏斗区基本吻合,农药厂地面沉降与地下水水位及市区地下水开采量之间呈明显对应关系。

纵观近 10 年水位埋深枯水期、丰水期第 0 承压含水层水位监测资料(图 4-图 6)^[18],研究区水位埋深在枯水期、丰水期均总体呈现西高东低的特点:西部海安、如皋大部区域水位埋深较浅,小于 10 m;中东部地区水位埋深明显加深,大部区域水位埋深超过了 30 m,如东县马塘镇、岔河镇和通州三余镇、姜灶镇及海门市三厂镇、四甲镇、临江镇等镇区

监测点水位埋深超过了 40 m, 而海门市三厂镇则已超过 45 m; 向东南部水位又逐渐抬升, 启东市东南寅阳深井钻水位埋深为 15 m 左右。2000 年存在有南以南通市农药厂、通州区姜灶镇、海门市三厂镇和如东县马塘镇等为中心的四个主要的水位降落漏斗, 由 2000 年丰水期与 2012 年丰水期 35 m 水位埋深等值线图(图 7)可以看出, 35 m 水位埋深等值线还未将上述四个主要降落漏斗圈围在一起, 发展到 2012 年 35 m 水位埋深等值线已经将主要降落漏斗区连在了一起。

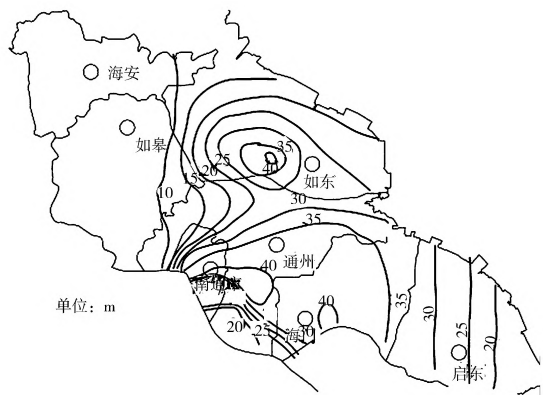


图 4 2001 年枯水期 0 III 承压含水层等水头线

Fig. 4 Head contour in 0 III confined aquifer of dry season in 2001

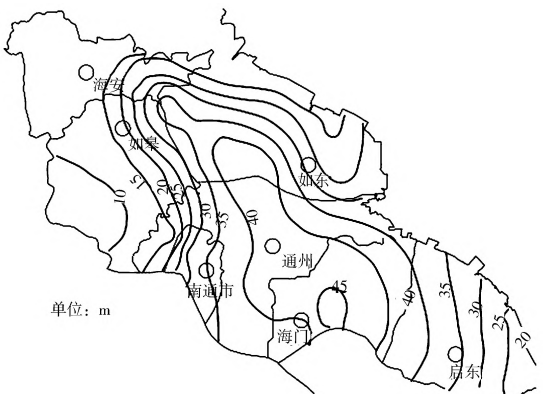


图 5 2011 年枯水期 0 III 承压含水层等水头线

Fig. 5 Head contour in 0 III confined aquifer of dry season in 2011

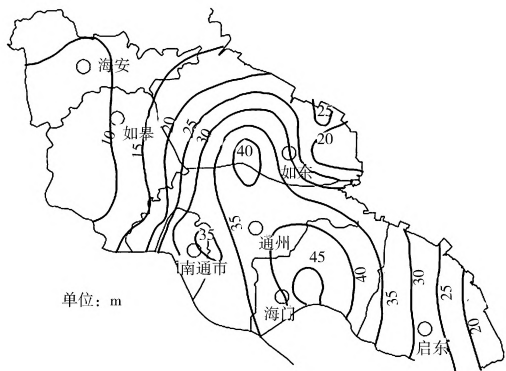


图 6 2012 年枯水期 0 III 承压含水层等水头线

Fig. 6 Head contour in 0 III confined aquifer of dry season in 2012

地区地面沉降的发生与发展, 与地下水开采关系非常密切(图 8)。通过对比研究区地面沉降速率与 0 III 承压地下水位埋深等值线图(图 9、图 10)可以发现地面沉降与地下水位的降落在很多方面具有一致性, 首先是地面沉降中心位置与地

