



地下水水位控制 管理与实践

水利部水资源管理中心 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

地下水水位控制 管理与实践

水利部水资源管理中心 编著



 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

北京

内 容 提 要

本书共分为9章,第1章为绪论;第2章为地下水水位管控国内外研究进展;第3章为地下水水位的类型及概念;第4章为生态脆弱区地下水水位控制;第5章为超采区地下水水位控制;第6章为地面沉降区地下水水位控制;第7章为海水入侵区地下水水位控制;第8章为城市及重大工程沿线地下水水位控制;第9章为典型案例。

本书主要读者对象为从事地下水管理与保护的各级水行政主管部门管理人员或相关领域研究人员。

图书在版编目(CIP)数据

地下水水位控制管理与实践 / 水利部水资源管理中心编著. — 北京:中国水利水电出版社, 2018. 11
ISBN 978-7-5170-7161-7

I. ①地… II. ①水… III. ①地下水水位—研究 IV. ①P641.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第273150号

书 名	地下水水位控制管理与实践
作 者	DIXIASHUI SHUIWEI KONGZHI GUANLI YU SHIJIAN 水利部水资源管理中心 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市密东印刷有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 11印张 209千字
版 次	2018年11月第1版 2018年11月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	52.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会

主任：于琪洋

副主任：张淑玲 赵 辉

主 编：穆恩林 陈 莹

编写人员：董四方 欧阳如琳 于义彬 胡立堂

蒋 咏 王海刚 窦 明 王清发

前 言



地下水是水资源的重要组成部分。近年来随着我国人口增长、社会经济快速发展，部分地区地下水开采量逐步增大，地下水严重超采，地下水位持续下降，危及供水安全，引发了社会问题。国家高度重视地下水问题，要求加强地下水的管理和保护，实行地下水取用水总量控制和水位控制。

以往对地下水的管理多集中在用水总量控制，然而由于地下水取水工程点多、面广、分散，实行严格的地下水总量控制面临诸多困难。由于地下水位易于监测的特点，相对于总量控制，水位变化更能直观、真实反映地下水资源变化状况，更能体现管理者在地下水管理中的绩效。在某种程度上，管理好地下水水位也就等于控制了地下水开采量。

2012年颁布的《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发〔2012〕3号）明确提出，实行地下水水位与水量双重控制管理。2011年中央一号文件明确要实行最严格的水资源管理制度，建立水资源管理“三条红线”，实行地下水水量和水位双重控制指标。因此加强地下水管理，实施地下水超采区和重要水源地的地下水水量和水位双重控制方案，使地下水开发控制在合理水平，维持降水-地表水-地下水的合理的水循环，维持合理的地下水位，对于减缓或消除地下水开发对环境的不利影响十分重要。

目前，地下水取水总量控制和水位控制制度体系尚未全面建立和推行，尚未制订统一明确的技术要求，但各地在地下水总量控制和水位管理方面已经开展了一些基础工作，也取得了一定成果。在总量控制方面，部分省（自治区、直辖市）已开展了流域和省级行政区层面上地下水取用水总量控制指标的分解工作，取水总量在逐

一向市级、县级分解。江苏省在苏锡常地区实现地下水全面禁采，建立了开采总量控制制度和相关措施；甘肃石羊河流域已全面安装地下水取水计量设施，实现地下水开采监控；北京、上海、河北、山西、山东、新疆等地区地下水总量控制管理方面均取得不同程度的成效。在水位管理方面，目前，山东省开展了重点水源地地下水水位警戒线划定工作，江苏省开展了水位红线控制管理工作，山西、河北等省开展了相关地下水管理考核水位的研究实践工作，并形成许多可借鉴的经验。

本书总结归纳目前已开展的地下水水位管理经验，阐述地下水水位基本概念，提出合理水位及控制水位的概念，分别针对生态脆弱区、地下水超采区、地面沉降区、海水入侵区以及城市和重大工程沿线提出了控制水位划定方法，列举了典型案例，可为全国不同类型地区地下水水位管理提供参考和依据。

