



技术交流

煤气系统安全治理经验

刘全兴 博士 13963915980

(中国机电装备维修协会)

2022年8月



主要内容

- **1.钢铁企业煤气设施腐蚀性破损问题**
- **2.煤气系统危险作业过程中存在的安全问题**
- **3.钢铁厂煤气设施缺陷解决方案**
 - 3.1 煤气系统智能检测与隐患排查**
 - 3.2 煤气柜泄漏修复新技术应用**
 - 3.3 煤气管道膨胀节破损修复方法**
 - 3.4 炼铁厂高炉煤气泄漏解决方案**
 - 3.5 焦化厂煤气系统解决方案**



第一部分 PART 1

1. 钢铁企业煤气设施 腐蚀性破损问题



主要内容

- **1. 钢铁企业煤气设施腐蚀性破损愈发严重**
- **2. 煤气设施腐蚀性破损原因分析**
 - **2.1 腐蚀介质来源**
 - **2.2 高炉煤气干法除尘对腐蚀的影响**
- **3. 煤气管设施腐蚀性破损的解决方案**

1.1 我国钢铁工业发展仍然一骑绝尘

我国钢铁工业跨越式发展极大地满足各领域的高质量发展的需求。钢铁厂总数已限定565家,高炉原917座,随着高炉大型化,高炉座数要减少;转炉600余座,2021年粗钢产能达103279万吨/年,规模庞大,占全球58.32%。高出第二名的印度10030万吨/年10倍多;中国钢铁工业发展仍然一骑绝尘,领跑全球。然而,面临产能、资源、环境、双碳等诸多挑战。



1.1 钢铁工业仍然是国家支柱产业

实践证明，钢铁工业快速发展20多年，极大地稳固了经济社会的基础，最高年份为国家GDP贡献率达16%。解决了民生就业直接从业人数200多万人，脱贫致富；间接从业（科研、冶金设备制造、物流、耐火材料、自动化智能化。协力、服务等等）众多。钢铁提升国防、科技、制造业、交通运输业、民生等领域的需求，有利推动“一带一路”战略的实施。假如没有如此高的产能，即便中国买全球，也无济于事，还必然要受制于人。是别人不可替代的。

1.2 冶金煤气是个大产业、大课题

■ 煤气是冶金工厂的副产品，煤气易燃易爆，容易使人中毒；煤气也是个大产业、大课题。煤气的生产、输配、运维和管理，体系庞大，复杂。煤气种类多、产量大、管线长，设备种类繁多，应用广泛，工况变化大，信息多变，掌控要及时；从业及管理人员队伍庞大；人员素质参差不齐；技术相对复杂；管理难度也不小。冶金与煤气行业发展不平衡，不充分问题突出，煤气系统专业人才短缺，满足不了实际需要。诸多问题需要我们共同努力，加强工作，提升管理。



每一个做安全的人都在做善事

- 党的“十八大”以来，党中央倡导“以人民为中心”的治国理政的理念，国家加大民生安全福祉，推进安全生产立法和执法检查。

- 煤气安全是冶金安全的重要组成部分，近来研究发现高炉煤气管道腐蚀性破损严重，这对安全生产是极大的风险和挑战；同时，煤气危险作业也存在一些问题。就这两个问题与大家分享、交流与探讨。



1.3 冶金煤气安全极端重要

- 钢铁工业进入转型升级，高质量发展阶段。贯彻“一切为了人民”理念，“生命至上”统筹发展和安全，始终保持如履薄冰的高度警觉，做好安全生产各项工作决不能麻痹大意、掉以轻心。（习近平语）

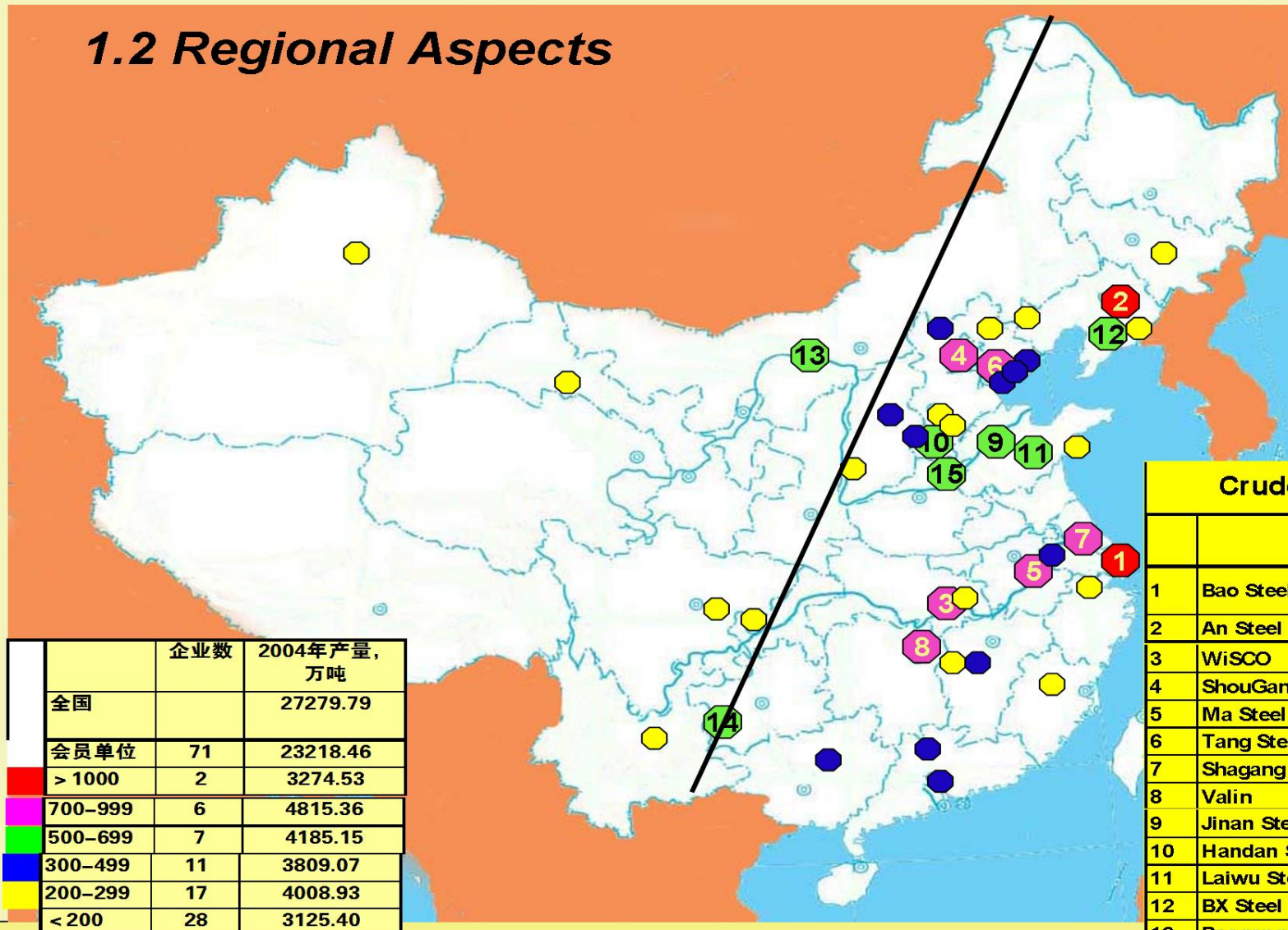
- 抓好煤气安全培训，提高自我防护意识，防患于未然；贯彻国家行之有效的规章制度，规范煤气操作与管理；做到“有序受控”；掌握基本技能，做到煤气安全生产是十分必要的。

