

223738

外国氧气顶吹转炉炼钢

庄文彬 董少绩 主编
马本师 赵荣玖

中国工业出版社

前 言

1958年2月，冶金工业出版社曾出版了冶金工业部黑色冶金設計总院技术通訊科在1957年編譯的“轉炉吹氧炼鋼”一书，书中选譯了当时有关氧气轉炉方面的国外文献12篇。1957年以来，由于氧气轉炉在許多国家突飞猛进的发展，国外图书杂志上关于氧气轉炉的文献也大量涌現。各国都結合了本国的具体条件，对氧气轉炉炼鋼法作了种种发展，無論在設計、建造、操作、冶炼理論、产品的品种和质量方面，以及对不同原料的适应性方面，都取得了巨大的成就。不少冶金工作者都感到有必要再出一本譯文汇编，以介紹各国在这方面的經驗。

作为前书的續編，本书选譯了苏、捷、英、美、日等国和西德近几年来所发表的一部分文献，大致按建設和生产操作、冶金理論、炉型和內衬、产品品种质量、废气除尘和余热利用，以及供水、供氧等問題依次編排，以便查閱。

近年来，各国发表的这类文章数量很大，而本书篇幅有限，不可能选譯很多。为补充选譯范围的不足，在卷首編入了一篇綜合报导，就我們現有关于世界各国氧气轉炉的建設和发展的資料編出一些表格和說明，以供参考。但由于我們手头資料的限制，所反映的情况难免有不够全面之处。

本书系由冶金工业部黑色冶金設計总院有关設計人員集体翻譯和校对，可供氧气炼鋼車間的設計、建設和生产操作人員参考之用。謹希讀者对选材、譯意等各方面随时提出宝贵的意見。

編者 1963年6月16日

目 录

前言

一、世界各国氧气顶吹转炉炼钢的综合报导	11
二、氧气顶吹转炉炼钢车间布置和设备	14
1. 碱性氧气转炉车间概貌	14
2. 概论 LD 转炉车间的设备和操作系统	19
3. 氧气顶吹转炉—电炉双联炼钢工厂概况	24
4. 八幡公司洞岡純氧转炉车间的建设、操作和改建	34
5. 八幡公司戸畑純氧转炉车间的建设和扩建	46
6. 廣畑純氧转炉车间的设备概况	51
7. 美国麦克劳弗斯厂转炉炼钢车间	54
8. 美国阿克美厂转炉车间	56
9. 大湖钢铁公司的碱性氧气转炉	60
10. 加拿大顶吹氧气转炉炼钢	63
11. 印度鲁克拉炼钢车间设计和建设	73
12. 奥地利林茨厂第二转炉炼钢车间	82
13. 西德維頓厂和博胡姆厂炼钢车间	84
14. 标准转炉车间的设备和操作概况	89
15. 各种新型车间的布置方案	121
16. 解决 LD 车间的布置问题	129
三、氧气顶吹转炉操作	134
1. 碱性氧气转炉的操作	134
2. 科罗拉多公司碱性氧气转炉	138
3. LD 炼钢法的新发展	142
4. 在氧气转炉中处理平炉生铁和过渡性托馬斯生铁	147
5. 碱性氧气顶吹转炉炼制低碳、中碳和高碳钢	154
6. LD 炼钢法的新成就	157
7. 氧气顶吹转炉吹炼含钒生铁	161
8. 純氧顶吹炼钢用矿石作为冷却剂	166
9. LD 车间生产自动化和繁重工作的机械化	174
10. 碱性氧气炼钢法的电气系统与计算机控制	179
四、氧气顶吹转炉钢的品种质量	188
1. 关于氧气转炉钢的质量	188
2. 用高磷生铁在氧气转炉中炼制沸腾钢的质量问题	191
3. 彼得罗夫斯基厂氧气转炉新钢种的试制	199
五、氧气顶吹转炉炼钢的理论基础	202
1. 关于純氧顶吹转炉炼钢的冶金原理	202
2. 氧气炼钢的物理化学	213

3. 氧气顶吹转炉炼钢法的基本规律	222
4. 顶吹氧气转炉炼钢法的铁平衡	234
5. 氧气转炉去硫问题	238
6. 氧气转炉去硫	240
7. 关于纯氧转炉的快速脱磷	244
8. 氧气炼钢的热化学	246
六、氧气顶吹转炉和炉衬	257
1. 顶吹转炉的炉体和吹氧管设计	257
2. 大容量氧气转炉	260
3. 碱性氧气转炉的初期炉衬	263
4. 氧气转炉炉衬	267
5. 纯氧转炉衬砖的损毁机构	270
6. 碱性氧气转炉内衬	272
7. 户畑纯氧转炉炼钢厂转炉的砌筑	275
七、氧气顶吹转炉废气除尘和余热利用	278
1. 氧气转炉炉气的清洗	278
2. 氧气转炉未燃烟气的收集	284
3. 文氏管洗涤器用于氧气炼钢法的气体清洗	288
4. 氧气顶吹转炉炼钢褐色烟气的除尘	295
5. 八幡公司在氧气转炉上装设废气回收设备	306
6. 转炉烟气净化前在余热锅炉内的冷却	312
7. LD 法吹氧炼钢的余热在蒸汽和氧气制造中的应用	321
八、氧气顶吹转炉炼钢车间供氧和供水	330
1. 钢厂的氧气供应	330
2. 吹氧转炉车间的生产用水设施	341

