

电炉生产系统 工伤事故控制技术的研究

冶金部安全环保研究院
冶金部长城钢厂四分厂
一九八八年八月

目 录

一、前 言	1
二、长钢四分厂概况	2
三、电炉生产系统工伤事故控制研究	4
(一) 电炉生产系统危险源辨识	4
1、调研、收集系统情况,分析整理事故资料	4
2、开展危险预知活动,进行危险源辨识	4
3、应用FMECA法分析危险源	4
4、危险源计算机管理系统	5
(二) 电炉生产系统安全分析	5
1、生产管理系统安全分析	5
2、工伤事故统计分析	5
3、主要危险源系统安全分析	5
4、系统安全分析	6
5、综合安全分析与评价	6
(三) 电炉生产系统事故隐患控制	6
1、标准安全检查表研制与应用	6
2、隐患整改及信息反馈系统的建立	6
3、安全检查表及隐患整改信息计算机管理系统	7
(四) 电子计算机在安全管理中的应用	11
1、故障树计算机分析和信息管理系统	11
2、劳动保护用品信息管理系统	11
3、设备安全状况信息管理系统	11
4、安全文件管理系统	11

5、工伤事故统计分析与信息管理系统.....	1 2
6、环境保护监测信息管理系统.....	1 2
四、事故控制技术实施情况及其效果.....	1 2
五、结束语.....	1 4

一、前 言

随着改革和经济建设的不断发展，对钢材品种、数量的需求量日益增加。然而，目前许多冶金企业工艺装备水平较为落后，安全技术措施、手段不够完善，职工素质和企业的安全管理水平也不很高，随着生产规模的不断扩大，安全问题日益突出，重大恶性事故不断发生。

1979年7月大连钢厂三号电炉发生钢水沸腾，炉盖崩塌事故，致使4人死亡，2人重伤，3人轻伤。1984年5月江西钢厂因钢渣滑坡，造成11人死亡，17人重伤和4人轻伤的重大恶性事故。

1985年10月天津钢厂二炼钢厂进行大修改造工程时，因安装、操作、管理等诸多原因导致了氧气管道燃烧事故，致使7人死亡，1人轻伤。1986年11月重庆钢铁公司六厂，发生转炉爆炸事故，死亡6人，重伤3人，轻伤6人。上述重大恶性事故，不仅造成了严重的经济损失和恶劣的社会影响，也阻碍了冶金生产的发展。因此，必须采用科学的方法来搞好安全生产工作。

安全系统工程是应用系统论、控制论、信息论的原理和方法，研究解决生产中安全问题的一门应用软科学。主要包括以下四个方面的内容：1)系统危险辨识；2)系统安全分析和评价；3)系统安全控制；4)安全信息系统和数据库。它能系统地分析潜在危险和事故原因，评价生产系统的安全状态及事故发生的可能性。从而制定有效的技术措施和管理方法，以控制事故的发生。

从一九八二年开始，在冶金系统推广应用安全系统工程的原理和方法，一九八四年曾在上钢五厂首次将安全系统工程用于生产实际，收到良好效果，对降低工伤事故和提高安全管理水平，起到了积极作用。

为了扩大安全系统工程的应用范围，深化安全系统工程的应用研究，开发安全管理计算机应用软件，根据冶金部安全环保司的指示，冶金部安全环保研究院与长城钢厂四分厂共同组成了科研课题组，开展“电炉生产系统工伤事故控制技术的研究”。

二、长钢四分厂概况

长城钢厂四分厂电炉车间投产于一九七二年。现有职工约九百人。原设计年产电炉钢15万吨，目前已达20多万吨。现有20吨电弧炉四座，5吨电弧炉二座，2.5吨的电渣炉两座，此外还有正待投产的RH和VOD真空处理系统。

