

高炉内型设计

GAOLU NEIXING SHEJI

李 馬 可 編著



中国工业出版社

76.18/33
269

高 炉 内 型 設 計

李 馬 可 編 著

2628/64



本书介绍了国内、外高炉内型的发展情况、高炉内型主要尺寸之间的关系以及各国高炉内型尺寸的计算方法。最后一章还讨论了定型高炉内型尺寸的计算方法。

本书可供炼铁工作者、设计人员和大专院校教师、学生参考。

高 炉 内 型 设 计

李 馬 可 編 著

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯 (北京灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $5 \frac{3}{8}$ ·字数119,000

1965年5月北京第一版·1965年5月北京第一次印刷

印数0001—2,260·定价(科五)0.75元

統一书号: 15165·3554 (冶金-568)

前 言

高炉内型只有二、三百年历史（土高炉不計），它随着人們对生鉄需要的增长，原料、燃料的改进，动力的革命与技术的进步而不断演变和发展。

高炉冶炼中的主要矛盾是风和料，也即是煤气和炉料。以精料为基础、强化冶炼的高炉操作即是矛盾的斗争与統一。高炉内型作为一个外部条件对高炉强化冶炼过程起着重要的作用。因此，高炉内型設計要符合以下三项要求：

1. 能燃烧較多数量的燃料，提高冶炼强度；
2. 充分利用煤气的化学能与热能，降低每吨生鉄的焦炭消耗；
3. 适应原料、燃料和操作条件，快料順行（这是实现前两项的手段）。

十七、十八世紀高炉内型有以下三个特征：

1. 由于风机能力小，为了保持較高的炉缸温度，炉缸直径特別小；
2. 由于风机能力小和使用木炭及无烟煤，初期高炉有效高度在15米以内，限制了高炉高度的增加；
3. 由于风机能力小，为了烟住热量，炉喉特別小，炉于中間部分（炉胸下部与炉腹上部）特別大。

十九世紀末叶，由于蒸汽鼓风机和焦炭的使用，高炉内型起了很大的变化——向高大与趋向圆筒状演变。直到本世紀初叶，始形成近代五段式高炉内型（即炉缸、炉腹、炉腰、炉胸与炉喉）。当时高炉内型基本上是瘦长形，这是受法国L·格留涅尔主张的影响所致。由于考虑充分利用煤气能量，高炉高度随容积扩大

IV

而增加 30 米以上，后因焦炭强度与操作效果均差，高度又降低了一些。

近代高炉内型有往矮胖方向——“粗、短、陡”发展的趋势。这与强化冶炼分不开。1958 年以来，我国形成“提高冶炼强度、降低焦比”的操作思想，一批先进高炉的冶炼强度与利用系数达到世界水平，焦比也有显著下降。

近年来，世界各国趋向矮胖高炉的议论很多。苏联曾在全国范围内多次讨论过这个问题，发表专论的有十数人之多，如 A·H·拉姆、Г·Г·奥列施金、Г·Ф·米哈列维奇等主张的“正常内型”、“合理内型”、“圆筒内型”等。美国以往采用瘦长高炉极盛，后来被迫走向“瓶形内型”。西德高炉高度与炉腰直径之比 ($H:D$) 较小，主张多冶炼一些生铁。捷克斯洛伐克薄壁高炉设计内型有接近工作内型的特点。

本书收集了一些高炉内型资料，并根据世界各国高炉内型的发展趋势，探讨高炉内型尺寸的几个主要关系以及简易计算方法。作者仅从生产实践中的高炉内型的综合分析提出拙见，没有新的理论计算根据，错误与缺点在所难免，请读者指正。

