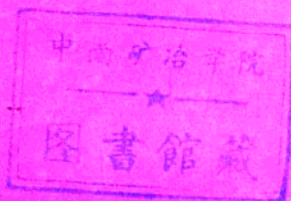


503129

冶金企业伤亡事故分析

冶金工业重大伤亡事故分析学术讨论会论文选编

工 厂 分 册



中国金属学会冶金安全学术委员会编

《冶金企业伤亡事故分析》是根据“冶金工业重大伤亡事故分析学术讨论会”学术组的推荐，从这次学术讨论会的130篇论文和资料中选编的，分为综合、工厂、矿山三个分册编印。中国金属学会冶金安全学术委员会委托冶金部安全技术研究所技术情报研究室负责编辑、内部征订发行。

综合分册编入论文19篇、学术讨论会总结1篇。编辑兼校对罗旭。

工厂分册编入论文23篇。编辑兼校对祝侃。

矿山分册编入论文26篇。编辑兼校对秦仁遵。

以上共编入论文68篇。

由于篇幅有限，对有的文章作了较大的删节或修改。不妥之处，请批评指正。

1983年3月5日

目 录

平炉冶炼期熔池大喷溅或爆炸的预防.....	杜连余 (1)
对贵阳钢厂一次压缩空气管道	
爆炸事故的分析.....	宗有荣 (5)
防止铝镁粉及铝镁合金粉在生产过程中	
发生爆炸的研究.....	梁万标 (12)
硫化釜爆炸事故分析.....	程士荣 (17)
140例重大煤气中毒、着火、爆炸事故分析	
.....	张秉润 (22)
烟化炉收尘系统爆炸原因分析及	
预防措施探讨.....	李 华 (30)
锌厂两例爆炸事故原因分析及预防.....	孙静贞 (37)
氧气管道燃烧事故分析.....	汪昌龙 (42)
电弧炉炉盖崩塌事故原因分析.....	孙玉生、王学俊 (47)
转炉喷发事故经过及其分析.....	赵启明 (54)
炼钢喷渣事故及其预防.....	吴凯林、林照斌 (58)
武钢4 ^号 高炉大钟坠落事故的教训.....	李仲发 (63)
烟窗滑模施工平台倾翻事故原因分析.....	林兆勤 (69)
正确选用吊装用具 防止高空坠落事故.....	方国华 (74)
本钢二钢等厂屋盖塌落事故分析.....	朱启华 (79)
砷化氢中毒事故分析及预防措施.....	丁克忠 (85)
氯气安全管理.....	单振连 (90)
鸽子与一氧化碳.....	姜新强等 (95)
分析事故规律 搞好安全运输.....	丑连科 (99)

冶金工厂运输安全问题及预防对策·····	李 肇(104)
攀钢厂内公路运输事故分析·····	熊祖禄(112)
机动车的安全运输·····	吕国忠(120)
耐火企业压砖机压手事故及防止措施·····	梅广茂(125)

平炉冶炼期熔池大喷溅或爆炸的预防

杜 连 余

(鞍钢第二炼钢厂)

我厂倾动式碱性平炉，采用废钢矿石法进行冶炼。主要原料有：铁水、废钢、铁矿石、石灰、铁凡土、合金脱氧剂和耐火材料等。燃料有：煤气、重油。为了强化冶炼，在冶炼期采取由炉门插管吹氧，将原来的平炉改为顶吹氧平炉。但由于管理和技术操作水平未相应跟上，在实际生产冶炼过程中，在往熔池加入氧化剂（矿石）或吹氧时，引起熔池大喷溅或爆炸，发生人身烧伤，炉顶崩塌等恶性事故，造成很大损失。七三年以来曾发生23次大喷溅，造成损失的11起，其中最严重的5起，爆炸事故计烧伤11人，其中重伤2人，崩塌炉顶五座，总计损失达4,298,190元，並给生产造成被动，影响很坏。

为了解剖事故，找出教训，仅举几例加以分析。

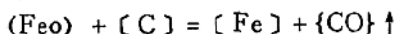
1. 1973年8月10日，16号炉冶炼305次钢，化完碳1.55%，温度1500℃，因熔渣粘，加铁凡土2吨稀释，同时连续加入团矿4.8吨，促成熔池温度低，所加入的团矿未能完全进行碳氧反应而浮在渣中，经插管吹氧40分钟熔池温度升高，突然急剧进行碳氧反应，产生大量气体，不能顺利排除而导致爆炸。

