

分类号_____ 密级 _____

UDC _____

学 位 论 文

基于激光测距技术和射频读卡技术的 钢包连续跟踪系统

作者姓名： 王超

指导教师： 井元伟 教授 东北大学信息科学与工程学院

李志新 高级工程师 首钢迁钢公司炼钢作业部

申请学位级别： 硕士 学 科 类 别： 专业学位

学科专业名称： 控制工程

论文提交日期： 2012年5月 论文答辩日期： 2012年6月

学位授予日期： 年 月 日 答辩委员会主席： 王建辉

评 阅 人： 徐林 刘鲁宁

东 北 大 学

2012年5月

A Thesis in Control Engineering



**On Ladle Tracing System Based on Laser
Ranging Technology and Radio Frequency
Card Technology**

By Wang Chao

Supervisor: Professor Jing Yuanwei

Senior Engineer Li Zhixin

Northeastern University

May 2012

独创性声明

本人声明，所呈交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：

日期：2012.6.8

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解东北大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人同意东北大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流。

作者和导师同意网上交流的时间为作者获得学位后：

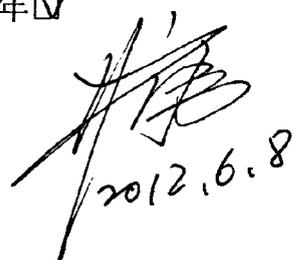
半年 一年 一年半 两年

学位论文作者签名：

签字日期：2012.6.8

导师签名：

签字日期：


2012.6.8

基于激光测距技术和射频读卡技术的钢包连续跟踪系统

摘 要

目前在钢铁市场的激励竞争中,钢铁产品基本上处于供大于求的局面,钢铁产品的利润基本处于工业利润的最低行列。因此,钢铁企业必须在保证质量和交货期的同时,要尽可能的降低生产成本。钢铁企业必须要加强信息化建设来提升企业的盈利能力。物流管理是钢铁企业信息化建设的重要组成部分,单就炼钢厂而言,钢包的周转贯穿炼钢生产的全过程。实现对钢包的定位跟踪是解决炼钢生产物料跟踪的关键。对钢包周转的跟踪管理是钢铁企业一直研究的课题。

本课题研究的目的是利用激光测距技术和射频读卡技术来开发设计钢包连续跟踪系统。

本文的研究内容主要包括以下几个方面:

(1) 研究了目前钢包跟踪系统的发展现状和存在的问题。同时针对首钢迁钢二炼钢钢包周转管理的现状,提出了本项目的技术改造方案。

(2) 基于激光测距定位技术的特性,设计实现钢包台车定位系统。说明了钢包台车定位的意义。提出了所设计台车定位系统的整体硬件方案。并通过软件编程实现了对激光测距仪的数据采集,并应用 51 系列单片机进行数据分析,并用所设计的 LED 数码管动态显示电路显示所测距离。

(3) 基于射频读卡定位技术的特性,设计实现天车定位系统。说明了天车定位的意义,并对现有天车定位技术现状进行了分析,提出了所设计天车定位系统的整体硬件方案。通过电子标签和无线通讯技术实现对天车运行数据的采集,并经过 PROFIBUS 及软件编程实现了天车的定位。

(4) 介绍了首钢迁钢二炼钢车间工艺装备及布置。详细说明了在炼钢生产过程中的钢包周转规则。钢包周转通过钢包台车定位和天车定位的方式,实时准确将钢包运行情况进行跟踪。最终实现了钢包连续跟踪系统的设计应用。

关键词: 钢包跟踪; 激光测距; 射频读卡; 钢包周转; PROFIBUS

On Ladle Tracing System Based on Laser Ranging Technology and Radio Frequency Card Technology

Abstract

Steel products are basically oversupplied under fiercely competition of the market at present. The profit of steel products is nearly the lowest compared with other industrial products. The production cost must be reduced as much as possible while meeting the request quality and date of delivery. The construction of informationize must be strengthened in order to improve the profit ability of steel enterprise. Logistic management is a main part of informationize of steel enterprise. In a steelmaking plant, the transfer of ladle covers the whole process of steelmaking. The tracing of ladle is the key point to solve the problem of material tracing in steelmaking process. Ladle tracing and management is always a research task for steel enterprise.

The aim of this research is to develop and design ladle tracing system based on laser ranging technology and radio frequency card technology. The content are listed as follows,

(1) Explains the situation and problems of ladle tracing system which is in use. The plan of project improvement is studied based on the situation of ladle transfer management in steelmaking plant No.2 in Shougang Qiangang.

(2) Designs the ladle car tracing system based on laser ranging technology. Explains the significance of this system and proposes the hardware plan of the system. Realizes the data collection of laser ranging machine through software program, and analyses the data applying the 51 series single chip. Displays the measured distance through the designed LED numeral tube dynamic display circuit.

(3) Designs the crane tracing system based on radio frequency card technology. Explains the significance of this system, analyses the situation of crane tracing technology at present and proposes the hardware plan of the system. Realizes the data collection of crane tracing through electronic label and wireless communication technology. Realizes crane position confirmation through PROFIBUS and software program.

(4) Briefly introduced the facility arrangement of steelmaking plant No.2. Explains in details about apply results of ladle car tracing system and crane tracing system in steelmaking process. Finally realizes the design and application of continuous tracing system of the ladle.

