

高炉炉衬寿命论文集

张寿荣 欧阳廷振 李马可 等译

冶金工业出版社

76.12133
5-79
C.2

高炉炉衬寿命论文集

张寿荣 欧阳廷振 李马可 等译



内 容 简 介

本书译自“1982年加拿大高炉炉衬寿命最佳化学术年会”论文集，是12个国家20多个钢铁厂的科研与实践的总结。论文作者认为，目前影响高炉炉衬寿命的主要因素已从炉底、炉缸转至炉身。而炉身寿命决定于冷却方式、冷却器结构、耐火材质与高炉操作。七十年代以来，由于上述条件的改进，国外高炉寿命有较大的延长，预期可以由5~6年延长至10年以上。

现代大型高炉多用强制循环冷纯水冷却，使用密集铜冷却板或改进材质的冷却壁以及碳化硅砖。近年来，还推广了喷浆与灌浆补炉技术，在高炉操作方面加强了炉料分布与冷却强度的控制。

本书中的18篇论文都是较好的和优秀的，对我国炼铁，耐火材料工作者有很大参考价值。

高 炉 炉 衬 寿 命 论 文 集

张寿荣 欧阳廷振 李马可 等译

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10 1/2 插页1 字数 276 千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数00,001~1,840册

统一书号：15062·4055 定价1.35元

译者序

1982年在加拿大召开的高炉炉衬寿命最佳化学术年会，西欧、北美、亚洲与大洋洲的12个主要产铁国家约100人参加，发表了18篇论文。与会者围绕如何延长高炉寿命这个中心课题交换了各自经验并进行了讨论。会议一致认为，目前影响高炉寿命的主要因素已从炉底、炉缸转至炉身。具体说，炉身下部冷却方式与结构、耐火材料性质、砌砖方法以及高炉操作诸因素影响高炉寿命。七十年代以来，由于上述条件的改善，高炉寿命有较大延长，预期可以由5~6年延长至10年以上。

1. 冷却方式 冷却方式改进的趋势是强化冷却与节水。现代高炉大型化，钢铁厂高炉座数减少，如何延长设备与高炉本体寿命，减少由于休风与停炉减产的影响是关键。国外高炉特别是日本、西欧的高炉冷却方式已由汽化冷却改为强制循环冷纯水冷却。1969年后，日本新日铁16座高炉中的12座用从苏联引进的冷却壁汽化冷却技术，经过7年试验，冷却方式由自然循环汽化冷却改为强制循环，进而改为强制循环冷纯水冷却。其中1969到1972年投产的新日铁7座自然循环汽化冷却高炉平均寿命为6.1

(5.5~6.9)年，1972到1976年投产的7座强制循环汽化冷却高炉均在生产，寿命预计可达10年。但是这些高炉热负荷较高时汽化冷却循环不稳定，欠热升高。1976年以后均改为强制循环冷纯水冷却方式。广畑与户畑4号高炉已投产4、5年，冷却壁破损轻微，预期高炉寿命至少超过10年。

从节能观点看，汽化冷却是很吸引人的，但汽化冷却的冷却壁本体温度较高，循环不稳定，寿命短是致命伤。日本20多座高炉与西欧一些国家的高炉由采用汽化冷却改为强制循环冷纯水冷却。澳大利亚的堪培拉2号高炉(1173米³，寿命8.5年)，投产5年后由自然循环汽化冷却改为强制循环汽化冷却，不久又改为

强制循环冷纯水冷却。可以说汽化冷却高炉很少有从头到尾长期使用得很好的。

2. 冷却器结构 冷却壁七十年代改进不少,如改用可锻铸铁,镶高铝砖,改善四角部位冷却、双层水管、Γ型与鼻型冷却壁凸缘另设水管与镶砖、冷却壁之间改用炭素材料等。改进后的冷却壁寿命可延长3~4年。新日铁的论文认为上述改进已达极限,将来仅有的改进是冷却壁材质的改变,考虑试用高级铸铁、铸钢或陶瓷结合的冷却壁。

