

1	2	3	4	5	6	经	9	0		
1	2	3	4	5	6	济	炼			
1	2	3	4	5	6	计	铁			
1	2	3	4	5	6	算	生			
1	2	3	4	5	6	7	8	产		
1	2	3	4	5	6	7	8	技		
1	冶	3	4	5	6	7	8	术		
1	金	3	4	5	6	7	8			
1	工	3	4	5	6	7	8	9	0	
	业	3	4	5	6	7	8	9	0	
	出	3	4	5	6	7	8	9	0	
	版	3	4	5	6	7	8	9	0	
	社	2	3	4	5	6	7	8	9	0

TF51
1
3

炼铁生产技术经济计算

[苏] Б.Ф.冈查洛夫
И.С.斯罗马新

关克正 焦海文 译

刘敬铭 校

645/02

冶金工业出版社

A768135

内 容 提 要

《炼铁生产技术经济计算》是根据苏联高教联合出版社1979年出版的《Технико-экономические расчеты по производству чугуна》一书翻译的。书中介绍了苏联钢铁厂原料准备、烧结、球团和炼铁部门的生产工艺、设备、投资、成本和应用新技术经济效果的计算方法，提供了苏联各主要钢铁厂的有关计算数据。本书对我国炼铁技术人员有一定的参考价值，对从事钢铁生产的管理人员、技术经济研究工作者和情报研究人员也有裨益。

对原书前言末尾部分作了删减。翻译过程中发现原书有不少印制错误，译者也尽力做了勘误和必要的说明。

炼铁生产技术经济计算

(苏) Б.Ф.冈查洛夫
И.С.斯罗马新

关克正 焦海文 译

刘敬铭 校

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 6 1/4 字数 165 千字

1983年1月第一版 1983年1月第一次印刷

印数00,001~1,800册

统一书号: 15062·3928 定价0.81元

前 言

要解决复杂的炼铁工艺、技术组织及经济等课题，不熟悉设备生产能力、生产组织及生产经济等有关的现代计算方法，是不可能的。自炼铁生产有史以来，对所积累的各种计算方法从未系统整理过。这就给企业的设计工作、高炉操作实验数据及成果的评定、预测工作，以及大学生的理论及实习教学工作等都带来了困难。

特别是，在对炼铁原料质量及生产效率提出了高要求的现代条件下，对炼铁生产计算方法加以系统化，尤为必要。

本书就是为此目的，试图综述炼铁生产计算方法。书中阐明了炼铁生产在冶炼前的准备、烧结工艺流程、炼铁生产组织和经济等方面最现代化的计算方法，分析了炼铁车间和烧结车间主体设备、辅助设备的生产能力，基建投资额及新技术应用效果。

考虑到炼铁原料在冶炼前准备的重要性，作者着重论述了原料质量及其中和的评价，中和料场的储备定额和规模，设备（栈桥、抓矿吊车、运料车、翻车机、称量车、高炉供料及上料机械）生产能力的标定，以及影响高炉产量的各机械和设备的参数等。

书中提出了烧结和球团用的铁矿石原料配料的详细计算方法，说明了烧结厂的各项设计要点，提供了料仓、供料机、燃料熔剂准备间、炉料间的大小和风机能力等的计算方法。书中引用的铁、渣及煤气的成分是炼铁理论计算中普遍采用的数据。

书中还包括了煤气量、炉尘量、泥炮及不同容积的铁水罐、渣罐等的计算方法；系统地整理了关于烧结生产工艺及技术经济指标，炼铁生产产品成本、规划生产大纲、组织各单项作业及确定投资额等方面的计算方法。通常，各公式都以计算实例加以论证，

并说明在哪些场合下可用和不可用这些公式，以避免出现差错。

书中介绍了矿石和熔剂的成分、固体燃料及气体燃料、矿石和熔剂的代用料、它们的堆比重及自然堆角等各种数据资料。读者可以从本书了解到关于矿石堆取料机能力，烧结厂料仓各项参数，抽风机和烧结机情况，烧结矿材料消耗，工艺指标，烧结矿成分、质量及成本，关于影响烧结工艺强化的各种因素等的实际资料。书中提出的关于铁与渣之间元素分配、风机、天然气及焦炉煤气、氧气、高压及综合鼓风的使用效果，关于影响炼铁效果的各种因素和关于炼铁成本结构的各项资料，也是很重要的。

