

高 炉 冷 却

〔苏〕 C.M. 安东涅夫
O.B. 费里彼耶夫
Г.А. 库季诺夫 著

首钢钢研所情报科

一九八五年三月

内 容 简 介

本书是译自苏联冶金出版社1972年版“Охлаждение доменных печей”一书。

该书对高炉冷却系统进行了研究，并介绍了炉缸和炉底的结构、冷却器，风口和热风炉各阀的研究和操作资料。特别着重介绍了新型先进的冷却形式——汽化冷却。

本书适用于广大的从事高炉科研、设计工作者及操作人员。也适用于冶金专业的高等院校教学参考。

2093/02

译者说明

这本书是苏联科学技术博士 C.M.安东涅夫, O.B.费里彼耶夫, Г.А.库季诺夫, 对苏联高炉采用汽化冷却的科研和生产实践总结。

高炉汽化冷却技术是苏联在五十年代末发展起来的新技术, 先后技术输出到世界许多国家。但应用成功的不多, 西欧一些国家如西德、比利时都未过关, 日本在大型高炉上应用, 有的成功了也有失败的。我国是从七十年代初开始试用, 至今已有六座高炉先后采用过汽化冷却, 其中有的高炉运行2~3年后改为水冷, 有的运行只有一年多就被迫改为水冷, 也有一座高炉安全运行达十年之久。高炉的汽化冷却还普遍受到华北、山东、河南等省、市中小企业的重视, 作为节能和余热利用的重要途径, 但迄今使用很成功的也只有少数几家。

这本书中的有关章节, 曾先后在首钢内部刊物上译出, 受到不少同志的欢迎和鼓励。这次考虑到各方面的要求, 重新整理、全书译出, 作为正确的评价和提高应用汽化冷却技术水平, 同时也供设计、科研、生产、教学的参考。

本书的绪论·····	高道铮译	周俊荣校
第一篇·····	高道铮译	周俊荣校
第二篇·····	王祖泉译	周俊荣校
第三篇第一、二章·····	王祖泉译	李永兴校

第三篇第三章	黄晋译	李永兴校
第四篇	黄晋译	李永兴校
第五篇	黄晋译	李永兴校
第六篇	马善长译	周俊荣校
第七篇	周俊荣译	朱加禾校
第八篇	周俊荣译	朱加禾校

全书由周俊荣、朱加禾校

由于译者们皆为炼铁工作者，对书中有关水力学知识理解不深、不当之处，请读者指正。

绪 论

随着高炉冶炼的强化和高炉容积的扩大，对作为炉壳、炉衬、炉缸、炉底以及风渣口、热风阀等的主要结构部件提出了更苛刻的使用条件。因而，现代化的高炉都采用了高效水冷。一般一级大修主要是由于炉底耐火衬砖的损坏。而高炉二级大修则主要是由于高炉冷却器的损坏。

进行二级大修的间隔时间为8年，而一级大修的间隔为10~15年。故如将高炉冷却器的寿命提高，就可使二级大修的间隔期限延长至10~15年。若确保炉底的结构及其冷却系统合理可靠，既可使高炉一代寿命达到15~20年，而不必经过二级大修。这样就减少了大修次数，可使生铁的年产量增加250万吨并节约达2000万卢布。由此可见，对于生产的高炉来说冷却系统具有多么重大的意义。

直到不久以前，关于高炉的冷却问题主要还是根据经验来处理的。如对冷却器型式的选择并未考虑到高炉各区域的结构特点和热工状况，冷却器结构特性参数（板壁的厚度、铸入的冷却管子之间的距离、筋的长度、铺砖数量）也不是根据计算确定出的，完全都是凭直观的理解和在生产高炉上使用较正常的经验而做出的。然而，由于缺乏正确使用冷却器的理论概念，因此只根据利用生产数据的结论，其意义是不大的。并且非但不能分析出冷却系统的正确工作，还会导致实际上的错误。例如，1937年其他一些高炉的炉身寿命很低都是由于它们炉身上使用的冷却器寿命短的缘故。实际上冷却器的早期破损是与它的铸造工艺不合理有关。