除冷却壁以外,还有用铜冷却板或铜冷却板与冷却壁结合使用的。日本君津3号高炉(4063米³)与福山3号高炉(3223米³)使用密集铜冷却板,寿命达10~12年。

3. 炉衬的改进 炉身下部改用碳化硅砖,炉衬寿命由0.5~1年延长至2~3年。砌砖方法改为紧贴冷却壁砌筑。

4. 高炉操作 炉料处理、炉料分布控制与冷却强度控制对冷却壁起到延长寿命的作用。法国敦刻尔克4号高炉使用无钟炉顶布料,保持热负荷 16 ± 4 百万卡/米²·时·°C,寿命达10年。其中6年炉衬无剩。高炉检测系统完善化后,可以根据检测数据控制炉料分布与冷却强度。

5. 补炉技术的发展 近年国外高炉在晚期采用喷浆或灌浆补炉技术,高炉寿命可延长几个月至2年。

我国代表在会上宣读了关于鞍钢、武钢高炉寿命的论文。我国高炉寿命为8~10年(最长18年),与国外不同的是很少不进行中修。一次中修的费用与工期约为大修的一半,靠中修延长高炉寿命是否经济值得研究。

关于学术讨论会的开法也有值得我们借鉴的地方。我们特将约翰·A·波尔特(John A. Peart)的开幕词“通过交流而学习”一文译出,以供参考。

总之,会议论文是比较好的和优秀的。论文总结了各国高炉长寿经验与研究成果,对我国高炉工作者有很大参考价值。为了解国外有关技术活动情况和经验,中国金属学会炼铁学术委员会

组织翻译了本文集，供国内炼铁、耐火材料专业的工程技术人员
与大专院校有关专业的师生参考。

张寿荣 欧阳廷振 李马可

1982年10月

目 录

译者序

通过交流而学习	1
1. 希德玛公司改进炉衬和冷却系统延长高炉寿命的经验	4
2. 琼斯-劳林钢铁公司高炉中期补炉经验	31
3. 堪培拉港厂2号高炉1973~1981年炉役期的经验及停炉后炉衬的检验	39
4. 神户钢铁公司加古川厂高炉炉衬方面的实践经验	72
5. 武汉钢铁公司高炉寿命和炉衬侵蚀的研究	88
6. 高炉炉身用耐火材料	105
7. 高炉炉身下部炉衬的温度波动	126
8. 阿姆科高炉寿命	144
9. 高炉炉衬的热应力断裂	160
10. 艾莫依登厂高炉炉腹—炉身炉衬和冷却系统研究	177
11. 北法和东法钢铁联合公司高炉冷却壁冷却的12年经验	185
12. 冷却壁汽化冷却七年——斯蒂尔柯D高炉第六代炉龄	211
13. 新日铁高炉冷却壁冷却与砌砖技术的改进	224
14. 内陆钢铁厂7号高炉炉衬方案	255
15. 蒂森公司采用不同冷却方式与不同质量的耐火砖延长高炉寿命的经验	268
16. 鞍钢高炉冷却和炉衬设计	282
17. 炉料分布和煤气流控制对高炉生产和炉衬寿命的影响	296
18. 延长大高炉的寿命	309

通过交流而学习

John A. Peart

在1972年芝加哥炼铁学术会议期间，Mick Holowaty、George Sibakin和Nick Standish三位权威人士讨论刚刚体会的该次会议，一致认为会上发表的文章无论从哪方面说都是很优秀的，但遗憾的是，自发地前来参加会议的听众较少。在讨论中Nick介绍他在澳大利亚Wollongong大学为堪培拉港炼铁工作者召开了几次会议。他认为在会议期间进行的坦率讨论成了与会者通过交流学识和实践经验，相互学习的重要过程。这个“通过交流而学习”的想法曾得到了深入的讨论。Nick在他从澳大利亚定期访问加拿大麦克马斯特大学期间，同John Kirkaldy博士和卢维高（W.K.Lu）博士讨论过这个想法，并立即得到了他们的支持。由于卢维高博士的组织才能和Standish博士的推动，这个想法终于成功了。卢维高博士曾促进委员会筹划一年一度的炼铁及炼钢学术会议，并自愿担任常任秘书。今天，这个第十届年会就是这个学术年会历史上的一个里程碑，也是我们回顾过去和计划将来的一个适宜时机。