80270

目 录

前 言

第一章 高炉内型的发展情况	1
1. 概 述	1
2. 苏联高炉内型的简要发展情况	15
3. 美国高炉内型的简要发展情况	25
4. 日本高炉内型的简要发展情况	37
5. 英国高炉内型的简要发展情况	51
6. 我国高炉内型的简要发展情况	60
7. 其他国家高炉内型的简要情况	69
第二章 高炉内型的发展趋势	78
1. 从原料、燃料与生产看高炉内型的发展趋势	79
2. 有关高炉内型的不同观点	85
第三章 高炉内型尺寸的几个主要关系	101
1. 炉缸直径与燃烧强度的关系	102
2. 高炉有效高度与炉缸直径的关系	106
3. 炉腰直径与炉缸直径的关系及炉腹角	107
4. 炉喉直径与炉腰直径的关系及炉胸角	110
第四章 各国高炉内型尺寸的計算	114
1. 苏联高炉内型尺寸的計算	114
2. 美国高炉内型尺寸的計算	118
3. 日本高炉内型尺寸的計算	120
4. 英国高炉内型尺寸的計算	125
5. 捷克斯洛伐克高炉内型尺寸的計算	129
6. 我国高炉内型尺寸的計算	131
第五章 定型高炉内型尺寸的計算	135
1. 炉缸直径(d)的計算	136

VI

2. 有效高度(H_u)的計算	136
3. 炉腰直径(D)、炉腹角度 (α)与炉腹高度(h_2)的計算	137
4. 炉喉直径(d_l)、炉胸角(β)与炉胸高度的計算	138
5. 其他尺寸的計算	140
6. 計算例題	148
参考文献	159

第一章 高炉内型的发展情况

1. 概 述

作者没有大力搜集早期高炉内型的资料。下面仅根据早年德国奥生、苏联巴甫洛夫等提出的大量资料作高炉内型发展情况的概述。

高炉前身是一种所谓块铁炉。此种原始炉子是由二圆锥体底部相接而成，炉子高度小于4.5米，炉腹直径在1.5—1.8米之间，内型尺寸详见表1与图1。古代只能炼出含碳素很少的铁（锻铁），1300年欧洲莱茵河地区才开始有铸铁，中欧1311年

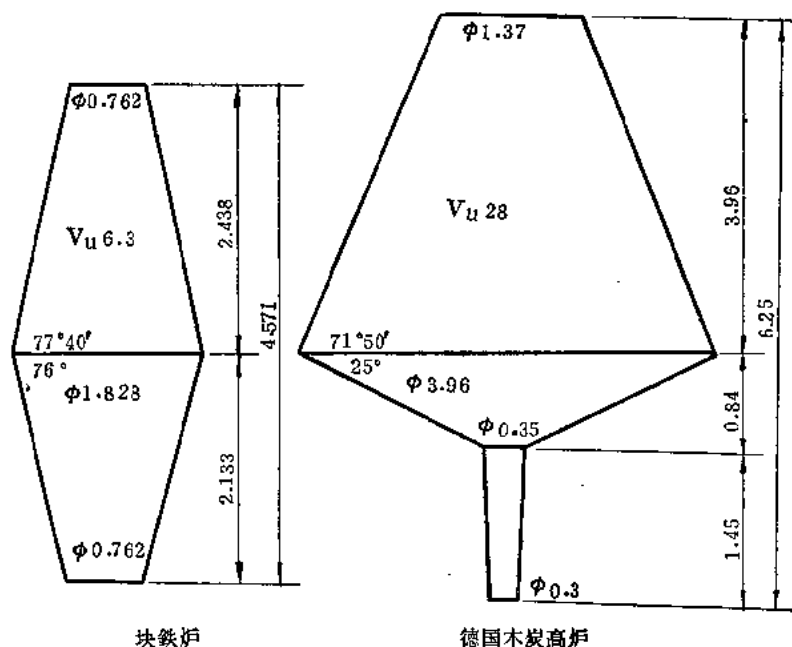
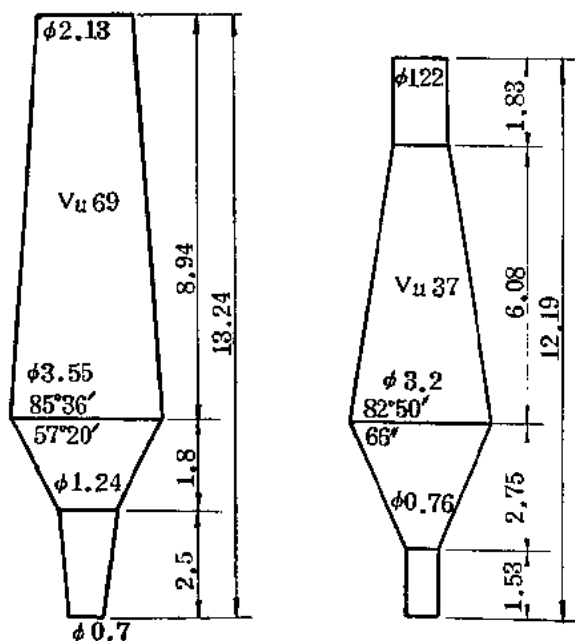


