

**Proceedings of International Seminar on
Mining, Metallurgy and Materials**

国际矿业、冶金和材料研讨会论文集

Organized by The Chinese Society for Metals

中国金属学会 主办

October 27, 2006, Beijing China

2006 年 10 月 27 日 中国 北京



目 次

世界铁矿石资源——开发和利用的趋势·····	Olle Östensson	1
我国铁矿资源开发利用现状及发展趋势·····	张泾生	5
迎接钢产量增加带来的挑战·····	Dr.Gregory Ludkovsky	12
21 世纪钢厂制造流程优化的命题·····	殷瑞钰	69
纯净钢的生产工艺和应用·····	MATSUMIYA Tooru	76
钢材现状及发展趋势——欧洲展望·····	BLECK Wolfgang	80
我国钢铁结构材料的发展·····	翁宇庆	84
纳米晶和纳米复合磁性材料及其应用·····	Robert D. Shull	107
World Iron Ore Resources: Trends in Development and Utilization·····	Olle Östensson	115
Status and Trend of Exploitation and Utilization of Iron Ore Resources in China·····	ZHANG Jing-sheng	121
Meeting the Challenge of Increasing Steel Production·····	Dr.Gregory Ludkovsky	132
Topic of 21st Century Steelworks Manufacturing Process Optimizing ·····	YIN Rui-yu	189
Production Technology and Application of Clean Steel·····	MATSUMIYA Tooru	200
Current Status and Development Trends of Steels—A European Perspective ·····	BLECK Wolfgang	205
Development of Structural Steels in China·····	WENG Yu-qing	210
Nanocrystalline and Nanocomposite Magnetic Materials and Their Applications ·····	Robert D. Shull	233

世界铁矿石资源——开发和利用的趋势

Olle Östensson

[联合国贸易和发展会议 (UNCTAD)]

摘要：总体来说，在过去的几十年里采矿生产率飞速提高。其主要原因是投资额的提高和大型高质量矿藏的开采。作为世界采矿工业的一部分，铁矿石生产也遵循了类似的发展路线。钢铁生产的科技进步提高了对铁矿石质量的要求，并迫使矿石生产商降低铁矿石中杂质的含量，提高全铁品位。这样的发展对澳大利亚、巴西和印度的铁矿石生产商来说非常有利。而中国的铁矿石生产商更是生意兴隆，因为他们占有地利（与快速扩张的中国钢铁工业距离更近）。按照已知的产能扩张计划，铁矿石供应的紧张形势可能在2008年结束。这对不同生产商的影响是不一样的，影响的大小取决于运费率和合同价格的精确组合。中国生产商与澳大利亚、巴西的大生产商是利益相背的。

关键词：铁矿石；采矿；生产率；废钢；钢；技术；贸易

1. 前言

在过去十年里，世界铁矿石产业发生了极大的变化。钢材需求的持续增长使中国急需原材料，所以中国被认为几乎是在买方市场上起完全的支配作用。中国突然成为支配因素的现象并不仅仅限于钢铁工业。对于认识中国的快速工业化是如何影响全球原料需求组成和贸易流这方面来说，钢铁业也许是最清晰，最具体的案例。业外人士很少了解到的情况是中国国内矿石产量在发展中扮演着关键角色。

本文根据技术参数对竞争的影响分析，试图讨论现在和将来世界铁矿石产量的分布情况。显然，其他因素（包括政府的政策）也是非常重要的。但是，在目前这个时间节点上，由技术和后勤物资运输决定的价格因素才是最关键的。

2. 世界采矿业的竞争驱动力

采矿业的产品大体上是由同类部分组成并且标准化了的。矿石贸易以透明的方式进行，市场价格信息迅速而有效地传播开来。大多数制造业常用的通过改变产品，培育品牌忠诚度，分割市场或其他手段来提高竞争力，保证高价和利润增长的方法对于采矿业来说空间很小。

生产商们尽力压低成本获得竞争优势，相应地，采矿和金属公司必须在生产成本上进行竞争。开采高质量矿藏的采矿公司肯定能享有竞争优势，但是从长远来说，采矿公司如果希望继续留在本行业中就不能背离工业中有关单位成本的规范。

在过去几十年里，采矿业的劳动生产率以很高的速度增长。这个现象有三个重要原因：（1）投资

额的提高；（2）技术进步和教育水平的提高引起的物质和人力资本质量的提高；（3）从20世纪90年代开始，开采了一些新的富矿。上述三个因素相互影响，其结果是，大多数的技术进步易于应用在大规模的、资本密集型的采矿业上。这也影响了勘探方向和开发力量，使得大家的注意力集中在适用于机械化程度高、资金密集型的手段来开采的大型矿藏上。

相对于投资额的作用，新技术本身对劳动生产率提高的贡献较适中。

加拿大黄金开采业是一个很好的例子。在二十世纪八十年代和九十年代，加拿大黄金开采业的劳动生产率以大约每年6%的速度提高^[1]。其中，在二十世纪八十年代，劳动生产率提高的主要原因是一些新富矿的开采，产量每年提高17.3%的同时，固定资本每年只增长2.6%。而另一方面，在二十世纪九十年代劳动生产率的提高全部归因于投资额的提高。但是，需要注意的是在这个阶段引入了许多新的技术。特别是在二十世纪九十年代的后半期，采矿操作实现了计算机化。因此，新资本的投入是扎根于技术进步中的。

在智利，铜矿的生产率从1978年的22.7吨/人·天增加至1997年的95.7吨/人·天^[2]。绝大部分的增加值（或者说40.1吨/人·天）归功于富矿的开采，增加值的剩余部分归功于老矿山生产率的提高。

同时需要注意的是，如果从研发（投入的）重要性（与销售额相比）的角度来说，采矿工业不是技术密集型的行业。实际上，研发投入占（销售额）的比例小于1%^[3]，比大多数行业低得多。许多应用于采矿和金属行业的新技术，诸如IT技术等，

一开始并不是为这个行业开发的，而是从其他行业移植过来的。

总之，通过投入更多资金实现技术进步以降低操作、运行成本已经成为过去几十年世界采矿和金属工业的特征。这样的经历将本行业发展的兴趣引导到了巨额投资开发超大型矿藏。

3. 钢铁工业的特点

从所用技术的角度出发，钢铁工业的发展可以有两个分支。它们有不同的生产流程：一种从铁矿石开始并使用高炉，另一种从废钢开始使用电炉直接生产钢水。2005 年它们分别是：转炉钢 7.38 亿吨，电炉钢 3.57 亿吨，其他工艺（现在已经消失了）生产的钢仅仅 0.35 亿吨。在电炉设计和操作上的巨大进步使得小型钢厂得以发展。据估计，2/3 的钢产量是由普通的钢铁厂完成的，而另外 1/3 是由小型钢厂完成的。这条工艺路线（电炉）的重要性快速增加导致了废钢的短缺，这样又导致了废钢替代品的快速发展。废钢替代品中最重要的就是直接还原工艺的产品（海绵铁）。全世界直接还原铁（海绵铁）的产量从 1970 年的小于 100 万吨发展到了 1985 年的 1100 万吨，再发展到 2005 年的大约 5600 万吨。