前九届会议，参加者很踊跃，并且是非常成功的。前九届会议的文集都已出版，并广泛发行。这些文集分别对各个专题进行了全面的研究，并且经常在文献中被引用与咨询中使用。

作为第一届年会的主席，我可以向你们证实，这几次年会进行的方式方法是参加组织委员会的每个成员热心的成果。今天这个会议是在与十年前一样基础上进行的。由于会议的成功与否取决于与会者，所以我认为以下几点是很重要的，并提议值得写入你们的通知书中去：

1. 这个会议应该在一个能很方便地、很自发地进行讨论的环境中进行。

2. 会议的规模应当有所限制，以鼓励讨论发言。

3. 采取的每一个措施都应当是使与会者在一个轻松的、友好的气氛中聚会，并能促进友谊而消除保守。麦克马斯特大学看来是这样一个理想的地方，并且由于卢维高博士的努力，该大学可以提供其所有设施供会议使用。

4. 每年会的专题应该是大家都感兴趣的、很窄的很有针对性的，也希望每个专题都能进行充分的讨论。

5. 应该找到每个专题的专家们，请他们准备文章，发表他们的观点和对本专题的意见。

6. 应该根据个人对会议专题的知识状况，邀请他们参加会议，也欢迎自发的积极参加者。工业部门由于允许他们的人员或者以作者或者以旁听身份参加会议，给了我们很大的支持和鼓励。这种支持对于会议的成功是很重要的。

7. 所有的文章都应事先印好，并在会前发给与会者。

8. 应当要求文章作者的发言仅限于说明其主要的观点，而把其后的时间用来回答与会者提出的问题和与会者讨论文章中的观点。鼓励作者们与与会者在会上交换意见，特别重要的是在听众中进行的讨论。会议上所积累的知识财富应该得到充分的认识和利用。希望讨论能充分活跃地进行。这就要求会议主席在必要的时候能起到仲裁者的作用。

9. 所有的讨论发言都应该有记录，发言者本人有特殊要求时例外。讨论发言应连同相应文章的有关部分一起印发给每个发言者，请他们进行审核和修改。文章与经过修改的讨论意见要进行编辑。作为正式会议文集的手稿，并要出版。

若按上述种种安排的方式进行，则会议的成功与否取决于你们——全体与会者。如果你已经研究过预先印发的文章，并有了自己赞成或反对的意见，如果你愿意“卷袖以待”来认真参加会议，我相信这次会议一定是会成功的。

这次年会的专题“高炉炉衬寿命的最佳化”，肯定是大家共同关心的，因为我们都发现这正是今天钢铁工业面临的问题。现在

高炉的更新要花费1亿美元以上，每代炉役的产铁量已达到了3千万吨。确实今天参加会议的有参与及经历了这两种事件的人员。设计工程师、耐火材料工程师、从事高炉操作及理论研究人员、公认的对我们的钢铁工业有贡献的科学工作者、操作者的同仁——质量控制专家、经理、冶金工作者都有代表出席。这样众多的权威人士集聚在一起，并且他们都在关注炉衬的最佳化问题，并要发表意见，这必然加重了今天这次会议主席的负担，对我们的能力和机敏性是个考验。

炉衬寿命的最佳化问题肯定是有争论的，在经济合理性上，获得最好的炉衬，牵涉到设计、建造的各方面。充分认识到，高炉在联合企业中起着服务的作用。包括各种操作对炉衬寿命的影响。它可能用降低日产量的办法延长一代炉衬的寿命，也可能在高炉本身显示需要改建的时候只进行补炉与重砌。

