

煤炭资源勘探技术框架重构

冯 宏

(煤炭科学研究总院西安研究院, 西安 710054)

[摘要]在我国第一能源-煤炭资源持续紧缺的形势下,50%的深部资源开发正面临许多新的地质勘探问题。矿井物探技术进步有力的推动着资源开发勘探方法的改变,在井下巷道中对下组资源的纵深向勘探和水平向勘探技术的成熟,促使技术框架重构。在一井一面高强度开采的煤矿生产组织新模式下,采空区下深部资源勘探、安全地质条件评价和治理、基于“3S”的递推地质管理技术等是老矿区深部资源勘探急需的支撑技术,矿井与地面结合必然是煤炭资源勘探技术发展的方向。

[关键词]资源勘探 技术框架 矿井地球物理探测

[中图分类号]P621 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2009)06-0756-05

Feng Hong. Restructuring prospecting technology frame for deeper-coal resources[J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45(6): 756-760.

1 资源开发勘探规范方法面临的冲击

目前煤炭资源精查勘查的规范方法是在地面采用钻探、测井、地震、辅助电法勘探,查清勘探区内资源性态及主要构造地质条件、水文地质、瓦斯地质等开采条件。1995年以来,对井田首采区还必须采用三维地震勘探和瞬变电磁探测,掌握3m到7m以上的构造变化和15m以上的陷落柱等孤立地质体,以及隔含水地层条件和构造导水性。这一资源勘探体系(见图1所示)形成在于上世纪末煤田三维地震和瞬变电磁等地球物理勘探新技术进步的推动,成为钻探定点、物探连体的煤田资源勘探的新技术框架。它改变了传统的资源勘探唯一的依靠岩心钻探的技术框架(见图2所示)。虽然岩心钻探结果直观,但是它对储层仅有一点只见,且在250m×250m网度提高的钻探信息基础上,通过地层对比、趋势分析等人为估计方法推测出的最终地质成果,其精度难以满足建井设计对地质信息的基本要求。地面地球物理勘探技术的成熟大幅度提高了资源开发的勘探精度,资源勘探技术框架产生了跨越式变化,改变了上世纪五十年以来延用的钻孔取芯定储量、边界断层中间定井位,采区中间直尺布大巷、几何图形切

工作面的传统资源开发程式,更加合理的指导了开发设计。

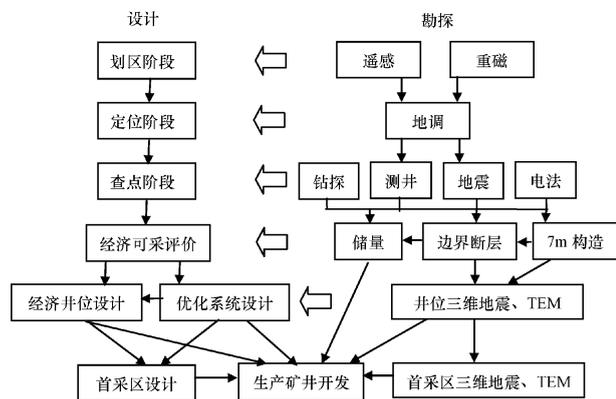


图1 1995-今天现行煤炭资源勘探技术框架

Fig. 1 Present exploration-technology framework of coal resources from 1995 till today

但是,随着近二十年矿区周边高速公路、铁路、厂矿、人居等基础设施建设和矿区城市化发展,地面钻探和地震勘探等施工难以开展,占煤炭产量50%的大批老矿区的深部资源勘探难以实施。虽然采用现代定向钻进技术和地震勘探的变观技术,一方面影响探测精度,另一方面浅层采空区严重屏蔽深部

[收稿日期]2009-07-13; [修订日期]2009-11-02; [责任编辑]孙 赫。

[基金项目]国家“十一五”科技支撑技术项目“危机矿山接替资源勘查技术与示范研究”(2006BAB01B11)的资助。

[第一作者简介]冯 宏(1961年—),男,1982年毕业于哈尔滨船舶工程学院,获学士学位,2004年毕业于西安交通大学,获硕士学位。研究员,主要从事矿井地球物理勘探技术的研究与开发。

