

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

地下水利用 (第4版)

主 编	新疆农业大学	虎胆·吐马尔白
副主编	河北农业大学	杨路华
	内蒙古农业大学	史海滨
主 审	武汉大学	张瑜芳
	新疆农业大学	郭西万



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

地下水利用 (第4版)

主 编 新疆农业大学 虎胆·吐马尔白
副主编 河北农业大学 杨路华
内蒙古农业大学 史海滨
主 审 武 汉 大 学 张瑜芳
新疆农业大学 郭西万

地下水利用 (第4版)	主 编	虎胆·吐马尔白
副主编	杨路华	史海滨
主 审	张瑜芳	郭西万
责任编辑	张瑜芳	郭西万
封面设计	张瑜芳	郭西万
版式设计	张瑜芳	郭西万
印刷	张瑜芳	郭西万
装订	张瑜芳	郭西万
发行	张瑜芳	郭西万
地址	张瑜芳	郭西万
电话	张瑜芳	郭西万
网址	张瑜芳	郭西万
E-mail	张瑜芳	郭西万
ISBN 7-122-03323-8	张瑜芳	郭西万
定价	张瑜芳	郭西万



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高等学校水利学科专业规范核心课程教材。本书除绪论外,共分8章。内容依次为地下水的赋存与运动规律,供水管井的出水量计算,含水层水文地质参数及水文参数的确定,地下水资源的计算和评价,地下水资源计算的数值法,集水建筑物的设计与施工,地下水开发利用规划设计,地下水资源管理与保护。与前3版相比,本书在地下水资源评价基本概念、地表水地下水资源平衡分析、地下水资源评价数值法在工程设计中的应用及地下水资源保护等方面,加强了理论分析与实际应用的内容。

本书为高等院校农业水利工程本科核心课程教材,也可供水资源、给排水、水文地质等有关专业的师生和工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

地下水利用/虎胆·吐马尔白主编.—4版.—北京:中国水利水电出版社,2008

高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 农业水利工程

ISBN 978-7-5084-5822-9

I. 地… II. 虎… III. 地下水资源—资源利用—高等学校—教材 IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 119455 号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程 地下水利用 (第4版)
作 者	主 编 新疆农业大学 虎胆·吐马尔白 副主编 河北农业大学 杨路华 内蒙古农业大学 史海滨 主 审 武汉大学 张瑜芳 新疆农业大学 郭西万
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16开本 16.25印张 375千字
版 次	1981年2月第1版 1988年11月第2版 1996年10月第3版 2008年8月第4版 2008年8月第12次印刷
印 数	37511—41510册
定 价	29.00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

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)
李玉柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)	李建林 (三峡大学)
刘 超 (扬州大学)	朝伦巴根 (内蒙古农业大学)
任立良 (河海大学)	余锡平 (清华大学)
杨金忠 (武汉大学)	袁 鹏 (四川大学)
梅亚东 (武汉大学)	胡 明 (河海大学)
姜 峰 (大连理工大学)	郑金海 (河海大学)
王元战 (天津大学)	康海贵 (大连理工大学)
张展羽 (河海大学)	黄介生 (武汉大学)
陈建康 (四川大学)	冯 平 (天津大学)
孙明权 (华北水利水电学院)	侍克斌 (新疆农业大学)
陈 楚 (水利部人才资源开发中心)	孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

副主任 张展羽 (河海大学)

刘超 (扬州大学)

黄介生 (武汉大学)	杨培岭 (中国农业大学)
马孝义 (西北农林科技大学)	史海滨 (内蒙古农业大学)
张忠学 (东北农业大学)	迟道才 (沈阳农业大学)
文俊 (云南农业大学)	田军仓 (宁夏大学)
魏新平 (四川大学)	孙西欢 (太原理工大学)
虎胆·吐马尔白 (新疆农业大学)	
杨路华 (河北农业大学)	

魏新平 (四川大学) 孙西欢 (太原理工大学)

虎胆·吐马尔白 (新疆农业大学)

杨路华 (河北农业大学)

总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比,水利学科专业的办学点增加了将近一倍,每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程,水利水电工程,港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学,经高等学校水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划,决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学组讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月

