

钢铁企业热力设计参考资料

氧气顶吹转炉

汽化冷却设计



78.10

氧气顶吹转炉汽化冷却设计编写组

钢铁企业热力设计参考资料

氧气顶吹转炉
汽化冷却设计

氧气顶吹转炉汽化冷却设计编写组

1978.10.

前 言

氧气转炉炼钢，是当前国内外增加钢产量的主要手段。转炉烟气冷却和净化处理的技术经济效果，不但直接影响环保和能源，也是影响发展氧气转炉炼钢的关键。

转炉汽化冷却技术的发展和运用，使冷却件的寿命大大提高了，它不但能够保证一次能源的充分开发，同时对二次能源也能得到有效的回收和利用，降低了钢的成本，增加了钢的产量。由于汽冷的冷却可靠和质量高，从技术发展上看，它是能够满足各种除尘净化方法的，从而可以最大限度地减少排放。因而，氧气转炉汽化冷却是钢铁企业热力专业迫切需要发展的一门技术。可是，目前有关氧气转炉汽化冷却的设计资料，是非常缺乏的。

根据1973年钢铁企业热力专业会议的决定和安排，由包头钢铁设计研究院、北京钢铁设计研究总院、上海冶金设计院、首都钢铁公司设计院的热力专业设计人员，共同组成氧气顶吹转炉汽化冷却设计参考资料编写组。经过对国内现有的氧气顶吹转炉汽化冷却装置（包括有辅助燃烧的全废热锅炉），做了较广泛和深入的调查研究，组织了有科研、生产、大专院校和设计单位人员共同参加的现场测试，并对大量的测试结果做了整理和分析，并与国外资料对比，在此基础上提出了一套比较系统和完整的设计和计算方法。新的热力计算方法，经过反复测试核对，证明是准确的，是具有指导性的。

为了提高设计质量和管理水平，编写组通过对国内外氧气顶吹转炉汽化冷却的设计和运行经验的认真学习和总结，编写了这份资料。经过1977年12月全国钢铁设计和重点企业的热力专业人员共同审查，通过并决定在今后的设计中，依此为据，委托包头钢铁设计研究院负责出版和内部发行。因此，这份资料是钢铁企业热力专业人员的必备资料。对于转炉汽化冷却装置的制造、安装和使用维修人员，也是一本较好的资料。对炼钢、通风和环保等专业人员，可供参考。对大专院校和中等专业学校的师生，也有较大参考价值。

本资料的重点是叙述转炉汽化冷却装置的设计和计算，并附有电算程序。为了减少篇幅，对给水除氧室、水处理间、水泵间和仪表间的内部布置，以及管道强度计算、保温刷油等通用设计部份，因有其他资料可供参考，故在此从略或不作重点介绍。

水循环和受压元件强度计算，应按现行标准及有关规定进行计算，本资料也就不再重复。

本资料是由各单位人员分工编写的。包头钢铁设计研究院为主编院。稿件虽经过几次汇稿、修改和审查，水平所限，难免有不妥和错误之处，热烈欢迎读者批评指正。

本资料在编写过程中，曾得到了很多生产、制造、基建、设计、科研、院校等单位大力支持和帮助，特在此表示感谢。

主 编

一九七八年十月

目 录

第一章 氧气顶吹转炉炼钢工艺的一般知识.....	(1)
(一) 冶炼特点及主要流程.....	(1)
一、氧气顶吹转炉的特点.....	(1)
二、主要的冶炼流程.....	(2)
(二) 转炉炼钢与汽冷设计有关的指标.....	(3)
(三) 炉气.....	(5)
一、炉气成份.....	(5)
二、炉气量计算.....	(7)
(四) 炉尘的浓度、粒度、比重和比热.....	(9)
一、炉尘的浓度.....	(9)
二、炉尘的粒度.....	(10)
三、炉尘比重和比热.....	(12)
(五) 转炉炉体结构特点和对汽化器设计的要求.....	(12)
一、转炉结构的特点.....	(12)
二、对汽化器的设计要求.....	(12)
1. 活动烟罩	
2. 氧枪、加料管及其在汽化器上的开孔	
3. 修炉方式对汽化器设计的要求	
(六) 转炉车间的总体布置.....	(15)
第二章 炉气处理及汽化冷却设计.....	(17)
(一) 炉气处理方式.....	(17)
一、未燃法.....	(17)
二、燃烧法.....	(19)
(二) 汽化冷却的作用原理及优点.....	(21)
一、汽化冷却的作用原理.....	(21)
二、汽冷的优点.....	(22)
(三) 汽冷装置的组成.....	(22)
一、汽化器.....	(22)
1. 汽冷活动烟罩	
2. 炉口汽冷段	
3. 汽冷中间段 (或烟气上升段)	
4. 汽冷末段 (或烟气下降段)	
5. 氧枪口冷却件	

