

水利科学丛书 / SHUILIKEXUECONGSHU

● 王式成 陈竹青 赵 瑾 梁学海 主编

水文水资源技术与实践

S
huiwen Shuiziyuan
Jishu yu Shijian

东南大学出版社

水利科学丛书

水文水资源技术与实践

主 编 王式成 陈竹青 赵 瑾 梁学海

东南大学出版社
• 南 京 •

图书在版编目(CIP)数据

水文水资源技术与实践/王式成等主编. —南京:
东南大学出版社, 2009. 10

(水利科学丛书)

ISBN 978-7-5641-1797-9

I. 水… II. 王… III. 水文学-研究 ② 水资源-
研究 IV. P33 TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 134287 号

水文水资源技术与实践

出版发行 东南大学出版社

出版人 江 汉

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 江苏省新华书店

印 刷 南京京新印刷厂

开 本 700 mm×1000 mm B5

印 张 36

字 数 726 千字

版 次 2009 年 10 月第 1 版

印 次 2009 年 10 月第 1 次印刷

印 数 1—1200

书 号 ISBN 978-7-5641-1797-9

定 价 80.00 元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

《水文水资源技术与实践》编委会

审 定 罗泽旺 金光炎

主 审 汪跃军 江守钰

主 编 王式成 陈竹青 赵 瑾 梁学海

编委会 姚建国 王天友 徐时进 沈 升 郑培兴

康 瑛 曹长相 王兴会 王振龙 王雪琴

余国倩 刘建生 孔祥光 林 闾 姚 鹏

陆 勤 陆小伟 顾圣华 陈 斌 林 虹

王希之 方增强 陆学林 颜恩祝 朱 杰

龚向民 黄厚兴 卢晓东 金 昕

前 言

水文事业是国民经济和社会发展的基础性公益事业,水文工作在政府决策、经济社会发展和社会公众服务中的作用越来越显著。尤其是《中华人民共和国水文条例》的颁布实施,更是我们水文系统的一件大事,是中国水文发展史上的重要里程碑,条例的出台填补了我国水文立法的空白,确立了水文工作的法律地位,标志着我国水文事业进入有法可依、规范化管理的崭新阶段,对促进水文事业发展、规范水文工作、充分发挥水文工作在国民经济和社会发展中的重要作用,都将产生深远的影响。“十一五”以来,水文肩负着更艰巨而神圣的使命。新时期我国治水新思路的转变,给水文工作提出了更高要求,即为解决国民经济建设和社会经济发展中的水问题提供科学决策依据,为合理开发利用和管理水资源、防治水旱灾害、保护水环境和生态建设提供全面服务。

全国水文水资源科技信息网是连接全国水文同仁的纽带,为水文工作者提供了很好的学习交流机会和学术交流平台,增进了会员单位的沟通与了解。近两年来,全国水文水资源科技信息网华东组各网员单位紧紧围绕新时期经济社会发展和水利中心工作的需求,积极实践水利部的治水新思路,不断坚定不移地走大水文发展之路,不断拓宽服务领域,全面提升服务水平,以优质的水文水资源信息支撑水资源的可持续利用,支撑经济社会的可持续发展,在水资源管理与服务工作中发挥了越来越重要的作用。

为了更好地总结、交流各网员单位在拓宽服务领域,全面服务经济社会方面的经验,很多网员单位建议网组长单位(淮委水文局)能就近期水文领域中的工作经验、技术手段和研究成果等进行交流,为此,我们精心组织论文的征集和出版工作。现共收到论文 115 篇,涉及水文水资源技术应用、水资源研究、水文分析、水文监测与管理等方面。这些文章展

示了近年来水文水资源科技成果,具有学术价值和实际应用意义。今将这些论文编辑出版,作为全国水文水资源科技情报信息网华东组在浙江温州市召开 2009 年工作会议和学术交流会的交流文件。