Keywords: Ladle tracing, Laser ranging, Radio frequency card, Ladle turnaround, PROFIBUS

目 录

独创性声明.....	I
摘 要.....	II
Abstract.....	III
第 1 章 绪 论.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 钢包跟踪系统的发展现状.....	1
1.3 钢包跟踪系统开发的意义.....	4
1.4 本文主要研究内容.....	7
第 2 章 基于激光测距技术的钢包台车定位系统.....	9
2.1 钢包台车定位的意义.....	9
2.2 现有钢包台车定位技术.....	9
2.3 激光测距定位技术简介.....	14
2.4 基于激光测距技术的钢包台车定位系统.....	16
2.4.1 台车定位系统总体结构.....	16
2.4.2 台车定位系统硬件组成部分.....	17
2.4.3 台车定位系统硬件电路的设计与实现.....	20
2.4.4 台车定位系统实施效果.....	25
2.5 本章小结.....	26
第 3 章 基于射频读卡技术的天车定位系统.....	27
3.1 天车定位的意义.....	27
3.2 射频读卡技术简介.....	28
3.3 基于射频读卡技术的天车定位系统.....	33
3.3.1 天车定位系统总体结构.....	33
3.3.2 天车定位系统的功能及架构.....	34
3.3.3 天车定位系统硬件组成部分.....	37
3.3.4 天车定位系统实施效果.....	43
3.4 本章小结.....	44
第 4 章 钢包连续跟踪系统的设计与实现.....	45

4.1 首钢迁钢二炼钢厂车间工艺布置简介.....	45
4.2 钢包连续跟踪系统的设计与实现.....	48
4.2.1 钢包周转过程分析.....	48
4.2.2 钢包定位过程分析.....	50
4.2.3 钢包连续跟踪系统的应用实现.....	52
4.3 本章小结.....	58
第 5 章 结论与展望.....	59
参考文献.....	61
致 谢.....	65

第1章 绪论

1.1 引言

目前在钢铁市场的激励竞争中,钢铁产品基本上处于供大于求的局面。随着铁矿石、煤炭等一次性能源的价格大幅度升高,钢铁产品的利润基本处于工业利润的最低行列。国内大中型钢铁企业与国外钢铁企业设备和自动化水平相当,部分国内钢铁企业设备和自动化水平在国际领先,但为何一流的设备无法制造出一流的钢铁产品是困扰钢铁企业管理者的问题^[1]。

专家指出是由于我国钢铁企业粗放的管理模式造成的,因此MES作为生产管理系统在国内有着广阔的市场。通过优化改进目前炼钢生产的组织方式,实现生产过程高度自动控制,是提高钢铁企业竞争能力的有效手段^[2]。

首钢迁钢二炼钢厂工艺设计先进,产品主要为电工钢、高级别管线钢等钢种。钢种牌号繁多,厂内物流复杂,对钢水温度的控制及各个工序之间生产的协同性要求极为严格。目前的迁钢二炼钢厂钢包生产组织管理工作仍以人工调度为主,无法满足二炼钢高效、稳定生产电工钢的需求。合理高效的对钢包周转进行自动化管理是有效的解决途径。

因此,本项目通过利用激光测距定位技术实现钢包台车定位和通过射频读卡技术实现天车定位,进而建立钢包跟踪系统,实时掌握每个钢包的位置及状态,为高效组织炼钢生产提供了重要的依据。

1.2 钢包跟踪系统的发展现状

随着科学技术的飞速发展,各行业对钢材质量和性能提出了更高的要求。钢的成分控制范围越来越窄,洁净度要求亦越来越高,即尽可能降低钢中氢、氮、硫、磷、非金属夹杂物的含量等。这便使得炼钢领域在工艺、装备、技术、流程结构等方面都要不断地进步和完善。炉外精炼技术作为钢铁冶炼必不可少的环节之一,也得到了快速的发展。相关功能的精炼方法层出不穷。

钢包作为炼钢工序和连铸工序之间的中间容器,是炼钢过程中不可缺少的工艺设备。它不仅是运输和浇注钢液的容器,同时也是炉外精炼的设备。钢包底吹氢技术是一种经济实用简单易行的精炼方法。钢包底吹氢的冶金功能概括起来有以下三点:

(1) 均匀成分。钢液进入钢包以后,金属、炉渣、包衬、合金元素之间的化学反应仍继续进行。这些反应使钢的不均性增大,通过吹氮搅拌,可使钢液成分趋向均匀。

(2) 均匀温度。钢包内的钢液存在一定的温度梯度,温度梯度随停留时间的延长而

增大。钢包吹氩之后，由于氢气的搅拌作用，使温度梯度减小，温度趋于均匀，而吹氩本身造成的温降则相对较小。

(3) 去除夹杂物和气体。气泡在上升过程中，可吸附携带夹杂物进入熔渣并且促使夹杂物聚合长大上浮排除。由于氩气泡的清洗作用，使钢液中的氮、氢含量降低，进一步去除钢中的氧，提高脱氧剂和合金元素的收得率。

就炼钢厂来说，高效连铸机的生产不仅对钢水的温度成分有严格的要求，而且不同品种的钢种对钢包类别也有要求。作为炼钢厂生产流程中钢水载体的钢包，其状况直接关系到生产的顺行与否，建立规范的钢包周转模式对降低出钢温度、稳定精炼操作、保证连铸机恒拉速、恒液面、恒温度的稳定生产都极为有利^[3]。

