

# 四川省 水文地质工程地质环境地质 论文集

水文地质  
四川省地质学会 工程地质 专业委员会  
环境地质  
四川省地质灾害研究会

四川科学技术出版社

## 编者的话

由四川省地质学会“水文地质工程地质环境地质常委会和四川省地质灾害研究会共同编辑,并由四川科学技术出版社出版的《四川省水文地质工程地质环境地质论文集》,是反映四川省近几年来在水电工程、铁路、公路交通、水文地质及资源评价,矿、热水资源勘查,地质灾害勘查、设计、施工“一条龙”等诸方面所取得的勘查成果。本文集不但刊载了众多专家的文章,同时还选录了中青年科技工作者的论文、著作和研究成果。

涉及本学科、领域的论文,从常委会成立至今,已编辑出版3册专刊。其共同特点是作者通过生产、科研的实践,采用最新的工作方法与手段,不断总结、深化,并通过施工验证,取得了比较满意的工作成果。具有一定的适用和推广价值。

本集论文能如期出版,是在各常委会成员单位的大力支持下完成的,在此对各单位深表谢意。同时,由于编者水平所限,不足之处,敬请作者和读者不吝赐教!

1994年9月

# 四川省地质学会

## 水文地质工程地质环境地质专业委员会

### 第一届至第五届主任委员、副主任委员、 秘书长、委员名单简介

第一届：1960—1978年

主任委员：陈瘦骏

副主任委员：黄敬信 任天培 宋正平 张倬元 周云章 赵文华 程耀煌 孟文峰

第二届：1979—1984年

主任委员：周云章

名誉主任委员：陈瘦骏

副主任委员：田陵君 任天培 刘海冲 李耀方

秘 书 长：何京生 赵保安

第三届：1984—1989年

主任委员：周云章

副主任委员：刘海冲 田陵君 王家昌 戴士同

秘 书 长：何京生

秘 书 长：赵保安

第四届：1989—1992年

主任委员：周云章

副主任委员：田陵君 张亨纲 王家昌 宋辅民

秘 书 长：何京生

副 秘 书 长：赵保安 葛文彬

第五届：1993—1996年

主任委员：葛文彬

名誉主任委员：周云章

副主任委员：何京生 张亨纲 李曰国 薄锦山

秘 书 长：何京生

副 秘 书 长：范焰山

委 员：田陵君 王告函 申 彪 沈定鑫 安崇智 赵庆生 高佩仪 马振福

王泽武 李玉生 周颂杰 冯南训 胡文仪 蒋德兴 黄德明 宋文章

**陈瘦骏** 1894年生于广东,少年侨居泰国,青年时期回国走工业救国之路。20年代初留学日本学矿业,回国后任矿长、广东省建设厅技正。后调铁路局。解放后长期在西南从事铁路建设,任铁二院地质处总工程师。第一、二届水文地质与工程地质专委会主任委员,名誉主任委员。1968年退休,1981年去世,享年83年。



主任及副主任委员。

**任天培** 1928年2月生,重庆人。1951年毕业于重大地质系。成都理工学院水文地质与工程地质系教授。国际水文地质学家协会会员、中国地质学会水文地质专业委员会委员。曾任省地质学会常务理事和水文地质及工程地质专业委员会



**宋正平** 安徽人,59岁。1955年南京大学毕业。高级工程师,任西南石油地质局第二地质大队副总工程师。享受政府特殊津贴。长期从事深层地下水及钾矿资源普查与科研,8次获省部级重大科技成果奖。



**周云章** 1933年生,1954年毕业于南京大学地质系。高级工程师,享受政府特殊津贴。四川省科技顾问团成员,中国地质学会水文地质专委会委员、中国地质灾害研究会理事、四川省地质学会常务理事。第1—4届水文地质专业委员会副

主任、主任。在省地矿局长期从事水文地质、工程地质、环境地质专业管理。



**赵文华** 1935年出生,吉林市人。1956年毕业于东北地质学院水工系。高级工程师,享受政府特殊津贴。第一届水文地质专委会副主任,第二、三、四届专委会委员。成都市水利学会副理事长,四川省地质灾害研究会常务副秘书长。长期从

事水文、工程、环境地质勘察,主持完成多项重大科研成果。



**孟文峰** 湖南人,1946年毕业于湖南大学土木系,1952年改学工程地质。第一届水文地质专委会副主任兼秘书长。曾任铁二院地质队队长、处副总工程师。国家科委兼职研究员。参加中国国际工程、铁道部、地质部、省咨询公司等多项评估、研

究工作。



**田陵君** 1955年毕业于重庆大学地质系。高级工程师。省地质学会常务理事,第二届水文地质专委会副主任,第三、四、五届专委会委员。历任基建工程兵93支队总工程师,成都水文地质工程地质中心主任。从事水文地质、工程地质

勘察和管理工作的,主持完成多项重大科研成果,并多次获部级二、三等奖。



**李耀方** 1923年生,河北清苑县人。1947年北洋大学毕业。先后参加10余条铁路勘测设计和越南、柬埔寨修建铁路工作。曾任铁二院地质处总工程师,成昆线副总体设计、援外专家组副组长。1979年至1985年任国际工程地质协会会员。

1989年10月获国家科学技术进步奖。



**何京生** 59岁,沈阳市人。1957年毕业于长春地质学院水文工程地质专业。高级工程师。任第二、三、四届水文工程地质专委会秘书长,任第一、二届中国环境地质专委会委员,中国地热专委会委员,中国矿泉水专委会副秘书长。率先指导矿泉水的勘查评价,取得良好成效。发表文章20余篇。



**戴士同** 1952年毕业于北京大学土木系,高级工程师。第三届水文地质专委会副主任。从事西南铁路勘测设计工作43年。先后参加川黔、成昆、内昆、川汉和南昆等铁路地质勘测。曾任铁道部第二勘测设计院地质处总工程师等职。



**张亨纲** 1940年生于山东省,1963年毕业于唐山铁道学院。高级工程师。第四届水文地质专委会副主任,第五届专委会委员。长期在铁道部第二勘测设计院工作,曾任专业设计负责人,科室技术负责人,地路处总工程师、副处长等职。一直从事铁路工程地质、水文地质工作。



