

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2017. 05. 019

江苏省地下水超采区的分类及治理

冯志祥

(江苏省水利厅,江苏 南京 210029)

摘要:在继承全国地下水超采区现有分类分级体系的基础上,从超采区治理的角度出发,结合江苏省地下水超采区发生、发展的实际情况,对地下水超采区进一步细分,以完善现有地下水超采区分类体系。提出地下水超采区分类治理模式和适用条件:对地下水超采引发严重地质环境问题并具备替代水源条件的地质灾害型地下水超采区,采用以禁止开采为主导的超采区治理模式;对现状超采型及前期超采型中目前水位仍在下降或虽然趋稳,但仍在预警线之下的地下水超采区,采取以压缩开采为主导的治理模式;对目前水位已回升至预警线之上的前期超采型地下水超采区,可采用以维持现状开采为主导型的超采区治理模式。

关键词:地下水超采区;分类体系;分类治理;江苏省

中图分类号:P648 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933(2017)05 - 0117 - 06

Classification and management of groundwater over-development area in Jiangsu Province

FENG Zhixiang

(Water Resources Department of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

Abstract: Based on the existing classification system of nationwide groundwater over-development area, we improve this system through subdividing the groundwater over-development area in a case study in Jiangsu Province, with consideration of the management and actual situation of the over-development area in Jiangsu Province. We present a classification management model for the groundwater over-development area and propose its application conditions: for the area with damaged geological environment due to over-development of groundwater, the development of groundwater is prohibited; for the area with a declining water level or a water level that tends to be stable but is below the early warning line, the groundwater development amount should be reduced; and for the area with a water level above the early warning line, the current status of groundwater development can be maintained.

Key words: groundwater over-development area; classification system; classification management; Jiangsu Province

近年来,我国因地下水超采引发的生态与环境问题日趋突出,严重危及饮水安全、经济安全、粮食安全和生态安全。根据最新一轮全国地下水超采区划分与评价结果,2001—2010年间,全国共有23个省区存在地下水超采区,超采区总面积为29.4万km²,年均超采量137.1亿m³。加强地下水管理和保护,推进地下水超采区治理,成为我国水资源管理工作中亟待解决的重大问题。

目前,全国地下水超采区分类主要基于超采区划分与评价的需要。按地下水类型、超采区面积及超采程度进行分类,无法揭示地下水超采区产生的原因及超采引起的后果,难以满足地下水超采区治理的需要。笔者以江苏省为例,在完善现有地下水超采区分类体系的基础上,提出超采区分类治理模式和措施,以期对地下水超采区治理提供参考。

作者简介:冯志祥(1970—),男,高级工程师,硕士,主要从事水资源管理、节约和保护方面研究。E-mail: fzx871446@163.com

1 江苏省地下水情况

1.1 地下水资源赋存概况

江苏省地下水分为孔隙水、岩溶水和裂隙水三大类型,其中孔隙水是主要地下水类型,在平原区分布广泛,面积约占全省 80%。按埋藏条件,地下水自上而下可划分为潜水、第Ⅰ承压、第Ⅱ承压、第Ⅲ承压、第Ⅳ承压、第Ⅴ承压含水层^[1],其中第Ⅱ、Ⅲ承压含水层(盐城地区包括第Ⅳ承压含水层)是江苏省地下水主要开采层,岩溶水主要分布在徐州市区及宁镇地区,裂隙水主要分布于省域北部、西南部低山丘陵区^[1]。

1.2 地下水开发利用特点

江苏省深层地下水开采始于 20 世纪初。20 世纪 80 年代后随着乡镇工业的兴起及地表水质量的下降,深层地下水开采从城市向乡村发展,形成了区域性开发利用的格局。全省各地区地下水开发利用先后经历发展、高峰、控制 3 个阶段^[2],但各地各阶段经历时间不尽相同。苏锡常地区地下水开采于 20 世纪 90 年代中期进入高峰阶段,此后进入控制压缩开采阶段,2000 年后开始实施深层地下水禁采;苏北地区地下水开采高峰多在 20 世纪 90 年代中后期,2000 年前后进入地下水控制开采阶段,逐步实施地下水开采总量控制。由于水行政主管部门管理力度不断加强,全省地下水开采量由 2000 年的 12.4 亿 m³ 逐步回落到 2015 年的 7.8 亿 m³。