我可以肯定，我们当中一些人自信知道在我们的工厂中如何实现炉衬寿命最佳化的最好途径。但我希望代表们在会议结束后返回本单位去的时候，他们的自信可能会有些动摇，因为在会议上听到的东西使我们的眼界开阔起来。

总之，我希望我们大家在散会的时候都信服地承认，我们确实通过交流学到了些东西，并能在回顾过去会议经验的时候，能感到那是令人愉快，使人有所裨益的经验。

齐宝铭 译

李马可 校

1. 希德玛公司改进炉衬和冷却系统 延长高炉寿命的经验

Ludo Vroman
(比利时希德玛钢铁公司)

希德玛(SIDMAR)公司高炉车间系由两个日产17000吨烧结矿的烧结厂和两座日产量为9000吨低磷生铁的高炉(A、B)所组成。

虽然两座高炉的炉型、钢结构和附属设备都相同,但它们的历史却不同。

初期的A、B高炉

一、B高炉第一代炉役

B高炉于1967年(比A高炉早一年)投产。这座高炉和希德玛公司高炉均是靠托圈支承炉身炉衬的自立式结构(见图1-1)。该高炉炉底未进行冷却,炉底中心为粘土砖,厚3.5米,粘土砖的外围是炭砖,宽120厘米。炉底、炉缸和炉腹均为炭砖,炉身下部是含60% Al_2O_3 的 Sillmax 砖,炉身上部和炉喉是粘土砖(44~40% Al_2O_3),炉喉用3米长的悬挂式条型钢砖加以保护。四根上升管和下降管衬以粘土砖。

各种冷却器配置如下:

- 1) 炉腹部分共三段冷却壁(各有单独的蛇形管)。
- 2) 炉身部分共十四段钢制冷却板(共520个),排列比较稀疏。
- 3) 风口、风口各冷却套和冷却板采用闭式循环,冷却水经空气冷却器冷却。
- 4) 全部炉壳用从根特(Ghent)到海口运河的所谓“新鲜”工业水进行喷水冷却,结果污染腐蚀了水管和炉壳。渣口、铁口

附近溅水使渣铁沟维护遇到困难。

没有专门的检漏装置，水的流量和流速较低。

高炉产量低（2000~2500吨/日），设有一个铁口和一个出铁场。1971年才有高压炉顶设备；筛分措施能力不足，炉料为35%的混匀矿石和65%的酸性烧结矿，只有部分烧结矿筛去小于5毫米的粉末；焦炭质量不稳定，仅50%过筛；炉料质量指标管理不