在论文的征集过程中,各级领导的大力支持和同志们的积极编写,使得论文集有丰富的内容,并能及时公开出版,我们表示深切的谢意。鉴于论文集涉及面广,加之时间紧、水平有限,编辑中难免存在疏漏和不妥之处,敬请谅解并指正。

编者

2009 年 9 月 20 日

目 录

第一部分 水资源利用保护与研究..... (1)

地下水安全开采量的概念与评价方法研究

..... 王振龙 鲁程鹏 刘 猛 王 燕(3)

多目标引黄平原水库规模研究..... 花金祥 石 雷 史文美 李维硕(10)

淮南矿区采煤沉陷区水资源利用前景分析..... 梁学海 陈竹青 王式成(14)

淮河流域重点污染源入河排污规律研究..... 杨迪虎(19)

江苏省 2009 年(1~6 月)太湖“湖泛”巡查及水源地水质分析

..... 马 倩 刘俊杰 童 建 闻 亮 高鸣远 田 威(25)

怀洪新河蓄水可行性研究..... 王发信 尚新红 王 兵(33)

青岛市城市应急备用水源地建设初步研究

..... 姜世强 袁月平 郑志国 雒义全(40)

江南运河对太浦河水水质影响浅析..... 俞晓亮 徐卫东 高 琦(44)

江苏沛县姜梨园铁矿矿坑涌水量计算..... 王利军 陶月赞 刘佩贵(49)

黄河宁蒙段水资源污染突发事件应急能力探讨

..... 赵希林 拓自亮 乔永杰 钞 磊(55)

基于经典控制论的非均匀介质地下水运动的潮汐响应

..... 陈 静 戈礼宾 陆琳琳(59)

山东省南水北调受水区地下水压采初步分析

..... 王翊人 张 军 谭乐彦(65)

流域生态水文学研究进展..... 王尚玉 钱玉香 宋明政 孙乃波(70)

城市干旱预警指标分析..... 章启兵 化全利(74)

南四湖藻类组成变化及影响因素分析..... 曾 骥 余国倩 张晓瑾(78)

巢湖浮游植物与富营养化特征分析..... 王耀武 迟本良(82)

对水资源可持续利用的几点思考..... 赵 瑾(85)

浅谈热电厂“上大压小”工程水资源论证中的水权转让问题

..... 石 雷 刘建生 花金祥 史文美(88)

信州水利枢纽工程对上饶城区饮用水源地水质的影响分析与对策

..... 李晓敏(92)

中小型地下开采矿山给排水方案规划·····	王丽娟	陶月赞	刘佩贵(96)
德州城区深层地下水漏斗区环境灾害分析·····	孙振江	王怀福	(101)
大汶河流域地下水位动态预测·····	张 芹	张江波	(105)
浙江富阳市应急备用水源方案分析·····	赵 斌	王炎如	许 峥(110)
哈尔滨市供水安全评价·····	郑 昊	童 芳	陈志云(114)
磨盘山水库水质评价·····	王海宾	童 芳	陈志云(119)
徐州城区饮水安全浅析·····	尚化庄	房 磊	(124)
江西洪屏抽水蓄能电站水资源论证与分析·····	黄 靖	刘光保	(128)
滁州市农村饮水安全分析·····		刘晓芳	(134)

第二部分 水文技术应用····· (137)