图 1 最初的高炉内型

有石头砌的炉子，1500 年人們才能如意炼成灰口生鉄与白口生鉄，1700 年才有今日的所謂高炉。

17 世紀俄国第一批高炉出現在什图拉地区。1740 年烏拉尔木炭高炉有效容积是 69 米^3 ，炉子高度是 13.24 米，炉腹直径 3.55 米，炉缸直径 1.24 米，炉喉直径 2.13 米，內型其他尺寸詳見表 1 与图 2，日产 14 吨生鉄。工业发达最早的英国高炉比不上此炉。焦炭高炉在英国出現之初（1760 年），內型和高度与上述木炭高炉相似，但日产仅 2.5 吨生鉄。1765 年欧洲才有焦炭高炉，直到 1850 年焦炭高炉趋于完善。1776 年由于使用瓦特蒸汽机鼓风，高炉內型尺寸与产量乃增，但十九世紀英国还有日产 5 吨生鉄的焦炭高炉（卡洛厂高炉，內型尺寸詳見表 1 与图 3）。

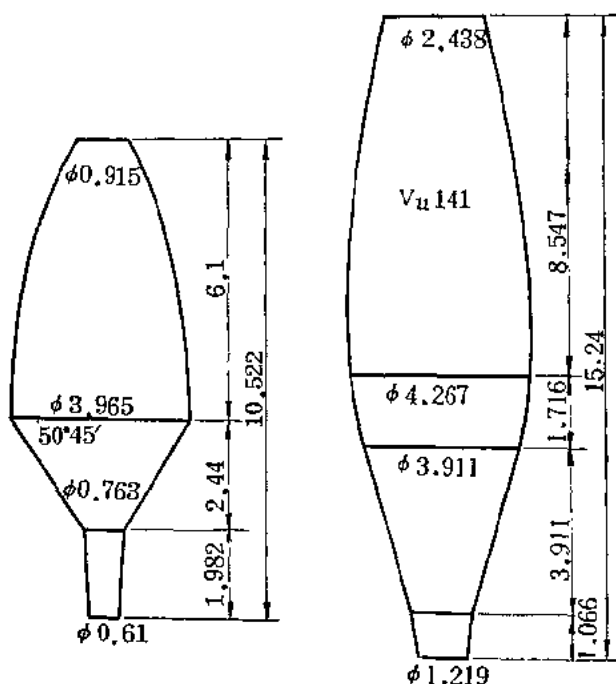


底米多夫木炭高炉

西里西亚焦炭高炉

图 2 早期国外高炉內型

1839年英国約翰·吉邦斯发表“論斯塔福 尔德歇尔高炉的构造”一文，提出根据工作内型改造高炉内型，以防止或减少炉缸与炉腹重要部份炉衬的耗損，并提出减少炉腹傾斜与增大炉喉。于是高炉进展較大。4年半以后，产量超过2倍以上(15吨/日)。高炉寿命延长为7年，炉衬还坚实，該厂6座高炉有效容积均是141米³，炉子高度为15.24米，内型尺寸詳見表1与图3。約翰·吉邦斯明知炉缸直径增大有利，但限于鼓风机能力无法再予增大。