长钢四分厂是在“文革”中，“边设计，边施工、边投产”的三边方针指导下建成的，由于许多安全设施被砍掉，加上工程质量很差，因而遗留大量事故隐患。电炉车间从投产的一九七二年到一九八六年间工伤死亡6人，年均死亡率高达0.4。图1为历年工伤人数与钢产量的趋势图。近十年来，电炉车间经过一系列设备更新和技术改造，逐步加强了生产设备系统的安全防护措施，各类事故都有所下降。但由于电炉冶炼生产具有高温、高电能和复杂的机械液压系统等工艺、设备组成的特点，加之过去遗留的隐患太多，一些重大设备事故和人身伤亡事故仍不断发生。1977年，电炉车间4号炉和2号炉先后发生两起变压器爆炸事故，致使2人死亡，7人重伤、2人轻伤，直接经济损失近百万元。1978年，3号炉液压系统的一个换向阀泄漏，致使电极升降和炉盖系统翻倒，造成的事故直接经济损失6.3万元。1979年，3号炉发生变压器起火爆炸重大设备事故，造成直接经济损失达21万元。

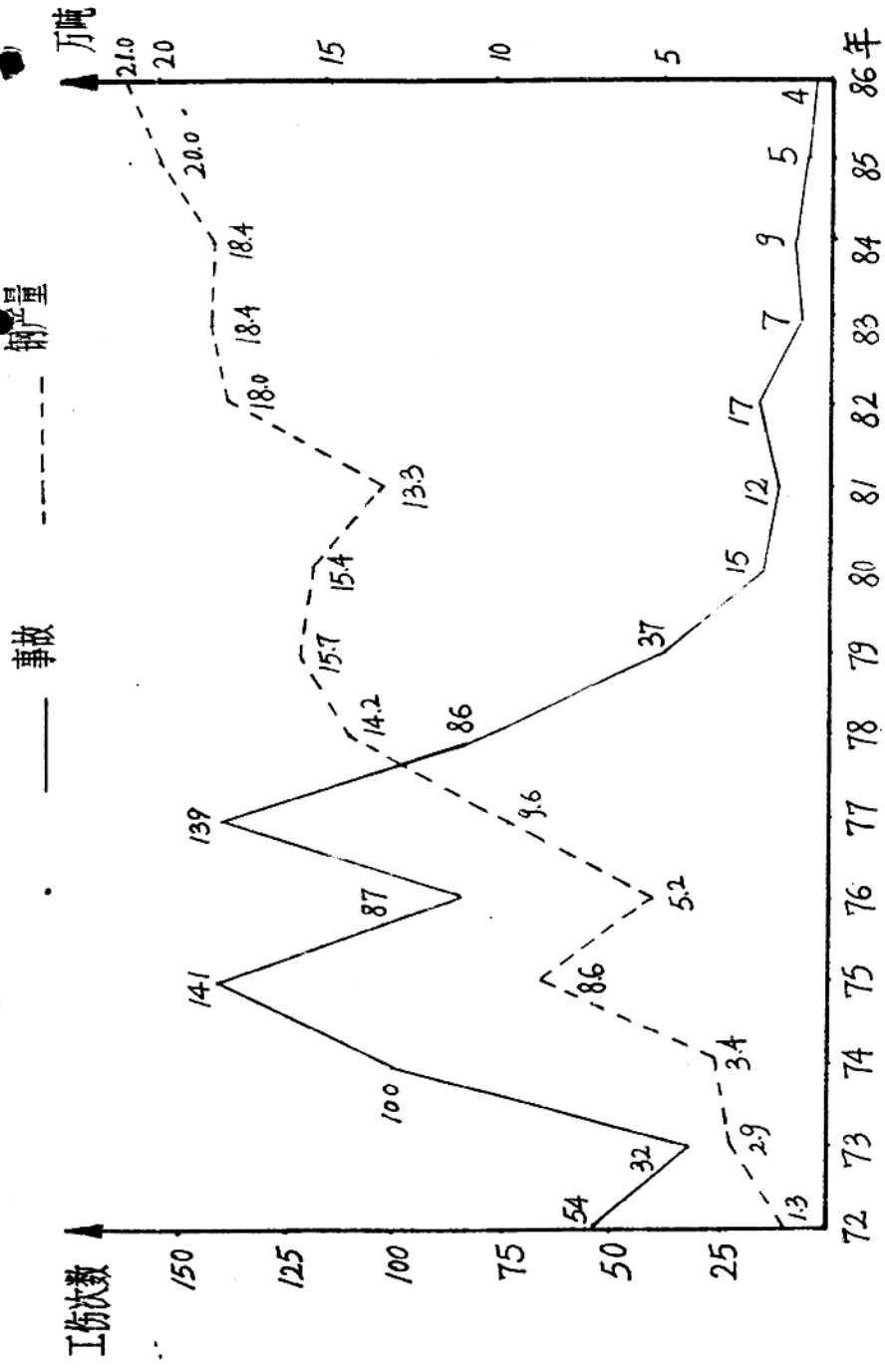


图1

三、电炉生产系统工伤事故控制研究

针对长钢四分厂电炉生产系统的设备、工艺、操作、管理以及事故的特点，对其事故控制的措施和方法，进行了以下几个方面以实际应用型的研究。

(一) 电炉冶炼系统危险源辨识

危险源辨识，是利用科学方法对生产系统中危险源的性质、构成要素、危险程度和后果影响等进行系统分析研究，在定性或定量判断的基础上，提出具体的预防措施。它是进行危险评价、事故预测和隐患控制的基础。具体内容如下。

1、调查、收集系统情况，分析整理事故资料。

首先对电炉冶炼系统的设备、工艺、生产组织、安全管理和人员素质等情况进行调查，收集整理伤亡事故和设备故障等资料，并对投产以来的事故数据进行了数理统计分析。

2、开展危险预知活动，进行危险源辨识

在调查分析的基础上，通过班组开展查找岗位危险点和危险因素的活动，分析危险源的构成因素和应采取的安全措施，再组织有经验的工人、技术人员和安全管理干部从设备、工艺、环境因素、操作行为、管理状态等方面进行了危险源的辨识。