2. 1975年11月4日，15号炉冶炼565次钢，由于上炉剩残钢20吨，未化完就加铁凡土4吨稀释熔渣，化完碳1.51%，温度1460℃，在化完温度低的情况下连续加团矿6.4吨，熔池

无明显碳氧反应，随即吹氧10分钟，又倾动炉放渣，就在此瞬间炉内呈现白亮火焰进行激烈的碳氧反应，引起大喷溅和爆炸。

3. 1976年7月11日，10号炉冶炼416次钢，化完碳2.85%，温度1580℃，加铁凡土稀释熔渣，同时下枪吹氧（顶吹平炉），由于氧枪距渣面高，吊吹25分钟，促成熔池上下温差大，当倾动炉子放渣时，引起碳氧激烈反应而造成大喷溅将炉顶崩塌事故。

炼钢过程主要是氧化过程，其反应多为渣、钢之间反应。反应速度与温度和气相压力有密切关系。主要还是碳的氧化反应，脱碳反应：



碳氧反应同时，产生大量CO气体。所产生的气体能否顺利排除，与熔渣的沸腾有直接关系。也就是说，熔渣的碱度适当、流动性好，促使熔池有活跃沸腾，达到碳的氧化反应条件。

依据碳的氧化反应机理，分析平炉冶炼期熔池产生大喷溅或爆炸的原因是：

1. 在熔池中熔渣多，渣子粘，流动性不好，熔池沸腾差的情况下，便加入氧化剂，由于碳氧反应产生大量气体（CO），因渣粘促使气体不能顺利排除。同时促成熔池产生巨大压力，在此瞬间形成大喷溅或爆炸。

2. 是由于低温操作或是往炉内加入的氧化剂材料过急且批数多、数量大促成。因为低温操作破坏熔池中碳氧反应条件。往往是在熔池未形成一定性能的碱性渣（化完后熔渣碱度低）或温度低的情况下，就急于集中往炉内加入氧化剂

(矿石)，不完全起作用，所加入的氧化剂浮在熔渣中。当熔池温度上来或从炉门插管吹氧时，达到碳氧反应的条件，突然进行急剧碳氧反应，产生大量气体。这些气体不能顺利排除，导致大喷溅或爆炸。

3. 由于熔池温度过高或熔池的上下温差大。当存在炉子倾动或插管吹氧等一些因素时，便促使熔池形成对流作用，而引起熔池激烈反应，产生大喷溅或爆炸。

为什么会使熔渣流动性不好呢？一般有以下几个因素：

1. 熔渣碱度低。初期渣放的少或白灰加的少。有时虽然加大量的白灰，但因温度低或时间短，白灰未熔化而产生此种现象。

2. 往往由于炉体被冲刷下来的碱性耐火材料混入熔渣中，促成氧化镁增高。因氧化镁熔点为 2800°C ，不易熔化，在熔渣中形成颗粒状，促成熔渣流动性不好。形成这样的熔渣大部是因为在补炉时温度低或一次所投补炉材料多而厚，烧结不牢，当铁水兑入熔池后被冲刷掉而造成。

3. 上炉剩下大量残渣和残钢因炉体局部上浮等因素而引起熔池流动性不好。剩残渣、残钢是因炉床或出钢口形状不正常或装入量多等因素而促成。

通过近十年的实践，对减少或防止大喷溅或爆炸事故，我厂做了一些研究工作，制定了一些防范措施。这些措施主要是抓住“三个关键”，控制好“两个中心环节”：

1. 首先，必须维护好炉体。在补炉时要高温正压，分层投补，保证烧结好。防止一次投补大量耐火材料；要保持炉床形状和出钢口形状正常，防止剩残钢、残渣；防止炉床局部上浮。

2. 要保证有良好的熔渣。因为炼钢反应多为渣钢之间反应，其熔渣的好坏不只是影响钢的产量、质量，与安全生产关系更为密切。所以要炼好渣，熔渣碱度适当、流动性好，沸腾活跃，一般称为高温薄渣活跃沸腾。为此要尽量多放初期渣，提前造渣（在熔化期进行造渣），使熔渣碱度控制在2.0~2.5。

3. 严禁低温操作。要认真执行操作规程，严禁在熔池温度低的情况下，加入氧化剂（矿石、铁皮）。

4. 要控制好加入的氧化剂。要分批适量加入，严禁集中和批量过大。特别要防止所加入的氧化剂未完全进行碳氧反应，又连续加入。同时要注意所加入的氧化剂未反应完，不能从炉门插管吹氧。并且要适当控制供给燃料。