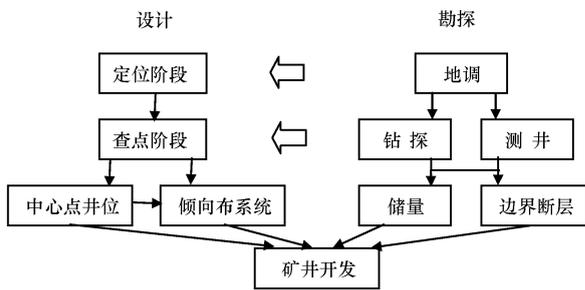


图2 1950-1995煤炭资源勘探技术框架

Fig. 2 Exploration-technology framework of coal resources from 1950 to 1995

勘探信息的提取,成为深部地质信息的屏蔽壳。

在采空区进行勘探作业,打钻会漏浆、掉钻,测井难以实施,大面松散采空区对地震勘探的反射波吸收强烈,煤柱影响下部地层的深度对比和构造判定,采空区水成为电法勘探的电屏蔽层,等等。现有地面勘探技术都是基于均匀层状介质的地球物理条件和整体完整可切削、成孔的钻探地质条件,采空区破坏了这两个基本条件,成为深部资源勘探理论上不可逾越的屏障,深部资源勘探成为目前我国资源勘探的技术难题。

2 推动资源开发勘探技术进步的的动力

自上世纪九十年代开始发展的矿井物探技术为深部资源勘探带来希望。在本煤层超前探测技术的能力和精度尚达不到矿井采区设计要求的今天,由上层开采巷道进行下覆地层的勘探应该是良好的技术途径。它具有距离探测目标距离近,围岩完整则钻探容易,围岩均质则地球物理探测信息信噪比高,上下地层对比性好等显见优点。应该说占我国煤炭产量50%老矿区的深部资源勘探技术框架的支撑应该是矿井地球物理勘探新技术。

总结近十五年地面资源勘探的经验,地球物理探测技术以三维空间、大信息量、低成本、高效率、多参数、高精度等优势,已成为资源开发勘探的先导和高精度的保证。矿井资源勘探同样需要基于钻探技术和测井、地震、电法等物探成果,以提供从点到线、到面的地址信息。这就是说,参照地面探测技术,需要解决煤矿高瓦斯易爆环境及 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 的狭窄巷道空间内如何实施钻探和地震勘探成为技术关键难题。其中设备的防爆改造和小尺寸改造,以及巷道条件下的观测方法是首先要解决的技术问题。其次巷道高速地层条件下地震勘探的数据处理方法和观

测仪器设计,高电磁干扰环境中的电法勘探,以及井下全空间的地球物理条件,等等技术问题给我们带来新的课题。因此,矿井物探技术的发展直接推动老矿区深部资源勘探技术新体系的建立,推动煤炭资源勘探框架的重构。

同时,煤炭是我国的第一能源,在一次消费结构中占70%。但是我国又是人均煤炭资源短缺国,严峻的能源持续供给危机需要我国尽可能开发老矿区,充分开发已开采矿区的资源,这就需要对地质条件的详尽了解,才能科学的确定资源回采率和可采储量。这与煤炭生产单位的利益和目的一致,保证矿井开采年限的合理延长,对稳定煤矿收益和职工队伍对社会稳定的贡献与提供资源的贡献不相上下。因此,这种社会、企业双赢的技术进步应该是鼓励支持的发展方向。

3 推动资源开发勘探技术框架重构的认识和关键技术进步

从深部资源开发的实践角度看,资源勘探技术急需解决两个认识问题:

3.1 建立逐层递进的高精度深部资源勘探思想和方法

随着资源开发进程,比照开采揭露地质资料,不断细化处理和解释三维的物探数据和单线的钻探数据,综合物探、钻探、化探、监测、测量、巷探等不同时点取得的多源地质信息,从而对深部煤层缺失、瓦斯聚集、顶底板含水分布及导隔水条件等开采地质要素作高精度定位探查。同时,基于“3S”数字技术,建立矿井三维、多源信息动态处理分析的管理地质信息技术。图3是拟建煤炭资源勘探技术框架图。进而,可以利用这些信息更可靠的预测灾害发生的可能和危害程度,评价防治措施的效果,为资源回收率提高和矿井建设安全等级的科学确定提供准确地质依据。

3.2 弱化钻探决定一切的综合探测思路

物探技术与钻探技术的差异关键在于非接触性,这一点是物探技术的优势,也是劣势。优势在于保持地质体原位状态下的构造认识,且成本低、效率高、连续趋势反映的立体性强;劣势在于没看见,不直观。在物探技术应用探索的实践中,传统眼见为实的思想意识严酷的检验着它的成果,“打钻验证”总被当作对物探成果的终结检验。