1.3 地下水超采区分布状况

2013 年,江苏省水行政主管部门组织有关单

位,以 2000—2010 年为评价期,采用水位动态法、引发问题法、开采系数法 3 种不同方法开展新一轮全省地下水超采区^[3]划分工作。对采用 3 种方法均被划为超采区的区域,确定为超采区;对 3 种方法划分结果不一致的区域,综合考虑水文地质条件、开采条件、超采区划分精度、基础资料可靠性、评价期前地下水超采情况等因素确定是否划分为超采区^[4]。结果显示,全省地下水超采区总面积 16 596.8 km²,其中一般超采区面积约 7 683.0 km²,主要位于盐城市、南通市、淮安市及徐州市;严重超采区面积 8 913.8 km²,主要位于苏锡常地区及南通海门。此外,徐州市丰县、沛县,淮安市涟水,盐城市滨海等多个城区及连云港灌云、灌南局部地段也为严重超采区(图 1)^[5]。

2 地下水超采区的分类

2.1 全国地下水超采区分类体系

目前,全国地下水超采区分类主要基于超采区划分与评价的需要,从地下水类型角度,将地下水超采区分为孔隙水超采区、岩溶水超采区及裂隙水超采区 3 大类。对同一类地下水超采区,根据超采区分布面积再将其分为特大型地下水超采区(面积不小于 5 000 km²)、大型地下水超采区(面积小于 5 000 km² 且大于等于 1 000 km²)、中型地下水超采区(面积小于 1 000 km² 且大于等于 100 km²)及小型地下水超采区(面积小于 100 km²)4 级;或根据超采程度将其分为严重超采区及一般超采区。

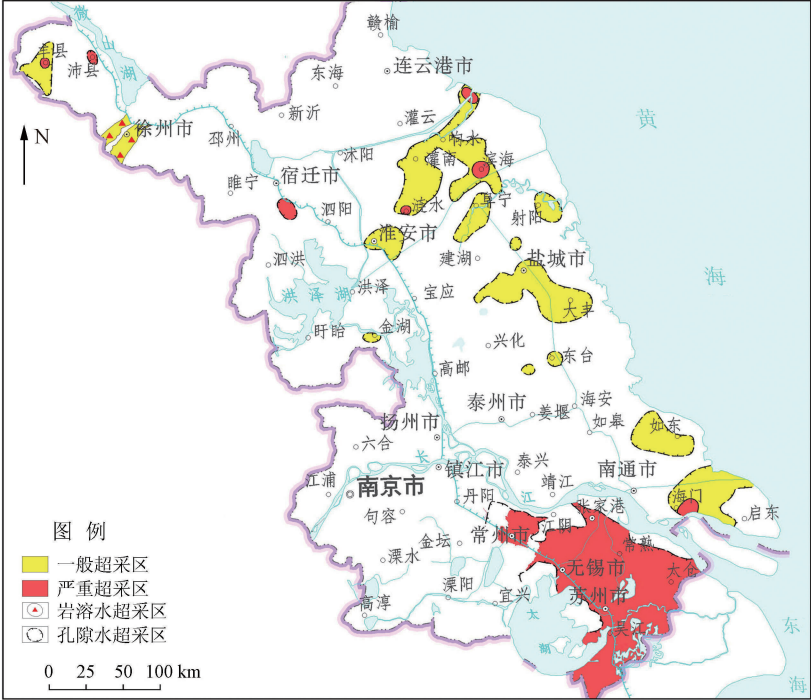


图 1 江苏省地下水超采区分布

2.2 江苏省地下水超采区分类体系

a. 按超采原因划分。从便于地下水超采区治理的角度出发,对江苏省不同类型地下水超采区(孔隙水超采区及岩溶水超采区)按发生原因进一步细分为两种类型。①前期超采型:指地下水现状开采量并未超过可开采量,但由于前期地下水超量开采引发了明显的地面沉降等地质灾害的地下水超采区。从江苏省最新超采区划分结果来看,多属于采用引发问题法划分的地下水超采区,而采用开采系数法及水位动态法则划分为非超采的地下水超采区。②现状超采型:指地下水现状开采量仍然超过可开采量,且由于长期地下水超量开采引发了水位持续下降或明显地面沉降等地质灾害的地下水超采区。对比江苏省最新地下水超采区划分结果,多属于采用开采系数法或水位动态法划分的地下水超采区。