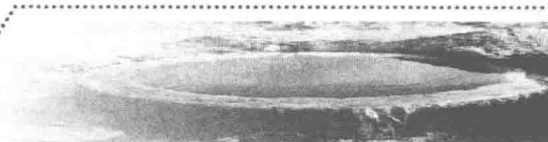
本书由穆恩林、陈莹负责总体框架设计并组织编写，主要编写人员有穆恩林、董四方、陈莹、赵辉、欧阳如琳、于义彬、胡立堂、蒋咏、王海刚、窦明、王清发，由穆恩林、陈莹负责统稿。本书编写过程中，很多专家和学者提出了宝贵意见，编者还参考、借鉴和引用了大量国内外有关专著、论文、标准和法律法规等资料，在此向他们表示衷心的感谢！

由于本书涉及多个学科的知识，加之编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2018年11月

目 录



前言

第 1 章 绪论	1
1.1 地下水的基本概念	1
1.2 我国地下水资源管理的现状	2
1.3 地下水“双控”管理问题	4
1.4 地下水水位控制的重要性	5
1.5 地下水水位控制管理需求	5
1.6 小结	6
第 2 章 地下水水位管控国内外研究进展	7
2.1 国内外研究进展	7
2.2 水位控制阈值的研究方法.....	11
2.3 水位控制方法的应用.....	14
第 3 章 地下水水位的类型及概念	16
3.1 地下水水位的概念.....	16
3.2 地下水合理水位理论.....	16
3.3 地下水控制水位的概念.....	28
3.4 地下水控制水位划分的方法.....	31
第 4 章 生态脆弱区地下水水位控制	34
4.1 生态脆弱区的涵义及界定.....	34
4.2 西北生态脆弱区研究现状.....	36
4.3 西北生态脆弱区划分.....	38
4.4 西北生态脆弱区地下水水位管理.....	48
4.5 小结.....	51
第 5 章 超采区地下水水位控制	52
5.1 地下水超采区的划分现状.....	52
5.2 超采区地下水控制水位划分.....	56

第 6 章	地面沉降区地下水水位控制	70
6.1	地面沉降的定义	70
6.2	地面沉降的分布	70
6.3	地面沉降的成因	71
6.4	地面沉降区地下水水位控制	72
第 7 章	海水入侵区地下水水位控制	76
7.1	海水入侵成因机理	76
7.2	海水入侵的判定及现状	78
7.3	海水入侵区地下水合理水位的划定	80
7.4	基于水资源配置的地下水控制水位划定	83
第 8 章	城市及重大工程沿线地下水水位控制	87
8.1	城市地下水控制水位划定	87
8.2	高铁工程沿线地下水控制水位划定	89
8.3	地铁工程沿线地下水控制水位的划定	90
第 9 章	典型案例	93
9.1	超采区案例	93
9.2	地面沉降区案例	119
9.3	海水入侵区案例	146
9.4	城市或重大工程沿线案例	155
参考文献		160

绪 论

1.1 地下水的基本概念

1.1.1 地下水的分类

地下水通常按照含水介质和埋藏条件分类。本书根据水位研究需要主要根据埋藏条件分类，即按含水层在地质剖面中所处部位和含水层与隔水层的相互组成关系为分类依据，可将地下水分为潜水和承压水两大类。

潜水是指埋藏在地表以下，第一个稳定隔水层之上，具有自由水面的重力水，该自由水面称为潜水面；从潜水面到隔水层顶面的垂直距离称为潜水层的厚度；从地面到潜水面的垂直距离称为潜水埋藏深度，简称潜水埋深；从潜水面到参考基准面的垂直距离称为潜水位。

承压水指充满与两个隔水层之间的饱水岩层中的水。承压含水层隔水顶板到底板的垂直距离称为含水层厚度；当钻孔刚开始凿穿隔水顶板时，在钻孔中出现的水位称为承压水初见水位；当停止钻进时，这个水位等于隔水顶板的高程；如果继续钻进，承压水将沿钻孔上升，最后稳定的水位即为该处的测压水位或称承压水位；自隔水顶板到测压水面之间的垂直距离称为该处的测压管高度，它表示该点隔水顶板所承受的水压力值。测压水位高于地表时，钻孔能自喷出水。

1.1.2 地下水的循环和补给

自然界的水以气态、液态和固态分布于地球的大气圈、水圈和岩石圈中，各相应圈中的水称为大气水、地表水和地下水。它们彼此之间都有着密切的转化关系，这种关系主要是通过水的循环来实现的。水从海面蒸发，凝结降水至

