

长城钢厂四分厂 炼钢车间系统安全分析

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

前 言

=====

电炉炼钢车间是长城钢厂四分厂的主体生产车间，搞好炼钢车间的系统安全分析工作，不仅能为消除和控制该车间的事故隐患，防止事故发生提供可靠的科学依据，而且对提高全厂的安全管理水平，推动安全管理工作的改革具有重要的作用和积极的意义。

系统安全分析是安全系统工程的核心，其目的是通过定性或定量的系统分析，找出影响系统安全状态的基本危险因素；确定系统内潜在危险源的危险程度；为系统安全评价和控制提供反映系统客观实际的科学依据。

为了保证长钢四分厂炼钢车间系统安全分析的科学性和可靠性，达到全面准确地揭示系统内潜在危险因素的目的。同时，希望通过对长钢四分厂炼钢车间的系统安全分析，能够摸索出适合冶金企业实际应用的系统安全分析方法。我们针对该车间安全管理等方面的实际现状和国内电炉炼钢厂的普遍情况，进行了反复认真的研究，确定采用以数理统计分析，故障树分析(FTA)，事件树分析(ETA)，故障类型、影响和危险程度分析(FMECA)，管理失误和风险树分析(MORT)等方法为主要手段的综合分析方案，进行炼钢车间系统安全分析。

炼钢车间系统安全分析主要包括五个方面的内容：(1) 生产管理系统分析，即对车间的生产，工艺现状，设备的安全性、可靠性，环境条件，安全管理体制和方法，职工生理素质和技术水平进行综合调查和剖析。(2) 事故统计分析。在全面收集和统计整理设备故障和人身伤害事故资料的基础上，计算确定设备故障概率和统计分析人身伤害事故的发生变化趋势和动态分布规律(时间、空间、原因、类别等分布情况)。由于设备故障和人身伤害事故均为随机事件，设备故障和人身伤害事故的定量分析，均以统计概率来表示。(3) 主要危险源分析。主要采取 FMECA 分析方法对系统中潜在危险源的类别、分布、故障模式、组成因素、影响范围、危险程度及发生可能进行数理逻辑分析和统计分析。对重要的设备或典型的事故，则分别采用故障树(FTA)，事件树(ETA)及管理

失误和风险树(MORT)进行更深入详尽的定性或定量分析。(4)安全状态分析。在全面了解炼钢车间安全系统的结构,组成因素和潜在危险的基础上,用工程逻辑的方法分析潜在危险因素与系统组成因素和外部条件的因果关系;分析潜在危险因素对系统安全状态的影响;评价安全系统的运行状况。(5)综合分析评价。根据生产管理系统分析,事故统计分析,主要危险源分析和安全状态分析的结果,从人、物资、环境和管理四个方面对系统的安全状况进行综合分析评价,确定系统的危险性,提出消除和控制潜在危险,改善系统安全状况的措施和方法。

实践表明,我们的这种做法适合该车间的实际情况,系统安全分析的效果具有普遍应用意义。当然,我们的工作并非尽善尽美,有不少方面还不完善,尤其是分析结果的量化问题,还有待于进一步实践和探索。需要指出的是,系统安全分析的结果,只是全面揭示了系统的安全状态,为控制和消除潜在危险,提供了客观的依据。但系统安全分析的本身并不能直接消灭事故。如果不根据分析结果,采取切实可行的措施来消除和控制潜在危险,系统安全状态仍将得不到改善,事故仍然会时有发生。

长城钢厂四分厂炼钢车间系统安全分析工作,自一九八六年十一月开始,至一九八七年六月结束,共历时约八个月。在此期间,长钢四分厂安全科,炼钢车间及下属各工段班组等有关单位,积极配合,作了大量的实际工作。冶金部安环司,长钢总厂的领导给予了多方面的支持和鼓励,谨向以上各单位及参加工作的同志表示衷心的感谢。

长钢四分厂参加系统安全分析工作的主要人员有:董志刚,黄志鹏,徐德贞,方礼昌,方正祺,严春波,崔帮云,刘英,余腾蛟等同志。

目 录

=====

前言

第一部分 车间现状分析-----	(1)
一、概况-----	(1)
1.生产工艺情况-----	(1)
2.安全管理机构和职工文化素质-----	(1)
二、车间安全状况-----	(4)
1.安全管理现状-----	(4)
2.工伤事故统计分析-----	(5)
第二部分 系统安全分析-----	(13)
一、原料、铸锭和炉衬系统-----	(14)
1.原料系统-----	(14)
2.铸锭系统-----	(15)
3.炉衬系统-----	(17)
二、电炉系统-----	(19)
1.概况-----	(19)
2.设备工艺现状-----	(19)
3.工伤事故统计分析-----	(21)
4.系统安全分析-----	(23)
三、天车系统-----	(25)
1.概况-----	(25)
2.安全分析-----	(26)
3.典型事故的故障树分析-----	(28)