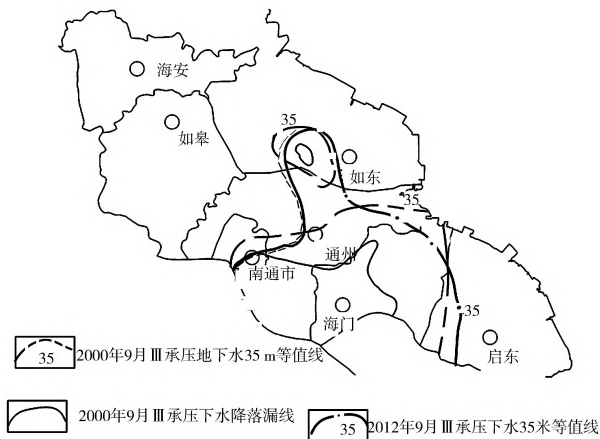


图 7 2012 年丰水期与 2000 年丰水期 0 III 承压含水层等水头对比

Fig. 7 Comparison of head contours in

0 III confined aquifer of wet seasons in 2012 and 2000

下水位降落漏斗具有一致性, 二者在平面上的轮廓均表现为北东向不规则多边形, 范围包括如东-南通市区-通州区-海门等, 且水位降落漏斗往往是地面沉降的中心区域; 其次, 二者在沉降量大小上也有很大的一致性, 水位降落量大的地区, 地面沉降量也相对较大, 反之亦然。

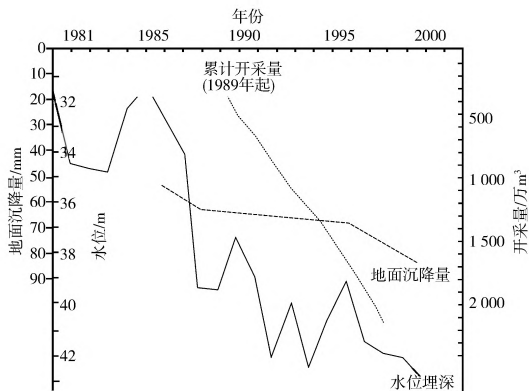


图 8 南通农药厂地面沉降量与第 0 III 承压含水层地下水埋深关系

Fig. 8 Relationship between land subsidence and groundwater depth in 0 III confined aquifer in Nantong pesticide plant

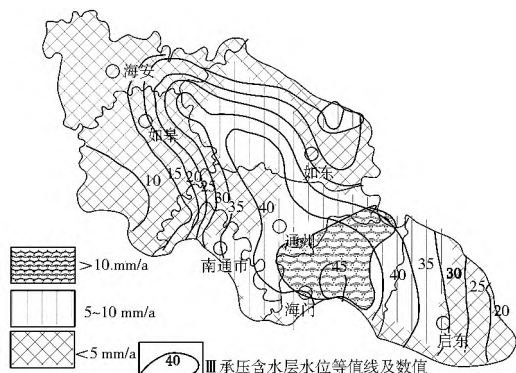


图 9 2011 年 0 III 承压含水层地下水埋深等值线与 2010 年沉降速率对比

Fig. 9 Comparison of groundwater depth in 0 III confined aquifer in 2011 and rate of land subsidence in 2010

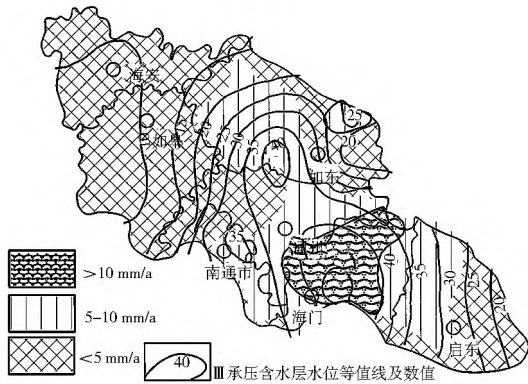


图 10 2012 年 0 承压含水层地下水埋深等值线与 2010 年沉降速率对比

Fig. 10 Comparison of groundwater depth in 0 confined aquifer in 2012 and rate of land subsidence in 2010