一、世界各国氧气顶吹转炉炼钢的综合报导

赵 荣 玖

(一) LD 转炉炼钢方法的出现

早在十九世纪中期，贝塞麦发明用空气吹铁水炼钢时就曾指出，采用富氧空气或纯氧进行炼钢是合理的。然而长时间以来，由于大量生产氧气的设备没有得到解决，特别是由于生产的氧气成本比较贵，氧气炼钢一直没有能够在工业中得以实现。

二次世界大战以后，冷冻技术在世界范围内得到了迅速发展，特别是蓄冷器的改进以及透平膨胀机的发展，促使制氧机迅速大型化，并氧气成本也相应大为降低。如在日本，1920年每立方米氧气为250日元，1950年则降为每立方米80日元，到1960年进而又下降到每立方米10日元。

由于在工业中已能大量供应成本低廉的氧气，近年来世界各国都先后开始了对氧气炼钢的研究工作，并相继出现了一系列的氧气炼钢新方法。

LD法炼钢的起源，可以直接追溯到柏林冶金学院的一位教授罗伯特·杜勒尔（瑞士人）。许多年来，他一直主张在冶金过程中使用纯氧来代替空气，特别是在由铁水炼钢的过程中。从1933年到第二次世界大战爆发期间，他曾对各种方法进行过用氧试验。在战时的德国，他的某种想法曾得到一些简单的工业应用。战后他回到了祖国——瑞士，并进了瑞士最大的钢厂格拉芬根厂工作。

第二次世界大战期间，在瑞士钢材供应奇缺，曾千方百计想从低品位矿石资源中生产更多的钢。战后瑞士对能够经济利用本国原料资源的任何炼钢方法都很重视。在此情况下，罗伯特·杜勒尔就在格拉芬根厂建起了一座小型试验车间，并从美国购入一座3吨试验转炉。此后，又经过大致三个季度左右的试验，终于在1948年5月正式宣告这种新炼钢方法试验成功。

奥地利由于废钢缺乏并且燃料也较贵，不适于大量发展平炉电炉炼钢法，同时根据其国内资源条件，也不适于发展底吹转炉炼钢法。在此情况下，奥地利冶金工作者首先注意到杜勒尔教授的发明，并根据这一发明先后在10吨、15吨和25吨转炉上进行了一系列的半工业性试验。在已取得良好试验结果的基础上，终于在1952年11月，于林茨城正式建成世界上第一座工业性生产的30吨LD转炉车间。翌年3月，接着世界上第二座LD转炉车间又在多纳维茨城投产了。其后，这种新炼钢方法，在世界各国便得到了迅速广泛的发展。

(二) LD 转炉炼钢方法在世界各国的发展

这一新炼钢方法一经出现，就显示出强大的生命力。自从1952年和1953年在奥地利相继建成LD转炉车间以后，1954年在美国麦克劳斯厂，1955年在加拿大多法斯克厂，以及1957年在西德的维顿厂、日本的洞冈厂，都很快地先后建起了LD转炉炼钢车间。

现将一些国家LD转炉炼钢法逐年发展情况列表如下。

表 1 一些国家 LD 炼钢法的设备情况

国 名 公司名称	所 在 地	炉 容 量 (吨) 和 座 数	投 产 年 份	年生产能力 (吨)	
				现 在	将 来
阿尔及利亚 波诺依斯钢铁公司	波 诺	3×65 計.....	—		990,000 990,000
澳 大 利 亚 布鲁根黑尔财产公司	紐卡斯尔	2×200 2×85 計.....	1963 1964	1800,000 1800,000	550,000 550,000
奥 地 利 阿尔平矿业公司 奥地利联合钢铁公司	多納維茨 林 茨	2×35 3×35 2×55 計.....	1953 1952 1959	460,000 940,000 600,000 2,000,000	
比 利 时 考克利尔-奥格里钢铁公司 克拉伯克钢铁公司 爱斯波兰斯-郎都钢铁公司 普普維登钢铁公司	塞 兰 克拉伯克 柴托尔 馬希延-奥蓬	1×65 2×65 2×130 1×30 計.....	— — — —		420,000 505,000 1,100,000 165,000 2,190,000
巴 西 伯格-米那拉钢铁公司 曼納斯曼钢铁公司 保里斯塔钢铁公司 巴拉曼薩钢铁公司 米那斯格里亚斯钢铁公司	蒙里瓦得 卢奥里宋提 皮亚斯格拉 里约热内卢 卡 馬 拉	2×35 1×35 2×20 2×65 2×20 2×50 計.....	1957 1961/62 1962/63 1961/62 — 1961/62	420,000 — — — — 420,000	 380,000 220,000 750,000 220,000 500,000 2,070,000
加 拿 大 阿尔哥馬钢铁公司 多米宁鋼公司 (多法斯克)	苏 圣 馬 哈密尔顿	2×105 1×80 2×110 計.....	1958 1954/56/61	600,000 1,000,000 1,600,000	
芬 兰 佛克申尼斯卡钢铁公司	芬 兰	2×20 計.....	1961/62		240,000 240,000
法 国 法国北部钢铁联营 (烏希諾阿) 劳萊茵-爱斯考特公司 蓬佩钢铁公司	蒙特斯特馬丁 德南蓬佩 敦刺尔克	3×145 1×20 2×55 1×35 1×65 3×140 計.....	— 1955 1961/62 1960 1961 1962/63	195,000 495,000 690,000	2,200,000 400,000 2,200,000 4,800,000

