

DIBIAOSHUI YU DIXIASHUI LIANHE YOUHUA GUANLI DIAODU YANJIU

YI HENANSHENG XUCHANGSHI WEILI

地表水与地下水联合优化管理 调度研究

——以河南省许昌市为例

○姜宝良 编著

中国大地出版社

地表水与地下水 联合优化管理调度研究

——以河南省许昌市为例

姜宝良 编著

中国大地出版社

• 北 京 •

内 容 提 要

本书对河南省许昌市麦岭等水源水文地质条件、水资源及开发利用现状进行了全面系统的分析,对地下水动态进行了类型划分,建立了地下水数值模型、灰色 GM(0, N) 水位预报模型和逐步回归模型等,创造性地开发了基于 GIS 的地下水资源信息管理系统,并进行了地表水与地下水联合调度方案设计。对水资源管理、研究人员具有一定的参考和借鉴价值。

图书在版编目(CIP)数据

地表水与地下水联合优化管理调度研究:以河南省许昌市为例/姜宝良编著.
—北京:中国大地出版社, 2006.7
ISBN 7-80097-862-1

I. 地... II. 姜... III. 地下水资源—水资源管理—研究—许昌市
IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082533 号

责任编辑:叶 丹 高晓峰

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话:010—82329127(发行部) 010—82329008(编辑部)

传 真:010—82329024

印 刷:北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13.5

字 数:264 千字

版 次:2006 年 7 月第 1 版

印 次:2006 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1—1000 册

书 号:ISBN 7-80097-862-1/F·162

定 价:30.00 元

(凡购买中国大地出版社的图书,如发现印装质量问题,本社发行部负责调换)

目 录

第1章 绪言	(1)
1.1 许昌市概况	(1)
1.2 选题依据及研究意义	(1)
1.3 研究内容和工作概况	(5)
第2章 自然地理与区域地质概况	(8)
2.1 气象与水文	(8)
2.2 地形与地貌	(10)
2.3 区域地质概况	(12)
第3章 麦岭水源地水文地质条件	(16)
3.1 地下水形成和赋存条件	(16)
3.2 包气带岩性与结构特征	(17)
3.3 麦岭水源地含水层组的划分及特征	(19)
3.4 地下水补给径流和排泄条件	(26)
第4章 水资源及开发利用现状	(30)
4.1 大气降水资源	(30)
4.2 地表水资源	(31)
4.3 地下水资源	(36)
4.4 大气降水、地表水和地下水的相互转化	(44)
4.5 水化学特征及水质	(49)
4.6 水资源开发利用现状	(59)
第5章 地下水动态规律研究	(62)
5.1 地下水动态监测网的建设	(62)
5.2 地下水动态规律分析	(62)
5.3 地下水水位空间变化特征	(72)
5.4 地下水水位动态逐步回归分析	(81)
5.5 地下水灰色模型	(96)
第6章 地下水人工补给试验研究	(99)
6.1 人工补给技术概述	(99)
6.2 麦岭水源地人工补给条件分析	(100)
6.3 人工补给试验研究	(101)

6.4 地下水人工补给的实施	(117)
第7章 三维地下水数值模拟与预报	(121)
7.1 Visual Modflow 概述	(121)
7.2 水文地质数值模拟模型	(122)
7.3 地下水渗流模拟模型的建立与识别	(128)
7.4 未来地下水水位预测	(146)
第8章 基于GIS的水资源信息管理系统	(154)
8.1 GIS及在水资源信息管理中的应用	(154)
8.2 水资源信息管理系统的设计	(155)
8.3 系统功能介绍	(164)
第9章 地表水与地下水联合优化调度	(172)
9.1 地表水与地下水联合调度条件	(172)
9.2 地表水与地下水联合调度方案设计	(173)
第10章 水资源的持续开发与保护	(184)
10.1 水资源开发利用现状与对策	(184)
10.2 水源地的保护与安全运行	(189)
10.3 水资源持续开发利用和保护	(192)
第11章 结论与建议	(194)
11.1 主要结论	(194)
11.2 主要建议	(196)
参考文献	(197)
附录 科学技术成果鉴定证书	(198)

第1章 绪言

1.1 许昌市概况

许昌市位于河南省中部,为省辖地级市,现辖禹州市、长葛市、许昌县、鄢陵县、襄城县和魏都区,全市国土面积 4996km²,总人口 440 万。许昌市区面积 24km²,人口 25 万。