水流对阻水建筑物冲刷影响研究·····	史文美	花金祥	张永平	李维硕(139)
HEC-RAS 模型在河道水面线计算中的应用 ·····	石 雷	公绪英	李维硕	(144)
水文气象耦合模型关键技术问题的思考·····	程兴无	陈红雨		(149)
Mike 21 模型在华润码头防洪评价中的应用 ·····	林 闾			(154)
聊泰铁路桥工程设计洪水分析 ·····	轩华山	郑佃祥	聂庆林	叶 强 杨金波(158)
模糊物元模型在农村饮用水安全评价中的应用 ·····	韩 梅	傅 正	韩伟隆	李 萌 朱 祥(163)
河道塌陷对水位、流场影响模拟研究 ·····	花金祥	史文美	刘建生	公绪英(169)
SMS 软件模拟河道二维流场的技术要点分析 ·····	刘建生	张永平	王翊人	谭乐彦(175)
基于无因次单位线法的滚动预报与程序实现·····				谢小华(179)
水面线法在墙介双库连通调洪计算中的应用 ·····	陈吉贤	唐培军	李 飞	宋 芳 李秀丽(184)
GIS 在菏泽市水资源信息处理及发布中的应用·····				霍东亚(190)
灰关联分析法在评价大沽河青岛段水环境质量中的应用·····				赵秀春(194)
Excel 在短期洪水预报中的应用 ·····				全满新(197)
Excel 在小型水库调洪演算中的应用 ·····				田 硕(202)
基于插件架构的水文分析平台介绍·····				孙 勇(207)
辽河油田防汛三维可视化系统应用研究·····	任 崇			付洪涛(211)

第三部分 水文分析..... (217)

统计参数估计的仿线性矩法..... 金光炎(219)

山东省各标准历时暴雨资料系列代表性分析

..... 陈干琴 宋秀英 刘 群 王西文 温小燕(222)

雅鲁藏布江日喀则城区段设计洪水计算方法探讨

..... 刘建生 石 雷 花金祥 史文美(228)

2008 年春汛淮河王家坝站预报误差分析 徐时进(232)

水库除险加固设计中设计洪水的几个问题

——兼评设计洪水规范有关条文..... 朱 杰(235)

淮河蚌埠水文站年径流系列丰枯转移特性分析..... 唐共地 杨保达(239)

2008 年淮河冬旱成因简析 曾桂菊 江守钰(243)

太行堤三库洪水水位合理性论证..... 王翊人 刘建生 李贵清(248)

闽江下游河道泄洪能力分析..... 陈能志 朱光华 陈 敏 韩淑敏(253)

杭州市主城区致灾暴雨研究..... 高永胜 劳国民 孙英军 平一江(260)

开放式淮河洪水预报系统研究..... 陈红雨 徐时进 马 立(265)

暴雨统计参数图集和城市暴雨强度公式计算设计暴雨对比研究

..... 姚 鹏 马万里 姚伟东(271)

用于水位流量关系曲线的一类保凸保单调函数..... 黄燕荣 黄勇峰(277)

山东省不同观测段制暴雨折算系数分析

..... 陈干琴 王效忠 郑昭平 徐红蔚(280)

喀斯特地貌对弥河冶源水库站水量不平衡的影响分析

..... 王忠国 吴启宗 卜德万 桑明亭 翟多强(286)

淮河流域面雨量重现期分析计算方法..... 丁绍辉 戚应金(290)

新疆和田地区水文特性分析..... 周 红 秦嘉轮(294)

伊洛河流域“2003·9”暴雨洪水分析 李有才 侯小保 侯小彬(300)

辽宁省沈阳水文站长系列降水演变特征分析

..... 代影君 孙 娟 赵凤伟(304)

杭州市主城区河网洪水预报方案建立..... 王淑英 高永胜 劳国民(308)

梯级电站施工分期洪水设计..... 陈顺维 刘光保(314)

淮河干流王家坝站洪峰水位、流量关系分析 王嘉涛(322)

运河水文站中泓小缆道测速垂线精简分析..... 李明武 刘远征 王勇成(324)

江西省年降水量随高程变化规律探讨..... 李 昆(329)

淮河润河集站行洪能力变化分析..... 李克桂 周爱勤(336)