4 防治地面沉降建议

(1) 科学开发利用地下水资源: 鉴于南通地区地面沉降的状况, 建议合理调整地下水开采布局和开采层次; 严格控制地下水资源开采量; 定期开展地下水人工回灌以有效控制地面沉降的发展。

(2) 完善地面沉降监测系统, 加强对地面沉降严重区域的监测。

(3) 在市政和相关的工程项目建设中, 开展和加强对地面沉降影响的评估工作, 并立法予以保证。

(4) 依靠相关主管部门用行政手段来控制地面沉降, 运用法规、行政管理手段, 加强沉降区地下开采方面的统一管理, 制定控制审批增打新井制度。

5 结论

地面沉降现象与人类活动密切相关, 造成南通大部分地区地面沉降的主要原因就是由于地下水的长期超量开采。单一含水层地下水的连年超采和地下水位的持续下降是研究区地面沉降的直接原因。通过对研究区地下水开采空间上以及时间上的特点进行总结分析, 发现研究区水位总体呈现西高东低的特点, 并且地面沉降是在前阶段的基础上发展扩大的; 通过地下水开采与地面沉降相关关系研究, 发现地下水埋深越大的区域地面沉降下降速率越大, 呈现正相关性, 并且地面沉降速率大的地区与地下水位下降速率大的区域分布有比较好的一致性。

致谢

该论文研究成果为江苏沿海地区综合地质调查子项目(苏国土资函[2013]255号文)江苏省南通市地面沉降机理研究项目的研究成果的一部分。南京地质矿产研究所姜月华研究员在本论文写作过程中提供了的有益的建议和悉心的指导, 谨致谢意。

参考文献(References):

[1] USGS. Land Subsidence Monitoring Network Subsidence Facts[online]. Available: http://ca.water.usgs.gov/projects/central_valley/land_subsidence_monitoring_network.html. 2013 11 21.

[2] 阎世骏, 刘长礼. 城市地面沉降研究现状与展望[J]. 地学前缘, 1996, 3(1): 93-97. (YAN Shi jun, LIU Chang li. Status and prospect of urban land subsidence[J]. Earth Science Frontiers, 1996, 3(1): 93-97. (in Chinese))

[3] 段永侯. 我国地面沉降研究现状与 21 世纪可持续发展[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1998, 9(2): 1-5. (DU AN Yong-hou. Research status on land subsidence and sustainable development in the 21st century of China[J]. The Chinese journal of geological hazard and control, 1998, 9(2): 1-5. (in Chinese))

[4] 侯艳声, 郑铣鑫, 应玉飞. 中国沿海地区可持续发展战略与地面沉降系统防治[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(2): 30-33. (HOU Yarr sheng, ZHENG Xiar xin, YING Yur fei. The sustainable development and control of ground settlement system in China's coastal areas[J]. The Chinese journal of geological hazard and control, 2000, 11(2): 30-33. (in Chinese))

[5] 张阿根, 刘毅, 龚士良. 国际地面沉降研究综述[J]. 上海地质, 2001(4): 1-7. (ZHANG A-gen, LIU Yi, GONG Shi liang. Overview of international land subsidence research[J]. Shanghai Geology, 2001(4): 1-7. (in Chinese))

[6] 郑铣鑫, 武强, 侯艳声, 等. 城市地面沉降研究进展及发展趋势[J]. 地质论评, 2002, 48(6): 612-618. (ZHENG Xiar xin, WU Qiang, HOU Yarr sheng, et al. Research progress and development trend of ground settlement in cities[J]. Geological Review, 2002, 48(6): 612-618. (in Chinese))