第4版

前言

本教材是根据高等学校水利学科教学指导委员会关于《水利学科专业规范核心课程教材建设若干意见》文件精神 and 2007 年高等学校水利学科教学指导委员会全体（扩大）会议指南，结合全国高校农业水利工程、水利水电工程、水文与水资源工程专业的本科教育大纲和教学基本要求进行编写和修订的。

本教材自第1版（1981年）、第2版（1988年）与第3版（1996年）出版以来，深受广大师生、读者的欢迎和好评。为了全面反映地下水利用学科近年来发展所取得的新技术、新经验，使本教材能更好地适应培养本专业人才的需要，这次我们对全书的内容又作了进一步的修订。

在这次修订中，广泛征求了全国高校任课教师的意见，并于2007年8月在乌鲁木齐市召开了《地下水利用》教材编写会议，对原教材编写大纲进行了修订。在学习和借鉴前几版教材的内容体系的基础上，结合专业的需要，对原有版本的内容进行了改进，包括对原有章节进行了增删、修改和调整，如：把地下水赋存与运动规律单独列出作为第1章，重点讲解地下水的赋存与基本类型、地下水的循环及其运动；另外，针对目前地下水资源开发中遇到的环境和效益的问题，充实了地下水开发利用规划设计和地下水资源管理保护方面的内容。本书在地下水资源评价基本概念、地表水地下水资源平衡分析、地下水资源评价数值法在工程设计中的应用以及地下水资源保护等方面，加强了理论分析与实际应用的内容。

本书由新疆农业大学虎胆·吐马尔白教授任主编，负责全书的统稿和定稿。河北农业大学杨路华教授和内蒙古农业大学史海滨教授任副主编。

全书由武汉大学张瑜芳教授和新疆农业大学郭西万教授担任主审。具体编写分工为：新疆农业大学虎胆·吐马尔白负责绪论、第2章、第3章的第3.3、3.4、3.5节、第4章的编写，河北农业大学杨路华负责第1章、第6章的编写；内蒙古农业大学史海滨和杨树青负责第5章的编写，董新光和杨鹏年负责第3章第3.1、3.2节的编写，董新光负责第7章的编写，马英杰负责第8章的编写；武汉大学、中国农业大学、东北农业大学、沈阳农业大学、云南农业大学、西北农林科技大学等单位的教授及专家们参加了本书大纲的讨论，对编写此书提出了许多宝贵的意见和建议。此外还有新疆农业大学研究生孟杰、王薇、吴争光、买合木提等协助主编、副主编对书稿的编写、插图、绘制和校对等方面做了辅助工作，在此一并致谢。

本教材1981年出版的第1版由西北农学院赵尔慧、李佩成，华北水利电力学院霍崇仁、王禹良合编。由武汉水电学院张蔚榛和张瑜芳主审。

1988年出版的第2版由新疆八一农学院张席儒、郭西万，陕西机械学院赵尔慧，华北水利电力学院霍崇仁合编。由许志方教授主审。

1996年出版的第3版由宁夏农学院全达人，新疆八一农学院郭西万，西北农业大学王纪科，内蒙古农牧学院史海滨合编。由我国著名的地下水利用专家、西安理工大学赵尔慧教授主审。

本教材的编写和修订，受到了各高校任课老师和出版单位的热情帮助和大力支持，对提高本书的质量大有裨益。对此，我们真诚地向他们表示感谢。

由于编者水平有限，书中的缺点错误在所难免，恳请广大师生和各界读者提出宝贵意见。

编 者

2008年5月



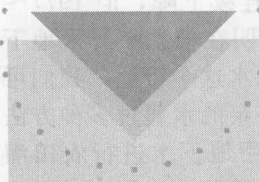
目 录

总前言

第4版前言

绪论	1
第1章 地下水的赋存与运动规律	7
1.1 地下水的赋存与基本类型	7
1.2 地下水的循环	17
1.3 地下水运动	23
第2章 供水管井的出水量计算	29
2.1 单井出水量的稳定流计算	29
2.2 单井出水量的非稳定流计算	41
2.3 非完整井的出水量计算	49
2.4 井群干扰的出水量计算	51
第3章 含水层水文地质参数及水文参数的确定	57
3.1 参数的基本概念	57
3.2 利用抽水试验资料确定含水层参数	58
3.3 利用动态资料分析确定含水层参数	77
3.4 水文参数的确定	80
3.5 各种参数经验值的分析与选用	82
第4章 地下水资源的计算和评价	86
4.1 地下水资源的概念	87
4.2 地下水资源评价的概念	90
4.3 地下水均衡法	93
4.4 地下水回归分析法	95
4.5 地下水地表水资源平衡分析	103