3、应用 F M E C A 方法分析危险源

经过对危险源的辨识，即可掌握主要危险源的情况。在此基础上，应用故障模式、影响和危险程度分析方法 (F M E C A)，对危险源进行故障模式、影响和构成因素分析。通过对生产设备事故和人身伤亡事故的统计分析，定量计算危险源的危险程度和事故发生概率值，

并针对危险源的性质，提出科学的检测手段和预防措施（附件1）。

4、危险源计算机管理系统

危险源辨识，涉及大量信息资料，且须编制和填写大量的分析表格。由人工处理，难度大、效率低。为此，开发了危险源计算机管理系统，大大提高了危险辨识的工作效率，并为存贮和查询危险信息提供了方便。该系统具有分析存贮、查询修改和打印输出三个功能。

（二）电炉生产系统安全分析

系统安全分析是对影响系统安全状态的危险源进行定性或定量的分析判断，确定系统内潜在危险的严重程度及其相互关系，为系统的安全评价和隐患控制，提供反映系统客观实际的科学依据。（附件2），电炉车间系统安全分析主要内容包括以下几个方面。

1、生产管理系统的分析

在调查研究电炉车间安全管理体制、管理方法和职工素质、技术水平的基础上，综合评价了车间安全管理现状和安全管理水平。

2、工伤事故统计分析

在全面收集整理生产设备事故和人身伤亡事故资料的基础上，进行定量计算常见设备故障的发生概率，统计分析人身伤亡事故的发展变化趋势，并从事故发生地点、时间、原因、类别几方面分析事故发生的动态分布规律，应用数理统计方法对事故数据进行回归分析和泊松分布的分析。

3、主要危险源系统安全分析

通过对辨识出的主要危险源事故统计分析，计算出危险源的严重程度和发生概率；对重要设备故障和严重工伤事故，再用故障树（FTA）、事件树（ETA）、管理失误和风险树（MORT）等方法，从事故原因、发生规律和危害程度等方面进行深入的演绎逻辑

