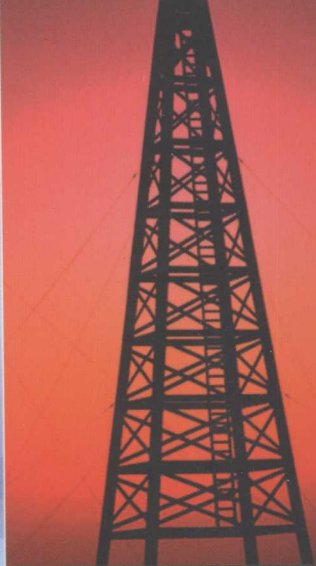


卢予北 著

# 钻探技术

## 研究与实践



# 钻探技术研究与实践

卢予北 著

黄河水利出版社

16/614  
L5

## 内 容 提 要

本书内容主要涉及深部地热钻井、水文水井钻探、旧井处理工程、大口径钻探、基础工程和盐矿水平定向钻井技术,是作者 20 余年来的成果和经验的总结。其中包括钻探(井)新技术、新工艺、新材料的应用和相关产品研制及事故处理,既有理论研究又有实际问题的解决方法。本书可供从事钻探(井)工程的技术人员、大专院校本科生和研究生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

钻探技术研究与实践/卢予北著. —郑州:黄河水利出版社, 2008.4  
ISBN 978-7-80734-400-1

I. 钻… II. 卢… III. (Ⅰ)钻探—研究 IV. P634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 019862 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail: wlping12345@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:10.5

字数:240 千字

印数:1—1 200

版次:2008 年 4 月第 1 版

印次:2008 年 4 月第 1 次印刷

定价:29.00 元

# 序

读了卢予北同志的《钻探技术研究与实践》一书感触很深，这本书已经是我看到的予北同志的第4本专著，作为一名在基层现场工作多年的中青年钻探科技工作者，能以自己丰富的实践经验不停地耕耘写作、出版专著，实在难能可贵。

确实，钻探是一门艰苦而高风险的工程行业，涉及的学科领域十分广泛，实践性很强，理论基础要求很高；是行业内人干着热情洋溢、难以割舍和忘怀，行外人看着莫名其妙、难以理解和释然的一个特殊的行业。

本书触及到钻探工程中地热和盐矿资源开发井钻探工程、水文水井钻探工程、地基与基础工程钻探等多个当前钻探工程的热点领域。作者将自己在这些领域里的实践经验和技术创新，集中在这部24万字技术专著中。文中的观点、技术成果、经验不仅对在钻探工程现场工作的技术人员有很强的指导作用，对从事钻探工程教学和科研岗位的技术人员也有参考价值。

我殷切地希望我们在各个钻探岗位工作的同志都能把自己的经验、学识和创造写成论文、专著，在同行中广泛交流、互相学习，这不仅是个人的珍贵历史记录，也是推动整个行业技术进步的原始动力。愿能够看到更多、更好的钻探工程专著。

中国大陆科学钻探中心主任  
中国地质调查局原副局长，教授  
中国地质学会探矿工程专业委员会原主任



2008年3月

# 前 言

钻探是一项重要而复杂的地下工程，也是所有勘查方法中最直接、最准确的技术方法，是各种矿产资源和地质科学研究的重要手段之一。常被人们称为深入地球的望远镜，属于地球科学范畴。同时也是一门综合性和实践性很强的学科，它涉及机械、化学、电子、岩土、腐蚀、环境等多学科领域，是一个风险性强、非常艰苦的行业。

本人从事钻探工作 25 年，在工作中品味了野外作业的艰辛和孤寂，体验过成功的喜悦和失败的沮丧。但是无论怎样都坚持自己的理想和信念，始终没有放弃自己所学专业，并在工作中能够坚持理论与实际相结合，勇于发现和创新，特别是在生产一线工作中养成的善于发现问题和思考问题的良好习惯，为后来的成长和进步奠定了基础。无论工作岗位怎样变化，对钻探新技术、新工艺的学习和实践从未间断，并取得了一些成果和经验，本书第一章至第四章为公开发表过的论文，第五章为技术报告。此次把这些技术成果和经验公开出版发行，主要目的是与同行共同学习提高，为钻探工程技术的发展做出自己的贡献！

与此同时，谨把此书作为礼物献给我的父母、妻子、女儿和同事。父亲是一个老地质工作者，到今年 5 月份，他从事地质工作整 50 年，虽已是 70 多岁的老人，但至今还在崇山峻岭中爬山涉水，在中原大地和工作岗位上为地质事业无私地奉献和耕耘着。他和老一辈地质工作者的敬业、爱业精神深深地感动着我！母亲、妻子和家人的理解支持给了我更多的时间和精力投身于工作中；更忘不了和同事共同度过的那天涯海角、四海为家、风餐露宿的快乐日子！为此，把凝聚着自己心血和汗水的成果作为礼物献给他们，同时向他们表示衷心的感谢并致以崇高的敬意！