1.4 全国钢铁企业煤气设施腐蚀的现状

■ 近年来发现高炉煤气管道腐蚀性破损严重，某厂**10~15**年的占**80%**，已经逐步更换和焊补，对安全生产是极大的风险和挑战。从全国范围看，高炉煤气设施腐蚀性破损严重，呈上升、普遍趋势。总体分析，具有如下规律：

- **1)** 从冶炼条件看：使用国外铁矿石比例高的高于低比例的；
- **2)** 从工艺看：采用高炉煤气干法除尘净化工艺的高于湿法除尘净化工艺；
- **3)** 从钢铁厂分布看：沿海（产能**2/3**）地区高于内陆地区；
- **4)** 新建厂高于老厂（这可能与上述条件有关）等。
- **5)** 煤气产量高，流速快，携带灰尘，伴随机械冲刷、磨损。
（调压阀组磨损，管道法兰吹损等）。或多种因素叠加。

1.2 Regional Aspects



	企业数	2004年产量, 万吨
全国		27279.79
会员单位	71	23218.46
> 1000	2	3274.53
700-999	6	4815.36
500-699	7	4185.15
300-499	11	3809.07
200-299	17	4008.93
< 200	28	3125.40

Crude Steel Output

		Ten thousand tonnes	
1	Bao Steel	2141.2	2
2	An Steel	1133.3	
3	WISCO	930.6	6
4	ShouGang	847.6	
5	Ma Steel	803.1	
6	Tang Steel	765.8	
7	Shagang	755.4	
8	Valin	712.9	
9	Jinan Steel	686.9	7
10	Handan Steel	680.1	
11	Laiwu Steel	658.3	
12	BX Steel	549.4	
13	Baogang	543.1	
14	Pangang	543.0	
15	Anyang Steel	524.3	



1.5 煤气设施腐蚀的主要部位

- 1) 煤气管道下半圆底部及焊缝;
- 2) 波纹膨胀器;
- 3) 热风炉煤气管道及阀门; 调压阀组后的管道及波纹管;
- 4) **TRT**发电转子叶片及其后的管道与波纹管; 净煤气管道及其波纹管。
- 腐蚀以局部腐蚀为主, 形式有管道内壁的点腐蚀、焊缝及法兰连接及阀门密封面处的缝隙腐蚀、不锈钢波纹管的晶间应力腐蚀、不锈钢氯脆的应力腐蚀开裂、**TRT**叶片积盐腐蚀等。



宝钢等钢铁企业煤气设施腐蚀案例

- 宝钢：高炉煤气管道腐蚀性破损严重，全厂煤气管道**110km.10~15**年的占**80%**，已经逐步更换和焊补，并且因地下情况复杂，难以全面更换。
- 太钢原使用**70%~80%**的国产矿，煤气干法除尘就没有出现腐蚀问题，**2007**年使用**55%**的海外矿后，干法除尘的煤气在**2**个月后就发生了净煤气管道腐蚀穿孔的故障。
- 青岛特钢搬迁新建，自**2015**年**11**月份投入运行，随着使用年限增加，煤气管道底部开始出现腐蚀泄漏和不锈钢补偿器腐蚀泄漏的问题。

1.6 腐蚀是煤气管道安全生产的大敌

- 金属腐蚀的概念：金属材料受周围介质的化学及电化学（**Electrochemistry**）作用而被破坏的现象称为金属腐蚀。
- 高炉煤气腐蚀源主要是**HCl**，冷凝析出后成**PH**值为**1~2**的酸性强的液体，因此，高炉煤气管道内的腐蚀以电化学腐蚀中的析氢腐蚀为主。
- 煤气中的腐蚀成分还有**H₂S**、**CO₂**、硫化物和少量**O₂**。




腐蚀是煤气管道安全生产的大敌

- 金属腐蚀（**Metal corrosion**）直接造成金相组织破坏及机械性破坏，都会导致煤气（或其它介质）管道的设备失效，影响正常生产的进行，甚至危及安全生产。对腐蚀的诊断与控制已成为冶金、有色、石化行业安全生产的大敌。据统计，每年用于防腐的费用支出高达数百亿元。



2. 煤气设施腐蚀性破损原因分析

■ 高炉炉料带入煤气中氯离子和硫化物是造成煤气管网腐蚀的根本原因。氯离子与水溶解形成酸液，与金属发生化学或电化学反应，致使煤气设施腐蚀，降低使用寿命。按过去**10~15**年的使用年限不算长，可现在不同以往。国内这种现象比较普遍。氯离子从哪里来？



2.1 氯离子 (Cl⁻) 是腐蚀的元凶

- **1)** 使用国外铁矿石，用量大，通常在堆放，装船，运输等环节用海水抑尘，带入大量海水中氯离子；
- **2)** 个别工厂烧结生产过程中加入强化剂**CaCl₂**，又带入部分氯离子；
- **3)** 靠近沿海的钢铁厂，空气湿度大，空气中氯离子含量高；（我国大约有**2/3**钢铁厂位于沿海地区）
- **4)** 高炉煤气净化采用干法除尘，加剧腐蚀；
- **5)** 钢铁厂产量高，煤气量增加，通气量大，加速腐蚀进度。

腐蚀介质来源

■ 煤气中主要的腐蚀是氯离子和硫化氢。氯离子的主要来源是：

■ **1)** 矿石中含有氯化物，尤其是以海水洗选矿的矿石。如澳大利亚矿石，普遍含氯化物较高。国产矿含氯化物较少，以国产矿为主的原料，煤气腐蚀不明显。如太钢原使用**70%~80%**的国产矿，煤气干法除尘就没有出现腐蚀问题，**2007**年使用**55%**的海外矿后，干法除尘的煤气在**2.2**个月后就发生了净煤气管道腐蚀穿孔的故障。