b. 按超采后果划分。从地下水超采后在地质环境方面的不同表现,对江苏省不同类型地下水超采区(孔隙水超采区及岩溶水超采区)按引发后果进一步细分为水位下降型、地质灾害型和复合型 3 种类型。①水位下降型:指由于地下水超量开采造成地下水水位持续下降的地下水超采区。水位下降型地下水超采区也可能已引发地面沉降等地质灾害,但地面沉降等地质灾害尚不明显,其危害尚无明显表征。这类超采区通常发生在地下水超量开采历时相对较短或地质环境背景条件较好的地下水超采

区。②地质灾害型:指虽现状水位基本稳定,但由于地下水超量开采已引发明显地面沉降等地质灾害的地下水超采区。这类超采区主要是由于前期地下水超量开采引发的明显地面沉降等地质灾害所致。③复合型:指由于地下水超量开采,造成地下水水位持续下降,且已引发明显地面沉降等地质灾害的地下水超采区。这类超采区通常发生在地下水长期超量开采,且目前仍在超量开采的地下水超采区。

2.3 江苏省地下水超采区分类结果

a. 按超采原因划分。据超采区现状评价结果,位于苏锡常、南通市、盐城市(除滨海、响水)等地的 14 个地下水超采区目前地下水并未超采,部分地区甚至还处于禁采状态,但由于前期地下水超量开采,导致地下水位持续下降或已引发明显地面沉降等地质灾害,为前期超采型地下水超采区;而位于徐州丰沛、连云港市、淮安市、盐城北部、泰州兴化、宿迁洋河等地 8 个地下水超采区现状开采量仍然超过可开采量,为现状超采型地下水超采区,见图 2。

b. 按超采后果划分。据《江苏省地下水超采区评价报告》,全省 22 个地下水超采区中,位于苏锡常、南通启东、盐城东台及射阳等地 6 个大小不等的地下水超采区,由于前期地下水超量开采引发了不同程度的地面沉降或岩溶地面塌陷,其地面沉降等地质灾害具有滞后性及不可逆性^[5],所以现状虽未超量开采,但由于引发了地质环境问题而仍被划分