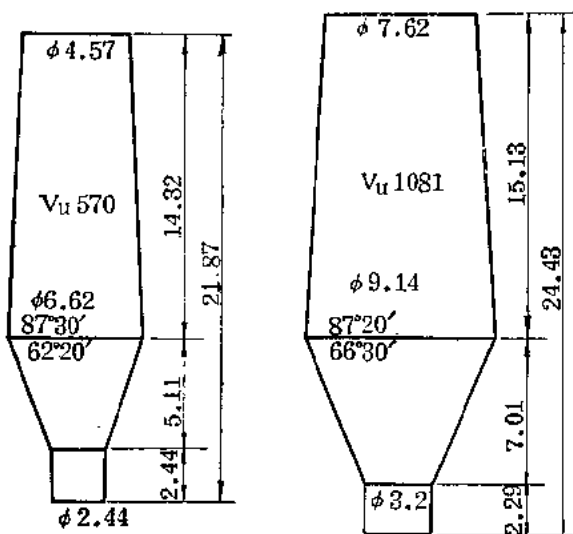
卡洛厂焦炭高炉

英国斯塔福 尔德歇尔高炉

图3 早期国外高炉内型

在此以前(1760年)，在瑞典盖布列尔建的本炭高炉上也有类似的地方，炉子高度7.43米，炉喉直径1.34米，炉缸直径0.67米，内型尺寸詳見表1。

1860年焦炭高炉炉子高度激增，由15米增到27米。鉄山厂曾建高度达31.5米的高炉，后来高度降低。1864年英国I·罗基安总结克列兰斯厂12座炉子高度24.4米高炉时提出“虽然各地情况不同，然而增加炉子高度，无利可言”的意见。但是G.柯克兰斯不赞同此意见，1871年建设高达27.4米的高炉（有效容积是1081米³，炉腹直径9.14米，其他内型尺寸详见表1与图4），结果产量不及较小容积高炉。

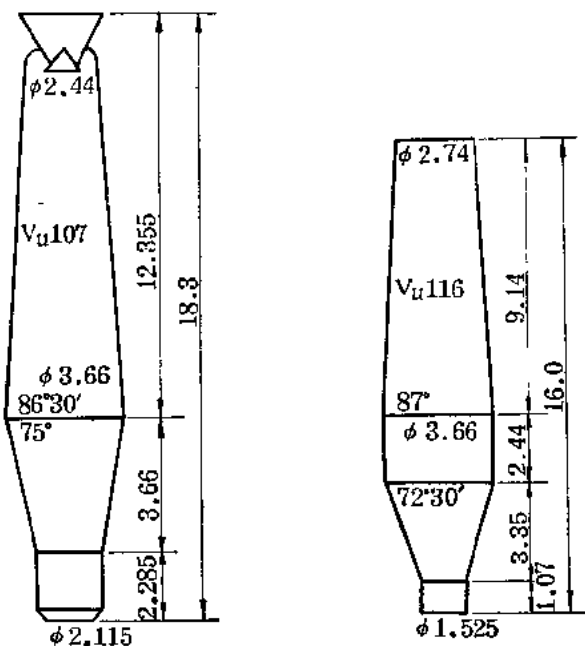


英国克列兰斯厂焦炭高炉

图4 早期国外高炉内型

1872年法国L.格留涅尔发表合理炉型的研究，提倡炉高与炉腰直径之比（H/D）的重要性。他将高炉分成三类：一类是H/D小于3，不肥即矮，此种高炉成绩最劣；一类是H/D在3—4之间；一类是H/D大于4或5，细长高炉，成绩最优。因而建议木炭高炉H/D=4.7，焦炭高炉H/D=4。自此50年后美国采用此法极盛。十九世纪末叶所建高炉均被认为是受其影响。