續表 1

国 名 公司名称	所 在 地	炉 容 量 (吨) 和 座 数	投 产 年 份	年生产能力 (吨)	
				現 在	将 来
西 德					
奥古斯都泰森钢铁公司	杜斯堡-哈姆波恩	2×165	1962/63		1,430,000
地林根钢铁公司	薩尔地林根	2×25	1960	220,000	
多特蒙德-赫得钢铁公司	多特蒙德赫得	3×165	1963		2,375,000
馬克希莱联合钢铁公司	苏尔洛巴森	2×20	1960	130,000	
博胡姆钢铁公司	博 胡 姆	2×40	1957	470,000	
維頓钢铁公司	維 頓	1×35	1957	100,000	
伊尔塞得-派内钢铁公司	派 内	2×55	1962		475,000
萊茵毫森钢铁公司	萊茵毫森	4×90	1963/64		2,000,000
札尔次基特尔钢铁公司	札尔次基特-德魯	1×55	1961	395,000	
曼納斯曼钢铁公司	胡 金 根	1×45	1960	220,000	
芬尼克斯-萊茵魯尔公司	杜塞尔多夫	3×130	1962/63		1,980,000
萊茵钢铁公司申基尔森公司	格耳曾基尔亨	2×70	1961	660,000	
		2×65	1962/63		550,000
		計.....		2,195,000	8,785,000
印 度					
印度斯坦钢铁公司	魯 开 拉	3×45	1960	825,000	
		計.....		825,000	
意 大 利					
芬南泽利亚钢铁公司	{ 巴格諾里 皮昂比諾 塔 兰 托	3×140	1962		—
		2×140	1963		—
		2×290	1963		—
		計.....			6,118,000
日 本					
尼崎制铁	尼 崎	2×35	1960	290,000	
大同制鋼	名 古 屋	2×40	1963		385,000
富士制鋼	廣 畑	2×65	1960	900,000	
	室 兰	2×80	1961	1,100,000	
川崎制铁	千 葉	2×165	1962	1,980,000	
神戶制鋼	神 戶	2×65	1961/62		660,000
日本鋼管	川 崎	2×45	1958	570,000	
	水 江	{ 2×65 1×65	{ 1960 1962	{ 890,000 770,000	
日曹制鋼	富 山	1× 5	1961	35,000	
北日本特殊鋼	八 戸	1×10	1962		70,000
住友金屬	小 倉	2×55	1961	675,000	
	和 歌 山	2×90	1963		1,000,000
东海制铁	名 古 屋	2×130	1963		1,100,000
东北电气制铁	群 馬	1×5	1960	65,000	
八幡制铁	{ 洞 岡 戸 畑№1	{ 2×65 2×65 1×75	{ 1957 1959 1960	{ 765,000 1,495,000	
	戸 畑№2	2×145	1962	1,320,000	
	堺	3×145	1963/64		2,750,000
		計.....		10,085,000	6,735,000

續表 1

国 名 公司名称	所 在 地	炉 容 量 (吨) 和 座 数	投 产 年 份	年生产能力 (吨)	
				现 在	将 来
卢 森 堡 布尔巴赫·爱都-迪德郎日钢铁公司	迪德郎日	1×30 1×55 計.....	1958 1962	130,000 130,000	330,000 330,000
荷 兰 尼德兰·赫格文钢铁公司	艾莫伊登	2×70 1×110 計.....	1958 1961	1,595,000 1,595,000	
挪 威 约恩维克公司	莫伊兰那	2×45 計.....	1961/62		275,000 275,000
葡 萄 牙 国家钢铁公司	斯维克薩尔	2×40 計.....	1961	385,000 385,000	
西 班 牙 阿尔托斯·赫金諾斯維薩亞公司 巴布考克及維尔考克公司 伊伯里薩冶金工业公司	毕尔巴鄂 " 巴塞罗那	2×40 2×10 1×5 計.....	1962/63 1961/62 1961/62		500,000 45,000 20,000 565,000
瑞 典 法格斯塔布魯克公司	法格斯塔	2×35 計.....	—		110,000 110,000
土 耳 其 爱萊格里钢铁公司	埃 雷 利	2×90 計.....	1963/64		1,000,000 1,000,000
英 国 克尔維尔公司 康塞特钢铁公司 G.K.N. 钢铁公司斯勒托普厂 里查·托馬斯和鮑尔溫公司 斯蒂瓦特勞埃得公司	拉文斯克里 (苏格兰) 康塞特 (英格兰) 斯康托普 (英格兰) 埃布佛耳 (威尔士) 兰維恩 (威尔士) 科尔比 (英格兰)	2×110 2×110 2×55 1×35 3×100 1×100 計.....	1961/62 1961/62 1962 1960 1962 1962/63	220,000 220,000	770,000 990,000 495,000 1,540,000 495,000 4,290,000

續表 1

国 名 公司名称	所 在 地	炉 容 量 (吨) 和 座 数	投 产 年 份	年生产能力 (吨)	
				现 在	将 来
美 国					
阿克美钢铁公司	利弗德尔	2×75	1959	450,000	
科罗拉多钢铁公司	普韦布洛	2×100	1961	1,000,000	
大湖钢铁公司	依科尔斯 (密歇根)	2×300	1962	2,300,000	
琼斯-拉弗林钢铁公司	{ 阿里奎巴 (宾夕法尼亚) 克利夫兰 (俄亥俄)	2×80	1957	880,000	
		2×200	1961	1,850,000	
凯塞尔钢铁公司	方塔纳 (加利福尼亚)	3×110	1958	1,440,000	
麦克劳森钢铁公司	特伦顿 (密歇根)	3×60	1954	1,880,000	
		2×80	1958		
		1×110	1960		
匹茨堡钢铁公司	默内森 (宾夕法尼亚)	2×150	1963		1,500,000
	計.....			9,800,000	1,500,000