辑分析。

4、系统安全分析

在全面了解电炉车间安全系统的结构、构成因素和潜在危险的基础上，用工程逻辑方法，分析潜在危险因素对系统安全状态的影响、系统组成要素及外部条件等的因果关系。

5、综合安全分析与评价

根据生产管理系统、事故统计、主要危险源等的分析和系统安全分析的结果，从人、物、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，从而提出控制事故和潜在危险的技术措施和管理手段。（详见附件2）

（三）电炉生产系统事故隐患控制

1、标准安全检查表研制与应用

安全检查表是分析判断系统安全状态，控制事故隐患的重要方法。根据长钢四分厂电炉生产系统和安全管理的实际情况与特点，以安全检查表法为主要手段，进行事故隐患的检测与控制。重点对电炉生产系统标准安全检查表的编制与应用进行了以下内容的研究。

（1）安全检查表内容的确定

首先进行危险因素的辨识分析和系统安全状态综合评价，为确定安全检查表的内容和检查范围等提供可靠的科学依据，在编制安全检查表时，将辨识分析出的系统的危险因素，按其特征和属性分为工艺、设备、操作、管理和环境五个方面的原因，把属这五个方面原因的危险因素，分配给不同类型的安全检查表，并根据危险程度分析和重要度分析的结果，选择其中发生频率高，危险程度大的因素，作为安全检查表的检查项目。

（2）标准安全检查表类别及检查范围的确定

根据现场生产和安全管理的实际情况，将安全检查表分为管理用安全检查表、专业设备安全检查表和岗位安全检查表三大类，并按下列原则确定各类安全检查表的检查范围。

(I) 人的不安全行为，以班组检查为主，上级管理部门检查为辅；

(II) 物的不安全因素，以岗位检查和专业检查为主；

(III) 管理方面的危险因素，主要由各级管理部门进行检查和考核；

(IV) 环境方面的危险因素，以各级管理部门检查为主，岗位和班组检查为辅。

(3) 安全检查表编制的基本原则

为了使安全检查表既能有效地发现隐患，控制事故，又能便于使用和管理，对安全检查表的编制提出了如下的共同要求。

(I) 各类安全检查表的协调。

为保证全面准确揭示隐患信息，各安全检查表的内容，既不能混乱重复，又应有一定的覆盖面；为保证检查结果的可靠度，对重要的危险因素和隐患，允许必要的重复。

(II) 突出重点，抓住要害。

各种安全检查表应有各自的重点，检查内容应能准确、充分地反映检查对象的主要危险和事故隐患信息。

(III) 每个检查项目只含一个检查内容。

为了便于检查时的区分和辨别，防止检查过程中的人为遗漏或失误，又应考虑方便记录和计算机处理，规定每个检查项目，只允许含有一个内容。

(IV) 文字简练准确。

各种检查表，尤其是岗位安全检查表，其内容不宜太多，文字要精练、准确。检查标准和要求要明确、具体、便于检查。

电炉系统安全检查表研制与应用的详细情况及表例，详见附件三。

2、隐患整改及信息反馈系统的建立

电炉生产系统标准安全检查表的编制与应用，为事故隐患的控制奠定了重要的基础。为实现安全系统的有效控制，确保防止事故发生，还须将由安全检查表发现的隐患情况，经过可靠的信息通道，反馈到相应的部门，经判断分析后，作出决策，由整改部门采取措施及时进行整改，以消除和控制潜在危险。

根据长钢四分厂厂部、车间、工段、班组的生产和管理状况，结合安全检查表的实际使用情况，建立了隐患整改和信息反馈系统（图2），其实施办法如下。

生产岗位的安全检查表由班组长负责执行。每次检查时由班组长或岗位负责人，会同当班工人共同进行。岗位安全检查每天进行一次，周末将检查表上交工段。班组在检查中发现隐患，属班组能够解决的，必须立即自行解决。班组解决不了的，则填写隐患信息反馈表上报工段。

