

# 建造世界上最大的球团设备的前景和效益

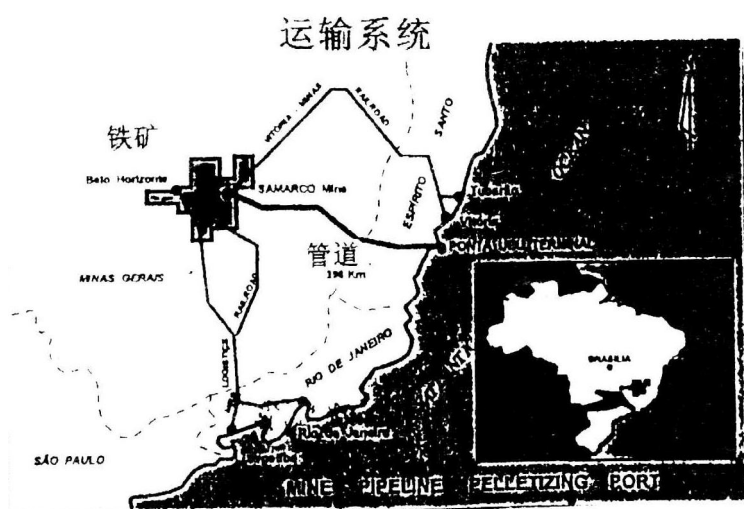
## 摘要

1997年9月，Samarco Mineracao S.A. 公司庆祝其世界上最大的单线带式焙烧机生产运行 20 周年，当时年产铁矿球团 500 万 t，目前年产 590 万 t。该公司在这次庆祝大会上还举行了球团扩建项目的开幕式，该扩建项目包括在巴西圣埃斯皮里图州的 Ponta Ubu 安装一台年产 600 万 t 的大型设备和辅助设备。同时，扩建还需要大型采矿设备，提高陆路运输系统能力，增加破碎、研磨和浮选的生产能力，在 Germano 引入一种新的预初级研磨理念，在巴西的米纳斯吉拉斯州生产。这些扩建部分使用 Samarco 公司的从 Germano 到 Ponta Ubu 的长 396km 的矿浆管线能够处理最大为 1330 万 t 的精矿。扩建项目竣工后可使 Samarco 公司向国际市场提供 1200 万 t 优质铁矿球团。

## 1 简介

Samarco Mineracao S.A. 公司是一家联合企业，对赤铁矿进行精选。采矿和选矿厂位于米纳斯吉拉斯州的马里亚纳郡。球团厂和港口位于圣埃斯皮里图州 Anchieta 郡的 Ponta Ubu。两个工业区间连接有 396km 长的矿浆管线。

在扩建方案实施前，该联合企业的年生产能力为：高炉用球团和直接还原用球团 590 万 t，球团原料 370 万 t。扩建方案实施后，年产量将提高到 1300 万 t（1200 万 t 为球团，100 万 t 为球团原料）。



## 2 Samarco 公司在 1977-1997 年间的生产情况

### 2.1 矿藏储量

目前，在 Alegria 开采的铁矿中，已证实铁英岩的储量为 4.9 亿 t。地质信息表明：Samarco 公司所拥有的区域中，可利用的铁矿储量在 50 亿 t 以上。储量情况见表 1 和表 2。

表 1 Samarco 公司的矿藏储量

Samarco 公司区域	储量 (百万 t)			
	测定的	表明的	推测的	总计
Germano	12	0	0	12
Alegria 3/4/5	72	0	396	468
Alegria 1/2/6	208	0	2202	2410
Alegria 7	78	102	1560	1740
Alegria 8/9	120	760	105	985
总计	490	862	4263	5615

表 2 测得的 Alegria 地区矿藏储量

矿的成份	t	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	LOI
总矿量	4.9 亿	47.10	20.46	0.61	0.036	2.73