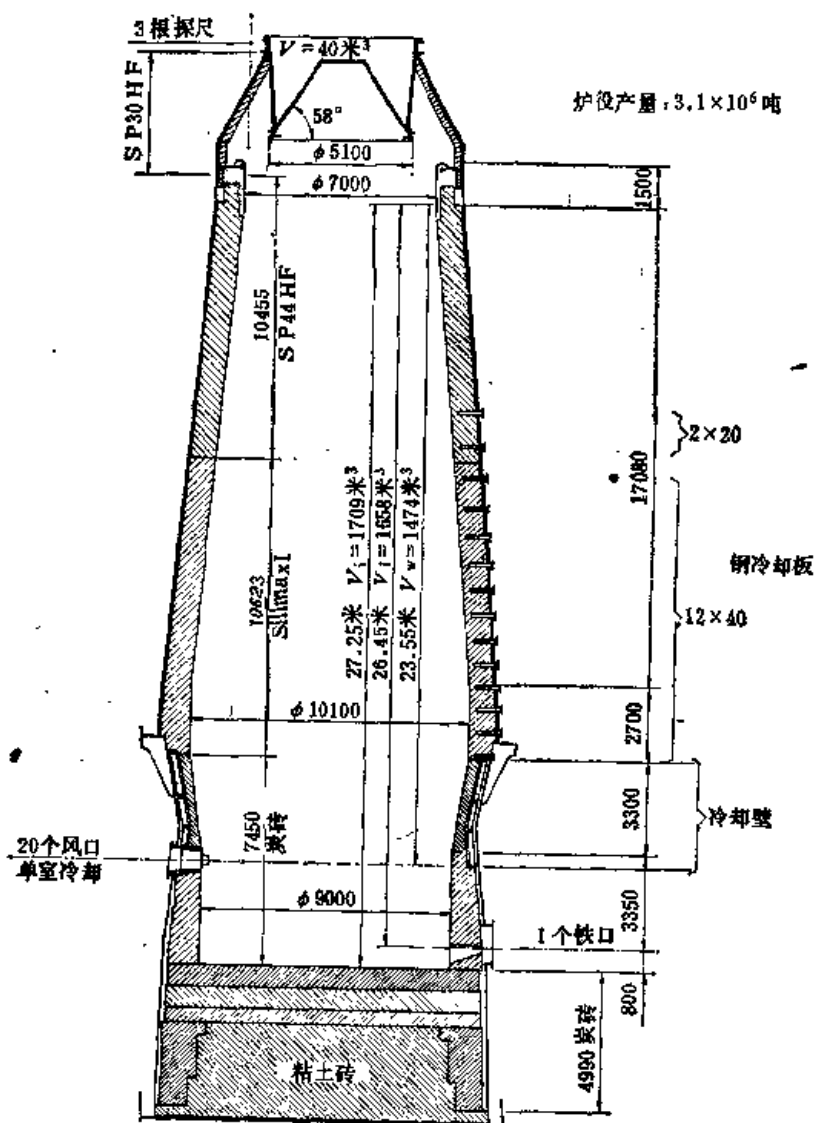


图 1-1 希德玛钢铁公司B高炉（1967年）

严，高炉操作由于结瘤经常处于混乱状态，炉衬多次炸瘤；没有煤气取样装置和煤气温度测量来控制煤气分布。

尽管B高炉操作水平差，但第一代炉役仍然生产了310万吨生铁，平均燃料比为554公斤/吨，此后于1971年9月停炉。

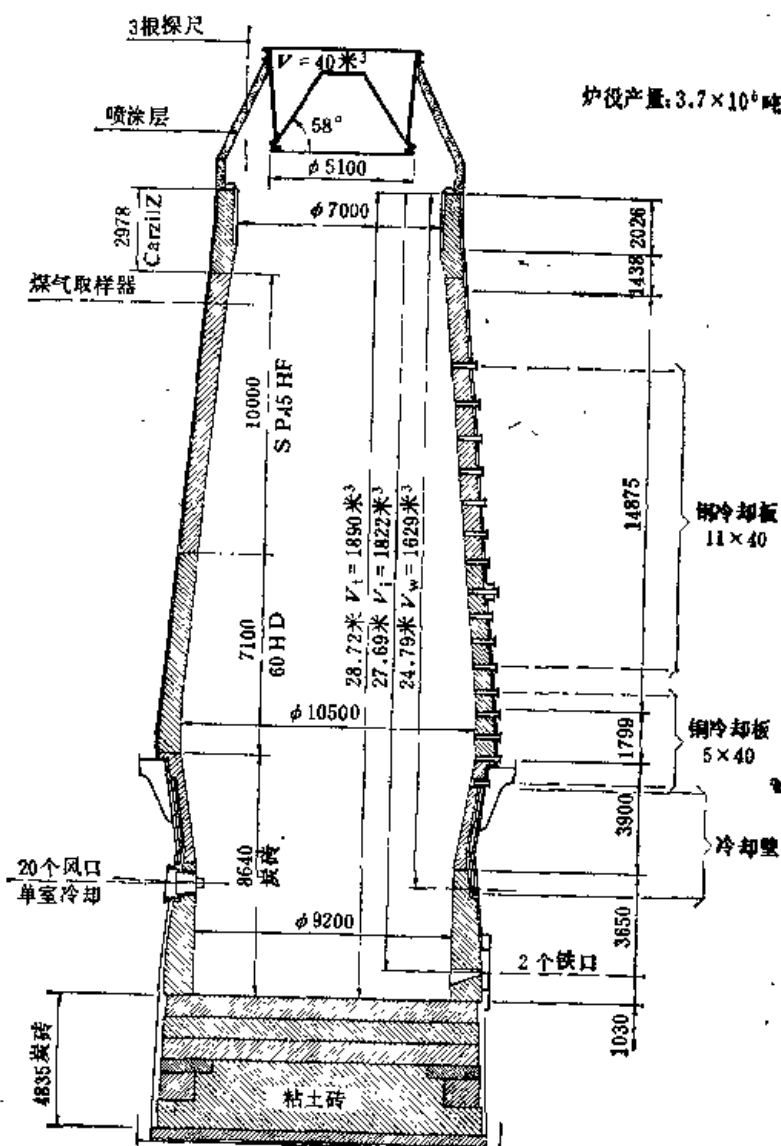


图 1-2 希德玛公司的B高炉 (1971年)

二、B高炉第二代炉役

在B高炉第二代炉役中，炉底、炉缸和炉腹内衬仍和前一代相同。

由于减薄了炉缸炭砖衬的厚度，炉缸直径扩大到9.2米(如图1-2所示)。

炉身下部为60% Al_2O_3 的高铝砖，炉身上部为45% Al_2O_3 的高铝砖。炉喉用45% Al_2O_3 和耐磨的“Carsil”Z砖(用 Al_2O_3 结合的碳化硅)组成的复合炉衬来保护。

上部各段增添了冷却板的数目，但段与段之间的距离仍然太大(为80~100厘米)；下部各段安装有单室的铜冷却板，外加喷水冷却。

虽然在第一代炉役(四年半)中只有两块冷却壁完全烧坏，仍更换了全部冷却壁。除了四根上升管周围的炉壳需要加固外，其它炉壳均完好。

在投产后三年半中，生产了370万吨生铁，后于1975年4月将炉料降到风口后停炉。

三、B高炉第三代炉役

经检查后更换了60块冷却壁中的43块，并换了新炭砖。其余17块被烧坏或部分烧坏。

炉身和炉顶喷涂了1800吨、厚70~80厘米的Supra250涂层(这是一种含52% Al_2O_3 的刚玉基混凝土)而未砌新砖。上升管用Supra250涂料(含50% Al_2O_3)喷涂(图1-3)。