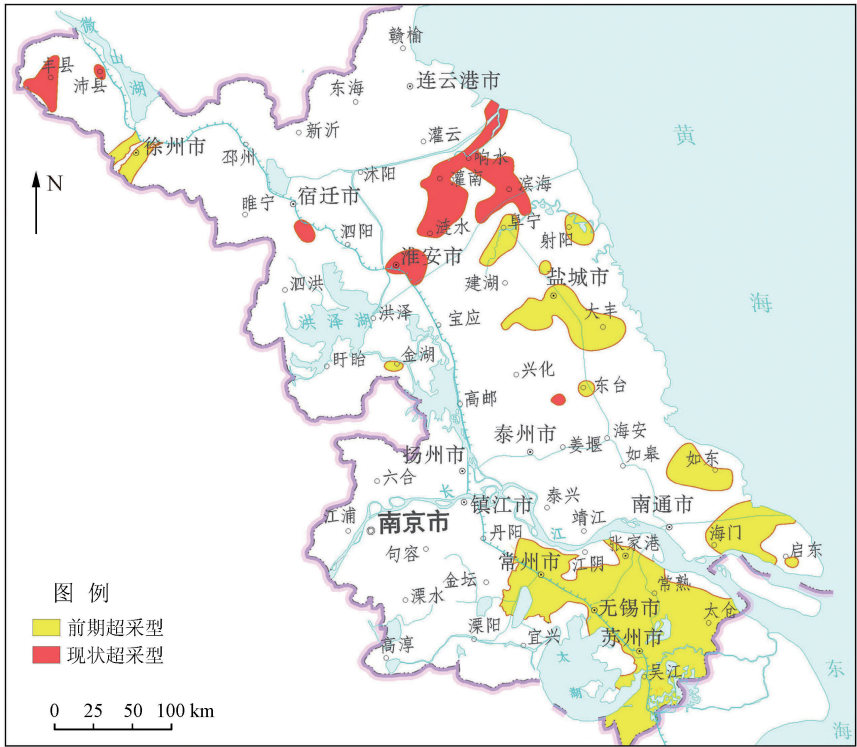


图 2 按超采原因划分的江苏省地下水超采区

为地下水超采区,属地质灾害型地下水超采区;位于宿迁洋河、淮安市区、淮安金湖、盐城建湖及泰州兴化等地 6 个地下水超采区是由于地下水位持续下降而被划分为地下水超采区,属水位下降型地下水超采区;而其余 10 个地下水超采区则兼具水位下降及引发问题两大特征,属复合型地下水超采区,见图 3。

3 地下水超采区的治理

3.1 治理模式

江苏省地下水超采治理实践表明,地下水超采区治理有“禁”(禁止开采地下水)、“替”(替代水源建设)、“压”(压缩地下水开采)、“补”(增加地下水补给)、“调”(调整地下水开采层次)、“节”(节约用水)、“保”(地下水保护)、“管”(地下水资源管理)、“经”(经济调节)等多种措施,不同类型地下水超采区治理措施不尽相同。

a. 以禁止开采为主导型的治理。以禁止开采为主导型治理模式是指除了超采区治理必须采取的替代水源建设(“替”)、节约用水(“节”)、地下水保护(“保”)等措施外,全面禁止开采地下水(“禁”)。此类超采区治理模式以苏锡常地下水超采区治理最为典型。

b. 以压缩开采为主导型的治理。以压缩开采为主导型治理模式是指除了超采区治理必须采取的替代水源建设外,以压缩开采为主导,根据各地下水

超采区地质环境背景、开发利用特点、区域供水规划及其进展状况,辅以“补”、“调”、“节”、“保”、“管”、“经”等多种措施。具体而言,徐州岩溶水超采区突出地下水保护措施;徐州丰沛及淮安、盐城地下水超采区加快推进区域供水建设同时在压缩开采量过程中调整开采层次(丰沛及淮安对水质要求不高的工业用水改用浅层地下水,盐城分散开采Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压水),注重节水技术改造,对农村饮用水实施计量收费;宿迁地下水超采区通过限制取水用途、增加补给、节水技术改造等多种措施实现压采目标;连云港地下水超采区加快推进区域供水建设,注重节水技术改造,对农村饮用水实施计量收费;南通地下水超采区加快推进农村供水管网建设,开展节水技术改造,辅以调整开采层次。

c. 以维持现状开采为主导型的治理。以维持现状开采为主导型治理模式是指除了超采区治理必须采取的替代水源建设(“替”)、节约用水(“节”)、地下水保护(“保”)等措施外,地下水开采规模维持在现状开采规模。

3.2 不同治理模式的适用条件

a. 以禁止开采为主导型模式。苏锡常地下水超采区的经验表明,采取地下水禁采措施,无疑是治理地下水超采最快速、最有效的手段。但禁采的前提必须要有替代水源。以禁止开采为主导型的治理模式适用于地下水超采引发了地质环境问题并具备替代水源条件的地质灾害型地下水超采区。具备替代