## 2.2 采矿和选矿

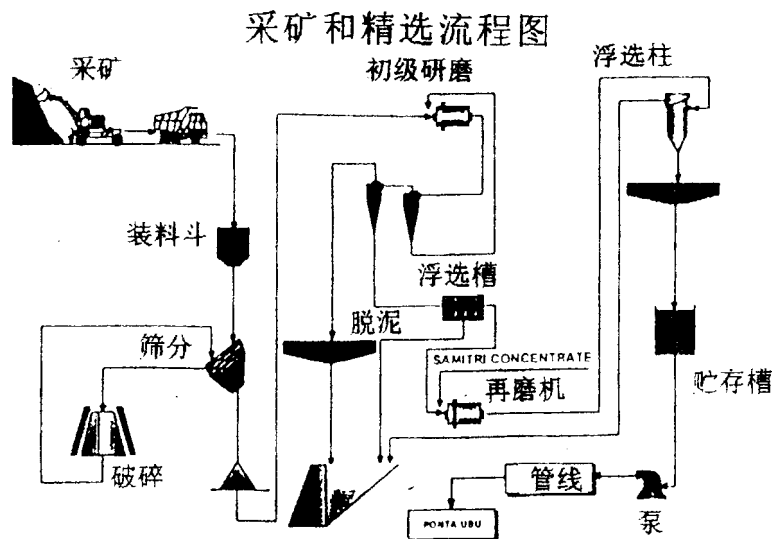
采矿为露天方式。脆铁矿由前端装载机装到卡车里，然后运送到平均距离 300m 处的装料斗处，供料给运输系统。一台 6km 陆路运输机将铁矿从 Alegria 的开采区运到 Germano 的铁矿处理厂。整套系统每年所运送的原矿石的设计能力为 1300 万 t 扩建后为 2000 万 t 以便与年产 1300 万 t 精矿的管线能力相匹配。

选矿开始于破碎和筛分工序，将原矿尺寸破碎到 8mm

以下。初级研磨将原矿尺寸进一步减小到 100 目以下。采用旋流器和阳离子浮选法脱去矿泥，以此降低硅的含量，从而满足客户的技术要求。

浮选工序采用传统的浮选槽和浮选柱分两阶段进行。

从浮选工序出来的精选矿浆进入再磨机，从而确保精选的尺寸分布适用于造球工序。矿石的含 Fe 量从 50% 提高到 67%。再磨后，矿浆进入浓缩槽进行浓缩，然后将浓缩的矿浆运到贮存槽，最后以 62%-65% 浓度泵入管线。具体工序详见流程图。



### 2.3 管线

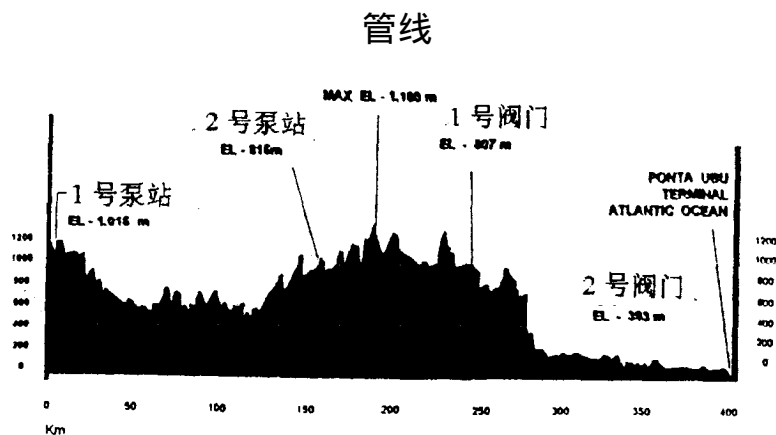
沿圣埃斯皮里图州的海岸，一条长 396km 的管线将

Germano 的选矿厂与 Ponta Ubu 的球团厂连接起来。输送矿浆的能力为每年 1300 万 t。

输送矿浆的管线上有两座泵站。该系统还安装了两个阀门，阀门有两方面作用：如果发生堵塞时，可降低管线静态水头压力，并进一步控制静态水头压力，从而避免管线和出料终端的压力过大。

整条管线的操作参数包括压力，流量和速度均可在精选机控制中心监视到。

矿浆管线使铁矿的运输成本低 安全又可靠 给 Samarco 公司带来了战略优势。



## 2.4 球团厂

在 Ponta Ubu 的管线终端，将输送过来的矿浆泵入搅拌槽。当搅拌槽装满或出现问题时，矿浆可旁通到浓缩槽，并直接进入矿浆贮存槽。在需要的时候，由一台铰轮式吸泥机