陆地，再以蒸发及径流等形式返回海洋，即完成一次循环，称为大循环或外循环。当海面蒸发又降至海面或由陆地江、河、湖蒸发及植物蒸腾又降至陆地，则称为小循环或内循环。地下水不仅可以参与小的水循环，也同样可以参与大的水循环，即大气降水至地面，一部分产生地表径流形成地表水，同时有一部分大气降水经地面入渗形成地下水；地下水再以径流或蒸发的形式，转化为地表水或大气水。大气水、地表水、地下水就是这样不断地进行着循环，而为人类所利用。

地下水补给、径流、排泄决定着含水层的水量与水质在空间和时间上的变化，同时，这种补给、径流、排泄的无限往复进行，构成了地下水的循环。地下水的补给来源有大气降水、地表水的补给，大气中和土壤中水汽的凝结，含水层之间的补给，人工补给等。在多数情况下，大气降水是地下水的主要补给方式。大气降水补给地下水的数量受到很多因素的影响，如降水的强度、形式、植被、包气带岩性、地下水的埋深等。地表水（包括河流、湖泊和水库）的入渗也是地下水补给的重要来源。河水对潜水的补给，在河流下游最为突出。例如我国著名的黄河下游黄泛平原现代河床高出两岸地面，大量的河水下渗补给潜水；在河流中游，河水位与潜水位的关系随季节而变。洪水期河水水位比潜水位高，河水补给潜水，枯水期则相反；在河流上游，河谷深切，潜水位常年高于河水位，潜水向河流排泄；在山前地带，堆积作用加强，河床抬高，潜水位埋深较大，因而冲洪积扇经常是河水补给潜水。

地下水的排泄方式可分成垂直排泄和水平排泄。地下水的垂直排泄包括潜水蒸发、人工开采、越流补给等形式。潜水蒸发是地下水垂直排泄的重要途径之一，尤其在河流的中下游平原地区，地形平坦，沉积物颗粒细小，地下水埋藏浅，径流缓慢，蒸发成为潜水天然消耗的主要途径。潜水垂直排泄的另一个途径是人工开采，有些地区人工开采量远远超过潜水蒸发量，已成为当地潜水垂直排泄最主要的方式。地下水垂直排泄的再一个途径是越流排泄，包括潜水与承压水之间的越流补给，以及承压含水层之间的越流补给。地下水的水平排泄，主要沿水平方向流出含水层，在地表出露形成下降泉（潜水）和上升泉（承压水），或与地表水体（如河、湖、海洋）相通时即转化成地表水。

1.2 我国地下水资源管理的现状

(1) 地下水是重要的基础资源和战略资源，是生态与环境的主要控制性要素。地下水的开发利用不仅支持和保障了当地经济社会的持续发展，且在缓解日趋紧张的区域水资源供需矛盾中的重要意义也日益凸显。地下水资源管理是水资源管理的重要组成部分，主要包括地下水资源权属管理和与权属管理有关

的水资源开发、利用、节约保护的行政管理。行政管理包括运用法律、行政、经济、技术等手段对水资源的分配、开发、利用、调度和保护进行管理,以使水资源可满足社会经济持续发展和生态环境保护的需要。地下水资源管理涉及的内容很广,既包括《中华人民共和国水法》等有关法律法规确立的管理工作,同时也涉及与地下水管理有关的技术工作内容。就水行政管理方面来讲,地下水资源管理主要包括地下水资源评价、地下水资源规划、地下水资源管理、地下水资源开发利用监督管理、地下水资源保护、地下水动态监测与信息发布等内容。我国目前的地下水资源管理以宏观、定性化管理与保护为主,地下水资源保护主要包括地下水超采区治理、地下水水源地保护、矿产资源开发区地下水保护、地下水污染防治、地下水补给等。