钢包的周转贯穿整个炼钢生产过程，实现钢包的有效跟踪对解决炼钢生产的物料跟踪是关键。现阶段，大多数炼钢厂的钢包信息都是依靠手工记录或维护，钢包调度都是靠电话、对讲机联系，被迫脱离实际钢包状态而预先强行规定一些“死的规则”，产生了许多生产不合理中断和钢包的不合理退出周转，还时常会出现对钢水质量的不良影响，造成经济损失和能源浪费^[4]。

另外，钢包管理大多数依靠人工台账记录，增加了操作工的工作量，容易产生误差，无法实现钢包数据分析；钢包作业人员（包括装包、调度和砌包）都不能及时把握钢包的耐材材质和次数等信息，钢包所处位置都需要操作工在区域内去寻找确认，这增加了信息传递时间^[5]。此外，钢种多样，精炼工艺复杂，不同的钢种对钢包的要求也是千差万别，员工不能及时把握钢包相关信息，会产生计划安排出乱的现象。砌包区域人员对在线运行钢包数量、钢包状况等信息更是不得而知，不利于对钢包的修理、砌筑计划安排，一定程度上对生产存在着影响。

我国对炼钢过程的研究主要集中在天车调度模型以及炼钢调度方面，对钢包周转调度系统的研究成果还是比较匮乏。随着计算机技术、微电子技术、信息化网络技术的飞速发展，行业人员对钢包管理认识的不断深入，国内外开始了对钢包信息管理的深入研究，20世纪90年代起，国内外一小部分钢厂对钢包跟踪系统开始了研究工作。

(1) 20世纪90年代，美国的惠林-匹兹堡公司俄亥俄钢厂开发了一种计算机化的钢包跟踪系统^[6]。该系统可以连续监控各个钢包的状况，并为主要操作变量提供实时变更，其信息可供钢包维护人员作为判断各个钢包耐火材料状况的依据。建立了判定临界耐火材料性能的19种变量的数据库，基本信息包括：钢包号；炉号；过程事件时间；吹氩搅拌过程数据；钢包加热过程数据；脱硫剂消耗量^[7]。

(2) 2003年，福建三钢炼钢厂利用射频识别技术成功开发了钢水自动跟踪计量系统。根据炼钢厂的工艺流程，使用推理机对采集到的数据进行理解和识别，并对行车的运行过程进行自动跟踪和智能分析，从而实现行车的自动数据统计。

(3) 2007年, 宝钢不锈钢公司成功开发了钢包跟踪和行车起重机系统, 该系统从生产计划出发, 并和工艺路径紧密结合, 不但实现了钢水、钢包等重要物资的跟踪和管理, 还在某种程度上掌握着生产情况和物流动态。

(4) 2009年, 宝钢股份公司成功开发了钢包管理信息系统, 该系统对钢包的维修、烘烤和在线使用实现了统一管理, 并特别配备了钢包配包模型, 实现了钢包状态对生产过程影响的系统管理。

(5) 2010年, 唐钢第二轧钢厂完成钢包和行车基础数据采集的自动化, 实现钢包计算机调度, 提高行车作业率, 同时实现了对钢包重包和物流的监控。

目前国内绝大多数炼钢厂对钢包管理缺乏有效的手段, 对钢包周转过程缺乏有效的跟踪。无法实现对钢包进行有效跟踪的原因主要是由于各企业的自动化和信息化水平差距较大, 所以对物流数据的采集方法也各不相同, 大致可分为下面几种情况:

(1) 缺乏基本的物料计量手段。天车称和地面称等配置不完善, 获取的重量数据不完整, 一般只好采用“倒推法”, 即按照铸坯产量, 考虑过程回废和理论消耗, 推算出钢水产量。此方法只能进宏观的成本核算, 在冶炼、连铸及班组间建立不起严格的对应关系, 工序成本核算出现盲区。

(2) 物料计量手段比较完善, 可以用人工抄表的方法取得现场数据, 再交给统计人员计算产量和各种消耗。转炉或电炉、连铸机基本都自成系统配置了PLC设备和上位计算机系统, 实现了自动化控制, 很多与炼钢有关的检测仪表也基本配置齐全, 各种检测信息包括温度、压力、流量等已经采集到上位计算机。

但是由于技术发展的局限性和管理者认识的不足, 现场很多上位计算机基本处于各自独立状态, 数据分布比较凌乱, 没有形成统一的网络, 数据不能共享, 致使炼钢数据采集和统计还基本处于半手工状态, 这种方法存在人为误差并且实时性差。推算出的旬钢铁料消耗误差较大, 说明不了工序间存在的矛盾和问题, 不能按炉号实时了解物流和过程数据, 不利于调度有效迅速组织生产。

(3) 有的钢厂不但有完善的计量手段, 而且三级计算机网的各种功能相当完备, 更有一些大型企业花巨资建造了常规的物流系统或MES系统。该系统应用于炼钢生产, 重点之一是炉次物料的跟踪管理。