四. 电炉配电系统-----	(31)
1. 概况-----	(31)
2. 过电流超过允许时间故障树分析-----	(33)
3. 设备系统故障树分析-----	(37)
4. 蓄能机构失效故障树分析-----	(39)
5. 冷却系统失效故障树分析-----	(41)
6. 调压机构着火故障树分析-----	(43)
7. 综述-----	(45)
五. 液压系统-----	(49)
六. 电渣炉系统-----	(51)
1. 概况-----	(51)
2. 电渣炉大喷溅故障树分析-----	(53)
七. 炼钢车间管理失误和风险树分析-----	(55)

第一部份 车间现状分析

一. 概 况

1. 生产工艺情况

长城钢厂四分厂炼钢车间是以生产电炉钢为主的电炉炼钢车间，现有20吨电弧炉四座，5吨电弧炉一座。车间设计年产电炉钢15万吨。车间还有两座2.5吨的电渣炉，设计年产钢锭为2500吨，以及目前尚未投产的RH和VOD真空处理系统。炼钢车间动工修建于一九六九年，到一九七二年四月，一号20吨电弧炉建成投产，冶炼出第一炉钢水，其它几座电弧炉在以后几年中也相继建成投产。

炼钢车间电弧炉采用高架横向异跨浇铸的布置形式，采用坑铸，手工整模，以冷送为主，每炉可浇钢锭10~12支。目前20吨电弧炉的每次实际装入量为33~36吨，5吨电弧炉一次实际装入量为10~12吨，近几年炼钢车间的实际产量已超过设计能力，车间历年钢产量见表一。炼钢车间主要生产工艺流程见图一。

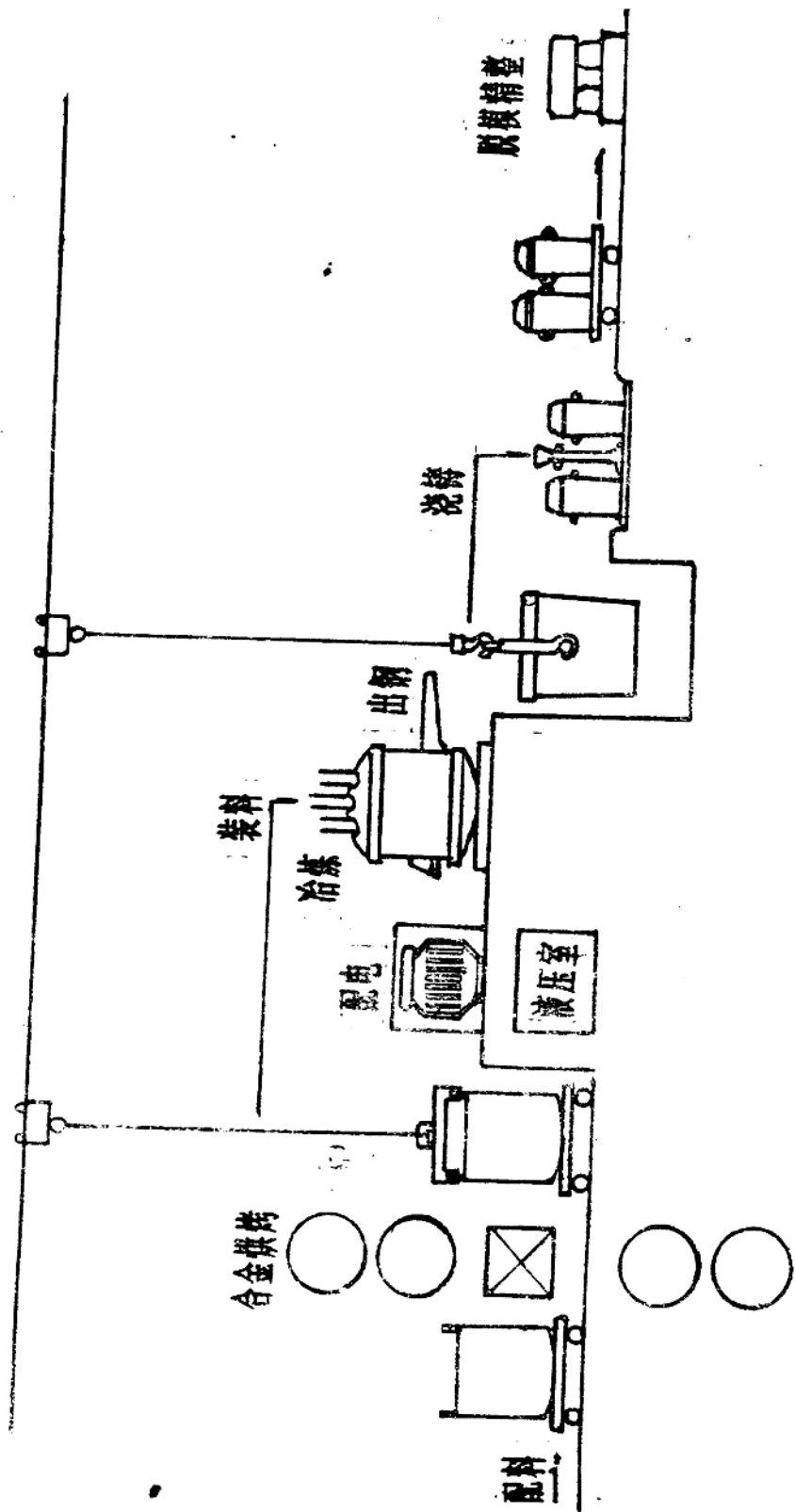
炼钢车间历年钢产量(单位：吨)