将矿浆从贮存槽中吸出。

利用立式圆盘真空过滤器在过滤段对留在矿浆中的水份做脱水处理。这道工序生产出的滤饼的湿度为 9.5%-10.0% 过滤后的精矿被送到成球圆盘和 / 或送到贮料场。

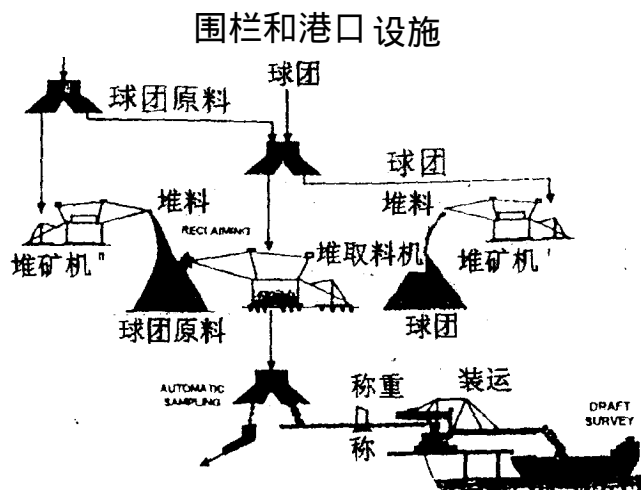
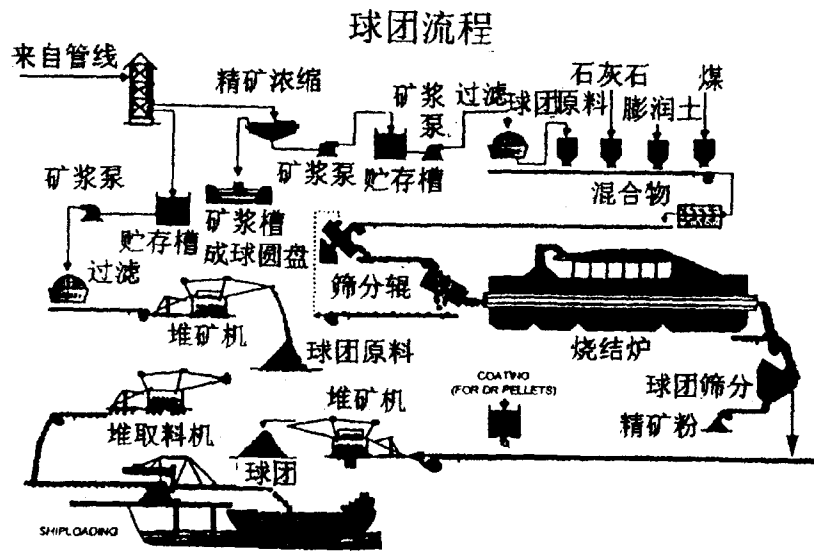
在用于造球的精矿中，掺入精心调制的辅料，如石灰石、膨润土和煤。之后送入 8 个贮料仓，为造球圆盘供料。

在球团入炉之前，生球通过一个双层辊布料器，将尺寸过大的（大于 16.0mm）和尺寸过小的（小于 9.5mm）筛分出去，从而确保球团尺寸均匀分布。Samarco 公司所生产的球团尺寸一般有 85% 都在 9.5mm-16.0mm 之间。带式焙烧机的有效台车床面积为 704m<sup>2</sup>，有 88 个风箱。工艺时间一般为 35min。在焙烧期间，最终烧结温度为摄氏 1320℃。将焙烧机用的燃料（船用 C 级燃料油和煤粉）添加到球团混合料中。焙烧过的球团冷却后送到成品贮料场。球团和精矿粉可同时生产。

港口料场的总能力为 200 万 t。该区域有两台单臂移动式铺料机，工作效率为 1500t/h，一台斗轮堆取料机，每小时堆料 1500t，取料 7000t。在正常生产情况下，由一台堆矿机和一台堆取料机将精矿粉和球团堆积起来。取出的成品运送到一台安装有轨道的移动式装船机上。

