

氧化铝生产手册

(苏联) A.A.阿格拉诺夫斯基等 著
沈阳铝镁设计院氧化铝专业组 译

*

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

*

开本大 32 印张 10 1/16 字数 259 千字
1974年 2 月第一版 1974年 2 月第一次印刷
印数 00,001~12,500 册
统一书号: 15062·3081 定价(科四) 1.25元

目 录

第一篇 物理化学数据及标准

第一章 生产氧化铝的矿物、主要与辅助原料以及最终产品… 1

1. 含铝矿物…………… 1
2. 铝土矿的标准…………… 2
3. 石灰石的标准…………… 2
4. 工业苛性钠（烧碱）的标准…………… 3
5. 纯碱（合成碱）的标准…………… 3
6. 氧化铝的标准（技术要求）…………… 4
7. 生产氟化盐用氢氧化铝的技术条件…………… 5
8. 工业苛性钾的标准…………… 5
9. 用矿物原料制得的钾碱的技术条件…………… 6
10. 霞石矿生产氧化铝制取纯碱钾碱混合物的技术条件…………… 6
11. 铝的氧化物和水合物天然矿物的化学成分与光学常数…………… 6

第二章 用于生产氧化铝的铝的化合物和其它物质，

- 碱溶液和铝酸盐溶液…………… 11
1. 低价氧化铝…………… 11
2. 氧化铝…………… 11
3. 氢氧化铝…………… 13
4. $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系…………… 16
5. 各种温度下三水铝石在NaOH和KOH溶液中的溶解度…………… 17
6. 在不同温度时一水软铝石和一水硬铝石在NaOH溶液中的溶解度…………… 19

7. Al_2O_3 在不同 Na_2O 浓度的铝酸钠溶液中的 平衡含量与温度的关系·····	21
8. 60°C 和 90°C 时三水铝石在含纯碱和氯化钠 的 NaOH 溶液中的溶解度·····	22
9. 各种温度下纯碱在铝酸钠溶液中的溶解度·····	23
10. 各种温度下硫酸钠和硫酸钾在铝酸盐-碱溶 液 ($\alpha_K=3.6$) 中的溶解度 ·····	24
11. 各种温度下含 K_2SO_4 、 Na_2SO_4 饱和的铝酸钾 和铝酸钠溶液的组成 (用于处理明矾石) ·····	25
12. 五氧化二钒在铝酸盐-碱溶液中的溶解度 ·····	28
13. 各种温度下纯碱在 NaOH 溶液中的溶解度·····	29
14. 各种温度下用于生产氧化铝的各种物质在水 中的溶解度·····	30
15. 各种温度下碱溶液和铝酸盐-碱溶液的密度 ·····	30
16. 氧化铝生产有关的各种盐类溶液的密度·····	39
17. 温度由 0°C 到 100°C 苛性钠溶液密度的变化·····	40
18. 20°C 时合成铝酸钠碱溶液和纯碱铝酸钠溶 液折射率 n ·····	43
19. 各种温度下的碱溶液和铝酸盐-碱溶液的粘度与导电率	44
20. 各种温度下碱溶液和铝酸盐-碱溶液的热容 ·····	50
21. 氧化铝和氢氧化铝的热化学数据·····	57
22. 与氧化铝生产有关的若干反应在不同温度下的自由能···	59
23. 与氧化铝生产有关的单质和化合物的热容、 标准生成热、自由能和熵·····	61
24. 霞石石灰石生料的热物理性能·····	73
25. 氢氧化铝的某些反应的热效应·····	74
26. NaOH 在水中的积分溶解热 (或称变浓度溶 解热) 和 NaOH 溶液的蒸发热·····	75
27. 饱和水蒸汽的物理性质和热物理性质·····	76
28. 在不同温度下 KOH 、 NaOH 溶液和铝酸盐-	