许昌地理位置优越,交通便利。京广铁路、京珠高速公路、107 国道并行纵贯南北,禹一郑铁路、311 国道横穿东西。国道、省道及县乡公路相互衔接,构成了纵横交织的陆路交通运输网络。许昌距郑州新郑国际机场仅 50km,便于与世界各地交往。

许昌市自然条件优越,属暖温带季风区,气候温和,光照充足,雨量充沛,无霜期长,四季分明。境内 75% 的面积为平原,25% 的面积为山岗。矿产资源丰富。已探明的矿藏资源有煤炭、铝粘土、石灰岩、耐火粘土等 30 余种,开采条件良好。

许昌市是一座历史文化名城,改革开放以来,经济和社会发展迅速,已经成为以烟草、机电、轻工和商贸为主的轻工业城市。工业产品有继电器、卷烟、烤烟、烟草机械、金刚石及其制品、农用车辆、汽车配件、制鞋、陶瓷等 40 余种。许昌商业发达,自古就是商贾云集之地。近年来,相继建成了一批大规模多功能的商品批发零售市场,如芙蓉轻纺城、三国商贸城、亚细亚商场、钢材大世界、机动三轮车配件城、鄢陵花卉市场和禹州中药材市场等。农业发展条件得天独厚,是河南省粮、棉、烟叶等农作物的主要产区之一。主要农作物有小麦、玉米、大豆、花生、烟叶、棉花等。畜牧业主要有生猪、肉牛、鸡、山绵羊等。许昌烤烟历史悠久,素有“烟叶王国”之称,是中国主要烟叶生产基地之一。

1.2 选题依据及研究意义

1.2.1 许昌市水资源开采利用概况

1. 许昌市水资源现状

许昌市水资源严重匮乏,是我省乃至全国严重缺水城市之一。全市多年平均水资源总量为 8.9 亿 m³,其中地表水资源多年平均为 4.76 亿 m³,地下水资源多年平均为 5.64 亿 m³,重复量为 1.5 亿 m³。人均水资源占有量仅有 204m³,相当于全国人均水平的 1/10、全省人均水平的 1/2。目前作为许昌市城市供水水源地主要有三处:一是规划区 88km²范围内的地下水资源,年均可采量 2879.44 万 m³;二是直接接受降水产生的地表径流每年输水

0.09 万 m^3 和周庄水厂年最大供水能力 1460 万 m^3 (来源于北汝河大陈闸库区); 三是许昌境外南部榆林及襄城县麦岭水源地的地下水资源(简称南水源), 年均可开采量 2555 万 m^3 , 其中榆林水源地可开采量 730 万 m^3/a , 麦岭水源地可开采量 1825 万 m^3/a 。目前许昌市总供水能力为 6894.53 万 m^3/a 。

长期以来, 随着城市规模不断扩大和人口的增长, 工农业生产和人民生活用水量不断增加, 水资源供需矛盾加剧, 地下水开采量逐年增加。许昌市规划区面积 88km^2 , 工业自备井 207 眼, 农业机井数 1850 眼, 机井总数达 2057 眼, 井的密度达 23.37 眼/ km^2 , 居河南省之最, 自备井开采量约 3 万 m^3/d , 农业机井开采量 4.6 万 m^3/d , 总开采量达 7.6 万 m^3/d , 开采强度 $863 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$ 。

过量开采地下水造成许昌市区地下水位持续下降, 据 1992~2003 年历年统测资料: 浅层水水位埋深已达 5~15m, 中、深层水水位埋深一般 20~80m, 浅、中、深层地下水均形成了降落漏斗, 面积在逐年扩大, 尤其是浅层地下水和深层地下水, 浅层地下水的水位降落漏斗面积已从 1992 年的 12.40km^2 增大到 1996 年的 27.80km^2 , 深层地下水的水位降落漏斗面积也从 1992 年的 18.69km^2 增大到 1996 年的 87.00km^2 , 几乎覆盖整个规划区, 近几年来由于限量开采地下水, 才使降落漏斗面积稍微缩小, 到 2003 年为 50.00km^2 。过量开采地下水造成部分水源井报废, 水质变差, 水的总硬度、矿化度等多项水质指标超过国家饮用水水质标准, 还引起市区地面沉降, 最大沉降量达 150mm, 许昌市成为河南省地面沉降最为严重的城市。与此同时, 现有宝贵的水资源也没能得到有效的保护, 地表水污染严重, 全区几十条大小河流, 都不同程度地受到污染, 清溪河和运粮河等污染极其严重, 其水资源根本无法利用。地下水的污染也呈现逐年加重的趋势, 地下水多项指标超标。水资源利用效率仍处在相对较低水平上, 浪费水的现象普遍存在。在农业生产方面, 农田灌溉仍以漫灌为主, 水的有效利用率低, 渠道渗漏严重, 利用系数仅有 0.5。工业用水重复利用率低, 一般在 60%~65%。农业区也因长期过量开采地下水, 地下水位持续下降并形成大面积降落漏斗。

