

西德、巴西、罗马尼亚、西班牙、
芬兰、意大利金属矿业
科研体制及科技动向

盛桂浓 余宗周

目 录

概况.....	(1)
一、矿产资源、矿山生产能力和技术水平.....	(1)
二、矿业科研体制简述.....	(3)
主要矿业科研机构及其科研动向和研究成果.....	(4)
参考文献.....	(22)

概 况

一、矿产资源，矿山生产能力和技术水平

南非面积122.33万平方公里，人口2128.2万人。南非拥有较丰富的矿产资源。金属矿物储量：锰矿石7.17亿吨，铬矿石22.68亿吨，黄金1.8万吨，铂族金属1.244亿吨；这些矿物的储量均居世界首位。其他矿物储量，如金刚石，铀、钛、锑、钒、萤石、石棉等也都居于世界前列。此外，还有煤、铁、铜、铅、锌等资源。

采矿业是南非经济的主要支柱。自1905年以来，南非一直是世界上最大的黄金生产国。1970年黄金产量曾达到1000吨的高峰，以后逐渐下降，但近年稍有回升，1986年产量为640吨。铬铁矿产量亦居世界首位，年生产水平在300万吨左右，1984年为300.8万吨，1985年为299.5万吨。锰矿石产量为304.9万吨（1984年），仅次于苏联，居世界第2位。1986年铁矿石产量2336万吨，居世界第7位。关于铂族金属，无正式生产数字，据美国矿务局报道，1982年和1983年南非铂族金属产量约为80吨，仅次于苏联，为世界第二大铂族金属生产国。

近年南非钢产量和主要矿产品产量如下。

	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年
钢产量(万吨)	899.1	825.5	700.4	770.5	860.0	910.0
铁矿石产量(万吨)	2832.0	2460.0	1600.0	2424.0	2439.0	2336.4
锰矿石产量(万吨)		521.7	288.6	304.9		
铬矿石产量(万吨)		216.4	223.2	300.6	299.5	
黄金产量(吨)	712.0	662.5	667.9	681.3	673.3	640.0

南非的矿产品有相当部分出口。例如，1984和1985年铁矿石出口量分别为1190和1020万吨，占产量的45.4%；同期铬铁矿出口量分别为121.43和118.53万吨，占产量的40%；1985年锰矿石出口量为303.8万吨，所产矿石几乎全部出口。

南非露天金属矿山开采技术和装备水平比较先进，如西申铁矿和帕拉博拉铜矿都是世界著名的现代化特大型露天矿山。这两座矿山于1979~1980年先后成功地试验改装了架线式电动轮汽车，获得了显著的经济效益。这种技术可以电代油，具有很大的节能潜力。

南非地下矿山的和装备水平不高，但是深矿山的采掘技术（包括井巷掘进，深井提升，地压管理以及深矿山高温冷却技术等）具有相当高的水平。近年来，南非地下矿山努力提高机械化水平，采用液压凿岩台车，大型铲运机等。

南非黄金矿业是世界上最大的矿物工业之一。1971~1981年南非矿业总投资约为100亿南非兰特，其中黄金业占一半左右，1985年南非仅黄金和铀矿企业的基建投资即达19.11亿兰特。1981年南非黄金销售额达85.56亿兰特，占全南非矿物销售总额的60%以上。1985年黄金矿业从业人员达到72.5万人。由于价格上涨，南非金矿平均开采品位从1970年13.28克/吨下降到1985年的6.1克/吨。同期，黄金矿山的矿石生产能力从7500万吨增加到1.04亿吨。开采成本上升，主要是由于提高工资和通货膨胀。南非黄金税收政策不利于黄金采掘工业的长远发展。目前，南非黄金工业的发展，主要是老矿山扩建和改造。南非主要黄金产地西维茨朗因今后5年间用于扩建工程的基建费用总计将为60亿兰特。

