

长城钢厂四分厂炼钢车间 故障模式、影响和危险程度分析

冶金部安全环保研究院

冶金部长城钢厂四分厂

一九八七年六月

长钢四分厂炼钢车间 故障模式、影响和危险程度分析说明

危险辨识和分析是安全系统控制过程的重要步骤，其目的和作用是准确全面了解和掌握系统中潜在危险因素，即事故隐患的基本情况，为安全系统控制的分析和决策，提供可靠的客观依据。因此，危险辨识和分析是实现安全系统的有效控制，防止和消灭事故的前提和基础。

故障模式、影响和危险程度分析(FMECA)是安全系统工程中最常用的危险辨识和分析方法，它的理论基础和依据是数理逻辑和可靠性工程。FMECA分析方法能够对系统或设备部件可能发生的故障及故障模式，危险因素，对系统的影响，危险程度，发生可能性大小或概率等进行全面的、系统的定性或定量分析，并可针对故障情况提出相应的检测方法和预防措施。因而具有较强的系统性、全面性和科学性。实践证明，用FMECA分析法进行工业系统中的潜在危险辨识和分析，具有良好的效果。

为了准确和全面掌握炼钢车间电炉系统潜在危险即事故隐患的基本情况，为控制和消灭电炉系统事故奠定可靠的基础，我们采用FMECA分析对炼钢车间进行了危险辨识和分析，现将我们的具体做法说明如下：

(一)调查系统情况，收集整理资料。

我们首先对炼钢车间电炉系统的设备，工艺，生产组织，管理和人员素质等情况，以及投产以来的设备故障和伤亡事故情况进行了全面的调查和分析，收集整理了伤亡事故，设备故障等方面的有关数据和资料。

(二)开展危险予知活动，进行危险源初步辨识。

电炉系统基本情况调查分析工作完成后，我们即在工段和班组开展危险予知活动，组织工人，技术人员和安全管理人員从操作行为，设备，工艺，环境因素，管理状态等方面进行危险源辨识和分析。在车间，工段和班组的大力配合下，经过反复多次讨论和

分析，初步列出电炉系统主要危险源五十六个，危险因素近千条。

(三)故障模式，影响和组成因素分析。

危险源列出后即根据收集整理的设备故障，伤亡事故情况等资料，进行故障模式，影响和组成因素分析。故障模式主要分为：设备或部件损坏；子系统或部件发生故障不能正常运行或发生意外；子系统过早或延迟工作；在规定时间内没工作或该停止工作而没停止等几种类型。故障影响主要按对本系统，相邻系统，对整个系统和对人身伤害等几个方面的影响进行分析。故障因素主要按人为原因，物质原因，管理原因和环境因素四个方面进行分析。

(四)故障危险程度和发生概率分析。

通过危险辨识，故障模式，影响和组成因素的分析，对电炉系统潜在危险的基本情况有了初步的了解，再根据电炉系统投产以来的设备，工艺故障和伤亡事故情况并参照国内外电弧炉炼钢厂的有关数据和资料，对五十六个主要危险源进行更深入的分析，即故障危险程度和发生概率分析，给出了各种故障模式的定量，半定量或定性的危险等级和故障概率。故障概率的定量计算是按统计区间内的实际故障次数除以统计区间内实际工作小时数进行计算的。在半定量或定性确定危险等级和故障概率时，主要参考了美国国防部MIL--Std--882A标准中的分级标准。

故障危险等级按对人员和系统的危害程度分为四级：

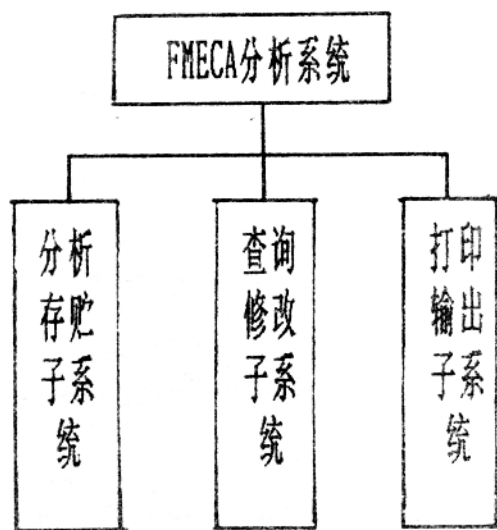
级别	危害程度	危 险 后 果
一级	可忽略的	不会造成人员伤害和系统损坏
二级	临界的	可能造成人员伤害和主要系统损坏，但可以排除和控制
三级	危险的	会造成人员伤害和主要系统损坏，需立即采取控制措施
四级	破坏性的	造成人员伤害以及系统严重损坏