2. 地下水资源的勘察史

城市供水一直是制约许昌市社会经济发展的重要因素。长期以来, 全市工业用水和居民生活用水主要由市区范围内地面下 50~300 米深度内的中深层地下水供给, 由于埋藏较深, 补给条件较差, 加之过量开采, 引起地下水位急剧下降, 致使市区水源地和现有取水设备的取水能力明显下降, 市区工业、民用用水非常紧张。为了缓解市区的供水紧张的状况, 许昌市城建局和市自来水公司委托原河南省地质局水文地质三队在许昌市以南的榆林至襄城县的范湖一带进行水文地质初步勘察, 1981 年 3 月提交了初步勘察报告, 确定勘察区的地下水允许开采量为 3 万 m^3/d 。河南省工程水文地质勘察公司受委托在榆林水源地南部的范湖—麦岭—丁营一带进行水文地质勘察, 于 1982 年 7 月提交了《许昌市南部麦岭水源地水文地质勘察报告》, 将麦岭水源地定位于古汝河埋藏型冲洪积扇上, 含水层的岩性为中更新统卵砾石层, 初步确定麦岭水源地地下水允许开采量为 5 万 m^3/d 。1993 年 2 月麦

岭水厂建成投产,开始向许昌市供水,市区供水紧张的局面得到了有效的缓解。1997年以来平均开采量 $3.55 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,最大达 $5.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,中心地带静水头埋深稳定在 $5 \sim 6 \text{ m}$,最大 9 m 。根据水源地开采动态和水文地质资料分析,该水源地尚有较大开采潜力。经过 1997~1998 年麦岭水源地扩大开采供水水文地质详查和 1999~2002 年麦岭水源地扩大开采供水水文地质勘探,新增 33 眼开采井,使开采井总量达到 45 眼。2002 年 7 月 16 日,河南省工程水文地质勘察院与许昌市第二水厂联合提交的《河南省许昌市第二水厂麦岭水源地扩大开采供水水文地质勘探报告》通过省国土资源厅资源储量处组织的专家评审,批准麦岭水源地扩大开采后允许开采量为 $14 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,其中, B 级 $8.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$, C 级 $5.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。

3. 许昌市的供水现状

许昌市区内浅、中、深层地下水资源量历年来一直处超量开采状态,自 1992~2003 年平均可采量 2443.89 万 m^3 ,年平均实采量 3138.77 万 m^3 ,年平均超采量 411.63 万 m^3 ,最大开采强度 $44.73 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$,年平均开采强度 $35.66 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ (表 1-1)。

表 1-1 许昌市地下水资源历年开采状况表

年份	可采量/ 万 m^3	实采量/ 万 m^3	超采量/ 万 m^3	平均开采强度/ $(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$
1992	2898.31	3936.81	1038.50	44.73
1993	2554.83	3480.00	925.17	39.54
1994	2843.10	3576.00	732.90	40.63
1995	2832.80	3403.00	570.20	38.66
1996	3183.67	3386.00	202.33	38.47
1997	2425.87	3087.87	662.00	35.08
1998	2635.00	2987.00	347.37	33.88
1999	2813.69	2935.87	122.18	33.35
2000	3339.09	2602.90	-736.19	29.57
2001	2630.21	2487.95	-142.26	28.27
2002	2454.25	2112.16	-342.09	24.00
2003	3469.56	1374.42	-2095.14	15.16
年平均	2443.89	3138.77	411.63	35.66

中、深层地下水的开采主要是工矿企业的自备井及城区地下水供水井,多用于城市工业和居民生活用水。12 年来,共开采市区中、深层地下水资源量为 27231.19 万 m^3 。平均开采量 $1492.10 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,平均补给量 $1451.77 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,平均超采量 $40.33 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,平均开采强度 $15.88 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$,最大开采强度 $21.54 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 。

许昌市供水总公司担负着向许昌市区的供水任务,现有周庄水厂、麦岭水厂(第二水厂)和董庄水厂。周庄水厂以北汝河地表水为水源,自襄城县大陈库区北分水闸引水,经白灌渠、北干渠送入周庄水厂,处理后入自来水管网。最大供水能力可达 $10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,最