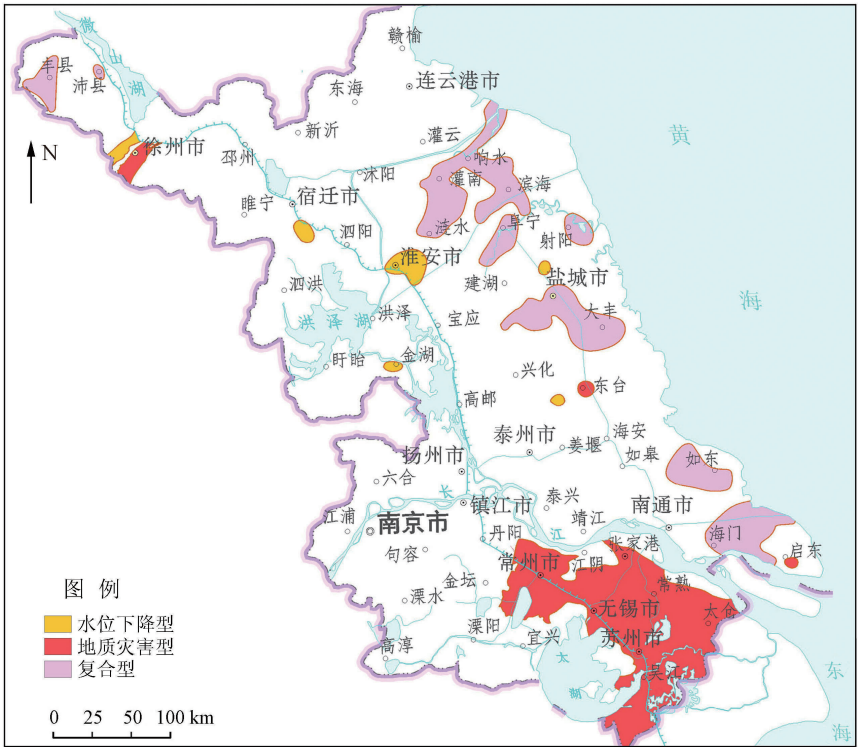


图 3 按超采后果划分的江苏省地下水超采区

水源条件是适用该类地下水超采区治理模式的前提条件。

b. 以压缩开采为主导型模式。以压缩开采为主导型的模式适用于现状超采型同时又是水位下降型,或者前期超采型中目前水位仍在下降或虽然趋稳但仍在预警线之下的地下水超采区。从江苏省地下水超采区现状来看,下一步地下水超采区治理以压缩开采为主导型的超采区治理模式为主。

c. 以维持现状开采为主导型模式。从地下水超采区分类结果看,江苏省 22 个地下水超采区中有 14 个地下水超采区为前期超采型,主要是由于前期地下水超量开采引发了地面沉降等地质环境问题所致。这类地下水超采区如启东汇龙地下水超采区等,如果目前水位已回升至预警线(限采水位)之上,即已实现了地下水超采区治理的水位目标,则采用以维持现状开采为主导型的治理模式。

4 典型地下水超采区治理成效

4.1 苏锡常地下水超采区

苏锡常地下水超采区是江苏省 22 个地下水超采区中形成时间最长、分布范围最广、引发后果最为严重的地下水超采区。自 20 世纪 70 年代,苏锡常地区深层地下水开采逐步形成规模,至 1995 年达到高峰(全区累计开采井数达 4 800 多眼,年地下水开采量高达 4.5 亿 m^3),水位埋深 50 m 的等值线已将苏锡常 3 市连在一起,锡西前洲、洛社一带地下水位降落漏斗中心最大水位埋深达 80 余 m,并引发了区域地面沉降,局部地区由于不均匀沉降引发了地裂缝灾害^[6]。苏锡常地区由于地下水超采所造成的地质灾害引起了江苏省委、省人大、省政府的高度重视。江苏省政府随后出台了一系列文件,在各级政府和有关部门的共同努力下,20 世纪 90 年代中期后苏锡常地区地下水开采量终于进入负增长状态,平均以 3 000 万 m^3/a 的速率递减,水位下降速率趋缓,部分地段水位开始缓慢回升。但由于地下水过量开采的滞后效应,地质灾害尚未得到根本控制,特别是 1999 年太湖流域发生的超历史特大洪涝灾害中,地面沉降加剧了灾害的范围^[7]。2000 年江苏省人大下达了苏锡常地区禁采地下水的决定,苏锡常地区开始实施以禁采为主导的“禁”、“替”、“节”、“保”、“管”、“经”一系列法律、行政、技术及经济措施。2000 年实施地下水禁采令后,区内地下水位明显回升,至 2010 年,区域地下水位降落漏斗区最大水位埋深升至 71.4 m(无锡洛社),40 m 水位降落漏斗范围缩小至 1 200 km^2 。2011—2015 年间,常州、无锡第Ⅱ承压水水位继续以上升为主,最大升幅达

6.0 m/a(常州塑编总厂);苏州以稳定为主。2015 年苏锡常 40 m 水位降落漏斗面积缩至 766 km^2 (比 2000 年禁采初期减小近 3 000 km^2 ,见图 4),中心最大水位埋深升至 55.5 m(江阴祝塘),比 2000 年上升 31.7 m。