作 者

2008 年 3 月

# 目 录

序

王达

前 言

<b>第一章 地热资源开发与深部钻井技术研究</b> .....	(1)
一、创新理念, 激活地热洁净能源勘查与开发 .....	(1)
二、地热: 可再生绿色能源 .....	(5)
三、可再生能源的新成员: 浅层地温能 .....	(12)
四、河南地热资源的勘查与开发 .....	(17)
五、郑州市超深层地热资源科学钻探工程 .....	(21)
六、河南洛阳 0401 工程 2 500 m 地热钻探与流体质量评价 .....	(28)
七、地热井常见主要问题分析与研究 .....	(35)
八、河南地热(中深)井金属井管腐蚀与结垢试验研究 .....	(42)
九、钻井过程中钻具吸附卡钻事故成因与处理技术 .....	(47)
十、地热深井过滤器挤毁事故与处理技术 .....	(51)
<b>第二章 水文地质钻探技术与实践</b> .....	(56)
一、水井工程技术现状与展望 .....	(56)
二、国家级一孔多层地下水示范监测井钻探技术与研究 .....	(62)
三、大口径气举反循环钻进有关问题的探讨 .....	(67)
四、泵吸反循环成井工艺应用 .....	(73)
五、卵砾石层钻进方法与技术措施 .....	(75)
六、控制爆破技术在水文水井工程中的应用 .....	(77)
七、钻孔中的平衡问题 .....	(80)
八、新型贴砾滤水管研制与应用 .....	(81)
九、爆炸取心器 .....	(85)
十、Z-SL 除砂循环系统 .....	(87)
<b>第三章 旧井处理工程技术与应用</b> .....	(88)
一、钻井工程致地下深层水污染类型及亟待解决的问题 .....	(88)
二、井下电视检查系统在旧井修复工程中的应用 .....	(92)
三、旧井处理工程技术研究与开发 .....	(94)
四、河南鹤壁新区 2 号地热井存在问题分析与研究 .....	(104)
<b>第四章 大口径钻探与基础工程技术研究</b> .....	(109)
一、大口径硬岩钻凿技术现状与研究方向 .....	(109)
二、岩土钻探工程大口径钻头设计与应用 .....	(112)

三、钻孔灌注桩设备及机具选择与设计	(115)
四、PVC-U 塑料导管在基桩工程中的应用	(120)
五、梅花断面桩技术的可行性与理论研究	(123)
<b>第五章 盐矿水平定向钻井工程技术</b>	<b>(129)</b>
一、工程概况	(130)
二、地理位置与区域地质	(131)
三、钻井技术方法	(133)
四、录井及测井	(140)
五、钻井地质成果	(145)
六、水平定向井施工技术	(153)
七、取得成果及效益分析	(156)

# 第一章 地热资源开发与 深部钻井技术研究

## 一、创新理念，激活地热洁净能源勘查与开发

“十一五”伊始，国务院颁布了《关于加强地质工作的决定》(以下简称《决定》)，对地质工作者来说如同久旱逢甘霖，预示着我国地质事业的春天再次来临。综观《决定》可以看出，能源矿产勘查和地质科技放在了地质工作的重要位置，同时也明确指出了今后战略性地质工作发展的方向和任务。

众所周知，地质工作是研究地球和环境的科学，与人类的生存息息相关，是国民经济和社会发展的先行，也是设计未来、开发未来的工作，忽视它就是忽视未来，也就违背了科学发展观的要求。随着我国经济社会的快速发展，城市化步伐的加快，资源的保证程度日趋严峻，重要资源的可采储量下降，石油、煤、天然气等价格持续攀升，同时经济社会发展与生态环境的矛盾也日益突出，能源结构不合理等。传统化石能源(煤、石油和天然气)的大量消耗，导致环境污染和生态恶化，并严重制约着人类社会文明程度和经济的发展。据统计，按照环境容量分析，我国每年大约允许排放 1 200 万 t SO<sub>2</sub>。事实上，2000 年我国 SO<sub>2</sub> 排放量已达到 2 000 万 t，2004 年高达 2 254 万 t。目前，全国已形成 6 个酸雨区，近 2/3 城市的空气质量达不到二级标准。由此可见，人类生存的环境日趋恶化已成为一个不争的事实。

### 1 地热洁净能源勘查与开发市场巨大

通过学习《决定》和 2006 年 1 月 1 日正式实施的《中华人民共和国可再生能源法》，并结合专业特点和工作实践，笔者认为：地热洁净能源勘查和开发同样将迎来一个灿烂明媚的春天。地热资源是本土可再生的绿色能源!《决定》明确提出：“突出能源矿产勘查。能源矿产是重要的战略资源，必须放在地质勘查的首要位置。”《中华人民共和国可再生能源法》同样把地热能和太阳能、风能、水能、海洋能、生物质能列为可再生能源。所以，加大地热洁净能源的勘查与开发和提高自主创新能力，是我们水文地质和钻探工作者的首要任务，也是一个值得思考 and 研究的“焦点”和“热点”问题。目前国家加大了煤、石油、天然气和铁、铝等矿产的投入力度，对于从事固体矿产、煤田、石油等的专业队伍已经呈现出热火朝天和欣欣向荣的景象。而我们专门从事与“水”有关的地质勘查队伍却有点“望梅止渴”和“远水解决不了近渴”的感觉，这种现象确实是我们目前的现状和焦点问题。按哲学的原理和观点分析，争议多的话题便是“焦点”和“热



点”，而热点和焦点是不同思维产生的“旋涡”，物理知识告诉我们：旋涡具有很强的吸引力！只要用科学的发展观和哲学观去正确引导，创新理念，那么其能量一旦释放将是巨大的。所以，我们只有坚持自己的专业特点和敏捷的思想，积极主动创造条件和掌握主动权，坚信地热洁净能源勘查与开发市场巨大并大有作为！其主要依据有以下几个方面：