另外一个重要的发展体现在炼钢之后的下游工艺上。那就是复杂的传统工艺——钢水铸锭、冷却，然后再加热半成品，已经被下述工艺替代：

（1）连铸工艺的发展完全替代了铸锭工艺

（2）连续型生产线的设计并辅之以二次精炼、连铸和近终型连铸连轧技术

这些技术进步影响了钢铁业所需的各种含铁原料的数量和组成。每吨粗钢所需要的各种原料的平均值如表 1^[4]所示。

如表中所示，相对于铁矿石的用量，废钢的消耗已经下跌了。这个现象反映了对废钢更为经济的利用。特别是厂内废钢或称循环废钢的比例下降更体现了这一点。每吨粗钢所消耗的厂内废钢从 1974 年的 213kg 下降到了 2004 年的 95kg，而同期购买的社会废钢明显增长。同时，从粗钢到型材（成品钢材）的生产过程中节约了大量的金属。制造一吨

表 1 每吨粗钢所需的铁 (kg Fe)

	1974	2004
来自于铁矿石	678	674
来自于废钢	421	374
其中：厂内废钢	213	95
社会废钢	208	279

成品钢材（热轧钢材）所需要的粗钢数量从 1974 年的 1282kg 下降到了 2004 年的 1090kg。

最终，钢铁生产中铁矿石所占比例的变化有利于高效率的钢铁生产流程。这方面最重要的是多使用球团矿的稳定趋势。传统上，铁矿石以烧结矿（通常在钢厂由铁矿粉制成）和块矿的形式使用。球团工艺最早开发于二十世纪五十年代，它使利用美国北部的低品位铁矿石成为可能。球团矿在整个铁矿石用量中所占的比例不断提高。2005 年，世界钢铁工业大约使用了 7.4 亿吨烧结矿和 3.2 亿吨球团矿。球团矿用量提高的趋势是与钢铁生产者提高他们产品质量的总趋势密不可分的。杂质含量低的高品质铁矿石意味着较少的渣量和更容易控制钢的质量。直接还原工艺对矿石质量的要求非常严格，因为产品中脉石的含量对海绵铁炼钢的影响很大。预计这样的工艺流程将会变得越来越重要。它的部分原因是废钢资源的持续不足，还有一部分原因是高涨的能源价格强化了用天然气（又称为火炬气，不利利用的话就白白烧掉了）生产直接还原铁的竞争优势（2005 年世界直接还原铁的产量是 5600 万吨，只是钢铁原料总产量中的一小部分）。

4. 铁矿石产量地理分布上的趋势

表 2^[5]显示了 1990、2000 和 2005 年世界铁矿石产量的分布。由表中可见，较大的生产商，包括巴西、澳大利亚、中国和印度强化了他们的地位，而俄罗斯、乌克兰、美国和加拿大所占份额减少了。

矿石产量在地理分布上的变换是以下两个相反的趋势相互作用的结果：（1）拥有高质量矿石和大型矿藏的强力矿石生产商能够向海外的购买者推销他们的产品，并且他们的生产成本足够低，即使是在运费率很高的时候（就像最近几年这样），也能承受长距离海运的花销。（2）受益于与矿石消费者的密切联系，中国国内矿石生产商增加，并且当运费率上涨的时候他们变得更有竞争力。图 1^[6]显示了从 2002 年到 2006 年初的运费率变化。很容易理解，这样大幅度的变化对生产商们的竞争力有不同的影响。

澳大利亚和巴西生产商的竞争力源于铁矿资源在矿物学上的高质量。还有，他们在矿石的生产和运输两方面都达到了经济规模。如果铁矿石的质量不足以按照粉矿或块矿的形态出售的话，就把它做成球团。（矿石的）产量大到足以承受建设专用的、大容量的运输基础设施的高昂费用。值得注意的是，当矿石运输到钢铁厂后，运输费用——它

表2 铁矿石产量的地理分布, 占世界总产量的百分比%

国家	1990	2000	2005
巴西	17.1	21.8	21.4
澳大利亚	12.8	18.4	19.8
中国 (1)	9.5	11.0	15.2
印度	6.0	7.9	11.2
俄罗斯	9.3	9.0	7.4
乌克兰	8.0	5.8	5.3
美国	6.3	6.6	4.2
南非	3.4	3.5	3.0
加拿大 (2)	4.1	3.7	2.2
瑞典	2.2	2.1	1.8
委内瑞拉	2.3	1.8	1.6
哈萨克斯坦	1.6	1.6	1.3
伊朗	0.2	1.3	1.0
墨西哥	1.0	1.3	0.9
毛里塔尼亚	1.3	1.2	0.8
其他	14.8	3.0	2.9
合计	100	100	100

(1) 铁矿石产量经过折算而来, 因此它的铁品位相当于世界上其他地方的平均值。(2) 进口的数量, 并非产量

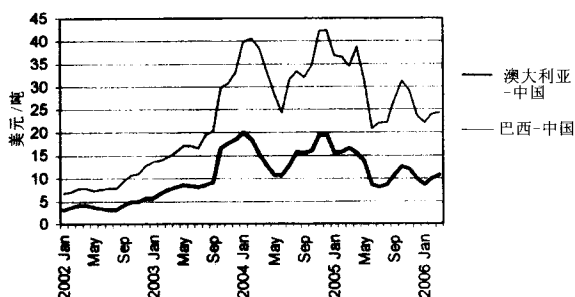


图1 铁矿石从澳大利亚和巴西到中国的运费率

包括从矿山到码头的铁路和通过海运到钢铁厂(有时需要再换乘火车送达目的地)——几乎毫无例外地占据矿石成本的一半以上。有时运输费用还远远高于成本的 1/2。因此, 地处偏远的铁矿石生产商必须极力压低生产成本并且充分利用一切可能的矿石质量上的优势。