因为炼钢生产过程的物料流动主要是通过天车实现的, 只有对天车的行为进行跟踪和辨识才能准确掌握物料的流动。现场运行的天车虽然很多已经配置了电子秤, 但数据传输大多局限于有线传输, 即重量传感器的输出信号经二次仪表(即称重显示器)采集处理后显示, 所有数据处理和显示都在天车上进行。

现场调度人员站在地面通过观看天车上的大屏幕显示器所显示的称重数据来指导天车工操作; 有的虽然也配置了无线传输电子秤, 其通常做法是重量传感器的输出信号

经二次仪表采集处理后显示。二次仪表的接口输出称量数据一路传送给大屏幕显示器进行显示,另一路传送到无线发射及通过它发送称重数据,接收端仪表通过无线接收机接收显示称重数据,但是上述实施方案因为没有设立位置标识和自动定位检测装置而无法真实模拟现场天车作业场景,有关位置信息只能靠人工判断。人工参与程度大、智能化低。虽然常规的物流系统或MES系统软件功能极强,但缺乏对天车的行为进行跟踪和辨识的手段,所以对炼钢过程物料数据的跟踪还必需由人参与实现^[8-10]。

钢包作为盛纳、运输钢水并进行相应二次冶金的容器,与钢水过程温度的控制和管理有着密切的关系。当前,国内大多数炼钢厂生产的品种较多,品种的差异使得从钢水到连铸的生产工艺路径复杂而繁多,物流跟踪和生产组织非常复杂,导致经常出现高温出钢的现象。作为钢水的载体,钢包的位置跟踪和管理就成为炼钢-炉外精炼-连铸生产管理不可或缺的功能环节。

1.3 钢包跟踪系统开发的意义

随着国家经济的不断向前发展,钢铁行业的竞争日趋激励,钢铁企业通过联合重组等多种形式来不断壮大自己的生产规模,以通过规模集团优势来提升自身的竞争盈利能力。单纯依靠提高产能的方式来提升企业竞争力是行不通的。利用信息技术改造,优化生产过程和生产工艺,实现生产过程自动化和企业管理现代化,是我国钢铁企业发展的重要途径^[11]。

钢铁企业必须转变自身的经济发展方式,从传统的粗放型、单一型转变为集约型、复合型,不断提高劳动生产率,降低生产过程成本,提高产品质量,尽力满足多元化的客户服务需求。国家也明确指出钢铁制造行业要通过信息化来提升钢铁企业生产经营水平,促进钢铁行业结构调整。信息化已经成为钢铁行业发展的重要支撑^[12]。

企业信息化是指企业利用现代信息技术,以企业过程再造为基础,通过对信息资源的深入开发和广泛利用,实现企业经营活动的自动化、管理方式的网络化、决策支持的智能化和商务运行的电子化,不断提高企业生产、经营、管理、决策的效率和水平,进而提高企业经济效益和市场竞争力的过程。

目前,我国钢铁工业信息化五级架构已经得到普遍认可,它们分别为一级基础自动化系统(BAS)、二级过程控制系统(PCS)、三级车间级制造执行系统(MES)、四级企业资源管理系统(ERP)和五级企业间管理系统及决策支持系统(DSS)。在五级架构的基础上,我国钢铁工业信息化结构框架基本上形成了企业资源管理系统(ERP)、制造执行系统(MES)、过程控制系统(PCS)为主的三层结构,大部分规模钢铁企业都能够实现ERP系统和PCS系统,而MES系统在大部分钢铁企业还没有更好的建立运用起来,这也制约了钢铁行业信息化的发展^[13]。

钢铁企业生产具有产线长、工序多、工艺要求严格、设备组成复杂等特点，完全依靠人工的方式进行管理和控制是不可能的；同时，ERP系统和PCS系统都具有各自的局限性，钢铁厂复杂的生产局面不可能直接通过ERP模块来运转。EMS系统能够填补这个空白，它对产品订单、质量、资源进行全面的动态管理，在信息集成中起着承上启下的作用，为生产管理和过程管控提供了一个通道，使ERP和PCS形成了一个有机的整体。因此，在钢铁企业实施MES系统显得尤为重要，它是钢铁企业信息化建设的重要组成部分，起到承上启下、前后贯穿的作用。

EMS系统通过收集生产过程中大量的实时数据，并对实时事件进行及时的反应和处理，来进行生产过程的优化管理，既接收生产实绩数据并反馈生产结果给上一层管理系统（ERP），又把上一层管理系统的生产指令下达到过程控制层（PCS）。上下连通现场控制设备与企业管理平台，实现数据的无缝连接与共享；前后贯通所有生产线，实现全过程的一体化产品质量跟踪、一体化计划与物流调度、一体化生产控制与管理，从而形成以MES为核心的企业信息系统^[14-15]。

通过MES中先进优化的生产排产系统、产线排序系统、生产制造执行系统等为整个钢铁生产过程提供能满足不同生产线要求的制造执行解决方案。如果说ERP关注的是价值和结果，那么MES关注的则是产成结果的整个过程。

尽管MES系统在钢铁企业信息化建设当中发挥着举足轻重的作用，但我国钢铁企业在MES系统的建立上还是有较大欠缺的，需要解决以下几个问题：

(1) 新信息技术、设备的引入。MES系统不同于PCS，该系统参与部门多、参与人员多、流程相对较长，如何提高MES参与人员即时获取相关有价值的信息已成为钢铁企业所关注的问题。

