

南非黄金

(采矿部分)

冶金部长春黄金研究所情报室

一九七九年十二月

前 言

南非黄金产量一直居世界首位，黄金地质储量约佔世界总储量的60%，资源十分丰富，得天独厚。南非井下开采技术具有很高水平，开采深度最深已达3775米，居世界第一位，正在向4000米推进，不久可将在地表以下6000米作业。因此对于深井开采（高温、高压、提升高度大、运输线路长）等难题，进行了大量理论研究和实验，并推广了许多国家（英国、德国、美国、瑞典）新技术，取得了很多成果和宝贵经验。可以说，南非目前的技术水平正是国内外新技术相结合的结果。

根据冶金部黄金局的指示和部情报所“关于国外情报工作协调问题的通知”精神，初步编译了《南非黄金》（采矿部分）资料，仅供参考。在编译过程中，谢志田、李燕同志给予了很大帮助，表示感谢。因水平所限，错误和不当之处在所难免，欢迎批评指正。

张淑兰（编译）

宁兰生（审阅）

1979.12.31

目 录

第 一 部 分

概 况 1

一 南非采金历史评述 1

二 南非地质和储量 4

〈一〉维特瓦特斯兰德金砾岩矿床的成因 4

〈二〉德兰士瓦地区一般地质概况 6

〈三〉南非黄金资源的估计 8

〈四〉南非矿业协会所属金矿的储量 9

三 南非黄金产量 13

〈一〉逐年产量 13

〈二〉世界主要产金国家和地区的黄金产量 16

〈三〉南非黄金产量佔世界总产量的比重 17

〈四〉南非矿业协会所属金矿的产量 19

四 南非黄金储备、消耗及流向 19

〈一〉各国中央银行黄金储备 19

〈二〉南非黄金消耗 20

〈三〉世界金条流向 23

五 南非各黄金有限公司生产效果及其成分分析 24

〈一〉南非近三年老金矿生产效果 24

〈二〉南非生产成本上升的原因	35
----------------------	----

六 南非黄金企业	37
----------------	----

七 南非几个典型矿山简介	39
--------------------	----

〈一〉Vaal Reefs 采矿和勘探公司	39
-----------------------------	----

〈二〉西部深水平有限公司	40
--------------------	----

〈三〉东Driefontein 有限公司	41
----------------------------	----

〈四〉西Driefoneein 有限公司	41
----------------------------	----

第 二 部 分

南非黄金生产技术

一 采矿方法	43
--------------	----

〈一〉矿体赋存条件	43
-----------------	----

〈二〉现在常用的采矿方法	43
--------------------	----

〈三〉无爆破采矿方法的进展	45
---------------------	----

1 概 述	45
-------------	----

2 高能冲击锤	46
---------------	----

3 工作条件	48
--------------	----

4 试验工艺及生产能力的考察	51
----------------------	----

二 井下提升和采场运输	54
-------------------	----

〈一〉井下提升	54
---------------	----

1 一般情况	54
--------------	----

2 设计参数的选取	56
-----------------	----

3 钢丝绳	59
-------------	----

4 制动装置	60
--------------	----

5 电力驱动和自动控制	60
-------------------	----

(二) 采场运输	63
----------------	----

三 井下通风和冷却	63
-----------------	----

(一) 南非井下通风和冷却	63
---------------------	----

1 温度超过 27.5°C 认为是热的	65
---	----

2 生理要求人体温度为 37°C	65
--	----

3 井下空气速度最好为 2 米/秒以下	66
---------------------------	----

4 井下机口放出的热量	67
-------------------	----

5 用通风的办法冷却受到一定限制	68
------------------------	----

6 避免井下风扇增加热量	68
--------------------	----

7 把冷却装置放入井下	69
-------------------	----

8 有用的冷却作业水	71
------------------	----

9 模拟规范应用于系统设计	71
---------------------	----

10 价值一亿美元的冷却系统	72
----------------------	----

(二) 简介西部深水平金矿的通风和冷却	72
---------------------------	----

四 深水平排水	77
---------------	----

(一) 南非金矿深水平排水实践的评述	77
--------------------------	----

(二) 排水方式及常用的排水设备	80
------------------------	----

(三) 简介西部地区有限公司所属金矿的排水	80
-----------------------------	----

(四) 东西 Driefontein 金矿最大涌水	81
---------------------------------	----

五 井下掘进及设备	82
-----------------	----

(一) 凿井技术	82
----------------	----

(二) 平巷掘进	83
----------------	----

(三) 脉内天井的掘进	84
-------------------	----

(四) 富井掘进	84
(五) 简介东 Driefontein 五支臂平巷研岩台车	86
六 井下支护方法和新技术	89
(一) 快速可缩性液压支柱	89
(二) 电子计算机在岩石力学中的应用	91