另一方面, 中国生产商的竞争力不能以产品(矿石)的质量为基础。大多数中国的铁矿石铁品位很低(根据联合国贸易和发展会议 UNCTAD 统计, 中国的铁矿石产量要除以一个折算系数, 才能和世界其他地区的产量具有可比性)。因为中国生产商与客户的距离很近, 所以他们仍然能够与有好矿石的国外大生产商竞争。而且, 中国的铁矿山已

经展示了惊人的提高产量的能力。中国生产商们一再让本行业的观察家感到吃惊: 他们不断提高产量满足中国钢铁厂的需求并且弥合供需之间的鸿沟, 因此使钢铁工业避免了铁矿石短缺。2002 到 2005 年间, 中国的铁矿石产量从 1.09 亿吨增长到了 1.98 亿吨(折算后的数字)。这巨大的成就反映了中国铁矿石工业的特殊优势——灵活性。无论如何, 这应部分归功于矿石生产的低投资额。它(低投资额)减少了提高产量所需的时间。

5. 展望

过去几年里, 已经多次预测过铁矿石需求的增长速度将要放缓。这样的减缓是由中国钢产量的较低增长率引起的, 而这又会使中国的经济增长减缓或者在损害投资的情况下, 中国收入份额的增量转化为消费量。中国经济过热的风险在最近几年的国际辩论中是一个不变的主题, 但是到目前为止它还没有发生。人们也预测即将要发生有利于消费的转变, 但是这种转变从数量上看还很小。

相似地, 今年没有任何迹象显示钢铁生产有减缓的势头。今年头 7 个月世界粗钢产量(根据国际钢铁协会 IISI 的数据)比去年同期增加了 9%。像以前一样, 中国占据大部分的增加值。而且, 世界上最大的钢铁制造者正在成为世界上最大的钢铁产品出口商。其他制造商生产的混乱使得中国增加的产量可以被市场吸收。但是, 在正常的市场中人们还是可以预测到供过于求和价格下跌的趋势的。

与此同时, 铁矿石的需求自然是快速增长。中国今年头 8 个月比 2005 年同期多进口了 25% 的铁矿石。至少在短期内铁矿石市场会持续供应紧张的趋势。

但是长远一点来说, 有理由相信铁矿石市场的繁荣局面将要结束, 尽管它可能是软着陆而不是硬着陆。表 3 显示了预期 2006 至 2008 年间铁矿石产能的增量。已确定的和很可能增量总计 2.94 亿吨。大部分增加的产能将位于澳大利亚和巴西。除了中国之外, 其他地区的新产能很可能是与澳大利亚、巴西同一类型的, 那就是: 出口导向型、高质量的大矿山。

2006 年中期世界钢铁协会(IISI)预测, 2006 年钢铁的需求量将增加 7.3%, 2007 年将增加 5.8%。假设 2008 年与 2007 年的需求增长率相同, 同时假设在钢铁生产中使用铁矿石和废钢的比率不变, 那么 2008 年需要的铁矿石将会比 2005 年多出 2.57 亿吨。这就意味着一些“可能的”(开采)项目将会面临着矿石找不到买家的困境。

表3 2006-2008年的铁矿石开采计划

地区	确定的	很可能的	潜在的
澳大利亚	55	61	16
非洲	19		
美洲	90	1	12
亚洲	20	2	11
中国	24		
欧洲	16	6	6
合计	224	70	45

表4 2007-2008年的铁矿石市场,产能和竞争力的可能结果

	高合同价格	低合同价格
高运费率	澳大利亚、巴西和中国产能扩张, 2007/2008年供过于求, 有硬着陆的危险	澳大利亚和巴西的产能扩张会低于计划, 对中国生产商来说是有利条件, 市场大致趋于平衡
低运费率	澳大利亚和巴西的产能扩张, 中国产能扩张减缓, 市场几乎趋于平衡	澳大利亚和巴西的产能扩张会低于计划, 精确平衡的市场有紧缩的趋势

因为这些计划大部分已经在实施了, 所以不大可能取消。其中一些项目的发展将会延续很长一段时期。而另外一些项目, 矿山将开工不足。无论如何, 其结果都是, 铁矿石生产商在价格谈判中的地位将会被削弱。

对于铁矿石生产商——特别是那些计划增加产能的——来说最重要的问题是, 哪些矿山不得不首先和大幅降低产量。其结果取决于两个因素的联合作用: 价格水平和运费率。图2显示了4种可能结果, 它们是将两个因素与各自的两个选项联系起来得到的。它强调了如下事实: 高运费率强化了中国生产商的竞争地位, 而高的合同价格对澳大利亚和巴西的生产商有利。

高合同价格和高运费率的联合作用会刺激3个国家的生产商都增加产量。这就增加了过度投资、

供过于求, 并在2008年硬着陆的风险。在中间两种情况下, 即运费率或者合同价格高而其他变量低, 那么市场将会大致趋于平衡。运费率高时, 中国生产商将占上风, 因为其他国家的生产商在将矿石卖到中国的现货市场时, 难以承担运输费用; 而高的合同价格会使海外的生产商占有优势。最后一种情况, 如果运费率和合同价格都很低, 那么投资会减少, 市场也会平衡而且可能会有紧缩的趋势。

6. 结论

在中国市场上的竞争力——它实际和在世界

铁矿石市场上的竞争力是相同的——可以由两条途径获得或保持: 通过距离上靠近市场或者拥有大型、高质量的矿藏, 能够承受高额的运输费用。中国生产商已经能够利用他们增产方式灵活的优点来增加产量。将来当市场不可避免地疲软的时候, 不同生产商的结局很大程度上取决于合同价格和运费率的综合作用。

参考文献:

- [1]生活水平研究中心, 加拿大一些自然资源开采工业的生产力发展趋势, 2004
- [2]Garcia P, Tilton J, Productividad de la mano de obra y ventaja en la minería: La industria del cobre en Chile, in Lagos, G, ed. Minería para siempre? Ediciones Universidad Católica de Chile, 2004
- [3]国家科学公告, 2000年科学和工程指标, 国家自然科学基金会, 阿灵顿, 弗吉尼亚, 2000
- [4]Astier, J, Evolution de la siderurgie et de ses approvisionnements, Conférence présentée au Congrès de la Société de l'Industrie Minérale, 2006
- [5]联合国贸易和发展会议 (UNCTAD), 铁矿石统计, 日内瓦, 2002和2006
- [6]联合国贸易和发展会议 (UNCTAD), 2005-2007年的铁矿石市场, 日内瓦, 2006

我国铁矿资源开发利用现状及发展趋势

张泾生

(长沙矿冶研究院, 中国)