碱溶液蒸汽压力	78
29. NaOH溶液和铝酸钠溶液的冰点降低	85
30. 某些酸、盐和碱的水溶液的沸点	85
第三章 氧化铝生产过程中的物理化学变化	87
决定拜耳法过程和烧结法的湿法过程的体系	87
1. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系	87
2. $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系	88
3. $(\text{NaAlO}_2 + \text{NaOH})-(\text{KAlO}_2 + \text{KOH})-\text{H}_2\text{O}$ 系, $\alpha_K = 3.6$, 温度为75和95°C	89
4. $(\text{NaAlO}_2 + \text{NaOH})-\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}$ 系, $\alpha_K = 3.6$, 温度为75和95°C	89
5. $(\text{KAlO}_2 + \text{KOH})-\text{K}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}$ 系, $\alpha_K = 3.6$, 温度为75和95°C	89
6. $\text{NaAlO}_2-\text{KAlO}_2-\text{KOH}-\text{NaOH}-\text{K}_2\text{SO}_4-$ $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}$ 系, $\alpha_K = 3.6$, 温度为75和95°C	89
7. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系中拜耳法的循环 (示例)	93
8. 石灰与铝酸钠溶液的作用	94
9. $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{CO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系	95
10. $\alpha_K = 1.65$ 的铝酸钠溶液 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}-$ $\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系平衡状态等温线 (局部)	99
11. 蒸发时循环铝酸盐-碱溶液中纯碱浓度的变化	101
12. 烧结法处理铝土矿生料的湿法过程中的反应	101
13. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系	105
14. 250—300°C下 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系	110
15. 关于 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{CO}_2-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系的某些论述	113
确定烧结法处理霞石和铝土矿生料的物理-化学变 化的若干系统	115
16. $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}$ 系	115
17. $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系	117

18. $\text{Na}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{CO}_3)-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系	117
19. $\text{Na}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{CO}_3)-\text{SiO}_2$ 系	118
20. $\text{K}_2\text{O}(\text{K}_2\text{CO}_3)-\text{SiO}_2$ 系	119
21. $\text{CaO}(\text{CaCO}_3)-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系	119
22. $\text{CaO}(\text{CaCO}_3)-\text{SiO}_2$ 系	120
23. $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系	121
24. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系	122
25. $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系	123
26. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系	124
27. $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系	125
28. $\text{Na}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{CO}_3)-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系	126
29. $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系	127
30. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{CaO}$ 系	128
31. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}$ 系	128
32. $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系	129
33. $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系	129
34. $\text{Na}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{CO}_3)-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系	129
35. $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系	130
36. $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3-2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 和 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3-2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 系	131
37. $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3-2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 系	131
38. 按生成铝酸钠、铁酸钠、硅酸二钙及铁酸钙配制的生料烧结时的反应	132

第二篇 氧化铝生产的工业方法

第一章 炼铝原料及其处理方法的简略分类	135
1. 生产氧化铝的原料	135
2. 氧化铝生产方法的分类	138
第二章 热法生产氧化铝	142
制取铝酸钠的烧结法	142

1. 概论	142
2. 用铝土矿和霞石生产氧化铝的工艺流程	143
3. 主要生产工序的设备工艺流程	146
4. 主要物料的平衡	166
5. 水量平衡和汽耗	170
6. 计算公式和算图	172
7. 霞石-正长岩的综合处理	175
制取铝酸钙的方法	177
8. 石灰石烧结法	177
9. 还原熔炼法	180
10. 湿法处理铝酸钙熟料和熔渣	181
第三章 拜耳法和联合法生产氧化铝	184
1. 拜耳法概述	184
2. 一般的(“典型”)拜耳法	187
3. 拜耳法的纯碱-石灰方案	194
4. 主要生产工序的设备-工艺流程	195
5. 单位汽耗及其降低的途径	220
6. 拜耳法-烧结法的并联法	223
7. 拜耳法-烧结法的串联法	226
8. 湿法处理铝硅酸盐矿	230
第四章 明矾石生产氧化铝的方法	231
第五章 酸法和酸碱联合法生产氧化铝	236
1. 概述	236
2. 各种酸在制取氧化铝过程中的特点	238
3. 开路酸法(或酸-碱联合法)流程	241
第六章 工艺设备	243
1. 破碎-粉碎设备	243
2. 窑装置	256
3. 反应设备	258
4. 蒸发和热交换设备	264

5. 连续沉降设备	268
6. 过滤机	272
7. 液体、悬浮液和气体输送	277
8. 贮槽和搅拌槽	280
第七章 生产过程自动检测与调节	284
1. 氧化铝生产主要工艺参数测量特点	284
2. 自动调节元件和自动调节系统	295
参考文献	308