装船机有一条固定长度为 41.6m 的臂，旋转角度为 280°，在码头两侧均可装料。该码头为一个长 313m，宽 22m

的混凝土台面，由一个长 417m 的填石防波堤保护着。主泊位区小于 19m，容纳载重吨位 1.6 万 t。拖船队永久性的做为终端基础，以辅助船只起航。



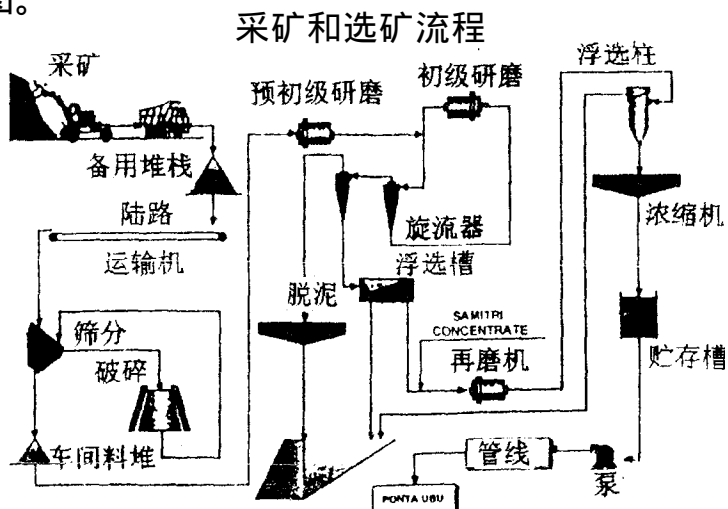
### 3 前景

过去两年来，对优质铁矿球团的需求量在不断增长。就 Samarco 公司目前的生产能力来看，不能满足日益增长的市场对其产品的需求。该公司目前的球团设备不能完全消化其生产的全部铁矿精品。因此，该公司不得不在利益少得多的球团原料市场上出售优质精矿。

### 4 扩建项目

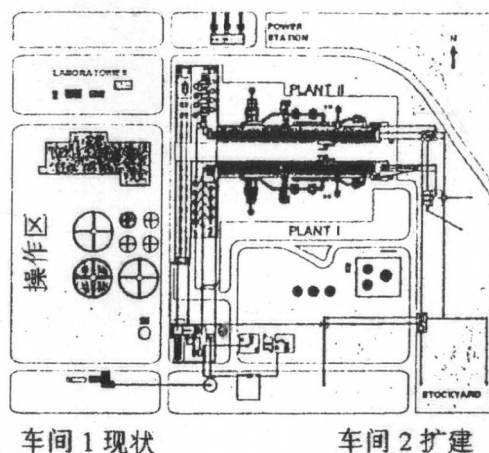
为了增加这块市场，并保持其市场份额，Samarco 公司决定对其 Germano 的精选厂和 Ponta Ubu 的球团厂进行扩建。将 Germano 生产精矿的能力提高到 1330 万 t，以与管线能力匹配。

Germano 的扩建项目包括：提高长距离运输设备的能力，提高破碎和筛分厂的能力，安装两台预初级球磨机，安装一台辅助二次球磨机，并提高浮选柱的能力。见下面新的流程图。



Ponta Ubu 的扩建项目包括：建立一个二级球团厂，年产 600 万 t。

球团车间平面 - PONTA UBU



#### 4.1 项目投资

Germano 的精矿设备的扩建所需费用估计为 0.7 亿美元。Ponta Ubu 添加的球团机以及连带的新增部分约需要 2.55 亿美元。整个扩建项目投资约为 3.25 亿美元。

#### 4.2 项目计划进度

原计划该项目需 26 个月完成；由于一些原因，该项目实际完成时间为 30 个月，详见下面的计划进度表。



## 5.2 球团质量

在 20 年的生产实践中，**Samarco** 公司获得了大量的生产优质铁矿球团的经验。这些产品被世界范围内的高炉用户和直接还原用户认可。

为了满足客户在质量方面的要求，该公司提出了许多研究方案，方案落实的结果是其生产的球团在物理、化学和冶金方面的质量均达到了最佳。

**Samarco** 公司生产的用于高炉的球团，在还原性、低温粉化、膨胀率及抗压方面均具有优良的指数。

直接还原用球团具有良好的还原性和金属化。

**Samarco** 公司的扩建项目包括对焙烧机设计，其机械部分和工艺设计均与原厂一样。它将包括许多操作和对环境的改善，但其基本工艺将与原厂相同。这一设计能够确保 **Samarco** 公司连续生产出优质球团。表 4、表 5、表 6 和表 7 概括了各种质量特性。

表 4 球团化学分析 ( %WT )