铁是世界上用量最多的一种金属。铁矿石是钢铁生产最主要的原料。近年来, 随着中国钢铁产量大幅度增长, 铁矿石需求量迅猛增加。国内铁矿石短缺的矛盾越来越突出。充分有效地开发利用铁矿石资源, 为我国钢铁工业持续稳定的发展提供稳定、足量、优质的铁矿原料是中国钢铁工业持续发展的重要保障。

1. 资源现状

1.1 储量

截至 2002 年底, 我国保有铁矿产地 1995 处, 保有储量 578.72 亿吨。其中基础储量 213.57 亿吨, 资源量 365.15 亿吨, 工业储量 118.36 亿吨。

1.2 矿石质量

我国铁矿贫矿多, 富矿少, 铁矿石平均品位只有 33%, 比目前世界铁矿石供应大国平均品位低 20 个百分点。

我国铁矿石类型多样, 主要类型及比例为: 磁铁矿型 55.40%, 赤铁矿型 18.10%, 菱铁矿型 14.40%, 钒钛磁铁矿型 5.30%, 镜铁矿型 3.40%, 褐铁矿型 1.10%, 混合型 2.30%。

我国铁矿石的共(伴)生组分多, 物质成分复杂。据统计, 全国已勘探的 2034 处铁矿产地中, 呈单一铁矿床的 1588 处, 以铁为主的 280 处, 共(伴)生铁矿床 166 处。多组分铁矿石常伴生有钒、钛、稀土、铌、铜、锡、钼、铅锌、钴、金、铀、硼和硫、砷等元素。

1.3 资源保障

目前, 国内年生产原矿石 4 亿吨左右, 按全国铁矿平均品位 33%、选矿平均回收率 75% 计, 可供年产钢 1 亿吨所需, 可供年限约 30 年。为了加强资源保障的安全性, 提高资源勘探程度、增加经济可采储量、大力加强铁矿石采选技术攻关、提高资源综合利用水平, 提高国内资源保证程度, 是解决铁矿石供给关键。

顺应经济全球化发展趋势, 推行矿产资源全球

化发展战略, 在大力提高国内资源保证程度的同时, 应取大宗铁矿资源为目标, 建立多来源、多方式、多渠道的境外铁矿资源安全稳定供应体系, 这是当前所面临的重要任务。

世界铁矿石储量有 1400 亿吨, 按照 2005 年世界铁矿石产量 13 亿吨计, 可供应年限 100 年以上, 我国进口铁矿来源是有保证的。要注意长期合同买矿与境外投资开发并举, 当前, 应借鉴发达国家成功的经验, 加大境外投资开矿的比例, 把握时机, 最大限度地分享境外矿产资源。

2. 提高资源勘探程度

2.1 加强潜在资源预测, 不断扩大生产能力。

50 多年来, 我国已累计查明铁矿储量 628.82 亿吨, 但是这远远不是我国铁矿资源的全貌。近年来, 由于国家重视, 地质工作程度不断提高, 区域地质测量、航空物探测量等基础地质工作的面积不断扩大, 精度不断提高, 以及新一轮铁矿找矿工作的开展, 已经有许多新的发现。特别是对铁矿成矿理论的认识不断深化, 有了新的突破, 也推动了找矿预测的发展。此外, 由于选矿和加工技术的提高, 过去被视为不能利用的铁矿, 现在也重新认识, 重新部署铁矿资源预测和找矿预测。根据区域地质背景, 成矿条件, 找矿潜力, 在我国西部地区可以划定 9 处成矿区作为铁矿资源预测区, 预测潜在资源量达 200 亿吨(见表 1); 东部地区可以划定 6 处成矿区作为铁矿资源预测区, 预测潜在资源量约 178 亿吨(见表 2); 合计约 378 亿吨。

2.2 生产能力快速增长

近年来, 钢铁产量大幅度增长, 刺激多种类型的投资投向国内铁矿采选业。2003 年国内铁矿采选业完成固定资产投资 50.07 亿元, 2004 年猛增到 132.94 亿元, 2005 年又增至 250 亿元左右。在投资的拉动下, 国内仅新建矿山部分, 将增加铁矿石生产能力约 9000 万吨(见表 3), 今年矿石产量将达到 5.4 亿吨。

表 1 西部地区铁矿找矿远景区及资源预测表

远景预测区	预测储量/亿吨	重点找矿区段	重点区段预测储量/亿吨
攀西	70	矿山梁子-白林山、通安-淌塘街、满营沟-小街、白马-米易-红格、 攀枝花-萝卜地、太和-民胜-里庄	
滇中	10	迤纳厂-鹅头厂、玉溪-峨山、鲁奎山-石屏、大红山外围	
阿尔泰	10	阿尔泰南缘-查尔斯克-乔夏哈拉	6.22
西天山	20	式可布台-查岗诺尔、莫托沙拉-乌兰美仁	7.05
东天山	32	阿齐山-黑鹰山、阿拉塔格-天湖、磁海-古堡泉、梧桐沟-古堡泉	26.83
西昆仑	10	西昆仑山北段	2.17
唐古拉	8	唐古拉	6.09
冈底斯	20	冈底斯	3.20
蒙中	20	温都尔庙及卡巴-红格尔、白云鄂博-翁公敖包、小余太-西德岭	5
西部地区	200		56.56

表 2 东部地区铁矿资源远景预测区及资源预测

远景预测区	预测储量/亿吨	重点找矿区段	重点区段预测储量/亿吨
鞍本	50	鞍山南部亮甲、大牛岭、隆昌 抚南萝卜坎沟-马圈子 串连沟-柳木匠沟	10
冀东	50	滦县-迁安 遵化-宽城 滦平 密云沙厂-苇子峪 怀柔狼虎哨-龙王庙	10.9
辽西	30	新地-建平 东五家子-北广富营子 东洼-旧庙	5
张宣	8	赤城县摆擦-镇宁堡 赤城县青边口-天子湾 赤城县近北庄外围 赤城县于家沟	1.1
五台-吕梁	30	吕梁袁家村-狐姑山 五台皇家庄-东山 五台赵家湾-宽滩-平型关 太行阜平 太行唐县-曲阳 临城-邢台	11
蒙东	10	克什腾旗黄岗铁矿外围 东乌旗朝不愣-查干敖包	2
东部地区	178		40