作为南非地下矿山主体的黄金矿山在开采技术和矿山安全方面的进步包括：①为冷却矿山深部中段并改善工作环境，研制了一种

冷却装置，一年可节约4000万美元，它使南非许多深矿山继续具有技术和经济上的活力。②为了避免将废石提升到地表，研制了一种井下离心式磨矿机，这极有利于降低生产成本和改进矿山安全生产。③生产了一种水介质液压凿岩机，取代风动凿岩机，提高了凿岩效率并降低了噪音。④研究了解决深部开采中段岩石突出的新方法及采用新型支护系统。⑤矿山公会的安全部门采用了国际矿山安全定级法，这种美国和南非联合制定的检查安全操作效果的方法大大提高了矿山的安全生产。

二、矿业科研体制简述

南非主管矿业研究与开发工作的是矿物和能源部以及矿山公会，研究工作由下列研究机构进行：

1. 政府研究与开发机构。

包括地质调查所和矿物技术委员会等。前者进行地质填图、矿床和各种地质现象的研究等。后者是南非最主要的矿业研究与开发机构之一，下面将做专门介绍。

2. 矿业公司经营的研究机构。

这些研究机构的规模从几十人到数百人不等。这些研究机构主要从事新矿床的发现和评价，新工艺方法的开发和工厂问题解决办法的研究。这些研究单位取得的科研成果，证明它们对整个矿业是有利的。人们注意到英美公司的下列研究工作：碳浆法提金技术，从尾矿堆回收金的工艺方法，以及发展 Highveld 钢和钒的生产工艺。约翰内斯堡联合投资公司矿物加工研究所的研究课题包括铬铁矿球团矿的预还原，从辉锑矿炉渣中回收金以及管式反应器中铀矿石的高区釜浸出。

矿山公会研究组织是南非另一重要矿业研究机构，它由矿业企业提供研究资金，有自己的研究所，所以它的工作重点是研究深水平矿山存在的问题。

3. 大学的矿业科研工作。

除了培养科学工作者和工程师的重大任务之外，各大学制订的矿业研究计划主要是有关矿物工业的基础研究课题。

4. 私营商业性研究单位。

南非有许多商业性研究单位，这些单位一般规模较小，它们按合同承担研究工作，如分析和选矿等。

主要矿业科研机构及其科研动向和科研成果

一、矿山公会研究组织 (The Chamber of Mines Research Organization)

该研究组织的研究领域包括：采矿技术、提取冶金以及关于人员的研究项目，如应用心理学、生理学和环境因素。在下列领域获得了出色的研究成果：井下掘进、井下采矿机械化、深矿山冷却技术以及选矿研究。取得的研究成果都直接与黄金矿山存在的问题有关，特别是与深度大的矿山有关。矿山公会各研究单位的存在保证了南非深矿山采矿继续具有技术和经济上的生命力。

矿山公会研究组织从事能克服或至少可以缓和采煤以及黄金开采工业所面临的各種问题的方法、技术和设备的研究。研究与开发计划由该公会各成员单位联合筹集资金。下述6个课题说明该研究组织参与了矿业部门所关心的一些问题。

1. 工人的选择和考核

影响工业企业的主要的人员问题之一是需要了解工人。特别是受过良好教育的那些工人的素质和潜在能力。对他们进行培训，以缓和技工工人的短缺问题。这可以通过对新来工人进行有效选择和考核来完成。

2. 黄金分析设备

发展了用放射性同位素荧光分析黄金的现场分析方法，对矿石中的含金量进行评价。这种方法用人少，比常规的碎片取样法具有更大的灵活性。

3. 井下冷却用水

对深水平矿山冷却用水的研究在保持合格的工作环境方面取得了重大的进展。已有26座黄金矿山采用了这种系统将冷却用水送入井下巷道中。

4. 液压凿岩机

用水基液体驱动的液压凿岩设备的发展可望提高凿岩效率并提高产量。与风动凿岩机比较，手持式液压凿岩机具有较高的凿岩能力和凿岩效率。

5. 爆破器材试验

为了改进爆破技术，需要发展效率更高的串联爆破法，而且必需保持爆破器材的可靠性。已经设计了一条井下爆破平巷，它可对爆破条件进行模拟。从模拟中获得的资料可用于评价爆破器材和爆破炮孔排列法。