沂沭泗流域 2008 年汛后旱情分析	胡文才(342)
在建山口岩水库洪水预报方法探讨	周志刚 殷 勇(345)
燕尾港潮水位变化规律与合理性分析	伏开文 洪光雨(349)
塘上水文站测验河段的落差指数法分析	李明武 王勇成 刘远征(353)
滁河流域暴雨洪水特性分析	朱继洲(358)
黄沙坑河“2006·7”特大暴雨洪水调查分析	徐伟成 周方平(363)
淮北市 2009 年春旱成因分析与抗旱对策	房 莉(366)
淮河干流主要水文站水沙特征分析	王天友(370)
西苕溪泥沙变化调查与分析	卢七召 朱备华(374)
鄱阳湖吴城站赣江、修河水位相关分析	江 虹(380)
包汾河流域水文特性	杜长辉(385)
2008 年淮河春汛简析	韩志国(390)
骆马湖代表性水位分析	胡文才(392)
淮北市降水量变化特征分析	李令武 周信鲁(397)
浅谈 ARP 病毒对水利信息化的危害与防治	朱 宏(400)
浍河固镇闸站降水特征分析	柴燕丽(405)

第四部分 水文监测与管理

“四水”转化水文模型的研究现状与展望	王振龙 刘 森 李 瑞(413)
长江流域湖泊(水库)水质、地下水水质、水功能区水质及水质趋势 演变的科学评价	万咸涛 刘予伟 张新宁(423)
安徽省水文实验现状与新时期水资源研究重点	王振龙(430)
安徽省山洪灾害特点及防治对策	曹百会(436)
水稻田墒情自动采集方法探讨	马雨秋(441)
江西省地下水监测站网合理布设	刘筱琴 梁晓红(445)
提高水文应对突发性水污染事件能力的几点思考	代银萍(453)
水环境事故应急预案中的几种分析方法	朱 翔(457)
改革我国洪水预警等级体系的建议	闵 骞 闵 聘(463)
浅析水资源论证中的问题和建议	李忠文 殷学伍 张 曙(466)
取水许可红黄蓝分区的设想	刘立稳 王 滨 李 军 马 冰(471)
新时期农田水利规划的几点体会	殷学伍 张 曙(479)
水质监测中影响总氮空白值因素的探讨	王 晖 龙光前(481)
浅析水文在国家实行最严格水资源管理制度中的地位与作用	吕兰军(485)

长江如皋饮用水源区局部功能区划调整探讨

..... 杨柳俊 崔 勇 宋建军(490)

威海市母猪河流域洪水管理研究..... 李文涛 张明芳 隋素丽 王建州(496)

合肥市城市水文研究构想..... 肖子平(500)

沂河梯级橡胶坝汛期调度运用原则探讨

..... 徐智廷 孙廷玺 张世功 李曙光 王保彩(505)

桥上测流断面布设的探讨..... 郑召平 封得华 丁吉龙(509)

辽宁省中小河流洪水易发区水文监测工程现状及对策

..... 房国良(512)

赣州市水文测报技术的现状与发展态势探讨

..... 刘旗福 张祥其 黄国新(517)

监测数据合理性分析在实验室质量控制中的应用

..... 毕钦祥 隋 伟 王 波 朱琳琳 史 振(523)

浅谈水文行业档案管理在计量认证中的作用..... 郭小帅(527)

矿山建设项目水土保持方案编制初探..... 朱继鹏(531)

驻马店市洪河近期治理工程 2007 年洪水减灾效益分析 邱新安(535)

合肥市二十埠河水土保持植物措施的设计..... 高小强(540)

南通市节水型社会建设基本框架..... 宋建军(544)

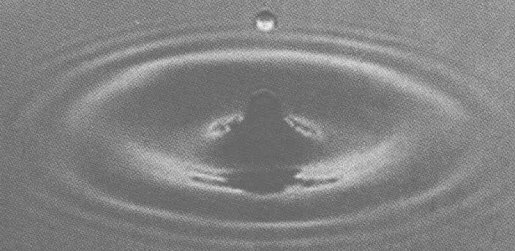
遥测设备管理与维护..... 曾 亮(550)

浅谈《水文条例》给水文带来的机遇与挑战..... 段青青(552)

浅谈水文改革与创新..... 郭 铮(555)

涉河建筑物防洪评价报告编制存在问题浅析..... 梁金艳 王晓燕(559)