腐蚀介质来源

- **2)** 为了降低烧结矿的低温还原粉化率，加入了一定量的氯化物（如 **CaCl_2** ）。
- **3)** 焦炭、煤粉和石灰中含有一定的氯化物和硫化物。硫化氢的主要来源是各种炉料中的硫在高炉内产生。
- **4)** 各种杂料中含有氯化物，在污泥处理中加入絮凝剂（如聚合氯化铝）也带来了氯离子，这些污泥未经除氯离子的处理而大量循环回用高炉。

2.2 高炉煤气干法除尘是“帮凶”

- 高炉煤气湿法除尘时，一般为每万立方米煤气用水量**40~60t**，煤气压力损失约**25KPa**，煤气含水约**60~80g/m³**，净煤气冷凝水中的氯离子浓度在**350~670mg/L**，冷凝水**PH**值在**5.7~6.7**。在这样的条件下，煤气管道及附属设施没有明显腐蚀的现象。
- 国内某炼铁厂**2**座相同的高炉，干湿煤气除尘净煤气冷凝水**PH**值和氯离子对比如表**1**所示，干法比湿法的煤气冷凝水中**Cl⁻**要高出**50~80**倍。



高炉煤气经过布袋干法除尘后，净煤气温
度在**100°C**左右，其饱和水还没有被冷凝下来
，酸性介质没有析出，其腐蚀性表现不明显。
但是，经过**TRT**之后，煤气温度降为**60°C** 左
右，饱和水被冷凝析出，酸性介质溶于水中，
形成**PH**值为**1~2**的腐蚀性很强的酸液，对管
道、波纹管 and 阀门等设备造成腐蚀。有许多高
炉在生产**2**个月后开始出现明显的腐蚀，半年
后出现大量泄漏点，不采取相应防腐措施的话
，不超过**2**年就会造成高炉停产，迫使重新建
设净煤气管网系统。到目前为止还没有经济可
行的措施解决此问题。



3. 防止腐蚀措施

- 高炉煤气正常情况下一般含水在**50g/Nm³**左右，当炉顶温度过高时要喷水降温，此时煤气含水在**200~500 g/Nm³**左右。气体的露点随着压力升高而升高，通过计算可知，即使在高炉炉顶打水降温煤气的情况下，高压煤气温度在**80~110℃**下也不会有冷凝水，所以，高压煤气管网腐蚀不明显；通过**TRT**或减压阀组后的低压煤气正常温度在**60℃**左右，在高炉炉顶打水降温煤气的情况下，就容易析出冷凝水，酸性物质溶于水，从而造成低压煤气管网系统明显腐蚀。

3.1 “降氯、脱氯、排氯是关键”

高炉煤气经过布袋干法除尘后，净煤气温度在**100℃**左右，其饱和水还没有被冷凝下来，酸性介质没有析出，其腐蚀性表现不明显。但是，经过**TRT**之后，煤气温度降为**60℃**左右，饱和水被冷凝析出，酸性介质溶于水中，形成**PH**值为**1~2**的腐蚀性很强的酸液，对管道、波纹管 and 阀门等设备造成腐蚀。有许多高炉在生产**2**个月后开始出现明显的腐蚀，半年后出现大量泄漏点，不采取相应防腐措施的话，不超过**2**年就会造成高炉停产，迫使重新建设净煤气管网系统。到目前为止还没有经济可行的措施解决此问题。



呼吁：停止（减少）海水或索赔

- 海水的加入相当于工业“添加剂”，危害工业煤气设施安全。这种情况在国内钢铁企业很普遍，并有加剧趋势，应引起国家和冶金企业高度重视。各企业应该统计煤气设施损坏情况，增加的运行维修费用和给安全带来的重大风险和隐患，整理出事实数据，呼吁对供货方提起法律诉讼，维护我们合法权益，向供矿砂量最大的澳大利亚方（约**7.6**亿吨/年）讨个说法，进行索赔。或停止继续此种行为。



3.2 干法除尘技术缺陷

- **1)** 高炉炉顶煤气温度工作区间窄，难于控制；
- **2)** 煤气设施腐蚀严重； **3)** 占地不少；
- **4)** 维护费用高； **5)** 工人劳动强度大；
- **6)** 设备磨损； **7)** 投资不省；
- **8)** 布袋破损； **9)** 消耗氮气量大；
- **10)** 煤气热值降低； **11)** 影响**TRT**正常工作；
- **12)** 积灰影响所有用户；
- **13)** 破损布袋无法处理；

3.3 干法除尘技术改进---“脱氯”

- 高炉煤气湿法除尘工艺净煤气冷凝水中的氯离子浓度在**350~670mg/L**，冷凝水PH值在**5.7~6.7**。这样的条件下，煤气管道及附属设施没有明显腐蚀的现象。干法比湿法的煤气冷凝水中**Cl⁻**要高出**50~80**倍。
- 要像烧结脱硫脱硝一样，高炉煤气脱氯工艺，一是采用湿法；二是延长完善干法工艺。总之，我们的目的就是把煤气高干净，达标和不能腐蚀煤气设施。



3.4 有条件采用湿法除尘净化工艺

- 高炉煤气湿法除尘净化工艺的最大的好处在于除尘效果好，净煤气的含尘量低，可达到**10mg/m³**。整个除尘净化系统设备简单、工艺成熟，运行稳定，易于维护和修理。耗水量虽然大(**5.0~5.5t/km³**)，但是循环利用。煤气清洗后温度虽有降低，但可以用其它工艺方法重新获得。应加强两种工艺技术经济分析。

- 高炉煤气湿法除尘净化工艺有“塔文工艺”和“双文工艺”。

3.5 煤气设备腐蚀一般处理

- 高炉煤气干法布袋除尘系统煤气冷凝水具有较强的酸性，能够对管道和设备内壁产生较大的腐蚀。干法除尘设备、煤气管道、排水器及 **TRT** 发电转子叶片等均可能会出现不同程度的腐蚀，给正常生产带来较大威胁。（宝钢：干法更严重）
- 处理方法：
 - **(1)** 高炉煤气管道内壁做防腐处理。
 - **(2)** 对补偿器进行外部包补，并将补偿器波纹全部更换为具备防腐能力的新型不锈钢材质。
 - **(3)** 对水封等易腐蚀的薄弱环节做夹带防腐的包补。
 - **(4)** 增加喷水、喷碱装置，提高冷凝水的 **pH** 值，稀释酸度。
 - **(5)** 向煤气中喷洒一定浓度的碱液，中和煤气中的酸液。