(2) 地下水超采是我国地下水资源面临的主要问题,超采区治理是我国目前地下水资源管理的主要工作内容。地下水的过度开采,会造成一系列的生态和环境问题,这些问题一旦出现,将难以治理与恢复。近年来,一些地区对地下水规律和有限性认识不足,重开发轻保护,造成地下水超采严重,已严重威胁经济安全、生态安全和社会稳定。《中华人民共和国水法》中规定“在地下水超采地区,县级以上地方人民政府应当采取措施,严格控制开采地下水。在地下水严重超采地区,经省(自治区、直辖市)人民政府批准,可以划定地下水禁止开采或者限制开采区。在沿海地区开采地下水,应当经过科学论证,并采取措施,防止地面沉降和海水入侵。”《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》要求各省(自治区、直辖市)人民政府要尽快核定并公布地下水禁采和限采范围。在地下水超采区,禁止农业、工业建设项目和服务业新增取用地下水,并逐步削减超采量,实现地下水采补平衡。2012—2014年水利部组织各省(自治区、直辖市)水行政主管部门开展了全国平原区地下水超采区评价工作。从已查明的情况看,全国地下水资源状况不容乐观,全国地下水开采总量已逾1100亿 m^3 ,北方部分地区地下水供水量占供水总量的比例超过70%;21省(自治区、直辖市)平原区存在地下水超采区,其中19省(自治区、直辖市)存在地下水严重超采区,全国平原区地下水超采区总面积约30万 km^2 ,加强地下水管理和保护势在必行。目前各地正采取综合措施治理地下水超采。江苏省苏锡常地区从20世纪90年代中期开始限采地下水,现已基本实现地下水全面禁采。浙江省杭嘉湖地区以及沿海平原区也都实施了地下水禁采与限采工作。河北省从2014年开始开展地下水超采综合治理试点工作,采取了多种措施治理超采。北京、天津、陕西等地也都开展了相关工作。

(3) 目前地下水资源管理的许多工作都围绕防治地下水过度开发引发的环境地质问题开展。水资源短缺地区易发生地面沉降。由于这些地区地表水严重匮乏或遭到污染,为保障饮水安全、粮食安全及经济社会发展,许多城市和农

村地区不得不大规模开发利用地下水，地下水大规模开发利用在保障国家粮食安全和经济社会发展的同时，也造成了部分地区地下水严重超采并引发地面沉降。此外，一部分地区的产业结构和布局不合理，不考虑当地水资源条件，盲目开采地下水，发展高耗水高污染企业，更加剧了地下水超采和地面沉降。由于这些地区地下水替代水源有限，难以实行地下水大规模禁采和限采，加大了地面沉降防治工作的难度。国土资源部和水利部联合印发的《全国地面沉降防治规划（2011—2020年）》针对由地下水、地下热水、油气等地下流体资源开采和工程建设等人类工程活动所引发的地面沉降做了全面部署。

1.3 地下水“双控”管理问题

1. 地下水资源量变化情况掌握不及时

掌握地下水资源量变化情况是地下水总量控制管理的前提和基础。我国曾于20世纪70年代末、80年代初组织开展过全国第一次水资源调查评价工作；90年代末开展的第二次全国水资源调查评价主要是对第一次评价的修订。近30年来，随着我国经济社会的发展，水库工程、河渠防渗工程的大力修建、田间节水技术的普及推广和气候变化的影响，很多地区实际地下水资源量相比原评价结果已发生了很大的变化，需要进一步修正。以原地下水资源评价成果为基础确定地区地下水控制总量已与实际产生较大偏差。

2. 难于控制取水总量

机井是地下水开发利用的主要方式，根据资料显示，北方平原地区农业灌溉地下水开采量往往占本地区地下水开采总量的60%以上，部分地区甚至达到80%以上。虽然目前各级水行政主管部门建立了不同层次、不同内容的地下水机井管理制度，并通过普查、定期上报等形式对区域地下水机井信息报送工作作出了规定，但由于信息登记管理工作量大、原有基础薄弱，保障措施不到位、工程分布较为分散、水资源费收取利益驱动等客观原因，地下水机井管理工作往往偏重于城市集中水源地及工业用途规模以上机井，对农业用途及农村地区的地下水机井管理显得较为薄弱。农业机井数量和地下水开采量难以有准确的统计和监测，地下水开采总量统计值与实际值往往有较大出入，难以实行严格的地下水总量控制。