第一篇 物理化学数据及标准

第一章 生产氧化铝的矿物、主要与辅助原料以及最终产品

1. 含 铝 矿 物

表 1

名 称 与 化 学 式	含 量, %			密 度 克/厘米 ³	硬 度 (按莫氏 硬度)
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O + R ₂ O		
刚玉 Al ₂ O ₃	100	—	—	4.0—4.1	9
一水软铝石 Al ₂ O ₃ ·H ₂ O	85	—	—	3.01—3.06	3.5—4
一水硬铝石 Al ₂ O ₃ ·H ₂ O	85	—	—	3.3—3.5	6.5—7
三水铝石 (水铝矿)	65.4	—	—	2.35—2.42	2.5—3.5
蓝晶石 Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	63.0	37.0	—	3.56—3.68	4.5—7
红柱石 Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	63.0	37.0	—	3.15	7.5
硅线石 Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	63.0	37.0	—	3.23—3.25	7
霞石 (Na, K) ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	32.3—36.0	38.0—42.3	19.6—21.0	2.63	5.5—6
钾霞石 K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	32.3	38.0	29.5	2.4—2.6	6
长石 (Na, K) ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	18.4—19.3	65.5—69.3	11.0—11.2	—	—
白云母 K ₂ O·3Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂ ·2H ₂ O	38.5	45.2	9.7	—	2
白榴石 K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂	23.5	55.1	21.5	2.45—2.5	5—6
钠长石 Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	19.4	68.8	11.8	2.61	6—6.5
方沸石 Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂ ·2H ₂ O	23.2	54.5	14.0	2.25	5
絹云母 K ₂ O·3Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂ ·2H ₂ O	38.4	45.2	11.7	—	—
高岭石 Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	39.5	46.4	—	2.58—2.6	1
明矾石 K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ ·4Al(OH) ₃	37.0	—	11.3	2.60—2.80	3.5—4.0
冰晶石 3NaF·AlF ₃	24.3	—	—	2.95—3.01	2—3

2. 铝土矿的标准(ГОСТ972-50)

表 2

铝 土 矿 等 级	质 量 组 成 不 低 于		主 要 用 途
	Al ₂ O ₃ 含量, % (折成干料)	Al ₂ O ₃ : SiO ₂ 比值 (重量)	
Б Б	52	12.0	生产人造刚玉
Б 0	52	10.0	
Б 1	49	9.0	生产氧化铝、人造刚玉、 高铝水泥
Б 2	46	7.0	生产氧化铝、熔炼用耐火 材料、高铝水泥
Б 3	46	5.0	
Б-4	42	3.5	生产氧化铝和耐火材料
Б-5	40	2.6	
Б-6	37	2.1	生产耐火材料(平炉生产)
Б-7	30	5.6	生产氧化铝和高铝水泥
Б-8	28	4.0	生产氧化铝

生产氧化铝的铝土矿, 含硫范围规定如下: Б-1、Б-2、Б-7、Б-8等级, 不大于0.7%, Б-3、Б-4、Б-5等级, 不大于1%。

Б-1、Б-2、Б-7及Б-8等级的铝土矿, 依二氧化碳含量的不同, 又分为两种: 第一种二氧化碳含量小于干铝土矿重量的1.3%, 第二种则大于1.3%。

烧结法生产氧化铝的Б-3、Б-4、Б-5等级的铝土矿, 由于碳酸钙含量增高, 氧化铝的含量可以低一些。

3. 石灰石的标准 (ГОСТ5331-50)

表 3

指 标	等 级		
	A	Б	В
碳酸钙 (CaCO ₃) 含量, 不小于, %	95	82	50
碳酸镁 (MgCO ₃) 含量, 不大于, %	2.5	10	40
粘土杂质 (SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) 含量, 不大于, %	2.0	8	8