MES不仅关注于生产管控，也关心原燃料、备品备件、在制品和成品库的管理，如此庞大的物料管理只是通过人工与信息化来解决的效果并不是特别理想^[16]。因此，MES系统可引入系统即时通讯工具、手持终端、短信、WAP等来提高参与人员获取信息的及时性。MES也可通过采集条码数据、RFID数据、手持终端的数据获取物料库区库位和物料数量信息，避免人为输入带来的错误、使其更加准确对物料等进行管理。

(2) 系统模拟仿真。MES从ERP接收订单与相关标准体系，根据现场设备生产能力制订生产计划和作业计划，当现场设备出现故障时通过生产管控、调整生产来保证生产的顺利进行。但现场出现的情况比较复杂，生产调度的结果往往达不到最优调度效果。钢铁行业同样需要系统模拟仿真，在制定作业计划后，通过模拟仿真测试工序间是否平衡、能源供给量是否充裕、生产节奏是否合适等^[17]。

(3) 天车定位技术的引入。天车定位技术已在国内多个钢铁企业中应用，但大多应用在成品库，用来管理成品的库区库位，应用的技术多为激光定位、线性编码尺、绝对

值编码器、RFID技术、接近开关等。

从定位技术对比来看,激光定位受环境影响较大不适合炼钢车间这种相对恶劣的环境;线性编码尺定位精确度高,但成本较高,而且天车在吊取成品或铁包中强大的重力使得天车晃动造成撞尺现象,更换编码尺的维护成本太高;绝对值编码器成本相对低廉,但信号多为DP线需在天车上安装PLC等设备,无形中增加了整个系统的成本,而且还有天车打滑需安装磁性接近开关在关键路线点进行校正,系统实现难度较大。RFID是近年在天车定位中应用较多的,成本低、易于维护,主要是在天车上安装RFID读卡器及天线,在天车轨道工位点安装RFID卡片,根据识别距离的不同、天车定位精度的不同采用频率为13.56M或900M的RFID卡片。

天车定位技术在钢铁企业可应用的工序还有很多,比如在炼钢车间,天车定位技术的引入可通过炼钢车间划分的库区库位有效跟踪铁包钢包,可通过天车秤的重量信号的变化判断是否正在吊取铁包钢包,并可将铁包钢包炼钢生产各工序的工作情况与采集的重量、温度及工位相匹配,为“一键式”炼钢提供基础信息^[18]。比如在轧钢车间,在剪切线、热处理线划分库区库位通过天车定位反馈的位置信息及重量数据可以跟踪板材的上下线情况,炼钢车间在无人干预的情况下实现线上线全跟踪。该方案相对于在轧钢车间天车上安装天车终端,无论在成本、可维护性及人工参与度上,都有着相对较大的优势。

(4) 能源管理。EMS作为贯穿一级、二级和三级的管理系统,由于工信部[2009]365号文件和中钢协[2010]128号文件的影响,国内大中型钢铁企业已陆续开始能源管控中心系统的建设。能源管控中心系统能否在钢铁企业应用成功,首先在于业务流程的梳理、优化和重组,真正实现扁平化管理,在突发事件能源调度过程中实现协同操作;其次在于现场仪表的改造,目前钢铁企业能源管控系统多为改造项目,需对现场电度表、计量仪表等进行改造实现数据采集;其次就是一套适合钢铁企业的管理制度,包括无人值守工位的点巡检制度、应急事故预案等。

(5) 设备管理。设备的可靠性及停机检修计划直接影响MES编制作业计划,因此在MES中也占据着同样重要的位置。根据现场施工服务的经验,设备管理根据设备运行状态分为三个部分:事前管理、事中管理和事后管理。

事前管理为制订设备的点巡检计划、检修计划和给油脂计划,这些为预防性维修制订的事前计划;事中管理为通过采集设备相关数据(如温度数据、振动数据)分析设备的可靠性,预先制订检修计划和给油脂计划;事后管理主要为点巡检的实绩管理、检修实绩管理、设备故障实绩管理等,通过事后实绩的收集完成设备运行档案的建立进行数据分析,通过PDCA循环制订更符合设备的预防性维修计划。

目前国内钢铁行业对设备管理系统重视度还远远不够,但其产生的效益不容忽视。

通过设备管理提高设备的可靠性（钢厂因设备故障非计划停机的损失无法统计）、减少备品备件在占用的流动资金（钢厂备品备件占用资金多达数亿元）、减少故障维修的时间，可为钢铁企业创造上亿元的效益。

MES 系统是围绕生产而设计的，它以实时数据库和网络为支持平台，以计划为核心，以调度为主线，对生产过程进行全面管理和控制，MES 实施成败的关键是物流信息的自动采集。没有现场作业线的物流跟踪，也就没有生产作业实绩的反馈，根本谈不上 MES 的有效实施。所以，生产物流跟踪是 MES 和 ERP 的基础。

钢包的周转调度是炼钢厂生产物流的一个重要环节，钢包的周转管理牵扯到炼钢生产的工艺、设备、生产组织等多个层面，涉及到品种开发、物流管理等多个领域，属于复杂系统优化问题。实现钢包周转的有效跟踪对解决炼钢生产物流的跟踪是关键^[19]。通过建立钢包跟踪系统，优化钢包调度工艺路线是实现钢铁企业自动化的重要环节，是缩短制造周期、提高劳动生产率、降低生产成本的有效方案，对钢铁厂信息化建设起到至关重要的作用。