故障概率等级按故障发生的可能性分为六级：

级别	故障出现可能性	故障概率
A	非常容易发生	1E-1
B	容易发生	1E-2
C	较容易发生	1E-3
D	不容易发生	1E-4
E	难以发生	1E-5
F	极难发生	1E-6

(五)故障模式，影响和危险程度分析计算机系统

故障模式，影响和危险程度分析(FMECA)是一种数理逻辑分析方法。用FMECA分析法对危险源进行分析能够系统全面和准确的揭示系统的潜存危险因素。但是进行FMECA分析时，往往要涉及大量的信息资料和繁多的数理逻辑分析与计算，并且需要编制和填写大量的分析表格，靠人工来完成这项工作比较困难(效率和可靠性低)，存贮和查询危险源信息与分析结果等档案资料时也很不方便。针对这个情况，我们建立了FMECA的计算机综合分析系统，该系统能够对危险源进行FMECA分析，并能够建立危险源FMECA分



析档案，系统中存贮的危险源信息和FMECA 分析结果等档案资料可以随时查询，修并打印输出（见系统框图）。该系统的建立极大的方便了FMECA 分析工作，解决了人工分析的大量麻烦和困难，提高了危险源分析的准确性和可靠性，把FMECA 分析工作提高到了一个新的高度，为企业安全管理工作提供了又一个新的手段。

附：（一）电炉系统主要危险源

（二）电炉系统FMECA分析表

（一）电炉系统危险源：

1. 电炉炉底烧穿
2. 电炉内渣线处和炉坡烧穿
3. 电炉炉门坎烧穿
4. 电炉水冷系统漏水
5. 炉内废钢料爆炸
6. 炉盖塌陷
7. 出钢坑渗水与渣盆积水
8. 料篮挂料
9. 吹氧管回火
10. 氧气软管剧烈摆动
11. 炉内钢水大沸腾喷溅
12. 钢包漏钢
13. 滑动水口漏钢
14. 浇铸底板漏钢
15. 中注管漏钢
16. 保温帽跑钢

17. 摆动时起重伤害
18. 整模时物体打击
19. 精整时砂轮爆炸
20. 熬油毒气污染
21. 砌钢包时物体打击
22. 砌钢包时坠落
23. 打结炉底时机具伤害
24. 砌炉盖时物体打击
25. 压砖机机具伤害
26. 吊具断裂
27. 天车吊钩限位器失效
28. 倒包粉尘污染
29. 结晶器漏水
30. 操作平台栏杆断裂或踏板松落
31. 萤石烘烤有毒气体污染
32. 化渣烟气外逸
33. 电极夹持铜瓦松动
34. 电渣炉内钢水大喷溅
35. 吊运合金物体打击
36. 烘烤炉灼烫
37. 吹氧管涂泥机具伤害
38. 吊钩窜顶
39. 天车吊钩及吊具坠落
40. 操作天车失误
41. 天车大(小)车碰撞

42. 天车钢丝绳断开
43. 天车制动器制动失效
44. 真空断路器失效
45. 隔离开关拉弧
46. 变压器起火爆炸
47. 换压机构拉弧起火
48. 变压器冷却系统失效
49. 蓄能机构失效
50. 高压电缆烧坏
51. 溢流阀失效
52. 电液换向阀不动作
53. 随动阀动作失效
54. 高压罐爆炸
55. 平衡罐压力不足
56. 液压泵供液失常

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

系统：电炉

(单位：冶金工业部长城钢厂四分厂)

子系统或设备部件	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故	危险程度	故障概率	检测方法	预防措施	备注
炉体	炉底烧穿	1. 垫补炉不及吋。 2. 废钢残渣未除净就垫铁砂，形成假层。 3. 吹氧操作插入过深，火焰集中一处。 4. 炉底打结不牢。 5. 使用含铝炉料。 6. 冶炼低碳钢和高合金钢时温度控制过高。 7. 炉子超期服役。 8. 耐火材料质量差。	造成生产，设备事故和人员伤害	死亡 0 重伤 0 轻伤 0	三级	.000495	炉底深时吊物测量	1. 在炉内钢水激烈沸腾处加入废铁或插入铝块。 2. 炉底生坑后，要除净废钢残渣，及时垫补。 3. 吹氧，加矿要分散均匀。 4. 装料时，料斗尽量靠炉底。	
炉体	炉内渣线处和炉坡烧穿	1. 吹氧不当，火焰靠近炉坡。 2. 冶炼时间过长。 3. 出钢时炉渣过稠。	同上	死亡 0 重伤 0 轻伤 0	二级	.00171	常规	1. 对薄弱环，重点补炉。 2. 氧气管路密封，防止吹坏炉底。 3. 吹氧加矿要分散均匀。	