第三部分

评深部开采	93
一 南非各产金区开米深度	94
二 高 压	94
三 高 热	100
四 运输(提升)线路长	104
五 结 语	106

参 考 文 献	107
---------------	-----

第一部分 概况

南非采金历史的评述

地质和储量

南非黄金产量

南非黄金储备、消耗及流向

南非黄金各有限公司生产效率及其成分分析

南非黄金企业

南非几个典型矿山简介

一、采金历史评述

古老的非洲是世界黄金的主要供给者，埃及人探查黄金在中世纪以前已达到了非洲的最南端，但在中世纪黄金的开采还仅仅限于局部地区进行，直到上世纪末发现了布尔人居住区南部非洲的含金砾岩富矿后，黄金的开采发生了根本性变化，得到飞速的发展。

南非的古老经济是欧洲的移民——布尔人以从事畜牧业为主，因为任何采矿工业都将意味着会带来牧场的毁灭，所以布尔人不但积极寻找矿物，而且极力阻止有益矿物的开发。

传说在1866年一个牧场占有者的儿子找到了一块重13克拉的金矿石以后，1867年在奥兰吉河岸上又拾到了一块重22克拉的金矿石，黄金是一个黑牧民1869年找到了一块重83克拉自然结晶矿物，在这以后吸引了企图发财者的注意，纷纷奔向了南非。当时南非将在几个小的共和国，有开普、德兰士瓦、纳塔耳，奥兰吉等。英布战争以后，殖民主义者把这几个小国合并成一个新的南非自治领，名称为南部非洲联盟，1961

年南部非洲独立改称南部非洲共和国 (HOAP)。面积为 224.3 万平方公里，人口 1 千 6 百 20 万，其中白种人 (欧洲人) 为 3 百 10 万，其余 1 千 3 百万为黑人。

采矿工业在南非经济中佔有重要地位，一般发达的国家采矿工业在正个经济中比例不超过 3%，南非采矿工业却达到了 15% 左右，而黄金在南非采矿工业的比重超过 60% 以上。成为南非采矿业中的一个最大的独立工业部门。采金企业主要受欧美资本主义财团控制，为了加强控制和管理，1887 年成立了“黄金工业委员会”和“矿业协会”，1894 年建立了“化学冶金和采矿协会”，它们的主要任务是普及科学知识，并研究和推广采用新的有效方法提取有价值元素。1903 年开办了南非矿业技术学校，由於矿山开采越来越深，岩石压力突出，坍塌事故增加，于是在 1923 ~ 1924 年间成立了一个“研究意外坍塌委员会”

在正个矿山工业体制中大部分企业受矿业协会控制，南非矿业协会主要由七个大财团组成。这七个财团是：英美矿业公司 (ANGLO AMERICAN CORPORATION)；美英—德兰士瓦统一投资公司 (ANGLO—TRANSWAL CONSOLIDATED INVESTMENT COMPANY)；通用矿业金融公司 (GENERAL MINING AND FINANCE CORPORATION)；南非金区 (GOLD FIELDS OF SOUTH AFRICA) 约翰内斯堡统一投资公司 (JOHANNESBURG CONSOLI

ATED INVESTMENT COMPANY)；兰德矿业公司 (RAND MINES)；联合矿业公司 (UNION CORPORATION)。他们瓜分了全部黄金矿区，使用非靠廉价的劳动力，主要是班图部落中的黑人，建立了最大的黄金企业，攫取了大额的剩余价值。这七个财团垄断了南非矿业产值的85%左右。

在南非黄金工业发展史上大约可划分为二个主要阶段。第一阶段 (1866年—1950年) 发现和开采脉岩金矿床。1866年在维特瓦特斯兰德地区，用钻探在180米深处发现了沉积类型脉岩层含金，在1889年开始了对脉岩金矿床的开采，并建立了第一个破碎机，来处理富集氧化带中的矿石，金品位为44克/吨。之后黄金产量不断增加，其中在第一个10年中黄金产量增加了20倍。在将近三年的英布战争中，黄金的开采几乎停止了。1901年只有战前的7%左右。但是在战争结束以后，开采量又迅速上升，在第一次世界大战前，黄金工业已发展到相当程度 (1913年已达到210吨水平)。第一次大战以后，由于通货膨胀，劳动力的价值也在上涨，1917年开始出现了衰退。以后由于当局采取了规定黄金价格；降低矿体边界品位，扩大储量；对新矿床的开发等措施，使这种衰退得到了挽救。但是由于金的开采品位下降和开采深度的增加，必然带来利润的下降。到20世纪50年代，1890年~1899年期间金品位由16~19克/吨已降到7~8克/吨。开采深度由几百米到2000米以下，迫使一些矿山不得不被迫停产关闭。