4.6 地下水资源质量的计算和评价	108
第5章 地下水资源计算的数值法	119
5.1 基本概念	119
5.2 有限差分法在地下水资源计算中的应用	135
5.3 有限单元法在地下水资源计算中的应用	145
第6章 集水建筑物的设计与施工	155
6.1 地下水集水建筑物的分类	155
6.2 管井工程	157
6.3 大口井与辐射井	175
6.4 其他类型的地下水集水建筑物	184
第7章 地下水开发利用规划设计	189
7.1 规划的原则与分区	189
7.2 基本资料	193
7.3 供需水平衡分析	195
7.4 工程规划及设计	208
7.5 地表水地下水联合调度方法	212
7.6 工程效益及规划设计成果	215
第8章 地下水资源管理与保护	222
8.1 地下水资源管理与保护的目和内容	222
8.2 地下水资源利用中的主要问题	223
8.3 地下水资源管理	229
8.4 地下水资源保护	232
附录	242
参考文献	247



绪 论



0.0.1 地下水利用在农田水利事业中的地位

全世界干旱及半干旱地区的面积约占全球陆地面积的 1/3, 遍及 50 多个国家和地区, 主要分布在亚洲、非洲、大洋洲、美洲等。我国干旱及半干旱地区的面积约占全国总面积的一半, 主要分布在我国西北、华北、内蒙古等地区。地下水资源是一种宝贵的自然资源, 是干旱半干旱地区水资源的重要组成部分和天然植被赖以生存的重要水源。因此只有合理地利用和有效地保护地下水资源, 才能保证社会和经济的可持续发展。由于地下水系统的复杂性, 地表水与地下水的频繁转化, 客观地、动态地、科学地认识干旱半干旱地区地下水资源的形成、分布、转化、开发、利用与保护非常重要。

根据我国北方干旱及半干旱地区对地下水资源开发利用的经验分析, 合理开发利用地下水在农田水利事业中具有以下重要作用。

1. 地下水是农田灌溉重要的抗旱水源

我国北方地区最显著的气候特征是: 西北地区干旱少雨, 且时空分布不均, 地面水资源极其短缺, 夏季雨水较多, 春旱重; 华北地区春旱秋涝, 降水在季节上分布不均, 且地面水资源总体上比较缺乏, 往往是作物需水时很少降雨, 不需要水时降雨较多, 经常是旱涝灾害交替出现, 极大地制约了农业生产。

据有关部门统计, 北方地区约有 2 亿亩以上农田缺水, 7 亿多亩农田灌溉水源保证率不高, 同时约有 10 亿亩缺水草场, 这些都需要开采利用地下水资源。而地下水与地表水相比, 受气候因素影响较小, 在时空上具有较稳定的特点, 其防旱抗旱能力较强。在天旱需水时, 一些河湖常常干涸, 而地下水则不致如此。这一点在我国旱象频繁、地表水源不稳的华北和西北地区表现得十分突出。河北省一些地区 1965~1968 年旱象严重时河水很少, 甚至断流, 地表水灌溉的保证率很低, 而大多数水井则能及时抽水缓解旱情。再者地下水埋藏在地下, 分布范围广泛, 特别是平原地区厚度较大的潜水层, 就像一个天然地下水库一样, 具有较强的年内调节和多年调节作用。中国农业科学院、水利部农田灌溉研究所在河南省人民胜利渠、七里营乡的观测发现, 该乡每年机井抽水灌溉利用地下水约 $1500 \times 10^4 \text{ m}^3$, 与引黄(河水)渠灌的渗

漏补给量 $1420 \times 10^4 \sim 1670 \times 10^4 \text{ m}^3$ 地下水大致相等。这说明地下含水层具有较强的调节功能。根据河北省水文地质队的动态观测资料,河北平原 1974~1978 年平均年开采量为 88 亿 m^3 。虽然 1973~1976 年因降水偏少,地下水位连续下降,但 1977~1978 年降水量较大,地下水位基本恢复到 1973 年的水平。这说明在枯水年开采地下水量,一般通过丰水年的补给,就可得到恢复。为此,依据地下水这个特征,我们可以充分利用地下水含水层进行调蓄,在丰水季节或丰水年,把多余的水通过多种方法入渗补给与储存在含水层中,而在枯水季节或枯水年,开采利用地下水进行农田灌溉,以满足作物需水要求,促进农业生产。利用地下含水层这个调蓄功能实施“以丰补欠”对防旱抗旱具有重要的作用。近年来,河北、河南和山东诸省已开展了大量的工作,并取得了一些良好的效果。

