

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>



北半球地下水勘察和开发

籍 传 茂

(中国地质工程公司, 北京)

一、前 言

水资源问题日益引起世界各国的重视。1977年联合国在阿根廷召开了一次水资源问题的大会,总结了联合国系统各组织在水资源方面所做的工作,强调了今后协调工作的重要性,通过了“马德普拉塔计划”(Mar Del Plata Action Plan)。联合国系统各组织在此之后召开的有关自然资源问题的会议,均把回顾该计划的执行情况作为议题之一,联合国组织的一系列活动对于推动全球地下水的勘察、评价和开发有重要的作用。1980—1990年正在开展“国际饮用水十年”活动,各国际金融组织(如世界银行、亚洲开发银行、伊斯兰发展银行等)纷纷为居民饮用水的供水项目(特别是作为地区乡村发展计划的重要组成部分的打井项目)提供资金,发达国家地下水勘察和开发的技术和经验正向发展中国家转移。近年来我国水文地质队伍在亚、非、拉地区勘探和开发地下水的工作也取得了进展,现将有关情况整理如下,供国内同行们参考。

二、发达国家地下水勘察、评价和开发的一些主要成就

1. 水文地质调查和编图

苏联国土面积2200余万平方公里,横跨欧亚大陆,自北向南依次排列着几个自然景观带:苔原带、森林带、草原带、沙漠带,并有一些不同走向的山脉

穿插其中。在半个多世纪内,苏联系统地进行了水文地质调查和填图,已完成中比例尺(主要是1:20万)区域水文地质调查的面积约占全苏陆地面积的一半,已出版了800幅1:20万水文地质图。七十年代中期,苏联地质部对已获得的大量区域水文地质资料进行了系统的总结,编辑出版了《苏联水文地质》,该书的总论部分包括五卷,分论(即分区描述和总结)共四十五卷,这是国际上关于区域水文地质的一部巨著。

联合国教科文组织(UNESCO)和国际水文地质学家协会(IAH)组织欧洲各国水文地质学家共同编辑了欧洲分幅水文地质图(1:150万)及说明书,这是国际上另一项区域水文地质的大型综合研究成果。这套图及说明书的编辑和出版情况(截止1984年8月1日)如图1所示。

2. 区域地下水资源评价

美国自七十年代以来已进行了两轮。第一轮称为“国家地下水资源总结评价”(1970—1980年)(Summary Appraisals of the Nation's Groundwater Resources),将全国领土分为21个区,以水均衡法为主进行评价,其成果自1974年起以美国联邦地质调查所的专报形式出版(其编号为:专报813-A, B, C, ...),每册中均包括影响地下水形成和分布的自然因素、含水层组描述、地下水资源评价、开发利用等内容。这批成果的合订本已于1982年出版,并附有D. Todd教授所写的序言。

本文1988年4月收到,7月改回,沈晓毅编辑。

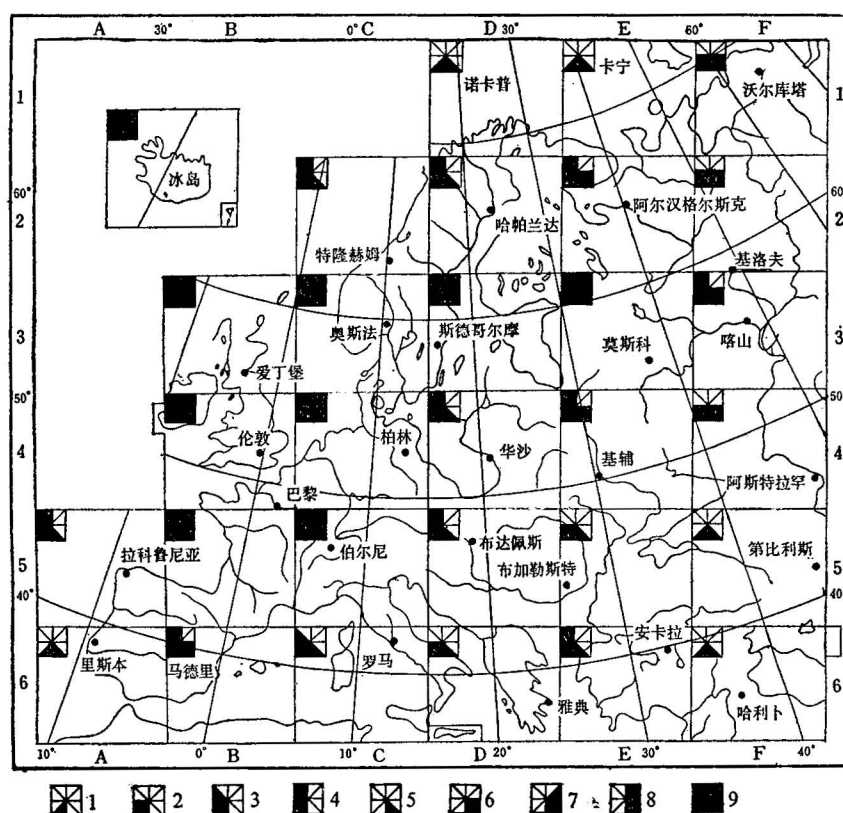


图 1 国际水文地质图欧洲部分编辑出版情况 (1:150万, 截止1984年8月1日)