工段接到班组反馈上来的隐患信息后，必须填写隐患信息汇总表。工段能够整改的隐患要签署意见，责成整改班组限期整改。工段不能解决的隐患，则由工段将隐患信息反馈表上报到车间安全组。

车间安全组接到工段反馈的隐患信息后，根据隐患的实际情况进行判断决策，向有关部门发现隐患整改通知单，限期整改。车间安全组将每月的隐患处理情况填入隐患信息汇总表，存档备案。车间不能解决的隐患，则由车间安全组将隐患信息反馈表上报到分厂安全科。

分厂安全科接到车间反馈上来的隐患信息后，即根据隐患情况进

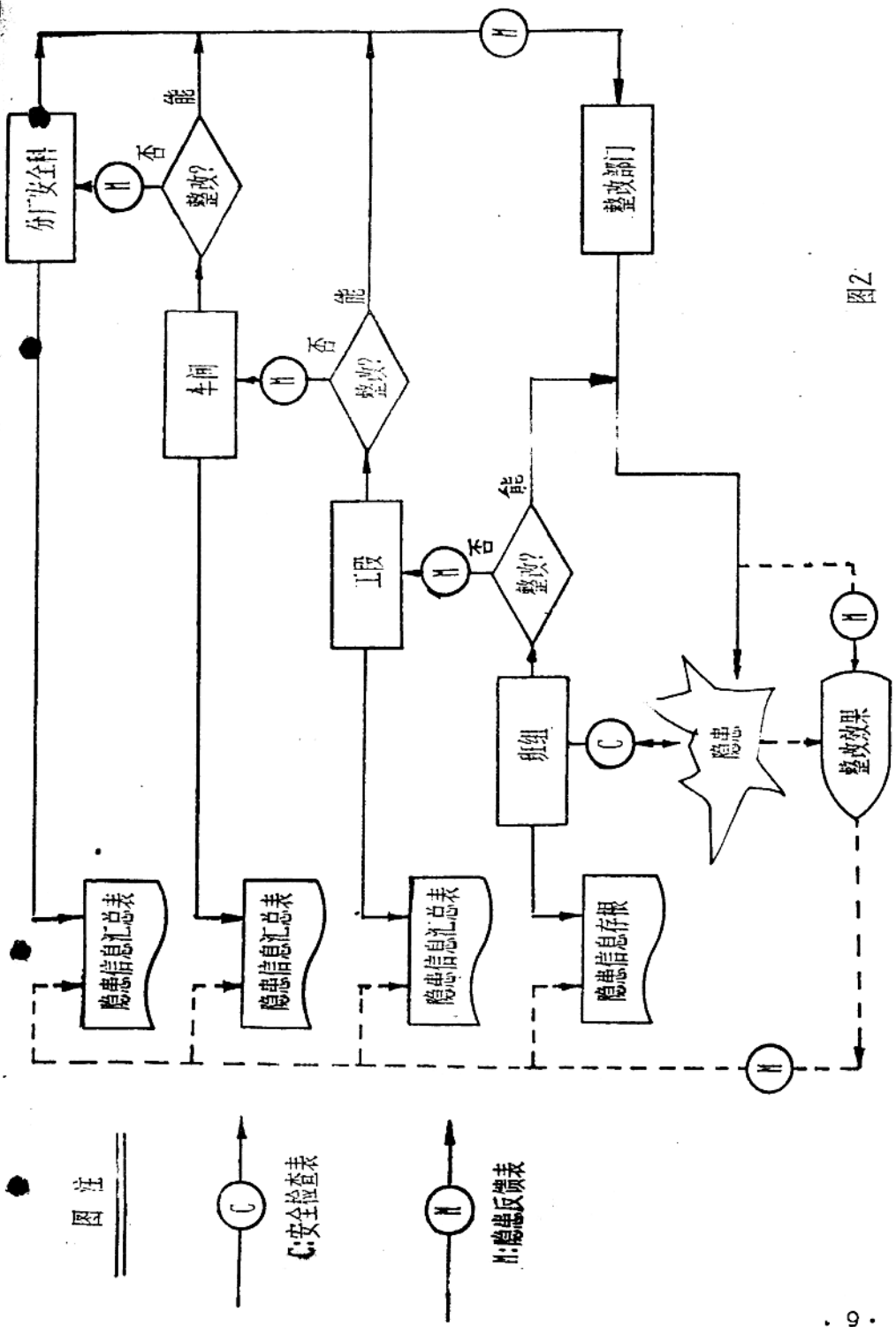


图2

安全检查表及隐患整改信息系统图

图注

C: 安全检查表

H: 隐患反馈表

行决策，向相应部门发出隐患整改通知单，限期解决，如果应由车间整改，则下达指令到车间，责成限期整改。这样就构成了一个闭环网络系统，保证了信息反馈的及时准确，使安全检查与隐患整改紧密联系在一起。实现了隐患的有效控制。

为了保证该系统的切实实施，还制订了电炉系统安全检查表和隐患整改“三定五不推”原则（即定人员、定措施、定期限；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，总厂不向冶金部推），对安全检查表的使用、管理和考核都做了具体明确的规定，从行政管理上进一步保障该系统的正常运行。

该系统用隐患信息反馈表作为系统中反馈信息的载体，在各个管理层次都有隐患信息汇总文档，有效解决了信息庞杂和信息过分集中的问题，为电子计算机的应用奠定了基础。

3、安全检查表及隐患整改信息微机管理系统

使用安全检查表进行隐患控制，对每天获得大量的信息，应及时进行综合分析判断，并及时进行反馈，在建立隐患整改及信息反馈系统的过程中，还建立了相应的电子计算机管理系统，它提高了信息处理能力和工作效率，进一步保证了电炉生产系统工伤事故的有效控制。

