

未来金属矿业的发展主题

中南大学 古德生

2011年6月

前言

在人类发展的长河中，矿业始终贯穿于整个历史的发展过程——现代文明源于矿业；

没有金属矿业的发展，就没有国家的工业化和国防的现代化——矿业立于基础地位；

我国金属矿业资源紧缺，采矿机械化和工艺技术水平相对落后——发展矿业任重道远；

要实现传统矿业现代化，必须紧紧把握未来矿业的发展主题——绿色开发、深部开采、智能（化）采矿。

一、金属矿业支撑着国家经济的可持续发展

1. 我国的人均资源消耗强度不断攀高

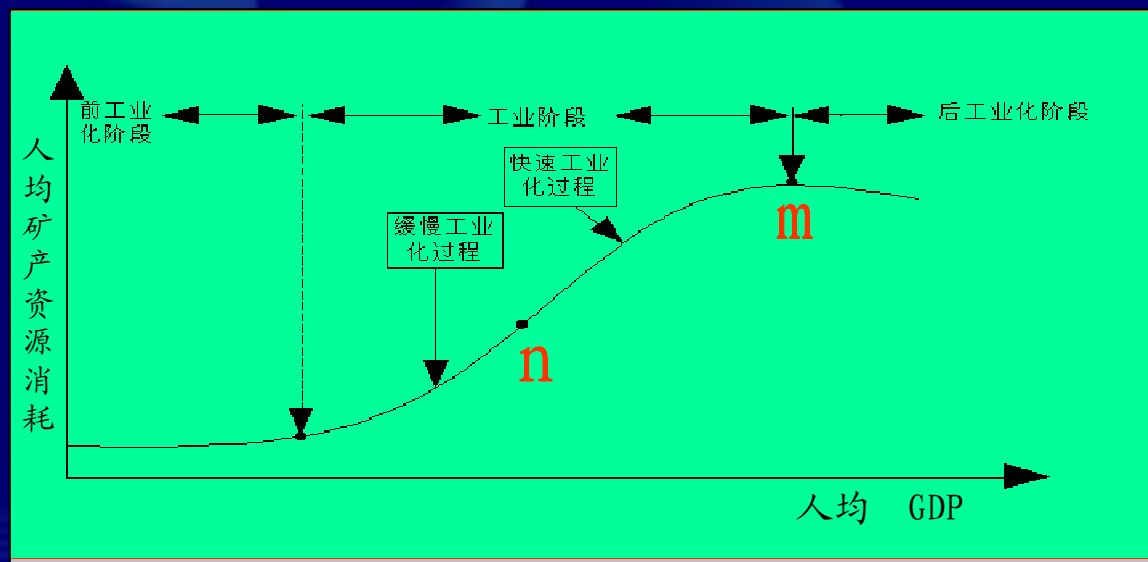
随着我国经济快速发展，近十年来，金属产量大幅增长(见下表)。

年度	1990	1995	2000	2002	2005	2008	2010
人均GDP,美元	200	581	820	1090	1703	3266	4361
钢产量,万吨	6535	9636	12850	22234	34936	54000	63000
十种有色金属产量,万吨	239	496	783	1260	1635	2520	1800

从1990-2010年，人均GDP增长20.8倍，同期钢增长8.4倍，十种有色金属增长7.5倍。可以说，没有金属产量的同步增长，就没有国民经济的可持续发展。 2

据研究，在国家工业化过程中，随着人均GDP的增长，人均资源消耗量将呈“S”形曲线变化（如下图）。我国正处于工业化中期阶段，是人均资源消耗强度增长最快的时期。

今后15-25年，我国人均资源的消耗强度将接近或达到高峰时期。



当前，我国金属消费量还远远低于发达国家，以Cu、Pb、Zn、Al、Ni、Mo六种金属的人均消费量来看，美国的是我国的5.9—32.4倍。

预计我国粗钢、铝、铜等主要金属消耗量，将分别于2015年、2020年和2025年才能达到高峰期，见下表。

金属	单位	2009 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年	高峰期 年
粗钢	亿吨	6.5	6-7	6.6	5.6		2015
铝	万吨	1439		2000		1600	2020
铜	万吨	753		800	900	900	2025