近几年实际供水量为 $4.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。麦岭水厂位于襄城县东部的麦岭镇境内, 1993 年 2 月建成投产, 以深层承压地下水为开采对象, 通过管道向许昌市区供水。原有开采井 12 眼, 轮流开采, 最多开采 10 眼, 最少 2 眼, 多年平均开采量为 $2.95 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。目前, 许昌市麦岭水厂的 $14 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 开采规模的扩建已经基本完成, 新增水源井的供水管网以及向许昌市输水的主管线均已铺设完毕, 即将形成 $14 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的供水能力。董庄水厂位于市区, 开采深层地下水, 原设计供水能力 $2 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。目前, 由于地下水水位下降, 水质变差, 并出水量下降, 基本停止开采地下水, 担负起对来自麦岭水厂的水源进行消毒处理及向供水管网加压的任务。位于榆林水源地的榆林水厂单井出水量及开采量小, 目前只作为中间管道加压站, 不再供水。

许昌市区生产生活用水主要来自麦岭水源地地下水和大陈闸库区地表水及城区自备井水, 随着封停自备井工作的逐步深入地展开, 城区自备井开采地下水量逐步减少。目前周庄水厂和麦岭水厂两水厂供水总量已占许昌市区总需水量的 80% 以上。据《许昌市城市总体规划》, 到 2010 年城市人口将达 50 万人, 需水量将达 $35 \text{ 万 m}^3/\text{d}$, 周庄水厂设计供水能力为 $10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$, 麦岭水厂允许开采量为 $14 \text{ 万 m}^3/\text{d}$, 供水缺口依然存在, 因此, 不管是目前还是未来几年, 两水厂都将是许昌市的重要供水水源地。

1.2.2 选题的依据

麦岭水源地开采深层地下水, 该含水层厚度大, 颗粒粗, 富水程度高, 调节能力强, 是典型的调节型水源地。目前开采量只有最大允许开采量的 $1/3$, 为满足许昌市区不断增长的用水需求, 在未来几年内麦岭水源地开采量将逐渐增加到最大允许开采量。长期大量开采地下水势必引起水位下降, 未来如果遇持续性干旱气候, 含水层较长时间得不到充足的补给, 或因水源地开采量超过其允许开采量, 水位难免会出现持续下降的局面, 严重时甚至会形成较深和较大范围的水位降落漏斗。此外, 从水质角度来讲, 如果对水源地保护不当, 深层地下水也存在被污染的可能。为使水源地能够长期发挥供水效益, 合理开发和持续利用宝贵的地下水资源, 最大限度地避免开采地下水所造成的水位持续下降、水质恶化、水质污染和地面沉降等环境水文地质问题, 围绕水源地的合理开发、持续利用和保护进行研究是非常有必要的, 意义重大。

周庄水厂是以大陈库区地表水为供水水源的水厂, 而麦岭水源地是以地下水为水源的水厂, 麦岭水源地位于大陈库区的下游, 库区地表水可以直接侧向渗漏补给地下水, 也可通过地表的灌溉渠网渗漏补给地下水, 地表水是地下水的重要补给来源。由于地表水与地下水各有其特点, 在水量和水质两方面具有互补性和相互调节性, 并具有内在的水力联系, 因此, 麦岭水源地和周庄水厂具备实施联合调度和联合运营的条件。在枯水期 (或干旱年份), 在地表水供水不足的情况下, 最大限度地开采地下水保证城市供水, 并且腾出地下含水层储水空间; 在丰水期 (或丰水年份) 地表水充足时, 周庄水厂增加供水, 麦岭水厂则减少地下水的开采量, 并充分利用地表弃水进行地下水人工补给, 以补偿枯水期超采的地下水量, 使过度开采的含水层恢复均衡状态。这样, 既能充分利用水源地上游丰富的汝河

地表水资源和麦岭水源地地下水资源,使得两水厂产生由地表水和地下水组成的有保证的稳定供水量,获得最大的供水效益,也充分发挥了麦岭水源地地下水的调蓄功能,使麦岭水源地深层地下水资源得到有效的保护和持续利用。因此,开展麦岭水厂地下水与周庄水厂地表水联合调度研究非常必要。