第二个阶段在第二次世界大战50年代以后金的产量正处于下降的趋势，从脉岩中发现了放射性元素铀，由于铀的回收，带来了巨大利润，在南非新开辟了三个新而大的矿区，即埃文德，克萊克斯多普和奥兰吉自由邦。新区的金品位也高于老区的品位，达到12~16克/吨。在个别情况下赶到富矿，

其品位可高达 200 ~ 300 克/吨。1960 年这些新区产金量佔全国的 60% 以上，这样黄金的产量又出现了新的高峰，1970 年达到最高纪录 999.7 吨。

70 年以后黄金产量又出现了大幅度的下降，仅仅在 8 年期间，减产了 293.8 吨，大约每年递减率为 3.6%，减产主要由下列原因造成的：开采成本螺旋式上升，使一些矿山关闭，生产能力消失；随着开采深度的增加，开采难度逐渐加大，贫化率高品位降低；伴生金综合回收也随着有色金属的减产而减少（伴生金产量约佔总产金的 10%。）

由于近二年来国际市场上的美元虚弱，金价上涨，给南非采金工业将会带来复甦的可能。有人估计，南非在 1985，黄金产量可能上升到 805 吨。

二. 地质和储量

（一）维特瓦特斯兰德含金砾岩矿床的成因

南非含金砾岩矿床是世界上最重要的金矿床类型之一，储量极大，居世界第一位，佔全世界金储量的 60%。维特瓦特斯兰德含金砾岩矿床的地质概况，已为人们所熟知，简言之，该矿床系产于前寒武纪变质砾岩中，通常有一明显而並不按一定规则分布的碳质层，其厚度不一，从不足 1 毫米（近于薄膜状态）到数公分厚，不同含量的金，往往就集中在这些砾岩带的底部和碳质物共生，关于碳和金的成因引起了学者们的争论，在 60 年代以前，有两种相反的观点，即“无机成因”和“有机成因”说，这两种解释和认识并驾齐驱不相上下。60 年代以后，随着岩石鉴定技术和测试仪田手段的改进，如引用了同位素，

超高压显微镜等。对于这种碳的成分、内部构造、细微形态以及碳和金的关系等诸方面的研究日益深入，“碳”的“有机成因说”才逐渐找到了比较充分的证据，并为人们广泛地接受。

“有机说”和“无机说”分别从霍尔保尔和普赖斯里斯为代表。霍尔保尔等人认为在寒武纪岩石中存在的碳，绝大多数是有成因的，这比以后期生物成因形成的碳要多得多。前寒武纪的原始生命在地球演化及矿床形成的过程中曾起到了重要作用。原始生命的产物，如有机酸是其他都能运移的金。甚至普赖斯里斯等人于1970年曾提出的“在溶液中金的运移是从氯化物和羧络合物的形式出现”的学说，认为在寒武纪气圈中和正常条件下的河流里都是还原性质的，从地球化学的观点出发普赖斯里斯的解释是不符合实际的，霍尔保尔进一步提出，在同现代大气相接触的河水中，在250℃时，金的溶解度是 $10^{-10.5}$ 克分子/升（约为一千亿分之一），按热力学化学的标准，若有显著迁移的金（十万分之一）仅在强酸中以氯酸金的形式方能运移，这种溶液含有 Cl^- 、 MnO 或 Fe^{3+} ，例如矿泉水、火山水或热液等。林昂（Lingong）和斯瓦逊（SWANSON）发现，有机酸能稳定溶胶，它能包围胶状金的质点作为保护层来防止它进一步长大和沉淀。金在有机质的保护下以金胶体的形式在长期内保持稳定，并可运移到其他地方。类似的有机酸也应当能在前寒武纪的植物中产生，所以现在的含金样品中，可以看到有机物细胞和丝状体的残骸。金的大量运移是以有机物作为保护层的胶体出现的。当这些胶体进入某种不同环境时，如海水或其他咸水中，它就会变得不稳定了。这种运移机理可以解释在维持瓦特斯兰德地区工作中的许多疑难，并可再次表明维持瓦特斯兰德矿床中原生植物，在富集金的过程中是起了重要的作用，这就是“有机成因”说基本观点。