2. 我国金属矿资源短缺形势严峻

我国金属矿产资探明储量有54种，占世界总量的12%，但是，我国的人口占世界1/4，人均资源量只有世界人均水平的1/3（其中Fe 42.4%，Cu 23.3%，Al 7.3%）。

大宗消费矿种，如Fe、Cu、Al、Ni、K、P等的对外依存度均在50%以上，有的甚至高达70-80%。

世界上没有一个国家的矿产资源能够自给自足的，所以，发达国家长期来实施全球矿产资源战略。世界有4300多家矿业公司（不包括煤和石油）其中加拿大占全球37%，美国占17%，澳大利亚占9.5%）。

我国也不能例外，要实施全球资源战略*，方针是：“积极开展资源外交”，“互利共赢，共同发展”。 5

3. 我国是金属矿山的基本状况

我国金属矿山有9000多座，大体可分为三类：

第一类：少数的现代化矿山。代表着国家矿业发展水平，其生产工艺、装备水平、资源回收和综合利用程度、矿山数字化信息系统建设，基本接近或达到矿业发达国家的水平。

第二类：相当数量的中等技术水平的中型矿山。机械化水平为1960-1970年代的水平，资源回收率和综合利用率程度不一，生态环境问题突出，管理水平与国外相差较大。

第三类：大量的小型矿山。非机械化劳动所占比重很大，管理粗放，安全问题、环境问题、资源浪费问题相当严重。

由于国家的需求增大和科技的长足进步，我国金属矿床的开采目标已逐步扩大到五类矿床——即：深部矿床、贫矿床、破碎松软矿床、水体下矿床和高寒地区矿床，这给矿业带来了许许多多重大科技难题。

4. 把握金属矿业发展的大趋势

现代采矿科学技术飞速发展，新的学术思想、理论、技术与工艺不断涌现，大大拓展了采矿科学技术的发展空间。为了把握矿业发展的大趋势，稳步推进金属矿业现代化，特提出未来金属矿业三大发展主题，跟大家一起讨论：*

①坚持金属矿业的发展道路——绿色开发

②开拓金属矿业的前沿领域——深部开采

③走向金属矿业的未来目标——智能(化)采矿

二、坚持金属矿业的发展道路—绿色开发

1. 可持续发展理念的提出 *

20世纪是人类生产力发展最快的百年,也是人类对地球破坏最严重的百年,它已动摇着人类生存的根基,促使人们重新审视走过的发展道路,因此,出现许多具有划时代意义的研究报告——《增长的极限》,《世界保护策略》等。

1972-2002年间,召开了三次国际会议,并分别通过《人类环境行动计划》.《21世纪程》和《可持续发展世界首首脑会议实施计划》三个文件,使人们认识到环境问题的严重性,从而否定了工业革命以来“高生产.高消费.高污染”的道路,推动了传统生活方式的转变。

1987年,世界环境与发展委员会发表了报告——

《我们的未来》。该报告第一次明确提出了可持续发展定义，即“可持续发展是既满足现代人类的需求，又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展”。

2. “绿色开发”是可持续发展理念的延伸

可持续发展已成为全球共同的发展战略，许多行业、领域都相继提出自身的发展道路，如绿色建筑、绿色产品、绿色化学、绿色开发等...。在这里，“绿色”体现的理念是资源开发与生态环境的和谐。

“绿色开发”一般的理解：是整合资源经济与环境目标的开发过程，在开发过程中保护生态环境、实现各类资源的可持续利用。

3. 何谓矿区资源“绿色开发”

① 矿业是基础工业，但也严重破坏环境

- ▼ 采矿活动破坏了大量耕地和建设用地；
- ▼ 采矿诱发地质灾害，造成大量人员伤亡和经济损失；
- ▼ 采矿使矿区水均衡系统遭受破坏，下游水质污染；
- ▼ 开采中废气、废渣排放，产生大气污染和酸雨；
- ▼ 采矿破坏地貌景观，引发的社会纠纷越来越大。

② 何谓矿区资源“绿色开发”

“把矿区的资源与环境作为一个整体，在充分回收有效利用矿产资源的同时，协调地开发利用矿区的土地、森林、水等各类资源，实现资源—经济—环境协调开发的过程，称为矿区资源“绿色开发”。

“绿色开发”的含义拓展了可持续发展理念，指明了金属矿业的发展道路，阐明了矿床开采的发展模式。10

4. 矿区资源“绿色开发”的科技内涵(体系)