在氧化铝生产中，A级石灰石用于烧结法的生料制备和制取石灰。溶出一水硬铝石，苛化纯碱和铝酸钠溶液的脱硅中石灰作为添加剂使用。

4. 工业苛性钠（烧碱）的标准（ГОСТ2263-59）

表 4

指 标	固 体 的 等 级			液 体 的 化 学 等 级				
	A.“化学的”		B. “片状的”	A	Б	B	Г	Д
	I 级	II 级						
苛性钠含量， 不小于，%	96	95	92	42	50	42	43	42
碳酸钠(Na_2CO_3)含量， 不大于，%	2.0	3.0	2.5	0.6	1.0	2.0	2.0	2.5
氯化钠(NaCl)含量， 不大于，%	1.0	1.5	3.75	0.05	2.2	4.0	1.0	2.0
氧化铁、氧化铝、氧化锰 总含量，不大于，%	0.03		无	规 定			0.05	无规定
铁的总含量（折合 Fe_2O_3 ），不大于，%	无规定	0.2	0.2	0.0015	0.04	0.04	0.02	0.2
硫酸盐(SO_4)含量， 不大于，%	无	规 定		0.02	无 规 定			
钙(Ca)的含量， 不大于，%		“		0.006	“			
H_2S 类重金属含量， 不大于，%		“		0.003	“			
二氧化硅(SiO_2)含量， 不大于，%		“		0.008	“			

液体苛性钠中杂质的标准是按100%产品计算的。

氧化铝生产中采用Г和Д两级液体苛性钠和Б级固体苛性钠。

5. 纯碱（合成碱）的标准（ГОСТ5100-64）

碳酸钠(Na_2CO_3)含量，%.....99

灼减，不大于，%.....2.2

氯化物（折合NaCl）的含量，不大于，%.....0.8

供应厂应保证在不作试验的情况下，水中不溶物的含量不大

于0.1%。

6. 氧化铝的标准（技术要求）（ГОСТ6912-64）

表 5

氧化铝 标号	灼减 不大于 %	杂质，不 大 于 %			α -Al ₂ O ₃ 含 量 %	优 先 应 用 范 围
		氧化硅 (SiO ₂)	氧 化 铁 (Fe ₂ O ₃)	碱金属氧化物 (K ₂ O + Na ₂ O) 折成氧化钠 (Na ₂ O)		
ГA85	1.0	0.03	0.035	0.5	不小于	电解法生产原铝
ГA8	1.0	0.08	0.055	0.6	25	
ГA6	1.0	0.15	0.06	0.6	不小于	
ГA5	1.2	0.20	0.08	0.6	15	
ГЭБ	1.2	0.20	0.06	0.3	无规定	生产白色电炉刚玉
ГО	1.2	0.50	0.10	0.6	同 上	生产高铝耐火材料
ГK	0.5	0.50	0.07	0.3	85—95	生产电气绝缘制品
ГЭБ	0.4	0.06	0.035	0.1	不小于 95	电真空工业和特殊 的高频陶瓷

注：① 在氧化铝标号中，字母“Г”表示氧化铝，后面的字母表示应用部門的第一个字母、字母后面的数字表示原铝的纯度，也就是铝的含量（例如ГA85，表示用于生产含铝99.85%的原铝的氧化铝）。

② 碱（折成Na₂O）的测定，小数点后面第二位未记，分析结果按常规化为整数。

③ 折射率高于1.730 聚晶混合物称为 α 晶型（ α -Al₂O₃）。除 α 晶型外剩余的混合物属于低温晶型。

④ ГK 级氧化铝是用普通的氢氧化铝加矿化剂AlF₃煅烧而成。

ГЭБ 标号氧化铝按定货要求供给， α -Al₂O₃ 含量界于75—85%。这种氧化铝的颗粒应是圆形的，大部分颗粒在3 微米以下。粒度组成的要求已于1967年二季度执行。氧化铝粒度组成的测定按苏联国家电子技术委员会协议的方法进行。

供炼制生产微细粉末 KBK(CTY14605-63)的 白色电炉刚玉之ГЭБ标号氧化铝，碱（折成Na₂O）的含量不超过0.1%；SiO₂ 含量不超过0.15%。

供化学工业用的ГA85 标号氧化铝, α - Al_2O_3 含量应在 25—30%范围内。

在120°C下可除掉的水分无规定。

从外观来看, 氧化铝应质地均一、白色、没有其它杂质和团块。浅玫瑰色或淡灰色的氧化铝不是废品。

成品应由生产企业作技术检查。生产企业应保证氧化铝符合本标准的要求。

7. 生产氟化盐用氢氧化铝的技术条件 (ЦМТУ945-41 1941 年 4 月 1 日实行)