Fig. 1 State of compilation and publication of International Hydrogeological Maps of Europe (Scale 1:1,500,000, up to August 1, 1984)

图幅: 1—正在编辑, 2—已完成编辑, 3—正在印刷, 4—已出版, 说明书: 5—正在编辑, 6—已完成手稿, 7—正打字排字, 8—已出版, 图幅和说明书: 9—正在出售

Map sheets: 1—under compilation, 2—compilation completed, 3—under printing, 4—already printed, Explanatory notes: 5—under preparation, 6—manuscript completed, 7—type-setting, 8—already printed, Maps and explanatory notes: 9—on sale

第二轮称为“区域含水层系统分析计划”(RAS-AP-Regional Aquifer Systems Analysis Program), 拟进行十七年(1978—1994年), 现正在实施中。1976—77年美国西部遇特大干旱, 经国会批准, 美国联邦地质调查所开始执行以研究大面积层状含水层地下水为主要内容的这项计划, 这些区域含水层系统有北部大平原、北大西洋滨海平原、东南滨海平原、海湾滨海平原、大盆地、哥伦比亚高原、中南德克萨斯、南加利福尼亚冲积盆地、伊利诺斯盆地、北落矶山山间盆地等。这些项目已有了一些阶段成果和单项成果。

苏联自六十年代中期以来也进行了两轮全国性的区域地下水资源评价。第一轮是六十年代中期为配合制订“全苏水资源利用总体规划”而提出的两项重要

成果: (1) 1:500万“全苏地下水天然资源图”和《苏联领土上的地下迳流》专著(均由莫斯科大学B. И. 库德林教授主编); (2) 1:500万“苏联地下水开采资源图”(由当时任全苏水文地质工程地质研究所所长的H. И. 普洛特尼柯夫主编)。

第二轮的成果是1977年出版的《苏联水文地质》总论的第三卷, 其中列举了全苏地下水天然资源和开采资源的新数据, 即全苏地下水天然资源 $25580 \text{ m}^3/\text{s}$, 地下水开采资源 $10100 \text{ m}^3/\text{s}$ (其中可恢复部分 $5140 \text{ m}^3/\text{s}$, 其余部分为大型承压水盆地中按一定开采年限、给定一定水位下降值时所获得的水量)。在该书中还汇总了经国家储量委员会(ГКЗ)和地方储量委员会(ТКЗ)批准的地下淡水和微咸水源地开采资源 $1096 \text{ m}^3/\text{s}$, 其中A+B级为 $604 \text{ m}^3/\text{s}$, C₁+C₂级为 $492 \text{ m}^3/\text{s}$

/s。已勘探的1719个水源地,按地质条件划分为八种类型:河谷、地台型承压水盆地、山前冲洪积扇和山间拗陷、裂隙水和岩溶裂隙水储水构造、褶皱山区承压水盆地、砂岩分布区、冰川沉积区、多年冻土区。

3. 地下水开发利用

国外十分重视把优质地下水首先用于满足居民饮用的需要。例如,美国市镇和农村饮用水中47%是依靠地下水供水,苏联城市供水的60—70%依靠地下水。苏联水法还明确规定:开采地下水必须优先满足当地居民饮用水和生活用水的需要;水质适于饮用的地下水,一般不得用于与饮用水和生活用水无关的其他目的;在地表水缺乏、而水质符合饮用标准的地下水储量很大的地区,在居民饮用水源长期有保证的条件下,经过一定的批准手续,可将一部分这种质量的地下水用于其他目的。

国外大城市供水的实践表明:采取地表水和地下水联合供水,不同质的水用于不同目的,这样做的效果较好。反之,在面积有限的市中心区过量开采地下水常引起一些不良的后果。

东京市是过量开采地下水引起大幅度地面沉降的城市之一。自1914年开始大量抽取地下水,1964年市区23个区开采量达 $1.16 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{d}$,为控制地面沉降(最大沉降量4.6m,最大沉降速率27cm/a),先后颁布“工业用水法”、“建筑用水法”以限制用水,并开辟其他水源,1975年市区开采量压缩为 $0.128 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{d}$,为1964年的11%。目前,东京市区地下水仅供饮用,但随着郊区的都市化,西郊多摩区的地下水开采量有所增加,其情况见表1。