3. 水位管理薄弱

实施取水总量控制和水位控制管理是维系地下水资源可持续利用、保护生态环境的重要保证。目前，全国部分省份如江苏、山西、山东等省在水位管理和考核方面进行了有益的实践与探索，如江苏省从预防地面沉降为目的划定了控制水位，山西省也规定了各地地下水位下降幅度控制线并纳入地方政府考核

的内容，山东省也对各市地下水位变化情况进行考核。但是目前尚未出台全国统一、科学合理、普遍适用、易于操作的地下水控制水位划定方法和相关技术要求。地下水水位控制在许多地区尚未实施，我国地下水水位管理工作尚处于起步阶段。

4. 缺乏地下水“双控”管理制度和成熟的运行机制

从全国来讲，地下水取水总量控制管理和水位控制管理在我国已出台的涉水法律法规和制度中只是作了原则规定。从地方来讲，部分省市通过法规文件对加强地下水取水总量控制作出了一些规定，如河北省出台了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》，辽宁省出台了《禁止开采地下水的规定》，山东省出台了《用水总量控制管理办法》，江苏省出台了《关于实行最严格水资源管理制度的实施意见》，新疆维吾尔自治区出台了《凿井管理办法》，甘肃省出台了《石羊河流域水资源管理条例》《酒泉市地下水资源管理办法》，青海省出台了《西宁市限采地下水和关闭地下水源管理规定》等关于地下水涉及地下水总量管理和水位控制的制度和措施。但各地均缺少将地下水取水总量与水位控制相结合的管理办法，没有形成地下水“双控”管理成熟的运行机制。

1.4 地下水水位控制的重要性

地下水的动态特征与其赋存的水文地质条件密不可分，而地下水开采与生态环境的相互作用通过地下水位变化来反映。因此，地下水资源管理必须结合管理区的水文地质条件、地下水的开发利用情况，分析地下水位的动态变化因素，确定地下水位控制指标，以确保地下水在未来的开发利用过程中不引起环境地质问题或不加剧已有的环境地质问题，实现地下水资源的可持续利用。地下水严格管理的内涵是以水循环规律为基础，严格控制地下水开采、达到采补平衡、并不引起地下水污染，对地下水资源进行依法管理和可持续管理，旨在提高地下水资源配置效率、节约和保护地下水资源。从地下水严格管理技术支撑体系来看，就是研究地下水开采量与环境地质问题的相互关系，确定保护地下水资源、控制相关环境问题的控制水位，通过对地下水取水总量的控制和地下水位控制，制定适用于不同地下水类型的地下水资源管理和保护制度，提出相应的政策、措施和绩效考评指标体系等，达到保护地下水资源的目的。

1.5 地下水水位控制管理需求

地下水水位控制是地下水资源管理的重要抓手，也是超采区治理的量化手段，是地下水精细化管理的必然需求，更是实现地下水资源可持续利用的必要

条件。《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》要求加强地下水动态监测，实行地下水取用水总量控制和水位控制。地下水既要确定合理水位，又要划定管理水位，合理水位是保持地下水水量平衡及生态环境健康的自然属性，管理水位是地下水资源管理的控制手段；既要划定水位下限，也要划定水位上限，地下水位低于下限会引发环境地质问题，水位过高会导致土壤盐渍化和破坏地下建筑等问题；既要有问题导向的要求，又要适合不同行政区划的要求，地下水位控制在实际操作中往往通过行政手段来完成，因而提出适用于不同行政区划的管理水位也十分必要。总之，地下水位要具有可操作性，充分考虑地下水总量控制，满足供水安全，达到采补平衡。

1.6 小结

人们在对地下水开发利用中出现的环境地质问题进行研究时，逐渐意识到地下水位在解决各类环境地质问题中的重要性。目前，有关地下水控制管理的研究多从揭示地下水与环境问题的关系出发，研究地下水位的临界埋深、适宜水位，进而提出对地下水位的控制。国内外有关地下水位的研究多集中在小尺度、局部区域内依据生态环境问题划定地下水临界水位的研究。对于大区域、大尺度地下水水位控制管理的研究尚处于起步阶段，方法也并不完善，全面系统的研究成果并不多见。因此在以后的研究中，应在该方面进行全面总结，综合分析，寻找一套合理的适用于大尺度、大区域范围的地下水水位控制的方法，制定出不同条件下不同区域地下水控制水位，这对我国地下水的管理有着重要的理论意义和现实意义。