注：表 1 所列的炉容量和年生产能力，与其他资料相比都偏大，主要是所用单位是美制短吨（2000 磅）。表 1 所列为一一些国家的情况，还有少数国家尚未包括进去，如就目前所见资料：菲律宾将于 1963~1965 年期间建设一座 30 万吨 LD 车间，希腊将建设 2 座 20 吨 LD 转炉（年生产能力为 20 万吨），秘鲁将建设 2 座 25 吨 LD 转炉，阿根廷将建设 2 座 100 吨 LD 转炉，以及南斯拉夫将建设一座年产 60 万吨 LD 车间等。

在社会主义国家中，苏联是最早采用 LD 转炉炼钢的国家。早在 1954 年于新土拉厂的 8 吨转炉上，就开始了这一新炼钢方法的试验。在取得良好结果的基础上，于 1956~1958 年期间，先后将耶纳基耶沃、彼得罗夫斯基及克里沃罗格等厂改建成 LD 转炉炼钢车间。

到目前为止，苏联已有四座旧转炉车间改建成 LD 车间（包括试验车间），共有 11 座容量为 8~50 吨的 LD 转炉，总产钢能力约达 180 万吨/年（估计数字）。

据资料报导，苏联在今后几年将大力发展 LD 转炉炼钢，预定在 1962~1965 年期间，将建设炉容量为 100~250 吨的 LD 转炉车间有八座：即下塔吉尔、依里奇、新利彼茨克、西西伯利亚、切里亚宾斯克、克里沃罗什、卡拉干达和亚速钢厂等。预计到 1965 年全部 LD 转炉产钢能力可达到 2000 万吨/年。

此外根据资料报导，其他社会主义国家如波兰、捷克等，也计划建设 LD 转炉车间。

特别应该指出的是，日本 LD 转炉炼钢的发展速度是非常惊人的。自 1957 年到 1962 年不到 5 年的时间里，建成的 LD 转炉产钢能力已超过 1000 万吨/年，还有 700 万吨左右的能力正在建设或即将建设。由于 LD 转炉炼钢能力的迅速发展，平炉钢的比重在日本大为下降。到 1962 年底止，平炉钢比重已由原来占 80% 左右降为 49%，而 LD 钢比重在 1962 年已增加到占总产钢量的 31%，预计今后此种比例关系还将有明显的变动。到 1970 年时，估计平炉钢比重可进而降为 30%，LD 钢可进而增至 52%。日本逐年产钢比重变化情况示于表 2 中。

日本目前已有 12 个 LD 炼钢车间投入生产，共有 25 座转炉（5 座在建设）中。其中：130 吨左右有 4 座，60~70 吨有 12 座，50 吨以下的有 9 座。截至 1962 年底止，已投入生产的车间及生产情况示于表 3 中。

由于 LD 转炉在世界范围内的广泛发展结果，实际上平炉发展在近年已经是处于半停顿状态。例如 1961 年在资本主义国家中，总共只建了 5 座平炉（瑞典、加拿大、阿根廷、

表 2 日本逐年产钢比重变化

年度 比重%	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1970
LD 钢	3.6	6.8	7.3	11.9	19	31	52
平炉钢	79	76	74	68	60	49	30
电炉钢	17.4	17.2	18.7	20.1	21	20	18

表 3 日本 LD 转炉车间操作情况

公 司	工 厂	投产日	公 称 容 量 吨	实 际 出 钢 吨	座 数 座	装 料 铁·水 %	炉 龄		最近产钢情况, 千吨/月					
							最大	平均	61年 9月	10月	11月	12月	62年 1月	
日本 钢管	川 崎	58.1	42	50	2	85.0	373	306	57.0	62.0	58.0	60.0	53.0	
	水 江	60.3	60	78	2	84.2	279	247	78.0	85.0	83.0	83.0	81.0	
八 幡	酒 岡	57.9	50	61.5	2	73.0	363	318	31.0	54.0	62.0	66.0	63.0	
	戸 畑 №1	59.9 60.10	60 70	70.5 79.1	2 1	74.3	434 411	415 388	142.0	145.0	141.0	143.0	141.0	
	戸 畑 №2	62.3	130	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
富 士	廣 畑	60.11	60	73	2	73.4	380	328	67.0	71.0	63.0	70.0	65.0	
	室 兰	61.7	70	97	2	96.6	320	262	49.0	65.0	65.0	78.0	84.0	
住 友	小 倉	61.5	40	46	2	82.0	339	317	30.0	33.0	33.0	31.0	19.0	
尼 鉄	尼 崎	60.9	30	35	2	83.8	563	475	26.0	29.0	26.0	30.0	29.0	
神 戸	神 戸	61.11	60	62	2	—	—	—	—	—	3.0	10.0	28.0	
川 鉄	千 葉	62.4	150	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	

墨西哥等国)。在个别国家如美国,甚至还出现了拆除低效率平炉的新情况。很多报导资料表明,今后 LD 转炉还会得到更进一步的发展,预计到 1965 年,世界总生产能力将超过 7000 万吨/年。

(三) LD 转炉炼钢法的技术经济

I、设备生产能力:

不同炼钢方法的设备生产能力比较示于图 1 中,可以看出,除托馬斯法外,LD 法是目前炼钢设备中生产能力最高的。与平炉相比,在平炉不用氧的情况下,约为平炉的 10 倍,在平炉用氧的情况下,约相当于平炉的 5 倍。

设备生产能力高,可以带来两大好处:其一是,可以提高车间的劳动生产率。其二是,可以提高轧钢均热炉的效率,给轧钢带来好处。

I、建設投資：

LD 轉爐煉鋼車間的投資費一般只相當於平爐車間的60~70%，這與車間規模大小直接有關，規模愈大，投資愈省。茲將幾個國家的投資比較資料列述如下：

1) 美國資料：在琼斯-拉弗林阿里奎巴廠條件下，建設 LD 轉爐時，每噸鋼投資為 15 美元，建設平爐時每噸鋼投資為 40 美元。在凱賽爾公司條件下，建設 LD 轉爐時，每噸鋼投資為 14 美元，建設平爐時，每噸鋼投資為 33 美元，建設電爐時為 18 美元。

2) 日本資料：同樣為 100 萬噸廠，採用平爐時為 250 噸平爐 6 座，採用 LD 轉爐時為 45 噸爐 3 座。投資費 LD 車間為平爐車間的 70%。不同規模、不同煉鋼方法的投資比較，示於圖 2 中。

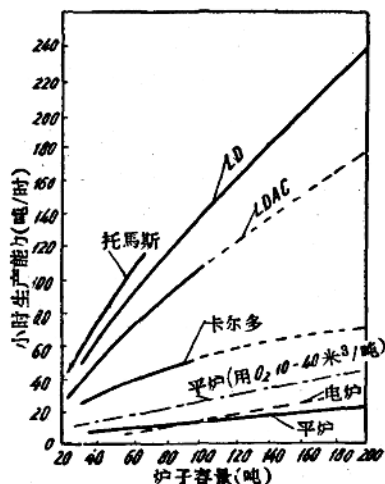


圖 1 不同煉鋼方法的設備生產能力比較

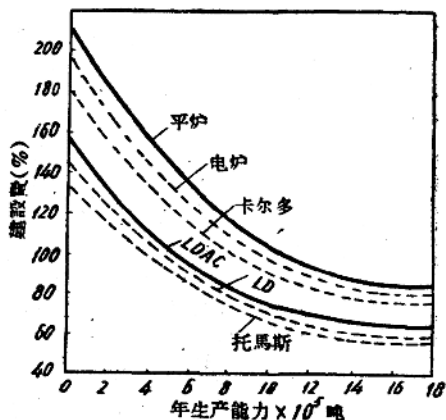


圖 2 不同煉鋼方法的投資比較

3) 蘇聯國立黑色冶金工廠設計院資料：

表 4

		工 廠			
		(I)		(I)	
		平 爐	轉 爐	平 爐	轉 爐
爐子容量及數量		12×500噸	3×100噸	7×500噸	3×75噸
年生產能力(萬噸/年)		510	190	300	165
單位投資	煉鋼車間本身, %	100.0	58.1	100.0	66.7
	全廠範圍, %	100.0	62.1	100.0	68.5
	包括鄰近部門, %	100.0	89.2	100.0	86.2

上表資料，是在平爐車間生產能力大大超過轉爐車間的條件下，進行比較的。顯然，這對轉爐車間是不利的。根據後來蘇聯公布的資料，當規模相同時，轉爐車間投資為平爐車間的75%（包括鄰近部門投資）。

4) 巴西的比較資料：

表 5

投 資 分 配	投資金額 (西德千馬克)		轉爐車間為平爐車間的, %
	轉 爐 車 間	平 爐 車 間	
煉鋼廠房	3780	23940	15.8
轉爐 (或平爐) 起重設備、混鐵爐盛鋼桶、鋼錠模等	7980	42000	19
管道、制氧設備、電氣設備等	10920	6720	163
爐渣處理設施	9240	8400	110
合 計	31920	81060	40

比較條件: 1. 轉爐車間: ——車間生產能力為 41 萬噸/年, 30 噸轉爐兩座。

2. 平爐車間: ——車間生產能力為 47.5 萬噸/年, 275 噸平爐三座。

II、操作成本:

占鋼成本比重最大的是原料費, 這與地方條件有很大關係。例如在歐洲, 長時間以來平

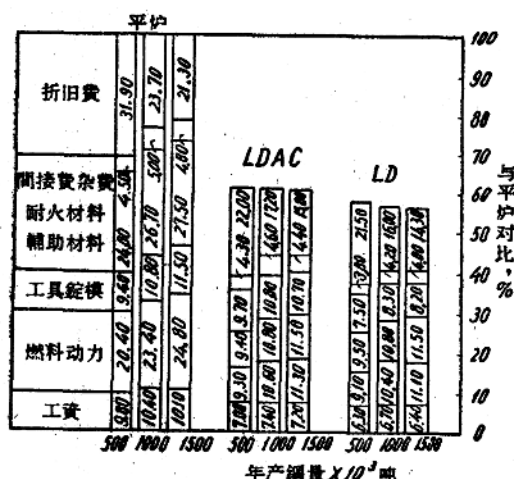


圖 3 不同規模的操作成本比較

爐生鐵、托馬斯生鐵和廢鋼的價格關係為 100:87:70, 即廢鋼價格要比平爐生鐵便宜, 然而在日本平爐生鐵: 廢鋼卻正相反, 為 80:100。在日本條件下, 由於生鐵比廢鋼便宜, 故一般 LD 轉爐的原料費要比平爐低 7% 左右。LD 轉爐的操作成本, 一般來說要比平爐低很多, 約相當平爐的 60% 左右, 不同規模的操作成本比較詳見圖 3 所示。