	6. 加料口冷却件	
	二、汽包	(24)
	三、循环方式与循环管路	(25)
	1. 循环方式	
	2. 循环管路	
	四、蓄热器	(27)
第三章	设计的原始条件	(28)
第四章	汽化冷却工艺设计	(29)
	(一) 蒸汽系统、给水系统、炉内补充水处理、排污及取样	(29)
	一、蒸汽系统	(29)
	1. 系统及参数	
	(1) 独立供汽系统	
	(2) 有蓄热器的并网系统	
	(3) 直接并网系统	
	2. 蓄热器的设置	
	3. 蒸汽管路	
	二、给水系统	(32)
	1. 给水及炉水水质	
	2. 给水除氧	
	3. 给水系统、给水制度及给水调节方式	
	(1) 转炉汽化冷却汽包水位波动及分析	
	(2) 给水系统	
	1) 单元制给水系统	
	2) 集中制给水系统	
	(3) 给水调节方式	
	4. 给水泵选择计算	
	5. 给水箱	
	三、炉内补充水处理	(37)
	四、排污、取样	(38)
	(二) 汽水管道管径计算	(38)
	一、蒸汽管管径计算	(38)
	二、给水管管径计算	(39)
	三、排污管管径计算	(39)
	(三) 布置	(39)
	一、总体布置	(39)
	二、汽包间布置	(40)
	1. 汽包布置	
	2. 操作平台	

3. 汽包间封闭	
三、汽化冷却器的布置	(42)
四、蓄热器的布置	(42)
五、给水装置的布置	(42)
六、热工仪表室布置	(43)
1. 与汽包同层布置	
2. 在汽包层以下各层平台布置	
第五章 汽化冷却装置	(44)
(一) 汽化冷却器的结构设计	(44)
一、汽化冷却器直径的确定	(44)
二、汽化冷却器的结构	(45)
1. 注意事项	
2. 汽化冷却器截面形状	
3. 受热面的结构形式	
4. 几何尺寸的调正	
5. 多边形汽化器角部处理及汽化器弯头处理	
三、联箱设计	(48)
1. 联箱的结构形式	
2. 联箱管径的确定	
3. 园形联箱直径的确定	
4. 联箱的排污放水	
四、孔的设置	(52)
1. 开孔的形式	
2. 检修孔的设置	
五、加强箍的设置	(55)
六、氧枪口汽冷件及加料口汽冷件的结构形式	(55)
七、汽化冷却活动烟罩的设计	(56)
1. 大罩	
2. 小罩	
八、连接方式	(57)
1. 法兰连接	
2. 焊接连接	
3. 吻合连接	
4. 水封或砂封连接	
九、汽化冷却器支吊架设计	(59)
1. 支吊架的设置	
2. 荷重分配	
3. 弹簧支吊架的选择	

4. 支吊架结构	
5. 计算例题	
十、汽化冷却器的制造要求	(68)
十一、汽化冷却器保温	(69)
(二) 循环管路	(72)
一、系统	(72)
二、管径的确定	(72)
三、每一循环回路的管子根数	(72)
四、管路配置要求	(72)
(三) 汽包	(74)
一、汽包容积确定	(74)
二、汽包内部装置	(77)
1. 内部装置的任务	
2. 汽水分离装置	
(1) 粗分离装置	
1) 弹回挡板	
2) 缝隙挡板	
3) 旋风分离器	
(2) 细分离	
1) 均汽板	
2) 波纹板	
3. 汽包给水、排污及加药管	
(1) 汽包内给水管	
(2) 定期排污管	
(3) 表面排污管	
(4) 磷酸盐加药管	
三、汽包附件及支座	(84)
1. 安全伐	
2. 放散伐	
3. 压力表	
4. 水位表	
5. 人孔	
6. 支座	
(四) 蓄热器	(85)
一、蓄热器的作用	(85)
二、蓄热器的工作原理	(86)
三、蓄热器的工作压力	(86)
四、蓄热器的热工计算	(87)