保护炉喉的条形钢砖全部拆除。由于温度过高钢砖变形致使炉料分布失常。炉喉部分喷涂了一层耐磨性好的混凝土AGP87。

根据1979年8月的资料，B高炉于1976年1月开炉，炉龄又已三年半，共产生铁330万吨。

四、A高炉第一代炉役

在讨论B高炉现用炉衬之前，先考察一下A高炉炉衬和冷却系统的历史情况是有益的。

如前所述，A、B两高炉冷却系统完全相同，炉衬也相似，

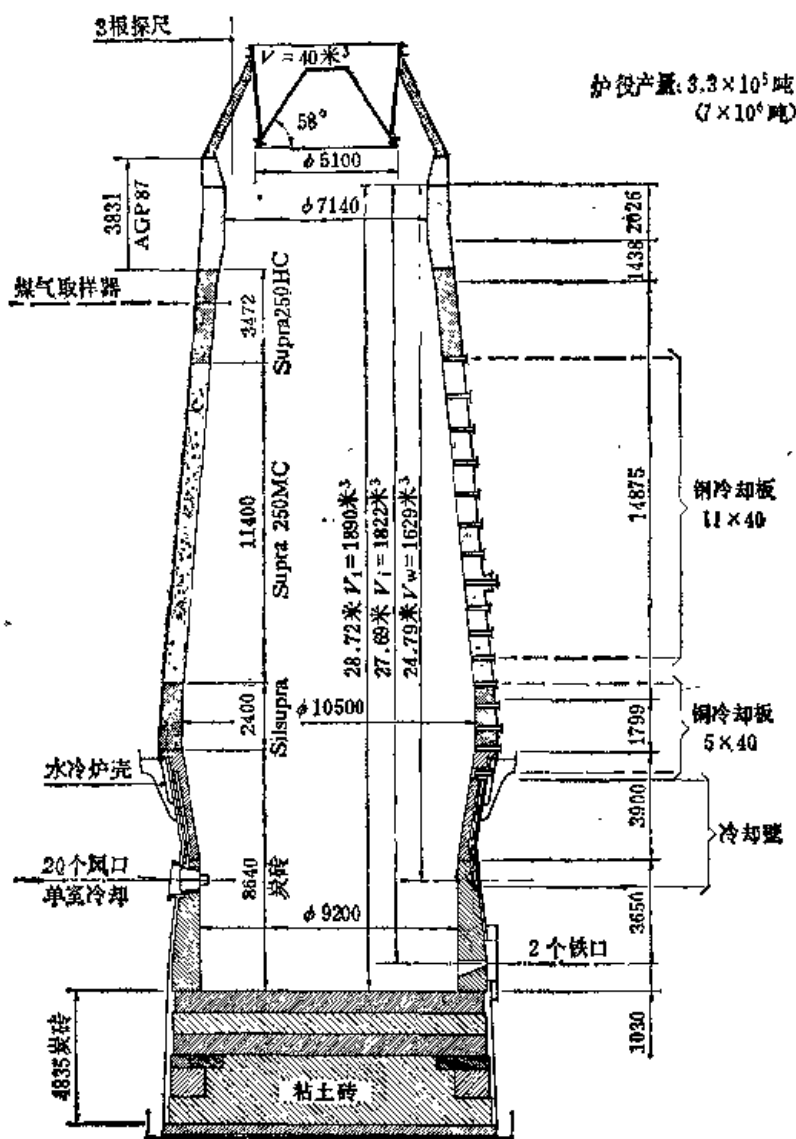


图 1-3 希德玛公司的B高炉 (1975年)