2. 利用地下水灌溉具有明显增产效果。

由于地下水机井工程相对较小,灌溉面积不是很大,且管理方便,调度灵活,能适时适量地进行灌溉,及时满足作物生长需水要求。实践证明,一般井灌区产量都比较高,增产效果十分显著。目前我国北方地区种植的大棚蔬菜,大多采用地下水灌溉,就是因为地下水灌溉具有能适应蔬菜小水勤浇的特点,保证了各种蔬菜的大丰收。

3. 开发利用地下水具有防涝治碱的作用。

易涝易碱地在我国西北、华北和东北地区均有分布。通过在这些地区发展井灌(井排),有效地遏制了旱、涝、碱灾害。井灌井排的除涝治碱作用主要表现为:开采地下水能起到调节地下水位,实行井灌可冲洗土壤盐分,从而改变土壤盐分垂直分布。井排能降低地下水位排除土壤中的盐分,同时增大土壤中“地下水库”蓄水能力。国内外大量试验表明,井排(垂直排水)和水平排水相比,具有水位降深大,占地小,无需修建大量土建工程,从而可达到灌排结合、治涝治碱的双重目的。在我国各地区由于发展地下水灌溉而使涝碱地得到治理的例子很多,如在河北、河南、山东、苏北、宁夏、新疆等地。

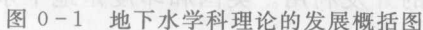
4. 地下水是节水灌溉技术的理想水源

近年来由于灌溉水源不足,国家大力提倡农田节水灌溉。地下水正是发展喷灌、微喷灌、滴灌、渗灌等节水高产灌溉技术的理想水源。因为地下水含沙量极少,比较清澈干净,不会阻塞灌水器,也不会像含泥沙量大的地表水那样,喷洒在植物叶上会阻塞植物的气孔而危害植物。

0.0.2 地下水学科理论研究的发展概况

在人类从事开发利用地下水活动以及进行地下水资源计算和评价的漫长过程中,在水文学、地质学、水力学和流体力学等学科研究基础上,通过长期实践经验和认识的不断积累,逐渐形成和发展了地下水学科理论。现用图 0-1 所示的一个简单的图来说明地下水学科理论的发展概况。

1856 年法国水力学者达西(Darcy)根据在砂柱中水的渗透实验,第一个总结出水在孔隙介质中运动的渗透定律,提出了渗透系数的概念,这为研究地下水运动规律提供了前所未有的理论基础。1863 年另一位法国水力学者裘布依(Dupuit)以达西定律为基础,把渗透定律进一步应用到天然含水层中,建立了一系列稳定井流模型,



1870 年德国土木工程师齐姆 (A. Thiem) 引出了影响半径 R_0 的概念。许多学者一致认为 R_0 是含水层的特性和抽水时间的函数, 因而地下水非稳定流理论的研究应运而生。随着生产发展, 地下水开采规模越来越大, 不少地区地下水位发生明显的下降, 地下水的运动呈现明显的非稳定性, 而稳定流理论不能描述地下水从一个状态发展到另一个状态的过程。因此, 生产实践中出现的问题再一次推动了地下水运动理论向新的高度发展。

1950年雅克布 (Jacob)、汉土什 (Hantush) 等学者提出了有越流条件下的非稳定井流公式。稍后, 博尔顿 (S. N. Boulton) 和纽曼 (Neumann) 考虑了潜水含水层滞后疏干效应, 提出了潜水的非稳定流计算公式, 使得非稳定井流公式的应用更加广泛。地下水运动非稳定流理论, 不仅可研究地下水运动状态随时间的变化过程, 而且还可以把以往的稳定井流理论作为非稳定流理论在某些条件下的特例来研究。随着生产实践和科学技术的发展, 地下水非稳定流理论将会日趋发展和更符合于生产实际。