表一

年	72年	73年	74年	75年	76年	77年	78年	79年
产量	12718	28718	34107	34107	52082	95727	142212	156945
年	80年	81年	82年	83年	84年	85年	86年	
产量	154417	133389	180349	184089	184300	200326	210697	

2. 安全管理机构和职工文化素质

炼钢车间现有职工约900人。车间一级的职能组有设备组，计调组，核算组，技术组，行政组和安全保卫组。生产工段有材料工段，电炉工段，铸锭工段，机电工段，天车工段，炉衬工段，电渣工段和分析工段。各工段下分若干个生产班组。全车间职工的



(图一) 炼钢车间工艺流程

文化水平结构见表二。

职工文化水平结构					表二
文化程度	小学以下	初 中	高中技校	中 专	大 学
百分比	39.0%	42.6%	14.6%	1.4%	2.6%

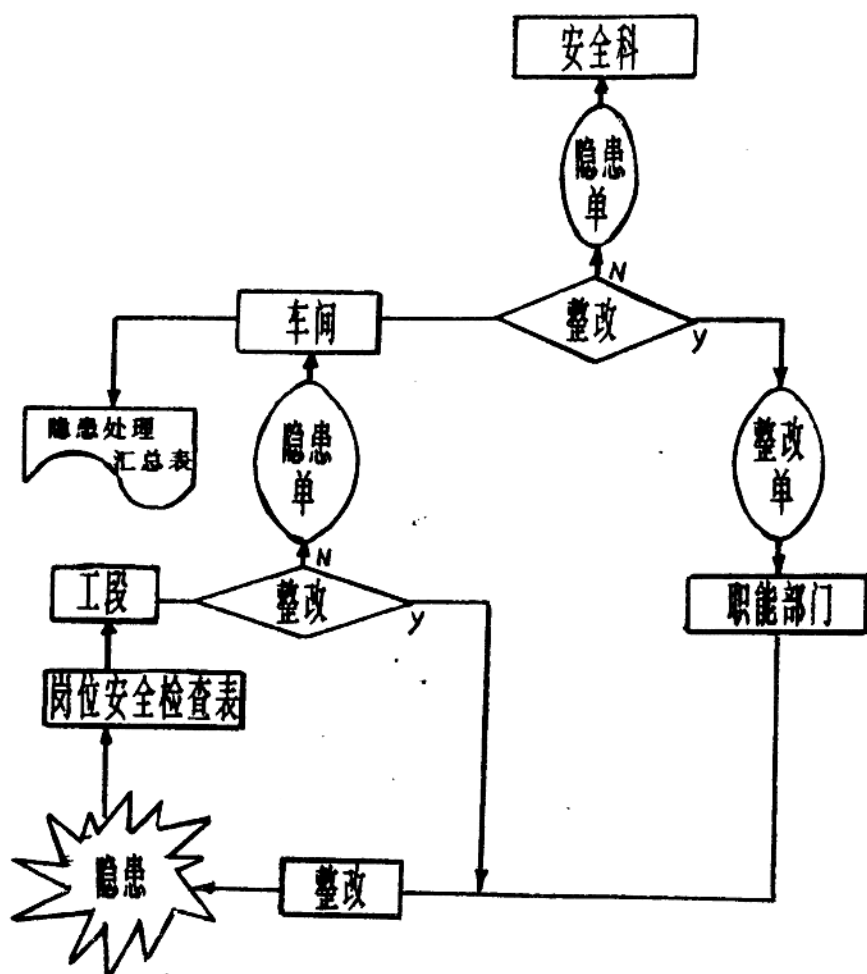
车间安全管理的最高权力机构是安全领导小组，主要负责组织重大的安全活动，协调安全与生产的关系。安全领导小组由车间主任，各工段长和车间安全员组成。车间的安全保卫组由三位专职人员组成，负责日常的安全检查，事故分析，安全教育，以及治安保卫工作。各工段和班组的安全员由工段长和班组长兼任，并负责工段和班组的安全活动。