**宋辅民** 1930年生,辽宁人。1954年南京大学水文系毕业。高级工程师。曾任西勘院主任工程师。第四届水文地质专委会副主任、省土建学会地质基础专委会秘书、成都水利学会委员、区政协委员等。承担国内多城市 and 地区的大型供水勘察,有多篇论著及译文。1994年病逝。



**葛文彬** 1943年生于四川璧山县。1968年毕业于北京地质学院水文工程地质系。高级工程师。历任水文地质专委会副秘书长,现任第五届专委会主任。长期从事第一线水文地质工程地质勘察工作。完成多项科研成果。曾获1989、1990年度省科技进步二等奖。现任四川省地质矿产局地质环境管理处处长。



**李隽莲** 1937年出生。1952年毕业于唐山铁道学院。现任西南交通大学工程地质系教授。第四届水文地质专委会委员。长期从事裂隙岩体基本特性及稳定性研究。主持、参与多项国家基金和省(部)级重大科研项目工作,获多项铁道部科技进步奖,主编铁路工程地质教材,获优秀教材奖。



**李日国** 1936年出生,1960年毕业于成都地质学院水工系。现任成都理工学院教授,享受政府特殊津贴。第五届专委会委员。长期从事教学、科研工作,参加统编《工程地质勘察》、《专门工程地质学》等教材,并发表专著和论文20余篇,提交各类生产、科研报告10余项。多项受到国家、部、省级表彰和奖励。



**王告函** 1935年出生,1958年毕业于东北地质学院。高级工程师,享受政府特殊津贴。四川省地质学会理事,第三、四、五届专委会委员。长期从事水文地质、工程地质工作,并多次出国担负供水打井任务。现任四川省地矿局成都水文地质工程地质队总工程师。



**安崇智** 1937年生,1961年毕业于北京矿业学院地质系。高级工程师。任中国煤矿水害防治委员会四川分会委员,四川煤炭学会地测专委会副主任和水文专委会委员。从事矿山水文地质、工程地质工作至今。多次参加省内外矿山复杂水文地质条件、灾害防治技术咨询论证工作。撰写论文多篇。

地质条件、灾害防治技术咨询论证工作。撰写论文多篇。



**赵庆生** 57岁,1960年毕业于北京地质学院水工系。四川联合大学副教授。国际水文地质学家协会会员、水文地质专委会第五届委员。长期从事地质领域的教学、科研与生产。著有《地热研究》、《地下水资源》及工程地质问题的论文20余篇。

篇。



**杨立中** 47岁,1970年毕业于成都地质学院,1983年至1988年在中国地质大学获硕士、博士学位。教授,享受政府特殊津贴。现任西南交通大学工程地质系主任。擅长于基岩裂隙水渗流场、深层雨水资源评价等方面的研究。数次获省部级科技成果奖。

别科技成果奖。



**马振福** 生于1936年,1955年毕业于宣化地校,1962年毕业于成都地质学院(函授)。高级工程师,享受政府特殊津贴。第四、五届水文地质专委会委员。长期从事和主持水利水电工程地质、供水勘探、城市环境、工程地质的勘查、设计与治理。获国家和部一、二等奖多项。

理。获国家和部一、二等奖多项。



**李玉生** 1936年出生,湖南宁乡人。1960年毕业于成都地质学院水文工程地质系。高级工程师。重庆地质灾害研究会秘书长,重庆市科技顾问,水文地质专委会委员。长期从事水文工程地质勘察、研究。曾任南江水文队总工程师。主编各类勘察报告数十份,发表论文20余篇。获国家、部(省)级一、二等奖多项。

勘察报告数十份,发表论文20余篇。获国家、部(省)级一、二等奖多项。



**冯南训** 58岁,1956年毕业于东北地质学院水工系,高级工程师。第五届水文专委会委员。长期从事水文地质工作。参加完成四川省水文地质远景区划等数项科研成果。现任四川省地质环境监测总站总工程师。



**胡文仪** 63岁,武汉市人。1950年毕业于西南人民革命大学总校第一期,后转干就读燃料工业学校,1953年毕业。高级工程师。原任中国市政工程西南设计院勘察大队队长。长期从事城市供水水文地质勘察工作。

# 目 录

序	胡正纲(1)
光辉的历程,丰硕的成果	周云章(2)
论成都平原地下水资源特征及开发利用前景	葛文彬(4)
地下水富集规律定量研究的模糊数学方法	杨立中 郑黎明(13)
随机序列的季节乘积模型及新息方法在矿坑涌水量预报中的应用	许 模(20)
川西坳陷上三叠统古水动力场与天然气富集	王文斌(26)
四川青龙化工厂煤层突水机理及防治对策	赵庆生(32)
谈承压含水层中基坑单排降水工程设计	张迎春(35)
论傍河取水	胡文仪(38)
长江万县段水质动态模拟	万新南 李曰国(41)
德阳市地下水污染现状及趋势分析	钟沛林(46)
四川境内的中国名泉	何京生(50)
四川名泉录	何京生 刘云从 黄世英(52)
四川饮用天然矿泉水的基本特征	彭 静(58)
沐爱矿区地热水的赋存及开发前景	安崇智(64)
Q 系统在岩体质量分类中的应用及评价	胡卸文 黄润秋(67)
Q 及 RMR 系统在西南某电站地下厂房主洞室围岩分类中的应用及评价	胡卸文 黄润秋 许 模(71)
太平驿水电站地下厂房轴线优化及开挖验证	陈卫东 康国雄(76)
达成铁路炮台山隧道——在非储气层爆炸实例剖析	卞国忠(85)
峨眉山市小水电的开发	张铸林(89)
浅析红砂坡滑坡综合治理	鲜文凯 袁永旭(92)
浅议工程岩质顺层滑坡与防治	孔繁文(96)
长寿县长一中“滑坡”稳定性分析	孙红月 李曰国(98)
川藏公路沿线地质灾害及其形成条件与整治对策	姜泽凡(102)
注浆整治岩溶塌陷的机理及效果	谭鸿增(107)
地质灾害勘查、设计、治理“一条龙”经验点滴	黄晓明(111)
从环境地质宏观背景分析地质灾害中长期发展形势	郑黎明 杨立中(114)
粉煤灰的微结构及其对工程性质的影响	陈历鸿(119)
长江三峡工程库区环境地质特征	田陵君 欧正东(124)
长江三峡工程库区移民中的几个环境地质问题与建议意见	欧正东 何儒品(128)
宜宾地区地质环境质量的模糊综合评价	徐志文(131)
广元地区氟、碘元素迁移的生态环境链效应	万新南 王兰生 唐光洁 黄太昌(137)
川南长江河谷带农业地质分析图编制方法	叶晓华(139)