首钢迁钢二炼钢厂对钢包的周转管理主要还是以人工调度的方式为主，对二炼钢厂生产电工钢、汽车板、高级别管线钢等高档次钢种的工艺组织带来了一定的影响。此外，由于电工钢对钢水温度控制及成分精准度的要求极为苛刻，合理的钢包周转管理是解决这一问题的根本所在。

通过建立对钢包周转过过程的实时跟踪，就可根据钢包的重量和位置信息构建较为精确的物料跟踪子系统，为单体工序的成本核算和配置计算提供精确的数据基础。更为重要的是，通过对钢包周转过过程的热状态分析，建立起钢包炉衬寿命预测模型、钢水温度精确预定模型和钢包选配工艺规则模型，实现钢包调度的优化控制。这种优化控制会带来巨大的经济效益，并为电工钢等高品质钢种的生产提供重要支持。

1.4 本文主要研究内容

为了提高首钢迁钢二炼钢钢包周转管理水平，优化二炼钢生产工艺路线，促进钢铁行业信息化建设的发展，本课题吸取了国内外钢包跟踪的相关先进技术，设计了基于激光测距技术与射频读卡技术的钢包跟踪控制系统。钢包跟踪系统是对钢包的位置进行跟踪，由于钢包正常周转只能通过天车及台车来完成，因此，通过对天车及钢包台车的定位，实时传递钢包运行位置数据来实现对钢包周转过过程的全程跟踪。在本文的设计实现中，完成的主要工作如下：

(1) 研究了目前钢包跟踪系统的发展现状和存在的问题。同时针对首钢迁钢二炼钢钢包周转管理的现状，提出了本项目的技术改造方案。

(2) 基于激光测距定位技术的特性，设计实现钢包台车定位系统。说明了钢包台车

定位的意义。提出了所设计台车定位系统的整体硬件方案。并通过软件编程实现了对激光测距仪的数据采集，并应用 51 系列单片机进行数据分析，并用所设计的 LED 数码管动态显示电路显示所测距离。

(3) 基于射频读卡定位技术的特性，设计实现天车定位系统。说明了天车定位的意义，并对现有天车定位技术现状进行了分析，提出了所设计天车定位系统的整体硬件方案。通过电子标签和无线通讯技术实现对天车运行数据的采集，并经过 PROFIBUS 及软件编程实现了天车的定位。

(4) 简单介绍了首钢迁钢二炼钢车间布置，通过钢包连续跟踪系统，详细说明了在炼钢生产过程中，钢包的周转通过台车定位和天车定位，实时准确将钢包运行情况进行跟踪。最终实现了钢包连续跟踪系统的设计应用。

第 2 章 基于激光测距技术的钢包台车定位系统

钢包是钢厂承载钢水的重要大型工具，炼钢厂生产的各个主要环节都是由钢包衔接起来的。钢包台车是运载转炉钢水到达吊装位置、精炼炉冶炼钢水的工具，由于钢包是静止放置在钢包台车上的，因此只要对钢包台车进行定位，就可以清楚的跟踪钢包所在车间内的具体位置。钢包台车定位是实现钢包跟踪的两个重要环节之一。本章主要介绍了激光测距技术在钢包台车定位系统的应用，提出了钢包台车定位系统的总体结构，进行了相应硬件电路的设计。

2.1 钢包台车定位的意义

对于钢铁企业来说，有很多设备进行往返两个方向运行时，需要通过定位技术来判断其运行中或停止时所处的位置。钢包台车就是其中一种。

生产物流跟踪作为 MES 的重要组成部分，在钢铁企业生产过程中起着至关重要的作用，是钢铁企业信息化建设的基础。钢包是炼钢厂生产物流的核心，钢包的周转带来就是钢厂物料的周转。钢包台车作为承载钢包的工具，对钢包台车时刻定位，就能实现钢包在各个出钢位、精炼站的跟踪，进而通过计算各炉次的冶炼情况，实现对钢厂物流系统的管控。

钢包台车主要有两种形式，一种是转炉出钢工位的钢包台车，另一种是精炼工位的钢包台车。钢包台车的定位在冶炼钢水的过程中，定位的数据传送到二级系统中，还参与到冶炼钢水的控制。因此，钢包台车的定位在炼钢生产过程中起着不可替代的作用。

2.2 现有钢包台车定位技术

工业用有轨机械的定位技术一直是自动化技术发展的一个热点，在冶金、港口、火电、水利、造船、造纸、立体库等行业的应用极其广泛。冶金行业以钢铁企业为例，由于现场环境恶劣，存在高温、多粉尘、腐蚀性气体、油污、机械振动、电气干扰、露天工作环境及机车移动制动频繁、打滑等，致使这一位移检测的自动化技术问题成为行业的难题。

钢包台车定位作为炼钢生产中重要的一个环节，当前国内外钢铁企业采用的定位技术主要有定位片（条形码）、限位开关（行程开关）或接近开关、旋转编码器位置检测、读携码器编码位置检测、绝对型线性编码器、激光定位技术、红外定位技术、格雷母线