1891年美國F·羅伯茨設計命名“先驅”的木炭高爐，使用650°C熱風（瑞典較早在木炭高爐上使用175°C熱風），日產生鐵125噸，燃料率是0.7噸/噸，利用係數為1.13，被認為是木炭高爐中最好的一座。該爐高度是18.3米，爐缸直徑2.135米，其他尺寸詳見表1與圖5。



“先驅”木炭高爐（F·羅伯茨設計）

烏拉爾木炭高爐

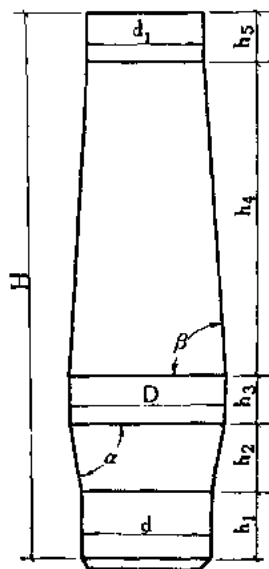
圖5 早期國外高爐內型

1884年美國在湯姆遜廠焦炭高爐上試吹較一般多一倍的风量，成績極佳（利用係數達0.5噸/米³焦比1.0噸/噸），該爐高度是19.6米，爐缸直徑2.599米，其他尺寸詳見表1。1896年杜肯廠建設高度為30.48米的高爐，日產600噸生鐵，焦比是0.8噸/噸。其他各地常建30.5米或32.5米高度的高爐。1900

年后，美国高炉炉子高度有所降低。1914年依利諾斯厂第四号炉具有美国式炉型的特征，炉胸角与炉腹角均正常，内型详见表1。

一些外国早期高炉内型列入表1与图1—5。

为了叙述方便，本书采用以下的高炉内型尺寸统一代号：



附图

V_u —高炉有效容积，米 ³ ；	h_2 —炉腹高度，米；
d —炉缸直径，米；	h_3 —炉腰高度，米；
D —炉腰直径，米；	h_4 —炉胸高度，米；
d_1 —炉喉直径，米；	h_5 —炉喉高度，米；
d_0 —大盖直径，米；	α —炉腹角，度；
H_u —有效高度，米；	β —炉胸角，度。
h_1 —炉缸高度，米；	