# 序

在庆祝中华人民共和国成立 45 周年之际,四川省地质学会水文地质、工程地质、环境地质专业委员会(简称“水工环专委会”)和四川省地质灾害研究会共同编撰出版了《四川省水文地质工程地质环境地质论文集》,这是改革开放 16 年来的最新成果,通过“微缩”反映在这本文集之中,其中不少成果填补了四川省内这一学科的空白,在国内具有领先水平,有的达到了国际先进水平,在国内科技界是有深远影响的。

论文集集中的各篇论著所反映的有关成果,再次有力的证明了邓小平同志关于科学技术是第一生产力的著名论断。从三峡工程、二滩电站、城市和交通沿线地质灾害的防治、矿泉水的勘查和开发、工农业和城乡生活用水的取用等等,这些课题无不来自生产建设的实际,有的难度较大,有的有相当大的风险性。由于学会人才荟萃,发挥了专业学科特长和群体智力的优势,突破了一个个难题,取得了一项项高水平的成果,显示了显著的社会效益,以及相应的经济效益。体现了理论和实际的结合,既从四川地质环境的实际出发,又总结了具有推进科学进步意义的理论性成果。

论文集反映出的另一个特点是学会水工环专委会和地质灾害研究会的活动坚持以经济建设为中心,服务社会为宗旨的方针。随着改革开放的深入,社会主义计划经济正向市场经济转轨。四川的重点建设、水电、交通、城市和开发区的建设力度日益加大,人民生活消费日趋多样化。省地质学会水工环专委会和地质灾害研究会抓住机遇,及时开展科技服务、专家会诊和技术鉴定等工作,在对三峡库区、水电开发、成、渝等大中城市建设中的工程地质问题,以及开发四川名泉等工作中作出了卓有成效的成绩,起到了开发资源和节约资金,既开源,又节流,又出成果,一举三得的作用。

论文集在一定意义上讲,是科学理论汇集,科技信息交流和技术成果推广的场所。四川以其独特的地质环境和地理条件为世界所注目,三峡库区的上游在川东;成渝、宝成、成昆、襄渝、川黔等铁路干线和川藏、川滇、川陕、川黔等国道公路穿越四川盆地、盆周山区和川西高原的崇山峻岭,大江大河;修筑于雅砻江下游的二滩电站世界级高坝等等都提出了一系列高难度的水、工、环课题,需要更多的前沿科学理论,先进的技术方法和现代化的工程手段。论文集既记述了已有的(部分主要)成果,也提出了有待进一步探索的新课题,这是作为论文集正好起到的引导作用。

论文集的字里行间,从一个侧面也反映了我国科技人员,特别是水、工、环专业的地质工作者的无私奉献精神。在以往工作基础差,条件十分艰苦的四川高山高原地区,埋头苦干,精心工作,45 年来出成果,出理论,出人才;有物质,有精神,有经验,为了人民共和国的繁荣昌盛,不惜牺牲,任劳任怨兢兢业业,献出了人生最宝贵的年华,只是为了一个目标:为建设有中国特色的社会主义而努力。

胡正纲



# 光辉的历程,丰硕的成果

## ——四川省地质学会水文地质工程地质环境地质专业委员会重大成就纪实

周云章

(四川省地质矿产局)

四川省地质学会水文地质工程地质环境地质专业委员会(简称“专委会”)成立于1963年12月13日,迄今已逾“而立”之年了。多年来,特别是党的十一届三中全会以来,“专委会”始终坚持了“三个面向”(面向基层学会,面向生产实际,面向会员群众)作风和充分发挥学会“四跨”(跨学科,跨部门,跨行业,跨单位)作用,在学术活动和科技咨询服务等方面均取得了重大成就,多次受到了四川省政府、中国地质学会、四川省科协表彰,并多次评为学会系统先进集体,誉满全川,影响很大。

### 1 关心基层,解决疑难

“专委会”以关心基层学会为己任,对基层学会单位存在的重大疑难学术问题,组织了联合考察,协同研讨,抓点突破。如1964年初就开展成都东郊水源地、犍为坛罐窑坝址T<sub>2</sub>z<sub>j</sub>(须家河组)软弱夹层对坝体稳定影响等重大工程项目咨询论证。1965年以后,又相继组织了成都狮子山滑坡工程处理措施现场会商、雅安周公河电站坝基稳定性现场鉴定及马槽滩磷矿大泉与矿床开采关系研讨等项学术活动,收到了良好效果。对狮子山滑坡工程的处理,提出了“疏挡结合”的整治原则,得到了施工部门重视和采纳,经路堑内积水疏导、无沟排水、渗水暗沟等工程措施实施后,滑坡得到了根治。周公河电站,经坝肩防漏处理后,坝基稳定无患。确认马槽滩磷矿大泉与采矿无关的结论,经开采后证实,判断无误。