地下水水位管控国内外研究进展



地下水水位状态是水文地质要素的综合反映，它不仅间接反映了地下水补给、径流和排泄条件的综合变化规律，同时也是可用于判断是否出现环境问题以及其严重程度的重要指标。从地下水资源可持续利用角度看，合理的地下水水位的确定是地下水可开采资源评价和地下水取水总量控制的重要依据。地下水动态监测是直接了解地下水状态的重要手段。通过地下水动态监测数据的分析，可以了解和掌握地下水的盈亏状况，相对于取水总量的监督而言，更容易进行推广和实时管理。我国已经建立起了分布广泛的地下水监测网络，使得通过地下水水位来监控和管理地下水资源成为可能。

2.1 国内外研究进展

2.1.1 国外研究进展

自苏联土壤学家波勒诺夫在 1931 年提出“地下水临界深度”的概念以来，许多学者对土壤水盐在剖面中垂直运动规律及其调控进行了大量研究工作，主要讨论的问题是确定潜水位临界埋深以及怎样把潜水位控制在临界深度以下，以防止盐分在根层的积累。国外对地下水水位管控问题的研究，主要集中在地下水资源的管理与地下水动态预报、地下水与生态环境的关系（如地下水埋深与植物生长）和地下水埋深与土壤盐渍化的关系。

在地下水埋深与植物生长的关系方面，Tyree 研究了植被生长状况与地下水水位之间的关系。Prathapar 等分析了作物产量与地下水埋深的关系。Horton 等针对植物在不同地下水埋深的生理反应进行了研究，提出了植物进行光合等生理作用的地下水埋深阈值。Kahlownd 等发现地下水埋深不同，作物吸收的地下水水量不同，产量也不同，通常情况下作物生长的最佳水位

埋深为 1.5~2.0m。Eamus 等发现,在缺水环境,陆生植被的生存与演变依赖于能否从潜水面或毛细带直接吸取水分。Lubczynski 在干旱荒漠地区研究发现树木根系能延伸到地下数十米,还可以直接从潜水面吸取蒸腾水分。

在地下水埋深与土壤盐渍化的关系方面,早在 1992 年,Thourburn 就应用稳定流理论描述了土壤水蒸发排放量与地下水位埋深的关系。Prathapar 等建立了半干旱区潜水含水层的灌溉亏缺影响模型,对于土壤盐渍化、地下水位埋深及蒸腾进行研究。R. Rli 通过一个土壤盐度模型 (LEACHC),建立了土壤盐渍化和植物生长、地下水位埋深之间的关系,得出了与地下水电子传导率、土壤含盐量相关的地下水位适宜埋深 (1.8m),在这一埋深条件下,灌溉量可达到作物总蒸发量的 80%,不引起潜水面毛细上升,且使作物产量趋于合理。这些研究成果表明,土壤盐渍化是由于地下水位埋深过浅,土壤水的有限最大稳定上升通量过大,从而导致土壤积盐造成的,地下水存在一个合适的埋深 (2.5~3.0m),在该埋深条件下,既不会减少作物的产量,也不会引起土壤的盐渍化。Y. Benyamini 等研究发现,在半承压含水层中同时安装减压井和混合排水系统是最有效的排水方法,通过对地下水位埋深、地下水矿化度、土壤盐渍度的监测,以及地下水位和电导率的关系分析发现,地下水位埋深大于或等于 1m 可以有效抑制土壤盐渍化的发展。

在地下水位与地质环境方面,多集中于地面沉降、地面塌陷等。如,Thierry 等研究了地下水位变化时的岩溶溶解作用,证明了地下水位在基岩顶板与土层界面上的长时间强烈波动是导致岩溶地面塌陷的根本原因。

2.1.2 国内研究进展

在我国,由于地下水不合理开发利用导致了一系列的生态环境、地质环境问题,相应地,专家和学者对这些环境问题以及直接或间接诱因——地下水位(埋深)也做了很多研究工作,主要目标是使地下水处于良性循环状态中,不产生或较少产生生态环境和地质环境问题。