表3 国内新建矿山

序号	项目名称	储量/万吨	品位/90%	矿石类型	建设规模/万吨
1	鞍钢胡家庙子铁矿	111370	30.46	磁、赤	1000
2	唐钢司家营铁矿	170200	30.01	磁、赤	700
3	唐钢石人沟地下铁矿	8259	31.33	磁	200
4	首钢孟家沟铁矿	17600	25.9	磁	600
5	攀钢白马铁矿	69093	27.1	钒钛磁铁	650
6	攀枝花红格铁矿	310790	21.98	钒钛磁铁	500
7	重钢太和铁矿扩建	69865	30.79	钒钛磁铁	300
8	马钢高村二期	34600	20.48	磁	700
9	安徽霍邱铁矿	165900	38	磁	1000
10	昆钢大洪山铁矿	45800	48.85	磁、赤	400
11	陕西大西沟铁矿	30203	28	菱	800
12	福建马坑铁矿	3500	38	磁	500
13	安徽龙桥铁矿	10363	35	磁	250
14	山东李官集铁矿	5500	36.7	磁	100
15	河南中加矿业	6702	36.5	磁	300
16	邯钢中官铁矿	9960	42.3	磁	200
17	葫芦岛建昌铁矿	14000	29.94	磁	200
18	青海肯德、东磁铁矿	10324	35.8	磁	150
19	内蒙黄岗铁矿	10800	40	多金属	200
20	内蒙宁城铁矿	5000	34.28	磁	100
21	内蒙书机沟铁矿	6707	35.52	磁	100
22	湖南祁东铁矿	12255	29.44	磁、赤	260
合计		1160291			9210

3. 大力加强采选技术攻关，提高资源综合利用水平

发展、应用先进铁矿采选新技术不仅仅是为了满足提高我国铁矿资源保障程度的需要，它也是坚持科学发展观，建设资源节约型、环境友好型的铁矿资源开发体系的必然选择。建立资源节约型、环境友好型的铁矿资源开发体系，就是要依靠科技进步在采矿过程中提高回采率，在选矿过程中提高金属回收率，更新采矿方法，改进选矿工艺，使我国品位低、粒度细、复杂共生的难选铁矿石得以合理利用，提高资源综合利用率。

3.1 采矿技术进步及重点开发的关键技术

3.1.1 采矿技术进步

(1) 露天铁矿

50年代，矿山建设初期，大多采用单一的铁路开拓运输和全境界开采。60年代，露天矿剥采比增加，随着15、25、30、60吨的汽车研制成功，发

展了汽车开拓运输。70年代开展了露天边坡研究与治理，黑色露天矿大多进行了边坡研究。通过多年研究，形成了我国独有的矿山边坡系统研究模式，为矿山寻求合理边坡角，强化边坡治理提供决策依据。80年代应用的陡帮开采工艺和90年代发展的高台阶开采工艺与分期开采为矿山注入了活力。陡帮开采在本钢南芬铁矿的应用表明，工作帮坡角可从8-10°提高到20°。这项技术改变了我国几十年缓帮开采的局面，是一项重大的技术进步。分期开采分别进行了矿床模型软件的开发研究和矿床模型建立，如露天矿开采境界及分期开采开拓运输系统优化设计及软件，露天矿生产能力确定及剥采计划编制软件等，并在大冶、南芬、海南、大孤山铁矿予以实施。结果表明，分期开采比全境界开采减少基建剥离量20%-30%，降低前期采矿成本13.8-28.9%。“七五”和“八五”攻关期间，开展了露天矿综合运输的工业试验，汽车-胶带综合运输已在石人沟铁矿、鞍山铁矿、大孤山铁矿用于生产；在齐大山铁矿、水厂铁矿、南芬铁矿的技术改造与

扩建中都设计采用了这一运输方式。汽车-铁路综合运输工艺已在南山、大冶、包头、朱家包包等铁矿中应用,大大提高了矿山运输能力。

(2) 地下矿

地下矿开采工艺由初期的浅孔留矿法发展到60年代的无底柱分段崩落法,以及后来部分应用的自然崩落法。目前,无底柱分段崩落法开采的矿量已占地下矿开采量的80%,先后对大庙、梅山、程潮、金山店、符山、玉石洼、小官庄、镜铁山、西石门铁矿进行的技术攻关,极大地完善了地下采矿方法。

3.1.2 重点开发的关键技术

(1) 露天铁矿

露天开采是我国铁矿资源的主要开采方式。其采出的资源量占总回采量的85%左右,露天开采尽管具有生产条件好、安全高效、资源回收率高等优点,但随着服务年限的延伸,采深逐渐增大,现已有16座年产铁矿石300万吨以上的大型露天矿山转入凹陷开采或深凹开采,它们面临深部开采的技术安全和效率问题,这是近段时期亟待解决的关键问题。

① 露天矿深部开采综合运输及大倾角运输工艺技术

汽车-铁路或汽车-胶带综合运输系统的优化可以确定不同的单体运输及组合方式。包括最佳转载位置,方式和陡坡铁路工艺,以提高运输效率,降低运输成本,研制和开发适合我国矿山条件的大倾角运输设备和开采工艺。

② 露天转地下开采平稳过渡及综合开采技术

由露天向地下开采过渡是采矿的最困难时期,目前已有大冶、南山、石人沟、大新、沪沽等矿处于这样的时期,这时期一系列的特殊技术问题,包括:合理确定露天开采极限深度的技术,露天转地下开采的产量衔接技术,露天坑盆地的顶柱与缓冲垫层问题,充分回收矿产资源的露天与地下联合开采技术,以及边坡管理与残矿回采技术等。

③ 矿山数字化管理信息系统技术

重点是基于GPS定位的露天矿自动化生产调度模型和软件系统的开发应用,以大大提高生产效率。

(2) 地下矿

进一步推广先进的采矿方法。我国自60年代引进无底柱分段崩落法,先后在镜铁山、大庙、符山等矿山进行了试验攻关,大多数矿山采用10m*10m的结构参数,梅山矿业有限公司应用15m*20m结构参数回收率达到84.93%,贫化率仅

为11.52%。为提高矿山生产能力,提高采矿强度,结构参数应进一步加大。同时要根据不同的矿体情况,分别采用矿块崩落法、自然崩落法以及有底柱的阶段崩落法,要重视地下矿的放矿和空区处理,努力实现地下矿的无废开采。

3.2 选矿技术进步及重点开发的关键技术

我国铁矿石“贫、细、杂”的赋存特点决定了中国特有的难选矿石这一世界性难题,需要新技术、新设备不断解决。经过多年技术攻关,尤其是近年来市场强劲需求的拉动,铁矿选矿技术在若干重要领域取得了令世人瞩目的长足进步。