3.6 解决方案

- **(1)** 高炉煤气管道内壁做防腐处理。
- **(2)** 对煤气管道、补偿器、排水器等进行外部做夹带防腐的包补；或对易腐蚀的薄弱环节更换为具备防腐能力的新型不锈钢材质。
- **(3)** 增加喷水装置，提高冷凝水的 **pH** 值，稀释酸度。
- **(4)** 向煤气中喷洒一定浓度的碱液，中和煤气中的酸液。青钢、天铁高炉煤气喷碱除氯技术。
- **(5)** 增设脱氯装置，资金、场地、技术与效果。



第二部分 PART 2

2.工业煤气系统危险作业 存在的安全问题



主要内容

1. 工业煤气系统煤气作业事故多发
2. 煤气危险作业中存在的安全问题
3. 煤气事故产生的原因与分析
4. 煤气事故的防范对策

1.1 煤气是具有危险性的物质

煤气涉及面广、生产设备、设施种类繁多；煤气危险因素复杂、危害性大；煤气对现场辅助系统的依赖程度高。

煤气易燃易爆：焦炉煤气爆炸下限在4.5%- 5.5%，接近甲烷、氢气

煤气易使人中毒：高炉煤气、转炉煤气、铁合金炉煤气CO含量高，极具毒性。

煤气具有压力、温度：高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气、发生炉煤气都具有高温高压。



1.2 煤气事故的典型案例分析

(1) 某钢厂“1.4”重大煤气中毒事故
某钢厂炼钢分厂的2号转炉与1号转炉的煤气管道完成了连接后，未采取可靠的煤气切断措施，使转炉气柜煤气泄漏到2号转炉系统中，造成正在2号转炉进行砌炉作业的人员中毒。事故造成21人死亡、9人受伤。



原因分析：

- **1. 指挥不利。**抢工期，对煤气危险作业把控不严，安全责任不落实；
- **2. 方案不完整。**没有制定《煤气危险作业指示图表》，流于形式，作业关键点检查措施不到位，作业程序简单化；
- **3. 无有效隔断。**



(2) 某厂“10.28”煤气泄漏 较大中毒事故

- **2021年10月28日19时30分许**，某钢厂与外委单位进行煤气管道作业过程中，开关**2200mm**插板（眼镜阀）时发生电气故障，阀门不动作，大量煤气外泄，发生重大煤气中毒事故，造成**3**人死亡、**9**人脱离危险，多人轻微症状，直接经济损失**xxx**万元。



原因分析：

- **1. 指挥不利。**总指挥临阵换将，抢工期，对外委煤气危险作业把控不严；
- **2. 方案不完整。**没有制定《煤气危险作业指示图表》，流于形式，作业关键点检查措施不到位，作业程序简单化；
- **3. 动作阀门前没有采取系统降压措施；**大口径眼镜阀具有悬臂现象；
- **4. 煤气作业应避免夜间。**夜缺乏晚作业，必须准备足够的防爆探照灯；
- **5. 插板阀操作箱安装位置不当，**遇有漏水，电气失灵，没有检查确认；
- **6. 救护措施不力。**



(3) 点炉引发的煤气爆炸事故

- 近年来，在钢铁工业快速发展的同时，各别地区和个别冶金工厂由于忽视安全生产和缺乏必要的技术措施和有效管理，出现了过去也不多见的煤气中毒，着火和爆炸事故。造成工业建筑倒塌，设备损坏，甚至人员伤亡等重大人员和财产损失。煤气事故频发已引起各级领导和有关部门的高度重视，新闻媒体对典型案例也进行报道，以警示其他企业。认真分析各类煤气事故产生的原因，有针对性地加强管理，消除隐患，规范操作，完善制度的建立，强化专业管理部门的职能，降低事故频率，减少人员与财产损失都具有十分特别重要的意义



点炉引发的煤气爆炸事故

- 1) 2004年9月23日16时10分许，某钢厂在建电厂一台75吨/h燃高炉煤气锅炉发生爆炸事故，共造成13人死亡，8人受伤。
 - （原因分析：装备设施本质安全不到位，煤气泄漏，残余煤气没有吹扫，不确认。）
- 2) **2015**年某钢厂“**5.16**”点炉煤气爆炸事故，工亡一人，新建加热炉全套设备报废。
 - （原因分析：点炉事故，煤气泄漏，不确认，有残余煤气没有吹扫）。



煤气事故案例说明了什么？

个别冶金企业对工业企业煤气安全规程执行不力。近年来，煤气安全事故频发，人身伤亡和财产损失严重。国家对煤气安全的规章制度可以说是非常完备的。出事故的很重要的原因之一就是规章制度得不到很好的执行。满足一般性的号召，说起来重要，干起来次要。也不否认，煤气安全规程确实专业性很强，比较难理解和掌握。不下真功，一知半解肯定是不行的。不认真执行操作规程，势必要付出代价的。



2. 煤气作业中存在的安全生产问题



2.1 什么是煤气危险作业？

在冶金联合企业中，为保证生产连续进行，常常要带煤气作业。带煤气作业是一项极其重要的工作，处理不当极易造成中毒、着火和爆炸事故。带煤气作业包括全系统引煤气，停煤气；支管停、送煤气；新增设备及设施接点；抽堵盲板，顶煤气接管，煤气设备上“搬眼”，煤气设备上动火及带煤气处理漏点等。

为了保证安全，在作业之前，务必认真作好各项准备工作及安全措施。认真填写“带煤气抽堵盲板申请票”和《煤气危险作业指示图表》。这是必要的管理手段。

国内大型钢铁企业都设有专门的煤气作业和煤气防护队伍，人员训练有素，执行煤气作业规程严格，作业程序严谨。每项煤气作业，无论大小，严格按程序进行。作业之前一周，提前向主管部门提出作业申请，并附有《煤气危险作业指示图表》和相关手续。按规定做好各项准备工作之后，主管部门的检查人员到现场检查，发现不合格的问题，必须整改。整改后，再次检查，完全合格后，才能进行煤气作业。

对于煤气作业，必须对整个系统的设备要清清楚楚。所涉及到的用户必须听从指挥，协调一致。有必要现场挂牌，警示他人，甚至调动大量检查，保卫人员现场职守，同时做好急救抢险准备，非作业人员不进入现场。