表 1

外国早期高炉内型

年代	国别	厂名	炉别	Vn	d	D	d ₁	Hn	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	α	β	备注
18世纪前	—	—	块炼炉	6.3	0.762	1.828	0.762	4.571	—	2.133	—	2.438	—	76°	77°40′	—
1740	俄	德米多夫	木炭	69	1.24	3.55	2.13	13.24	2.5	1.8	—	8.94	—	57°20′	85°30′	—
1760	瑞典	盖布列尔	焦炭	—	0.67	2.08	1.34	7.43	0.37	—	—	—	—	—	—	—
1796	英	克罗夫茨	"	37	0.76	3.2	1.22	12.19	1.53	2.75	—	6.08	1.83	66°	82°50′	—
1800	卢森堡	艾弗格什	"	510	3.0	7.0	4.75	23.2	2.35	5.65	—	15.2	—	70°31′	84°45′	日产180吨
1838	德	弗格尔汉	木炭	28	0.35	3.96	1.37	6.25	1.45	0.84	—	3.96	—	25°	71°50′	—
19世纪初	英	卡洛	焦炭	—	0.735	3.965	0.915	10.522	1.982	2.44	—	6.1	—	50°45′	—	椭圆 日产5吨
1839	"	斯塔福儿	"	141	1.295	4.267	2.438	15.24	1.066	3.911	1.716	8.457	—	71°	—	椭圆 日产15吨
1848	"	德歇儿	木炭	17.6	1.764	2.213	0.652	8.85	0.369	1.949	0.237	6.295	—	83°30′	82°	椭圆 日产10吨
1868	"	福特堡	"	30.8	0.422	2.37	—	10.616	—	2.53	1.132	4.9	0.394	79°30′	83°10′	椭圆 日产20吨
1870	德	恩格斯	焦炭	170	2.02	5.0	0.65	14.4	2.1	5.25	—	7.35	—	78°20′	84°	椭圆 日产50吨
1871	英	克罗斯	"	1081	3.2	9.14	7.62	24.43	2.29	7.01	—	15.13	—	66°30′	87°20′	椭圆 日产90吨
1872	俄	楚索夫	"	146	1.829	4.572	2.743	15.24	0.662	5.334	—	9.244	—	75°30′	84°	椭圆 日产35吨
1874	英	克罗斯	"	570	2.44	6.62	4.57	21.87	2.44	5.11	—	14.32	—	63°20′	87°30′	椭圆 日产65吨
"	德	米特亨	"	333	2.1	6.2	5.0	17.2	1.8	6.6	—	8.8	—	75°10′	82°50′	椭圆 日产140吨
1877	美	匹兹堡	"	400	2.75	8.10	4.88	22.87	1.83	10.99	—	10.05	—	75°20′	86°30′	椭圆 日产110吨
1880	德	保貝克	"	170	2.2	4.0	3.6	11.0	1.84	2.96	—	6.2	—	73°30′	88°45′	椭圆 日产40吨
1887	英	福特堡	木炭	38.6	1.475	2.422	1.6	12.65	0.63	2.28	0.58	6.06	0.48	80°50′	86°10′	椭圆 日产26吨
"	"	"	"	104.4	1.913	3.535	2.27	15.9	—	5.09	0.76	7.96	—	51°	87°20′	椭圆 日产59吨
1880—1890	俄	楚索夫	焦炭	222.5	1.983	5.109	3.962	16.764	1.118	6.197	—	8.23	1.524	75°	86°30′	椭圆 日产102吨
1880	美	汤姆逊	"	181	2.599	3.96	3.17	13.607	1.518	6.95	1.525	9.607	—	84°20′	87°30′	椭圆 日产90吨

續表 1

年代	國別	廠名	爐別	Vu	d	D	d ₁	Hu	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	α	β	備注
1882	美	湯姆遜	焦炭	639	3.5	7.01	5.18	24.38	2.27	11.91	—	10.20	—	79°	83°5'	日產250噸
1887	"	"	"	487	3.35	6.4	3.12	24.21	2.4	6.4	2.13	11.91	1.37	76°40'	84°50'	日產200噸
1884	德	比利勒堡	"	174	1.8	5.0	3.5	15.7	2.0	6.7	—	7.0	—	76°40'	84°	日產40噸
"	"	歐貝爾漢	"	227	2.1	5.4	3.8	14.8	1.95	7.29	—	7.76	—	67°40'	83°10'	日產50噸
"	"	芒德諾弟	"	195	1.9	5.25	3.8	13.55	1.9	3.8	—	7.85	—	66°20'	84°20'	日產80噸
1879	"	艾斯沙那	"	165	2.59	3.96	3.03	19.82	1.52	12.31	—	7.51	—	84°50'	86°25'	日產97噸
1885	"	巴本	"	194	1.88	5.65	3.77	12.75	0.94	4.66	—	7.25	—	70°40'	82°10'	日產34噸
"	"	生	"	252	2.56	5.3	3.9	16.2	1.1	8.95	—	18.6	—	75°	87°25'	—
1886	"	羅森堡	"	147	1.8	6.13	3.1	14.7	2.2	4.6	—	9.0	—	72°10'	86°30'	日產32.5噸
1887	"	生	焦炭	228	—	5.65	3.77	14.36	—	—	—	7.5	—	74°40'	76°	日產40噸
1890	俄	薩特金	木炭	92	1.676	3.962	1.83	13.868	2.362	2.438	—	9.068	—	65°	83°20'	日產16噸
1900—1910	"	楚索夫	焦炭	318	3.5	5.8	4.0	21.385	2.925	4.0	1.52	11.95	1.0	74°	85°40'	日產250噸
1900—1910	"	"	"	341	2.745	5.49	4.32	20.943	2.598	5.03	—	13.315	—	74°45'	87°30'	日產180噸
1889	"	彼得羅夫	"	688	5.3	6.8	5.0	25.353	3.67	3.45	2.6	13.2	2.433	77°45'	80°5'	日產700噸
—	"	刺赤	"	828	6.2	7.2	5.5	25.55	3.1	3.2	2.3	14.7	2.25	81°	85°42'	日產500噸
—	"	黑基耶夫	"	842	6.2	7.1	5.4	26.933	3.1	3.1	2.5	15.568	2.7	81°44'	86°52'	日產750—1000噸
1890	美	匹茲堡	"	460	3.35	6.1	3.9	25.8	2.8	6.25	2.13	14.25	0.37	77°40'	86°	日產300噸
1891	"	"	"	651	5.79	6.7	4.6	27.0	2.74	3.86	—	21.3	—	75°	84°35'	日產450噸
1893	德	格爾生克	"	510	3.0	7.0	4.75	25.2	2.35	5.65	—	12.2	5.0	70°30'	80°45'	—
1894	"	克拉克諾	"	346	3.5	6.1	4.2	17.5	2.45	5.8	—	9.7	—	76°50'	84°20'	日產160噸