实际上物探技术也是物质一种直接的物性反应,和眼见为实依赖的光学、拓扑学反应一样,人们在追求眼见为实的同时,实际上只看到不完整的结

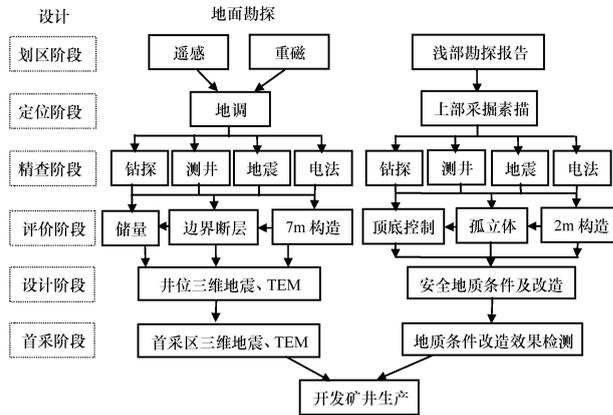


图3 拟建煤炭资源勘探技术框架

Fig. 3 Suggested framework of exploration-technology of coal resources

果,忽视了物性本身的含义,忽视了对物性的规律性认识和对物探资料深入处理、分析的余地。当然,这种相对于钻探技术把物探技术看成为黑箱是有其道理的,根源在于物探对地质构造反应的间接性和相对性。如地震等弹性波类探测方法是从相对波阻抗角度反映目标地质体的差异,电磁法类探测方法是基于相对电阻率差异认识,不同地质体往往有相似的物性反应,用物性差异间接的解释地质构造和含瓦斯、富水是有解性的,体积效应也是影响探测结果的重要因素。另外对特定地质问题合理选择技术方法及组合、设计观测系统、选择处理参数、合理地质解释等都是探测结果准确性的重要因素。

这种从技术原理到作业过程的不可见性被认为是人为作用,甚至认为物探是计算机技术的魔术黑箱,影响着物探成果的可信度。从技术层面讲,为保持物探成果的客观性主要注意几个方面。一是充分结合实际资料选择处理参数和作地质解释,尽可能使物性认识从相对性趋于绝对性;二是采用多方法结合互补解释和多观测点交汇,减少多解性;三是防止人为因素对结果的影响,客观认识物探不是计算机技术,更不是计算机技术的魔术,物探离不开计算机等高科技,但高科技仅仅是手段。

从认识层面看,通过近十多年的发展,物探技术在钻探的检验下逐步成熟起来,探测准确性达到70%~80%,逐步从所见即所有到所见即所得,及钻探见到的确实存在,物探反应的肯定存在,从物探的可能结果由钻探验证到物探的确信结果指导钻探,为钻探定位。物探技术黑箱被接受,技术从无奈的认可和合理的信任中走向成熟,多阶段、多方法组

合,初步形成了开采地质安全保障系统。其原位、三维、多物性反映、非接触、快速高效、低成本等突出优势在资源开发勘探中发挥着不可替代的作用。

在物探技术被逐渐承认的同时,物探技术也有力的推动了资源开发勘探方法的进步,促使形成了数字化、一体化、三维虚拟化、动态化等资源开发勘探方法新意识。及地质资料从收集、处理、分析,到再现和交换都实现数字化、网络化;多技术交叉一次探测、综合解释,一体化解决安全生产多方面地质问题;实际收集的数据和数值模拟结构等地质数据成果都要求以三维虚拟化形式展现,提高不同专业人员交流效率;在开发过程中不局限于综合分析以前的地质探测图件和数据资料,要求结合现场揭露实况进一步处理以前的数据,用计算机综合分析,按决策需要任意剖分、切片,动态的提供高精度的数据支持。

从深部资源探测的技术要求角度看,需要实现突破的关键技术有:

(1) 为防爆技术要求的小功率、防火花设计。高瓦斯环境的防爆问题是井下设备开发的首要问题。传统地面勘探方法和设备难以直接在井下使用。如电测井和电阻率测量方法,其供电方式和能量较大,无法符合矿井防爆技术要求,需要从测量原理和设备结构上重新研究和设计。传统的测井数据传输结构在井下小钻孔无法实施,绞车无法使用,需要重新设计。井下地震勘探的震源放炮也是难以实施是的作业,操作规程有许多特殊要求,需要重新设计。仪器结构、电路、元件和制作材料更要按防爆要求设计,防水、防震等要求远高于地面勘探。

(2) 小结构、小断面观测系统设计。在矿井2m×2m小断面条件下,在崎岖不平的巷道实施多次覆盖的滚动地震观测,技术难度大,需要按探测目标和考虑全空间问题,重新设计和试验,以最大可能的突出目标地质信息。高速地层条件下,弹性波的叠加、滤波等基本处理不能简单使用,需要从传感器、仪器到处理参数等方面重新研究。电法勘探受到巷道积水和大型金属设备的影响,以及全空间观测的要求限制,探测方法和设备要深入研究。