故障模式、影响和危险程度分析(FMECA)

(4)

系统：电炉炉

(单位：冶金工业部长城钢厂四分厂)

子系统或设备部件	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故			危险程度	故障频率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤					
出钢坑、渣盆	渗水与积水	7.废钢中有密闭容器或炸 弹等爆炸物。 8.二次进料矿料潮湿。									
		1.因下雨积水。		0	0	2	0	0.00548	常规	1.注意检查坑内情况。 2.出钢前烘烤。 3.如坑内已积水必须清除 才能出钢。	
		2.地下渗水。 3.打水压渣。									
料罐	挂料	1.料罐固裙毛刺过多。 2.料罐活顶发毛。 3.轻料。 4.料未落净。	坠落伤人	0	0	0	0	0.001	常规	1.加料完后, 注意观察有 无挂料。 2.避免料罐从人头上方通 过。 3.常检查清理固裙活顶。	
电极	折断	1.三相电极接错相。 2.电极接头上下氧化变细	对生产和设备影 响危及人员安全。	0	0	0	0	0.1	常规	1.吹氧时注意烤料情况。 2.电极支架要垂直。	

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

5

系统：电炉

(单位：冶金工业部长炼钢厂四分厂)

子系统或设备部件	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故				危险程度	故障频率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤	险肇					
吹氧管	回火	3. 接头处拧得不紧。									3. 防止低温加矿。	
		4. 电极接头螺丝受潮。									4. 出炉摇炉要平稳。	
		5. 炉料导电不良或大料在上，导致烤料。									5. 经常检查电极情况。	
吹氧管		1. 用吹氧管捅料	造成人身伤害	0	0	4	0	三级	.0000507	常规	1. 经常检查吹氧管定期除管内杂物。	1. 经常检查吹氧管定期除管内杂物。
		2. 通道不良。									2. 严禁使用带油手套。	
		3. 管内有氧化铁皮。									3. 严禁用手握在氧管接缝处。	3. 严禁用手握在氧管接缝处。
											4. 不能使氧管贴近炉料。	4. 不能使氧管贴近炉料。
吹氧管	吹氧管剧烈摆动	1. 氧气压过大。	同上	0	0	0	0	二级	.001		1. 开氧时压力不能过高。	1. 开氧时压力不能过高。
		2. 接头捆绑不牢。									2. 接头捆绑牢。	2. 接头捆绑牢。
炉水	大沸腾喷溅	1. 吹氧过猛。	造成人身伤害	0	0	7	0	四级	.00127	常规	1. 溜炉时除渣炉底成槽残道。	1. 溜炉时除渣炉底成槽残道。
		2. 氧化期低温加矿。									2. 控制冶炼温度。	2. 控制冶炼温度。

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

⑥

系统：电弧炉

(单位：冶金工业部长炼钢厂四分厂)

子系统或设备部件	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故			危险程度	故障频率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤					
		3. 炉底有残渣，形成假层								3. 常检查水冷系统。	
		4. 二次进料时有湿料，密闭容器和炸弹。								4. 严禁还原期加矿过猛。	
		5. 塌料。								5. 勤观察炉内情况。	
		6. 冶炼温度过高。								6. 提高炉底砌筑质量。	
		7. 炉顶塌陷。								7. 严禁二次加料时有密闭容器炸弹和湿料。	
		8. 水冷系统漏水。								8. 避免正对炉门操作。	
										9. 严格要求石灰质量，要烧透。	

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

系统名称：铸锭工段

(单位：冶金工业部长炼钢厂分厂)

子系统或设备零件	故障模式	故障因素	故障影响	过去			危险程度	故障频率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤					
钢包	漏钢	1. 误使用氧气引流。	造成生产设备事故 和人身伤害	0	0	0	二级	0.001		1. 注意检查修补。	
		2. 钢包砌筑砖缝过大。								2. 砌筑时砖缝要小。	
		3. 工作层薄，修补不及时								3. 仔细检查钢包内衬的磨损情况。	
		4. 渗入砖缝中的残钢未凝固。								4. 严格区分氧、氮、氮气瓶。	
滑动水口	漏钢	5. 透气塞质量差。	(同上)	0	0	0	二级	0.001		1. 合理选择水口砖的材质。	
		6. 注口砖质量差。								2. 仔细检查滑板间的缝隙。	
		1. 滑板缝隙数大。								3. 水口与座砖缝必须密实，塞紧实。	
底板	漏钢	2. 水口与座砖间垫料不密实，不干燥。	同上	0	0	0	二级	0.001		1. 平整及修磨平，该就要小。	
		1. 砌筑汤道砖接缝不严。								2. 砂子要充填结实。	
		2. 底板砖槽与汤道尾砖间隙过大。									