1. 热工计算中的几个基本概念	
2. 单位蓄热能力计算	
3. 蓄热能力的计算	
4. 蓄热器容积计算	
5. 蓄热器容积计算例题	
五、蓄热器结构	(91)
1. 蓄热器外壳	
2. 喷咀和换流管	
3. 汽水分离器	
4. 蓄热器附件	
六、蓄热器自动调节	(95)
1. 压力自动调节	
2. 定量调节	
第六章 热力计算	(97)
(一) 范围及目的	(97)
一、范围	(97)
二、目的	(97)
(二) 热负荷及产汽量计算	(98)
一、校核原始条件	(98)
二、热力计算的几条原则规定	(98)
三、热力计算步骤	(99)
四、炉气燃烧计算	(102)
1. 空气过剩系数的确定	
2. 炉气燃烧产物组分计算	
3. 烟气的焓及温焓图	
4. 汽化器入口烟温和焓的确定	
1) 炉气的物理热	
2) 炉气中可燃物燃烧放出热	
3) 空气带入热	
4) 二氧化碳和水蒸汽分解吸热	
5) 水冷段烟焓降	
5. 气体的容积份额和分压力	
6. 烟气的物性计算	
1) 烟气的容重	
2) 烟气的导热系数	
3) 烟气的绝对粘度	
4) 烟气的动粘度	
5) 普蓝德准数 (烟气的物性准则) Pr	

五、汽化器的几何特性计算.....	(164)
1. 辐射型受热面的围挡面积	
2. 水冷壁的角系数	
3. 对流受热面积	
4. 烟气通道有效计算截面积	
5. 烟道当量直径	
6. 辐射层有效厚度	
7. 烟气放热系数的修正数	
8. 其他的特殊项目	
六、辐射型受热面的热力计算.....	(167)
1. 烟气的有效放热值	
2. 受热面的计算传热值	
1) 辐射传热量计算	
2) 对流热的传热量计算	
3. 辐射段的表面热强度	
七、蒸发量计算.....	(178)
1. 瞬时蒸发量D的计算	
2. 蒸汽负荷曲线	
3. 吹炼期的平均蒸发量	
4. 冶炼周期平均蒸发量	
5. 一炉钢产汽量	
6. 每吨钢的产汽量	
7. 车间最大平均蒸发量	
8. 所需蓄热器的最大能力	
八、热力计算成果汇总.....	(182)
(三) 辐射型汽化器热力计算简易算法.....	(183)
(四) 例题.....	(191)
一、例一.....	(191)
二、例二(实测校核).....	(220)
(五) 电算源程序及使用说明.....	(239)
一、使用说明.....	(239)
二、源程序.....	(246)
第七章 其他各项要求.....	(262)
(一) 防冻措施及放散消音.....	(262)
一、防冻措施.....	(262)
1. 汽化冷却装置的防冻措施	
2. 管路防冻措施	
二、放散消音.....	(264)

(二) 对土建要求	(265)
一、活动梁及活动盖板	(265)
二、设备荷载及支吊架集中荷载	(265)
1. 设备荷载	
2. 支吊架集中荷载	
三、其它各项荷载要求	(266)
四、汽化冷却操作室的建筑要求	(266)
五、汽包间	(266)
(三) 对采暖通风要求	(266)
一、采暖	(266)
二、通风	(267)
(四) 对电力要求	(267)
一、供电	(267)
二、照明	(267)
1. 工作照明	
2. 检修照明插座	
三、电焊机接线插座	(267)
四、联锁	(267)
五、信号	(267)
六、电讯	(267)
七、工业电视	(268)
(五) 对供排水的要求	(268)
(六) 对化验要求	(268)
(七) 对压缩空气要求	(268)
(八) 对热工仪表及自动控制的要求	(268)
一、检测项目	(268)
二、自控调节项目	(269)

第八章 施工及运行 (270)

(一) 施工的一般知识	(270)
一、汽化冷却器、汽包、蓄热器的安装要求	(270)
1. 汽化冷却器的安装要求	
2. 汽包与蓄热器的安装要求	
二、焊接	(271)
三、水压试验	(271)
四、汽化冷却装置的清洗	(271)
1. 清洗的目的	
2. 清洗的步骤	
五、管道的冲洗和吹洗	(272)