(1) 地热是一种新型资源，同时也是可再生绿色环保能源，具有“热、矿、水”3种基本特征。它可广泛应用于发电、供热供暖、温泉洗浴、医疗保健、种植养殖、旅游等领域。

(2) 地热资源可直接开发利用。与传统的消耗性能源(煤、石油、天然气)相比，具有无污染、占地面积小、运行成本和劳动强度低等特点，环境效益、经济效益和社会效益显著。

(3) 地热资源分布广泛，能量巨大。地热能来自地球深处，它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。地下水的深处循环和来自极深处的岩浆侵入到地壳后，把热量从地下深处带至近表层。据估计，每年从地球内部传到地面的热能相当于  $100 \text{ PW} \cdot \text{h}$ 。全球地热资源的总量约为  $1.45 \times 10^{26} \text{ J}$ ，相当于  $4.948 \times 10^{15} \text{ t}$  标准煤燃烧时所放出的热量。中国地热资源在沉积盆地小于  $2000 \text{ m}$  深度中储存的地热资源总量约  $4.0184 \times 10^{22} \text{ J}$ ，相当于  $1.3711 \times 10^{12} \text{ t}$  标准煤燃烧时所放出的热量。由此可见，地球是一个巨大的“热库”，蕴藏着无比巨大的热能有待于开发利用。

(4) 我国能源结构不合理，传统化石类能源消耗比重过大。目前中国开发利用地热水总量每天约为  $93.67 \text{ 万 m}^3$ ，年利用热量  $5.6485 \times 10^{16} \text{ J}$ ，相当于  $1.9274 \times 10^6 \text{ t}$  标准煤的发热量，此值仅仅是中国目前能量消耗总量的  $0.1\%$ 。所以，国家在逐步调整和优化能源结构之时，地热资源开发市场必将前景广阔。

(5) 《决定》和《中华人民共和国可再生能源法》等的出台，为地热资源勘查和开发提供了强有力的保障。与此同时，王秉忱、吴学敏、沈梦培、石定寰4位国务院参事不久前联名向国务院提出“关于开发利用我国地热资源问题的建议”，受到国务院副总理曾培炎的重视，并作了重要批示。目前国土资源部和中国地质调查局等正在研究如何勘探开发环保清洁可循环的地热资源问题。这些都充分表明了国家将加大力度进行地热资源勘查和开发，同时也给我们提供了一个平台和机遇。

## 2 创新理念，激活地热洁净能源勘查和开发

面对良好的机遇，我们应该积极主动行动起来，利用我们的专业优势和丰富的地质资料，加大地热洁净能源勘查和开发力度，并结合国家政策和队伍发展方向进行深入研究，使地热开发走向正规、健康和可持续发展之路。同时按照《决定》要求完善地质工作体制机制和增强地质科技创新能力，为地热洁净能源勘查与开发提供保证和活力。

创新包括理念创新、管理创新、技术创新、工艺创新等，只有理念上创新，才可能更好地保证管理、技术和工艺方面的创新。所以，针对目前状况和《决定》要求，笔者认为激活地热洁净能源勘查和开发重点应从以下几个方面考虑：

(1) 深刻领会《决定》精神，实现理念创新，把地热洁净能源勘查与开发作为公益性事业来做。关于健全公益性地质工作体系，《决定》中划分了中央和省级2个层次。其

中,中央政府负责全国能源和其他重要矿产资源远景调查与潜力评价,全国性、跨区域、海域基础地质和环境地质的综合调查与重大地质问题专项调查。省级政府主要负责为本地区经济社会发展服务的基础地质、矿产地质和环境地质调查,并要求省级政府尽快建实建强地方公益性地质调查队伍。地热同样属于国家重要的矿产资源和能源,目前许多地区地热市场开发和管理混乱,出现多头管理和乱批乱采等诸多问题,从而导致一系列地质环境问题。为此,解决这一问题需要政府的统一规划和管理,也是我们义不容辞的责任和义务!我们应该积极加强与政府的沟通和联系,组建专业化队伍,搞好定位工作,明确队伍的发展方向。如组建省级“地热资源研究院(中心)”,争取事业单位编制和财政资金,负责本地区的地热资源调查、规划、勘探与开发工作。协助政府搞好规划、论证和设计等工作,使地热资源开发利用趋于科学化、合理化和正规化,为优化能源结构和可持续发展作出贡献。这一点涉及队伍的发展和定位问题,也是一个值得思考的问题!这就要求我们首先做到理念创新,同时应该抓住机遇加紧研究和落实。

(2)地热资源开发同时面向城市和农村2个市场。目前的地热资源开发利用几乎都是在城市地区,为城市品位提高、经济发展和环境改善起到了积极作用。但是,在农村地区的地热开发基本是空白。2003年3月5日第十届全国人民代表大会第四次会议上温家宝总理的《政府工作报告》中,把建设社会主义新农村作为我国“十一五”时期的战略重点和主要任务。《政府工作报告》明确指出:“强调进一步提高农业综合生产能力,推进农业结构调整,加强农村基础设施建设,增加农民收入。建设资金要更多地向‘三农’倾斜,公共服务要更大范围地覆盖农村,全社会要大力支持农村发展。”农村用能问题非常困难,改善和优化农村传统能源结构,利用地热资源大力发展农村供热供暖、温泉洗浴、种植养殖、旅游等,对建设社会主义新农村、减少环境污染、提高农民的生活质量和品位具有重大的意义。所以,地热洁净能源勘查与开发要面向城市和农村2个市场,同时要坚信农村市场的开发利用前景将会更加广阔。

