

# 探矿工程可持续发展的若干思考

刘广志

(国土资源部咨询研究中心,北京 100035)

**摘要:**在综合分析我国交通基础设施建设(包括公路、铁路、城市轨道交通)、天然气、海洋固体矿产以及国际冰川和冻土钻探方面的形势和进展情况的基础上,提出了我国探矿工程队伍如何抓住良机、实现可持续发展的建议。

**关键词:**探矿工程;交通基础设施建设;洁净高效能源;天然气;海洋钻探;冻土钻探

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**C **文章编号:**1672-7428(2007)05-0001-04

探矿工程(岩土钻探工程)涵盖着钻探(井)工程、掘进工程和探矿机械工程,她是新中国成立初期在党中央亲切关怀下创建的一个崭新的工程学科。几十年的实践证明,探矿工程作为探明矿产储量的重要方法,为国民经济建设是出了大力气、功勋卓越的。近年来,探矿工程又参与了铁道、公路、水利、电站、环保、地质灾害防治等基础工程与大型隧道工程建设。

全国探矿工程队伍约有 40 万人,改革开放以来,大约分流了 20 多万人进入市场经济领域,从事基础工程施工、环境治理、地质灾害防治、道桥工程建设等工作,但探矿工程的主业,即以固体矿产资源勘探为中心的地质勘探工作,因为多种因素却陷入低迷状态,这是令人关注的。这支队伍是在老一辈的无产阶级革命家毛泽东、周恩来、邓小平、陈云、李富春、何长工等的英明决策和老一辈卓越地质学家李四光、谢家荣、尹赞勋、田奇隽等先生的精心培育下,才得以诞生、成长、壮大起来的,是一支能吃大苦、耐大劳,应变能力强,能打硬仗的好队伍,如何在深化体制改革的前提下,制定出可持续发展战略(规划、方案),是一件重大决策,不能放任自流、任其衰败。

## 1 从“上天、入地、下海、登极”说起

原国家科委为推动“九五”科学技术的发展,提出了“上天、入地、下海、登极”的八字方针,为我国在 20 世纪末、21 世纪初这个关键时刻的科学技术发展指明了方向。

方针明确了,路线指明了,下一步怎么办?干什么?就是广大科技工作者的责任了。

作为探矿工程技术人员,面对发展“九五”科学技术的八字方针,既要深受启发和鼓舞,也应深感责任重大。因为“上天、入地、下海、登极”四大领域都要动用探矿工程来获取外星球、地球深处、海底洋底、冰川冻层冻土带的固体、液态、气态的岩心、岩屑、冰心、冰晶等各类样品,从中提取出各种地质、生物、生态信息等。

探矿工程在这种大好形势下求得可持续发展,无疑是行业不断兴旺发达的唯一途径,可持续发展必须同国家发展形势密切结合。

## 2 大规模交通基础设施建设将为探矿工程提供遍及全国的良好机遇

### 2.1 交通基础设施建设投入概况

中国老百姓有一句名言:“要致富先修路”。

近年来,国家对交通基础设施建设进行了空前大投入,以改善公路、铁路、地铁等基础设施的客货运输能力,同时也拉动了长期处于低迷状态的钢铁、机械、化工等大型工业、企业,有力地促进了国民经济的良性循环。

#### 2.1.1 公路

根据交通部规划,到 2010 年,公路总里程要达到 210 万~230 万 km,全面建成“五纵七横”国道主干线,目前人口在 20 万以上的城市高速公路连接率将达到 90%,高速公路总里程达到 5 万 km。

#### 2.1.2 铁路

按照铁道部的《中长期铁路网规划》,从 2005 年到 2020 年,铁道部将投入 2 万亿元资金进行铁路建设,平均每年投资在 1000 亿元以上。从 2004 年起,铁路固定资产投资开始增加,按照中长期规划,

收稿日期:2007-02-07

作者简介:刘广志(1923-),男(汉族),广东番禺人,中国工程院院士,国土资源部咨询研究中心咨询委员,《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志顾问。

从2006年开始到2010年,估计每年都有1600亿元左右的铁路固定资产投资。

### 2.1.3 城市轨道交通(包括地铁、轻轨、市郊铁路、有轨电车以及悬浮列车等)

中国城市轨道交通发展迅速。到2005年底,全国已开通城市轨道交通的城市有北京、上海、天津、广州、长春、大连、重庆、武汉、深圳、南京等10个城市20条线,运营线路总长444 km。其中,北京、上海、广州3城市近几年每年新增的线路长度都达到了30~50 km。

## 2.2 抓住机遇

交通基础设施建设规模如此巨大,是建国以来罕见的,其特点是投资巨大,工程品种繁多,施工地点遍及全国,给钻探、掘进、探矿机械提供了十分广阔的机遇。我们要抓住这个难得的机遇。