3.2.1 选矿技术进步

(1) 红矿选矿技术进步

我国红矿资源储量大,可选性差,主要分布在辽宁、河北、甘肃、安徽、内蒙、河南、湖北、山西、贵州等地。红矿选矿一直是我国选矿界的一大难题。在为鞍钢调军台新建900万吨选矿厂而进行的合理选矿工艺流程攻关中,长沙矿冶研究院首次以淀粉为抑制剂,高效阴离子浮选剂RA-315为捕收剂,推荐的弱磁-强磁-阴离子反浮选流程为设计采用,并在投产后取得了铁精矿品位66.5%,铁回收率84%的优异分选指标,相较原来的齐大山选厂精矿品位63%、回收率73%的分选指标有了重大的进步。这一创新性的成果为阴离子反浮选在我国红矿选矿厂的推广应用起到了示范作用。此后齐大山选矿厂、东鞍山选矿厂、司家营选矿厂、舞阳红铁矿选矿厂、弓长岭红铁矿选矿厂均已按此流程新建或改建,并取得成功。以此流程为基础的关门山、胡家庙红铁矿选矿厂也在建设准备中。其中,齐大山选矿厂的铁精矿品位由63%提高到67%,回收率由73%提高到75%,东鞍山选厂铁精矿品位在回收率不变的前提下,从60%提高到64%。至此,我国红矿选矿技术取得了突破性进展,全行业技术水平和经济效益得到大幅提升。

(2) “提铁降硅”技术进步

长沙矿冶研究院余永富院士以选矿、炼铁综合效益为依归,提出在铁矿选矿厂开展“提铁降硅”的技术思路,其核心是进一步降低铁精矿中硅含量,使更好地满足炼铁工业的需要,并以此来进一步提高铁精矿品位。大多数磁铁矿选厂根据这一思路在磁选作业后增加了反浮选工艺以进一步脱硅,取得了很好的效果,开展“提铁降硅”后的选矿厂生产指标见表4。

(3) 菱铁矿选矿技术进步

我国菱铁矿资源较为丰富,已探明储量近20亿吨,由于菱铁矿的理论铁品位较低,且经常与钙、

镁、锰呈类质同象共生,采用普通选矿方法铁精矿品位很难达到45%以上。2004年长沙矿冶研究院针对大西沟菱铁矿在陕西大西沟铁矿进行了工业试验,研究开发的焙烧-磁选-反浮选工艺取得了焙烧矿品位30.08%,最终精矿品位61.48%,总尾矿品位8.25%,金属回收率83.83%的先进指标。

大西沟菱铁矿是迄今为止我国已探明的储量最大的菱铁矿矿床,储量3.02亿吨,复杂难选,该成果攻克了菱铁矿选矿技术难题,其所研究的工艺流程已被设计采用建设90万吨/年一期选矿厂。为大规模开发近20亿吨的低品位复杂菱铁矿奠定了坚实的技术基础。

(4) 多金属型铁矿石综合回收技术进步

我国难选多金属共生铁矿石主要有包头白云鄂博稀土铁矿和攀枝花钒钛磁铁矿等。这类型铁矿石的特点是矿物组成及共生关系复杂,由此造成铁精矿选别指标低,共伴生有价元素的回收率低。针对这两种矿石,进行了长期的技术攻关,取得了阶段性的重大胜利。

① 包头白云鄂博铁矿石

白云鄂博铁矿石是一个以铁、稀土、铌为主的多金属大型共生矿。含有71种元素,170多种矿物,矿石分为磁铁矿石和氧化铁矿石两类。氧化铁矿石因矿物嵌布粒度细、共生关系复杂、有用矿物和脉石的物化性质相近而难以分选。从60年代开始,国家对白云鄂博铁矿的铁、稀土、铌的选矿组织过多次的科技攻关,曾详细研究过20多种选矿工艺流程。1990年,长沙矿冶研究院与包钢合作,采用弱磁-强磁-浮选工艺流程改造包钢选矿厂的氧化铁矿石选矿系列,进行工业试验,获得重大突破。1993年,按该流程改造全部氧化铁矿石选矿系列。多年来,连续生产结果显示,选矿效果良好。铁精矿品位60-61%,铁回收率71-73%。其中有害杂质含量氟0.78%,磷0.12%;稀土精矿稀土品位为50-60%,平均55.31%,稀土回收率12.55%,稀土中矿稀土品位为34.49%,稀土回收率为6.01%,稀土总回收率18.56%。

② 攀枝花钒钛磁铁矿石

攀枝花钒钛磁铁矿占我国钒钛磁铁矿的87%左右。主要有用矿物为钒钛磁铁矿和钛铁矿。钒钛磁铁矿采用弱磁选易于回收,磁选厂已于1978年建成投产,年产5万吨钛精矿的选钛厂也于1979年底建成投产,1990年规模扩大至10万吨/年。其入选原料为选铁尾矿,首先按0.045mm分级为两部分,大于0.045mm级别的钛铁矿,采用重选-强磁-脱硫浮选-电选工艺流程回收粗粒级,含 TiO_2 大于47%的钛铁矿,对原矿回收率10%左右。1997年细粒钛铁矿浮选捕收剂研究成功,并研究成功了强磁-脱硫浮选-钛铁矿浮选工艺流程,回收小于0.045mm的细粒级钛铁矿。该流程采用MOS浮选捕收剂,在弱酸性矿浆中处理细粒级钛铁矿,浮选钛精矿品位47.3-48%,细粒级钛回收率10%左右。粗、细粒钛精矿总回收率为20%,为攀钢钛铁矿选矿翻开了新的一页。选钛厂实际处理能力也因技术进步扩大到30万吨/年。

(5) 高效选矿新设备、新药剂

红矿选矿、菱铁矿选矿以及多金属共生铁矿综合回收技术进步,得益于一批新设备、新药剂的研发成功并投入使用,其中较为重要的有:

① SLon 立环脉动高梯度磁选机

20世纪80年代末期,由赣州有色冶金研究所研制的SLon型脉动高梯度磁选机,以其独特的结构和良好的性能引起选矿界高度重视和密切关注。经过20多年的不断改进,该机已形成了系列产品。SLon脉动高梯度磁选机作为我国新一代高效强磁选设备,在国内的销售总量已达400多台,广泛应用于赤铁矿、非金属矿选矿。在赤铁矿选矿中,调军台选厂、齐大山选厂、昆明大红山选厂、马钢姑山选厂、梅山铁矿选厂应用该机显著改善了选别指标,并使流程更为顺行。此外,攀枝花铁矿将该机用于微细粒级钛铁矿磁-浮流程中的磁选部分,也取得较好效果。