未来麦岭水源地开采规模达到最大允许开采量后,如遇连续性干旱气候条件,势必会出现降水入渗补给不足,农田灌溉以及水源地开采地下水量增加等多种不利情况,难免会出现地下水水位大幅度持续下降。在补给不足而开采强度达到最大时,采取人工补给地下水措施是非常有必要的。根据已有勘察资料,麦岭水源地周围初步具备实施人工补给的基本条件。其一,大陈闸库区最大库容 1225 万 m^3 ,最小供水库容 250 万 m^3 ,并可通过白灌渠将总库容为 6.49 亿 m^3 的白龟山水库的水引入大陈库区。库水没有得到完全利用,大量的地表水通过大陈闸弃入下游河道,水质良好,符合回灌水质的要求,可以作为人工补给地下水的水源。其二,包气带由粉质粘土、粉土和砂组成,垂直渗透性很强,有利于大气降水和灌溉水入渗补给。其三,区内有适宜开展人工补给的场所,如人工洼地、沟渠、坑塘等,具备实施人工补给地下水的地形地貌和地质条件。但是,开展人工补给受许多人为因素制约,必须进行可行性研究和现场试验。否则不仅起不到补给地下水作用,还可能造成地下水污染。为此,地下水人工补给试验研究也是本项目的重要研究内容。

1.2.3 研究的意义

对水源区的地表水和地下水开展联合调度和优化管理技术研究,最大限度和最经济合理地利用地表水和地下水资源,避免出现地下水位持续下降、地面沉降等环境地质问题,切实保证水源地安全正常运行,保证许昌市城市供水,同时获取更大的经济和社会效益,对保障许昌市社会稳定和经济持续发展有重要的现实意义。

1.3 研究内容和工作概况

1.3.1 研究内容

本项目以“麦岭水源地地下水和地表水资源持续利用和保护”为核心进行研究,涉及的研究内容包括:

(1) 水文地质条件综合研究。研究麦岭水源地地下水赋存条件、补给、径流和排泄、“三水”转化关系、水文地球化学特征、地下水动态规律和水资源评价。

(2) 地下水人工补给试验研究。研究实施人工补给地下水的条件,选择适当场所和方式进行人工补给地下水现场试验。

(3) 地下水数值模拟与预报。建立地下水水位数值预报模型,预报未来各种气候条件下地下水水位变化趋势。

(4) 建立水资源信息管理系统。以 Arcview3.1 为开发平台进行二次开发,建立基于 GIS 的麦岭水源地水资源信息管理系统。

(5) 麦岭水源地地下水与周庄水厂地表水联合调度和运营研究。分析实施联合调度的条件, 提出联合调度的初步实施方案。

(6) 水资源的持续开发与保护措施。在上述研究的基础上, 提出地下水开发利用和保护规划, 提出防治地下水污染和保护地下水资源措施。

1.3.2 工作概况

根据 2002 年所提交的勘探资料, 麦岭水源地评价范围包含大陈闸库区在内的面积为 228km^2 的区域。麦岭水源地开采区位于北汝河大陈闸库区的下游, 库水侧向渗流和水库弃水通过灌渠的渗漏是水源地地下水的重要补给来源; 麦岭水源地完全建成后, 最大开采量可达 $14\text{万 m}^3/\text{d}$; 同时, 大陈闸北汝河水通过白灌渠引向许昌市周庄水厂, 经过处理后进入管网向城区供水, 设计供水能力 $10\text{万 m}^3/\text{d}$ 。综合这些条件, 在麦岭水源地评价范围内, 具备了实施地下水和地表水联合调度的客观条件, 因此, 本次研究的范围与 2002 年麦岭水源地扩大开采勘探和水资源评价范围相同, 包括襄城县所辖的山头店、茨沟、范湖、麦岭、丁营、姜庄 6 个乡镇和东南部漯河市辖区舞阳县的部分区域, 面积为 228km^2 (图 1-1)。

本项目已列入 2003 年度河南省科技攻关计划项目 (项目编号: 0324220104) 和建设部 2004 年科学技术项目计划——技术开发项目 (城市建设技术与设备第 212 号), 并得到许昌市供水总公司提供的配套资金资助, 由河南省工程水文地质勘察院、许昌市供水总公司、河南理工大学合作共同完成。于 2003 年 10 月开始实施, 于 2004 年 10 月结束, 历时一年。围绕本项目的研究重点开展了如下工作:

(1) 补充收集了工作区已有的水文地质、环境地质、气象和水文资料。

(2) 水位和水质统测。在 1999~2002 年统调的基础上, 于 2003 年和 2004 年的丰水期、枯水期和平水期开展了水位和水质统测工作。根据观测数据, 编制了 2003 年和 2004 年麦岭水源地深层水和浅层水等水位线图。