### 2 勇于创新,敢于探索

1980年中国科协提出科技团体开展科技咨询服务试点,实行社会化有偿服务后,“专委会”接受了自贡市深井卤水非稳定流求渗咨询鉴定任务。对于卤水埋深近千米的深井,进行非稳定流求渗,提供卤水资源计算参数,在国内属于科技疑难问题。“专委会”对该项研究进行了修改、完善、改进,经委托单位采纳实施后,效果卓著。自贡盐业钻井大队采用非稳定流求渗,比传统稳定流求渗节约投资58万元;在资中双河盐厂推广应用,节省投资达100万元以上。若该项技术在全川推广,其经济效益更为显著。1984年“专委会”接受了自贡市科委委托,开展深层储废地质处理的科技咨询服务。深层储废(包括核废料地质处理)是当代前沿科技问题(美国,加拿大处于领先水平)。“专委会”面对高难度问题,勇于接受,敢于探索。承担该项研究的工作者们查证了国内外大量资料,反复研讨科技难点,并邀请了国内知名专家、教授共赴现场考察,共同研讨认定了应循行的科技路线和严密的实施方法及要点。有关科技对策意见,受到了市府重视和采纳。美国访华学者闻讯后立即赶赴现场,提出了科技合作要求。该项目引起了国内外关心和瞩目,影响深远。

### 3 应急会商,临场决策

我省是地质灾害受灾的重灾省分,具有灾害点多面广,破坏性大,损失严重等特点。崩塌、滑坡、泥石流等灾害,是突发性,多发性的灾种。1980年“专委会”接受了省化工厅矿山公司紧急求援,对金河磷矿三坪危岩稳定性进行现场判定,确认是否停坑开采,搬迁避险。若偶误有失,必然造成矿毁人亡,若盲目闭坑搬迁,浪费损失巨大。面对难度大、责任重、时间急的难题,“专委会”的同仁们毅然接受了这一任务,经深入调查,确定了引起危岩的根本原因是采矿方法不当,是放大炮、大冒顶落矿和偷采保安矿柱所致。明确指出,不必闭坑大搬迁,只要采取合理开矿方法,严禁采掘保安矿柱,是可以防治的。矿山部门采用上述咨询建议后,确保了矿山正常生产,避免了盲目闭坑搬迁,也避免了乱挖乱开,自受其害,其经济和社会效益都十分显著。

1981年,宝兴县城发生泥石流和危岩岩崩的威胁,县城拟搬迁避险。“专委会”接受了紧急咨询任务,奔赴现场,调查了险情并对县址的安危问题作了认真研讨,确认只要防范措施得力,县址是稳定可用的。县府接受咨询意见,落实了治理措施;避免了县址轻率的搬迁,安定了民心,利国惠民,受到了省府表彰,《人民日报》、《光明日报》作了专题报导,影响深远。1985年,“专委会”接受隆昌国营山川机械厂房基沉降紧急咨询任务,涉及军工单位厂址安危问题,经现场考察研究,找出了沉降原因是采矿塌陷引起,建议立即停止采矿,封矿停采后,厂址趋于稳定,挽救了重点军工企业毁于一旦,咨询效果显著。

#### 4 力排众议,承担风险

1984年,长城钢厂四分厂提出武都厂区供水咨询任务。该水源地经武汉某勘察院勘察结果予以否定,建议采用傍河取水方案,而河水净化耗资巨大(100万元以上),厂方难下决心。经现场咨询激烈辩论,“专委会”的同仁们力排众议,坚持使用地下水方案,并提出了沿古河道布井意见,承担了咨询风险。厂方采纳了这一建议经勘探成井证实,满足了厂方供水要求,为工厂节省了投资数十万元。7111厂厂房开裂,是滑坡(原按滑坡治理,支挡工程已耗资100万元,支挡无效)还是不均沉降所致,争论颇大。经“专委会”的专家们仔细分析,认定是滑坡性质(浅滑),原治理方法不当造成。治理证实,结论是正确的。四川盆地卤水(富钾)前景问题的争论,亦是在力排众议的情况下,认定富钾卤水资源具有“液态矿”性质,并肯定了找矿远景区。该咨询意见,受到了地质矿产部科技司重视,列入“六五”科技攻关项目。

#### 5 献计献策,服务建设

1984年,四川省政府开展科技献计献策活动,“专委会”急政府所急,积极投入献计献策活动,提出在全省推广灌注桩施工建议。该项建议,主要针对当时基建施工普遍采用单一预制桩基施工方法,造成打桩不到位、砍桩等浪费问题而提出的(成都市1982年统计,仅砍桩浪费损失达500万元)。四川省政府责成省建设行政主管部门对该项建议研究后,确定采纳实施推广,其效果很好,受到了四川省政府表彰。

#### 6 科技开发,促进管理

70年代初期(1973年),我国科技情报刊物开始介绍国外瓶装矿泉水,尔后,广东龙川矿泉水等率先开发面市。80年代初期,我省悄然兴起矿泉水热。“专委会”紧跟市场需要和针对当时矿泉水资源缺标准、无规范的情况,投入了科技开发工作,引导企业重视资源,尊重科学,合理地开发矿泉水。这一举措为实施省级矿泉水鉴定奠定了良好基础,促进了我省矿泉水开发工作。

综上所述,30多年来,“专委会”开展科技活动和开展咨询服务,为全省科技兴川做了应有的贡献,并为促进地质科学事业起了重要的推动作用。

# 论成都平原地下水资源特征及开发利用前景

葛文彬

(四川省地质矿产局地质环境管理处)

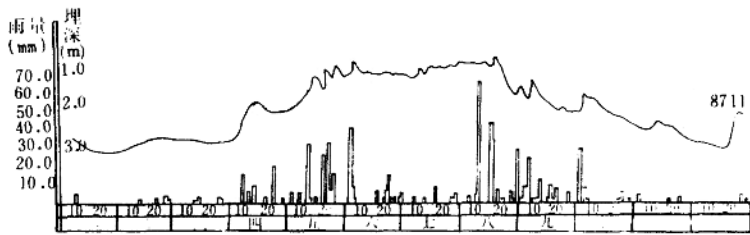
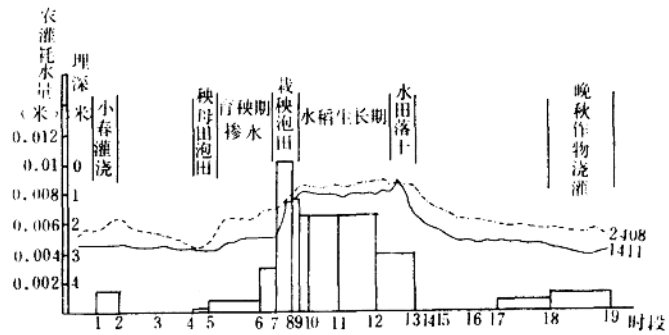
## 1 成都平原地下水库的资源特征