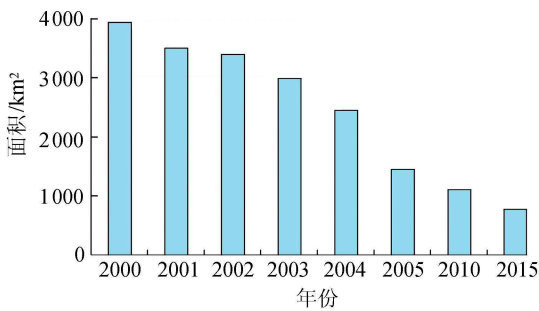


图 4 禁采后地下水位降落漏斗面积变化(40m 埋深)

禁采深层地下水后,苏锡常地区地面沉降形势明显好转,全区出现不同程度的减缓特征。2000—2003 年间,苏锡常东部大部分地区年沉降量开始缩小至 10 mm 以内,伴随着地下水位由东向西的逐步抬升,苏州至无锡区间的一些沉降漏斗趋于稳定,常州—无锡地区年平均沉降速率从 26 mm/a 减小至 16 mm/a。原来 3 市连成一片的沉降格局发生改变,由集中转向分散,一些人口集中、经济发达的中心镇正以地面沉降“孤岛”或“岛链”的形态渐渐显现出来。据长三角最新地面沉降监测网数据,目前该区地面沉降速率多已降至 5 mm/a 以内,但江阴南部等局部地段沉降速率仍达 5 ~ 20 mm/a^[8]。

苏锡常地区地裂缝最早发育于 1989 年,其后几乎每年都有发生,至 1995 年地下水开采高峰期,地裂缝也进入高发育期,常州、无锡、苏州等地相继发生 6 处地裂缝。自 2000 年地下水禁采,地面沉降发展趋缓后,地裂缝发展趋势也随之减缓,2002 后,未发现新增地裂缝。禁采减小了新增地裂缝发生频度,同时也使已有地裂缝活动性趋缓。

4.2 宿迁洋河地下水超采区

宿迁洋河地下水超采区分布面积为 132.8 km^2 ,是江苏省苏北地区地下水超采区中水位埋深最大的地下水超采区。宿迁洋河早在 1949 年中华人民共和国建国初期即开发利用深层地下水用于白酒生产。自 20 世纪 80 年代后,随着社会经济的发展,洋河白酒的频频获奖,洋河酒厂的产量逐年增加,再加上周边小酒厂的兴起,作为酿酒主要原料的地下水开采规模持续扩大,逐渐处于过量开采状态,至 2013 年,洋河地下水开采量达 400 多万 m^3 ,地下水位降落漏斗中心最大水位埋深降至 47.68 m。2014 年初,宿迁市区域供水管网通达洋河,当地水行政主

管部门以此为契机,开始实施以限采为主导的“压”、“替”、“节”、“保”、“补”、“管”、“经”等多种措施。2014 年初,洋河实现区域供水的同时,当地水行政主管部门开始实施封井压采工程,通过减少开采井数及减少开采量来进行地下水限采,用自来水逐步替代地下水解决当地企业及居民的工业及生活用水。

通过封填大批生产和生活用井,宿迁洋河地下水位明显上升,监测资料显示 2014 年 1 月至 12 月该地区地下水位上升了 5.38 m(由年初 47.69 m 升至 42.31 m),地下水限采效果显著,见图 5。

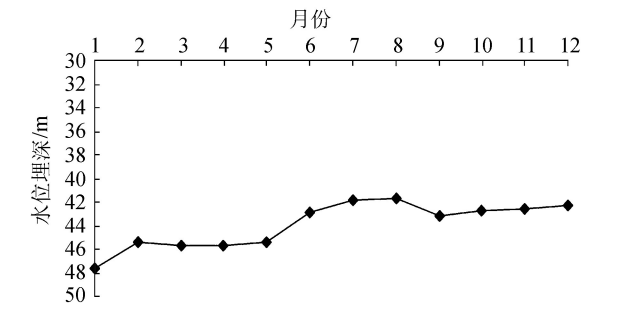


图 5 2014 年宿迁洋河地下水超采区水位动态变化

参考文献:

[1] 季红飞. 江苏省地下水超采区评价报告[R]. 南京:江苏省水利厅,江苏省地质调查研究院,2014: 98-99.