1960年,随着快速大容量电子计算机的出现和广泛使用,推动了地下水学科发展并取得了突破性进展。数值算法(有限差分法和有限单元法等)在地下水计算中

得到推广,解决了地下水非稳定流解析法计算中难以解决的复杂边界条件下的地下水流计算问题。到了20世纪70年代,数值法已全面应用于地下水非稳定理论研究,解决了许许多多生产实际中的重大疑难问题。

1980年,地下水学科理论发展主要是地表水和地下水的综合研究,即地表水与地下水联合调度统一管理问题。到了20世纪90年代,国内外更多的学者更注重研究大气降水、地表水、土壤水及地下水(一般统称为“四水”)相互转换方面的问题,并编制了一系列有关“四水”转换的管理模型软件。尤其在我国“八五”、“九五”、“十五”国家科技攻关项目中,在“四水”转换关系方面取得了一系列丰硕科研成果,解决了许多生产中的实际问题。

至今,地下水学科理论的研究,不仅包括地下水资源评价和合理开发利用的研究,还包括以土壤水为核心,定量分析“四水转换关系”、灌区与非灌区的水盐运移规律,在治理盐碱,防止化肥、农药等污染方面,加强地下水资源保护,实施地下水系统科学管理等诸多方面的综合研究。

0.0.3 国内外开发利用地下水概况

由于世界人口的持续增长,生产建设的不断发展以及地表水资源不断被污染,促使各国更重视地下水资源的开发利用。美国和印度是地下水开发利用最早、历史最长、规模最大的国家。

美国地下水开发主要集中在美国的西部,地下水在生活饮用、市政公共供水和农业供水中占有重要地位。至20世纪,地下水开发已达到相当高的水平。1985年,美国地下水年开采量达1013亿 m^3 ,占全国淡水资源的21.7%。市政公共供水中地下水占40.1%,农业用水中地下水占34.4%,饮用地下水的人口占53%,工矿自备水源中地下水占17.3%。尤其是西部17个州的井灌面积占全国井灌总面积的80%以上,其中得克萨斯州的井灌面积占全州总灌溉面积的82%,加利福尼亚州为40%以上。由于年开采量超过年补给量,地下水位持续下降,潜水含水层部分被疏干,含水层厚度减少超过10%的地区,已达平原区含水层分布面积的1/4。

印度地下水开采量中90%以上用于农业灌溉,用于居民生活供水和工业供水的量不足地下水开采量的10%。印度多年平均可恢复地下水资源为 $4500 \times 10^8 \text{m}^3$ 。目前年抽水量达 $1350 \times 10^8 \text{m}^3$,已利用30%左右。20世纪50年代以来,印度的地下水灌溉面积比重随总灌溉面积的增加而增长,1951年、1969年、1984年和1992年井灌面积占全国总灌溉面积的比例分别是29%、30%、38%和45.3%,井灌面积之大居世界第一位。由于地下水开采的地区分布不平衡,有些地区地下水尚有一定扩大开采的潜力,而有些地区已经出现了大面积的超采,据国际水资源研究所的研究成果,由于地下水的过量开采,含水层的疏干,使印度农业收成的1/4受到严重威胁。

近年来,国外对地下水的保护和合理利用已经走在前面。一是普遍建有地下水资源开发保护机构,如美国、沙特阿拉伯、埃及等国;二是加强政府法规的推动作用,如欧盟在1970年就开始制定了保护水源和河川的政策,以色列不仅有水污染控制的严格法律,而且非常重视废水的回收利用,是世界上废水利用率最高的国家,城市的废水回收率在40%以上。