② RA 系列阴离子反浮选捕收剂

RA系列阴离子反浮选捕收剂是以脂肪酸及石

表4 选矿厂“提铁降硅”改造前后铁精矿质量

厂名	改造前精矿品位/%		改造后精矿品位/%		备注
	TFe	SiO ₂	TFe	SiO ₂	
鞍钢弓长岭选矿厂(磁铁矿)	65.5	8-9	68.9	<4	阳离子反浮选
鞍钢齐大山选矿厂(红铁矿)	65	9-10	67.5	<4	阴离子反浮选
太钢尖山铁矿选矿厂(磁铁矿)	65	8-9	69	<4	阴离子反浮选
本钢南芬选矿厂(磁铁矿)	67.5	6.5	69.5	<4	磁选柱
酒缸选矿厂焙烧磁选铁精矿(镜铁矿)	55.2	11-12	62	<6	阳离子反浮选工业分流试验

油化工副产品等为原料经改性制成的, 现已有 RA315、515、715、915 等多个品种供应, 已成功用于调军台、齐大山、东鞍山、舞阳、胡家庙等多个红矿选矿厂, RA 系列药剂捕收能力强, 选择性好, 其分选效率及用量可与胺类等阳离子捕收剂相媲美, 对矿泥有较好的耐受性, 是红矿选矿取得技术突破的关键因素之一。

3.2.2 重点开发的关键技术

(1) 细粒复杂难选矿的有效利用

①细粒嵌布、脉石为含铁硅酸盐的磁-赤铁矿选矿技术

这类矿石储量大, 有近 30 亿吨, 代表性矿区为太钢袁家村和昆钢惠民矿。因为嵌布粒度太细 (-400 目 90%) 造成单体解离, 分选困难。此外, 铁矿物与含铁硅酸盐脉石矿物的物理化学性质相近, 也造成分选困难, 使其尚无法在工业上大规模利用。针对这类矿石应加强微、细破磨设备, 精确分级技术, 更高效的磁分离设备和更高效的絮凝剂、捕收剂的研究。

②菱铁矿工业生产相关技术

菱铁矿选矿技术已获突破, 现在在建的有陕西大西沟矿业有限公司选矿厂, 一期年处理能力 90 万吨, 还有新疆克州切列克奇的建宝选矿厂, 年处理能力 200 万吨, 这两个厂的建设、投产尚有许多技术问题需要配套完善, 关键是大型磁化还原焙烧装备的开发, 包括窑内中低温、弱还原气氛精确控制, 燃料与还原剂互补, 以及高效节能燃烧系统设计等, 这两处菱铁矿选矿厂的投产成功, 将使国内菱铁矿开发利用掀起高潮。

③鲕状赤铁矿石选矿技术

鲕状赤铁矿嵌布粒度极细且经常与菱铁矿、鲕绿泥石和含磷矿物共生或相互包裹, 因此鲕状赤铁矿石是目前国内外公认的最难选的铁矿石类型。根据我国可利用铁矿资源的现状, 研究鲕状赤铁矿的高效选矿技术已凸现重要性, 应投入相当力量, 但工业开发利用现在还不具备条件, 应格外谨慎。

(2) 进一步开发“提铁降杂”技术

在“提铁降硅”取得成功的基础上, 将矿山与冶炼作为一项系统工程, 进一步开发“提铁降杂”技术十分重要, 主要是氟、磷、硫、钾、钠等有害杂质的降低。

(3) 近一步提高多金属共生铁矿的综合利用水平

前已述及, 虽然多金属共生铁矿的综合利用已取得骄人成绩, 但包头白云鄂博矿稀土的总回收率以及攀枝花钒钛磁铁矿中钛的总回收率还都只有

20%左右, 仍应依靠科技创新持续不断的提高回收率。注意保护好堆存在尾矿库中的珍贵资源。

(4) 注意几种新设备及药剂的进一步开发和推广使用

由鞍山科技大学、东北大学研制的基于复合力场构思的磁选柱; 中国矿业大学研制的用于反浮选的浮选柱; 北京科技大学将草分枝杆菌作为赤铁矿、石英分离时赤铁矿的絮凝-捕收剂的研究等均应受到重视与关注。

(5) 选矿自动化控制技术和信息化管理技术

4. 矿山生态环境保护及灾害控制

本着节约资源、环境友好、以人为本的原则, 搞好生态环境保护及灾害控制十分重要, 应解决的关键技术包括: 降低采矿时环境破坏的综合技术; 控制对地下水、地表水和土壤的污染技术; 控制粉尘污染的技术; 水循环利用技术; 扩大固体废物利用途径和利用总量实现无废开采的技术; 矿山土地复垦工程技术; “三下”矿床及具有水害危险的复杂矿床开采技术; 露天矿边坡滑坡监测及控制技术; 排土场滑坡及泥石流监测及防治技术; 尾矿坝安全监测及控制技术以及矿山地质灾害监测及控制技术。

参考文献:

- [1] 邹健等. 世界铁矿产情. 中国冶金矿山企业协会, 2005, 1.
- [2] 焦玉书. 世界采矿技术的发展与中国铁矿增产的途径. 东北大学出版社, 1995, 9.
- [3] 牛京考等. 冶金矿山科学技术的回顾与展望. 煤炭工业出版社, 2000, 12.
- [4] 邢新田. 中国铁矿资源概论. 世界铁矿生产技术. 中国冶金矿山企业协会, 2005, 1.
- [5] 侯学林. 中国铁矿资源现状与潜力. 地质找矿论丛, 2005 (4)
- [6] 邹健. 2006年中国铁矿业面临的形势. 冶金管理, 2006 (1)
- [7] 王运敏等. 我国大型露天矿开采的主要薄弱环节及对策. 金属矿山, 1998 (5).
- [8] 范庆霞. 梅山大间距采矿技术与主体采掘设备应用. 宝钢技术, 2006 (2).
- [9] 董振明等. 大间距无底柱分段崩落采矿法的研究与应用. 宝钢技术, 2005增刊.
- [10] 王进学等. 大型露天金属矿山深部开采技术研究. 金属矿山, 2005 (7).
- [11] 余永富. 国内外铁矿选矿技术进展及对炼铁的影响. 矿冶工程, 2004 (1).
- [12] 余永富. 我国铁矿山发展动向、选矿技术发展现状及存在的问题. 矿冶工程, 2006 (1).