續表 1

年代	國別	廠名	爐別	V _u	d	D	d ₁	H _u	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	α	β	備注
1894	美	湯姆遜	焦炭	907	3.96	6.10	4.88	27.12	3.0	6.12	—	18.0	—	75°	87°42′	日產400噸
"	"	"	"	518	3.97	6.1	4.88	24.11	2.44	3.97	—	15.16	2.54	75°	87°30′	日產400噸
1895	"	匹茲堡	"	460	3.36	6.1	3.9	25.8	2.8	6.25	2.13	14.25	0.37	77°40′	86°	日產300噸
"	俄	捷爾任斯基	"	330	2.1	6.2	4.5	18.25	1.72	7.6	—	10.12	—	73°35′	84°40′	日產150噸
1897	"	那地也金斯基	木炭	116	1.525	3.66	2.74	16.0	1.07	3.35	2.44	9.14	—	72°30′	87°	日產35噸
"	美	"先驅" 爐	"	107	2.135	3.66	2.44	18.3	2.285	3.66	—	12.355	—	75°	86°30′	日產125噸
1898	德	蘇德路克蘭德	焦炭	260	3.0	6.0	4.05	17.83	1.9	5.82	—	10.34	—	78°40′	84°25′	日產100噸
1900	盧森堡	艾什	"	684	4.0	7.0	5.29	25.5	2.25	4.65	—	18.6	—	75°	87°20′	日產250噸
"	英	克羅斯	"	510	3.66	6.55	5.2	21.33	2.59	4.42	—	14.32	—	71°40′	87°20′	日產185噸
"	"	"	"	524	4.1	6.55	4.71	22.37	2.36	4.61	—	15.4	—	75°	86°30′	日產210噸
1900	德	格爾生克爾森	"	684	4.0	7.0	5.5	26.45	2.5	5.6	—	18.6	—	75°	87°25′	日產34噸
"	"	固特好夫滾	"	325	3.5	6.2	3.7	18.5	1.9	5.3	1.3	10.0	—	75°45′	81°30′	—
"	"	格萊外茲	"	298	2.65	5.6	3.8	17.9	1.7	9.5	—	9.3	—	75°20′	83°40′	日產70噸
"	"	馬耳亨	"	389	2.5	6.0	4.8	19.9	2.15	6.45	—	11.3	—	75°	86°20′	日產90噸
"	"	泰生	"	827	6.5	7.5	5.2	24.24	2.7	3.0	2.24	16.3	—	80°32′	85°58′	日產1029噸
1900	"	慕布荷芬	"	175	2.51	5.0	0.27	14.1	1.27	5.6	—	7.22	—	77°	82°30′	日產100噸
"	"	濕黑翁納爾	"	525	3.0	7.0	4.0	23.8	2.5	5.0	1.0	13.3	2.0	72°45′	83°30′	—
1900	"	沙島	"	197	2.0	5.0	3.5	16.05	1.25	5.8	—	9.0	—	78°	85°20′	日產52噸
"	"	維多利亞	"	585	4.27	6.71	4.72	26.63	2.85	3.97	1.83	14.07	0.91	73°	86°	日產425噸
1902	英	萊特索多托夫	木炭	132	1.83	3.96	3.5	16.0	1.98	3.81	—	8.92	0.6	74°20′	87°	日產50噸
"	俄	斯基	"	150	2.44	4.17	3.1	16.54	2.13	3.0	—	10.41	1.0	74°	87°	日產120噸