本书不仅适用于炼铁专业人员，同时也适用于与炼铁生产有关的其他工程技术人员。

目 录

第一章 高炉冶炼原料.....	1
第一节 铁矿石的主要性能.....	1
第二节 精矿.....	8
第三节 锰矿石.....	9
第四节 熔剂.....	14
第五节 燃料.....	15
第二章 料场原料准备计算.....	20
第一节 料场设备能力.....	20
第二节 料场原料中和.....	27
第三章 原料造块计算.....	47
第一节 烧结厂主要设备与辅助设备能力的计算.....	47
第二节 烧结矿生产技术经济指标.....	58
第三节 球团生产技术经济指标.....	88
第四章 高炉主体设备和辅助设备计算.....	96
第一节 高炉剖面参数.....	96
第二节 辅助设备生产能力.....	101
第三节 冶炼产品及输送.....	113
第四节 高温热风炉.....	119
第五节 鼓风机出力.....	149

第五章 高炉冶炼技术指标计算.....	151
第一节 炉料.....	151
第二节 物料平衡.....	158
第三节 高炉冶炼热平衡.....	162
第六章 炼铁生产新技术和新工艺应用的经济效果计算.....	168
第一节 高炉冶炼指标.....	168
第二节 选矿方法的论证.....	173
第三节 高炉综合鼓风的应用.....	181
第四节 采用高压操作.....	185
第五节 高炉生产采用自动化控制系统的效果.....	188
第六节 生铁生产和成本的计划编制.....	190

第一章 高炉冶炼原料

第一节 铁矿石的主要性能

经济上有利于炼铁的含铁矿石，称之为铁矿石。在地球上，铁元素含量居第四位（4.7%）。工业常用铁矿石如下：菱铁矿，含水氧化物（针铁矿、水赤铁矿及褐铁矿），无水氧化物（赤铁矿、磁铁矿、鲕绿泥石）。

纯菱铁矿（ FeCO_3 ）含铁48.2%，含碳氧51.8%。当杂质和脉石含量不高时，菱铁矿不经预处理可直接入炉冶炼。但是，这类矿物基本上都要经过焙烧或烧结，以便除碳和除氧。由于气候的影响，菱铁矿容易变成含水氧化铁，即所谓褐铁矿。含水氧化铁包括下列矿物：水赤铁矿（ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ），针铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）和水针铁矿（ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）。

就物理状态而言，这类矿石分为致密型和疏松型。纯矿石中铁品位波动于52.2%（褐铁矿）至66.1%（水针铁矿）之间。由于透气性好，这类矿石易于还原。

已知苏联有下列褐铁矿矿床：柯尔琴斯克、列别茨基、阿拉拜耶夫斯基及其它等。

矿石的化学成分：铁、有害杂质和有益元素，以及成渣化合物列于表1。

在其它条件相同的情况下，矿石中铁的品位越高，则冶炼指标也就越好。适于高炉冶炼的矿石含铁量下限，取决于各个企业特定的许多因素。就自熔性矿石而言，含铁量下限接近于25~30%。实践表明，含铁50~60%的酸性矿石，品位提高1%，焦比平均降低2.5~3%，而含碱性脉石的矿石品位提高1%，焦比平均降低1.25~1.5%。如果在酸性脉石的矿石中加入石灰石，使其成为自熔性烧结矿，那么品位提高1%，焦比可降低5~6%。脉石铁化合物对高炉冶炼过程的影响也是不可忽视的。例如，易熔的硅

酸铁熔化后在高温区未经烧透就进入炉缸，会使炉缸变凉。而硅酸铁在炉缸直接还原，又会破坏高炉的热制度。因此，炼铁人员应力图降低炉料中硅酸铁的含量。矿石中的有害杂质，有硫、磷、砷、锌和铅。硫以黄铁矿（ FeS_2 ）、石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）和重晶石（ BaSO_4 ）状态存在于矿石之中。通过计算与实践，证明焦炭含硫量减少0.1%，则焦比可降低约1%，高炉产量增加1%，熔剂消耗降低1.5~2%。矿石含硫量减少0.1%，则焦比可降低2%，石灰石消耗降低6~7%。考虑到渣中的含硫量不得超过2.7~3%，应根据吨铁出渣量计算矿石与焦炭的允许含硫量。