(1)我们的队伍遍布全国,有长期在野外工作的经验,各地队伍可以就近参与或支援交通建设。

(2)交通建设动用钻探、掘进工程的地方很多,过去十几年的实践证明,我们的队伍在人才、技术、科研、设备上是有足够优势的。例如:在北京地铁西单站的浅埋暗挖的设备和技術,北京西客站配套的鹰山特大型隧道(断面 $223.5\text{ m}^2$ ,堪称亚洲第一),上海地铁隧道的内部整修安装各种电缆和管道中,都是我们的队伍承担施工的。

(3)我们有大型机械制造工厂,能制造各种工程机械,可节约大量外汇。

(4)我们有雄厚的科研院所,能进行各有关的工程科研与开发工作,以攻关一线出现的新技术问题。

(5)我们的咨询机构可以承担工程的评估、咨询任务。

(6)我们能够承担公路、铁路沿线的岩土钻掘和基础处理工程。

总之,交通工程给我们提供了大量的施展探矿工程队伍潜能的机遇,我们的队伍应该主动努力去争取,去参与,以进入交通工程这个广阔而持续发展的领域。

## 3 迎接21世纪使用洁净高效能源天然气的新时代

我国煤炭资源十分丰富,煤炭年产量连续13年居世界首位,但由于种种原因,洁净煤的工程技术滞后,以致当前我国能源消耗仍然以煤炭为主,占能源消费的75%,石油仅占19%,而天然气消费只占2%。这种不合理的能源结构低于世界能源的平均

水平,造成了大气与环境的严重污染。据联合国报告,中国采煤每年向大气中排放的甲烷量达100~194亿 $\text{m}^3$ ,约占世界总排放量的1/3。甲烷的温室效应是 $\text{CO}_2$ 的20倍,对臭氧的破坏是 $\text{CO}_2$ 的7倍,不仅污染我国和周边国家大气,对世界范围的气温升高也有很大影响。因此,我国已到了非采用高效洁净能源不可的时候了。

专家们预言:21世纪将是中国逐渐使用天然气的新时代。这里天然气指的是油气田产的天然气和煤层气。

### 3.1 我国发展使用天然气资源的有利条件

(1)油气田天然气勘探成果获重大突破。

(2)周边产气大国邻近我国。世界已探明天然气资源的75%在亚洲,如西西伯利亚、中亚、东北亚都发现了大气田。

(3)邻近我国的能源缺乏的国家,如韩国、日本,想借助我国与周边国家的合作,解决他们的部分需求。

(4)中国煤层气资源丰富,居世界第三。2006年,中国已经将煤层气开发列入了“十一五”能源发展规划,煤层气产业化发展迎来了利好的发展契机。

### 3.2 发展天然气工业的一些主要原则

(1)立足国内,在资源全球化的背景下,参与国际合作,进口一部分;

(2)发展“上下游”一体化天然气建设工程;

(3)预期2010年能源结构中天然气的比例达8%,2020年超过10%。

#### 3.2.1 国内自建的天然气输气管道工程

(1)陕北—北京输气管道,862 km,已铺通,年供气能力30亿 $\text{m}^3$ ;华北油田日供气30万 $\text{m}^3$ ;

(2)吐鲁番、哈密—乌鲁木齐输气管道,已铺通;

(3)陕北—西安输气管道,已铺通;

(4)川东—武汉输气管道;

(5)琼东—湛江—深圳—广州输气管道;

(6)东海平湖1井—上海浦东海底管道,全长386 km;

(7)新疆准噶尔彩南油田—克拉玛依管道,已铺通,是我国第一条跨越沙漠的输气管道,全长290 km,其中贯穿沙漠180 km,日输气180万 $\text{m}^3$ 。

#### 3.2.2 国际合作长距离输气管道铺设方案

初步计划为4条,其中2000~2010年铺设3条,2010~2020年铺设1条。

(1)库页岛—哈尔滨—长春—沈阳输气管道,

全长 2404 km,境内 1492 km;

(2) 伊尔库茨克—日照—上海输气管道,全长 3364 km,境内 1320 km,年输气 200 亿  $m^3$ ;

(3) 西西伯利亚—武汉—上海输气管道,全长 5390 km,境内 4220 km,年输气 200 亿  $m^3$ ,输新疆和青海 100 亿  $m^3$ ,合计 300 亿  $m^3$ ;