(3) 继续进行降水量、大陈闸库区水位、大陈闸和北分水闸放水逐日观测, 水源地开采井逐日开采量统计和水位观测。

(4) 在大陈闸库区附近增加水文点, 并进行四等水准测量, 以便准确掌握该区域的地表水与地下水的标高, 确定两者补排关系。

(5) 开展了人工补给地下水试验研究, 先后进行了双环渗水试验、灌溉回渗试验、浅井注水试验及渗坑注水试验。

(6) 水位长期观测。在 1999~2002 年连续四年的水位长期观测基础上, 2003 年和 2004 年继续对所有观测孔, 仍按 5 天和 1 天观测一次的频率进行了观测, 使水位动态长期观测数据达到连续 5 年序列。

(7) 对 1999~2004 年全区 50 多个水位长期观测孔的水位动态进行了分析, 总结了多年地下水水位动态变化规律, 用逐步回归分析方法定量确定了水源地不同时段和不同位置浅、深层地下水动态的主要影响因素, 建立了地下水动态的回归预测模型。

(8) 利用国际最先进的地下水数值模拟软件 Vmodflow, 建立了麦岭水源地地下水水

第 2 章 自然地理与区域地质概况

2.1 气象与水文

2.1.1 气象

研究区属暖温带大陆型季风气候区，四季分明。据襄城县气象局 1951~2001 年资料，多年平均气温为 14.7°C ，多年平均蒸发量为 1620.6mm ，相对湿度 67% ，多年平均无霜期 217 天。研究区附近 1966~2003 年多年平均降水量为 745.5mm ，降水量年际变化大，年最大降水量为 1254.4mm （1984 年），年最小降水量为 397.4mm （1966 年）（图 2-1）。降水量年内分配不均，降水多集中在 6~9 月份，占多年平均降水量的 61.5% ，其中 7~8 月份最大，占全年降水的 39.1% ，10 月至次年 5 月降水量不足 40% ，其中 12 月至次年 2 月降水最少，仅占全年降水的 6% （表 2-1）。

年降水量/mm

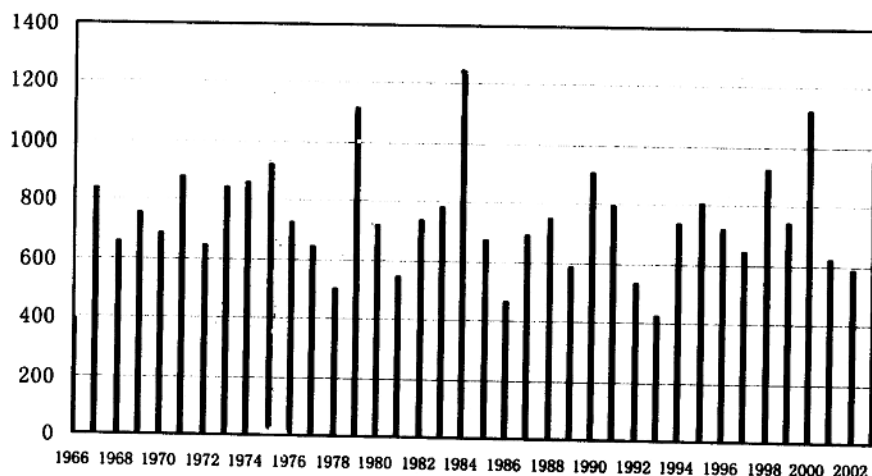


图 2-1 麦岭水源地附近历年年降水量柱状图

表 2-1 水源地附近 1966~2003 年月平均降水量统计表

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均降水量/mm	12.7	18.6	35.2	52.1	77.6	81.9	167.5	124.8	85.2	51.0	26.3	13.6
占全年百分数/%	1.7	2.5	4.7	7.0	10.4	11.0	22.4	16.7	11.4	6.8	3.5	1.8