表1 东京市区和西郊多摩区利用地下水量衰
(单位: $10^9 \text{ m}^3/\text{d}$)

Table 1 Groundwater consumption in central area and western suburb of Tokyo

地 区	1965年	1970年	1975年
市区 (23个区)	1.017	0.747	0.128
西郊多摩区	0.480	0.953	0.790
合 计	1.497	1.700	0.918

美国是世界上地下水开采量很大的国家之一,1975年总开采量为 $1135 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ 。其中美国西部的高平原含水层系统(跨科罗拉多、德克萨斯等八个州)是地下水强烈开采的一个地区,其面积不足全美

国的1/20,而地下水开采量约占全美国的1/3,已出现大幅度水位下降和单井出水量减少等问题,目前已采取开源节流等措施,加强地下水资源的管理(图2)。

三、发展中国家地下水的勘察和开发利用

1. 水文地质调查和编图

印度尼西亚可以作为系统地进行水文地质填图的一例,全国共有1:25万的图幅150个,在联邦德国水文地质专家帮助下,已于1969—1986年完成了该比例的60个图幅的调查工作,占全国面积的40%,其中19个图幅已出版(图3)。1983年还出版了全印尼的1:250万水文地质图。

非洲大陆各国的水文地质资料的收集和整理工作大多是在西欧各国水文地质学家的协助下完成的,截止1982年已出版的小比例尺水文地质图件有:(1)以国家为单位的图件:塞内加尔(1:50万),摩洛哥、克特迪瓦、加纳、喀麦隆、利比亚(以上为1:100万),肯尼亚、马达加斯加、莫桑比克、刚果、尼日尔(以上为1:200万或更小比例尺);(2)以自然单元为单位的图件:如乍得湖流域水文地质图(1:100万,1969年)。

尼日利亚为位于西非的一个石油输出国,南临几内亚湾,水文地质研究程度较高。该国面积90余万平方公里,人口1亿,为非洲人口最多的国家。1977—1980年通过国际招标,聘用外国咨询公司对全国水文地质资料进行了一次系统的汇总。首先将全国划分为19个区,其中由结晶岩为主组成的基底(Basement)划分为12个区,沉积盖层分布的地区划分为7个区。由九家外国咨询公司分别整理现有资料,进行野外路线踏勘,航片解释,典型水井调查和取样,室内综合研究,按区提交报告;然后由尼日利亚政府聘请其中一家公司对所有提交的报告进行摘编和评述,提交了一份“钻井前水文地质调查报告的评价”(摘录和评述),为在全国和各州制订地下水开发利用规划,选择优先开发区,确定开发规模和开发方式提供了依据(图4)。