表 6

标 号	杂质和水分的含量, 不大于, %					主 要 用 途
	二氧化硅	氧化铁	氧化钠	水 分	灼 减 (扣除水分)	
ГД0	0.20	0.04	0.60	18.0	34—34.6	制取高纯冰晶石和氟化铝
ГД1	0.25	0.06	0.70	18.0	34—34.6	制取一般等级的冰晶石和氟化铝

注: ① 杂质 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Na_2O 含量是按氧化铝在1100°C下煅烧后计算的。

② 外观: 微晶粉末状, 不应有坚硬结构的水合物团块。

8. 工业苛性钾的标准 (ГОСТ9285-59)

表 7

指 标	等 级			
	固 体		液 体	
	A	B	B	Г
苛性碱 ($\text{KOH} + \text{NaOH}$) 含量 折成 KOH , 不小于, %	95	92	50	50
碳酸盐含量折成 K_2CO_3 , 不大于, %	2.5	3.0	1.5	1.5
氯化物含量折成 Cl , 不大于, %	0.75	1.0	0.75	1.0
硫酸盐含量折成 SO_4 , 不大于, %	0.2	0.3	0.2	不规定
铁的含量 (Fe) 不大于, %	0.03	0.05	0.01	0.01
钠的含量折成 NaOH , 不大于, %	2.0	4.0	2.0	4.0

9. 用矿物原料制得的钾碱的技术条件

表 8

指 标	等 级	
	I	II
碳酸钾, 不小于, %	91.0	90.0
碳酸钠, 不大于, %	4.0	5.0
折算成 K_2SO_4 的硫酸盐 (无氧化), 不大于, %	1.8	2.1
折成硫的亚硫酸盐, 不大于, %	0.2	0.3
折成 K_2SO_4 的硫化物总量 (包括氧化), 不大于, %	2.9	3.7
氧化铁, 不大于, %	0.03	0.06
倍半氧化物, 不大于, %	0.2	0.3
氯盐 (折成氯), 不大于, %	0.4	0.5
在 110°C 下除掉的水分 (以干料计), 不大于, %	3.0	3.0

10. 霞石矿生产氧化铝制取纯碱钾碱混合物的技术条件 (QMTY4457-54)

表 9

指 标	标 准 的		非 标 准 的	
	I 等	II 等	I 等	II 等
碳酸钠和碳酸钾 (总计), 不小于, %	92.0	86.0	92.0	86.0
其中碳酸钾	15.0 — 30.0	15.0 — 30.0	6.0 — 15.0	6.0 — 15.0
硫酸钠和硫酸钾 (总计), 不大于, %	6.0	9.0	6.0	11.0
氧化铁, 不大于, %	0.05	0.05	0.05	0.05
不溶沉淀物, 不大于, %	0.5	0.5	0.5	0.5
水分, 不大于, %	3.5	3.5	3.5	3.5
煅烧损失, 不大于, %	1.0	1.0	1.0	1.0

11. 铝的氧化物和水合物天然矿物的 化学成分与光学常数 [174]

表 10

化 学 成 分, %						含有矿物的 铝 矿		光 学 常 数				光学常数的注释	
Al ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	铝 矿	Ng	Nm	Np	Ng-Np	Ng-Nm	
100.0	—	—	—	—	—	—	刚玉理論数据	—	1.767	1.759	—	—	П. Г. 別切赫琴数据
72.3— 74.8	3.33— 4.79	7.55— 10.53	5.9— 7.69	6.8— 8.75	—	—	哈薩克斯坦鋁土 矿, К. Ф. 切列契 也夫数据	—	1.770	—	—	—	А. К. 包尔德列夫 数据
73.08	4.10	5.39	8.52	5.47	—	—	紅色十月矿区 C. И. 別涅斯拉 夫斯基数据	—	1.755— 1.770	—	—	—	歐布霍夫矿区 (薩拉依尔)
85.0	15.0	—	—	—	—	—	一水硬鋁石理 論数据	1.750	1.722	1.702	(010)	0.048	А. Г. 別切赫琴, 文切爾, 岱娜数据
81.8	15.12	0.04	3.10	0.3	—	—	北烏拉尔矿区 C. И. 別涅斯拉 夫斯基数据	—	1.647— 1.744	—	—	—	E. B. 芬日柯瓦数 据不同矿区的鋁土矿
								1.745	1.720	1.703	—	—	E. П. 列万多数据 鋁土矿