① 矿产资源的充分开发与回收

我国露天开采的回收率为80-90%，而地下矿山只有50-60 %。地下矿山传统采用两步骤回采模式，所留下占矿量40-50% 的矿柱，因未及时回收造成大量资源损失的情况，必须根本上改变。另外，为了资源的高效开发利用，要大力推进采矿工艺技术的创新。

* 科技需求：

- ◆地下金属矿连续开采技术
- ◆两步骤开采资源的整体高效回收技术
- ◆开采环境再造高阶段大直径深孔采矿技术
- ◆矿块自然崩落采矿技术
- ◆地下大型无轨采掘设备制造.....

② 固体废料产出最小化和资源化

我国采掘矿岩总量以每年超过10亿吨的速度增长，而矿山90-95% 的矿物在加工过程中被转化为废料。我国金属矿业的废石、尾砂、废渣等固体废物已经堆存了180多亿吨，占地面积不断扩大。另外，我国贫矿多富矿少、多金属矿多单一金属少，废石、尾矿中还有许多有用组分尚未资源化利用。

* 科技需求:

- ◆ 矿山无废开采程度的预评价
- ◆ 开拓与采矿的废石产出最小化
- ◆ 废石、尾砂不出坑的工艺技术。
- ◆ 深井全尾砂、废石胶结充填设备与工艺
- ◆ 矿区尾矿规模化综合利用技术.....

③ 矿产资源有价元素的综合利用

我国铁矿采选回收率为67%，有色行业为50-60%；此外，废石和尾矿中的有价元素利用率很低，铁矿约20%，有色金属为30-35%（国外50%以上）。提高综合利用率是我国建设资源节约型、环境友好型社会的重要战略举措。

* 科技需求：

- ◆复杂难处理矿高效选别技术
- ◆高选择性低毒（无毒）选矿药剂
- ◆多金属硫化—氧气混合矿选矿技术
- ◆废石和尾矿中有价元素提取技术
- ◆选矿在线检测分析与集中控制技术.....

④ 矿区的生态环境设计

矿山设计及矿山生产与矿区生态环境状况密切相关，我们应该将矿山的发展从传统的“先破坏，后修复”的被动模式转变为超前的、动态的、贯穿以开发全过程的主动模式，因此，矿区的生态环境设计显得十分重要。这对于矿山在生产、流通和消费的过程中，能更好地推行减量化、再利用和资源化。

* 科技需求：

- ◆ 矿区循环经济园区规划设计
- ◆ 无废开采的可行性研究
- ◆ 矿区生态环境的源头保护与容量评价
- ◆ 矿区各类资源的保护与利用规划
- ◆ 矿物资源深加工与产品高值化.....

⑤ 矿区生态环境建设与复垦

推行矿山生态化建设，就要解决生态化建设程度的评价问题。评价要体现质量经营与生态经营同时并举和经济、环境、社会效益相一致原则；要构建生态化矿山的评价体系和矿区可持续发展评价标准。我国矿区生态环境建设严重滞后，矿山废弃土地的复垦率只有12%，而发达国家高达70-80%。

* 科技需求：

- ◆ 矿山重金属污染土地生物修复
- ◆ 尾矿坝、排土场灾害防治与生态恢复技术
- ◆ 酸性废石堆场复垦
- ◆ 整体性的尾矿、废石利用技术
- ◆ 矿区生态化建设程度的评价.....

5. 坚持走“绿色开发”的道路

“绿色开发”的特质在于：开采方式科学化，资源利用高效化，企业管理规范化，生产工艺环保化，矿山环境生态化。

“绿色开发”的目标在于：资源合理利用、节能降耗减排、保护生态环境和促进区域和谐发展。

持续的矿产开发已给人类生存环境带来许多负面影响。国际潮流需要矿业走“绿色开发”的道路；现实国情迫使矿业走“绿色开发”道路；社会责任要求我们走“绿色开发”的道路。我们必须正视，矿业是破坏环境的主要行业之一，我们不能再以忽视这一危及人类生存根基的严重问题，必须坚定不移地走“绿色开发”的道路。 16