由于对冷却系统和冷却器结构估计不足，使高炉工作者长期安于高炉炉身低寿命状态，从而推迟了新型而先进的汽化冷却系统的采用。

炉缸炉底的结构情况也与炉身状况相类似。近二十年来，苏联和国外都曾采用过多种类型的炉底结构，然而由于缺乏对炉底冷却系统有计划的研究，因此，给分析炉底的使用状况带来很大困难。在国外直到目前仍延续着采用错误的方案（炉底的上层砌筑碳砖，下层砌铝代硅酸盐砖），在苏联也仅在几年前才采用了正确的炉底冷却方案，主要是根据国立钢铁工厂设计院进行的大量研究工作而提供的。

由于选用的炉底结构不合理和冷却系统不完善，自然会引起炉底烧穿及铁水浸入现象，从而被迫停炉，进行长期修理的极为严重事故。

合理的冷却系统是极为复杂的问题并涉及到很多方面。为了获得冷却系统的综合方案，需要具备多种专门的科学知识——热力学、炼铁学、金属学、铸造工艺学等，无疑热力学问题是冷却系统中的主要问题。

从1946年起在科学技术博士C.M.安东涅夫的领导 下，把汽化冷却运用到冶金工业。首先和平炉和加热炉上很快的采用了汽化冷却，而在高炉上要应用汽化冷却，因为它要解决的问题是综合性的，非常复杂，所以汽化冷却对于高炉来说只有在进行大量的设计研究工作，并且积累实际设备运行经验之后才能被广泛采用。

假如过去高炉采用汽化冷却器的所有方案均是建立在完全直观认识的基础上，那么就会很容易造成事故，高炉被迫停炉进行修理，同时也阻碍先进方案的采用，例如汽化冷却

的采用，现在由于进行了大量的调查研究的结果，既在热工计算的基础上并结合高炉工作的结构特征和工艺特点已获得解决。也就是说有可能在各种冷却形式中很快地采用新方案。

本书是根据全苏黑色冶金动力净化科学研究设计院有关人员的科学研究成果，实际设计工作的资料，以及高炉冷却系统的实际操作资料而编写的。

作者向在此书编著过程中提出过宝贵意见的全体人员表示谢意。

本书作者向给予宝贵指导的技术博士、评论家 **Б.И.基达耶夫** 教授表示谢意；对文件在印刷和校订时给予帮助的 **Г.С.阿别尔** 表示谢意。

作者怀着感激的心情期待着读者给本书提出宝贵意见和指正，来信地址：莫斯科，119034，阿碑坚斯基第二大街14号，冶金出版社，设备和动力著作编辑部。

目 录

绪论	1
第一篇 高炉构件冷却的基本状况	
第一章 高炉冷却系统	1
1. 对冷却系统的一般要求	1
2. 冷却系统的分类	8
第二章 高炉冷却系统的技术经济指标	28
1. 冷却系统的技术经济指标	28
2. 冷却系统在工艺方面的优越性	29
3. 冷却系统在操作方面的优越性	32
4. 冷却系统在经济方面的优越性	35
第二篇 计算高炉冷却系统的原始数据	
第一章 最佳的冷却制度	38
1. 汽化冷却的最佳冷却制度	38
第二章 冷却件的热损失	41
1. 热负荷的分类	41
2. 冷却水带走的冷却器热损失	42
3. 风口的热损失	55
4. 热风阀的热损失	57
第三篇 高炉冷却器合理参数的基础	
第一章 高炉冷却器的功能	62

第二章	冷却器内的温度分布	67
1.	高炉工作空间与冷却器之间的热交换条件	67
2.	光面冷却壁温度分布的计算	70
3.	带筋条冷却壁的温度分布	73
4.	冷却断开时冷却器的温度升高速度	77
第三章	决定冷却器可靠性的因素分析	80
1.	铸造冷却器的生铁成分	80
2.	对铸入冷却器内冷却管所提出的要求	83
3.	冷却器的铸造应力	88
4.	冷却管在外壳出口的结点及冷却器的固定	92
5.	冷却器合理结构的选择	96

第四篇 高炉的水冷却

第一章	高炉的水冷设备	102
1.	水冷元件	102
2.	水冷却系统	106
第二章	最适宜的冷却水消耗量	122
1.	概述	122
2.	计算方法	123
3.	对标准高炉推荐的冷却水耗量	136
第三章	操作指标	139
1.	提高冷却部件寿命的措施	139
2.	冷却元件的寿命	142