5. 控制好熔池温度，严防熔池上下温差过大。顶吹氧平炉，在吹炼中严禁吊枪吹氧，防止熔池表面温度过高或过氧化现象产生，顶吹平炉氧枪距渣面不能超过250毫米。

上述措施，是在理论与实践相结合的基础上总结出来的。经过几年的实践，证明这些措施是有效的。1977年以来基本消灭了平炉冶炼期熔池大喷溅或爆炸的恶性事故。保证了安全生产，大大的减少了事故修炉时间，降低了耐火材料的消耗，提高了经济效益。

对贵阳钢厂一次压缩空气管道 爆炸事故的分析

宗 有 荣

(贵阳钢厂)

一、空压机站及其管道的概况

贵阳钢厂空压机站，于1964年建设投产。站内设有往复式空气压缩机8台，都没有二次冷却器和油水分离器，没有设置超温低水压报警延时自动停车装置，总容量为450米³/分钟。设备的规格型号详见附表（其中5号机已拆除）。

附表

编号	型 号	排气量,米 ³ /分	压力,公斤/厘米 ²
1	1-40/8型	40	8
2	1-40/8型	40	8
3	1-40/8型	40	8
4	L-100/8型	90	8
6	2BF型	100	8
7	1-40/8型	40	8
8	7L-100/8型	100	8

压缩空气用管道输送，直径 $\phi 219$ 毫米，总长度约为391米，其中195米埋于地下。除阀门气罐的联接采用法兰外，其余全部采用焊接。为吹刷管道设有二个盲管。

二、管道爆炸 的情况

1980年5月6日10时15分，空压机站至锻钢车间的压缩空气管道突然爆炸，爆炸点周围，一片烟雾弥漫。事故发生后，现伤调查，爆炸点有4处。

1. 空压机站总管出口处，埋设于地下的一段管道。
2. 锻钢车间入口竖管之弯头、阀门处。
3. 二吨锻锤保险气缸及气缸盖。
4. 一吨锻锤上部的水平架空管道。

经检查，空压机站内当时投入运行的空气压缩机6台都完好无损。

爆炸点附近没有操作人员，故未造成重大人身伤亡，仅有一个工人手部受了轻伤。经济损失6299.6元。

三、压缩空气管道燃烧爆炸原因探讨

往复式的活塞空气压缩机及其管道产生燃烧和爆炸的原因有三种：

- (1) 积炭引起的着火燃烧、爆炸。
- (2) 静电引起的点火燃烧、爆炸。
- (3) 摩擦引起发热点火燃烧、爆炸。

1. 积炭的形成与着火燃烧的机理为：空气压缩机中的雾化油，在高温高压的空气中氧化，並由于氧化金属（特别是铜）的催化作用而加速，油经氧化形成淤渣，后经热分解脱氢而形成积炭。沉积积炭的部位与空气压缩机及其管道的设计有关，最易引起积炭沉积的部位是排气阀箱与排气管的颈部冷却器的前端。其次是排气管的逆止阀及阀门内腔、盲

管、变接管、储气罐等处。因为这些部位或因温度较高，或因内腔断面形状复杂而出现气流死角，或因形状改变形成气流涡旋，储气罐中则是由于断面增大而引起压缩空气的流速降低后的惯性作用。因此这些部位较容易使被氧化后的淤渣和废油沉积下来。这些部位沉积的积炭和存积的油混在一起，就继续被空气氧化放热升温，升温的快慢，与积炭部位的空气流速有关，流速慢时温升快，流速快时一部分热量被空气带走，因此温升慢。当局部温度达到油的闪点时，就会自燃闪火并点燃了裂化气雾化油，而使空气压缩机及其管内燃烧起来。

2. 空气压缩机及其管道内的积炭形成的快慢与油的质量，管道内的气体压力、温度和氧化金属（特别是铜）的催化作用有关，但主要的因素是温度。试验证明，矿物油在常温下不会氧化，但由于压缩空气排出温度高就造成了氧化的条件，氧化的速度随温度升高而加快，当温度在 150°C 以上时，氧化过程加速 $1\sim 2$ 倍，当温度超过 200°C 时，产生积炭的现象就严重到了极点。贵阳钢厂的部分空压机排气口的颈部，即使用的合乎标准的压缩机油，运行一个多月，积炭也可达到50毫米。