〈二〉德兰士瓦地区一般地质概况

德兰士瓦黄金开采地区主要分布在约翰内斯堡以东250英里，Moiambiqueborder 以西100英里的Pilgrims Rest地区。矿体绝大部分赋存在德兰士瓦系地层中，德兰士瓦地层系由南北走向的德雷肯斯山脉(Drakensberg)组成。该矿区的最高点是在Mount Anderson，海拔超过7500英尺，而Pilgrims Rest的海拔为4350英尺，延长到Great Escarpment东海拔2500英尺以下。主要受Blyde Canyon 河流侵蚀。

Pilgrims Rest 地区矿床大部分赋存在德兰士瓦系的层系内。西部高地由比勒陀利亚(Pretoria)白云岩和黑矿脉系组成。东部的马头丘是由矿岩和黑矿脉的石英岩以及Godwan 和Wolfeberg 层系组成。一些矿脉赋存在古老的花岗岩中。此花岗岩延伸到Loweld 以下，沉积层向西倾斜，平均倾角为4—6度。

Pilgrims Rest 地区多山，主要水系有 Blyde、Trek 和 Tloane 共三条。河谷呈南北走向并平行这些山脉。由于河流侵蚀作用，使岩层有所暴露，这就为夹层状矿脉的找矿和勘探提供了方便的条件。

在Pilgrims Rest 地区，许多矿脉多半都是窄小的矿化石英组成，由于热液作用的结果，在白云岩中呈许多夹层状。

主要含金矿脉赋存在白云岩系中，白云岩层厚约1000英尺，在北部的Pacal-Hoek附近其白云岩层逐渐增加，达3000英尺，金由比勒陀利亚系更富，多半赋存在此系的最顶层，外在白云岩系的下层，黑矿脉的页岩和砂岩的上部发现有金。

许多火成岩侵入白云岩，在一些情况下，侵入黑矿脉系的上层。侵入岩体多半是辉绿岩和辉岩。许多岩脉呈南北方向横卧在该地区。此外还有一些交叉岩脉。

金的富集和火成岩活动有关，在岩脉附近常常发现互层矿脉中有金矿体。主断层和横断层相交部位发现较高矿化带，含金矿脉和矿化带走向一致。

这个地区的主断层与岩脉相交，在Pilgrims矿区，许多平行阶梯状断层沿着Blyde河分布。大约垂直位移超过800英尺。

在许多的矿脉露头附近，出现褶皱和断层膨胀的现象，在山坡下也发生小断层的膨胀，由于下石白云岩被侵蚀和溶解作用所致。在这个地区各层系通常完全风化，多节理的石英脉常常形成歪扭。

在比勒陀利亚系中的矿脉，在层系的最上部含金最富的地带是在Colum-bia小丘。在这里矿体是由赋存在页岩中的石英互层矿脉和倾斜的石英主脉系组成的。页岩含金尚可开采，而Bevetts矿脉在页岩的基部，通过勘探结果表明可开采。在法兰克福（Frankfort），Pilgrims Rest地区北13英里，脉中的硫化物都未被氧化呈原生状态，但是由于含砷高，金品位低，使矿体开采受到限制。

白云岩中有几条主要含金水平矿脉，而其他矿脉开采价值不大。在Pilgrims Rest周围的小丘上有许多有光泽的巨大燧石。在Theta矿化带已经作了许多工作，探明了主要含金矿体埋在Theta, Jubilee, Brown, Peach Tree, Duku小丘和Clewes矿区。Beta矿通常难溶未被氧化，是最薄矿脉之一，平均不超过10英寸。Portuguese矿脉埋藏在基岩脉上部。Glynn矿脉埋藏在白云岩的底部长达150~850英尺。除了上述互层矿脉以外，还在白云岩层中发现了导矿带和网状脉。

在累矿脉系的上层赋存着砂岩脉和Betty脉。独特的和矿化高的扁豆状的矿脉赋存在砂岩中的断层带。扁豆状的矿体缓慢倾斜，沿走向长18000英尺。

赋存在基岩花岗岩中的两条垂直矿脉即是 Graskop 附近的 Kouyn. Pass 和 Sabie 东的 Pietfontein。后者在该小丘的顶部出露地表，垂直深度达 1000 英尺。

在这个地区除与金共生的 Cu、Ag、其他硫化矿物以外，还有石棉、锰等矿物可供开采。

(三) 南非黄金资源的估计

南非金储量居世界第一位，约占世界黄金总储量的 60%。
见表 1。

世界金资源估计表 (吨)