表 1 铁矿石的化学成分，%

矿 石	Fe	FeO	Mn	S	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	烧损
克里沃罗格矿	55.80	1.53	0.010	0.021	0.026	15.20	2.23	0.28	0.123	1.33
米哈依洛夫矿	57.40	4.00	0.130	0.274	0.031	10.80	0.79	0.90	0.390	4.00
列别金斯克矿	55.72	9.91	0.070	0.20	0.060	9.37	3.81	1.06	0.490	5.60
巴卡尔矿	50.1	1.56	0.12	0.02	0.020	10.44	3.61	0.52	1.21	11.35
高山矿	53.91	1.18	0.82	0.06	0.12	9.20	3.96	4.05	2.55	5.12
萨尔拜依斯克矿	54.7	—	—	3.97	0.144	10.00	3.11	3.26	1.82	—
索柯洛夫斯克矿	57.00	—	—	1.34	0.07	8.00	2.30	3.66	2.31	—
柯尔琴斯克矿	40.66	2.13	1.12	0.21	1.05	16.25	6.75	1.15	1.38	11.80
阿拉巴耶夫斯克矿	47.30	—	0.20	0.04	0.11	13.30	5.0	1.00	0.33	—
马格尼托哥尔斯克矿	59.96	—	0.11	1.37	0.05	4.90	2.22	3.73	1.34	2.08
阿塔苏依斯克矿	50.92	8.03	0.95	0.87	0.03	15.11	3.64	1.89	0.44	—

钢水中含磷量增加，将会降低钢在低温状态下的冲击韧性，使钢变得冷脆。烧结时，磷并不能从矿石中除掉，在高炉冶炼时

也只能随炉顶煤气除去其数量的5~12%。B.Γ.沃斯柯鲍尼柯夫和Л.П.马卡洛夫提出,允许铁矿石含磷量按照下列公式计算:

$$P = \frac{P_v - P_{\text{к.ф.к}}}{N}$$

式中 P ——矿石允许含磷量, %;

P_v ——生铁含磷量, %;

$P_{\text{к.ф.к}}$ ——焦炭、熔剂和金属附加物带入的磷量, 通常不超过0.03%;

N ——单位生铁的矿石消耗量, 等于生铁中含铁量 Fe (93%)与矿石含铁量 Fe_P (%)之比。

因此, 该式可以写成:

$$P = \frac{(P_v - 0.03)Fe_P}{93}$$

使用含铁58%的矿石冶炼含磷0.1%的生铁时, 允许含磷量为:

$$P = \frac{(0.10 - 0.03)58}{93} \approx 0.043 (\%)$$

砷以毒砂($FeAsS$)、斜方砷铁矿($FeAs_2$)和臭葱石($FeAsO_4 \cdot 2H_2O$)状态存在于褐铁矿之中。烧结过程中, 砷被除掉30~40%。而只有在炼钢时才能进一步除砷。钢中含砷量大于0.1%, 将会导致钢冷脆, 使钢的焊接性能变坏。

锌, 通常是以闪锌矿(ZnS)状态存在于矿石之中。锌虽不进入铁水, 但在还原时蒸发, 呈氧化物富集于高炉上部炉衬, 形成炉瘤, 并渗入炉衬空隙之间破坏炉衬。铅, 在矿石中不常见到。铅在高炉中容易还原。铅由于比重大, 可以渗入炉底, 破坏炉底。

矿石中的有益元素, 是锰、镍、钒、铜、铬、钛和钴。铁矿石中的脉石分碱性(氧化钙和氧化镁)和酸性(二氧化硅、氧化铝、二氧化钛)。矿石中碱性氧化物与酸性氧化物之比越高, 则炼

铁熔剂及焦炭消耗越低，矿石的价值也就越高。碱性氧化物与二氧化硅之比，规定炉渣为1.25~1.45，用低硫焦炭时的炉渣为0.9~1.15。因此，矿石中二氧化硅含量的增加，会使石灰石与焦炭的消耗增加，其增加量为二氧化硅增加量的1倍以上。

矿石的冶金价值是依据随铁和其它元素平均品位及最高品位变化而变化的矿石及精矿的质量而确定的，以卢布计算的矿石价格，换算成冶金价值系数。后者是指某一地区矿石的价格与该类矿石平均价格之比值。所以要采用这个系数，是因为矿石的冶金价值变化较快，系数变化很慢的缘故。根据这些系数，可以确定矿石中脉石或含铁量对冶金价值的影响（见表2）。