我国是世界上开发利用地下水最早的国家之一,全国地下淡水资源量占国内水资

源总量的 1/3, 近 20 年, 地下水开采量平均以每年 $25 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的速度增加。全国 400 多个城市开采利用地下水, 在城市用水总量中地下水占 30%。由于地下水资源的地区分布及需求不同, 北方大多数流域的地下水供水量在总供水量中占有较大比例, 其中海河流域占 61.9%, 黄河中游占 57.8%, 辽河流域占 53.0%, 淮河流域占 23.7%, 河西内陆河占 25.2%; 南方各流域片地下水供水量占总供水量的比例较小, 一般在 5% 以下。1997 年, 全国地下水实际开采量达 $968.78 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全国总用水的 17.4%。其中, 农田灌溉用水占 54.3%; 城镇工业用水占 17.5%; 农村生活用水占 12.8%; 农村工业和林牧渔业用水占 8.0%; 城镇生活用水占 7.4%。北方城市以开采地下水为主, 其中华北、西北城市利用地下水的比例分别高达 72% 和 66%。地下淡水资源量多年平均为 $8837 \times 10^8 \text{ m}^3$, 并呈“南多北少”格局。南方地下淡水资源量占全国地下淡水资源量的 69%, 可开采资源量达 $1991 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。北方地下淡水资源量仅占全国地下淡水资源量的 31%, 可开采资源量也只相当于南方的 77%。占全国总面积 35% 的西北地区地下淡水资源量仅占全国总量的 13%。然而各省(自治区、直辖市)和各流域片地下水供水量占总供水量的比例相差很大。地下水供水量占总供水量一半以上的有河北、北京、山西、河南等四个省(直辖市), 其中, 河北省地下水供水量占总供水量的 3/4, 北京市地下水供水量占总供水量的 2/3; 山东、辽宁、陕西、内蒙古、黑龙江、天津、吉林等省(自治区、直辖市)地下水供水量占总供水量的比例也较高, 约为 30%~40%; 福建省和上海市地下水供水量占总供水量的比例最小, 只有 0.79% 和 1.11%。但在开采地下水的过程中也出现了一些环境问题, 超采区总面积已达 181291 km^2 , 导致部分泉水断流, 水质恶化, 海水入侵和部分地区的地面沉降等环境问题。对此, 我国近年来对地下水保护意识逐步增强, 在一些国家立法和地方法规中增加了对地下水的保护条款, 对地下水污染方面也逐步采取了一些措施, 宏观调控工作逐渐加强等。

0.0.4 地下水利用课程的学习目的和主要内容

1. 学习目的

《地下水利用》是我国北方各省(自治区、直辖市)高等学校农业水利工程专业的必修课程, 是水利水电工程、水文与水资源工程专业的一门技术基础课程。学习这门课程的目的有三个方面。

(1) 在综合运用已学过的基础课、专业基础课以及有关专业课的基础上, 通过本课程理论学习与实践, 使学生今后能从事合理开发利用地下水与管理保护地下水的工作。

(2) 掌握必要的地下水运动理论与地下水开发利用技术。降水、地表水、土壤水与地下水的联系较密切, 在进行水资源评价及合理开发利用时, 能用水资源系统方法去分析。若不能正确认识和处理地下水和地表水相互转化的关系, 大量引用地面水灌溉, 会引起地下水位急剧上升, 导致大面积的土壤盐渍化或沼泽化; 反之, 若盲目过量开采地下水, 定会引起地下水位大幅度下降, 造成地面下沉、海水入侵等不良后果, 使生态环境恶化。因此, 根据“四水”转化规律, 在最大限度利用水资源的同时, 加强保护水资源和改善水环境。

(3) 掌握地下水开发利用工程的规划、设计、施工和管理的理论与技术, 为从事

地下水开发利用工程的建设与管理奠定基础,提高从事地下水开发利用保护与管理方面的知识和工作以及科研能力。

2. 主要内容

(1) 地下水赋存规律:基本类型与特征及其循环运动规律;在天然因素和人为因素影响下的动态变化规律,以及不同条件下的地下水均衡方程。

(2) 地下水运动基本方程:地下水向井流运动的稳定流的裘布依方程与非稳定流的泰斯公式,以及群井干扰理论等。

(3) 地下水资源计算与评价:重点介绍地下水资源特征;含水层参数测定及地下水补给量和排泄量的计算;地下水质量计算,以及有限差分法和有限单元法在地下水资源计算中的应用。

(4) 集水建筑物的设计与施工:即常用的地下水取水建筑物的类型,管井、大口井、辐射井及水平取水工程的设计与施工方法。

(5) 地下水开发利用规划设计:即地下水开发利用规划的原则及分区、供需水平衡计算分析、地下水工程规划设计、地表水与地下水联合调度方法及其用水管理。

(6) 地下水超采引起的地下水位下降、地面塌陷、土地荒漠化、地下水环境污染、地下水开采与土壤盐碱化关系以及地下水资源合理开发利用和保护的措施。