二. 车间安全状况

1. 安全管理现状

炼钢车间所有安全活动由安全领导小组负责安排和检查,安全保卫组负责监督执行。车间日常的安全活动大体包括:安全领导小组每月召开一次会议,由各部门汇报安全工作情况,落实事故隐患处理措施,月末组织对各工段安全状况的检查评比活动,评出当月安全红旗单位;在每天早上的班前调度会上布置当日的安全生产活动,每周星期六是班组安全活动日,各班组要利用一个小时学习安全法规文件和分析讨论事故案例,等等。

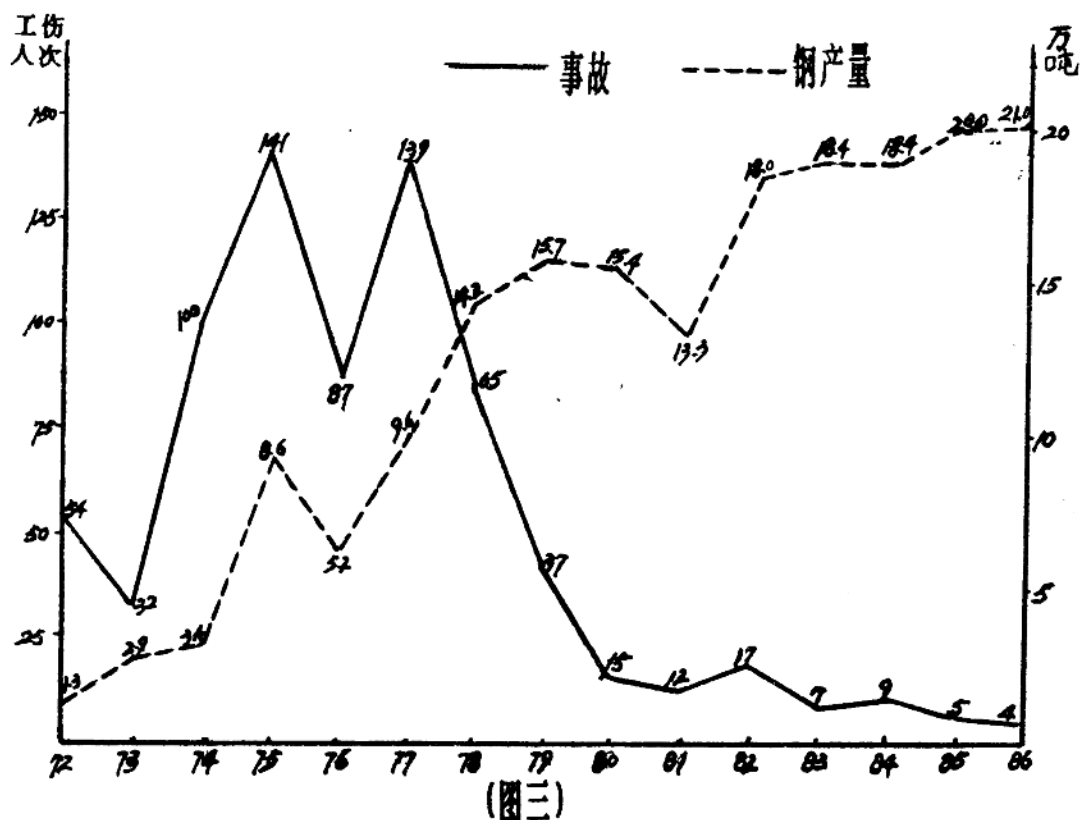
炼钢车间在一九八五年就全面推广应用了供各部门使用的各类安全检查表。检查表的种类包括:车间对工段安全检查表,工段对班组安全检查表,各生产岗位安全检查表,以及通用工种安全检查表和检修用安全检查表。安全检查表的具体实施办法是:生产岗位的安全检查表由班组长负责每天检查,执行。周末将检查表上交工段。车间每月要检查一次安全检查表的使用情况。在隐患整改方面,长钢四厂制定了“三定五不推”原则(三定:定人员,定措施,定期限;五不推:即班组不向工段推,工段不向车间推,车间不向分厂推,分厂不向总厂推,总厂不向部里推)。在安全检查中,班组发现隐患后,若自己能解决就自行解决;班组解决不了,则上报工段,工段不能解决,则填写隐患信息反馈表上报到车间安全组,安全组根据隐患内容进行决策,向相应部门发出隐患整改通知单,限期整改。在车间范围内不能解决的隐患,由车间反映到分厂安全科。另外,车间安全组要将每月的隐患处理情况填入隐患处理汇总表内,存档备案。安全检查表的使用,使炼钢车间安全管理工作由传统管理跨入了现代化科学管理的行列,对炼钢车间近年来工伤事故的下降起了重要作用。炼钢车间隐患信息反馈,整改系统见图二。