特别强调的是，指挥人员必须对作业涉及到煤气设施了如指掌。各阀门的状态、管网上全部所有人孔、放散点、取样点、吹扫设备安装等等，都要详细确认。绝不允许出现不明确就作业，更不能满足于听汇报，“已经安排了”。作业现场千变万化，“四门贴告示，还有不识字的”也是常有的事。



2.2 贯彻煤气安全规程不利

《工业企业煤气安全规程》（GB6222-2006）自1986年12月1日颁布并与2006年7月1日修订施行以来，对加强我国工业企业的煤气安全生产、回收和使用发挥了重要作用，很大程度上防止了煤气中毒、着火和爆炸事故的发生，为保障职工的安全与健康作出了积极贡献；

- 1) 煤气安全规程贯穿系统安全工程的观点
危险源辨识、风险评价、风险控制
- 2) 煤气安全规程要解决的是全过程的安全
建设项目全过程、工艺流程全过程、
寿命期间全过程、安全管理全过程、
- 3) 煤气安全规程是经验、教训的积累。



2.3 煤气设施投产前准备不足

- 煤气设施建成投产按标准试压验收，发现问题及时整改，不能留有隐患。投产前各部门负责人做到确认，做到充分试车，方可投产。工业炉窑点炉环节尤为重要，不可掉以轻心，煤气阀门不能有任何泄漏。按程序吹净炉膛残余煤气。
- 使用煤气本着“不泄漏、保正压、先给火”三原则进行。



2.4 相关部门不合实际，埋下隐患

设计，施工部门限于工作性质和现场工艺合理有着一定的差别，可以说，对煤气系统非常懂的人不很多，缺乏足够的实践经验。更有甚者，现场工艺人员善意提出的很好的意见和建议，得不到应有的认可。这样势必留下先天缺陷，以后生产应用问题就反映出来了，即便想改也比较难了。施工队伍限于工期紧，任务重，特别是甲方的默认，施工质量欠佳，不按规程试漏、试压。极易造成煤气泄漏，给后续的生产埋下祸根。



2.5 专家型的煤气作业指挥， 技术人员不足

快速发展的冶金工厂的数量和各种与煤气相关的新工艺，新技术，新材料的应用，一下子改变了过去的煤气操作与管理。特别是即懂这些工艺，有懂煤气作业的工程技术人员缺乏，远远满足不了这些冶金工厂的急需。特别是老一代专家，高级煤气技师从原来的岗位上退下来，新手不能象老专家那样熟练和驾驭全局。据了解，一个冶金工厂难得有一个理论与实践有效结合，能应付各种复杂局面的煤气专家。换句话说，煤气工程专家的成长速度赶不上冶金工厂的发展而需要专家的速度。

2.6 煤气作业程序简单化

煤气的作业程序是长期使用的经验总结。凡作着煤气的作业事故，往往一个工程投产都没有道理地、试漏、试压、化验分析等，是非常危险的。更有这样提出的一些基本要务，违反操作规程酿成事故。

煤气作业需要“明白人”、 “有心人”



- 大多数冶金工厂有着长期、严格的煤气管理经验。他们在工艺设计案实施前,充分论证,认真听取各方面有益的意见,补充到方案中。在检修作业上领导重视,制度健全,准备工作充分,作业前检查落实严格,专业化队伍操作.这是一条很重要的基本经验。

2.7 煤气安全管理人才严重短缺

煤气专业系一门特殊的专业性;涉及到安全、环保、能源、能源再生、综合利用、燃烧、工程物理、冶炼工艺、环境保护等专业。

煤气专业人员相对相对缺乏,专业基础参差不齐,煤气安全技术普及教育没有形成规范化、制度化;设计、施工、生产管理缺乏对煤气设施应有的专业知识和经验;近年来冶金工厂煤气安全事故频发。有的企业实行“一票否决制”。

煤气很特殊,应用很广泛,管理很专业,安全很关键,使用需谨慎,操作需规范。



3. 煤气事故的防范对策

3.1 落实安全生产主体责任

严格执行国家《安全生产法》及《工业企业煤气安全规程》。在冶金工厂里人、机、物、料、环等各方面的因素错综复杂性的存在,非常有必要提醒人们的安全意识,加强对煤气作业的管理,履行好各级安全生产责任制,最大的限度地保护人民生命和财产安全。为此,我们要做好如下防范工作。

严格执行煤气生产、运行、作业有关规定。建立健全本单位的生产组织机构,实行专业化管理,严格煤气纪律。建立技术档案,完善应急预案,及时整改事故及设备隐患。赋予专业化队伍相应的职权,强化煤气管理与操作专业队伍的培养。



3.2 突出煤气专业化队伍建设

各冶金工厂有必要尽快建立和完善煤气专门队伍，突出专业化队伍的工作组织和职责。据了解在全国范围内各类院校尚没有专门的煤气专业。即使有相近的专业，也不能马上担当冶金工厂的煤气管理和有效地指挥大型煤气作业。建议有关部门，坚持举办强化培训班。聘请有经验的煤气方面的老专家讲授理论知识，到工厂实地进行煤气作业考察与实践，加速专业化队伍的培养以适应现实的需要。



建立健全专业煤气管理队伍

特别是煤气作业的专业化队伍要装备齐全，包括专用工具，抢修车辆，防护用品，通讯等。并且要定期向生产厂进行技术培训与指导。大力普及煤气使用、操作和急救知识。

各级领导干部和有关部门要把煤气安全作业作为本单位安全生产的大事来抓。建立科学有效的管理体系，认真执行规章制度，杜绝违章操作，一定会大大减少或杜绝煤气事故的发生，给企业带来巨大的经济效益和社会效益。



专业煤气管理人员基本素质要求

- (1)** 熟悉煤气理论知识和丰富实践经验；
- (2)** 熟知本单位煤气设施，管网了如指掌；
- (3)** 对煤气生产管理高度负责，坚守原则；
- (4)** 煤气作业图表化，准备工作到位责任到人；
- (5)** 具有丰富组织、指挥和应急突变能力；
- (6)** 对全局工作具有检查落实、现场确认和有序推进能力；
- (7)** 不蛮干、不冒险、不侥幸；
- (8)** 有分析、有总结、有提高。

3.3 煤气危险作业图表化管理

《图表》是用生命和鲜血换来的科学、规范的作业程序。按照此表组织实施大型煤气作业，可以大大提高作业的安全性，减少盲目性。《图表》责任划分清晰，作业步骤明了，指挥灵活，作业高效。