上述几个实例说明,发达国家水文地质调查、编图和评价技术正在向发展中国家转移,并对生产实践起着促进作用。

2. 地下水的开发利用

据亚太地区1986年统计,约有1.12亿人口有安设

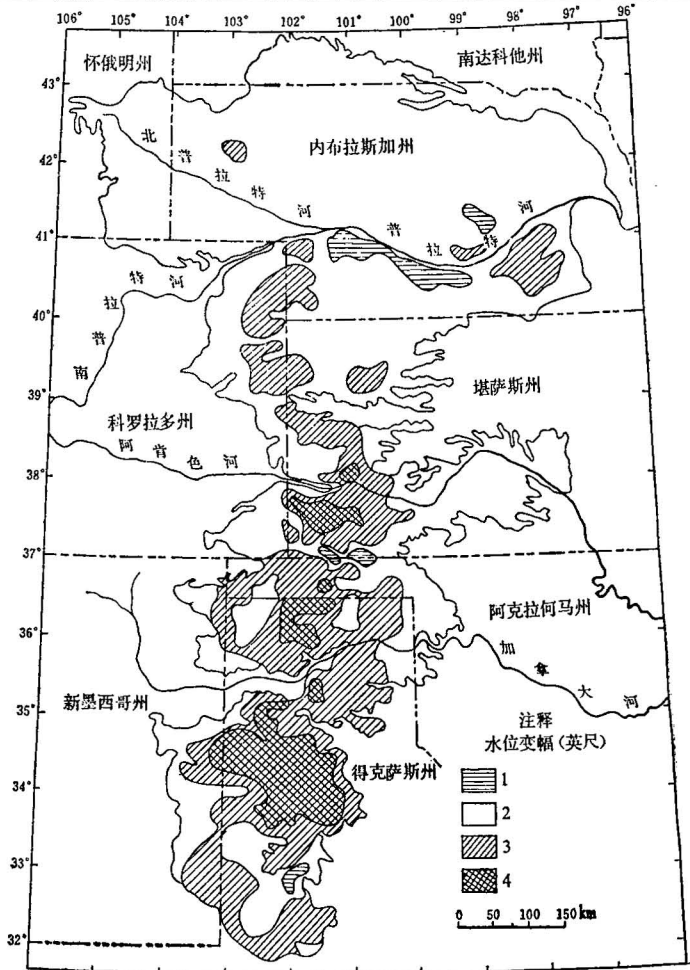


图 2 美国高平原含水层1940—1980年水位变幅略图

Fig. 2 Schematic map showing water level fluctuation of High Plain Aquifer, U. S. A. for the period 1940—1980

水位变幅 (英尺): 1—上升大于10; 2—+10—-10; 3—-10—-50; 4—下降大于50

Amplitude of water level fluctuation(ft.); 1—more than +10; 2—+10—-10; 3—-10—-50; 4—more than -50

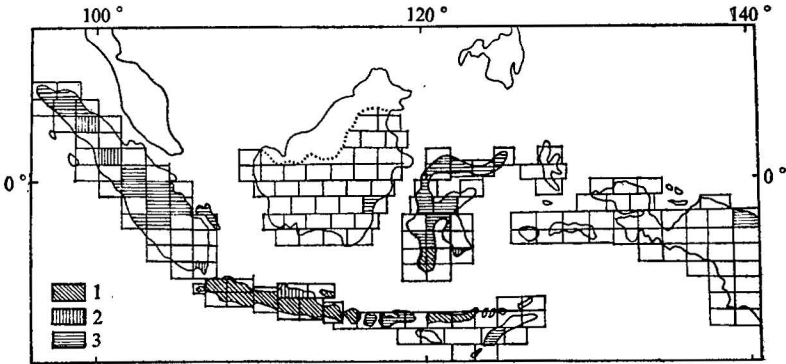


图 3 印度尼西亚1:25万水文地质图完成情况 (1986年)

Fig. 3 Map showing status of completion of hydrogeological maps of Indonesia (Scale 1:250,000 up to 1986)

1—已出版的; 2—已编辑的; 3—已完成野外工作的

1—published; 2—compilation completed; 3—completion of field investigation

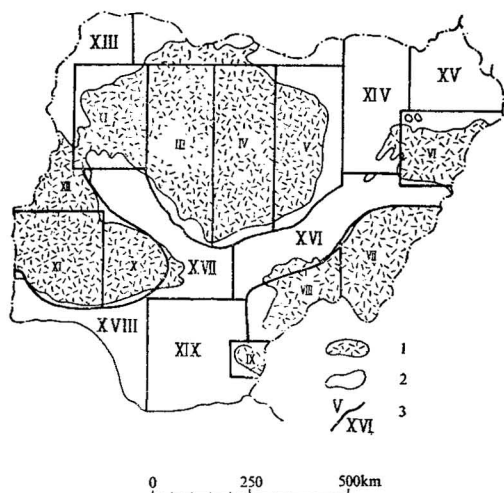


图4 尼日利亚水文地质研究区划略图
(1977—1980)

Fig. 4 Schematic map showing divisions
of hydrogeological investigation in Nigeria
(1977—1980)

1—结晶岩区; 2—沉积岩区; 3—研究区界线和编号
1—Basement; 2—Sedimentary rocks; 3—Boundary
of divisions

全的饮用水, 其中82%在农村, 18%在城市。预计2000年, 世界上人口超过1000万的大城市有25个, 其中14个在亚太地区; 对于这些大城市的建设和发展, 水资源和环境是两个突出的问题。

非洲许多地区干旱缺水, 人口增长又快, 实现粮食自给是个大问题。70、80年代非洲人口平均年增长率为3—4%, 高于世界其他各洲, 35个大城市人口年增长率高达8.5%, 供水问题尤为突出。

各国对地下水的开发日益重视, 有关国际组织和发达国家纷纷提供财政上和技术上的援助。

60、70年代, 我国水文地质队伍在亚、非、拉的十几个国家承担勘察和开发地下水的经援任务, 这些国家是北也门、南也门、索马里、埃塞俄比亚、坦桑尼亚、赞比亚、莫桑比克、阿尔及利亚、毛里塔尼亚、塞内加尔、尼日尔、尼日利亚、秘鲁等, 为这些国家的农牧业供水、厂矿供水(如北也门纺织厂)、公路供水(如索马里)、城市供水(如毛里塔尼亚首都努瓦克肖特)等做出了贡献。