袁长极在 1962 年提出“地下水临界深度”的概念,即土壤开始返盐时的地下水埋深,并根据土壤水分资料来确定临界深度,从而确定了轻质土和黏土的地下水临界深度分别为 2.4m 和 1.2m 左右。20 世纪 90 年代,张惠昌从生态平衡出发,提出了“地下水生态平衡埋深”的概念,即在无灌溉的天然状态下,不致发生植被退化、土地沙化、土壤盐渍化问题而保持生态平衡的地下水埋深,在此基础上提出石羊河流域下游民勤地区的生态平衡埋深为 2~5m。郭占荣等在分析了土壤盐渍化发育特点与地下水位的关系基础上,提出了“地下水动态临界深度”的概念,认为一个地区的地下水临界埋深并不是一成不变的。

张长春等多次研究了地下水位与生态环境效应之间的关系,认为不同地区

地下水临界水位的上、下限的内涵和指标存在差异。在内陆盆地，合理生态水位上限是潜水蒸发强烈深度，下限是潜水蒸发极限深度；在华北平原，合理生态水位上限是土壤不发生盐渍化的水位，下限是有利于地下水得到最大补给的地下水位；若以植物生长作为指标来看，其上、下限分别为控制土壤表层积盐量在适宜作物生长范围内的最小地下水位埋深和不引起天然植被衰败的最大地下水位埋深。地下水位是影响生态环境地下水诸要素（地下水位、潜水矿化度、土壤含水量、土壤含盐量）中最重要的影响因素。樊自立等研究了地下水埋深与生态环境状况的关系，将地下水临界埋深划分为沼泽化水位、盐渍化水位、适宜生态水位、植物胁迫水位及荒漠化水位 5 种类型，并确定其相应的埋藏深度。根据潜水蒸发与土壤盐渍化与荒漠化的关系，把适宜生态水位确定在 2~4m，即潜水强烈蒸发深度以下与蒸发极限深度之上的区间。杨泽元以陕北风沙滩地区为例，提出了“生态安全地下水位埋深”的概念，确定了风沙滩地区生态安全地下水位埋深为 1.5~5m。谢新民等初步探讨了地下水控制性关键水位的概念和划分原则，并在此基础上得到了西北、华北、东部沿海地区未超采区、采补平衡区和超采区红、蓝线水位分析结果。赵辉等从地下水不合理开发利用引起的环境问题出发，选取华北地区、西北地区以及沿海地区作为典型区，分析地下水位对环境的控制作用，提出了具有针对性的地下水位控制阈值，得出华北平原有利于山前调蓄的地下水位埋深为 10m、中东部平原浅层控制土壤盐渍化水位埋深为 2~3m、防止地裂缝的水位埋深为 7m、深层控制地面沉降的水位埋深为 50m、浅埋岩溶区地下水位应控制在岩溶含水层上覆的松散岩类的底板高程（2.00m）之上；西北地区控制天然植被衰败的地下水位埋深为 2.0~4.5m，人工绿洲灌溉期控制土壤盐渍化的地下水位埋深为 1.2~1.5m，非灌溉期中冻结期地下水位埋深为 1.3~1.5m，冻融期为 2.2~2.7m；沿海地区防止海水入侵的地下水位阈值应控制在水位高程 -6.00~-5.00m，最大不超过 -8.00m。施小清等根据江苏省水文地质条件、开发利用状况及地质环境现状，提出了以预防地面塌陷、地面沉降和含水层疏干 3 种条件为制约条件的控制性关键水位，同时给出各类约束条件下的红线划定参考方法。众多概念和理论的研究成果多是从地下水位与环境问题的关系方面得来的，试图寻求地下水的适宜水位，也就是能够维持良好的地下水环境、保证地下水可持续开发利用、发挥地下水资源环境功能的地下水位或地下水埋深。

地下水水位与土壤盐渍化的关系研究较早，而且内容较多。早在 1957 年，任鸿安就对土壤上层盐渍化的范围与地下水位的关系进行过相关的研究；之后在 60 年代，熊毅、黄荣翰、王遵亲等都认识到，进行地下水排水、控制地下水位在防止土壤次生盐渍化中的重要作用。从满足植被生长需要的角度，宋郁东等把满足干旱区非地带性天然植被生长需要的地下水位埋藏深度称作生态地