第一部分 水资源利用保护 与研究



地下水安全开采量的概念与评价方法研究

王振龙¹ 鲁程鹏² 刘 猛¹ 王 燕³

(1 安徽省·淮河水利委员会水利科学研究院, 蚌埠 233002; 2 河海大学水文水资源学院, 南京 210098; 3 山东烟台水文水资源局, 烟台 264011)

摘要:本文回顾了地下水安全开采量概念的产生与发展过程, 综述了可持续开采量、允许开采量和安全开采量的内涵与差异, 在此基础上, 提出满足地下水的资源供给、生态环境维持、地质环境稳定和可持续开发利用能力四个功能条件下的地下水安全开采量概念。将安全开采量的评价方法分为单一约束型和耦合约束型两大类, 提出一种基于水均衡和地下水动力学相结合的评价方法, 并对安全开采量研究趋势进行了展望, 为地下水的安全开采方案研究与动态管理提供技术支持。

关键词:安全开采量 概念 评价方法 水均衡 地下水动力学 研究前景

在人类活动的影响下, 原有地下水系统的平衡遭受破坏, 地下水资源供给危机的现象普遍发生。由于不合理开采地下水, 在全球范围内引发了区域地下水位下降、地下水水质恶化、地面沉降、地面塌陷、海(咸)水入侵等环境地质问题, 对社会经济发展与人民生活质量的提高产生了严重的制约作用。如何确定合理的地下水安全开采量, 对合理开发利用与保护地下水资源, 维持生态环境健康发展和地质环境稳定, 以及保障经济社会的可持续发展具有重要的指导意义。本文回顾安全开采量概念的发展过程, 比较了安全开采量、可持续开采量和允许开采量的内涵与差异, 论述安全开采量的评价方法及存在的问题, 提出一种基于水均衡和地下水动力学相结合的评价方法。

1 安全开采量的概念

1.1 安全开采量含义演变历程

Lee(1915)考虑到有规律地开采地下水不应导致对地下水储存资源量的破坏性损失, 第一次提出安全开采量的概念。Meinzer(1923)在 Lee 的基础上提出进行地下水开采要建立在经济可行的基础上, 对安全开采量内涵进行补充。Theis(1940)提出了动态平衡原理, 为地下水安全开采量概念的发展提供了重要的理论基础。Theis 认为, 地下水系统在人类开发利用之前处于一种近似的动态平衡之中, 当人为开采地

下水,含水层系统只有在获得额外的补给,减少原有的排泄,或者消耗储存量,或者上述三种情景组合发生时,系统才有可能达到新的平衡。其后,Conkling(1946)将水质恶化引入安全开采量的概念。Banks(1953)则将水权纠纷的概念引入其中。Todd(1959)在前人研究的基础上,将安全开采量定义为“在不产生不希望的后果的条件下,可以人工地从含水层中取水的水量”。Domenico(1972)具体指出“不希望的后果”包括地下水储存资源量的减少、劣质水的入侵、水权冲突和地下水开采经济效益的衰退。Freeze and Cherry(1979)建议将由于地下水开采引起的河流流量衰减和地面沉降引入“不希望的后果”中。

另外值得一提的是,Thomas(1951)和Kazmann(1956)曾提出一个过于模糊的安全开采量概念,其中没有考虑地下水供水的诸多影响因素,而将其作为固定值看待。尽管这一概念存在一定的不足,多数学者对其持否定态度,但事实上这一定义仍可以在文献甚至某些国家和地区的法规中见到。可见,对于地下水管理而言,安全开采量是用来衡量地下水开发利用的重要的定量指标。这一理念沿用至今。

Alley(1999)等人提出地下水安全开采量的概念:安全开采量通常是指地下水的可持续发展的量值,即在可接受后果条件下的最大开采量。Sophocleous提出可持续应该是指整个系统的可持续性。可持续不仅是树木的可持续,而且应该是森林的可持续;不仅是地下水,而且应该是所有的水流和湿地等等。因此地下水的可持续性是指在长期开发利用地下水的过程中,没有产生不可接受的环境、经济及社会后果。与安全开采量类似的还有美国加利福尼亚大学(D. K. Todd, 1980)提出的地下水永久开采量的概念。