(3)加大自主创新力度,推进地热资源勘查工程的发展。地热资源勘查工程不同于传统的水文水井、岩心钻探、石油钻井工程,其主要区别是:①钻探深度大、地层复杂,目前深部地热钻探深度在1000~4000m,多数在1000~2000m;②温度高,对泥浆性能要求较高;③钻孔结构复杂,口径较大,在复杂地层和破碎严重情况下,钻孔结构设计在3~4径,从而增加了施工难度;④有些地区热矿水中含有大量的二氧化碳、硫化氢等,施工时易发生井喷,当温度 $>50^{\circ}\text{C}$ 时常常会给施工人员带来伤害或安全事故;⑤地热资源勘查和开发在近10年内刚刚兴起,并且几乎都是市场行为。所以,深部地热资源相关地质信息和资料掌握较少,可供选择的勘探设备、仪器也是寥寥无几。

目前,我国石油钻井和勘探技术最为先进,但是,其勘探费用和成本较高;而岩心钻探和水文水井钻探技术相对落后,成本较低。针对这种现状和经济实力,我们只有在自主创新方面下工夫,把先进的石油勘探和钻井工艺选择性地引进,与我们传统的钻探工艺结合起来,达到“取长补短”、“优势互补”。

地热资源勘查和开发风险性较高,在所掌握资料较少和地热钻探技术、设备、仪器和工艺相对不够完善的情况下,加大力度进行自主创新具有一定的现实意义。

(4)拓宽地热专业领域,促进产业结构调整。《决定》中指出:“广大地质工作者要

进一步解放思想、转变观念，主动面向经济社会发展的主战场，积极拓展为现代化建设服务领域”。这一点也是国家对我们地质工作者提出的要求和希望，所以我们应该结合自身的专业特点和优势，拓宽专业领域、丰富和更新知识结构，实现多学科交叉和渗透，以便使我们的工作更具特色和特点。目前我们从事的地热资源勘查和开发，仅仅是地热钻井工程和物理勘探，其手段和技术方法简单。在开发利用方面多数是单一的温泉洗浴，大量的地热水未经处理和循环利用而白白流走，没有达到综合开发利用的目的，从而造成了巨大的浪费。对于这个问题我们应该进行产业结构调整，即围绕地热做文章，使地热资源开发形成产业化和规模化。如地源热泵技术应用、地热示范田综合利用、地热水处理产品研制与开发、地热井回灌技术研究与试验、热岩热能开发技术、利用地热品牌开发旅游资源等。只有把服务领域拓宽和加大产业结构调整力度，才可能形成新的经济增长点，地热产业才可能做大、做实、做强。

(5)地热资源勘查必须依赖政府和市场两条腿走路。地热资源开发利用虽然具有显著的经济效益、社会效益和环境效益，但是，地热资源前期勘查风险巨大。目前许多的地热工程都是市场行为，并且呈现出繁荣景象。不可否认，这些社会资金和市场行为为地热资源的开发利用取得了一定的经验，同时也为改善环境、减少大气污染作出了不可磨灭的贡献。但是，在地质资料的完整性、可靠性等基础工作和成果方面却令人担忧。所以，为了准确摸清地热资源的家底，达到可持续利用开发，政府应首先加大前期的勘查力度，把基础工作做扎实，为合理开发地热资源提供科学依据。

创新理念，促进地热可再生能源的发展，不但可以减少对化石能源的依赖度和环境污染，使能源供给更加安全，而且还可以解决偏远地区或农村用能问题，更有利于社会主义新农村建设和环保，实现可持续发展。2005年11月7日国家主席胡锦涛为2005北京国际可再生能源大会致辞中指出：“能源和环境问题得不到有效解决，不仅人类社会可持续发展的目标难以实现，而且人类的生存环境和生活质量也会受到严重影响。可再生能源丰富、清洁、可永远利用。加强可再生能源开发利用，是应对日益严重的能源和环境问题的必由之路，也是人类社会实现可持续发展的必由之路。”

### 3 结语

总之，构建和谐社会，保证经济社会可持续健康发展，地质工作大有可为。

所以，我们必须抓住机遇，借《决定》之东风，坚持以科学发展观指导工作。在地热洁净能源勘查和开展利用方面，转变经济增长方式，调整和优化产业结构，提高自主创新能力，促进经济发展与人口、资源、环境相协调，为建设资源节约型、环境友好型社会作出积极贡献。

### 参考文献

- [1] 卢予北. 地热资源开发与问题研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2005.
- [2] 卢予北. 地热: 可再生绿色能源[J]. 科学研究, 2005, 1(12).