表 2 矿石的冶金价值

脉石	矿石含铁量	冶金价值系数	脉石	矿石含铁量	冶金价值系数
西北地区				50.0	0.73
含酸性脉石的精矿	65	1.21	B产地铁矿石	59.0	1.13
	63	1.12		53.0	0.88
	61	1.00		48.0	0.62
	59	0.91	C产地的普通矿	47.0	0.37
含碱性脉石的精矿	65	1.39		46.4	0.28
	62	1.32	自熔性烧结矿	58.5	0.99
	59	1.26	碱度为0.8的烧结矿	53.8	1.26
中部地区					
A产地铁矿石	58.0	1.11			
	55.5	1.03			

冶金价值的计算数据证明，矿石中有益元素的存在能够使其价格提高一倍。例如，库辛矿和卡奇卡纳尔矿，其冶金价值系数分别为1.44和1.64，可是考虑到其中的有益成分时，则其系数将分别提高到3.45和2.35。在许多情况下，低品位铁矿石中都伴生有其它有益成分，从而使这些矿石在经济上有利于工业上使用。还发现，含酸性脉石的细粒铁矿石具有比粗粒铁矿石更高的冶金价值。现将克里沃罗格矿石的赤铁矿与低氧化铝铁矿的冶金价值

系数，比较如下：

铁的品位，%	块矿	烧结用的粉矿
59	1.27	1.32
56	0.98	1.08
53	0.69	0.86
50	0.37	0.72
42	—	0.48

按照M.A.巴甫洛夫计算公式，矿石价格：

$$C = \frac{Fe_P}{Fe_v} (C_n - P_k C_k - P_\phi C_\phi - C_P)$$

式中 $\frac{Fe_P}{Fe_v}$ ——矿石及生铁含铁量之比；

C_n ——生铁的车间成本；

P_k ——焦比；

C_k ——焦炭价格；

P_ϕ ——熔剂消耗量；

C_ϕ ——熔剂价格；

C_P ——单位生铁冶炼费用及杂费。

从公式中可以看出，当生铁的车间成本固定不变时，则矿石价格越高，焦炭与熔剂的消耗量就越低，它们的费用和单位生铁冶炼的其它各种费用也就越低。否则相反，当 $P_k C_k$ ， $P_\phi C_\phi$ 数值加大时，矿石就便宜，这是因为焦炭及熔剂的消耗，以及炼铁的其它消耗，都会由于矿石中含铁量的降低、含脉石量的增加之原因而有所提高。因此，矿石越富，则矿石中每百分之一铁的费用就越贵。现在，我们就按照这个公式研究一下三类矿石价格的变化情况。以符合冶炼规定条件的含铁60%的第二类矿石为标准。假定生铁中含铁为94%、含硅为0.8%，炉渣碱度和石灰石中游离的碱性氧化物数量为常数。焦炭昼夜消耗及车间费用，对该类矿石来说也是常数，它们只是随着生铁产量而变化，而生铁产量的增减取决于矿石含铁量。当一吨铁的车间成本为46卢布，一吨焦炭为43卢布和一吨石灰石为1.45卢布时，我们可以标出含铁

量65%、60%和55%的三类矿石的价格（卢布/吨）：

$$C_1^P = 0.692 \times (46 - 0.60 \times 43.0 - 0.32 \times 1.45 - 10.0) \\ = 6.74$$

$$C_2^P = 0.638 \times (46 - 0.61 \times 43.0 - 0.42 \times 1.45 - 10.1) \\ = 5.80$$

$$C_3^P = 0.585 \times (46 - 0.62 \times 43.0 - 0.60 \times 1.45 - 10.2) \\ = 4.81$$

吨矿石中百分之一铁的价格，第一类矿石为 $6.74/65 = 10.3$ 戈比；第二类矿石为9.6戈比；第三类矿石为8.7戈比。随着矿石贫化，1%铁的价格的降低，是同焦炭及熔剂消耗的增加和由于昼夜产量降低而增长的车间费用的提高有联系的。一类与三类矿石在含铁量方面的差别为10%，即 $6.74 - 4.81 = 1$ 卢布93戈比。由此得出，对超过定额（定额为60%）的每百分之一的铁的加价，或者对不足定额（在定额为60%以下）的每百分之一的铁的减价，都应当不少于19.3戈比。

冶金工厂使用的铁矿石规定批发价注有不足或超过定额每百分之一含铁量的减价和加价（见表3）。

批发价格中不包括送到用户的运费。运输单位价格，取决于运输的距离：

距离，公里	60以下	61~100	101~200	201~400	401~1000	1001~3000	3000以上
运费 戈比/吨·公里	0.9	0.6	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4