通过初步研究,已经形成了一个初步的井下深部资源探测的设备和技术的配套体系,可以对比地面勘探,提供基本的必要探测信息。探测精度已经高于地面探测水平,因此具有构成井下深部探测技术体系的基本条件。

4 促使资源开发勘探技术进步的条件

促使资源开发勘探技术框架重构的动力主要在于两个方面,一是矿井地球物理探测技术的成熟,一是政府资源管理对矿井实际探测成果的承认。

深部资源勘探目前我国煤矿生产的共性问题,是制约中大型国有煤矿资源勘探及伴生资源勘探的重大技术因素,需要尽快解决。但是目前尚缺少井下资源勘探的成熟技术方法和配套设备,以及缺少资源管理部门和资源开采企业的共识。

从资源管理的角度看,资源管理部门要求确定其探测结果稳定性得到同行共识,国家及行业资源管理部门积极给予规范性确认,开采企业采用这套技术需要资源管理部门的认可。因此,在技术开发的同时就应得到资源管理部门的重视,关注该领域技术进步,组织工业性试验,将成熟的技术方法及时

纳入资源管理规范中。

从成套技术装备的角度看,现在已形成对应地面勘探的基本技术装备(见表1),可以在任何类型的矿井,进行井下钻探、取芯,进行自然伽玛、选择伽玛、自然电位、声波等参数测井,以及井斜的测量。可以进行井下二维地震、电法勘探。还有许多关键的技术问题需要深入研究,如在测井参数方面还不完善,需要进一步开发;全空间地球物理解释和处理条件需要深入研究。矿井地球物理探测的能力、精度和效益的提高,需要借助物理、数学、电子技术等领域的技术支持,需要地球物理探测技术从半空间向全空间转换,研发需要一定的基础研究和工业性实践,好在电子技术的飞速发展,为该信息技术发展起到极大的推动作用,促使矿井地球物理探测新技术、新方法、新设备的发展,促进技术改进和成熟,不断提高技术水平。

表1 支持构成深部资源技术新体系的矿井物探技术一览表

Table 1 List of geophysical technology in mine for new system of deep resources

分类	名称	物性参数	解决问题	能力及精度
测井技术	轨迹测量	方位角、倾角	定向轨迹	1000m 钻孔,误差<1.5
	井中电视	三维图像	地层节理及分层	深度 100m
井下地震	测井	接地电阻、伽马、自然伽玛、声波	孔中层界面及岩性	500m 深范围,分层精度 0.1-0.3m
	二维地震	弹性波阻抗	构造、煤厚、隔水	200m 范围 2m 不连续体
井下电法	瑞雷波	瑞雷弹性波阻抗	地层分界及深度	80m 深的岩性分层面
	直流电法	地电阻率	顶底板富水分布	顶底板 50m 范围内含水
	地质雷达	高频电磁波阻抗	地层界面	超前 30-50m

但是,现开发的成套装备已经可以满足基本井下资源勘探的需要,初步解决深部资源勘探的装备技术问题,探测能力和精度超过地面探测技术,因此,达到进一步扩大工业性试验和考虑纳入资源管理规范的条件,需要政府加速该领域的管理工作配合。

5 结论

通过今年的努力,已经构建了基本技术基础。其一,在我国资源勘探体系中,探索在地面勘探体系之外讨论了矿井资源勘探技术体系,初步形成了成套技术方法,开发了基本的适用设备,进行了实际探测示范。其二,初步形成了全空间的地球物理等效

半空间方法,形成了相应的观测、处理和解释方法,推动了地球物理探测技术的进步。其三,探索出了老矿区深部资源勘探可行的成套技术方法,精度达到 2m 的断层、5~7m 的地质孤立体和导含水层定量认识。

通过探测实践体会到,这种资源勘探技术与矿井灾害地质的治理结合紧密,直接支持提高采区资源安全回采率。井下与地面结合、纵深勘探与水平勘探结合,这种深部资源勘探技术新体系获得的勘探成果缩短了资源勘探与安全高效开采的距离,又有利于国家第一能源的持续供给和企业的稳定发展,因此政府、企业与我们会合理促使我国资源勘探技术框架的重构。

Restructuring Prospecting Technology Frame for Deeper-Coal Resources

FENG Hong

(*Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an 710054*)

Abstract: Under the circumstances that coal as the No. one energy of our country is continually scarce, the development of half the deeper resources is facing a lot of new geological prospecting problems, The progress of mine-physical prospecting can well promote the development of resources exploration method, and impel the technological frame to construct again. Under the model of one well upon one side of high-intensity coal production organization, the mined-out area under the deep resource exploration, safety assessment and management of geological .

Key words: resource exploration, technologic framework, mine-geophysical exploration