6. 连续采矿机

在煤矿开采中，进口连续采煤机的使用数量增加了。为使这些设备适应硬煤的开采条件，已对煤的物理性质和该设备的性能进行了分析，目的是确定最佳的设计技术条件。

7. 矿山安全

为了加强矿山安全的调查研究，特别是1986年9月15日金诺斯金矿井下焊接发生爆炸矿工死亡177人之后，在该研究组织内设立了两个安全研究单位，一个是危险物料研究单位，它进行与井下使用各种材料有关的危险的鉴定，对危害程度进行估计并提出减少危害的建议；二是多专业任务专家小组，他们将调查和提出在发生火灾和爆炸时对矿工进行大力保护的建议。

二、矿物技术委员会(The Council for Mineral Technology)

成立时间：1934年

人员组成：700人

这个研究机构是南非最主要的矿业研究与开发组织。它在1934年开始进行研究工作时，是矿山部和威特沃特斯兰德大学的一个小型联合研究单位。1944年取名为政府冶金研究所。根据1966年南非议会的一项法令，它成为一个独立的法定研究机构，称全国冶金研究所，1981年更名为矿物技术委员会。在过去20年间，这个研究机构的人员已由100人增加到700人，成为西方世界这类研究机构中最大的研究组织之一。该委员会成员由矿物和能源部部长任命，财政部负责向它提供科研资金。该委员会帮助执行矿业科研决策。它通过承包研究项目筹集一部分研究经费。它的研究工作是与企业之间相互影响的一种手段。

该组织进行矿物加工和提取冶金及有关学科的研究与开发。它存在以来的头30年内主要从事铬铁矿、钛磁铁矿、白云石和耐火材料的加工研究。在这30年以后，成功地进行了从威特沃特斯兰德矿

石提取铀的研究。此外，该研究组织还支持大学进行特定项目的研究。

矿物技术委员会设下列各研究部：

1. 矿物研究部

该部向矿物技术委员会提供矿石和中间产品特性的日常服务工作。进行各种矿物课题，特别是矿物成因的基础研究，以便改进选矿和提取冶金工艺技术。

2. 矿物化学和工艺化学研究部

这个研究部的工作涉及提取冶金方法中发生的反应以及确定那些参与这种反应的矿物的性质的研究。研究目标是对有关物理-化学背景资料进行解释，以便确立选矿的新概念，并对解决选矿问题做出贡献。该研究部的专门研究领域分为四类。

(1) 表面化学小组。这个小组主要是研究与浮选工艺有关的物理化学现象，但也延伸到相关的领域，例如矿浆粘度、絮凝和沉淀。

(2) 溶解化学小组。这个小组研究湿法提取冶金过程中发生的反应的动力学和热力学。

(3) 试剂化学小组。研制提取冶金使用的试剂，例如选择性离子交换树脂和溶剂萃取浮选药剂是这个小组的研究范围。

(4) 电化学小组。这个小组的研究力量致力于了解提取工艺的研究，涉及到电荷通过界面的传导，其中特别注意还原引起的浸出和沉淀机理。

3. 分析化学研究部

这个研究部为其他研究部提供常规分析服务，并负责分析新矿床的各种岩石、矿物和矿石。研究常规技术—仪器分析和化学分

析，并研究新技术。所用仪器分析法是放射光谱、x射线荧光分析、中子活化、原子吸收分光光度测定、质谱仪测定、极谱分析法以及电量计测定。重点放在单个和成组金属离子的分离，以便通过湿法化学或仪器分析过程加强其测定。分离技术包括离子交换、逆相色层法和液-液萃取。在这些分离方法的研究中常常采用放射性同位素示踪技术。该研究部还在发展自动载流分析方法方面与测定和控制研究部进行合作。