成都平原为一封闭的含水盆地,面积 6473km<sup>2</sup>。自第四纪以来,在继承性的新生代断陷盆地内沉积了最厚可达 540m 的冰碛、冰水、冲洪积等成因的泥砾、砂砾卵石层。早、中更新世时期的沉积物由泥砾和冰水含泥砂砾石层构成,其渗透性和富水性均差,为弱含水层。平原上部,上更新统冰水砂砾石层和全新统冲洪积层构成主要含水层。含水层分布广,厚度 5—25m,其中大于 10m 占 1/2,埋藏浅,入渗补给条件好、水交替循环活跃,渗透性和富水性强,有丰富的地下水天然资源和开采资源,是成都平原地下水储存、运移、调节的主要场所,构成了平原地下水库的主体。

### 1.1 丰富的地下水资源及特征

地下水补给、迳流、循环方式:在农灌用水期地下水以农灌水入渗、河渠入渗和降雨入渗补给为主。反映地下水入渗补给过程和特征的地下水位历时曲线的变化特征受农灌过程和耗水量变化控制(图 1)。小春浇灌、秧母田泡田、栽秧泡田等时段大量的农灌水和河渠输水渗漏,导致地下水位历时曲线中出现多个明显的水位抬升段。而育秧期和水稻生长期较长时段的稳定入渗,地下水位稳定在抬升后的水位状态,水位历时曲线出现相对的水平线段。降雨入渗对地下水的影响,仅表现在不改变上述历时曲线总貌的基础上,出现较小的水位波动(图 2)。因降雨过程短,降雨多出现在地下水的高水位时期,排泄很快,故一次降雨过程仅在水位历时曲线上出现一次“尖峰”状改变。

成都平原地下水的补给迳流和排泄还与冲洪积、冰水扇的相带分布有关。其总的特征是扇顶部分河段河水入渗补给地下水,扇的中部河水与地下水呈不补不排状态,扇外缘和扇间部分,河流排泄地下水。上述变化,构成了“入渗区—迳流区—排泄区”水动力循环体系。渠系与地下



水的补排和迳流关系复杂。渠系中,农、毛渠开挖深度小于地下水埋深,输水时入渗补给地下水;支斗渠深度达2—4m,除扇顶地下水埋深大于支斗渠开挖深度的部分,输水时补给地下水外,其余部分,视支斗渠开挖深度、输水深度及地下水位关系而定。输水水位大于地下水位时,入渗补给地下水;支斗渠开挖深度大于地下水埋深时,排泄地下水。这部分地区,支渠接受其上游部分的农灌回归水和地下水排泄明显,尤其在丰水期,稻田水入渗补给地下水后,经过很短的迳流途径后,排泄于支斗渠,构成了“稻田水入渗—浅层迳流—支斗渠排泄”的小循环。上述两种循环方式构成了成都平原地下水活跃的补给、迳流、排泄作用的立体图象。

### 1.2 丰富的地下水天然资源、开采资源及特征

地下水是大陆水循环中赋存和运移于岩层中的部分,具有流动性、可恢复性和按含水系统发育的特征。地下水天然资源则是地下水循环交替过程中可供利用且能得到恢复的部分。因成都平原周边地下水的侧向补给甚弱,构成隔水边界。地下水天然资源可用下式表征:

$$\text{地下水天然资源} = Q_{\text{农灌入渗量}} +$$

$$Q_{\text{河渠入渗量}} + Q_{\text{降雨入渗量}}, \text{按成都平原水文}$$

表1 成都平原地下水天然资源构成表 单位:10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>/a

分 区	农灌入 渗 量	降雨入 渗 量	河流入 渗 量	渠系入 渗 量	分 片 合 计
岷江片	4.43	1.71	6.69	2.77	15.60
沱江、 西河片	3.76	2.69	2.17	2.24	10.85
西河片	1.46	0.67	0.45	0.69	3.27
河道带	1.81	0.62	1.95	0.61	5.01
累 计	11.48	5.69	11.26	6.30	34.73
百分比(%)	33.05	16.68	32.42	18.15	100

地质条件,分区进行地下水天然资源计算,当频率为75%时,地下水天然资源量为34.73亿m<sup>3</sup>/a(表1)。其中,农灌、渠系入渗量占天然资源的51.2%,降雨入渗量仅占16.68%。反映了较多的降雨形成地表迳流中的洪峰流量而泄出区外。

地下水开采资源除决定于天然与开采条件下的补给量外,还决定于开

采条件与经济技术条件,而且常与开采方案相联系。

**常年连续开采方案:**计算开采资源时,应保证连续开采不导致地下水位出现区域下降。在地下水位周期以年变化为主,地下水埋深、年变幅较小的状况下,把地下水开采资源量限制在截取天然资源或减少地下水排泄量为主的利用程度上。据此,可根据地下水天然补给模数和地下水的迳流、贮存条件,选取合理的开采模数,计算分区的开采资源量。对含水层厚度小,接受邻区侧渗补给的扇顶和外缘部分,以枯期地下水天然补给模数数值作为开采模数;而对含水层厚度大,贮存量,接受上游地下水补给条件好的扇中部,以年平均天然补给模数数值作为该区的开采模数,此种开采条件下的补采平衡系数,枯期 $\leq 1$ ,丰期 $\geq 1$ 。枯期内动用了部分贮存量用于开采条件下的调节。按此方案分区计算地下水开采资源量为31.48亿m<sup>3</sup>/a(表2)。开采资源中,截取天然资源量25.03亿m<sup>3</sup>/a,占开采资源的79.76%;动用贮存量6.37亿m<sup>3</sup>/a占开采资源的20.24%。