(1) 系统功能

系统由单位名建立、安全检查表建立、安全检查表安装、安全检查表及隐患整改信息管理和信息转存共五个主要部份组成。

(2) 系统特点

系统具有较强的适应性、扩充性和实用性，能够很好地满足用户的各种需要。

安全检查表及隐患整改信息微机管理系统的详细情况，详见附件三，附件四。

四) 电子计算机在安全管理中的应用

为了进一步提高长钢四分厂安全管理水平，能够给电炉生产系统工伤事故控制提供更多的技术手段，开发研究了一系列计算机软件系统。

1、故障树计算机分析和信息管理系统

该系统由于故障树分析存贮、故障树查询和打印输出分析结果三大部分组成，能够有效地分析、预测、评价和控制系统中的危险源和典型事故，并具有分析速度快，便于存贮，可随时打印输出分析结果和原始信息，使用简便等优点。其详情，详见附件六。

2、劳动保护用品信息管理系统

该系统由单位名劳动保护用品工种名称的管理、人员调整管理、劳动保护用品发放信息管理和年度计划处理等六大部分组成，它能够准确、及时、全面地掌握各个时期、各个部门及职工各种劳动保护用品的领取情况和需求量，可以有计划地订购和发放各类用品，迅速作出各阶段的用品计划以及进行各种统计分析。该系统科学合理、实用性强，有效解决了劳动保护用品科学管理问题，提高了工作效率和工作质量。详情详见附件七。

3、设备安全状况信息管理系统

该系统由设备名管理、设备安全状况信息管理和设备安全状况统计分析打印三部分组成，能够对设备安全状况的监测和控制中所得到的各种信息，准确、及时地进行收集并进行加工、处理和管理。该系统科学合理、实用，提高了设备安全管理的水平和工作效率。该系统的功能详见附件十。