(图二)

2. 工伤事故统计分析

炼钢车间从投产到一九八六年，共发生各类工伤事故 725 人次，一九七八年以前，事故发展趋势是随着产量的增加，伤亡人数呈上升趋势，在一九七五年以后，随着钢产量的增加，伤亡人数有明显的下降趋势。图三是炼钢车间历年伤亡人数随钢产量变化的趋势图。

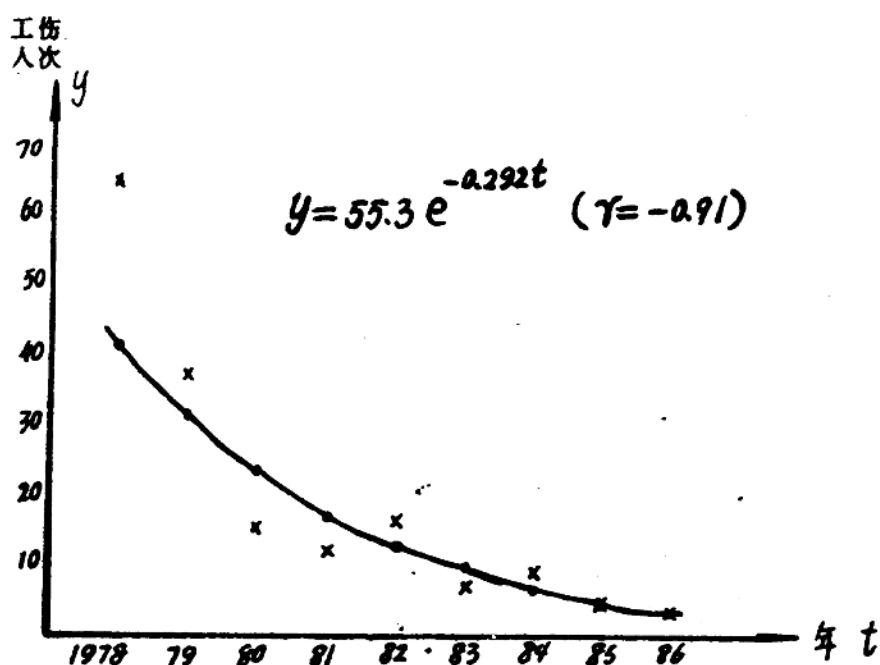


(图三)

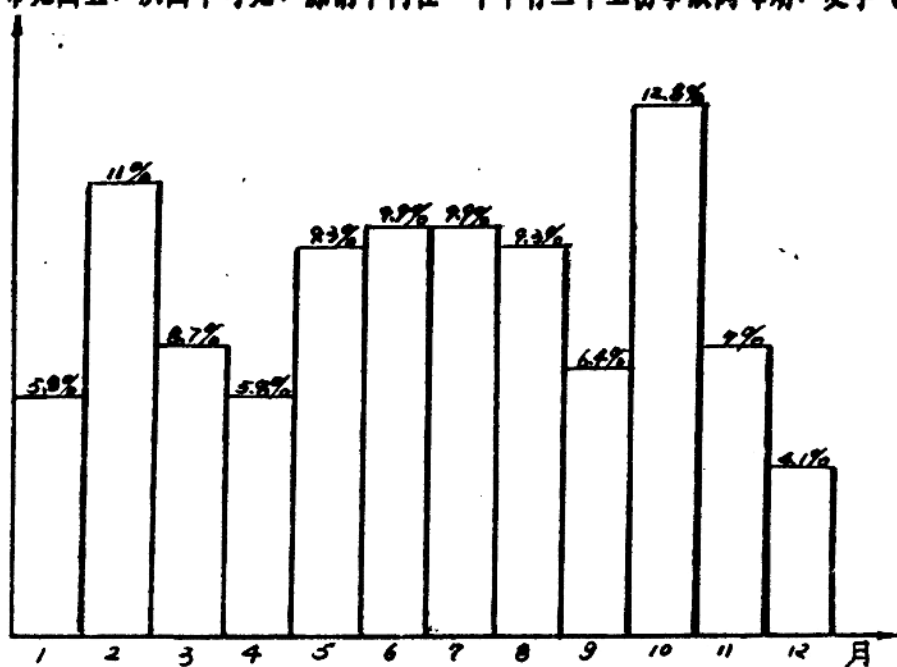
从图三中可看出，一九七八年以前由于受局势不稳定的影响，车间管理混乱，生产不正常，整个车间的安全状况和生产形势波动较大；一九七八年以后，生产逐步稳定，钢产量稳步提高，工伤人数逐年下降。对一九七八年到一九八六年九年间的工伤人数下降趋势运用指数回归，得到回归方程为：