元素	高炉用球团	直接还原用球团
Fe	66.25	67.63
FeO	0.20	0.20
SiO <sub>2</sub>	2.40	1.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.56	0.45
CaO	2.05	0.64
MgO	0.08	0.44
P	0.055	0.045
S	0.004	0.004
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	0.004	0.004
碱度=CaO/SiO <sub>2</sub>	0.85	0.40

表 5 物理特性

特性	高炉用球团	直接还原用球团
冷态抗压强度(kg/个球)	250-300	250-270
转鼓指数(%)		
+6.3mm	93.0-94.0	93.0-94.0
-0.5mm	5.0-6.0	5.0-6.0
粒度组成(%)		
-16.0mm+8mm	85-90	85-90
-6.3mm	1.0-1.5	1.0-1.5
气孔率(%)	30-32	30-32

表 6 高炉用球团的冶金性能

膨胀率(%)	15
还原粉化率	
+6.3mm(%)	84.5
-0.5mm(%)	10.6
荷重软化温度试验	
还原性(DR/Dt-%/min)	123
压差(mm Wg)	5
收缩(%)	6

表 7 直接还原用球团的冶金性能

林德试验 (760 ℃)	
金属化 (%)	94.0
碳	1.4
-6 目 (%)	2.0
压力(kg/球团)	90.0
静态层 (816 ℃)	
金属化 (%)	95.0
+6 目 (%)	99.5
-6 目 (%)	0.5
压力(kg/球团)	90.0
还原性	
R90(% 1min)	0.8
T90(min)	45.0
T95(min)	65.0

### 5.3 市场预测

1996年，世界高炉用球团出口市场的需求量为5480万t。生产厂家生产的产品能够满足这一需求。直接还原用球团市场的生产和需求基本持平，每年约为1900万t。

预计2002年的高炉用球团将增长至6350万t。同期生产能力将达到6110万t。预测的直接还原用球团需求为2760万t，而供货能力为2820万t。

1996年，Samarco公司生产的高炉用球团销售地区分布为：

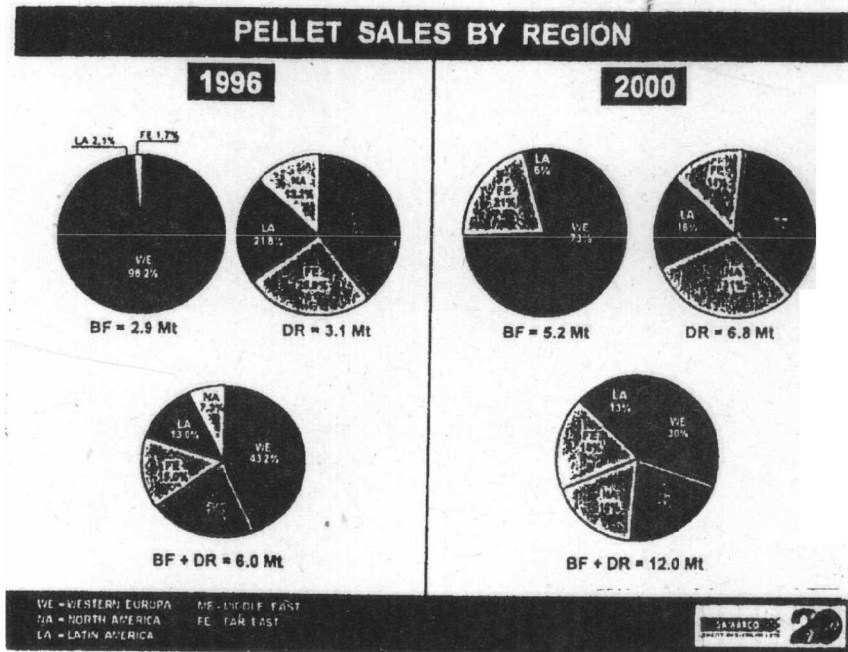
- 东 欧： 96.2%
- 拉丁美洲： 2.1%
- 远 东： 1.7%

1999年以后，该公司的高炉用球团销售地区分布将为：

- 东 欧： 63.7%
- 拉丁美洲： 5.4%
- 远 东： 27.3%
- 北 美： 3.6%

在直接还原用球团市场中，中东已经并将分享较大部分。

如果我们考虑到整个销售情况，就会看到东欧的份额减少了，同时远东和北美的份额增加了。



#### 5.4 市场多样化

增加的球团生产将使 **Samarco** 公司扩大其客户基础。这将使其在地理位置上的销售更趋于平衡。

预测的直接还原用球团的供 / 求关系本来就处于平衡状态。虽然高炉用球团在总的铁矿消耗中粗略地保持着百分比份额，但在 **2002** 年对总吨数的需求仍会有所上升。