位置检测等。

下面以炼钢厂某个精炼工作的钢包台车运行的控制方式进行具体阐述。

钢包台车是钢包的接运装置。精炼台车的走行是把钢包从钢水承接工位位置运送钢包到真空槽下的处理工位，以备其它设备进行精炼处理，精炼处理结束后，再将钢包输送至保温剂投入工位，进行喂丝、保温剂投入操作，然后再运送钢包到连铸吊包位置点，当钢包吊离后，在回到起点“钢水承接工位”^[20]。

台车运输过程中，钢包台车的控制运行位置包括：连铸吊包位置极限、连铸吊包位置、连铸吊包减速位置、钢包待机位置、钢包待机减速位置、保温剂投入位置减速、保温剂投入位置、精炼处理工位极限、精炼处理工位和精炼处理工位减速，如图 2.1 所示：

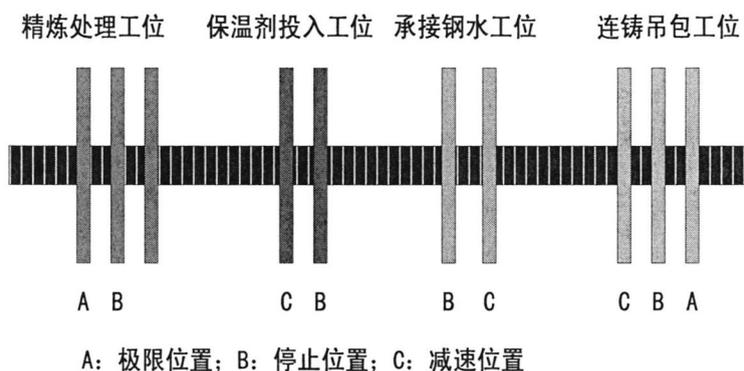


图 2.1 精炼工位钢包台车运行控制点位

Fig.2.1 Refining station ladle trolley operation control point

下面就上文提到的常用定位技术进行简单的分析比较：

(1) 定位片/条形码位置检测技术。通过安装在轨道旁的定位片（带孔的铁片）检测机车的位置，是一种绝对定位的工作方式，是间歇式定位。由于在粉尘、高温环境里定位片编码或条码受到污染后容易失效，耐污染能力差。移动机车的振动和抖动等都会导致车上扫描读写装置无法辨认定位片编码信息，出现丢地址现象。所以目前在国内外的钢铁工业应用场合上已基本被淘汰。

(2) 限位开关（行程开关）或接近开关定位技术，这是钢厂最常用的钢包台车定位技术。限位开关又称行程开关，用于控制机械设备的行程及限位保护。限位开关按其结构可分为直动式、滚轮式、微动式和组合式。

在实际生产中，将限位开关安装在预先安排的位置，当装于移动机车上的模块撞击限位开关时，通过机械力的传递使其内部的微动开关动作，其常闭触点断开、常开触点闭合，信号输出；当运动物体移开后，复位弹簧就使限位开关各部分恢复原始位置，即常闭触点闭合、常开触点断开，又有信号输出。

因此,限位开关是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器,它的作用原理与按钮类似,是一种间歇式的绝对定位方式。限位开关因为需要机械传动所以响应速度也比较慢,容易磨损损坏,使用寿命短,使用过程中容易点蚀,可靠性差,易失灵,受温度、电压波动、外界物体靠近等影响而产生误动作导致控制系统紊乱。

限位开关在工业应用上容易受到粉尘、水气困扰。因为内部有线圈,抗传导辐射干扰的能力较差,所以易受外部电气信号的干扰而导致误动作或突然失灵。当采用这类技术作为限位使用时,如果遇到接触器的主触点熔焊或释放(复位)滞后就会出现限位保护失灵,导致事故。

移动机车在走行过程中的震动、抖动和外界环境的影响都会导致其失灵或误动作。而且这类开关在使用中的维护量大,给生产带来极大不便。通过对国内各大钢铁企业的调研显示:目前国内还没有利用限位开关/接近开关技术成功可靠地实现矿槽小车自动布料的先例。所以当前新建的烧结矿槽、高炉矿槽和石灰窑料仓上纷纷寻求更加可靠精确的定位方式,国内的各大钢铁企业也加快了落后设备的技术改造,纷纷淘汰这种传统方式,采用其他更为精确可靠的位置检测方案。

(3) 旋转编码器位置检测,旋转编码器位置检测是在车轮上安装码盘对移动机车行走的位置进行连续位置检测,并形成位置闭环控制。这种方法是最先采用的也是最简单的技术,通过安装在车轮上的旋转编码器检测到机车的位置。根据检测原理,可分为光学式、磁式、感应式和电容式。根据其刻度方法及信号输出形式,又可分为增量式、绝对式以及混合式三种。

不管属于哪一类型的旋转编码器,它都是一种相对定位的机械接触工作方式。通过测量出的轴转动的圈数乘以周长从而得到移动车辆的位置。由于编码器测量位移固有的特点,其应用在有接触位移测量上总避免不了两个严重的缺陷:第一,由于所测量移动车辆自身频繁启停所导致的滑动累积误差和机车行走过程中车轮的打滑现象,导致在频繁往返移动或长距离有轨走行中累积相当大的位移误差,实践应用表明这种误差程度已严重威胁到了其所提供的位置信息的合理性,无法利用其对移动机车进行相关控制。第二,就是所谓的“绕度”问题,这主要在卷扬系统中有着明显的体现。当轴同样转动一圈而各圈位移量不等,这也是导致位移误差的常见原因。