三、开拓金属矿业的前沿领域——深部开采

1. 深部开采是矿业发展的前沿

① 何谓深部开采

学术界定——地应力随开采深度增加而逐步增大，当增大到某一值时，岩爆发生频率明显增加，达到这一临界深度时，定义为矿床转入深部开采。

一般界定——因矿岩结构复杂，学术表达有很大的不确定性，因此，一般界定为金属矿山转入深部开采的深度为800-1000米时。

② 国内大批金属矿山转入深部开采

我国有色系统有1/2的矿山已过渡到深部开采：
夹皮沟金矿1600m，会泽铅锌矿1360m，红透山铜矿1300m，冬瓜山铜矿1100m，寿王坟铜矿1000m，弓长岭铁1000mm；
凡口铅锌矿，金川镍矿，高峰锡矿，湘西金矿等.... 17

③ 国外有大批深部开采的金属矿山

据不完全统计，国外非煤矿山中开采深度超过1000m 的矿山有80多座。按开采深度划分：深度1000-2000m 的60座，2000-3000m的12座，3000m以上的有3座，其中最深的是南非卡里顿维尔金矿，竖井4164m，开采深度已达3800m 。

④ 深部开采是矿业发展的必然

近五年来，在我国，实施“深部找矿工程”的215个矿山中，有166个矿山找到了矿，已为国家找到了价值超过1万亿的矿产资源。

加拿大已提出要探清埋深3000米的矿床；澳大利亚提出了要实现“玻璃地球”的计划。

2. 深部开采的“三高”特殊环境

矿床深部开采是个特殊的开采环境——高应力、高井温、高井深。“三高”是深井的主要致灾因素：

高应力 (40–80 Mpa)——可能诱发岩爆、导致冒顶、采矿方法与支护技术不相适应，危及作业安全等；

高井温 (30–60℃)——高温的工作环境恶劣，人的生理难以承受，还可能导致矿石自燃、炸药自爆；

高井深 (1000–5000 m)——导致提升、通风、排水、充填等的困难增加，效率降低，费用增大等。

深部开采是个特殊的作业环境，有许多浅部开采未涉及的问题需要研究。采矿科研工作要逐步转向深部开采，这是前沿的研究领域。

3. 拓宽深井开采研究的技术思路

长期来,人们把“三高”视为致灾因素,因此,科研主要集中在研究岩爆机理. 热害防治. 提升自动化等。这无疑是重要课题,但任何事物都有两面性,“三高”可否利用呢?

高应力。是否有利于坚硬矿岩的致裂破碎,从而提高破碎质量呢? 可否用来创造一种高应力诱导致裂破碎的连续采矿法呢?

高井温。深井的温度上升,是否有利于贫矿原地破碎溶浸采矿? 可否将热能送到地面利用, 经地面热交换后再送井下降温呢?

高井深。客观存在高水头,可否作为新的动力用于开发水动力采矿设备呢? 实现矿物水力提升呢? 促使人们更坚定地走深井废石不出坑的无废开采道路呢? 20

4. 深井特殊环境下采矿的问题

① 深井高应力灾害与研究状况

关于高应力灾害——在高应力环境下，由于工程扰动，可使软岩冒落、诱发硬岩岩爆，其猛烈程度足以造成事故：美国Atlantic矿，1906年发生一次岩爆，地震强度达到了里氏3.6级，导致铁轨弯曲，还诱发空气爆炸，导致火灾；南非有26座深井金矿，据统计，1994~1998年间，因没有与高应力环境相适应的采矿工艺技术，造成重伤矿工13.9万人，死亡2200人。

我国胜利煤矿于1933年出现岩爆问题，目前，红透山铜矿等20多个矿井也有过发生岩爆的记录。

关于高应力研究——加拿大开展了两个研究计划：包括微震监测、岩爆预报、岩爆区的支护体系等。21

在美国，对岩爆和天然地震信号与核爆信号的差异辨别，进行过研究。南非的深井研究计划取得了许多创新性成果，包括：水压支柱、水力钻机、深井制冷降温、采场括板运输机、快速连续采矿法，还在井下进行粗磨—浮选，再将富集细粒精矿泵送至地表。

在我国，开展了《千米深井矿山300万吨级强化开采综合技术》“九五”科技攻关；2001年举办了《深部岩体力学基础研究问题》香山学术会议；2003年启动了国家自然科学基金《深部岩体力学基础与应用研究》重大项目、2008年《深部重大工程灾害孕育演化机制与动态调控理论》973项目立项。我国在岩爆机、预测、监控等方面做了大量研究；一些成果在工程中得到了应用。22