《图表》顾名思义，有图，有表。图，就是使涉及该项煤气作业的煤气管网示意图。在图上，清楚地标明所涉及到的煤气用户及相关设备构成、作业点、管道、阀门的相对位置、状态、距离、技术参数；放散点、人孔、法兰、水封的位置和状态；测压，取样点和与有关的设施的安放位置，如通风装置、电源、照明等具有要求。表，即作业程序表。主要包括作业名称，作业时间，作业目的，准备工作的内容及具体要求，负责部门和个人，作业程序主要包括止火，降压等作业步骤，安全要求及注意事项，组织机构，成员名单，最后是该图表的送达单位和个人。煤气作业必须令出一家，协调有力。若作业图表的某项条款发生变更，必须有指挥部协商后，逐一通知落实。

3.4 加强煤气系统信息化工作

现在的煤气系统已经不再是过去的回收、净化、炉窑使用那么简单了。随着冶金工厂煤气资源的开发利用，已经扩展到输送、加煤压、混合、贮存以及平衡调度，在线管理和回收利用等各个方面。对煤气的统一调度指挥与管理非常必要。一方面煤气的设施增多，操作难度增大，如混合站，煤气柜，引射器等运行岗位增多。另一方面，不同种类的煤气按不同热值和加热要求，混合煤气使用日渐增多，在混合、输送、检查、平衡等方面的矛盾日益突出。为了实现能源的合理利用，煤气几乎应用到了所有的冶金工厂等。

这些涉及到不同工序的交叉与重叠，不同介质、不同工况、不同参数之间的干扰和影响也极易造成煤气事故。高炉热风炉工序中，煤气、助燃空气与烟气三种不同介质在换热器内进行热交换，若出现管子开焊、磨漏、烧损等就会造成不同介质在不同压力下的“掺混”，防范不当就会给事故埋下隐患。

各冶金工厂依据实际需要有必要组建独立的能源中心或专门的煤气管理机构。全面负责整个公司的煤气回收、清洗、输送运行；能源计划指标的制订与考核；炉窑技术管理、综合利用研发；调度指挥；煤气设施的检查与维护；大型煤气作业的组织与实施极其必不可少的防护与急救。

作者发表在《中国冶金报》的文章 (2004.10.21)

冶金企业煤气事故发生原因及防范对策

●刘全兴

近年来,在钢铁工业快速发展的同时,个别地区和个别冶金企业由于忽视安全生产和缺乏必要的技术措施及有效管理,出现了煤气中毒、着火和爆炸事故,造成工业建筑倒塌、设备损坏甚至人员伤亡等重大人员和财产损失。煤气事故频发已引起各级领导和有关部门的高度重视,新闻媒体对典型案例也进行报道,以警示其他企业。认真分析各类煤气事故产生的原因,有针对性地加强管理、消除隐患、规范操作、完善制度的建立、强化专业管理部门的职能、降低事故发生频率、减少人员与财产损失都具有十分重要的意义。

当前煤气事故发生的原因与分析

一是个别单位对工业企业煤气安全规程执行不力。国家有关煤气安全的规章制度可以说是非常完备的。出事故的重要原因之一,就是规章制度得不到有效的执行。也不否认,煤气安全规程确实专业性很强,比较难理解和掌握,不下真功,一知半解肯定是不行的。不认真执行操作规程,势必付出代价的。国内大型钢铁企业都设有专门煤气作业和煤气防护队伍,人员训练素,执行煤气作业规程严格,作业程序严谨,每项煤气作业无论大小,都严格按照程序进行。应特别强调的是,指挥员必须对作业涉及到的煤气设施了如指掌。各阀门的状态、管网上所有人、放散点、取样点、吹扫设备安装等要详细确认,绝不允许出现不明确就

二是专家型的煤气作业指挥和相关技术人员严重不足。冶金企业的快速发展和各种与煤气相关的新工艺、新技术、新材料的应用,一下子改变了过去的煤气操作与管理方法。既懂这些工艺又懂煤气作业的工程技术人员缺乏,远远满足不了冶金企业的急需。据了解,一个冶金企业难得有一个理论与实践有机结合,能应付各种复杂局面的煤气专家。

四是煤气作业程序简单化。出现煤气恶性事故,大多数是因为违章操作和把作业程序简单化。往往一个工程投产都比较着急,不具备条件也急于投产,轻率地省去了一些必要的环节,如试漏、试压、化验分析等,这是非常危险的。

大多数冶金企业有着长期、严格的煤气管理工作经验。他们在工艺设计方案实施前要进行充分论证,认真听取各方面的意见并补充到方案中。在检修作业上,有关领导重视、制度健全、准备工作充分,作业前检查落实严格,专业化队伍操作等,都是很重要的基本经验。

煤气事故的防范对策

煤气具有易燃易爆的特殊性,在冶金企业里,人、机、物、料等各方面的因素错综复杂,非常有必要提醒人们增强安全意识,加强对煤气作业的管理,履行好各级安全生产责任制,做好如下防范工作。

一是各级部门要严格执行国家有关安全生产的政策、法规。有关单位要

实的需要。

三是严格贯彻《煤气危险作业指示图表》(以下简称《图表》)等有关煤气作业程序。《图表》是用生命和鲜血换来的科学、规范的作业程序,按照此表组织实施大型煤气项目作业,可以大大提高作业的安全性,减少盲目性。《图表》责任划分清晰,作业步骤明了,作业高效。

四是加强煤气系统信息联络和调度指挥。现在的煤气系统已经不再是过去的回收、净化、炉窑使用那么简单了,随着冶金企业积极进行煤气资源的开发利用,已经扩展到输送、加压、混合、

贮存以及平衡调度、在线管理和回收利用等各个方面。对煤气的统一调度指挥与管理非常必要。现在的情况是:一方面,煤气系统的设施增多,操作难度增大,如混合站、煤气柜等运行岗位增多;另一方面,不同种类的煤气按不同热值和加热要求得到了积极的应用,混合煤气使用日渐增多,如高炉煤气与焦炉煤气、与天然气、与转炉煤气、与液化石油气在混合、输送、检查、平衡等方面的矛盾日益突出。煤气几乎应用到了所有的冶金企业的相关领域,如燃气发电机组、石灰窑、蒸汽锅炉、加热炉、均热炉等。

热预热器、炉顶余压发电(TRT)温空气燃烧技术(HTAC)等,到不同工序的交叉与重叠。不同不同工况、不同参数之间的干扰也极易造成煤气事故。例如,在风炉工序中,煤气、助燃空气与一种不同介质在换热器内进行热交换,出现管子开焊、磨漏、烧损等就:不同介质在不同压力下的“掺混范不当就会埋下事故隐患。

冶金企业依据实际需要,应抓好以下几个环节:有必要组建独立源中心或专业的煤气管理机构,全面负责整个企业的煤气回收、清渣送运行;强化能源计划指标的制核工作;进行炉窑技术管理和综合研发;加强调度指挥;严格煤气检查与维护工作;强化大型煤气组织与实施;落实必不可少的防救措施。

(作者单位:青岛钢铁有限公

连铸工程的设计 * 连铸工程的总承包 * 连铸技术的研发

WAM

我们是连铸技术的专家
武汉大西洋连铸设备工程有限公司
Wuhan Atlantic Metallurgical Engineering & Technology Co., Ltd.