$$Y = 55.3e^{-0.292t}$$

相关系数为： $r = -0.91$

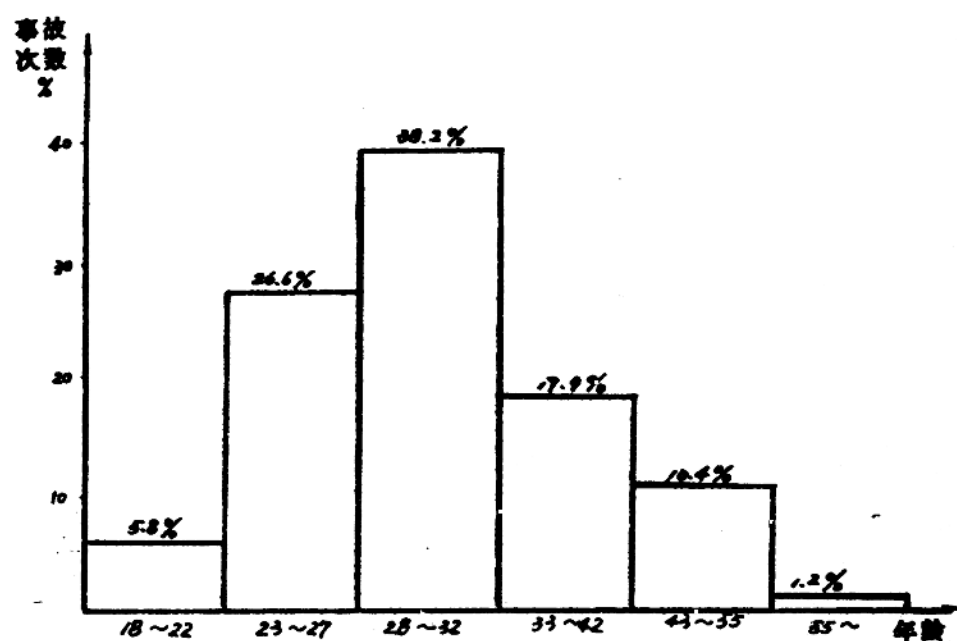


根据对一九七八年到一九八六年九年间的工伤事故的统计，在一年中工伤事故按月份的分布见图五。从图中可见：炼钢车间在一年中有三个工伤事故高峰期，夏季气候闷



(图五)

热，容易引起工人身心疲劳，造成工伤；二，三月份社会活动较多，家庭环境影响因素较大，人的心理有较大波动，因而易出现事故；十月份事故多与炼钢车间的生产情况有关，每年十月份以后车间用电要受到限制，因此，在十月份赶任务，抓产量的情况较多，工作繁忙，使得在安全生产方面抓得不够紧，因而事故较多。冬季由于限电的原因，车间生产不紧张，所以事故发生较少。