4、安全文件管理系统

该系统由主题词表输入和修改；文件发放级别表的输入和修改；

文件档案表的输入和修改；文件摘要输入、修改和删除；文件摘要查询（直接查询、综合查询、主题词查询和模糊查询）和文件库清理等六大部分组成。该系统的建立有效地解决了安全文件的科学管理问题，提高了工作效率和工作质量。该系统的功能和操作说明，详见附件八。

5、工伤事故统计分析与信息管理系统

该系统由数据收集子系统，组合查询子系统、数据转载子系统、报表、分析表处理子系统、图形分析子系统、回归分析子系统和生物节律子系统等八个主要部分组成，该系统能够进行各类事故统计分析，信息存贮和查询，能够进行事故预测分析和职工生物节律分析。

6、环境保护监测信息管理系统

该系统由污染因子信息管理、粉尘监测信息管理和废水监测信息管理三大部分组成，其功能和特点，详见附件九。

四、事故控制技术实施情况及其效果

电炉生产系统工伤事故控制的研究工作于1987年底完成技术开发研究阶段的工作，冶金部安全环保研究院与长城钢厂四分厂共同制订了落实事故控制对策的应用方案，经过近一年的实施应用，收到了显著效果。

(一) 建立危险源档案，掌握生产系统基本安全状况

为了便于随时了解生产系统的危险源情况，目前已将电炉生产系统的系统安全分析结果和主要危险源的基本情况输入了计算机管理信息系统，该系统包括危险模式、影响和危险程度分析系统和故障树分析系统，危险源档案的建立为安全管理部门提供了科学的依据，使安全管理人员能根据计算机随时提供的危险源信息，进行日常的安全管理工作。

(二) 应用安全检查表控制事故隐患

经过系统分析，深入研究制订的安全检查表及其隐患整改系统，在生产岗位的推广应用率已达100%。每天每班岗位工人按规定使用安全检查表对本岗位进行检查，发现事故隐患及时填写隐患信息反馈表上报。从1987年12月到1988年7月，电炉生产系统应用安全检查表查出各类事故隐患212起。应用计算机分析系统将这些隐患进行统计分析和分类处理，把隐患信息反馈到各级整改部门，其中应由工段整改的隐患136项，车间组织整改的隐患70项，厂部组织整改的共6项。这些隐患都在规定的期限内得到了有效的整改，整改率达到100%。

(三) 电子计算机广泛应用于安全管理工作

为了提高生产系统的安全管理水平，共研究开发了9个计算机应用软件系统，这些软件目前已在生产实际中得到全面应用，对提高电炉生产系统安全管理的工作水平和工作效率，加强生产系统的安全性与可靠性，起到了积极的作用。

(四) 应用效果

电炉生产系统事故控制技术的研究和应用，有力地促进了长城钢厂四分厂安全生产工作的科学化和现代化，加强了电炉生产系统的安全性和可靠性的管理。有效地控制了电炉生产系统事故的发生，自推广应用以来（1987年12月至1988年7月），事故隐患整改率达到100%，工伤事故次数比1986年减少102起，下降了46.7%（其中千人负伤率下降39%）；设备及生产事故比1986年减少56起，下降了40.5%；热停工时间比1986年减少了969小时，下降了48.6%；钢材产量比1986年增加2.4万吨，上升10.5%；事故经济损失（直接损失和间接损失）比1986年减少113.5万元，下降了20.9%；钢材产值比

1986年增加24.5万元，上升了8.3%。

五、结 束 语

电炉生产系统工伤事故控制的研究，对企业进一步应用安全系统工程进行了深入的研究和探索，提出了安全检查表编制和实施的指导思想 and 总体原则，综合应用系统分析方法对生产系统进行安全分析，提供全面的系统危险状况和各种因素的相互关系，对提高事故控制技术的科学性和有效性起到了重要的作用，广泛应用计算机进行安全管理，提高了工作效率，推动了安全管理向科学化方向的发展。本项目的研究成果，将对企业安全生产起到积极的推动作用。