(本文原载于《探矿工程》2006年第8期, 该论文2006年在青岛国际地热研讨会上交流。)

## 二、地热：可再生绿色能源

地热是一种新型的能源，同时也是绿色环保资源，具有“热、矿、水”三个基本特征。它可广泛应用于发电、供热供暖、温泉洗浴、医疗保健、种植养殖、旅游等领域。所以，地热资源的开发利用，不仅可以取得显著的经济效益和社会效益，更重要的是还可以取得显著的环境效益。

传统能源主要是指石油、煤炭和天然气。这些能源是以消耗性为主，一方面属于不可再生，另一方面对环境造成污染和破坏，如酸雨、温室效应、粉尘的形成都与这些传统能源的消耗有着密切关系，同时对人类健康造成巨大的威胁。图 1 是燃煤对大气造成的污染及对人体健康形成的危害(皮肤瘙痒症)。

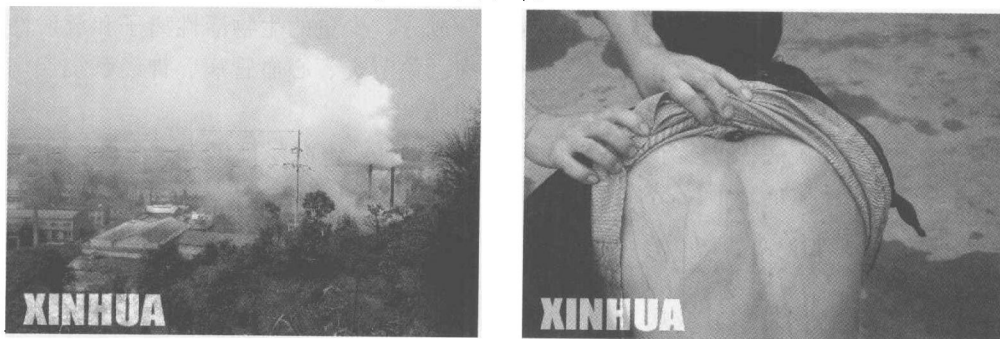


图 1 燃煤造成的大气污染和人体皮肤瘙痒症

为此，2005 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议通过并将于 2006 年 1 月 1 日起正式实施的《中华人民共和国可再生能源法》明确把地热能和太阳能、风能、水能、海洋能、生物质能列为可再生能源，并加大力度扶持研究和开发这些可再生的新能源。其中的地热分布广泛、储量巨大，开发利用方面与其他新能源相比具有成本低、见效快等特点，也是我们从事钻探工作者大有作为的领域。

### 1 地热资源及其应用

地热能是来自地球深处的可再生绿色能源和资源，它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。地下水的深处循环和来自极深处的岩浆侵入到地壳后，把热量从地下深处带至近表层。在有些地方，地下深处的热能随自然涌出的热蒸汽和水而到达地面，自史前起它们就已被用于洗浴和蒸煮。通过钻井，这些热能可以从地下的储层引入地面供人们利用，这种热能的储量相当大。据估计，每年从地球内部传到地面的热能相当于  $100 \text{ PW} \cdot \text{h}$ 。地球内部是一个高温高压的世界，是一个巨大的“热库”，蕴藏着无比巨大的热能。全世界地热资源的总量大约为  $1.45 \times 10^{26} \text{ J}$ ，相当于  $4.948 \times 10^{15} \text{ t}$  标准煤燃烧时所放出的热量。如果把地球上储存的全部煤炭燃烧时所放出的热量按 100 来计算，那么，

石油的储量约为煤炭的 8%，目前可利用的核燃料的储量约为煤炭的 15%，而地热能的总储量则为煤炭的 17 000 万倍。可见，地球是一个名副其实的巨大的“热库”。

中国地热资源是比较丰富的，据估算，在沉积盆地小于 2 000 m 深度中储存的地热资源总量约  $4.0184 \times 10^{19}$  kJ，相当于  $1.3711 \times 10^{12}$  t 标准煤的发热量。我国目前对地热资源的开发利用与常规能源比较所占的比重是很小的，据权威部门统计，全国开发利用地热水总量为 93.67 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，年利用热量  $5.6485 \times 10^{16}$  J，约相当于 192.74 万 t 标准煤的发热量，此值仅是中国目前能量消耗总量 17.24 亿 t 标准煤的 0.1%。

人类很早以前就开始利用地热能，如利用温泉沐浴、医疗，利用地下水取暖、建造农作物温室、水产养殖及烘干谷物等。古罗马人建设了利用地热能的浴池和房屋，在冰岛、土耳其和日本等国的地热地区至今仍保留类似做法。其中冰岛是地热较多的国家，已有 40% 的居民利用地热取暖，其首都雷克雅未克在 20 世纪 40 年代就利用地热实现了暖气天然化，是世界最清洁的城市之一，但真正认识地热资源并进行较大规模的开发利用却是始于 20 世纪中叶。

地热水本身具有较高的温度，含有多种化学成分、少量的生物活性离子和放射性物质，对人体可起到保健、抗衰老作用，对风湿病、关节炎、心血管病、神经系统疾病、妇科等慢性病有特殊的疗效，具有很高的医疗价值。

利用温泉治疗疾病，很多年前就被人类所认识，有许多温泉被供为“圣水、仙水”。世界上许多温泉出露的地区既是疗养区又是旅游区。如日本位于环太平洋火山活动带上，有着丰富的地热资源，他们依据这些优势建起温泉保健所 700 多家、温泉宾馆 1 万多个。匈牙利这个国家虽然人口不多，但是地热开发利用却很发达，建有地热疗养院 200 多家，从而吸引着众多的国外游客或病人。