降水量在平面上分布也不均,根据水源地附近雨量站的降水资料分析,姜庄—麦岭为区域降水中心(图 2-2)。

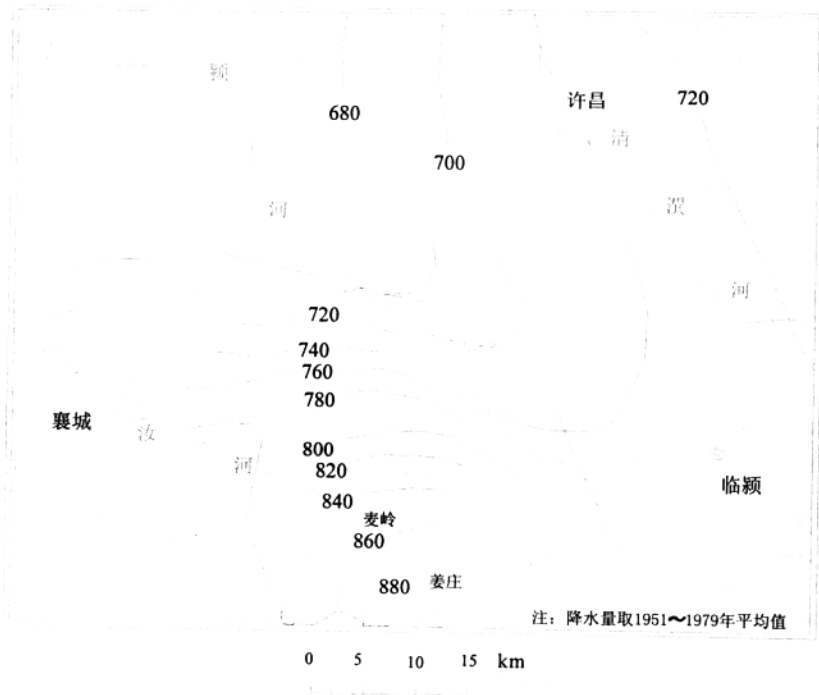


图 2-2 许昌市年降水量等值线图

2.1.2 水文

流经区内的河流主要有北汝河、文化河和颍河,均属淮河流域颍河水系。

1. 北汝河

北汝河是沙河的支流,发源于嵩县天息山,流经汝阳、临汝、郟县、襄城等地,汇水面积为 5550km^2 ,在研究区西北部流入区内,在简城村南 2km 处汇入沙河。

据北汝河襄城水文站 1953~1978 年 25 年观测资料统计,多年平均流量为 $31.08\text{m}^3/\text{s}$,日最大流量为 $3040\text{m}^3/\text{s}$ (1957 年 7 月 10 日),最小断流。

北汝河上游没有大型水库,1975 年 7 月在大陈村附近建成大陈闸,闸底高程为 71.5m ,设计蓄水高程为 79.5m ,将上游水位抬高 6m 以上,可回水至襄县城西,长约 10km ,库容为 1225万 m^3 。

1979 年将水文站移至大陈闸。大陈闸库区除接受北汝河来水外,还可从南进水闸接受白龟山水库北干渠来水。大陈闸建成后,改变了北汝河的水文特征。大陈闸库区地表水的排出和利用途径有三:其一,在汛期为了安全度汛,通过节制闸排入北汝河下游河道,即弃水;其二,通过北分水闸流入白灌渠向许昌市周庄水厂供水或用于沿途农业灌溉;第三,通过方窑闸排入一干渠,再经过一、二、三支渠等配套渠系灌溉区内范湖、麦岭、茨沟、丁营、姜庄等乡镇农田。

2. 文化河

发源于禹州市白塔山,在东屯附近流入研究区,在竹园村附近流出区外,区内河道长 16km ,为季节性河流。最大洪水流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$,最小断流。

3. 颍河

发源于登封市嵩箕山脉,据颍河颍桥水文站 1956~1978 年观测资料统计,多年平均年径流量为 5.124亿 m^3 ,日最大流量为 $720\text{m}^3/\text{s}$,最小断流。

2.2 地形与地貌

2.2.1 地形

研究区属于北汝河冲积平原区。区内除首山及百岭岗、胡岗、盛庄岗局部地势较高外,其余大部分地区地面标高在 $65\sim 80\text{m}$ 之间,地形总体上由西、西北向东部微倾斜,坡度小于 1‰ 。