**农灌缺水时段开采方案:**从成都平原农灌开采地下水的高峰期后,6—9月出现降雨和地表水的丰水期,对地下水的补给和水位下降的恢复有利。采用短时段内超量开采,动用地下水的贮存量来满足农灌需水量。丰期进行补偿的开采方法。以满足小春浇灌、秧母田和栽秧泡田需水量为开采量,计算地下水的开采资源(表3)。此方案地下水开采资源为15.02亿m<sup>3</sup>/a。其中,小春浇灌期开采地下水7.44亿m<sup>3</sup>,泡田期开采地下水7.58亿m<sup>3</sup>。开采资源中,截取天然资源量2.95亿m<sup>3</sup>,占开采资源的18.81%;小春浇灌期截取天然资源2.21亿m<sup>3</sup>,泡田期截取

天然资源 0.74 亿  $m^3$ 。动用贮存量 12.07 亿  $m^3$ ，占开采资源的 81.19%；小春浇灌期动用贮存量 5.37 亿  $m^3$ ，栽秧泡田期动用贮存量 6.70 亿  $m^3$ 。

表 2 成都平原常年开采地下水方案开采资源表 3

单位： $10^6 m^3$

分 区		分区面积 ( $km^2$ )	开采模数 $10^6 m^3/km^2$	开采资源构成		开采资源		
				截取天然 资源量	动用贮 存量			
沱 江 片	A	扇顶 ↓	415.9	55.50	23083	0	23083	
	B		1587.9	32.99	25601	26781	52382	
	C	扇外缘	50.5	23.73	636	562	1198	
	D		548.7	60.69	35485	0	35485	
岷 江 片	A	扇顶 ↓	143.05	193.32	27655	0	27655	
	B		1427.28	47.18	45202	22143	63345	
	C	扇外缘	227.6	25.39	2851	2929	5780	
	D		1001.76	60.69	60797	0	60797	
西 河 片	A	扇顶 ↓	65.3	41.19	2690	0	2690	
	B		557.17	31.30	8252	9185	17437	
	C	扇外缘	141.0	24.53	2299	2148	1459	
	D		271.21	60.69	16460	0	16460	
总 计			6473			250288	63748	313772

表 3 成都平原农灌

缺水时段开采地下水资源表

时 段	开采量 $10^6 m^3$	截取天然 资源量	动用贮 存量
小春浇灌期	7.44	0.74	6.70
泡田期	7.58	2.21	5.37
合 计	15.02	2.95	12.07

此方案需计算地下水位下降值和恢复时间来论证开采资源的可保证程度。以采补强度差值和含水层的给水度值计算地下水开采时的水位下降值。同样，可利用应恢复水位和含水层的饱和差计算应补偿的地下水量，并结合开采地下水后各时段的入渗补给量和排泄减量，估算地下水位的恢复时间。按此计算(表 4)，水位下降值最大的区域仅 1.81m，开采条件不会变坏。地下水位的恢复时间表明，全部区域均能在丰期内恢复，地下水开采引起的水位变化在

年调节的范围之内，不会导致地下水位的区域下降(图 3)。此结果与成都平原岷江冲洪积扇用不规则有限差分方法建立数学模型，进行农灌高峰开采地下水的水位预报曲线特征相近(图 4)。

表 4 岷江扇满足小春浇灌、栽秧泡田需水地下水位恢复情况计算表

分 区	分区给水度 加权平均值	小 春				泡 田 期			
		单位面积动 用贮存量	枯期补 给部分 ( $10^6 m^3$ )	水位下降 (m)	期末未恢 复水位 (m)	单位面积动 用贮存量	还需补给量 (m)	水位下降 (m)	恢复时间 (d)
A	0.1941	0			0	0.87	0.87	0.05	1
B	0.1803	6.71	10.15	0.37	0	7.56	7.56	0.42	17.08
C	0.1688	12.09	4.98	0.72	0.42	10.72	17.83	1.06	74.21
D	0.1207	12.82	3.42	1.06	0.80	12.50	21.90	1.81	104.57

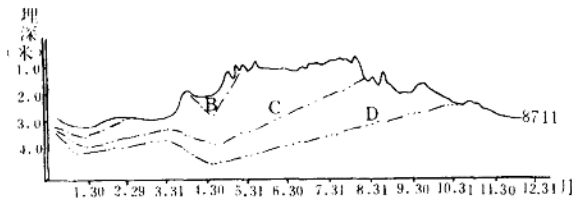


图3 农灌缺水时段B、C、D区地下水位恢复曲线

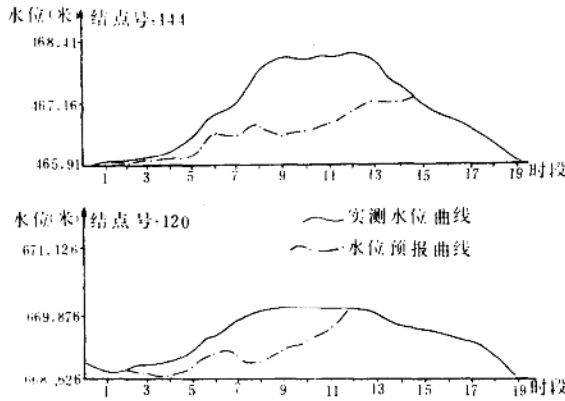


图4 农灌缺水时段开采地下水水位预报曲线

### 1.3 地下水库的调节库容及调节功能

成都平原地下水库的巨大库容更具有潜在的利用价值。平原区地下水调蓄作用集中在渗透性、贮水性、垂向补给条件好的上部含水层组内。按1:10万成都平原水文工程地质综合勘察评价确定的上部含水层厚度(图5)和非稳定流抽水试验确定含水层的给水度值,分区计算含水层的贮存量达96.91亿 $m^3$ (表5)。此量可表征地下水库的最大调蓄能力。

地下水库的调蓄作用,因水位变化的幅度不同而异。天然状态下,地下水的调蓄范围局限于地下水的季节变动带内,其调节方式是将丰水期地下水的入渗补给增量滞留至丰水期结束后的时段排泄。按成都平原地下水平均水位年变幅1.88m,季节变动带给水度值0.12计算,此调节量为14.2