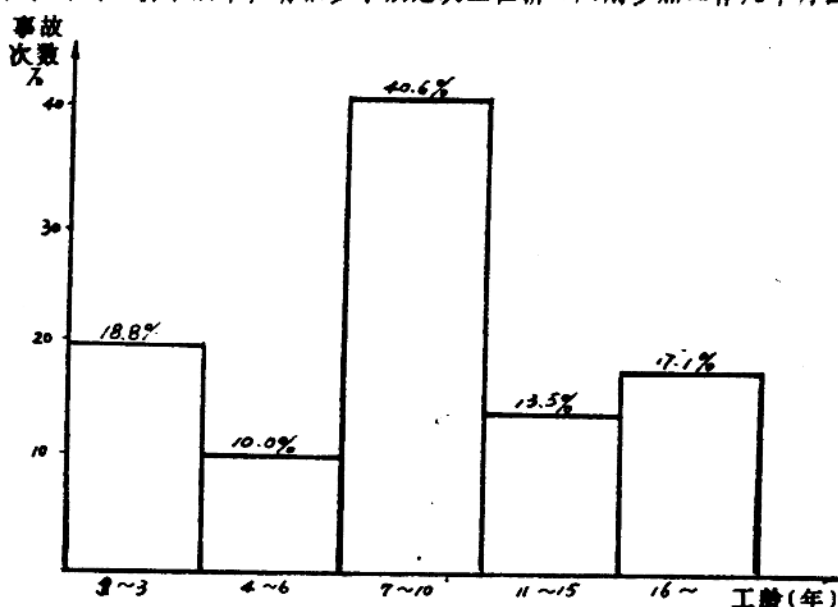
(图六)

图六是车间工伤事故按职工年龄分布图。在28~32岁之间工伤比例较大，是由于炼钢车间在这个年龄范围内的职工人数占人数的30%左右，而18~22岁之间的职工人数只占5%。

从总的趋势看，工伤比例随年龄的增加而逐渐下降。图七是工伤按工人工龄的比例分布

图。7~8年工龄的工人，年龄一般都在26~30岁之间，而车间在这个年龄范围内的工人占绝大多数，所以工伤比例偏高，工龄在0~3年的工伤比例高，是由于新工人和不熟练工人的业务水平低，技术不熟练，不熟悉环境，缺乏现场作业经验等原因，所以易发生工

伤。在统计的工伤事故中，有很多事故是发生在新工人刚参加工作几个月甚至几天，例



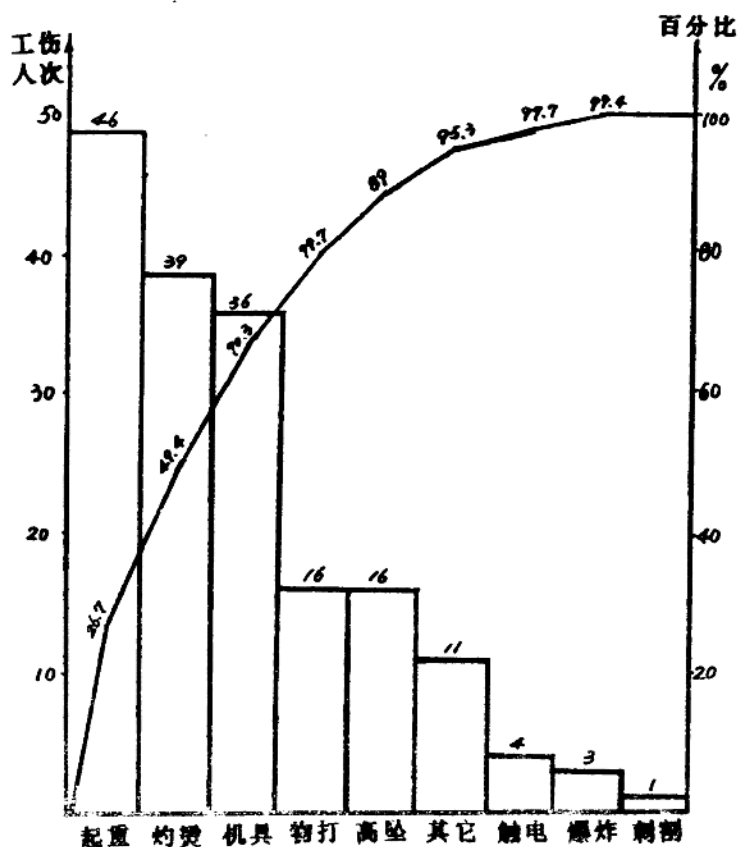
(图七)

如：铸锭工段的一名铸锭工，在参加工作的第一天，取天车链条时，由于无工作经验，链条晃动而造成工伤。由此可见，提高职工操作水平，推广标准化作业和加强新工人的技术培训，将有利于降低由于经验不足而造成的工伤事故。这里所提的安全技术培训，除应包括通常的安全教育外，侧重点应是训练工人熟练掌握设备和工艺的安全性能，培养工人正确的工艺操作和设备使用技能，这样才能有效地提高工人的安全技术水平。

九年间的 172 人(次)工伤事故中，天车作业造成的事故最多，有 46 人(次)，占总数的 26.7%，其次是灼烫事故，占 22.7%，物体打击为 20.9%，机具伤害为 9.3%，图八是炼钢车间事故类别的主次图。