4. 选矿研究部

该部探索低品位矿品和难选矿石处理和精选的新方法，并试验适合于南非矿物加工的新型设备。通常不仅进行半工业性试验阶段的工作，有时也进行生产工厂规模的试验。该部还通过为进行进一步研究准备试样工作向其他研究部提供服务。为了进行研究，该部配置有范围广泛的碎磨、粒度分析、重选、分批浮选和连续浮选、磁选和静电选矿以及重介质选矿等设备。

5. 火法冶金和物理冶金研究部

这个部进行火法冶金中某些领域的工艺开发，如各种炉子工艺、流态化床反应器、电子束精炼以及等离子技术。研究范围从实验室规模试验、计算机研究到半工业性工厂试验。物理冶金是比较新的研究工作，它集中于采矿和冶金工业用材料的腐蚀和磨损等方面的最佳化研究。这个部主要的长远计划之一是用地方原料发展新型合金。

6. 湿法冶金研究部

这个部进行浸出、溶剂萃取、离子交换、电积等方面的研究开发工作。研究活动从实验室试验到半工业性试验。当工艺开发涉及到其他知识领域时，它承担与矿物技术委员会其他研究部的合作研

究计划。例如，为使新的湿法冶金工艺获得成功，可能需要发展选矿技术；要获得经过改进的电化学提取法，可能需要更基本的全面化学反应；或者矿物研究工作可能有助于特殊矿石处理用的正确工艺方法的选择。

7. 测定和控制研究部

这个部参与可为矿物技术委员会本身或南非工业服务的各种测定与控制技术的研究工作。这个部的工作包括电子设备、仪表、控制系统分析以及联机数字设备的应用，其中多数与火法冶金和湿法冶金工艺用仪表和控制设备有关。除现有设备之外，还进行可以满足南非选矿厂需要的新技术的开发研究。在许多旨在使现有工业工艺方法进行控制和最佳化的大型项目研究工作中，该部与矿物技术委员会其他各研究部进行密切合作。以监测和控制方法为基础的冶金系统的最佳化是这个部科研活动的最终成果。这种方法在研究与开发组织的工艺技术的突破目标中占有适当的地位。

8. 专业服务部

这是一个新成立的单位。它与现有各部进行密切的合作，并负责下列活动：矿物技术委员会发展的技术的分步成本计算法，矿产品特种刊物的编辑出版，以及新成立的铬研究中心的管理工作。这个中心的主要目标之一是促进铬在冶金工业及其他领域中新用途的研究与开发工作。它还收集和传播全世界铬的生产及其用途的情报资料。

9. 研究小组

矿物技术委员会发起的许多研究项目在各大大学进行。为了与各大大学培养研究人员的任务联系起来，这些研究小组的研究工作多属基础研究。这些研究小组与主要研究机构保持密切的联系。

矿物技术委员会的管理原则

政府所属研究机构仍然面临这样的问题：对于国家来说，研究机构的真正价值是什么？科学技术研究已成为一种昂贵的事业，特别是南非对技术熟练的劳动力的需要方面更是如此。矿物技术委员会认识到，应当对研究工作进行管理和指导。不管它是否是在社会或私人的赞助下进行工作，研究与开发组织不应容忍低效率或组合不当。它的真正价值最终决定于它对环境的影响。

为了适应竞争的需要，矿物技术委员会已确定采用目标管理方法，这种方法的出发点是对它的任务作出判断。这就是说，研究机构是达到目标的一种手段。这就需要制订一个关键目标，说明其存在的理由。这个关键目标是该研究单位获得成功需要的机构、计划、规划、控制和最终估计的出发点。矿物技术委员会的关键目标如下：

通过提取冶金和相应学科的研究、开发、有效的技术转让和情报传播，提高南非的国民生产总值、国家安全和发展科学技术的基础结构。简单地说，矿物技术委员会的科研活动必须按下列方法进行组织和管理：它的工作有助于南非通过矿产开发赚钱，更加确立它在矿物技术领域中的世界上的领先地位。