② 关于深井的热害问题

根据欧洲对2000m的钻孔观测，地温的梯度大体为 $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。影响井下温度的主要热源有：围岩散热、坑内热水放热、矿岩氧化放热、机电设备放热，空气压缩放热和人体放热等。

南非的西部矿，井深3300m，井下气温达到 50°C ；日本丰羽铅锌矿，采深500m，但受裂隙热水影响，井下气温达到 80°C 。

在我国，上世纪90年代已有热害矿井70个（含台湾省20个），其中40个煤矿的采掘工作面超过 30°C ，最高达 40°C ；金属矿山有的也达到了 43°C 。

我国《煤矿安全规程》规定：井下工作面温度不得超过26℃，超过30℃就必须采取降温措施。南非设计矿山降温系统时，控制矿井温度在28℃以内。

据南非多年统计，当井下作业面温度30℃时，工伤事故不断上升，见下表：

作业地点气温℃	27	29	31	32
工伤，频次/千人	0	150	300	450

在深井，仅靠通风一般达不到降温要求，因此，有的采用供水制冷降温（有井上集中制冷降温和井上、下联合制冷）或地表制冰降温。

实例：南非斯坦总统金矿，井深3200m，原岩温度高达63℃，在地表建立7000千瓦的制冷站，制造100升/秒的冷却水，为井下空气降温，收到很好效果。

③ 关于高井深的提升问题

◆ 开采深度的极限

南非德兰士瓦公司设计的矿井最大深度为4000m，
以此作为开采深度的极限。因为：

▼ 4000m 深的地压很大，进行采矿爆破后，易集中
引发岩爆，从而可能出现一次能量大释放的地震事故；

▼ 4000m 深处的原岩温度通常达到45-50℃，矿
井降温问题非常突出；矿山排水和通风也出现许许多
多困难。

▼ 深井提升的经济合理性问题。因为深井提升的
有效载重量将随深度增加而显著下降，提升费用大幅
增加，因此。一段提升一般不超过2000m，当达到
2000-4000m井深时，往往就需要采用两段提升。

◆ 深井提升的实例

国家	矿名	井深 (米)	年产量 (万吨)	矿井提升装备
加拿大	克赖顿镍矿	井深 2172	2559 (主井 3座)	直径6m、宽2m滚筒式卷扬机， 钢丝绳直径57.15mm，缠绕4 层，4477kw, 15吨双箕斗
美国	圣曼纽尔铜矿	井深 1250	1770 (主井 4座)	有二台大卷扬机：5222kw卷扬机，配26.3吨箕斗；4476kw卷扬机，配21吨箕斗
南非	卡里顿维尔矿	开拓深 4154采 深3800	3329 (主井 2座)	采用两段提升（分为2300m和 2000m），采用直径6m的滚筒 式卷扬机，21吨箕斗

世界上最大直径的多绳提升机——德国制造了一台大型四绳落地式提升机，摩擦轮直径达9米(我国最大是5米)，箕斗有效载重30吨(我国最大是22吨)，提升高度1200米，提升速度20米/秒(我国最大是11.8米/秒)，电机功率 $2 \times 3710\text{kW}$ 。

超千米深井的提升速度一般为15-20米/秒。

近年来,我国在深部开采的科研取中得了一些成果,积累了一定的经验。但是,在矿床埋藏深、岩温高、岩爆倾向大、品位低、开采强度大的条件下,如何实现安全、经济、高效、清洁生产,有许多关键技术有待开展深入系统研究。

5. 深井开采中的重要科学问题

- ◆ 高应力矿岩的岩爆研究——岩爆发生机制、岩爆发生的临界能量准则，高应力区域灾害预测及定位等；
- ◆ 深井高应力矿岩诱导致裂的研究——高应力环境下的矿岩致裂诱变机理、矿岩致裂的临界环境、致裂方法、坚硬矿岩工程动力扰动的能量传递等；
- ◆ 深井开采中高温环境控制研究——天然岩体裂隙介质中多相流耦合作用机制、热环境控制方法与经济模式等；
- ◆ 深部岩石高应力的变异规律及其对力学行为的影响——深部岩石流变性，采掘空间变形与破坏及自适应控制；
- ◆ 深井原创性采矿模式研究——高应力诱导破碎连续采矿模式、高应力环境下的采矿系统与工程结构等。