1. 冲洗	
2. 吹洗	
六、煮炉 (碱性煮炉)	(272)
1. 煮炉的目的	
2. 煮炉加入药量	
3. 煮炉方法	
(二) 运行的一般知识	(273)
一、试调	(273)
二、运行	(274)
三、停炉保护	(275)
1. 干保养法	
2. 湿保养法	
第九章 汽化冷却装置技术经济指标	(275)
(一) 汽化冷却装置参考数据、金属耗量及投资	(275)
(二) 汽化冷却装置技术经济指标	(277)
附 录	(278)
(一) 常用符号	(278)
(二) 饱和线上的水、蒸汽物理参数	(283)
(三) 弹簧	(285)
(四) 汽包容量速算图	(287)
(五) U B型板式水位计	(289)
(六) 法兰	(290)
(七) 常用无缝钢管规格	(291)
(八) 鳍片管规格	(292)
(九) 按疲劳计算校核强度	(292)
(十) 主要参考资料	(294)

第一章 氧气顶吹转炉炼钢工艺 的一般知识

本章内容，为供初做转炉汽冷设计的热力专业人员，提供有关炼钢工艺方面所必须知道的基本知识。这里给出的基本数据，可以作为校核设计的基础条件，而加以利用。

（一）冶炼特点及主要流程

一、氧气顶吹转炉的特点

氧气顶吹转炉炼钢，不需外供燃料，系利用铁水自身中的碳，与工业纯氧（纯度一般在99.2%以上，通常为99.6%）化合，产生热量，供给炼钢需要。

氧气通过氧枪，从转炉炉口上方，伸入到距铁水面上适当位置，进行吹炼。氧气在熔池中与铁水激烈搅拌，使铁水中的杂质（碳、硫、磷、硅、锰和钒等）及少量铁受到氧化，从铁水中分离出来。除碳以外的杂质氧化物，大部分留在渣中。铁的氧化物，特别是其中的氧化亚铁，与铁水中的碳化合产生大量的一氧化碳，同时放出大量热能。在吹炼过程中，从转炉炉口喷出的气体，一般统称为炉气。其中主要成分为一氧化碳（约占86~90%）和二氧化碳（约占10%），氮、氢和硫、磷、硅、锰、钒的氧化物数量极微。在吹炼过程中，铁水含碳不断降低，铁水的温度不断升高（从1250~1300℃升至1650~1700℃左右）。经过造渣和加入需要量的铁合金等工艺过程，去除杂质和保证成品的预定成份，从而达到炼钢的目的。

在炼钢过程中，转炉兑铁水、取样、倒渣和出钢等主要工艺操作，都需要转炉绕耳轴转动，使转炉倾动至一定的角度。所以，设置收集炉气的烟罩，除考虑喷溅、炉口粘钢、积渣结瘤外，还不应妨碍转炉的转动和对它的其他工艺操作。

氧气顶吹转炉炼钢，具有冶炼速度快，周期短和对一般钢种适应性强的特点，而广被采用，直至有完全取代平炉的趋势。根据炉子容量大小和铁水质量等条件的不同，一般吹氧期为12~18分钟，冶炼周期为28~38分钟。一般小炉子和铁水质量好的周期较短，而炉子大或铁水质量差的周期就较长。

炉气温度，国内一般经验是比熔池内铁水温度低100~150℃左右。中小炉子炉内炉气温降比大炉子能大一些。国内对中型炉子做过测试，炉气在炉内的温度，一般在1420~1480℃上下波动。高峰值也是短暂的。国外大炉子设计，一般都统一取1600℃。

炉气量在吹炼期的分布，由于国内目前单孔喷枪已被淘汰，炉气量分布的规律已比较接近一致。通过实测证明，在整个吹炼期中，除起动和停止的短时间内变化剧烈之外，一般是比较平稳的。

炉气成分的变化规律也基本上与炉气量的变化规律相同。国内以前设计通常取用吹炼中期炉气成份的平均值为： $\text{CO}86\%$ ， $\text{CO}_210\%$ ， $\text{N}_24\%$ 。国外转炉汽冷设计，炉气成份取用 $\text{CO}90\%$ ， $\text{CO}_210\%$ 的较多。炉气成分与供氧强度和供氧的过量程度有关。

炉气在炉口外遇到空气，与空气中的氧化合而燃烧，并使烟气的温度进一步升高。根据燃烧份额的不同，最高理论燃烧温度约为 2750°C （ $\alpha = 1$ ）。但，考虑到 CO_2 和水蒸汽的分解吸热，实际的理论燃烧最高温度为 2350°C 左右。可是由于汽冷系统受热面的强烈换热，在半燃状态（ $0.6 \geq \alpha \geq 0.3$ ）实际可测最高烟气温度也不过 1800°C 左右。