A高炉是1968年5月开炉的 (见图1-4)。

到1974年的第一代炉役中, A高炉共产生铁530万吨,除炉顶和上升管进行过喷涂外,其余均未重砌。

和B高炉第一代炉役的情况相似, A高炉同样遇到了操作上

的困难，结果燃料比高达522公斤/吨铁，冷却壁损坏，炉腹和炉身下部炉壳发红，到1974年8月底A高炉结束一代炉役。

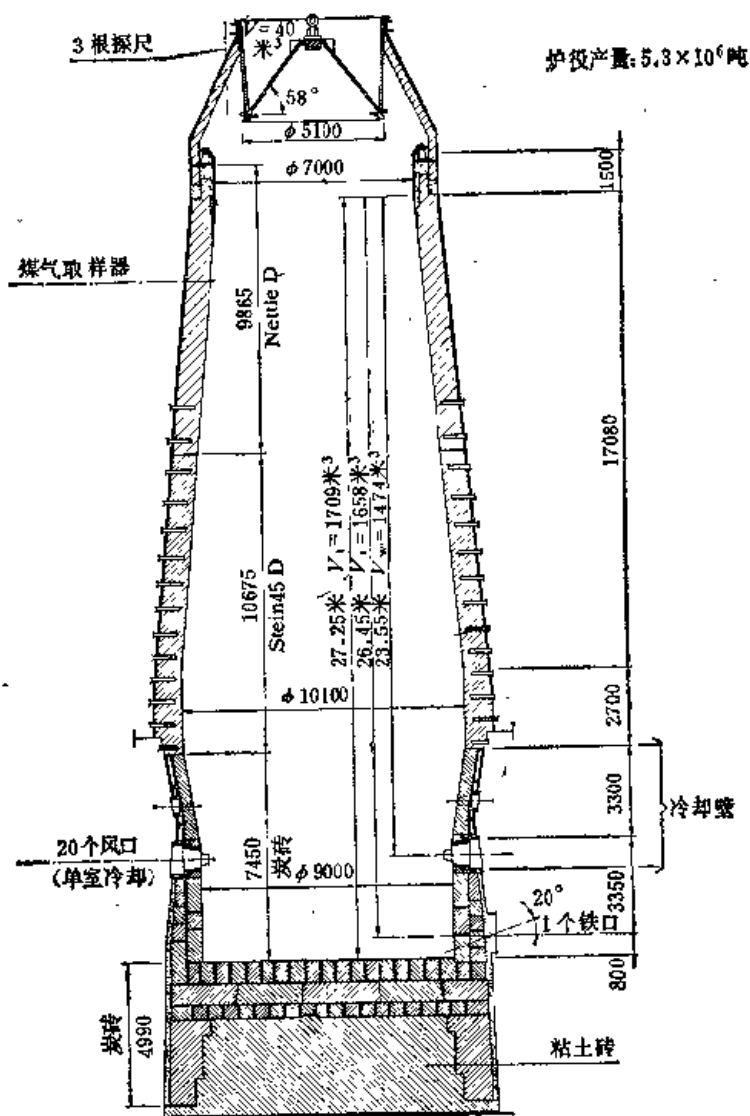


图 1-4 希德玛公司的A高炉 (1968年)

60块冷却壁中的5块几乎全被烧坏，另外25块被烧损。风口带以上残留了少量炭砖。炉腰和炉身下部砖衬被侵蚀至炉壳，炉壳

靠冷却板间冷凝的渣皮来保护。炉底炭砖被侵蚀至粘土砖芯部。

五、A高炉第二代炉役

为了增加产量，1974年底用133天对A高炉进行了改建，炉缸直径扩大到10米，改建后高炉的主要特点和炉型如图1-5所示。这个新的自立式炉壳，从炉底到炉身上部采用13段冷却壁（苏联式）进行冷却。冷却壁厚250毫米，炉腹和炉身的冷却壁呈“城堡”形，热端有75毫米深的肋槽，用导热性好的炭素捣打料充填。炉身下部炉衬用间隔分布的26块水平冷却壁支承，炉身上部炉衬则靠最后一排带凸缘的冷却壁支承。

在水冷炉底冷却板以上，炉缸为2460毫米厚的炭砖层，用500毫米厚的莫来石砖（70% Al_2O_3 ）加以保护。

炉缸和炉腹炉衬为365毫米厚的炭砖，炉身为381毫米厚的耐磨砖，其成分为：炉身下部63% Al_2O_3 ，炉身上部至炉喉为45% Al_2O_3 。炉喉由8圈铸铁保护板组成，每块高430毫米，喷涂混凝土作填料使其紧贴炉壳。

用PW式无钟炉顶代替一般的双钟炉顶，增添第二出铁场和新的煤气净化装置以完善新的设计。

开炉约五个月后，风口带和水平冷却壁之间炉衬倒坍，炉身炉衬一直靠水平冷却壁支承到1975年底，此后高炉一直在裸露的冷却壁下操作。

1975年用循环泵将自然汽化冷却改为强制汽化冷却。从1977年5月以来所有的冷却壁都接入水冷循环系统，该系统仅在紧急情况下才具有汽化冷却的可能性。冷却壁金属的温度降低了 160°C ，而比蒸汽温度（ 120°C ）和冷却水温度（ 40°C ）之间的温差尚多 80°C 以上。

为了获得预期的炉龄，西德玛公司发展了一个模拟高炉炉料和煤气分布的数学模型。

根据这个数学模型，我们可以用旋转溜槽控制炉子的热负荷，并通过监控煤气分布使燃料比降到最低。

按照1981年12月的资料，A高炉生产了830万吨生铁，而目标