另外管道内积炭的分布，与大气温度有关，冬天管道内压缩空气散热快，大部分积炭聚集在靠近空气压缩机处，夏天大气温度高，管道散热慢，因此在离空气压缩机排气口很长距离的管道内，还会有润滑油的积存物。

3. 积炭来源于空压机油，空气压缩机和其他机器运行一样，对气缸、活塞、进排气阀、曲拐轴承及滑板必须加油润滑，从而防止或减少机器运动的摩擦发烧与磨损，并起到防

锈、防漏气的作用。空气在空气压缩机气缸中,经活塞压缩后升温升压。对于二级压缩的空气压缩机来讲,一级排气压力为2公斤/厘米²,二级排气压力为8公斤/厘米²,排气温度规定不大于160℃,经一段冷却器与二段冷却器冷却后的温度不大于40℃。空气压缩机气缸、活塞、排气阀箱,排气管的颈部,都在较高的温度和压力下运行,因此对于润滑油的规格与质量都有严格的要求。空气压缩机气缸之润滑油,要求闪点要高(215~240℃),要具有良好的氧化安定性,氧化后沉淀不大于0.3~0.02%,在一定温度下有良好的粘度。氧化安定性越高,压缩机油就愈不易氧化,氧化后生成的积炭也就愈少。经压缩的空气正常温度应小于160℃,选定规定的压缩机油,油的闪点高于压缩空气的温度55~80℃,在此种情况下,空压机油将不易发生热分解,其他润滑油都不具有空压机油的特殊性能。因此不可用其他油来代替。

4. 空气压缩机气缸,其曲拐轴承箱内按规定加的是40号或50号机油,由于活塞杆在运行中将使一部分机油带入气缸中,特别是沈阳空压机厂生产的L型100米³/分的空气压缩机之卧式二级缸,带油非常严重,每台每月约为340公斤,(约合590克/小时)。油使用有一定期限,迟早要老化变质,使积炭的形成加速。而且油在加压加温下闪点降低。积炭内部的油很容易达到闪点。

5. 空气压缩机及其管道的着火燃烧,不论是积炭着火,或带有粉尘的空气在管道快速流动时产生的静电放电着火,或摩擦发生过热着火,点燃了管道中的裂化气雾化油,引起管道内燃烧起来,不一定都产生爆炸,从贵阳钢厂空压站十多年来的运行实践来看,过去多次发生过排气管和储气罐

过热燃烧，罐体防锈漆烧得冒烟发红，但并未引起爆炸，发现后紧急停车就熄灭了。只有当压缩机及其管道中的雾状油的浓度达到30~42毫克/升，或在着火燃烧的同时形成CO和CO₂，当空气与含有12.5~75%（容积）的CO混合时才可能产生爆炸。

6. 空气压缩机及其管道的着火燃烧，大多数发生在排气管至储气罐内部，因为这些部位的温度高，气体流速降低容易着火。关于着火爆炸点爆炸开始之后，就以超声速度传播压力波，使管道内的压力与温度急剧升高，促使管壁上的积炭或管内的可燃性混合气体发生作用，在管道内一些局部地方，出现了巨大的瞬时压力，于是造成管道中几个点同时爆炸。例如国内西宁某钢厂，1976年发生过一次压缩空气管道爆炸事故，在直径为 $\phi 237$ 毫米，长300米的管路上，数处同时爆炸、冒烟。

压缩空气管道的爆炸并非罕见，据（日）驹宫功额的报导，德国的爱伦堡有一个1100名职工的锻造厂，在1957年和1962年发生两次压缩空气管道着火，1963年3月9日发生一次压缩空气管道爆炸，170米长的管道大部分被炸裂，造成死亡20人，受伤49人，工厂全毁的重大事故。

国内外压缩空气管道爆炸的原因，大同小异，不外乎维护不良，管路内积炭温度过高着火燃烧，或因冬季严寒，管道加热升温过热，着火燃烧，造成管道内油雾的浓度增加，或使管道内的CO气体达到了爆炸限度而发生。

贵阳钢厂压缩空气管道1964年投产以来，已运行了16年之久，从未清洗，储气罐及管道内已产生了严重的积炭。积炭越厚越容易自燃。压缩机的润滑又错误的使用了40号机

油，虽然时间不长，但由于排气温度高，加速了油的氧化积炭过程和油的蒸发雾化，使管道内的空气与油的混合比或O、C的混合比达到了爆炸限度，且40号机油闪点较低，容易着火，因此导致了这次事故的发生。