表 1

国家和地区	探明储量	其他资源	资源合计
南非：南非	24,880	6,220	31,100
加纳	777.5	155.5	933
罗得西亚	466.5	311	777.5
其他	311	622	933
合计	26,453	7,308.5	33,743.5
北美：加拿大 ⁽¹⁾	1,244	777.5	2,021.5
墨西哥	218.8	166.5	715.3
美国	3,732	3,732	7,464
其他	373.2	311	684.2
合计	5,598	5,287	10,885
南美 ⁽²⁾⁽³⁾	653.1	311	964.1
欧洲：苏联	6,220	3,110	9,330
其他	186.6	466.5	653.1
合计	6,406.6	3,576.5	9,983.1
亚洲：日本	155.5	155.5	311

菲 律 宾	466.5	311	777.5
其 他	466.5	311	777.5
合 计	1088.5	777.5	1.866
大洋洲: 澳大利亚 ^④	622	466.5	1.088.5
其 他	248.8	311	559.8
合 计	870.8	777.5	1.648.3
世界 合 计	41,052	18,038	59,090

资料来源: 美国矿业局《矿产实况与问题》(1975年版)

说明: (1) 美国矿业局《商品资料概览》(1976)报道, 加拿大金储量为1,500吨。

(2) 据法国《应用地质》1976年第2期, 巴西的金储量为550吨。

(3) 据美国《世界矿业》1976年第1期秘鲁的金储量为174吨。

(4) 美国矿业局《商品资料概览》(1976年)报道, 澳大利亚的金储量为1,000吨; 但据《澳大利亚矿产工业》1977年3~4期, 澳大利亚金的探明储量为246.66吨, (其中工业储量161.38吨), 地质储量254.44吨。

(四) 南非矿业协会所属金矿的储量

将南非矿业协会所属金矿的1978年金储量列入表2。其中哈马尼(Harmony)和瓦尔瑞夫(Vaal Reef)金矿的储量最大, 而东丹(Eastbriefontein)和西方丹(West Dri-efontein)金矿的品位最高, 具体情况见表2。

南非矿业协会所属金矿的金储量表

表2

估计的矿石储量 南非矿业协会 所属金矿	每公斤金 的销售价 格 (兰特)	开拓或圈定的储量			
		公吨 1000	金品位 克/公吨	铂品位 微/公吨	圆来宽度 (厘米)
Blyvooruitzicht					
(a)	4753	5109	22.7	0.216	104.8
Bracken—Kimberley					
Reef (a)	4200	1000	9.6		128
	5500	1400	8.3		128
Buffelsfontein (a)	5312	6748	12.49	0.386	142
Doornfontein (a)	4200	1975	13.1		106
Durban Deep (d)	5444	2450	7.5		142.5
East Driefontein (d)					
Ventersdorp R.	5200	5790	23.4		174
	4200	5341	24.8		175
	5200	479	8.7		159
	4200	257	9.8		153
E.R.P.M (d)	5444	2807	10.1		140.2
Free State Geduld (a)	4610	7320	19.01	0.09	122.1
	5030	7868	18.13	0.09	122.0
	5450	8220	17.61	0.09	122.1
Free state Saaiplaas					
(a)	4610	1184	7.27	0.26	127.3
	5030	1431	6.97	0.25	127.2
	5450	1635	6.71	0.24	125.9
Grontvlei (c)					
Kimberley 矿床	4200	700	5.9		130
	5500	1500	4.9		130

续表2

	4200	40	5.5		130
	5500	200	4.2		130
Harmony.....(a)	4753	17777	7.8	0.174	130.8
Hartebeestfontein					
.....(a)	5312	11444	13.3	0.23	112
Kimross—Kimberley					
矿脉.....(a)	4200	4300	9.4		133
	5500	5700	8.3		133
Kloof.....(a)	4200	3504	17.4		155
Leslie—Kimberley					
矿脉.....(a)	4200	800	7.5		124
	5500	1600	6.2		124
Libanon.....(a)	4200	1793	20.7		148
Lorraine.....(c)	5312	2338	13.2		110
此外		409	9.1		
Marievale.....(c)					
主矿脉.....	4200	40	7.2		140
	5500	120	5.5		140
Kimberley矿脉.....	4200	10	7.2		140
	5500	30	5.5		140
Rresident Brand.....(a)	4610	7971	14.94	0.09	151.0
	5030	8322	14.56	0.09	150.8
	5450	9080	13.80	0.09	151.8
Rresidentsteyn.....(a)	4610	10031	12.91	0.12	126.1
	5030	10678	12.49	0.12	127.8
	5450	11533	11.96	0.12	129.8
Randfontein.....(d)					
Cooke No. 1#.....	5600	2716	13.2	0.134	181
Cooke No. 2#.....	5600	1153	6.1	0.271	181
Randfontein—G.D. 3E					
3#.....	5600	1446	2.7	0.555	78