[7] 薛禹群. 我国地面沉降模拟现状及需要解决的问题[J]. 水文地质工程地质, 2003, 5(2): 1-4. (XUE Yur qun. Present status of modeling land subsidence in China and problems to be solved[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2003, 5(2): 1-4. (in Chinese))

[8] 薛传东, 刘星, 李保珠, 等. 昆明市地面沉降的机理分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(3): 47-54. (XUE Chuan dong, LIU Xing, LI Bao zhu, et al. Mechanism analysis of land subsidence in Kunming City area[J]. The Chinese journal of geological hazard and control, 2004, 15(3): 47-54. (in Chinese))

[9] 薛禹群, 吴吉春, 张云, 等. 长江三角洲(南部)区域地面沉降模拟研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2008, 38(4): 477-492. (XUE YU-qun, WU Ji chun, ZHANG Yun, et al. Modeling research of regional land subsidence in the Yangtze river delta (south)[J]. China science D: Earth sciences, 2008, 38(4): 477-492. (in Chinese))

[10] Kinniburge D G, Gale I N, Smedley, et al. The effects of historic abstraction of groundwater from the London Basin aquifers on groundwater quality[J]. Applied Geochemistry, 1994, 9: 175-195.

[11] 吴铁钧, 崔小东, 牛修俊, 等. 天津市地面沉降研究及综合治理[J]. 水文地质工程地质, 1998, 25(5): 17-20. (WU Tie jun, CUI Xiaor dong, NIU Xir jun, et al. Land subsidence research and comprehensive control in Tianjin[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 1998, 25(5): 17-20. (in Chinese))

[12] 陈崇希. 关于地下水开采引发地面沉降灾害的思考[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(5): 45-75. (CHEN Chong xi. Thinking about land subsidence caused by underground water mining[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2000, 27(5): 45-75. (in Chinese))

(下转第 1202 页)

- [4] 朱文韬. 涉外星级酒店用水定额选用探讨[J]. 给水排水, 2010, 36(5): 74-76. (ZHU Wen tao. Discussion on selection of water consumption in foreign related hotel[J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(5): 74-76. (in Chinese))
- [5] 周广安, 张磊. 谈宾馆行业用水定额的编制方法[J]. 中国给水排水, 2002, 18(12): 63-65. (ZHOU Guang an, ZHANG Lei. Discussion on the method for working out water consumption quota in hotel trade[J]. China Water & Wastewater, 2002, 18(12): 63-65. (in Chinese))
- [6] 咎玉红, 谢民育, 李建辉, 等. 武汉市宾馆饭店行业取水定额的编制研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2005, 23(1): 15-20. (ZAN Yu hong, XIE Min yu, NING Jian hui, et al. The establishment research of fixed quantity to take water in Wuhan hotels[J]. Journal of hebei Institute of Architectural Engineering, 2005, 23(1): 15-20. (in Chinese))
- [7] 吴继强, 张建丰, 王向荣, 等. 西安市宾馆酒店用水调查及存在问题初探[J]. 水资源与水工程学报, 2008, 19(4): 89-91. (WU Ji qiang, ZHANG Jian feng, WANG Xiang rong, et al. Investigation of water using and discussion of present problems in Xi'an City's hotels[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2008, 19(4): 89-91. (in Chinese))
- [8] 左建兵, 陈远生. 实施取水定额管理的几个关键问题探讨[J]. 中国水利, 2007(7): 27-30. (ZUO Jian bing, CHEN Yuan sheng. Discussion on some problems in the process of norm of water intake management[J]. China Water Resources, 2007(7): 27-30. (in Chinese))
- [9] 王甜甜, 王国利, 彭勇. 大连市重点行业用水定额制度研究[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(5): 164-167. (WANG Tian tian, WANG Guo li, PENG Yong. Determination of water consumption quota of key industries in Dalian[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013, 11(5): 164-167. (in Chinese))
- [10] 冉连起. 对确定用水定额相关问题的探讨[J]. 中国水利, 2005(11): 19-20. (RAN Lian qi. Discussion of issues related to determine the water use quota [J]. CHINA WATER RESOURCES, 2005(11): 19-20. (in Chinese))
- [11] 苏冬源. 行业用水定额与水资源管理[J]. 广西水利水电, 2010(5): 32-34. (SU Dong yuan. Industry water consumption quota and water resource management[J]. GX Water Resources & Hydropower Engineering, 2010(5): 32-34. (in Chinese))
- [12] 张丽, 张云, 钱树芹, 等. 用水定额研究进展浅议[J]. 中国水利, 2011(5): 45-47. (ZHANG Li, ZHANG Yun, QIAN Shu qin, et al. Discussion research progress of water quota [J]. China Water Resources, 2011(5): 45-47. (in Chinese))
- [13] 刘云婷, 王伟, 李克勋, 等. 天津市火电厂综合用水定额编制研究[J]. 给水排水, 2014(9): 50-54. (LIU Yun ting, WANG Wei, LI Ke xun, et al. Determination of the power plant comprehensive water quota of Tianjin[J]. Water & Wastewater Engineering, 2014(9): 50-54. (in Chinese))
- [14] 刘英, 穆东雪, 周建芝, 等. 天津市普通高校综合用水定额编制研究[J]. 给水排水, 2010, 36(6): 78-81. (LIU Ying, MU Dong xue, ZHOU Jian zhi, et al. Determination of the common institution comprehensive water consumption quota in Tianjin City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(6): 78-81. (in Chinese))
- [15] 余里红. 工业用水定额编制方法探讨及应用[J]. 水利科技, 2008(3): 32-34. (YU Li hong. Discussion and application of the industrial water quota establishment method [J]. Science and Technology, 2008(3): 32-34. (in Chinese))