亿 $m^3$ ,为最大调节量的14.65%。其调节作用,使平原区下游河段在枯水季节能保持一定的水量,以致在年末时,平原区蒸发量和耗水量大于降雨产流量的情况下,平原区河流仍出现流出量大于流入量的情况(表6)。

表5 成都平原地下水库上部含水层调节库容计算结果表

单位:10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>

分区	厚度≤5m		5~10m		10~15m		15~20m		≥20m		累计调节量
	面积(km <sup>2</sup> )	调节量	面积(km <sup>2</sup> )	调节量	面积(km <sup>2</sup> )	调节量	面积(km <sup>2</sup> )	调节量	面积(km <sup>2</sup> )	调节量	
岷江片	394.95	2.35	385.61	3.77	607.61	10.37	1010.83	24.54	400.7	11.76	52.79
西河片	321.84	1.83	231.74	2.28	197.0	3.37	179.1	4.43	105.0	2.87	14.77
沱江片	942.7	5.21	960.1	9.11	528.2	9.59	101.0	2.42	107.0	3.01	29.35
合计											96.91

表6 成都平原河流进出口径流量与降雨、蒸发量逐月变化对比表

时间	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年	
径流量(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	流入	4.81	3.97	4.96	8.66	18.35	24.14	32.94	27.0	25.77	18.19	9.67	6.26	184.92
	流出	3.64	2.54	2.68	4.78	11.64	22.04	43.82	39.40	35.97	21.70	10.97	6.71	205.3
	差值	-1.17	-1.43	-2.28	-4.47	-6.71	-2.1	+10.88	+12.4	+10.2	+3.51	+1.3	+0.45	
降雨量(mm)	7.47	13.33	24.54	50.11	82.59	113.56	238.05	229.21	146.95	54.72	22.15	6.88		
蒸发量(mm)	39.11	42.12	77.28	101.76	133.85	138.10	142.08	139.19	89.89	59.02	45.51	34.64		

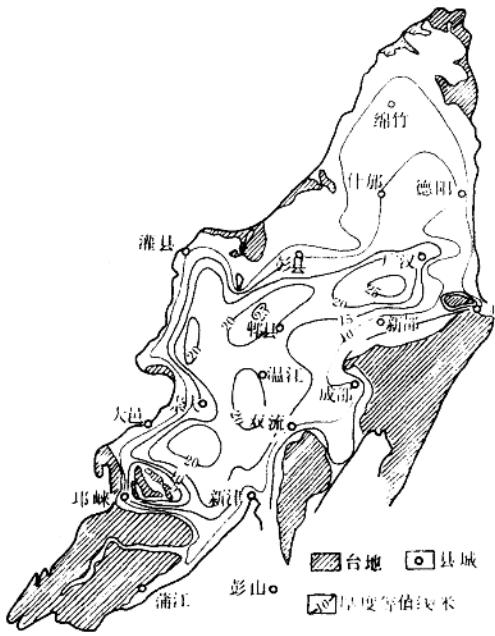


图5 成都平原上部含水层厚度等值线图

不产生区域下降的前提下开采地下水,若动用季节变动带以下2m深度的贮存量可增加15亿 $m^3$ 左右,其总调节量在30亿 $m^3/a$ 左右。此量小于成都平原地下水一年的天然补给总量,调节作用处于年调节范围,地下水属“饱和水库”状态,勿需人工回灌,天然状态下的入渗补给量就能补充和恢复用于调节的贮存量。

问题的症结是偏于保守的前提条件所确定的“安全开采量”,使成都平原地下水库的贮存量中的绝大部分成为了“死库容”。从成都平原天然和人工补给条件十分优越,上部含水层因倾斜的自然条件多处在于自然排泄面之上的条件分析,在“安全开采量”之外,增加开采量,充分利用地下水库的贮存量用于人工调节,减少“死库容”,其潜在的价值是十分诱人的。

## 2 水资源的分布特点,供需矛盾和解决途径

研究成都平原地下水资源数量、贮存特征及调节作用,若只局限于解决平原区水资源的问题,在都江堰水利工程尚输水浇灌平原区800万亩耕

地的状态下,其作用和价值常被贬低。只被当成平原区“旱片死角”的补充水源。然而,若综观包括成都平原西部山区和川中丘陵区水资源分布特征、开发利用状况和供需矛盾,从更大区域水资源合理利用考虑,成都平原地下水资源在解决近期水资源供需矛盾方面,有较大的社会效益和经济效益。

### 2.1 成都及邻近地区水资源的分布特征和供需矛盾

成都及邻近地区水循环受东南季风和地势变化的影响,降雨和地表水资源在空间和时间上有分布不均的特征。

降雨资源在地域分布上的不均,主要受地形变化的影响。盆地中部地形较低,气流下沉减雨,形成降雨低值区,其年降雨量仅800—1000mm。盆西边缘山区因高山阻挡东南暖湿的夏季风,形成地形雨,出现降雨较丰沛的区域和多雨中心,其年降雨量达1200mm,多雨中心年降雨量高达1600mm以上。位于上述两区间的成都平原年降雨量在1000mm左右(表7)。反映迳流空间变化的迳流深值,其变化与降雨的分布特征基本一致。平原以西山区,多年平均迳流深达700—1200mm,平均值为822mm。成都平原区为400—700mm,平均值591mm。盆中丘陵区仅300—500mm,平均值为449mm。降雨和地表迳流均呈现由西往东递减的变化特征。

降雨资源的年变化,表现为春季和冬季降雨所占比例很小,雨量集中在6—8月的夏季降落(表8)。西部山区更为突出,6—8月降雨量占年降雨量的50%—60%,盆地东部在40%左

表7 成都及邻近地区降雨地表水资源分布表

区 域	多年平均降雨量 (mm)	多年平均迳流深 (mm)
盆中丘陵区	1000	449
成都平原区	1090	591
盆西边缘山区	1200	822

右。

表 8 盆地东部、西部降雨季节变化表

季节		春季	夏季	秋季	冬季
月份		3~5	6~8	9~11	12~2
年降雨量的百分比	盆地西部	15%	50%~60%	20%~25%	2.5%~10%
	盆地东部	10%	40%	18%~20%	2.5%~10%