[2] 施小清,冯志祥,姚炳奎,等. 江苏省地下水水位控制红线划定研究[J]. 中国水利, 2015(1): 46-49. (SHI Xiaoqing, FENG Zhixiang, YAO Bingkui, et al.

Delimitation of red lines of groundwater level in Jiangsu Province[J]. China Water Conservancy, 2015(1):46-49. (in Chinese))

[3] 中华人民共和国水利部. SL286—2003 地下水超采区评价导则[S]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

[4] 黄晓燕,冯志祥,李朗,等. 江苏省地下水超采区划分方法对比研究[J]. 水文地质工程地质,2014(6): 26-31. (HUANG Xiaoyan, FENG Zhixiang, LI Lang, et al. Contrastive analysis of division methods for groundwater-overdraft regions in Jiangsu [J]. Hydro-geological Engineering Geology, 2014(6):26-31. (in Chinese))

[5] 黄晓燕,冯志祥,李朗,等. 江苏省地下水超采区变化趋势分析[J]. 地下水, 2014, 36(4): 53-54. (HUANG Xiaoyan, FENG Zhixiang, LI Lang, et al. Trend analysis of groundwater overdraft in Jiangsu [J]. Groundwater, 2014, 36(4): 53-54. (in Chinese))

[6] 于军. 长江三角洲苏锡常地区环境地质调查评价[R]. 南京:江苏省地质调查研究院, 2002:77.

[7] 冯志祥. 苏锡常地区地下水压采效果后评估报告[R]. 南京:江苏省地质调查研究院,2010: 93-94.

[8] 施小清,冯志祥,姚炳奎,等. 苏锡常地区深层地下水禁采后土层变形特征分析[J]. 第四纪研究, 2014, 34(5): 1062-1071. (SHI Xiaoqing, FENG Zhixiang, YAO Bingkui, et al. Study on the deformation characteristics of soil layers after banning groundwater pumping in Su-Xi-Chang area [J]. Quaternary Research, 2014, 34(5): 1062-1071. (in Chinese))

(收稿日期:2016-09-09 编辑:彭桃英)

(上接第 105 页)

[6] 贺伟,布仁仓,熊在平,等. 1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势[J]. 生态学报, 2013,33(2):519-531. (HE Wei, BU Rencang, XIONG Zaiping, et al. Characteristics of temperature and precipitation in Northeastern China from 1961 to 2005[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(2):519-531. (in Chinese))

[7] 穆艾塔尔·赛地,热孜燕,阿不都·沙拉木. 1957—2009 年乌鲁木齐河径流与气候变化的对应关系[J]. 水土保持研究, 2015, 22(5): 289-293. (MUATTAR Saydi, REZIYAN, SHALAMU Abudu, et al. Corresponding relationship between the runoff and climate change in the upper Urumqi River Basin during the period from 1957 to 2009 [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(5):289-293. (in Chinese))

[8] 折远洋. 天山乌鲁木齐河山区径流特征及其对气候变化响应研究[D]. 西安:西北师范大学, 2013.

[9] 黄晓荣,奚圆圆,李晶晶,等. 荣经河流域径流变化过程分析[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),

2016, 37(4):67-70. (HUANG Xiaorong, XI Yuanyuan, LI Jingjing, et al. The analysis of runoff variation in Yingjing River Basin [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power(Nature Science),2016, 37(4):67-70. (in Chinese))

[10] 王璐. 黄河下游水沙演变及对湿地自然植被的影响研究[D]. 郑州:郑州大学, 2013.

[11] 原志华. 近 50 年来汾河水沙演变规律及驱动力研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2009.

[12] 李志威,王兆印,田世民,等. 黄河源水沙变化及与气温变化的关系[J]. 泥沙研究, 2014(3):28-35. (LI Zhiwei, WANG Zhaoyin, TIAN Shimin, et al. Variation of streamflow and sediment discharge rate and relationship with temperature change in Yellow River source area[J]. Journal of Sediment Research, 2014(3): 28-35. (in Chinese))

(收稿日期:2016-11-30 编辑:徐娟)