一吨克里沃罗格矿石（含铁量58%，湿度6%）运到卡姆纳尔钢铁厂（运输距离为500公里）的运费，可按下列公式求出：

$$P_0 = P_P + \Pi_P (Fe_P - Fe_0) - P_P \frac{\Pi_B (W_P - W_0)}{100}$$

表 3 铁矿石批发价格

企业名称及其产品 (矿石)	计算定额 %		批发价 卢布-戈比/吨	1%铁的减 价或加价 卢布-戈比
	铁	湿度		
巴尔苏柯夫斯克矿务局:				
原矿	50	8	2-80	0-59
烧结矿	43	7	1-90	0-59
列别金斯克矿山:				
原矿	54	6	7-50	0-55
烧结矿	57	9	6-60	0-42
米哈依洛夫公司:				
烧结矿	57	6	6-40	0-22
斯多列依矿务局:				
原矿	50	5	5-90	0-41
烧结矿	53	9	5-00	0-31
克里沃罗格矿区:				
筛选烧结矿	55	5	6-40	0-70
筛选块矿	51	3	2-90	0-97
未筛选块矿	53	5	4-20	0-94
波卢诺奇矿务局:				
普通矿	50	10	3-90	—
高山矿务局:				
原矿	52	5	6-90	0-31
巴卡尔矿务局:				
原矿	49	11	9-30	—
烧结矿	48	19	6-90	0-37
兹拉特乌斯特夫矿务局:				
原矿	46	6	1-20	—
别洛列茨基冶金联合企业图汉斯克矿山:				
原矿	48	11	3-90	0-37
索柯洛夫—萨尔拜依采选联合企业:				
烧结矿	55	3	6-30	0-26
卡拉干达冶金联合企业阿塔苏依斯克矿务局:				
原矿	56	2	8-40	0-58
烧结矿	51	3	6-10	0-49
库兹涅茨克冶金联合企业矿务局:	47	9	6-20	0-36

式中 P_P ——矿石批发价格 (6.4卢布/吨);

Π_P ——超过或不足定额的每1%铁的加价或减价 (0.25卢布);

Fe_P ——进厂矿石的品位(58%);

Fe_0 ——矿石品位的计算定额 (55%);

Π_B ——湿度超过定额每百分之一的减价或加价(为批发价格的1.5%);

W_P ——矿石湿度 (6%);

W_0 ——矿石湿度计算定额 (5%)。

这样, 矿石的价格为7卢布5戈比, 包括运费的价格为:

$$P_3 = P_0 + TL = 7.05 \text{ 卢布/吨} + 0.2 \text{ 戈比/吨公里} \times 500 \text{ 公里} \\ = 8.05 \text{ 卢布/吨}$$

第二节 精 矿

精矿是铁矿石的选矿产品。它具有下列综合技术经济指标:

精矿品位 Fe_K , 原矿品位 Fe_P , 尾矿含铁量 Fe_X , 精矿产出率 B_K , 铁的回收率 η_{Fe} 。 $B_K = (Fe_P - Fe_X) / (Fe_K - Fe_X)$; $B_K = Q_{Fe_K} / Q_{Fe_P}$, 式中 Q_{Fe_K} , Q_{Fe_P} 为精矿量和入选矿石量; $\eta = (B_K Fe_K) / Fe_P$ 。由于选矿方法和选矿流程不同, η 的变化从60到95%。洗选时, $\eta = 85 \sim 88\%$; 选矿费用0.4~0.6卢布/吨; 单位基建投资1.2~1.5卢布/吨。重选时, $\eta = 80 \sim 85\%$; 选矿费用0.8~1.2卢布/吨, 单位基建投资2.0~2.5卢布/吨。干磁选时(用粒度大于3~6毫米的矿石), 选矿费用0.6~0.8卢布/吨, 单位基建投资2.0~2.5卢布/吨。粒度6毫米以下的矿石, 使用湿磁选方法, 选矿费用为0.8~1.2卢布/吨, 单位基建投资2.6~3.5卢布/吨。中央采选联合企业的石英型氧化铁矿, 采用磁化焙烧选矿可以使铁的品位达到61.6%; $B_K = 40\%$; 精矿成本在10卢布/吨以下时, $\eta_{Fe} = 70\%$; 焙烧单位投资 $Y_K = 4$ 卢布/吨; 焙烧费用2.5卢布/吨; 焙烧矿石的磁选费为2.7卢布/吨。浮选时, 选矿费为1.2~1.5卢布/吨, 单位基建投资为4.5~5卢布/吨。