据此，矿物技术委员会的研究项目分为下列三类：

(1) 在C类研究项目中，发起人支付全部费用，它是科研成果的唯一占有者（任何专利权都可以谈判）。因此，原则上它在研究方法方面拥有相当大的发言权。

(2) 在B类研究项目中，发起人支付部分费用（一般是50%），矿物技术委员会支付其余的费用。唯有发起人可以使用该项目最终

报告一年，一年后科研成果可以发表。当有几个矿业公司对某矿产品有兴趣时，一般选择这类项目。

(3) A类研究项目是长远的基础研究项目，一切费用都由矿物技术委员会承担。这类项目不具有直接的经济刺激作用，但是如果选择得好，当然也会具有B和C类项目的结果。

矿物技术委员会的科研成果

简单叙述矿物技术委员会的一些主要成就就可以说明南非的一个研究机构有能力解决它存在的各种问题，从而可以对矿物工业的经济活力及其稳步发展作出贡献。

黄金和铀是威特沃特斯兰德矿区矿石中的重要矿物组分。多年来，用包括氰化法和锌沉淀法的传统技术提取金，随后用硫酸浸出和溶剂萃取（或离子交换）法提取铀。长期以来，人们都知道活性炭可以吸附已溶解的金，美国霍姆斯特克矿山多年来采用这种技术处理矿石。矿物技术委员会进一步发展了这种技术，用以处理南非矿石，结果形成了当今著名的碳浆法。碳浆法大大降低了黄金工厂的基建费用和生产成本，目前正在建设或计划建设的碳浆法工厂具有月处理数百万吨原料的能力。这种方法回收率高，残渣中的金含量低达十亿分之二。

南非铬铁矿易碎，采出的矿石中，适于用潜弧电炉处理的块状矿石还不到一半。目前需要将粉矿制块造球。矿物技术委员会采用等离子炉技术的研究计划为将铬铁矿和粉状还原剂直接给入等离子炉反应区提供了现实可能性。这就再一次为本地矿体的成功开采带来了更大的希望。

还应当提到一个小型的但是重要的研究项目。一个著名的国际公司购买了南非的一座萤石矿山和工厂。该企业回收不充分，工厂

亏损，以至不得不考虑企业停产的问题。南非矿物技术委员会同意免费为该公司进行调查研究，只有当该委员会提出的解决办法使工厂具有经济上的活力的情况下，该公司才支付调查研究费用。不用说，这座工厂目前的生产是很成功的。

南非法定研究机构和私营研究机构的研究项目既有长远的基础研究，也有常规的研究。这种努力保证了科学技术的基础结构将继续在矿业中发挥作用，特别是技术和工业研究工作更是如此。

三、南非威特沃特斯兰德大学材料运搬研究小组 (Materials Handling Research Group, University of Witwatersrand)

对黄金矿山采场充填的研究

在大约3000米深部进行采矿的主要技术问题之一是岩石突出问题。为了尽可能减少这种现象的发生，需要控制能量释放速度。最能顺应某些控制方式的因素是采空区的顶板下沉。有几种控制采场上下盘闭合的方法，其中之一是废石充填。

目前，南非正在使用或正在研究的几种废石充填技术是：

一废石风力充填法（英美公司、技术开发服务公司）

一废渣、尾矿、废石以及水泥或飞灰混合料充填（约翰内斯堡联合投资公司）

一干废渣充填（南非金矿公司）

一湿废渣充填（西部控股金矿公司）

一分级充填（南非矿山公会）

一机械抛掷

这个研究小组进行了前三种充填方法的研究与开发工作。必须强调指出，一旦在采矿系统中全面采用充填技术，任一矿山由于缺

乏废石，大概需要采用上述的几种方法。应当指出，威特沃特斯兰德大学进行的各种试验都是以大规模充填系统进行的。第一种试验装置都是按最终井下开采系统设计的。因此，试验用充填管道长度、充填料卸料速度以及废石料都与所建议的最终系统一致。因此，得到的结果足以代表实际充填系统，因而不需要按比例扩大。为了尽可能根据实际条件进行试验，可以不断获得新废料。