(4) 哈萨克斯坦的阿克纠宾斯克—克拉玛依—上海的输气管道。

### 3.3 发展非开挖铺管技术

不言而喻,我国大规模采用高效洁净天然气,大量铺设长距离输气管道,无疑对改善环境,发展工业生产,以及为“下游”工程非开挖技术的大规模应用开辟了广阔光明的前景。

上述管道我们可以称之为 1 级管道,一般由大型专业施工部门铺设;进入城市的 2 级管道,直径最大不过 1 m 左右,细的 0.1 ~ 0.8 m,则可以用水平顶管机、气动夯管锤铺设;3 级管道又称分配管线,是入院和“登堂入室”的。我们可以预计,2 级和 3 级管道、管线施工用水平导向钻孔(HDD)是大有可为的。我们应做好以下几方面的工作:

(1) 应该积极研制大功率、多功能、大拖力的水平制导钻机和深度无线探测仪(探测深度至少 20 m);

(2) 积极研制微型(直径 0.5 ~ 1.0 m)全断面掘进机(Microtunnel TBM),为铺设过江过河管道做好准备;

(3) 中国非开挖技术协会(CSTT)已成立,并已签字参加了国际非开挖技术协会(ISTT),应积极组织我国的工程施工公司参加 ISTT;

(4) 考虑重点引进急需的非开挖钻探设备和仪器,以及大型气动夯管锤等关键设备;

(5) 加速培养非开挖铺管工程的工程师和工人;

(6) 如有可能,可考虑寻求与外商合作;

(7) 积极开展宣传活动,向有关政府部门、市政部门、设计部门大力宣传非开挖技术铺管工程的保护环境、保护生态、不阻塞交通、施工速度快等优点,以求得他们的支持和有利于迅速推广,这是一件非常重要的举措。

## 4 21 世纪是开发海洋固体矿产的新时代

随着陆地矿产资源消耗日益增多,储量日益减少,科学家们预言,海洋将成为人类深入广泛开发的一个新领域。海洋覆盖了地球表面的 70% ~ 71%,

是全球人类与生物的支持系统的基本组成部分之一,是各种固体、油气、生物资源的宝库,又是地球和大气环境的巨能调节器。中国拥有海岸线 18000 多千米,海域面积 300 万  $km^2$ ,海岛达 5000 多个,岛岸线约 14000 多千米。1994 年 11 月《联合国海洋法公约》正式生效后,中国以“先驱投资者”资格被联合国批准列印、俄、法、日之后,居第 5 位。在北太平洋上西经  $138^\circ \sim 158^\circ$ ,北纬  $7^\circ \sim 15^\circ$  区域内拥有一块 15 万  $km^2$  的多金属结核矿区,由我国进行勘探开发。按《公约》规定,于 1999 年要交回一半作为联合国的保留区,余下的 7.5 万  $km^2$  的高丰度矿物区则由我国作为专属开发区,面积大约相当于渤海那么大,据估计在这块矿区内,锰结核的资源量约 9.7 亿 t,属富矿区,预计开采期为 20 年,可综合回收锰、铜、镍、钴 4 种金属,大约 11 年以后就可以收回成本,矿区水深 5000 ~ 6000 m。

我国非常重视海洋开发,倾注了大量人力、物力、财力,收效巨大。以海上油气为例,从自营勘探开发到对外合作,1997 年底已找到含油构造 100 多个,获石油地质储量 17 亿 t,天然气约 35 万亿  $m^3$ ,已有 20 个油气田投入开发,1997 年我国海洋石油产量已超过 1629 万 t,天然气达 40 亿  $m^3$ 。

### 4.1 深海多金属结核勘探开发的进展情况

(1) 我国政府成立了协调管理国际海底矿产勘探开发的专门机构,并把大洋矿产勘探开发列为国家长远发展项目给予专项投资。国土资源部科研、探矿、海洋地质调查力量雄厚,理应参与这项具有历史意义的深海采矿工作。

(2) 大规模勘探已经开展,原地矿部广州海洋地质局的海洋 4 号科学考察船于 1997 年 11 月 12 日胜利完成 DY957 航次,勘察了东区多金属结核,力争探明部分储量,并圈出 1999 年先期交还联合国的 20% 地区,采集了 3489.7 kg 的多金属结核样品。

(3) 列入“863”计划的 6000 m 水下无缆自控机器人已多次深入海底作矿产、地形、地貌的探索,其效果震惊世界。

(4) 1997 年 12 月结束的中国大洋矿产资源开发工作会议认为:通过“八五”计划期间广大科技人员的努力,我国已具备了开发研究深海海底的基础和能力。

### 4.2 发挥优势,加强研究

国土资源部在科研、技术、装备制造、人才等方面都具优势,理应为国家勘探深海固体矿产资源做出贡献。

(1)广州海洋地质调查局拥有奋斗4号、奋斗5号、海洋4号、探宝号等科学考察船4艘,正在建造新型的天然气水合物综合调查船,物探、取样设备、定位仪器齐全,并已有多年深海考察经验。