续表 10

化 学 成 分, %							含有矿物的		光 学 常 数				光学常数的注释
Al ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	铝 矿	N _g	N _m	N _p	N _{g-N_p}	N _{g-N_m}	
80.5	14.2	0.85	0.3	3.35	—	—	南烏拉尔矿区 (庫克什克) C.И. 別涅斯拉 夫斯基	1.780	—	1.703	—	0.045	Э.М. 包什切特-庫布列特斯卡亚数据, 科索布罗特 (烏拉尔) 水热矿脉
— 水 軟 鋁 石													
84.97	15.03	—	—	—	—	—	理論数据	1.654— 1.661	—	1.640— 1.646	0.013— 0.015	—	A.Γ. 別提金
68.93	15.33	9.90	2.05	3.93	—	—	南烏拉尔矿区 E. B. 劳日柯瓦、 B. H. 卡留基娜数据	1.661± 0.003	—	1.646± 0.003	—	—	文切尔数据
								1.650	1.645	1.640	—	—	E.Π. 列万多数据 鋁土矿
							齐赫文矿区	1.651	—	1.638	—	—	拉柏兰数据 鋁土矿
76.17	16.13	4.12	1.13	2.37	—	—	E.Π. 列万多数据	—	1.630— 1.638	—	—	—	C. И. 別涅斯拉 夫斯基数据 鋁土矿
70.00	14.60	8.50	2.8	3.74	—	0.03	齐赫文矿区 C. И. 別涅斯拉夫 斯基数据	—	1.610— 1.657	—	—	—	E. B. 劳日柯瓦、 A. H. 良米娜数据 鋁土矿

三																	水			鋁			石		
73.90	16.05	1.81	4.40	1.85	—	0.51	北烏拉爾矿区 C.И. 別涅斯拉 夫斯基数据	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
65.4	34.6	—	—	—	—	—	理論数据	1.587	1.566	1.566	0.021	—	—	A.Γ. 別切赫琴 数据											
65.21	33.08	0.28	0.98	0.25	—	—	木尔利矿区 C.И. 別涅斯拉 夫斯基数据	1.576	1.554	1.554	0.022	—	—	文切尔数据 《光学矿物学》											
								1.558	1.535	1.535	—	—	—	A.K. 包尔得列 夫数据											
64.1	34.7	0.27	0.55	—	—	—	基尔什涅矿区 C.И. 別涅斯拉 夫斯基数据	1.584	—	1.566	0.018	—	—	C.И. 別涅斯拉 夫斯基 鋁土矿											
59.68	35.46	3.81	0.44	0.44	—	—	齐赫文矿区 E.И. 列万多	1.595	—	1.581	0.014	—	—	Э.М. 包什切特- 庫布列特斯卡娅数 据 (維什涅夫山) 水热矿脉											
58.5	39.9	0.16	1.32	0.23	—	—	維泰科波利矿区 C.И. 別涅斯拉 夫数据	—	—	—	—	—	—	无文献資料											
62.48	34.86	0.66	1.80	0.20	—	—	匈牙利鋁土矿 巴尔多什数据	—	—	—	—	—	—												
61.56	35.00	1.50	0.22	0.00	—	—		—	—	—	—	—	—												
59.58	32.26	2.20	5.00	0.70	—	—		—	—	—	—	—	—												

续表 10

化 学 成 分, %							含有矿物的		光 学 常 数					光学常数的注释
Al ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	鋁	矿	<i>N_g</i>	<i>N_m</i>	<i>N_p</i>	<i>N_{g-N_p}</i>	<i>N_{g-N_m}</i>	
62.19	33.20	2.96	0.20	微量	—	—	查多别次矿区 C.И. 别涅斯拉 夫斯基数据		—	—	—	—	—	无文献资料
64.16	34.62	0.68	0.30	微量	—	—	紅色十月矿区 C.И. 别涅斯拉 夫斯基数据		—	—	—	—	—	