对充填系统的要求

在对高效废石充填系统的必要性进行评价时，需要判断下列目标：

一要有良好的支护方法，以便降低与深部开采中的大回采宽度相联系的能量释放速度。

一减少采场支护中的木材使用量，从而增加井下其他材料的运搬时间。

一通过减少采场中木材用量来降低火灾危险。

一通过充填采空区改善通风。

一确认可以改进目前的采矿技术，包括井下初步拣选，以便只提升矿石，而废石则留在井下供充填用。

1. 废石风力充填

欧洲一些国家、北美和加拿大已经发展和采用了风力充填技术。南非斯泰因总统矿山已选择了Radmark和Brieden充填系统进行井下试验。

这两种系统都采用水平构型回转阀门。Radmark系统给料机有一转动体，带可调节侧凸轮，而Brieden系统则采用锥形转动体，带配对园筒。通过转动体向下运动进行调节。

运料用空气在给料机下面通过，它在给料段拾取废料并沿输送

管道进行运输。这两个系统都需要大量的低压空气。井下试验使用粒度达80毫米的废料。

在地表以下2100米的黄金生产矿段中进行的初次试验表明，废石产生有效的支护作用。充填废石的取样表明，原岩的压实密度达到大约80%。

遗憾的是，由于给料机和送料管道的过度磨损以及不合格的高含尘量，不得不放弃试验。给料机叶片尖部和外壳发生磨损。发生磨损导致整个充填系统效率的降低。而且，由于回转给料机的构型问题，供风量的损失达到25%。

由于存在这些问题，在威特沃特斯兰德大学建立了地表试验场。为了消除磨损和含尘问题，已经设计了新的给料系统，并进行了广泛的实验室试验。目前，150毫米管道的废石充填效率可达45吨/小时（原来的回转给料机通过200毫米管道可输送37吨/小时）。新系统的效率较高，而且大大降低了充填料的漏出量。

(1) 输送特点

在进行压实密度试验时，对充填料的输送特点进行了观察，特别是对空气流速、压力和动力消耗进行了监测。必须考虑到，进行试验是为了使充填系统的压实率最佳化。

研究所用试验设备为一条内径为150毫米的输送管道，包括两条90°的弯管和1条120°的弯管，水平总长度为57米。空气流量通过一个空气流量计（带密度校正用温度和压力传感器）进行监测。物料流量通过安装在给料机上面的漏斗腿部的负荷传感器进行监测。这些传感器都与扫描数据收集系统相联结，其结果用和数字记录器联结的微型计算机进行处理。

分级充填（小于25毫米）的典型试验产生下列结果：

充填料流速=33吨/小时

大气气流速度=70米/秒

大气气流压力=34千帕

输送压力=67千帕

从上述结果可以看出，这个系统是进行低压操作。在以33吨/小时运送25毫米废石时，还需要增加33千帕的压力。在用同一种充填料以52米/秒大气气流速度和19吨/小时的卸料速度进行试验时，平均动力消耗为38千瓦。

(2) 压实试验

进行了关于废石充填料的特点、输送速度以及从喷出口到靶箱距离对压实密度的影响的试验。

使用两种充填料进行了试验：从粉状到最大粒度的分级充填料，以及小粒度组成的粒度均匀的充填料。

试验结果表明，对于分级充填料和粒度均匀的充填料来说，大气气流速度约为60米/秒时获得了最大压实密度。小粒度充填料的压实密度比最大粒度的充填料要好一些。

此外还发现，在一系列试验中获得了大约2吨/米³的最大压实密度。必须看到，观察结果是按大粒度充填料需要附加动力的情况下获得的。而且发现，分级充填料料尘泄出比较严重。

在试验期间发现，粉料不弹出目标。在检查已布好充填料时还发现，粉料与大粒度料形成一个基体。

在已进行的各次试验中，最大压实率达到原岩的80%。但是，用含粉料百分比大的充填料获得了较高的压实密度。

(3) 料尘控制

对料尘泄出的研究表明，通过将输送空气（在拾取废石之前）