河川迳流量时间变化中的多年变化与河流的规模有关,反映多年变化的变差系数值,岷江紫坪铺站为 0.11,沱江三皇庙站为 0.19。表征岷江、沱江迳流多年变化特征的流量变化数据见表 9。河川迳流量的年变化与降雨类似,春季迳流量占年迳流量的比例很少,在 15% 以下。汛期集中在 6—10 月间,汛期迳流量高达年迳流量的 70%—85%。最大水月迳流量,盆西山区和岷江沱江的中游地区在 7—8 月出现;岷江、沱江下游地区 6—9 月出现(表 10)。降雨和地表水资源年内分布是冬春季节过少,而夏季过多,地表迳流与降雨的丰期几乎同时出现和结束,在自然状态下,水系统时间分布的调节功能很弱。

表 9 河川迳流多年变化特征表

单位: m<sup>3</sup>/s

站名	变差系数	多年平均流量	丰年流量	偏丰年流量	平水年流量	偏枯年流量	枯年流量
紫坪铺	0.11	468	>524	523~481	480~450	449~411	<410
三皇庙	0.19	249	>303	302~259	258~231	230~197	<196

表 10 成都及邻近地区迳流年内分布特征表

地区	汛期迳流		最大水月迳流		春季迳流占年迳流的百分比
	月份	占年迳流的百分比	月份	占年迳流的百分比	
岷、沱江中游地区	6~9	75%~85%	7~8	>30%	<10
盆西山区	6~10	>70%	7~8	>20%	15%
岷、沱江下游地区	6~10	70%~80%	6~9	>35%	10%

水资源区域的分布状况和土地资源、水资源利用状况极不一致,加剧了水资源的供需矛盾(表 11)。包括成都平原区在内的四川盆地区地表迳流量占全省迳流量的 24.9%,耕地却占全省耕地的 71.2%,亩均迳流量亦最少,为 1074m<sup>3</sup>,已利用的迳流量已占迳流量的 79%,供需矛盾十分突出,开发当地水资源的难度很大,甚至很难依靠当地水资源来解决供需矛盾。盆周山

表 11 四川部分地区水土资源分布及水资源利用情况表

地区	多年平均河川迳流量			耕地		耕地亩均迳流量(m <sup>3</sup> )	迳流利用现状		
	迳流深(mm)	迳流量		万亩	占全省百分比		10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	已利用的百分比	利用系数
		10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	占全省百分比						
四川盆地区	514	760	24.6	7076	71.2%	1074	165.76	79%	0.269
盆周山区	720	950	31.1	2061	20.7%	4604	26.18	12.5%	0.029
川西、高山高原区	429	982	32.1	239	2.4%	41088	3.63	1.7%	0.004



区迳流量占全省 31.1%，耕地占全省的 20.7%。亩均迳流量 4604m<sup>3</sup>，已利用迳流量为 12.5%，川西高山高原区地表迳流量占全省的 32.1%，耕地仅占全省的 2.4%，亩均迳流量高达 41088m<sup>3</sup>，已利用迳流量仅占 1.7%。盆周山区和川西高山高原区地表水资源所占比例较大，已利用比例低，其水资源还有很大的开发利用潜力。区域性的水资源分布和利用状况的不平衡，在盆地区中的成都平原区与盆中丘陵区的差异也是十分明显的(表 12)。成都平原区有效灌面占耕地的 84%，保证灌面占 73.2%，亩均有效水量 357m<sup>3</sup>。而盆中丘陵区有效灌面为耕地的 47.3%，保证灌面仅占耕地 34.4%，耕地亩平均有效水量为平原区的一半左右。说明盆中丘陵区水利化程度很低，农灌状况急需改善。

表 12 成都平原、盆中丘陵区灌溉现状表

地区	现有灌面(10 <sup>5</sup> 亩)				耕地面平均有效水量(m <sup>3</sup> /亩)
	有效		保证		
	面积	占耕面 %	面积	占耕地 %	
成都平原区	929.58	84.00	810.44	73.20	357
盆中丘陵区	1737.98	47.30	1264.86	34.40	182

成都平原在保灌率为 75% 的条件下，有保证的工程供水量在中等水年供需平衡，枯水年尚缺 32.52 亿 m<sup>3</sup>，说明大旱之年仍存在供需矛盾(表 13)成都市的工业、生活用水由都江堰分水供给，引水量为 22m<sup>3</sup>/s，其年供水量 6.94 亿 m<sup>3</sup>。预测 2000 年成都市日供水量达 270 万 t，除去每日采自地下水部分的 60 万 t，输至成都市区的引水流量将达 25m<sup>3</sup>/s。计入 0.20 的输水损失，宝瓶口的分流量应不小于 30m<sup>3</sup>/s，年供水量将达 9.46 亿 m<sup>3</sup>。对比岷江紫坪铺和宝瓶口多年平均枯月流量，2000 年的引水量已占枯月流量的三分之一。其引水量已达宝瓶口枯年迳流

表 13 成都平原区水资源供水情况表

单位:10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>

条件		地表迳流		工程供水量			需水量				平衡	
保灌率 (%)	频率 (%)	迳流量	可利用量	本地水	调入量	合计	农业	工业	其它	合计	有余	不足
75%	50%	94.34	16.98	16.98	68.73	85.71	54.23	11.52	5.56	71.31	14.40	
	75%	76.84	15.37	15.37	59.81	75.18	58.10	11.52	5.56	75.18		
	95%	56.41	12.97	12.97	39.66	52.63	68.07	11.52	5.56	85.15		32.52

表 14 成都市需水量与岷江来水量对比表

对比项		流量(m <sup>3</sup> /s)		迳流量(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /a)			统计年份
		多年平均	枯月	多年平均	最大值	最小值	
岷江 来水	紫坪铺	468.0	130.9	147.7	195.2	115.8	1937~1979
	宝瓶口	230.9	104.3	72.63	83.1	58.77	1964~1980
成都市 需水	1982	22		6.84			
	2000	30		9.46			