由于炉内温度较高，气流钢渣搅拌剧烈，蒸发的和喷溅的部分金属及杂质的氧化物，和散状原料的粉尘，一起随炉气喷入汽化器内。这些物质，有些是气体和液体状态，少量是固体。随着烟气一起被冷却和凝固成固体粉末。在本参考资料内，对此，统称为炉尘。炉尘的颗粒直径，与炉气的燃灼程度有关。高温剧冷，凝成的颗粒较细。粒度组成，与吹成钢或吹钒渣，关系也极为密切。一般炉尘中，含金属铁平均 $60\sim70\%$ ，石灰 $5\sim17\%$ ，硅 $0.7\sim3\%$ 。炉尘浓度与熔尘损失有关。熔尘损失，设计一般取 $1.1\sim1.5\%$ 。最好指标为 0.7% 。

由于炉气是在吹氧过程中产生，当停止向转炉供氧时，炉气即刻消失。因此，汽冷系统出现严重事故时，可以随时停吹摇炉。所以，转炉汽冷对连续供水可靠性要求不严，可以比加热炉或其他工业炉汽冷为保证连续生产的设施水平略差。

转炉经过一段冶炼之后，需停炉更换炉衬。转炉炉衬一次连续工作的时间，通常以“炉令”——一付炉衬累积冶炼炉数表示。“炉令”随操作经验的积累和耐火材料质量的提高而迅速上升。目前国内氧气顶吹转炉的“炉令”，对于中型转炉，已超过4000炉。对于大型转炉已达1062炉。这个数字还继续在增长。个别的已经进入了世界先进行列。氧气顶吹转炉的“炉令”，目前世界的最高水平是10000炉。总之氧气顶吹转炉的“炉令”是较长的。为了不影响生产，在一个炉役期内汽冷设备应当保证无事故运行。为了汽冷设备的安全运行，对水质的保证和监督应给予足够的重视。更换炉衬的修炉，每次最少需时 $16\sim48$ 小时。在此期间，汽冷系统配合检修，是具有足够的时间，勿需为此另设备用。当然，为了意外情况也不致影响正常炼钢，对泵类设置少量备用是完全应该的。由于转炉修炉时间较长，在我国的北方，汽冷系统需考虑防冻。

转炉大中小的划分，目前国内尚无统一规定，本资料为叙述方便，暂定15吨以下为小型，60吨以上为大型，15~60吨为中型。

二、主要的冶炼流程

用转炉吹炼成品钢，往往根据铁水质量情况的不同，采用单渣、双渣或多渣法冶炼。过去也曾用过转炉吹钒或钨渣的所谓双联炼钢法。这种方法由于有固定炉空气吹渣代替，目前已不再使用。下面简略介绍吹成钢的几种方法的特征。

1.单渣法——一般用在铁水质量好而且稳定，硫磷低、渣量少，只需在出钢前一次出渣。此种情况，对煤气回收十分有利。因为一次连续吹氧时间较长，摇炉次数少，必要的煤气放散量可以达到最少的程度，可以将大部分煤气加以回收和利用。据1977年11月炼钢设备系列会议纪要（草案）的精神，对大中型转炉，根据我国能源情况，在使用单渣法时，应当尽量考虑煤气回收。即在炉气处理系统设计上尽量采用未燃法。

单渣法炼钢的主要操作程序为：

→兑铁水、加废钢→吹氧→测温取样→补吹取样→出渣→出钢→

2. 双渣法——一般用在铁水质量较差，因渣量较多，在吹炼过程中间，需要增加一次出渣。在这种情况下，因一次连续吹炼时间较短，煤气放散量也比较大，煤气能够回收的量也比较少，也比较困难。特别是中小炉子，吹炼期短，自控水平低的情况下，困难就更大了。对于大型炉子和自控水平较高的中型炉子，还是可以考虑的。

双渣法的主要操作程序为：

→兑铁水、加废钢→吹氧→出渣→吹氧→测温取样→补吹取样→出渣→出钢→

3. 多渣法——一般需要出渣次数超过两次的，都属于多渣法。多次出渣，主要是因为铁水质量太差，渣量又多，又粘。多渣法炼钢，一次连续吹氧的时间就更短，即使是大炉子煤气回收也几乎是不可能的。炉气的综合利用，只能设法尽多地回收其热能。