- [13]张泾生等.我国黑色冶金矿山的选矿技术进步.金属矿山, 2000 (4) .
- [14]张泾生等.鞍钢齐大山贫红铁矿选矿工程技术研究.矿冶工程, 2003 (2) .
- [15]韩跃新等.我国金属矿山选矿技术进展及发展动向.金属矿山, 2006 (1) .
- [16]孙炳泉.近年来我国复杂难选铁矿石选矿技术进展.金属矿山, 2006 (3) .
- [17]杨慧芬等.草分枝杆菌与赤铁矿和石英间的作用力分析.金属矿山, 2006 (4) .

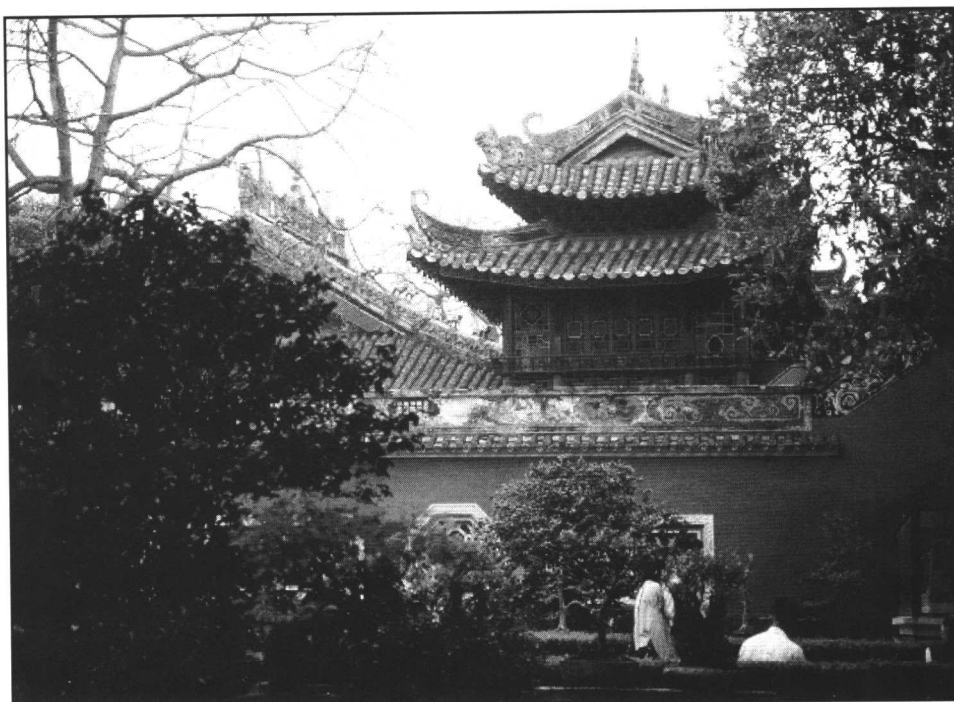


迎接钢产量增加带来的挑战

Dr. Gregory Ludkovsky
阿塞洛-米塔尔钢铁集团



1



从太空上看，可以清楚地看到在天空中
这个蓝色的星球是多么的小。

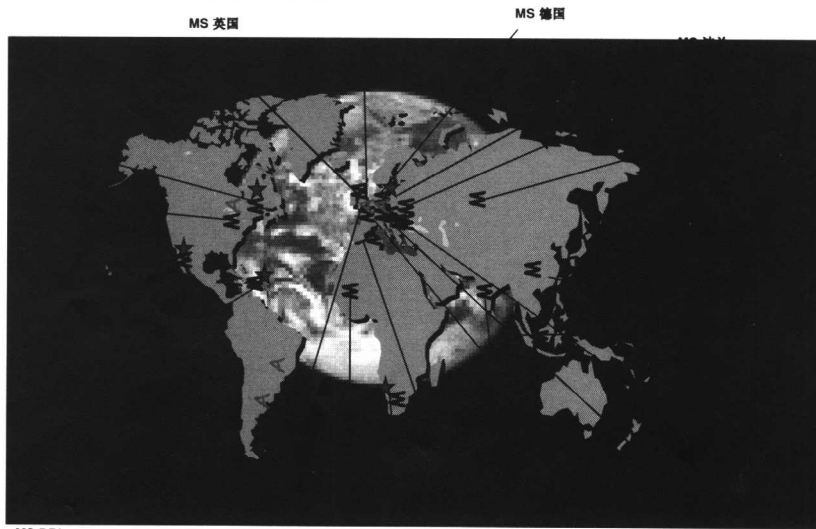
arcelor
MITTAL



3

阿塞洛-米塔尔钢铁集团是世界上最大和全球
化程度最高的 钢铁公司 – 所以我们所关注的
同样也都是全球性的问题。

arcelor
MITTAL



4

国际钢铁协会 可持续报告指出 产业的发展应致力
于以下方面:



- 投资新工艺和新产品
- 营运利润率
- 资本利润率
- 附加值
- 材料利用率
- 钢铁的再循环利用
- 能量强度
- 温室气体排放
- 环境管理系统
- 员工培训
- 事故伤害率造成的时间损失

5

今天我们技术人员将致力于下列这些直接
接触的领域。



- 投资新工艺和新产品
- 营运利润率
- 资本利润率
- 附加值
- 材料利用率
- 钢铁的再循环利用
- 能量强度
- 温室气体排放
- 环境管理系统
- 员工培训
- 事故伤害率造成的时间损失

6

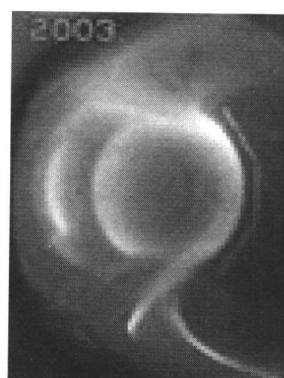
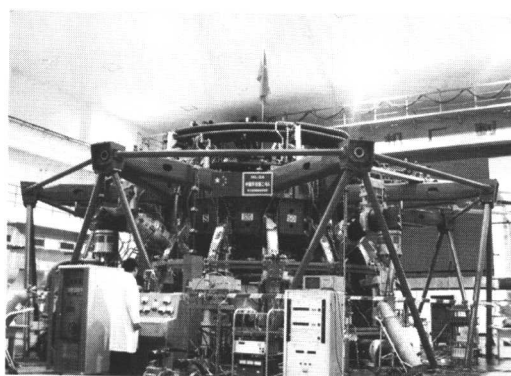
理论上,北京如此面积的城市每小时所接受的太阳能能够提供世界上所有炼钢厂所需要的250,000 MW能量。

 arcelor
MITTAL



模拟太阳聚变产生能量,中国正在开展核聚变项目。

 arcelor
MITTAL



8