1.2 可持续开采量的概念

可持续开采量与安全开采量类似,也是一个较为宽泛的概念。在一定时期内,不产生不能接受的环境变化,经济和社会难题等条件下,可以从地下含水层抽取的水量称之为可持续开采量。地下水的可持续性是个因子的函数,包括地下水储存量的减少、地表水流量的减少、湿地及泉水的消失、地面沉降、海(咸)水入侵、地下水水质恶化等。利用这一概念进行计算时,需要量化各种人类活动对水资源及环境的影响(Sophocleous 1998; Alley et al. 1999; Sophocleous 2000)。

王丽红(2008)认为,国外关于地下水安全开采量或永久开采量的概念跟我国地下水允许开采量的含义基本上是一致的,可以统称为地下水的可持续开采量。自20世纪90年代以后,由于可持续开采量比允许开采量能够更准确、更科学地反映地下水资源的客观实际,国内外学者提出了用地下水可持续开采量取代允许开采量(王金生等, 2006)。评价一个水源地地下水开采量是否是持续的,关键要看其产生的负效应是否是可持续的。

Kalf(2005)比较两个概念“安全开采量”和“可持续开采量”,认为应用可持续地下水发展的概念,可以更好地理解安全开采量和可持续开采量的概念。目前,在许多国家都采用水预算方法来确定安全开采量和可持续开采量。在“安全开采量”的定义

中,特别强调补给是“天然补给”;而在定义“可持续开采量”时,认为“补给”包括由于抽取地下水造成的补给。在评价一个含水层或流域可以抽取的水量时,需要考虑多个因素,而且这些因素的权重往往不等。例如,在利用可持续开采量的概念时,如果地下水系统中实际上并无补给来源,再采用可持续开采量的概念就会造成许多不良后果,即使实际开采量远低于允许开采量,也会发生生态或地质环境问题。

1.3 现有安全开采量内涵的缺陷

近年来学术界对地下水安全开采量存在两种极端的看法(Zhou, 2009),一种认为地下水开采量只要不超过天然补给量,那么这样的开采量就是安全的。许多学者都曾引用这样的结论。但是 Bredehoeft (2002) 给出开采量应该来自于增加的补给和减少的排泄的例证。Sophocleous (2000) 提出如果考虑预留足够的水量以保证河流泉水和湿地的生态维持,那么安全开采量将远小于补给量。另一种则认为天然补给量大小与安全开采量没有关系(Bredehoeft, 2002),安全开采量完全取决于开采条件下的激发补给量。Sophocleous (2007) 和 Zhou (2009) 利用理想数值模型,对开采条件下的水均衡状态进行分析,认为地下水安全开采量不仅取决于天然补给量,同时受到地下水开发的激发补给和地下水动态的影响。事实上,安全开采量只占天然补给量的一部分,如果按照天然补给开采,往往会产生一系列的环境地质问题。

安全开采量是以获得和维持长时期内地下水的开采和补给平衡的开采量(Sophocleous, 1997; Sophocleous and Sawin, 1997)来定义。这个定义忽略了天然条件下的自然平衡状态:蒸散发、河流流量、泉水和入渗量。考虑一种极端状态,若开采量等于补给量,那么最终必将导致河流、湿地和泉水干涸断流。近三十年来仍然出现了诸多与大规模开采地下水相关的生态和地质环境问题,例如地下水位降落漏斗的范围不断向纵深发展,导致许多地区生态环境退化、地面沉降、海水入侵地下淡水系统等问题日趋严重,这已经发生在美国 Great Plains 的许多地方(Sophocleous, 1998c)。Kalf 等的研究表明,即使实际开采量远低于允许开采量,也会发生同样的生态或地质环境问题。