天车是炼钢生产中主要的运输，起重，装卸工具，遍布车间的所有生产岗位，使用最频繁，而天车作业需要上下联络，配合和正确的操作方法，稍有不慎就会造成失误，所以，因天车作业造成的工伤事故最为频繁。炼钢生产接触的是高温金属液体，而且生产中要使用氧气和天然气等，因而，造成的灼烫事故也较多。炼钢车间的灼烫事故有 62% 是发生在电炉炉前。本文将在后面对起重伤害和炉前灼烫事故作深入的系统分析。

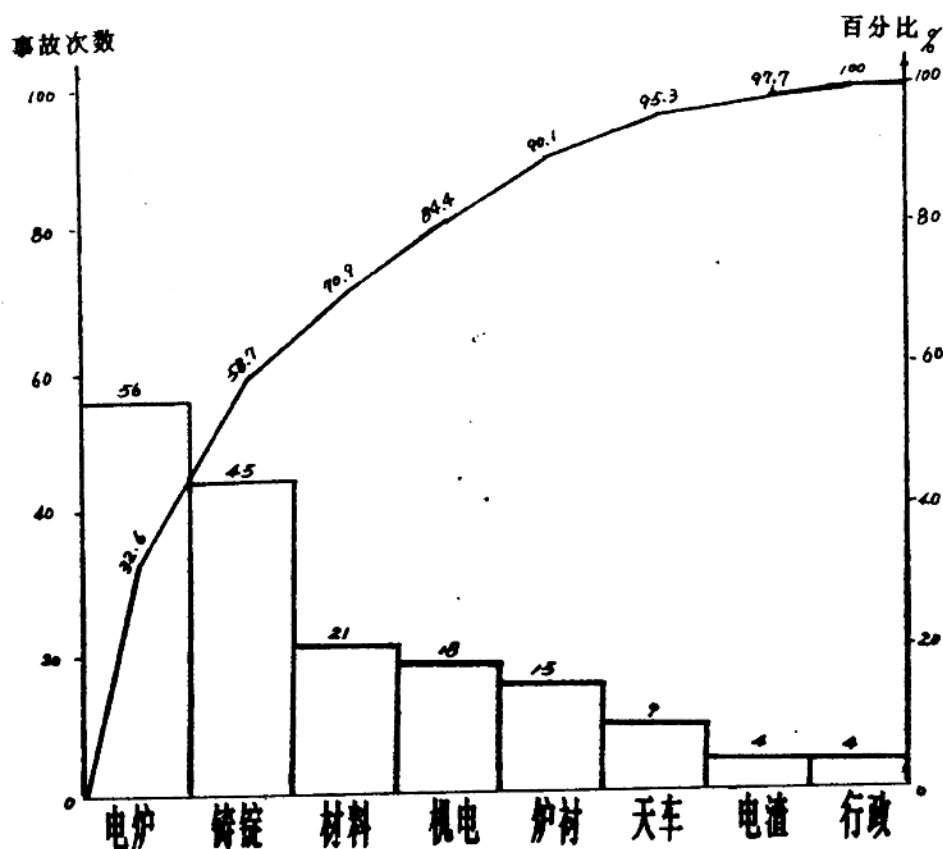
炼钢车间的电炉工段和铸锭工段是全车间生产最繁忙的两个工段，而且劳动强度大



(图八)

，作业环境恶劣，因而，这两个工段发生的工伤事故最多。一九七八年到一九八六年的172人(次)工伤事故中，电炉工段占的比例最大，为32.6%，其次是铸锭工段为26.2%。图九是炼钢车间各工段工伤事故的主次图。

炼钢车间自投产以来共发生死亡重伤事故21人(次)，按事故类别的分布见表3，结合图八可看出：起重伤害和灼烫事故在炼钢车间发生的频率最高，而且危害程度最大，故这两类事故应列为炼钢车间安全目标管理的重点控制对象。



(图九)

表三

事故类别	起重伤害	灼 烫	物体打击	机具伤害	触 电
人(次)	6	6	4	2	2
百分比	28.6%	28.6%	19.0%	9.5%	9.5%

炼钢车间自投产以来的15年间，因工伤死亡6人，^年平均死亡率为0.4。由于死亡事故发生的概率很小，故死亡人数发生概率P近似服从泊松分布，即：

$$P(K) = \frac{\lambda^K}{K!} e^{-\lambda}$$

其中：K—死亡人数

λ —数学期望值

P(K)—死亡 K 人的概率

在这里近似取 $\lambda=0.4$ ，得到炼钢车间死亡人数的泊松分布如表四。

表四

K	0	1	2	3	4	
P(K)	0.670	0.268	0.054	0.007	0.001	