奧地利林茨廠對不同鐵水成分、不同規模的 LD 轉爐與平爐操作成本進行了比較, 其結果詳見表 6 所示。

表 6 操作成本比較表

	平 爐 鋼			LD 轉 爐 鋼					
	生 鐵 含 磷 0.2 %			生 鐵 含 磷 <0.5 %			生 鐵 含 磷 >0.5 %		
年產量 (萬噸)	50	100	150	50	100	150	50	100	150
工 資	9.80	10.40	10.10	6.30	6.70	6.40	7.00	7.40	7.20
燃料 (動力)	20.40	23.40	24.8	9.1	10.8	11.1	9.3	10.6	11.3
工具、鋼錠模等	9.4	10.3	11.5	9.5	10.8	11.5	9.4	10.8	11.5
耐火材料及其他輔助材料	24	26.7	27.5	7.5	8.3	8.2	9.7	10.8	10.7
基本費與特殊費	4.5	5	4.8	3.8	4	4	4.3	4.6	4.4
各項冶煉費用合計	68.1	76.3	78.7	36.2	40.4	41.2	39.7	44.2	45.2
折 旧 費	31.9	23.7	21.3	21.5	16	14.3	22.0	17.2	15.8
煉鋼費用總計%	100	100	100	57.7	56.4	55.5	61.7	61.4	60.9

(四) 鋼的品種質量

LD 轉爐鋼的質量, 在許多方面都與平爐鋼相等。並且在下述幾個方面已經超過平爐

鋼的水平。

1) 鋼的含氣量:

LD 轉爐鋼的气体含量比平爐、電爐均低。不同煉鋼方法的鋼中氮、氫、氧含量資料列於表 7 中。

2) 鋼的冷加工變形性能:

LD 轉爐鋼的冷加工變形性能比平爐鋼為高。西德博胡姆廠對 LD 轉爐鋼進行了可塑性試驗，與平爐鋼相比較，資料如下：

供試驗的鋼成分：

	C	Mn	P	S	N
LD 鋼	0.09	0.31	0.011	0.023	0.003
平爐鋼	0.07	0.39	0.017	0.0275	0.0046

進行試驗比較的結果示於圖 4 和圖 5 中。

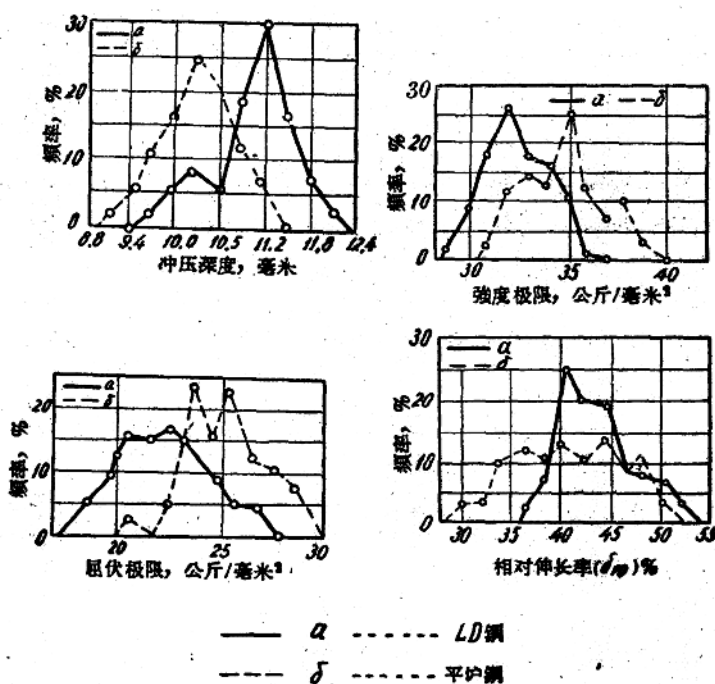


圖 4

此外，奧地利林茨廠也進行過類似的試驗，同樣証實 LD 轉爐鋼的這一優越性。試驗得到的數據資料列於表 8 中。

LD 轉炉鋼在拉絲時，可不經過中間退火，將 $\phi 6.5$ 毫米的棧材拉至 $1.2 \sim 0.95$ 毫米，而平爐鋼只能拉到 $1.4 \sim 1.2$ 毫米。貝塞麥鋼只能拉到 4.0 毫米。

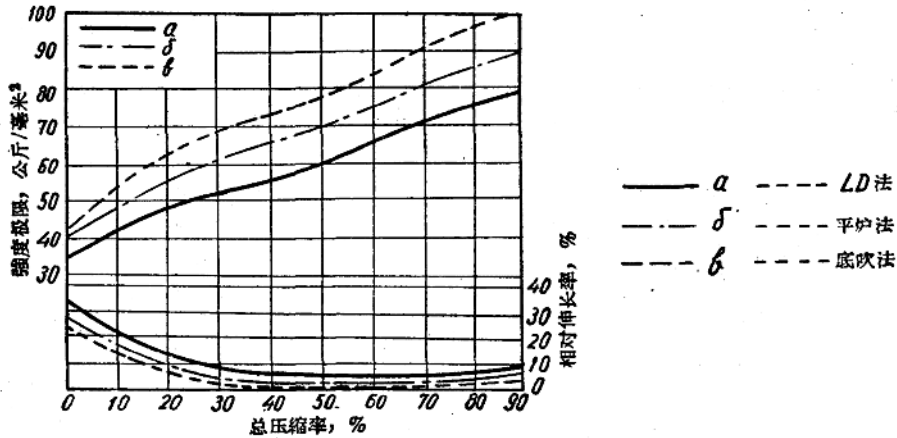


圖 5

表 8

冷拔断面收缩, %	抗 张 强 度 (公斤/毫米 ²)		
	托 馬 斯 鋼	平 爐 鋼	LD 轉 爐 鋼
0	38.6	38.2	38.1
15	57.5	49.0	48.5
25	73.2	56.7	53.4
40	78.8	61.0	58.2