第五篇 高炉汽化冷却

第一章	汽化冷却装置的设备	144
-----	-----------	-----

1.	装置的成套设备和组成部件	144
2.	装置各部件的配置	145
第二章	装置的各种系统	147
1.	总要求	147
2.	冷却器的汽化冷却	147
3.	风口装置的汽化冷却系统	153
4.	热风炉阀门的汽化冷却系统	159
第三章	结构和工艺方案	160
1.	冷却器结构	160
2.	风口装置冷却件的结构	164
3.	热风炉各阀的部件结构	166
4.	汽包的结构	168
5.	汽化冷却装置的阀门	170
6.	装置的供水	171
7.	建筑结构和卫生工程	172
8.	管线防锈	173
9.	高炉使用汽化冷却时工业水需用量	175
10.	控制检测仪表	177
第四章	汽化冷却装置内的循环分析	180
1.	原始资料	180
2.	汽化冷却装置内循环的研究	181
3.	汽化冷却条件下冷却器内的有效压头	199
4.	通过计算选择循环回路各部件的直径	200
5.	在实际高炉上立板式冷却器的温度制度	205

第六篇 高炉炉身合理冷却结构的选择

第一章	高炉炉身寿命及冷却	220
1.	高炉炉身寿命及工作条件	220
2.	关于炉身冷却器结构的工作分析	223
3.	国外炉身冷却结构的现状及其发展趋势	231
第二章	高炉炉身最佳结构的工作分析	238
1.	高炉炉身组合结构的冷却器	238
2.	采用板式冷却器和薄壁炉身的前景	245
3.	板式冷却器和汽化冷却对高炉操作的影响	251
4.	金属锌对冷却器强度的影响	262
5.	圆周板式冷却器合理结构的选择	264
第七篇 高炉风口的结构和冷却		
第一章	风口寿命及工作条件	268
1.	风口寿命	268
2.	对现用风口结构的分析	273
第二章	高炉风口合理结构的选择	276
1.	风口破损的原因及热交换条件的分析	276
2.	推荐的风口结构	280
3.	风口的汽化冷却	289
第八篇 高炉炉底结构与冷却系统的选择		
第一章	冷却对提高炉缸和炉底寿命的影响	304
1.	炉底破坏的原因	304
2.	各种炉底结构工作的分析	312
3.	炉底结构的选择	320

第二章 高炉炉缸和炉底冷却壁工作可靠性的 分析.....	326
1. 基本状况.....	326
2. 炉缸和炉底内衬不同烧损时冷却器工作的 热制度.....	331
3. 高炉炉缸和炉底砖衬被破坏与铁水接触时的 热交换.....	346
4. 高炉炉缸和炉底炉衬状况的检测.....	355
参考文献.....	371

第一篇 高炉构件冷却的 基本状况

第一章 高炉冷却系统

1. 对冷却系统的一般要求

高炉冷却技术的进步是和炼铁工艺学的发展、高炉结构的改进以及高炉能力的扩大齐头并进的。

如果把早期的高炉看成是粘土材质风口和非冷却炉缸设备，那么现代高炉则是全部水冷却的设备了。在高炉设备中冷却工作的正常与否是决定着高炉整体与各个部件的强度和寿命（图1）。

根据科学院院士非洛斯玛的观点，对于现代高炉来说在从矿石冶炼生铁的过程中还包括一种矿物——水。

现代高炉结构的冷却有如下作用：

- 1) 防止在高温区工作的部件断裂或材质过早地被磨损（炉身冷却器、风口装置、炉壳）；
- 2) 可促使在冷却器前端壁上形成渣皮，从而防止冷却器被磨损，确保炉型的稳定和炉况顺行；
- 3) 促使热流在炉衬内得到合理的分布，消除热应力，并使炉衬远离炉内高温区。