（二）转炉炼钢与汽冷设计有关的指标

根据1977年11月炼钢设备系列会议纪要（草案）规定的氧气顶吹转炉冶炼指标整理出表1—1，可供汽冷设计参考。其中，80~100吨和250~300吨转炉的指标为外推值。

转炉的年有效作业天数：三吹二为270~290天。二吹一为290~310天。出钢后补炉或其他耽误超过20分钟的时间，均未计入上述有效作业时间。

表 1—1

氧气顶吹转炉主要生产指标

序 项	目 单 位	转 炉 公 称 容 量 (吨)											
		3	6	15	25	35	60	80	100	130	250	300	
1	最大装铁水量	吨	6	10	21	36	42	72	100	120	150	280	330
2	平均冶炼周期	分	28	30	30	31	32	34	34	36	37	38	38
3	平均吹炼时间	分	12	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18
4	年 产 钢 量	万 吨	4~4.5	5.5~9.5	20~25	35~38	45~50	75~85	100~113	115~130	140~160	280~320	350~400
			8~9	16~18	40~45	60~70	80~90	135~155	180~207	210~240	260~300	500~580	630~730
5	计算炉气量	标米 ³ /时	3110	4241	8906	13995	16328	25837	34439	38386	47983	83522	98525

(三) 炉 气

一、炉 气 成 分

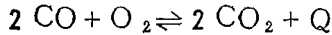
炉气中主要含CO，其次是CO₂，N₂及微量的H₂和O₂。

炉气中的CO，是氧化亚铁与溶于生铁中的碳进行反应的结果。反应式如下：



生铁中全部的碳(约4%)氧化成CO，理论上要求的供氧量为 $4 \times 10 \times \frac{16}{12 \times 1.43} = 37.4$ (标米³/吨铁水)。而实际耗氧为50~55标米³/吨铁水。过剩的氧，则消耗在铁水中杂质(硅、锰、磷等)和铁的氧化中，以及CO的燃烧上。可见出口炉气中CO含量，完全决定于过剩氧的供给量。目前国内中小炉子最大供氧量达60标米³/吨铁水，再加上供氧纯度较差，所以炉气中CO含量较正常量偏低和N₂的含量较正常量为高。

纯氧与一氧化碳或氢的反应，是可逆反应。



因此，在混合气体中，CO，CO₂和O₂或H₂，O₂和H₂O，在一定的温度条件下，是成比例的。它们可由浓度平衡常数K_c或分压力平衡常数K_p来计算。

平衡常数K_p和纯气体CO₂及H₂O的分解度α₁，见表1-2和表1-3。

P = 1 绝对大气压，CO₂ ⇌ CO + ½ O₂型K_p和α₁ 表 1—2

温度℃	$K_P = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{O}_2}^{0.5}}{P_{\text{CO}_2}}$	α ₁	温度℃	$K_P = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{O}_2}^{0.5}}{P_{\text{CO}_2}}$	α ₁
800	5.92 × 10 ⁻¹⁰	8.83 × 10 ⁻⁷	1600	4.11 × 10 ⁻⁴	6.94 × 10 ⁻³
1000	8.49 × 10 ⁻⁸	2.43 × 10 ⁻⁵	1800	2.30 × 10 ⁻³	2.19 × 10 ⁻²
1200	3.13 × 10 ⁻⁶	2.69 × 10 ⁻⁴	2000	9.48 × 10 ⁻³	5.49 × 10 ⁻²
1400	4.82 × 10 ⁻⁵	1.67 × 10 ⁻³	2500	1.319 × 10 ⁻¹	2.75 × 10 ⁻¹

P = 1 绝对大气压，H₂O ⇌ H₂ + ½ O₂型K_p和α₁ 表 1—3

温度℃	$K_P = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{O}_2}^{0.5}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$	α ₁	温度℃	$K_P = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{O}_2}^{0.5}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$	α ₁
800	6.67 × 10 ⁻¹⁰	9.62 × 10 ⁻⁷	1800	4.93 × 10 ⁻⁴	7.86 × 10 ⁻³
1000	5.33 × 10 ⁻⁸	1.78 × 10 ⁻⁵	2000	1.77 × 10 ⁻³	1.83 × 10 ⁻²
1200	1.312 × 10 ⁻⁶	1.51 × 10 ⁻⁴	2200	5.22 × 10 ⁻³	3.72 × 10 ⁻²
1400	1.51 × 10 ⁻⁵	7.70 × 10 ⁻⁴	2400	1.309 × 10 ⁻²	6.73 × 10 ⁻²
1600	1.091 × 10 ⁻⁴	2.87 × 10 ⁻³	2600	2.90 × 10 ⁻²	1.12 × 10 ⁻¹