苏联各地区精矿成分及其批发价格，列于表4。

表 4 精矿化学成分(%), 批发价格及精矿批发价格的减价和加价

精 矿		奥列涅 哥 尔 斯 克	柯夫多 尔斯克	柯尔苏 诺 夫 斯 克	卡奇卡 纳 尔 斯 克	列别金 斯 克	利萨科 夫斯克	克里沃 罗 格	
全 铁		65.08	63.48	62.30	60.19	66.34	48.34	65.22	
FeO		22.39	23.48	22.80	25.99	24.00	—	27.69	
Fe ₂ O ₃		68.22	64.60	63.30	57.04	68.10	70.18	62.40	
SiO ₂		8.06	0.72	4.06	4.92	7.24	11.10	8.28	
CaO		0.11	0.53	2.12	1.85	0.40	0.39	0.45	
MgO		0.129	4.73	3.13	2.86	0.30	0.41	0.51	
Al ₂ O ₃		0.095	—	2.69	2.72	0.25	4.66	0.20	
MnO		0.059	—	0.143	0.06	—	—	—	
V ₂ O ₅		—	—	—	0.66	—	—	—	
P		0.014	0.09	0.130	—	0.025	0.68	0.008	
S		0.052	0.305	0.008	—	0.013	—	0.013	
TiO ₂		—	1.25	0.33	2.68	—	—	—	
烧损		—	—	1.24	1.45	—	11.42	0.89	
批 发 价 格	计算	铁	65	64	63	60	66	48	65
	定额								
	%	湿度	4	4	6	10	10	6	10
	批发价格 卢布/吨		9.80	9.60	12.00	12.90	14.10	7.30	8.60
精 矿 批 发 价 格	精矿批发 价的减价或 加价, 戈比		59	61	33	38	34	61	43

第三节 锰矿石

对锰矿石的要求比铁矿石更高，是因为锰在高炉冶炼时无法全部还原，有一部分进入炉渣。锰矿石中的磷是有害杂质。由于炼钢过程中锰合金是在钢水除磷后加入的，因此锰矿石含磷量应当最低。冶炼普通牌号的生铁时，锰矿石中含铁是有益的，但对冶炼锰铁来说便是有害的。锰矿石中允许含铁量 $Fe_x = [100 -$

$(Mn + Si + S + P)]/n$, 式中 Fe_x 为锰矿石的含铁量; Mn 、 Si 、 S 、 P 为这些元素在生铁中的含量; n 为冶炼铁合金用锰矿石量。当锰矿石及锰合金中的含锰量为已知时, 即可求出 n 的数值。例如, 矿石中锰的品位为46%, 合金含锰80%。锰回收率80%, 则 $n = 80/(0.46 \times 80) = 2.17$ 。锰矿石中铁的允许品位为 $Fe_x = [100 - (80 + 5)]/2.17 = 6.8\%$ 。

表 5 锰矿石的化学成分 (%) 及批发价格

矿 石	Mn	Fe	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃
尼科波利矿:						
I 级	45.11	2.76	0.11	—	11.62	4.11
II 级	42.28	3.45	0.22	—	15.00	4.86
III 级	34.26	3.48	0.17	—	22.00	5.84
硫酸盐锰矿	28.13	4.44	0.24	0.12	22.50	3.09
恰图尔斯克矿:						
I 级	50.00	0.75	0.13	0.07	8.12	2.12
II 级	—	—	—	—	—	—
III 级	40.00	1.40	0.15	0.08	24.00	3.00
IV 级	31.22	2.44	0.17	—	26.30	4.90
硫酸盐锰矿	28.50	1.52	—	—	2.13	2.96

矿 石	CaO	MgO	H ₂ O	Mn的原始 品位, %	批发价 卢布-戈比
尼科波利矿:					
I 级	1.72	0.21	4.12	45.0	31-80
II 级	1.80	0.28	5.75	37.0	18-00
III 级	2.78	1.87	7.63	32.0	10-80
硫酸盐锰矿	6.80	2.15	—	28.0	16-90
恰图尔斯克矿:					
I 级	1.95	0.76	2.14	49.0	46-70
II 级	—	—	—	45.0	37-00
III 级	2.00	1.40	2.11	40.0	31-80
IV 级	4.25	0.22	—	24.0	1-70
硫酸盐锰矿	15.83	2.52	2.90	29.0	14-90

锰矿石含铁不高时, 其价格可按铁矿石的公式计算。