在已发表的文献中有关高炉各部分冷却目的的论述还很不完善，直至目前也仍还是个有争论的问题。

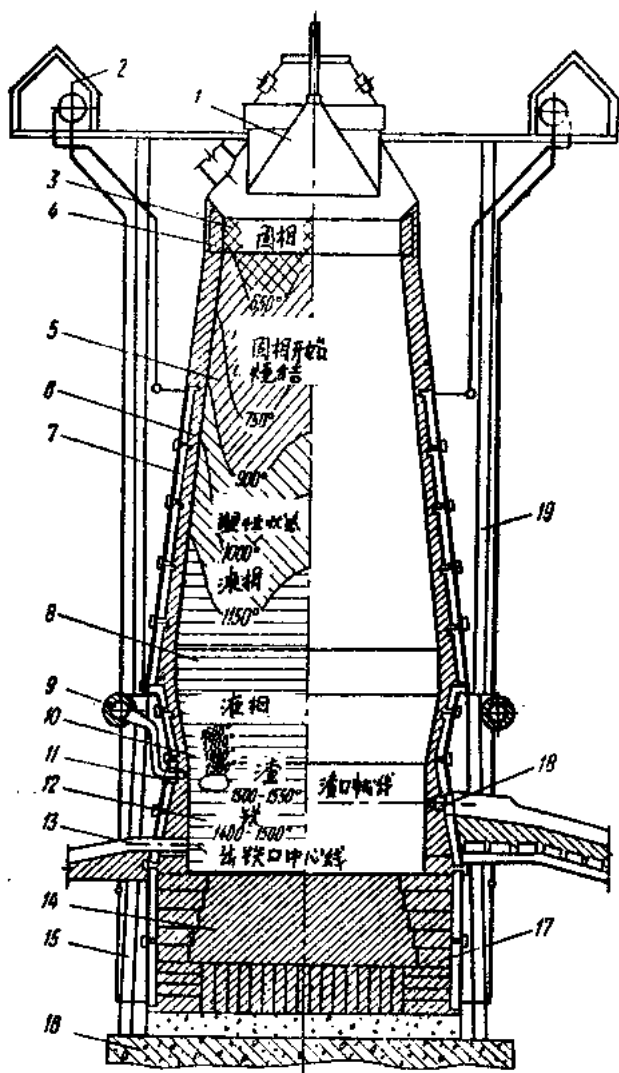


图1 高炉总图

图 1 注

- 1—装料设备； 2—汽包通廊； 3—炉喉； 4—炉喉保护板；
5—炉身； 6—耐火炉衬； 7—冷却板； 8—炉腰； 9—热风管道；
10—炉腹； 11—风口； 12—炉缸； 13—出铁口； 14—炉底；
15—炉缸支柱； 16—基础； 17—碳砖； 18—渣口； 19—炉身支柱

2. 冷却系统的分类

为了使炉墙温度能保持在允许范围内，则冷却就是必不可少的。

在长期工作条件下，部件材质的允许加热温度列于表 1。

冷却系统大致可分为以下几组：①用冷的工业水冷却；②用热的化学净化水冷却；③汽化冷却；④带有废热利用的汽化冷却；⑤在部件之外汽化的闭路冷却。

主要的载热体是水和汽混合物，也制定了采用高沸騰载热体的系统。

低温工业水冷却 1950年以前的冶金炉都是采用低温水冷却的。

这个方法的实质在于，冷却水通过被冷却的部件空腔并从其表面将热量带走，从而使冷却水的自身温度提高到35~50℃。

至于冷却水的消耗量则取决于冷却水的质量和冷却器的结构。

表 1

各种材料的允许最大温度和耐火度

材 质	材 牌	材 质 号	温 度 : °C		
			熔 点	耐火正常条件下最大允许温度 耐火正常条件下在下列温度下强度降低	
钢:	低 碳 钢	CT3, 15K	1525~1530	400	600
	中 碳 钢	20K, 25K	1520~1530	500	650
	铸 钢	15J, 25J, 35J	1515~1530	380~400	600
	铝 钢	X5M	1530~1535	525~550	620~650
	耐热钢—西尔赫洛姆硅铬钢	4X9C2	1525~1530	850	1000
同 上	3X13H7C2	1525~1530	900	1000	
高 铬 钢	X30				
耐 热 钢	X28AH		1525~1530	1150	1250

各种材质的允许最大温度和耐火度 接上表

材 质	材 牌	材 质 号	温 度 °C			
			熔 点	耐火度		
铁:				耐火度	正常条件下在下列温度 最大允许温度 下强度降低	
普通灰口铁		CY15-32	1250~1225	—	400	600
铬硅生铁		ЖУС-55	1350~1400	—	850	1000
同 上		4X28	1255~1395	—	1000	1100
同 上		4X34	1260	—	1100	1140
有色金属和合金:						
铝		AOA1	660	—	180~200	500
红 铜		M1	1083	—	300	600
黄 铜		Ж62—Ж68	940~10 925~10	—	300~350	650
铝 青 铜		BP·A10	1045±10	—	350	700