不合理地开发利用地下水的根源是在理念上,在确定安全开采量时没有从流域尺度充分考虑地下水的生态功能和地质环境功能对水的占有,也没有充分考虑河道长期干涸和地下水位持续下降对地下水补给状况影响的量化计入(张光辉等, 2008),所以难免出现以消耗地下水储存资源、牺牲环境为代价的开发利用情况。

在确定地下水安全开采量时,有必要考虑地下水资源承载力的大小。地下水资源承载力是指在未来不同的时间尺度上和一定的技术经济水平和社会生产条件下,地下水资源可最大供给工农业生产、人民生活 and 生态环境保护等用水的能力(刘春华, 2005)。只有充分考虑地下水资源受到社会、经济、技术和生态的约束,不超过地下水资源承载力的阈值,这样的地下水开采量才是安全的,才是可持续的。

1.4 安全开采量的概念

综合允许开采量、可持续开采量和安全开采量已有的内涵,本次研究将安全开采

量定义为:在一定时期内,通过技术经济合理的取水方案,在不产生不能承受的生态环境问题,满足地下水的资源、生态环境和地质环境等功能的前提条件下,达到地下水资源可持续开发利用的最大开采量。地下水安全开采量具有以下两个方面的含义:一是地下水安全开采量一方面取决于当代技术能力、经济水平和自然循环条件,另一方面则受制于社会可持续发展和维持生态环境健康的最低要求;二是地下水安全开采量是动态的。上述要素中任何一个要素发生改变,安全开采量都有可能随之发生变动,是天然补给量的一部分,小于可开采量。因此,在进行地下水安全开采量评价时,有必要建立动态评价体系。

在进行安全开采量评价时,必须遵循以下原则:① 以流域或区域水循环规律和地下水系统水量均衡的原理为基础;② 确保地下水系统能够在均衡期内及时达到新的水量平衡;③ 以合理确定生态与环境用水约束作为地下水安全开采量评价的重要前提;④ 在考虑经济、社会、水利工程等诸多影响因素之间的平衡和优化时,重视生态、环境和地下水更新能力对安全开采量的必然约束,规范用水行为。

2 安全开采量的评价方法

2.1 安全开采资源量评价方法研究进展

国内外关于开采资源量的常用评价方法可以分为集中式参数模型和分布式参数模型两类。集中式参数模型主要包括水均衡法、开采系数法、系统分析法和数量统计法。分布式参数模型则主要有解析法和数值法两类。根据地下水系统影响因素的复杂性,分别选用对研究程度要求较高的分布参数模型,以及更适于从系统的观点出发的集中参数模型。评价安全开采量的核心问题反映在如何体现多种约束条件上,现有方法可以分为单一约束型和多约束耦合型。

Tondera(2001)从水位约束的角度,分别采用半解析模型和数值模型进行安全开采量的评价。陶月赞(2005)以安徽淮北市水源地为例,结合水位动态过程与开采影响程度,利用水位动态模拟模型确定超采的临界水位。殷丹(2006)针对岩溶含水系统的复杂特点,建立了难老泉泉域的神经网络模型,所得到的地下水可采资源量评价结果与该地区地下水开发利用实际情况较为一致。田胜龙(2006)以水均衡理论为基础,采用多元线性回归方法,对黑龙洞泉域地下水资源进行了评价。王皓(2007)采用水均衡法和数理统计法对南闫水源地水资源量及可开采量进行核算。王振龙(2006)提出在可开采量均衡调节计算中,考虑作物生长对地下水的天然利用,把除涝防渍埋深作为浅层地下水控制上限。王家兵(2007)以天津市地面沉降量控制在10 mm/年以内为约束,采用数学模型评价地下深层地下水的安全埋深以及安全开采量。

Larsona(2001)以地面沉降作为约束条件,建立地下水流与地面沉降耦合模型,采用优化方法计算 Los Banos-Kettleman 城区的安全开采方案。任志远(2004)分别