四、预防类似事故再次发生的措施

1. 空气压缩机的气缸润滑，一定要采用合格的压缩机油，夏天最好采用19号压缩机油，用其他油代替都是很危险的，为防止曲拐轴承中40号机油通过活塞杆带入气缸，建议也改用压缩机油为好，这样空气压缩机站只准备一种油，可以避免加油错误。

2. 为避免管道积油过量，要控制气缸给油量（可按JB77~65的规定执行）。对贵阳钢厂使用的固定往复式活塞空气压缩机的注油量规定如下：

100米³/分的空气压缩机注油量为255克/小时

60米³/分的空气压缩机注油量为195克/小时

40米³/分的空气压缩机注油量为150克/小时

3. 采用合格的压缩机油，经长期运行后，也将产生老化或氧化积炭，因此要定期清洗空气压缩机的气缸及其管道，清洗不可用挥发油，如果用了，就必须用碱液冲洗脱油。

4. 严格按照压缩机的操作维护规程、安全技术规程，对空气压缩机进行检维修、护与管理。

5. 恢复二次冷却器，增设油水分离器，改进空气过滤器，恢复、增设排气管测温装置和超温低水压报警延时自动停车装置。运行中如果超温，一定要找到超温的原因，进行修理。

6. 为便于管路清洗，重新铺设一条新的架空管道，采用法兰连接。管路上设防爆片。

7. 抓好有关职工的技术培训，提高领导干部对安全生产的认识。

防止铝镁粉及铝镁合金粉 在生产过程中发生爆炸的研究

梁 万 标

(东北轻合金加工厂)

铝镁粉及铝镁合金粉均为易燃、易爆物质。在粉材加工过程中，在一定条件下，易发生着火或爆炸。所以铝镁粉生产单位为一级防火、二级防爆单位。就我厂铝镁粉生产车间生产二十年以来所发生的四起较大爆炸事故来看，其爆炸产生的温度高，冲击波强，破坏力大，后果严重。共造成死亡六名，重伤三名，轻伤十七名。

一、四起爆炸事故的基本情况

(一) 1965年6月8日，在停机清扫铝镁粉尘时，用一吋的橡胶管（接有150毫米长的铁管头）吹筛分料仓的内壁，在压缩空气的作用下，使铁管头摆动，撞击在料仓的内壁上，打出火花，引起料仓内悬浮的铝镁合金粉尘着火爆炸，使 $1500 \times 1500 \times 8$ 毫米的料仓盖被炸成馒头型，一人手和面部被烧伤。

(二) 1966年9月8日，改动二号球磨机出料口的排氮管位置，先断开了平衡料管的法兰，但未加盲板或盖石棉布。当用气割切割排氮管路时，由于火花窜到鼓风机和集尘器内，而引起鼓风机、集尘器爆炸。爆炸时的冲击波，将窗

户玻璃全部冲毁，房盖被崩坏，在现场检修的十一名工人被冲击波抛出几米远，全部负伤住院，鼓风机和集尘器全部炸坏。

(三) 1976年5月30日，铝镁粉车间一段用自制结壳破碎机破碎铝粉结壳。在向破碎机流槽装结壳时，使一个M10×40毫米的螺丝混进破碎机内，经过破碎敲打产生火花，引起排尘管道系统爆炸着火。死亡一人，重伤二人，轻伤六人，排尘管道系统全部报废，门窗震碎、烧毁。

(四) 1978年12月12日，镁粉工段在检修多管除尘器时，发生一起爆炸伤亡事故。这台多管除尘器是引用生产炭素材料工厂用的除尘设备，内吊装 $\phi 200 \times 1500$ 毫米的钢管25根，没有固定，生产16年没有检修过。在检修过程中，一名工人站在多管除尘器内管上端，用铝线绑着破布反复清除排气管内壁附着的镁粉，使粉尘大量悬浮在空气中，空气中镁粉浓度达到了爆炸条件。在清理活动中，由于排气管叶轮、套管内壁或其外壁与钢板格撞击，产生火花，引起爆炸。当场死亡五人，重伤二人，轻伤四人，厂房三楼（432米²）全部炸毁，直接经济损失22万元。

二、铝镁粉爆炸事故的条件与原因

(一) 燃烧爆炸的条件

1. 当空气中粉尘浓度达到附表中所列范围时，如遇到明火或火花就能产生爆炸事故。

2. 干燥的铝粉达700℃可自燃。

3. 干燥的镁粉在空气中的燃点为550℃，含有4~48%