(上接第 1171 页)

- [13] 陈崇希, 裴顺平. 地下水开采-地面沉降数值模拟及防治对策研究-以江苏省苏州市为例[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001. (CHEN Chong xi, PEI Shun ping. Research on numerical simulation of underground water mining and land subsidence modeling and prevention and control countermeasures, take suzhou city, jiangsu province for example [M]. Wuhan: China university of geosciences press, 2001. (in Chinese))
- [14] 安晓宇, 王琦, 桑辉, 等. 南通市地下水开采与地面沉降模拟预测[J]. 勘察科学技术, 2013(1): 43-47. (AN Xiao yu, WANG Qi, SANG Hui, et al. Simulation and prediction for groundwater exploitation and land subsidence in Nantong city. [J]. Investigation of science and technology, 2013(1): 43-47. (in Chinese))
- [15] 南通市国土资源局. 南通市地下水监测年报(2012年)[R]. 2013. (Nantong Bureau of Land and Resources. Annual report of groundwater monitoring in Nantong city(2012) [R]. 2013. (in Chinese))
- [16] 王光亚, 冯金顺, 鄂建, 等. 长江三角洲地区(长江以北)环境地质综合调查评价报告[R]. 2011: 330-335. (WANG Guang ya, FENG Jin shun, ER Jian, et al. Comprehensive environment geological survey evaluation report of North of the Yangtze river delta region (Yangtze river) [R]. 2011: 330-335. (in Chinese))
- [17] 施春华, 邱琳, 马进, 等. 南通市地下水资源评价报告[R]. 2008: 49-50. (SHI Chun hua, QIU Lin, MA Jin, et al. Report of groundwater resources evaluation in Nantong city [R]. 2008: 49-50. (in Chinese))
- [18] 南通市国土局, 江苏省地质调查研究院. 南通市地下水水情报告[R]. 2001, 2011, 2012. (Nantong Bureau of Land and Resources, Geology investigation institute in jiangsu province. The hydrologic information report of groundwater in Nantong city [R]. 2001, 2011, 2012. (in Chinese))