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

③

系统：铸锭工段

(单位：冶金工业部长城钢厂四分厂)

子系统或设备部件	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故			危险程度	故障频率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤					
中注管	漏钢	3. 砌砖不密实，填砂不紧	造成生产设备事故和人身伤害				二级	.001	常规	3. 砌砖好后要仔细检查	
		4. 压模时过重，压坏汤道砖								4. 压模时小心碰坏汤道砖	
		5. 汤道砖与模底和中注口底部有缝隙								5. 压模时必须检查汤道砖底部是否有缝隙	
		6. 汤道砖结构有缺陷，潮湿								6. 潮湿时是否管合格	
		7. 汤道砖与底板面相差大于 1mm								7. 汤道砖与底板面相差大于 1mm	
		1. 中注管与外套间空隙塞不紧		0	0	0				1. 中注管与外套间空隙塞不紧	
		2. 注口砖倾斜与外套相靠								2. 注口砖倾斜与外套相靠	
保温帽	漏钢	3. 注口砖与底盆中心砖接触不严	(同上)				二级	.001	常规	3. 砌好后要仔细检查	1. 保温帽与外套间的空隙要塞紧 2. 注口砖与底盆中心砖要对中并接触严密 3. 砌好后要仔细检查
		1. 使用期过长，保温帽外壳变形		0	0	0				1. 装配时，保温帽用石棉或草绳塞紧接触面缝隙	
		2. 保温帽与模壁上口接触面凹凸不平		0	0	0				2. 保温帽与模壁上口接触面要严密	
保温帽	漏钢	3. 保温帽衬砖与外套间空隙未填实或砖缝过大								3. 发现保温帽外壳变形要及时处理	

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

系统名称：铸锭工段

(单位：冶金工业部长炼钢厂四分厂)

子系统或设备名称	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故			危险程度	故障频率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤					
系统	起重伤害	1. 起吊信号不明，联络失误。 2. 天车司机操作失误。 3. 吊件摆动碰撞。 4. 吊具有缺陷。	人身伤害	0	2	6	三级	.000218	常规	1. 起吊信号要明确。 2. 使用前要仔细检查吊具。 3. 操作要实行标准化作业。	
	物体打击	1. 用落锤打击翻锭时钢屑飞溅伤人。 2. 翻锭堆码不稳，液动伤人。	(同上)	0	1	1	三级	.000045	常规	1. 使用落锤打击翻锭时要选择适当地点防止翻锭。 2. 翻锭必须码放稳，堆放层数不能过多。	
	砂轮炸裂	1. 砂轮质量差。 2. 砂轮潮湿。 3. 操作时用力过猛。	(同上)	0	0	3	三级	.000342	常规	1. 使用前要仔细检查砂轮有无裂纹或潮湿。 2. 操作时用力要适当。	
	精整										

故障模式、影响和危险程度分析 (FMECA)

系统：炉衬工段

(单位：冶金工业部长城钢厂四分厂)

子系统或设备部件	故障模式	故障因素	故障影响	过去事故			危险程度	故障概率	检测方法	预防措施	备注
				死亡	重伤	轻伤					
蒸汽	毒气污染	1.无通风排毒设施。	中毒,灼烫	0	0	3	二级	.0000381	大气监测	1.设置通风排毒设施。	
		2.炉体位置设置不当。								2.选择合理位置,外正。	
砌钢包	物体打击	1.作业场所狭小。	人身伤害	0	0	1	二级	.0000127	常规	1.传递砖块要稳妥。	
		2.在钢包边缘堆砖。								2.钢包边缘不准堆放砖。	
		3.传递砖块乱抛乱丢。								3.包内堆砖不得超过高。	
		4.操作失误,使用工具不当。								4.包内工人不准向包外乱丢砖和工具。	
砌钢包	坠落	1.手脚板搭接不平稳。	(同上)	0	0	0	二级	.001	常规	1.上下钢包使用踏板或防溜扶梯,人保持平衡。	
		2.扶梯不稳。								2.扶梯要放稳。	
打结炉底	机具伤害	1.作业拥挤,锤头相互碰撞。	(同上)	0	0	3	二级	.0000318	常规	1.使用风锤要双手握牢,防止锤头相互碰撞。	
		2.风管脱落。								2.风管接头必须随打随上紧。	
		3.错开风锤。								3.风锤开风要对号。	