(2)根据已有信息资料,有2种深海采集矿石方法可以按已有钻探工艺和坑道铲运机原理进行研制,即:①深海气举反循环采矿法海面船只收集矿物结核,证明此法经济、效率高;②海底遥控自寻轨迹式铲动机;③多种多样的深海抓斗与拖拉式耙矿机。

## 5 南极洲、冰川、冻土钻探方兴未艾

据有关资料记载,南极洲冰盖的冰心钻探始于20世纪30年代,先是美国、日本,后来智利、澳大利亚和前苏联等国家都从事了这项研究工作。研究南极冰盖、冰川和其它类型的冰川,对一系列极地科学,如地理学、冰川学、古气候学、地质学、地球物理学、地球化学、微生物学,以及南极冰层下的矿产资源、水资源、生物资源等,都具有重要意义。

南极科学研究是在长期综合计划即《国际南极冰川计划》、《极地试验计划》、《全球大气作用研究计划》等范围内进行。南极集中了近3000万 $m^3$ 的冰,其大陆中心部分厚度超过4.5 km,引起了各国的特殊兴趣。对南极进行有计划的综合研究已经30多年,参加此项研究的有前苏联、美国、日本、法国、新西兰、阿根廷、巴西、智利、前民主德国、波兰、印度等国。

全部取心钻探是研究极地部分冰川层结构、构造、物质成分和变化的最重要和最有效的方法。利用这种方法可以对深部的冰进行晶体形态研究,对孔内进行地球物理观测,研究氧、碳及各种包体如地尘、宇宙尘、火山灰、细菌、植物孢子等同位素含量。在冰川和冰川下面的岩石进行矿床地质勘探有着重大的意义。

南极环境特殊,路途非常遥远,没有道路,气候恶劣,影响研究工作的开展,并对钻探设备、钻探工艺、钻探工作的组织和钻探人员提出特殊的要求。多年来世界上只有2个钻孔的深度略超过2000 m:美国贝尔德站打的一个钻孔,2146 m;前苏联东方站打的一个钻孔,2202 m。事实说明冰中钻探是非常困难的。

进入20世纪80年代,全球出现厄尔尼诺现象,危害范围越来越广,一个研究全球性气候变化的热潮在全世界兴起。以我国为例,先后实施过黄土高

原季候风计划,青藏高原一带冰川、冻土层的一系列取心(取样)计划,最高取冰心海拔高度达7000 m,堪称世界之最。南极的中国长城站已在广泛领域开展了冰心、冰雪取样工作,但钻探设备、工具、技术都很落后,急待解决。

特别值得一提的是,国际上自1990年开始执行了一项宏伟的格陵兰国际冰心钻探研究计划(GRIP),由法、德、英、比、意、冰岛、丹麦和瑞士等国的40多位科学家共同参加,欧洲科学基金会提供了800万美元的经费。钻探的目的是要钻透过去20万年所积压起来的雪形成的厚冰层,寻找能揭示过去20万年期间气候变化的密封气泡和埋没的各种冰晶体,据此考证北半球气候变化。1992年7月12日,钻孔深度在3029 m钻探了冰层达到岩盘。这是全世界最深的一口冰盖取心的科学钻孔。

对冰心自上而下的分析研究,找到了前苏联切尔诺贝利核电站1989年爆炸飘散出来的核微尘、1952年美国第一次氢弹爆炸形成的粒子尘、1815年印度尼西亚坦博拉火山大爆炸的火山灰等。冰心中竟然还发现了公元79年意大利维苏威火山喷发时产生的酸雨的痕迹并分析出了它的成分(那次爆发曾毁灭了庞培城)。科学家们曾形象地说:这3000多米冰心简直是大自然赐予人类的一整套20万年来的气候变化的“录音带”,足以建立20万年的一套气候模型。这一套冰心里还发现了大量的孢子花粉、微体生物、珊瑚化石等。

前苏联和现俄罗斯在南极考察、冰层钻探方面积累了丰富、宝贵的先进经验,值得我们学习。列宁格勒矿业学院在冰层钻探方面的科学研究工作是1967年开始的,后来研制出了热力钻用钻具和电缆电力机械钻具。然而,由于一系列组织方面的原因致使冰层钻探机械钻进方法的研究中断了,直到1982年此项工作才得以恢复。此外,在列宁格勒矿业学院和“北方海洋地质”生产联合体签订的合同范围内,1981~1987年对大陆架冰川取心机械钻探技术和钻进工艺进行研究,目的在于采取底部岩层的样品。

总之,南极、高寒冰川、冻土带钻探在我国方兴未艾,逐渐扩大应用,应引起我国钻探界的密切重视。我们有关科研院所应该协助诸如中国科学院冰川冰土研究所等单位研制这类轻便、自行式、耐低温的专用钻探设备,各类冰心、冰晶、冰样取心、取样器具等。