上述科学问题，都涉及岩石力学问题。岩体工程是个多场(应力. 温度. 渗流)多相(固. 液. 气)环境下的地质构造与工程结构相互耦合的问题，是高度非线性问题。岩体的本构关系至今还没有能被广泛接受的概念模型，

深井岩石力学的研究，在研究的思路与方法上也应该有所突破——不能停留在研究静载环境下的岩石力学问题，要更加重视动、静组合加载环境下的岩石力学问题（任何矿岩工程都承受着冲击载荷的作用）。现有的岩石力学实验装置也有很大的局限性，需要创新。

要通过加强深井岩石力学的研究，引导采矿工程逐步从经验、技术走向科学。

6. 深部开采的重大工程技术问题

深部开采是一个特殊的作业环境，面临安全、工效、成本、资源回收等等新的挑战，许多技术问题需要解决。采矿科研工作要逐步向深部开采转移，要走在矿业发展的前面：

- ◆深井开采对地面环境的影响评价——深井开采对地面建、构筑物的安全影响程度，安全等级的划分与设计理论；
- ◆深部矿床开采的组合式开拓方法——实现深井开拓工程最小、提运效率最高、成本最低，间断式采矿作业与提运连续作业的系统优化；
- ◆深井连续出矿工艺系统——提高矿山机械化自动化水平，解决落矿高效率与出矿低效率的问题；

- ◆深井环境再造大直径深孔采矿技术——通过采矿环境再造,实现深部松软破碎矿体和缓倾斜厚矿体的高效采矿;
- ◆深井高应力矿岩诱导致裂落矿连续采矿技术——研究高应力环境下的高应力转移可控技术,强制与诱导耦合落矿技术,以实现强化连续采矿;
- ◆深井高应力环境下的采矿系统与工程结构——最大限度地减少巷道变形、井筒破裂、采场失稳和冲击地压问题;
- ◆深井高浓度浆体和膏体充填技术——重点研究高浓度浆体和膏体输送技术,深管磨损和废石充填注浆技术;
- ◆水力采矿设备研制——以深井高水压头为动力源,开发水力钻机、水力支柱、水力通风机、水力降温机等;

- ◆深井水力提升碎矿技术——利用深井排水的动力来提升碎矿,解决深井提升量大、提升成本高的问题;
- ◆深井低品位矿床原地破碎溶浸采矿——研究采用极小补偿空间、一次爆破矿岩的致裂技术;
- ◆井下选矿、排废与精矿水力提升技术——减少提升投入,废料就地回填,减少提升量,大幅降低提升成本;
- ◆深井上行开采技术——缩短工作线长度,减少工程对上部的扰动,实现无(少)废开采;
- ◆深井开采移动目标跟踪、定位与井下安全预警——深井采矿作业、环境与采矿设备的动态监测与灾害预警。
- ◆远程遥控和自动化采矿示范工程——建设深井开采机械化、智能化、遥控化的现代采矿示范工程。

四、走向金属矿业的未来目标——智能采矿

1. 何谓“智能（化）采矿”？

——在矿床开采中，以开采环境数字化、采掘装备智能化、生产过程遥控化、信息传输网络化和经营管理信息化为特质，以实现安全、高效、经济、环保为目标的采矿工艺过程，称为智能采矿。

用信息技术改造传统矿业，是国家经济结构调整和转变经济增长方式的重要任务之一。未来矿山的智能采矿模式，是富有知识经济时代特点的采矿模式，是矿业科技创新的方向，是21世纪矿业发展的前瞻性目标。它要在聚集相关学科的先进技术的基础上才能完成，它是个渐进的发展过程，它的实现将带来矿业的根本性变革。

2. “智能采矿”的主要科技内涵

- ①矿床模型与矿床开采设计数字矿山软件
- ②金属矿山采掘、装载、运输等智能设备
- ③适应智能设备作业的高效采矿工艺技术
- ④矿井数据采集、通讯与视频的传输网络
- ⑤矿山移动设备遥控与生产过程智能控制
- ⑥矿山系统智能监测与作业运行集中控制
- ⑦矿山生产计划组织与经营管理信息系统