3) 鋼的抗时效性能:

LD 轉炉鋼的抗时效性能，同样比平爐为好。LD 轉炉冶煉出的沸騰鋼，只需要經過簡單熱處理，即可增強其抗时效性能。平爐鋼增

強抗时效性能的处理办法是：將鋼件加熱到 A_{c_3} 以上，然後迅速冷卻。而對 LD 轉炉鋼則在緩冷（冷卻速度稍高於 60 度/分即可）的情況下即可達到目的。

LD 鋼的這一特點，對於生產尺寸、形狀要求比較嚴格的構件來說，具有很重要的意義，基本上可以消除由於急冷而造成的局部變形。

4) 鋼的抗脆裂折斷性能:

對於結構鋼材，抗脆裂折斷的敏感性具有很大的意義。如眾所周知，一條焊縫可使鋼材形成內部應力，並發生局部硬化。如果抗脆裂折斷性不好，鋼材就會變脆。對於抗張強度為 37 公斤/毫米² 的沸騰結構鋼，托馬斯轉爐生產的鋼板，厚度超過 15 毫米就有變脆的危險，此 15 毫米即謂之“臨界厚度”。平爐沸騰鋼板的臨界厚度為 $25 \sim 30$ 毫米，而 LD 轉爐鋼板，其臨界厚度可以達到 40 毫米。

5) 鋼的焊接性能:

LD 轉炉鋼的焊接性能十分良好，甚至超過了平爐鋼。據各國對於鋼焊接件的反覆承載試驗及常溫和低溫（ -40°C ）下的沖擊試驗表明，LD 鋼不僅達到了平爐鋼的水平，甚至超過了平爐鋼的水平。例如，在奧地利對 LD 轉爐鋼板所進行的焊縫彎曲試驗表明，這種鋼板的焊縫可彎至 150° 而不發生破裂。與此同時，含碳量相同（ 0.2% ）的平爐鋼板則大部分發生破裂。

近年来, LD 轉炉炼鋼法在产鋼品种上,取得了很大进展。美国、加拿大、西德以及苏联等国家,应用高拉碳法已经成功地生产出一系列牌号的中、高碳鋼种,其中特别值得提出的是美国科罗拉多

厂。这个厂在 100 吨炉子上生产的中、高碳鋼比例已占全部产鋼量的 50% 以上,各月产鋼情况示于表 9 中。

目前 LD 法产鋼品种已经不再局限于生产碳素鋼种,并已跨入到合金鋼的生产领域。許

多报导資料表明,在奥地利、美国、西德、日本、加拿大等国,已能应用 LD 轉炉成功地生产各种含合金和高合金鋼种。

奥地利多納維茨厂早自 1958 年就开始致力于合金鋼生产的研究工作。目前,不仅已在轉炉上生产出 15Cr、41Cr、16MnCr₅、42CrMo₄、80CrV₂、100Cr₆ 等軸承鋼,和 Si 鋼,而且还生产出一系列牌号的不銹鋼种,如 A.I.S.I. 型 302、304、410、420 及 510 等。

西德維頓厂目前在 25 吨轉炉上,已能冶炼出 47 种牌号的新鋼种,其中有很多鋼种是以前认为只能在电炉中冶炼的。

該厂利用 LD 轉炉生产出的 Cr—Mn、Cr—Mo、Cr—Ni 及 Ni 系統的渗碳鋼,在各方面都能符合于电炉鋼的质量标准(某些高强度鋼除外)。LD 轉炉冶炼出的含 Al 在 1% 以上的渗氮鋼和 Ni—Cr 鋼与好的电炉鋼完全可以媲美。除此之外,該厂还試炼出含 1.5% C 的高碳鋼、Cr 鋼、Cr—Mn 鋼、Cr—Si 鋼、Cr—Ni—Mo—V 鋼、Ni—Mo 鋼和 W—Cr—V 鋼等。

鉴于 LD 轉炉已经能够直接炼制出一系列牌号的合金鋼种,已经有人提出如下的新的鋼种冶炼分工:

LD 轉炉——冶炼含合金元素 5~6% 的合金鋼,及含 Mn 在 13% 以下的錳鋼。

LD 轉炉与电炉双联——冶炼高合金不銹鋼种。

电炉——冶炼高速鋼和錳鋼。

一座专门生产合金鋼和硅鋼的 LD 車間在美国的达奎斯厂已开始建設,并可于 1964 年投入生产。

IV、对原料的适应能力:

最初, LD 轉炉被认为只适于用来吹炼平炉生鉄。近年随着 LD 轉炉炼鋼的发展,对原料的适应能力也有很大的增加。許多国家的生产試驗經驗表明,应用 LD 轉炉能够比较成功地吹炼高磷、含钒、以及天然合金生鉄等。

1) 高磷生鉄:

不久以前,还有人认为生鉄含 P0.5% 将是 LD 轉炉所能适应的原料含磷上限。然而,这种看法很快为近年来一系列的生产实践以及工业性生产試驗所否定。

在日本,工业上已正式采用含 P0.5% 的中磷鉄作为原料。法国在 20 吨 LD 轉炉上,

表 9 科罗拉多厂逐月产鋼情况

鋼 种 (含 C%)	占 全 部 产 鋼, %			
	1961年12月	1962年1月	1962年2月	1962年3月
<0.1	17.0			
0.1~0.3	31.5			
<0.23		56.1	46.2	51.4
0.3~0.5	26.0			
>0.24		43.9	53.8	48.6
>0.5	25.8			

对含P1.85%的生铁进行过1200多次的工业性吹炼试验。最后证实了，采用LD转炉吹炼高磷生铁是可能的。在西德，经过一系列的吹炼高磷生铁的试验以后，已在鲁尔厂建起一座专以托马斯生铁为原料的LD转炉车间（三座70吨转炉）。

2) 含钒生铁:

苏联近年来所进行的一系列工业性吹炼含钒生铁的试验表明，LD转炉是目前吹炼含钒生铁方法中效果最好的一种。

采用LD转炉可使钒的回收率达到91.4%，而采用底吹转炉时，回收率只有86~87%。

目前，主要是利用平炉来将吹钒半成品炼成钢。然而，根据苏联的试验，采用LD转炉同样可以将吹钒半成品炼成钢，并且可较平炉经济很多。这样，不仅投资可以节省，而且成本也可以降低。

3) 天然合金生铁:

苏联采用LD转炉吹炼天然合金生铁的试验取得了很大的成绩。

苏联用哈利洛夫斯克矿石炼出的天然合金生铁成分为:

C—4.0%，Si—0.8~1.4%，Mn—0.54%，Cr—3%，Ni—1.0%，P—0.35%，S—0.08%。

此种生铁利用平炉来冶炼是很困难的。因为铬在熔化期大量被氧化进入渣中，使渣变得很稠，不易自炉内排出，并使炉子热工条件恶化，以致炉衬寿命降低。

同样，此种生铁也不适于采用底吹转炉来冶炼，因为要保证低的硫、磷含量，就必须吹至低碳（0.05~0.09%），而使钢中含氮量大为增加，达到[N]=0.04%。

苏联曾在工业上采用底吹转炉—平炉双联法来处理此种成分的生铁。这种方法虽然基本上可以达到冶炼优质钢的目的，但是，操作复杂，钢的成本也有所增加。

经过一系列的试验表明，LD转炉是冶炼此种天然合金生铁最好的炼钢设备。在LD转炉中可以通过调整喷嘴孔型，喷嘴高度来造成这样一种条件，即在增加炉渣氧化性的同时，降低了碳和铬的氧化速度。这样，就可以防止含高铬稠渣的形成（因为熔点很高的铁的铬氧化物是当渣中含过量铬氧化物和低氧化铁时形成的），从而使冶炼条件得到改善。

苏联采用此种成分生铁，在LD转炉中成功地冶炼出一系列的低合金Ni—Cr钢，如：10XГН、14XГН、10XГ₂H、14XГ₂H、14XГ₂CH和10XГ₂CH等，其硫、磷含量均不超过0.045%。

4) 特殊成分生铁:

奥地利曾在LD转炉上进行过吹炼含C—2.3%，Mn—0.3%，Si—4.5%，P—1.4%，S—0.15%的特殊成分生铁的试验。

所得结果表明，LD转炉不仅完全可以将此种生铁吹炼成钢，而且还可以生产出质量很好的造船钢板或深冲钢板。很显然，此种特殊成分的生铁，用目前有的任何一种炼钢方法都是很难处理的。

参 考 文 献

- [1] Бюллетень технико-экономической информации, 1961, 1, 10.
- [2] Iron & Steel, 1961, 34, № 9.
- [3] 日本金属会报, 1962, № 9.
- [4] 日本金属学会会誌, 1961, v. 25, (1) 技术革新专集.
- [5] Stahl und Eisen, 1957, № 19.
- [6] Проблема современной металлургии, 1961, № 1.
- [7] Iron & Steel Engr., 1962, № 1.
- [8] 钢铁界报, 1961, 10, 11, № 576.
- [9] 铁钢界, 1961, № 8.
- [10] 铁钢界, 1961, № 2.
- [11] 製铁製鋼, 吾妻潔等編.
- [12] 金属, 1962, 32, № 1.
- [13] 特殊鋼, 1961, 10, № 7.
- [14] 特殊鋼, 1961, 10, № 8.
- [15] 日本鉄鋼联盟鉄鋼生产现状, 1958.
- [16] Iron & Steel Engr, 1961, 38, № 10.
- [17] 鉄と鉄製品, 1961, 13, № 8.
- [18] Jou. of metals, 1960, vol. 12, № 7.
- [19] Iron Age. 1961, 188, № 11.
- [20] Iron & Steel Engr., 1961, № 10.
- [21] Металлурги, 1961, № 10.
- [22] Сталь, 1961, № 9.
- [23] Сталь, 1961, № 8 及 1961, № 1.
- [24] Metal Bulletin, 1962, 2, 27.
- [25] Metal Progress, 1961, 1.
- [26] Iron & Steel Engr., 1960, 2.
- [27] Jou. of metals, 1960, № 10.
- [28] Jou. of metals, 1961, № 9.
- [29] И.Л. Бардин "Применение кислорода в конвертерном производстве стали, 1959.