我国的中低温地热资源的开发利用在局部地区取得了良好的效果，如北京市和天津市利用地热水进行冬季供暖，为减少化石燃料的使用，改善两市的大气环境取得了良好的效果。另外，在开发温泉旅游、疗养、娱乐等方面这几年也得到了迅速的发展。特别是一些经济比较落后和交通相对闭塞的地区，现在也注重把地热作为一种旅游资源与当地的一些特色景观结合起来吸引外资进行联合开发，并取得了显著的经济效益和社会效益。与此同时，地热开发也带动了周边地区的房地产业和其他商业的蓬勃发展。图 2 是北京南宫村建造的地热示范田中的温泉住宅和游泳馆，其他还有种植养殖、地热科技展馆等，目前已成规模化经营和综合利用，被称为“中国地热第一村”。

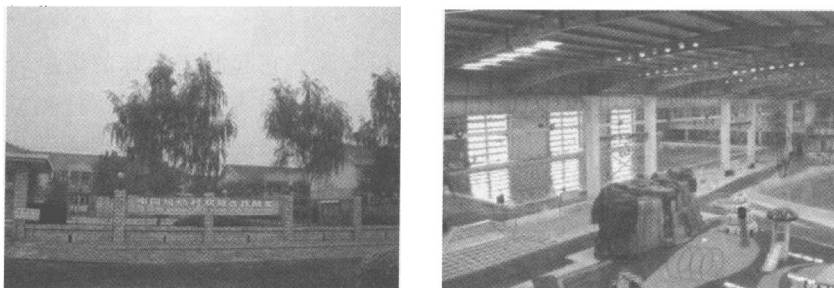


图 2 北京南宫村——中国地热第一村

## 2 河南地热资源开发现状与发展方向

### 2.1 河南地热资源开发现状与问题

从目前勘查和开发的情况来看,河南省具有丰富的中低温地热资源,其特点和现状如下。

#### 2.1.1 地热分布广,具有多重性开发利用价值

河南的地热资源主要分布在郑州、开封、周口、漯河、新乡、鹤壁、安阳、洛阳、濮阳等地。多数地区(如郑州、开封、漯河等地)1 200 m 的地热矿水不仅可以用于医疗保健和洗浴,而且还是天然饮用矿泉水(锶和偏硅酸同时达到国家饮用矿泉水标准),具有综合利用开发价值;其他地区的地热矿水则是 2~5 项的成分(锶、偏硅酸、偏硼酸、氟等)同时达到国家医疗热矿水标准,在理疗保健、温泉洗浴等方面具有较高的利用价值。

#### 2.1.2 郑州三叠系红层发现新的地热资源

在我省多数地区大于 1 500 m 超深层地热资源勘探和开发,由于地质条件变化大、施工技术难度和风险大,目前基本处于空白状态,特别是在三叠系和二叠系红层寻找地热矿水,被多数专家认为是禁区。但是,随着技术的发展和人们对资源的需求量增加,寻找新的能源和资源已是当务之急。为此,河南省地质工程公司于 2004~2005 年在郑州市区首次组织实施了 2 760 m 超深层地热资源科学钻探工程,并取得了重要成果:

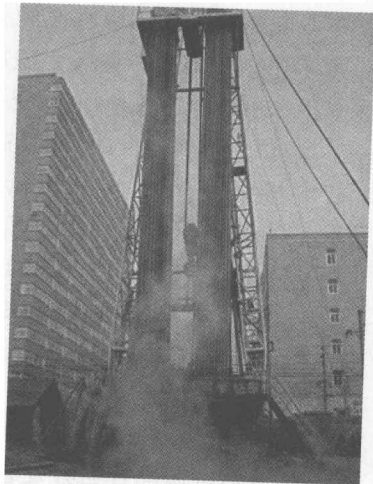


图 3 郑州地热第一井

(1)在三叠系黏土岩和砂岩“红层”中发现地热资源,从而填补了郑州市超深层地热资源勘探与研究的一项空白。与此同时,郑州深部“红层”发现优质热矿水为中国东部地区(北京、河北、河南、山东、安徽、湖北等地)的地热资源勘探提供了新的信息和希望(中国工程院资深院士刘广志评语)。

(2)水温达到 60 ℃,并且热矿水中富含氟、偏硅酸、锶、偏硼酸,可以应用于地热供暖、医疗保健和温泉洗浴等,具有较强的开发利用价值。图 3 是郑州地热第一井抽水时的热蒸汽。

#### 2.1.3 勘查开发深度较浅,地热流体质量和温度变化大

目前河南地热资源勘查开发的深度一般在 800~1 200 m,其开采层多数是新近系,温度在 35~45 ℃,东部地区如开封、太康在同样深度温度最高可达 57~61 ℃;西部和北部如洛阳、新乡等地热储层多为叠系或灰岩地层,深度在 1 200~1 600 m 时,最高温度可达 70 ℃左右。在新近系勘探开发地热资源具有成本低、水质好、达到饮用天然矿泉水标准、腐蚀性低、口感好等特点;在叠系地层中温度较高,其中多项指标同时达到国家医疗热矿水标准。但是多数情况下热矿水的溶解性总固体和盐类含量较高,分别为 3 000 mL/L 和 2 000~3 500 mL/L,不经过处理时地热水不能直接饮用。图 4 和图 5 是鹤壁市区 3 200 m 地热井水在出水口和地面上形成的结垢物,在出水管口处 18 d 便产生 50~60 mm 的结垢层。由于结垢严重问题,该地热井至今未开发利用(投资 500 万元,2001 年建造)。