地址:中国湖北省武汉市江兴路6号汉口创业中心 邮编:430023 电话:027-83560559 传真:027-83560523 邮箱:wuhan-atlantic@vip.sina.com

合金钢大方坯连铸技术系列 之一



3.5 煤气事故是可防可控的

- 对于钢铁厂煤气事故的频发，群伤的不幸，在扼腕痛心的同时，我们必须反思和认真总结，吸取血的教训。在《冶金企业煤气事故产生原因分析及防范对策》（《中国冶金报》，**2004.10.21**）一文中我提出尊重规程、尊重技术人员、不要作业程序简单化、提高自我安全素养和科学防范与施救，才是有效途径。我相信：在我编辑的这本书中，对读者，无论是钢铁厂领导还是操作者，都会有所帮助的。煤气是老虎，没错。我们所要做的是把老虎关在笼子里。煤气事故是可防可控的！



第三部分 PART 3

3. 各大钢铁厂解决煤气安全隐患的做法



主要内容

- 1. 煤气设施智能检测与隐患排查**
- 2. 煤气设施功能修复技术**
 - 2.1 煤气柜泄漏修复新技术应用**
 - 2.2 煤气管道膨胀节解决方案**
- 3. 炼铁厂高炉煤气泄漏治理**
 - 3.1 高炉炉基漏点的解决方案**
 - 3.2 风口、渣口大套与炉皮修复**
 - 3.3 冷却壁垫板（护碗）的修复**
 - 3.4 高炉炉皮开裂的修复**
 - 3.5 高炉下降管的修复**
- 4. 焦化厂负压煤气系统解决方案**

1. 煤气设施检查、隐患排查与预防

■ 管网诊断，采用爬行机器人或无人机进行管道腐蚀壁厚检测。确定重点部位，分区处理。

■ 方法：

- (1) 采用无人机检测煤气管道，查找泄漏点。
- (2) 采用爬行机器人在管道外部检测。
- (3) 采用红外成像仪探测管道内部积物情况。
- (4) 查清腐蚀情况，有针对性施策，解决泄漏难点，保证煤气管道系统安全运行。



2. 煤气设施功能修复技术

- 煤气设施功能修复技术是一项极其重要的工作，处理不当极易造成中毒、着火和爆炸事故。煤气设施维护危险作业的特殊操作方法包括用通风机吹扫煤气，带煤气作业包括抽、堵盲板，顶煤气接管，带压焊补，煤气设备上“搬眼”和带压堵漏操作法。而带压堵漏操作法又包括包盒子法、铜线法、阀门法或综合法。

2.1 煤气柜泄漏修复新技术应用

■ 干式稀油煤气柜

- | ■ 温度 | ■ 压力 | ■ 介质 | ■ 其他 |
|---------|----------|------|-------------------|
| 30-45°C | 15-20kpa | 高炉煤气 | 焊缝裂纹和钾钉处泄漏，伴随稀油泄漏 |

■ 解决方法：

- ### ■ 修复专利技术：纳米材料修复技术+金属修补剂专利技术

■ 修复效果

- 干式稀油煤气柜-柜壁由于内部介质腐蚀及应力开裂导致密封稀油渗漏。造成大量密封稀油消耗，如若未及时补充密封油，将导致大量煤气泄漏。通过在线修复，有效保证泄漏带来的安全及环保问题，确保生产安全稳定运行。



煤气柜泄漏修复案例

- 干式皮膜煤气柜

- 温度 压力 介质 其他

- 30-45°C 15-20kpa 转炉煤气 焊缝裂纹处泄漏

- 解决方法：

- **修复专利技术：第四代纳米材料修复技术+第五代环保水性
聚合材料喷涂技术**

- **修复效果**

- 干式皮膜煤气柜-柜壁由于内部介质腐蚀及应力开裂导致腐蚀穿孔泄漏煤气。通过在线修复，有效避免泄漏带来的安全问题，保证生产安全稳定运行。



高分子特殊材料包覆法

■ 武汉鼎业环保依照国家《带压密封技术规范》**HG/T 20201-2007**，采用第五代纳米高分子填补材料+环保聚合弹性材料喷涂技术专利技术：在线修复组合（专利号：**ZL201922181353.7**）；金属修补剂（专利号：**ZL201620238355.9**）综合治理方案内将采用“在线检测，风险评估，技术先进，综合治理”的技术路线。采用纳米改性高分子冷焊技术、定期跟踪与维护的方法，对煤气柜的安全功能进行修复治理，效果非常理想，得到客户一致好评。



冷焊技术及特征

■ 采用合理的工艺, 选择适当的化学粘合材料, 将同种材料或异种材料连接在一起, 实现连接、密封、固化、功能涂层的一项新技术。因通常在常温下施工, 被称为“冷焊技术”。

- 主要特征:
- 不动火—非常适合易燃易爆等危险工况
- 高强度—有效延长使用寿命
- 室温固化—快速实现完全的机械性能
- 负载传递—均匀、高效的负载传递
- 无收缩—材料为100%固体材料
- 坚久耐用—该材料可有效应对工业环境, 无渗水、无细菌进入
- 化学稳定性—卓越的耐化学性、耐压性和耐温性
- 机械强度极佳—可应对各种负载



第五代修复技术及特征

- **第五代修复技术是利用热源将喷涂材料加热至熔化或半熔化状态,并以一定的速度喷射沉积到经过预处理的基体表面形成涂层的方法。第五代修复技术在需要处理的基材表面上,制造一个特殊的工作表面,使其达到:高强度、防腐、耐磨、减摩、抗高温、抗氧化、隔热、绝缘、导电、防微波辐射等形成一系多种功能的涂层。**



主要特征:

高强度:工艺固化后, 拉伸强度达到17.2MPa;

工艺柔韧性:工艺固化后, 伸长率达到386%;

工艺固化快:热喷涂整体固化时间约在10-20秒;