額表 1

年代	国別	厂名	炉別	Vu	d	D	d ₁	flu	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	α	β	备 注
1902	美	湯姆遜	焦炭	585	4.57	6.71	4.88	24.13	2.34	3.68	—	14.78	3.33	73°40'	86°30'	日产500吨
"	"	"	"	697	4.72	6.7	4.88	26.9	2.9	5.4	—	18.6	—	75°	86°25'	日产548吨
1904	"	"	"	564	4.27	6.71	4.56	27.03	4.16	3.87	—	19.6	—	72°30'	85°	日产509吨
1906	"	芝加哥	"	758	4.88	6.7	5.18	38.27	3.4	9.19	—	18.33	—	77°	86°25'	日产500吨
1908	德	因特好夫	"	450	3.8	6.75	4.15	21.0	2.16	5.0	1.0	12.84	—	73°30'	83°30'	—
1909	"	"	"	610	4.2	7.2	4.4	25.5	2.4	4.5	0.3	18.3	—	71°30'	85°	—
"	美	苏德威尔克	"	789	5.13	6.7	5.13	30.25	3.3	9.65	—	18.70	—	77°50'	86°25'	日产500吨
1910	德	威生	"	399	3.5	6.0	3.8	17.8	1.36	8.64	—	9.6	—	78°	86°10'	日产140吨
—	"	威斯康茲	"	680	6.47	7.02	4.8	23.32	—	—	—	—	—	—	—	日产850吨
1910	"	荣德尔亨	"	618	4.3	6.8	4.35	23.4	1.56	7.34	—	14.5	—	80°	87°10'	日产500吨
"	俄	那地也金斯基	木炭	160	2.0	4.0	2.8	18.0	1.5	3.0	2.5	11.0	—	71°30'	86°30'	日产50吨
1911	美	佐利諾斯	焦炭	772	5.18	6.47	4.96	28.65	3.5	9.9	—	18.75	—	78°	86°25'	日产500吨
—	"	印第安那	"	1085	8.686	9.144	5.79	26.55	3.22	3.848	0.971	9.45	—	80°30'	86°	—
1912	"	格尔斯克尔森	"	643	4.57	6.55	4.87	25.0	3.31	6.68	—	14.1	—	83°25'	85°50'	日产450吨
"	德	"	"	651	4.40	7.0	4.8	26.65	2.35	5.65	—	16.0	2.65	75°	86°15'	—
"	"	"	"	510	2.95	6.8	5.6	26.8	2.4	5.8	—	12.6	—	71°30'	87°30'	—
"	"	"	"	490	2.1	7.0	5.8	20.5	2.5	8.45	—	9.55	—	74°	83°30'	—
1913	"	因特好夫	"	217	3.8	5.2	3.7	15.68	1.4	5.0	1.2	8.08	—	76°30'	83°	—
"	"	"	"	513	4.2	6.8	4.4	23.0	2.2	5.0	0.3	15.5	—	75°30'	85°20'	—
"	"	依利紹德	"	383	8.5	6.0	2.26	23.0	2.62	4.38	—	16.1	—	74°30'	87°20'	日产230吨
"	"	—	"	602	3.2	6.9	5.08	22.19	2.83	5.15	—	14.01	—	69°	86°	日产220吨