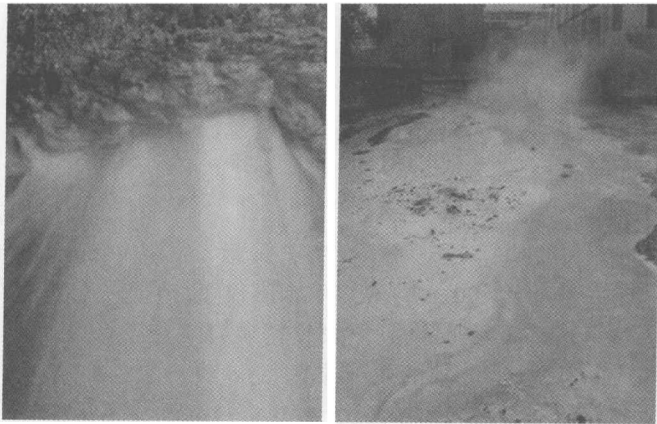


图4 出水口和地面结垢情况

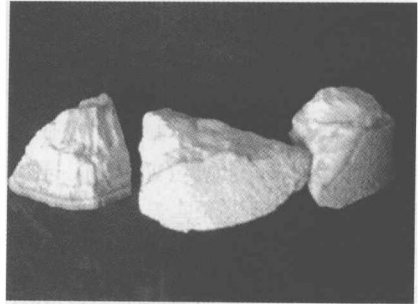


图5 出水管口 18 d 时的结垢

#### 2.1.4 地热资源浪费严重

1985年,郑州市区第一眼1000 m地热井钻探成功,20年来河南共钻探成功地热井330眼左右,开采地热资源约247 500 m<sup>3</sup>。这些地热资源的开发利用不仅给人们的生活带来了巨大的益处,而且为城市经济发展作出了贡献。但是,我省多数地区由于无序开采和开发技术含量低,地热资源浪费严重,主要表现在以下几个方面:

(1)没有明确的发展规划与目标。河南地热井的建设单位主要是政府、宾馆、企事业单位和房地产等,主要用于职工福利、温泉洗浴、饮用和提高房产的卖点。政府没有实行统一的规划和管理,更没有一个明确的思路和目标,所以出现了地热资源开发与发展不均衡现象。主要表现在:局部地区过于集中钻井开采同一地层的地热水,形成水位急剧下降或断流问题;而有些地区(区域)具备良好的地热资源却没有得到很好的开发和利用,也就是说,到目前为止还没有形成一定规模和有效的综合利用开发。

(2)地热资源开发利用单一。目前河南地热资源开发利用主要是饮用和洗浴,特别是大量的温泉洗浴使大量的热能和在水资源没有综合重复利用,造成巨大浪费。

(3)地热资源勘查与开发管理问题。在地热资源勘查与开发论证及许可方面,河南与北京、天津、西安等地相比相差很大。在城市的地热资源开发利用论证方面基本是空白,并且出现了多头管理和乱收费现象。这样一来,一是在地热资源勘查与开发方面形成了一个无序状态,二是地热开发技术含量降低,规模小,用途单一,形不成产业化经济,从而造成宝贵资源和能源的浪费。

#### 2.1.5 地热资源开发利用宣传力度不够

目前,国内外开发利用地热资源处于一个迅速发展阶段,许多地区把地热作为一种旅游资源品牌进行宣传 and 深层次开发,从而带动了其他产业的发展和当地经济的提升。如河北平山县结合西柏坡革命圣地在当地建造了10余处温泉宾馆和度假村,其周边还开发了8个住宅小区。江苏东海县则结合水晶资源建造了20余座温泉度假村,其中有日本、德国等外商投资。这两处都处于非常偏僻的地方,但是通过地热品牌延伸到了旅游资源而加以开发利用,取得了很好的经济效益和社会效益。



河南省地热资源非常丰富, 其中有许多地区地热直接出露地表, 如鲁山上汤、中汤和下汤, 栾川乡汤池寺, 临汝温泉乡, 洛阳龙门等地, 其出露温泉温度可达 60℃ 以上, 并且在利用方面也有多年历史。但是在综合开发利用和宣传方面远远落后于其他省市, 在文献资料和报道方面也很少。所以, 我们要在今后加大宣传力度, 并重视综合开发利用和科学管理工作, 使我们本土的绿色能源和资源带来效益。

## 2.2 地热资源开发利用发展方向与问题研究

### 2.2.1 信息技术在地热资源开发中的应用

信息技术的应用有效地提高了地热资源开发利用技术与管理水平。随着计算机技术的不断发展, 信息技术开始应用到地热工程领域, 其中监测内容包括井下温度, 下泵沉没深度, 井口水位、水压、流量等, 控制内容包括下泵沉没深度、水流量、地热水分户分配、系统参数等。信息中心可通过无线通信定时或连续地获得各地热井分站数据, 通过计算机进行数据处理、存储、显示, 还可实施报警, 发出指令, 由分站实施人工调控。