3. 实现“智能采矿”将带来的深远影响

- ①实现采矿作业室内化。可最大程度地解决矿山生产安全问题，特别是金属矿山转入深部开采的情况下，大批矿工将远离高温、岩爆的恶劣环境。

- ②实现生产过程遥控化。井下工人将大量减少，可大幅地提高劳动生产率，降低井下通风降温费用，使企业的竞争力大幅提升，特别是对深部矿床开采具有重大意义。
- ③实现矿床开采规模化。采矿过程的智能化程度高，可实现规模化开采。由于矿山产能可以大幅提升，劳动效率高，成本将大幅下降，低品位矿床有可能得以更充分的利用。
- ④实现技术队伍知识化。由于传统产业向知识型产业过渡，职工的技术素质大幅提高，队伍结构和工资待遇将大大改善，矿工这一弱势群体的社会地位将发生根本性变化。
- ⑤推动矿业的全面升级。可使金属矿业实现跨越式发展，从矿业大国过渡成为矿业强国；此外；还将带动国家的信息产业，机械制造等相关产业链的延伸和发展。

4. 国外智能采矿的发展状况

上世纪90年代,芬兰.加拿大.瑞典为了取得矿业竞争优势,先后实施了“智能化矿山”规划,后来,南非.澳大利亚.智利.印尼等十多个国家也投入了研究。加拿大弗如德.斯大托比(Frood. Stobien)镍矿,采用智能采矿已有十多年的历史;智利的埃尔.特尼恩特(er. Teniente)铜矿智能采矿的采区生产能力为1万吨/日。下面举两个实例:

① 瑞典基鲁纳矿(Kiruna)

早在1970年,主要运输水平的机车运输、就在控制室遥控装载与卸载,实现了机车运输无人驾驶自动运行。

现在井下已采用由控制中心遥控的 Simba46W凿岩台车、由机载计算机与导航系统控制斗容25t的Toro2500Es装载机。

② 加拿大国际镍公司 (Inco)

1996年开始实施了为期五年的采矿自动化计划。其技术组成包括五项：

- ① 先进的地下移动计算机网络；
- ② 采矿过程监控与遥控软件系统；
- ③ 适合远程遥控采矿的特殊采矿法；
- ④ 先进的智能化采矿设备；
- ⑤ 地下铲运机的自动定位和导航系统。

到2000年11月，除遥控装药以外，该采矿自动化计划均已完成。应用表明，采矿作业从每天（24小时）一个循环、提高到三个循环；采矿劳动生产率从2006年的3350吨/人年，提高到2008年的6350吨/人年。37



5. 智能采矿不是遥不可及的事

矿床开采是一个复杂、多变、信息隐蔽、难以预测的大系统。因此，在推进智能采矿的过程中，从信息采集、传输、处理、集成、显示，到生产过程的自动控制，所涉及领域非常广泛。因此需要多学科交叉（包括数字地质学、岩体力学、现代采矿学、机器人与自动控制、工程管理等），但在这过程中，采矿工作者将始终处于主导地位。

我国在智能采矿领域也有长足进步。“十一五”，国家开展的研究有：《地下采矿设备高精度定位和无人操纵铲运机的模型技术研究》，《数字化采矿关键技术与软件开发》，《井下采矿遥控关键技术与装备的开发》，《千米深井地压与高温灾害监控技术与装备》等。

此外，我国矿山有的已建立了井下光纤主干通讯络；39

有的研制了井下人员及设备的定位系统、井下地压灾害监控系统,还成功开发和推广了3Dmine等矿业软件,等等。

特别值得一提的是:今年,国家投入了一个亿,正式启动了863项目——《地下金属矿智能开采技术》,这是我国金属矿业科技的一件大事。期盼我国的矿业科技工作者取得重大成果。

智能采矿是矿业科技创新的重要方向,它是个渐进的发展过程,虽然实现整体智能采矿尚需时日,但千里之行,始于脚下,我们要应用信息技术和先进适用技术,大力提升采矿装备、工艺和方法,改变传统的经营理念和管理手段,创造条件,建设示范工程,逐步推进智能采矿工程的发展。这是我们矿业工作者肩上的历史任务。 40

结束语

世界采矿科技与上世纪90年代相比,已经不可同日而语。我们要站在世纪的高度,把握金属矿业三大发展主题,拓展采矿科技的发展空间,努力去实现我国金属矿业的现代化!

谢谢!