■ **便捷:**一次性快速成型, 厚度可控, 工艺简单, 施工方便。

■ **环保:**无污染, 无腐蚀。

■ **应用广:**高强度, 防腐蚀, 防水, 伸缩补偿量大, 可应用于金属与非金属基材表面, 可适应常温与中高温。



2.2 煤气管道膨胀节解决方案

- 由于补偿器的材质等问题，青钢北部区域高炉煤气管道安装的**4个DN2400**、**7个DN1600**补偿器，使用不到一年时间即出现了不同程度蜂窝状腐蚀漏点。这么大面积补偿器更换作业根本不可能，我们采用了对原有补偿器包裹施工的方法，处理效果非常好。



煤气管道补偿器包裹堵漏

- 由厂家制作直径大于原尺寸的新补偿器，两端带管箍，管箍内径同现场管道尺寸，然后将新补偿器一分为二，现场包裹原补偿器，烧焊在管道上。采用此方法成功处理了青钢北部区域高炉煤气管道上**4个DN2400**、**7个DN1600**补偿器，后来还成功应用于三高线**DN1600**盲板阀自身补偿器包裹，一小型西侧一个**DN1400**、一个**DN1200**补偿器带气包裹。

3. 炼铁厂高炉系统煤气漏点治理

- 破损、泄漏机理：
 - **(1)** 高炉炉基（包括热风炉炉基）：炉底板选材（钢板、焊条）、拼装、焊接、探伤等精度不高。发生开裂，受热后拉开。
 - **(2)** 高炉风口、渣口大套与炉壳，冷却壁水管垫板：主要是焊接质量欠佳。主要靠高炉试压时补焊或定期检查处理。各套间：公差大，没上正，受热变形所致。各套主要靠“过盈配合”上严。
 - **(3)** 冷却壁垫板：焊接质量不佳；受热，上涨应力拉开。
 - **(4)** 炉皮开裂：炉型不适应区域高热负荷；应力大；原、燃料条件差，边缘气流发展；冷却强度不均等等。

3.1 高炉炉基漏点的解决方案

- 高炉炉基（包括热风炉炉基）：炉底板选材（钢板、焊条）、拼装、焊接、探伤等精度不高。发生开裂，受热后拉开。
- 工况条件：环境温度**40 °C**，煤气压力**250kPa**，采用第五代水性环保聚合材料喷涂技术修复。
- 修复效果：高炉炉基常见于封板处泄漏，经柔性密封修复后，可长效确保封板处煤气密封，保证高炉持续稳定运行。



3.2 风口、渣口大套与炉皮修复

高炉风口、渣口大套与炉壳，冷却壁水管垫板：主要是焊接质量欠佳。主要靠高炉试压时补焊或定期检查处理。

- 各套间：公差大，没上正，受热变形所致。各套主要靠“过盈配合”上严。
- 工况条件：环境温度**60 °C**，煤气，常压，采用**第五代水性环保聚合物喷涂技术修复**。
- **修复效果**：大套法兰通过整体修复，有效杜绝法兰螺栓与法兰间隙煤气泄漏问题，同时也确保铸铁与碳钢材质之间的长效密封性能。

3.3 冷却壁垫板（护碗）的修复

- 高炉冷却壁垫板：数量大，施工环境复杂，焊接质量不佳；投产后受热拉开。
- 工况条件：环境温度**60℃**，煤气压力**250-280kPa**，采用第四代纳米材料修复技术和金属修补剂专利技术。
- 修复效果：高炉炉身冷却水管护碗经修复后，大大降低炉身各层平台煤气浓度，为操作人员煤气安全作业提供有力的保障。



3.4 高炉炉皮开裂的修复

- 高炉炉皮开裂：热流强度大，受热复杂，焊接质量不佳；投产后受热拉开。
- 工况条件：环境温度**80 °C**，荒煤气压力**250-280kPa**，采用第四代纳米材料修复技术和金属修补剂专利技术。
- 修复效果：高炉炉皮开裂后，炉身局部温度升高并伴随着大量煤气泄漏，经修复后，确保炉身密封性能，解决煤气泄漏问题，大大降低了高炉运行的风险和隐患。



3.5 高炉下降管的修复

高炉下降管：高炉下降管作为超高空管道，在长时间的荒煤气冲刷、受热膨胀、钢结构疲劳与外部的腐蚀，不仅存在局部煤气泄漏，还存在结构强度减弱问题。高空，施工难度大，焊接恢复困难。

- 工况条件：环境温度**50 °C**，荒煤气压力**200kPa**，采用第五代水性环保聚合弹性材料喷涂技术和一种易清除液体密封组件专利技术。
- 修复效果：通过整体修复与加强，有效保证了下降管煤气安全问题，同时对下降管进行了强度加固，确保生产安全稳定运行。



4. 焦化厂煤气系统 解决方案

- **(1)** 焦炉集气管
- **(2)** 焦炉低压氨水管道
- **(3)** 焦化脱硫液管道
- **(4)** 焦化脱硫再生塔
- **(5)** 焦化煤气管道短节
- **(6)** 焦化氨水罐
- **(7)** 硫酸铵管道



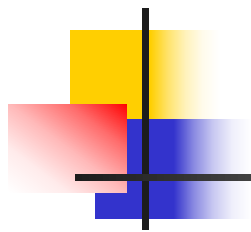
参考文献

- **1. 刘全兴，高炉热风炉操作与煤气知识问答，冶金工业出版社 2005.3**
- **2. 刘全兴，煤气设施维护的特殊操作方法，钢铁产业，2008（1）：13 -16**
- **3. 胡新亮、张玉生，大型高炉应用干法除尘技术的关键，世界金属导报，2006.9.26.**
- **4. 伍积明、贾彩清，干法除尘后高炉煤气腐蚀的防治，中国炼铁网，2017.12.07.**
- **5.刘全兴，高炉煤气干法除尘技术亟待完善，中国冶金报,2012.3.8**
- **6. 张佳男，天铁高炉煤气喷碱除氯技术的应用，天津冶金，冶金信息装备网**



参考文献

- 7. 刘全兴, 冶金企业煤气事故产生原因分析及防范对策.中国冶金报,2004.10.21**
- 8.刘全兴, 《煤气危险作业指示图表》在青钢的应用, 青钢工作研究, 2006 (4) :**
- 9. 刘全兴, 煤气设施漏点带气堵漏方法实践, 山东冶金, 2009 (1) : 4-8**
- 10. 刘全兴等, 青钢转炉煤气柜底泄漏在线治理实践, 炼铁交流, 2021 (3) : 47-49.**
- 11.刘全兴, 高炉水煤气爆炸的成因分析与防范对策, 中国炼铁网, 2021论文集**
- 12.煤气排水器智能化远程监测装置, 技术资料**



谢谢!

***THANK YOU
FOR YOUR ATTENTION!***