### 2.2.2 地热资源梯级开发循环利用技术

该项技术主要解决地热尾水排放温度高对环境造成热污染以及资源利用率问题。当地热水在温度较高时, 通过板式换热器换热, 供管网系统采暖, 再二次换热供地板辐射采暖系统, 回水再利用热泵技术提热或输热调峰, 根据需要拓宽生活洗浴、医疗保健、花卉种植、水产养殖, 使热能得到充分利用。

### 2.2.3 混合热源联动运行空调技术

该项技术主要是缓解能源压力, 解决环境污染。以城市中水、湖水、地热尾水等低品位的能源作为空调系统的热冷源, 根据水温在冬季比大气温度高、夏季比大气温度低的特点, 冬季利用热泵从水中提取热能进行采暖, 必要时由高温地热水辅助进行调峰。夏季利用热泵从水中提取冷能进行制冷。该项技术成功解决了天津城市改造工程中供暖资源不足的问题。

### 2.2.4 深部地层储能反季节循环利用技术

在夏季热能储存于深部地层热能库, 在冬季把冷能储存于深部地层冷能库。通过热泵空调系统, 在冬季把地热水抽出来供暖, 夏季把冷水抽出来制冷, 实现“夏灌冬用”供热, “冬灌夏用”制冷反季节循环, 解决了供热制冷, 节约了能源, 避免了污染。

### 2.2.5 注意非地热异常区的地热勘查与开发, 拓宽地热开发利用的范围

地热资源分布面广, 在深部有强渗透储层分布的条件下, 按地热增温率计算, 在一定深度内都有可能获得所期望的地热资源。随着勘探技术的进步, 目前钻 3 000~4 000 m 的地热深井已不是难题。这就使地热开发有了新的思路, 不局限于地热异常或埋藏较浅的热储, 在一些大型沉积盆地区和有经济基础的城镇, 开始了深部地热资源开发的探索, 有的已取得了成功。

### 2.2.6 推进规模化开发, 使地热资源的配置趋于合理

提高开发利用的整体经济效益, 这是与地热资源的特点、采灌结合开采方式的需要、经济规模化和大型化的发展形势分不开的。随着经济的发展, 大型企业的涌现和地热采灌结合方式的实施, 地热开发将会限制小型的只采不灌的单位, 而鼓励资源条件好、有



经济基础的、可以实行规模化开采并可实行采灌结合开发的单位或部门，这是地热开发过程中的必然趋势。

### 2.2.7 制定统一开发规划，实行统一开发

地热是开发以水为载体的资源。由于其流动特性，在同一热田或在分布广泛的同一热储层中开采地热水资源时，开采井之间的相互干扰不可避免，为合理开发、保护资源和地质环境，避免盲目开采，在查清可采地热资源的条件下，制定统一的开发规划，实行统一开发和管理。早期开发地热资源的北京、天津、福州等地都相继制定了地区的地热资源开发规划，并专门成立地热管理部门，从而使地热资源的开发合理、有序和科学。

### 2.2.8 注重环境污染问题

目前在地热开发中产生的环境污染有以下几点：一是热污染，地热开发过程中排放大量较高温度的尾水，造成周围空气或水体温度上升，影响了周围环境和生物的存活生长，破坏了生态平衡；二是有害成分随尾水排放后，会富集在土壤和水体中，既不利于农作物生长，也有损于人体健康；三是含盐量较高的地热水排入农田将侵蚀土地，破坏植被，造成严重的土壤板结和盐碱化；四是在地热水中，不同程度地含有氡、铀及钍等放射性元素，它们都有各自的半衰期，对人体健康有不同程度的危害。

以上这些问题的出现有技术层面上的原因，也存在着管理上的不到位问题，这就需要我们共同努力，对一些技术性的问题从理论上作深入的研究，从实践中进一步探索，取得突破性进展。同时，也需要政府出台相应的法规来规范开发行为，使地热资源开发利用走向良性发展道路。

## 3 地热资源开发与可持续发展

地热资源不同于传统的化石能源，具有资源储量丰富、分布面积广、清洁、对环境不产生污染、可再生、综合阶梯式利用的优点，适用于直接开发利用，非常有利于生态的良性循环和可持续发展。随着经济建设的迅速发展和人们生活水平的不断提高，城镇化步伐加快，建筑物用能，包括制冷空调、采暖、生活热水的能耗所占比例越来越大，特别是冬季采暖供热，由于大量使用燃煤、燃油锅炉，由此所造成的环境污染、温室效应、疾病等因素严重影响着人们的生活质量。因此，开发和利用地热资源，用于建筑物的制冷空调、采暖、供热有着十分广阔的市场，对我国调整能源结构、促进经济发展、实现城镇化战略、保证可持续发展等具有重要的意义。

地热井的综合造价不高，正常情况下一口地热井的综合造价和燃煤锅炉价格相当，比燃油气炉少得多，且具有占地面积小、操作简单、运行成本低、无环境污染等优点。表1是各种供暖方式的成本比较。

中国能源研究会地热专业委员会提出我国地热开发规划如下：

近中期(2001~2005年)：地热发电，15~25 MW，累计40~50 MW；地热采暖，700万~800万 m<sup>2</sup>，累计1400万~1500万 m<sup>2</sup>；

远期(2006~2010年)：地热发电，25~50 MW，累计65~100 MW；地热采暖，800万~1000万 m<sup>2</sup>，累计2200万~2500万 m<sup>2</sup>。