2.2.2 地貌

根据地貌成因和形态,分为剥蚀丘陵、剥蚀堆积岗地、冲积平原三种地貌类型,剥蚀丘陵地貌仅出现工作区西部边界,剥蚀堆积岗地包括百岭岗、胡岗和盛庄岗,总

分布面积为 11.7km^2 ，其余大部分面积属于冲积平原地貌（图 2-3）。

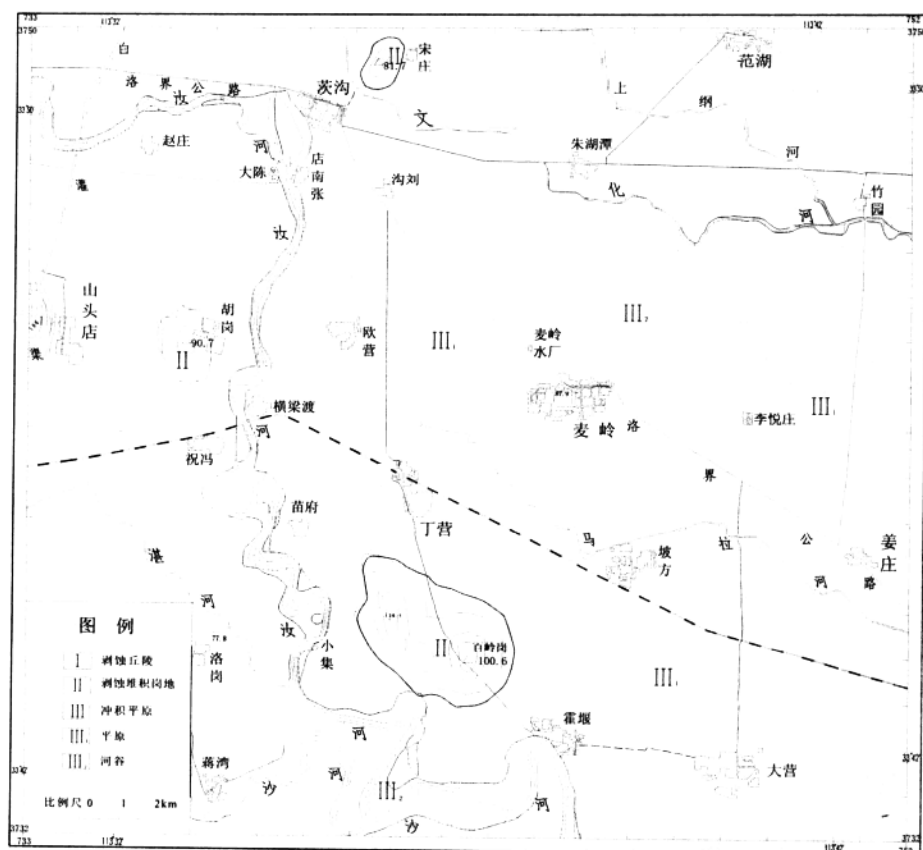


图 2-3 麦岭水源地地形地貌类型简图

1. 剥蚀丘陵（I）

位于测区西部，属伏牛山余脉首山的东端，区内面积约 1.0km^2 ，顶部标高 254m，相对高差 120m，由二叠系石千峰组紫红色石英砂岩组成，周边覆盖上更新统坡洪积粉质粘土。

2. 剥蚀堆积岗地（II）

包括百岭岗、胡岗、盛庄岗，总分布面积为 11.7km^2 。百岭岗呈西北、南东走向，面积为 9.2km^2 ，岗顶高程为 100.6m ，相对高差 30m ，岗顶地形平坦，发育有多条冲沟。胡岗面积为 1.5km^2 ，岗顶高程为 90.7m ，相对高差 14m 。盛庄岗面积为 1.0km^2 ，岗顶高程为 81.0m ，相对高差 6m 。岗地表面被上更新统黄土状粉质粘土覆盖，其下为中、下更新统的粉土、粉质粘土、薄层砂，中下更新统粉土和粉质粘土构成岗地主体。

3. 冲积平原 (III)

依形态和成因可分为平原 (III₁) 和河谷 (III₂) 两个亚类。

(1) 平原 (III₁)

平原亚类在区内广泛分布，地形平缓。它是在中更新世古冲洪积扇地形基础上，在晚更新世及全新世时期，由北汝河多期古河道及泛流堆积物反复叠加而成，地表岩性为全新统的粉土、粉质粘土，麦岭岗、洛岗等微地貌。高地为残留的古河道高地，表层为砂质粉质粘土，其主体为中细砂层。

(2) 河谷 (III₂)

区内沙河、北汝河河谷呈蛇曲状，河道宽 $100\sim 1000\text{m}$ ，多在 $300\sim 700\text{m}$ 之间。微地貌形态有河谷内的漫滩和超漫滩，两侧的人工堤及大陈闸北侧人工裁弯取直形成的牛轭湖等。河漫滩主要发育在河流弯曲处的凹岸，由近代冲积的粉细砂组成，在洪水期及大陈闸放水时被淹没。

各村和田间均有坑塘，雨季可蓄积雨水，减少地表径流，增大地下水的补给。

2.3 区域地质概况

2.3.1 地层

区内出露和勘探揭露的地层由老至新分述如下：

1. 二叠系上统石千峰组 (P_2sh)

主要由紫红色中厚—厚层状中粒、中细粒石英砂岩组成，中下部夹紫红色粉砂岩、页岩，地层总厚度 $1082\sim 1219\text{m}$ 。仅出露于测区西部的首山。

2. 上第三系上统 (N_2)

区内仅在首山东部的 K2 孔揭露，岩性为褐黄色长石石英砂岩、杂色砂质泥岩和灰色粘土。揭露厚度 23.5m 。

3. 第四系