在世界范围内对现有球团厂的扩建，以及大多数球团生产设备正在进行的提高生产率的操作，确定了在 **2002** 年球团总的供 / 求量处于平衡位置。

下列图表中列出了 **2002** 年的供 / 求方案。

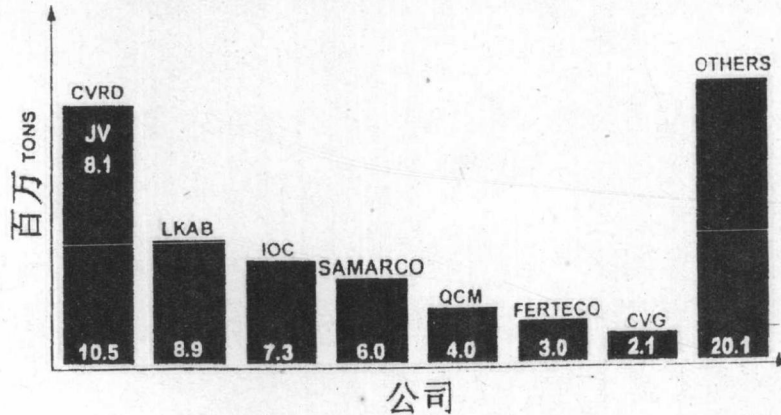
## 球团供应 X 总量

供应商	1996*		2002*	
	BF	DR	BF	DR
CVRD	12.0	0.5	14.0	10.0
LKAB	5.4	4.0	6.5	4.5
IOC	0.5	0.5	0.5	
SAMARCO	2.7	3.3	6.6	0.6
QCM	6.4	2.0	3.4	0.5
FERTECO	3.8		4.0	
GIIC		3.3		3.2
OTHERS	16.4	1.5	19.2	3.4
<b>TOTAL</b>	<b>54.0</b>	<b>18.7</b>	<b>61.1</b>	<b>28.2</b>
<b>DEMAND</b>	<b>54.8</b>	<b>19.0</b>	<b>63.5</b>	<b>27.6</b>

\* Values in Million tons - 09/97

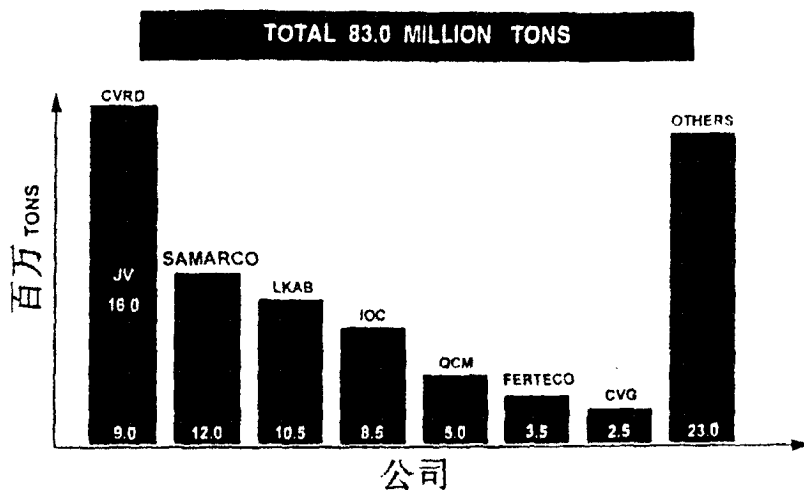
## 海运商品球团 - 1996

TOTAL 70.0 MILLION TONS



扩建项目实施后，Samarco 公司将成为世界第二大球团出口商。

### 海运商品球团预测——1998



结果，整个市场将趋于平衡。为了满足市场需求，像 Samarco 公司那样能够生产两种产品的供货商，可以根据订单交替着生产。

王树娟 译自 《1998 ICST/IRONMAKING CONFERENCE  
PROCEEDINGS》

王纪英 校