80年代以来, 我国水文地质队伍又在巴基斯坦、斯里兰卡、马里、尼日利亚、莫桑比克、秘鲁等国承担勘探和开发地下水的任务, 这些任务有的是经援项目, 有的是承包工程项目, 取得了新成果, 解决了一批城乡供水的新问题。

巴基斯坦印度河下游平原的旱涝碱综合治理与我

国黄淮海平原情况类似, 从1959年开始实施“斯卡普”计划(SCARP—Salinity Control and Reclamation Project), 执行15年后, 又于1975年制订了1975—1990年“加速斯卡普”计划。其实质是按自然单元分阶段治理, 采取渠灌渠排、井灌井排及其他综合措施。至今已陆续编制了28个SCARP计划, 其中14个已完成, 14个正在实施中, 已治理盐碱地4800万亩, 正施工治理的4200万亩。我国打井队正为其中的一些计划实施水井施工任务。

斯里兰卡西海岸的普特兰市的第三系灰岩地下水勘探和奇劳市第四系孔隙水勘探已经完成, 正准备修建地面供水设施。

西非撒哈拉以南的热带草原区是一个地下水开发很有前景的地区, 这里年平均降水量多在500—1000 mm之间, 地下水开采后仍能得到补给。近年来中国打井队在马里、尼日利亚、喀麦隆等国陆续承担由世界银行等组织出资的乡村供水打井项目, 每个项目的井数均为数百眼, 分散在数万平方公里的面积上, 井深一般小于百米, 一般井管和排水管为4吋(少数为6吋)的PVC管(少数为钢管), 在裂隙性岩(花岗岩、变质岩、砂岩等)中采用潜孔锤、空气钻进方法施工, 开采基岩裂隙水, 要求成井水量大于 $1\text{m}^3/\text{h}$, 静水位埋深10—20 m至40—50 m不等, 一般安装人力泵, 井口建水泥井台, 密封情况良好, 水质为淡水, 这批水井的建成对改善该地区的乡村供水状况有重要意义。

此外, 我国水文地质工作者还完成了莫桑比克首都马普托地下水的勘探和成井任务, 正在进行秘鲁南部高原上普诺亚灌溉水文地质工作。

总之, 我国水文地质队伍在亚非拉一些国家承担地下水勘探和开发任务, 不仅解决了很多供水水文地质问题, 而且在勘探和成井技术水平上有所提高, 如采用潜孔锤、空气钻进等新技术, 积累了不少经验。

四、几点认识

1. 发达国家的水文地质工作者对近半个世纪以来地下水勘察和评价的成果进行了和正在进行系统的总结, 这些成果阐明了地下水形成和分布的重要规律, 对于指导地下水的合理利用有重要意义, 其综合研究方法也值得我国借鉴。而发达国家本土的地下水勘察研究重点正转向某些专门性问题(如地下水污染的防治, 地下水年龄的测定等)。

2. 发展中国家地下水的调查和开发利用方兴未
(下转第253页)

(上接第284页)

艾,适用发达国家地下水勘察和评价的技术和经验,可以加速发展中国家地下水的开发,在这些新的实践基础上,也可以丰富我们对全球水文地质规律的认识。

3. 中国是发展中国家,经过三十多年的工作,我国水文地质理论和技术已达到了相当水平。目前,在注意引进和吸收发达国家水文地质新理论和新技术的同时,积极组织我国部分水文地质队伍承担其他发展中国家的地下水勘探和开发任务是有重要意义的。

参 考 文 献

〔1〕 United Nations, 1976, Groundwater in the Western Hemisphere. Natural Resources/Water Series, No. 4.

〔2〕 Л. С. Язван, 1977, Гидрогеология

СССР. Сводный Том. Выпуск 3.

〔3〕 籍传茂、费瑾、尚若筠、张孝和, 1983, 美国、日本地下水资源勘察研究的几个问题。水文地质工程地质, 第4期, 第64—67页。

〔4〕 王兆馨, 1984, 苏联的地下水资源及其管理概况。工程勘察, 第2期, 第63—67页。

〔5〕 陈梦熊, 1987, 国内外地下水研究现状及今后展望。长春地质学院学报(水文地质专辑), 第77—88页。

作 者 简 介

籍传茂, 生于1934年2月。1958年6月毕业于苏联列宁格勒矿业学院地质系, 从事水文地质工程地质的工作, 高级工程师, 现在地质矿产部国际合作司工作, 通讯处: 北京阜内大街64号, 邮政编码100812。