炉气中因含有大量炉尘杂质污染，对 K_p 和 α_1 值，虽均有影响，但在缺乏实验数据之前，只能采用表1—2和表1—3中给出的数据。

从表1—2和表1—3可见，在高温下水蒸汽的分解度相对较低，再加之水蒸汽的绝对值在烟气中又很少，分解出来的 H_2 是极微的。

平衡常数和温度的关系，可用下式表示：

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{Q}{4.574 T^2} \quad \dots\dots (1-3)$$

可见，当化学反应为放热过程时 $Q > 0$ ，则随气体温度的升高，平衡常数 K 增加，即 CO 和 O_2 的浓度增加，而 CO_2 的浓度减少。氧在熔池内的金属表面上的反应，总是放热过程，所以在炉内靠近熔池的炉气成分基本上是 CO 和 O_2 ，而 CO_2 是很少的。

随着炉气运动到炉口附近，由于炉壁的散热，炉气在未燃烧前温度有所降低，此时炉气中的剩余 O_2 ，将几乎全部与 CO 化合，生成 CO_2 。故炉气中的 CO_2 ，在炉内含量是逐渐增加，它的极限，决定于过剩氧的供给量。在吹氧期，炉气中 CO_2 实际波动量为5~30%。而在较长时间的吹氧中期， CO_2 含量一般为10%。

炉气中残存的 N_2 ，乃是工业纯氧的带入量。一般当工业氧纯度为99.6%和以上时， N_2 的含量不大于1%，粗略计算是可以忽略的。目前国内有些中小转炉，用氧纯度较低(99.2%左右)，炉气中 N_2 的含量在4%左右。

因此，汽冷设计的基础资料，对于炉气成分，当大型转炉时，可以采用 CO 90%， CO_2 10%。考虑到当前中小厂的实际情况，对中小型转炉设计，炉气成分可以采用 CO 86%， CO_2 10%， N_2 4%。在国外，汽冷设计的炉气计算成分，采用 CO 90%， CO_2 10%者比较普遍。

铁水中的硫，在吹炼中降低的不多，因此，进入炉气中的硫也不多。参考国外资料，气相中含硫量，正比于石灰中的硫量 S_h ，和铁水中含硫量 S_{Fe} 的比值 S_h/S_{Fe} 。转入气相中的硫 S (毫克/标米³)，可查图1—1。

当 $\alpha < 1$ 时，烟气中没有氧，二氧化硫不能转变成三氧化硫，在管道和设备内，成还原性气氛，故硫的存在，不会发生腐蚀。

在 $\alpha > 1.03$ 的情况下，汽化器中烟气温度低于露点区域，应考虑防腐。最好是使汽化器的排烟温度，不低于烟气的露点。

汽化器漏水和各孔口的汽封，是烟气中水蒸汽的主要来源。即使由于高温下水蒸汽分解，烟气中 H_2 一般也不会超过2%。它的数量虽然很少，可是，当 $\alpha < 1$ 时，它会大大地降低混合气体的燃烧温度下限。因其数量不多，且难于确定，故在汽冷传热计算中，往往被忽略。当 $\alpha > 1.03$ 时， H_2 将在汽化器内全部烧光，勿需考虑。

底吹和侧吹，因用重油或重柴油作喷嘴冷却剂，碳氢化物在炉内分解，炉气中 H_2 的含量较多。在汽化器内燃烧后残存的 H_2 数量级不大，在传热计算中可以忽略它。

水蒸汽影响传热，可是对汽封和漏水进入汽化器内的量无法估计，对此只好忽略。

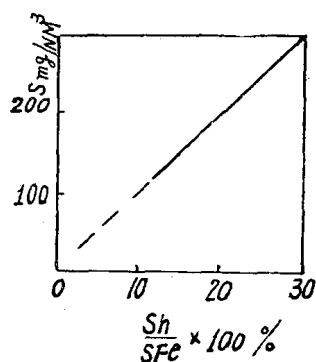


图1—1
炉气中含硫量