编码器在工业应用上的主要优点是成本低。缺点是车轮打滑,定位不准,易损坏,不耐高温,维护工作量大,使用一段时间后需要重新改造其机械结构等。其只有车上检测模式,地址信息需要依靠无线电台或信号拖缆传送给地面站控制室。

鉴于旋转编码器的工作特点,我们建议其比较适用在旋转角度测量和非接触位移检测的场合(比如天车的吊钩吊上吊下同步高度检测、卷扬提升高度测量、卷扬闸门开度测量等无接触位移场合)。在接触位移检测上由于其误差大、磨损大、易损坏等原因,

在控制上面（除机床测位等短量程，根据使用工艺每次启动都会重新校准即回零的少数场合外）一般不应采用此技术。目前国内外各大钢铁企业内，这种技术在接触位移测量上基本上已被弃置不用^[21-23]。

(4) 读携码器加限位开关技术。读携码器定位系统由三部分组成，识别系统（读码器/携码器）、粗定位装置（装于卸料小车上）和精定位装置（装于地面的铁板和限位开关）。

识别系统首先确定卸料小车位置，再通过码盘反映出的位置进行粗略定位，最后利用限位开关减速和刹车达到精定位。目前芬兰罗德洛基钢厂的焦车定位采用了这项检测技术^[24]。这种定位设备由于感应距离过小（20mm），而有轨机车在走行的过程中自身的振动难免，轨道长时间使用后也会出现部分下沉现象，这样就很容易超出其 20mm 的感应距离，所以经常出现丢地址信号的现象。另外安装位置的温变、机械变形等都会造成携码器位置易变，从而导致地址波动。在使用经验中限位开关也经常会出现失灵、误动作等情况，导致整套定位系统瘫痪，给维护和生产都带来较大不便。

(5) 绝对型线性编码器位置检测。基于非接触的磁性检测原理，是一种连续非接触位置检测。优点是测量精度高。缺点是所要求的非接触间隙（感应距离）比较小（< 40mm），与读携码器定位系统的局限性类似，也极易发生丢地址现象。长期工作在高温、粉尘环境中易退磁，只有车上检测模式，地址信息要通过无线电台或信号拖缆传输到地面，整套系统的投资成本高。主要适合用在工矿环境比较好的场合。

(6) 激光定位技术。利用激光传输时间来测量距离的基本原理即通过测量激光往返目标所需时间来确定目标距离，是一种连续非接触位置检测。优点是测量精度可以很高，安装简单。缺点是测距相对短，抗污染能力差，露天环境的雨、雾和粉尘对光线传播都有影响，激光发射头要求的环境清洁度应非常好，粉尘累积或雨水冲刷极易造成发射窗口被堵塞，投资成本高^[25]。

当一条轨道上有多台移动机车时，光线被阻挡，激光装置的安装也会比较麻烦。主要适合条件比较好的室内环境，不宜在露天或粉尘场合使用。使用激光时，移动机车在运行过程中的震动或抖动对地址检测稳定性的影响也不能不予以考虑。当检测距离达到上百米时，机车自身的震动或由于轨道不平引起的抖动都可能导致激光发射头发出的激光打不到靶区（挡板）上，从而出线丢地址的现象。

目前这一问题还没有很好的办法来彻底解决。另外当同一条轨道上有多辆机车运行时，检测每台车的位置需要将激光装置错开处理，这样给现场的安装带来了一定麻烦，同时光线之间可能出现的互相干扰（如干涉现象等）也是困扰激光成功可靠运行的一大难题。

(7) 红外定位技术。红外定位技术主要有车载部分：活动标尺、信号检测和传送单

元；地面站部分：固定标尺组成。其基本原理为：地面固定标尺是由金属外壳封装而成，外壳上等间隔分出若干个窗口，高频调制的编码红外线通过这些窗口发出^[26-27]。车载活动标尺为红外接收设备，接收到的调制后的高频波在活动标尺上进行分析，识别出机车的实际位置。

红外定位技术的缺点是不抗粉尘，怕水蒸汽，不耐高温，怕撞，抗震动较差，安装精度要求高，使用寿命短，不适合恶劣环境，综合维护量大等。红外线方式只有车上检测模式，地址信息要通过无线电台或信号拖缆传回地面（拖缆在往返拖动过程中，内部容易被折断）。

虽然是经过高频调制后的红外线，但在实用中仍然相当大的受到现场红外线杂波的干扰，系统整体运行不是十分可靠。其地面固定标尺不能在潮湿、粉尘、油污环境下工作，置于室外的地面固定标尺如果有雨水灌入会导致其整节瘫痪，而且固定标尺的窗口也容易被粉尘堵塞而致使红外线无法顺利通过（实用中需要每天对固定标尺进行维护）。综合来讲，红外定位技术的工况适用性要求高，不适宜在室外或强粉尘的场合使用。由于实用中未能攻克种种缺陷使其也无法提供足够的准度和精度，同时设备造价较高，维护不方便^[28]。

(8) 格雷母线通信定位技术。格雷母线技术，诞生于上世纪 80 年代初期，最早大量应用于日本钢铁行业，随着上海宝钢在 1984 年引进该项技术之后，我国部分科研单位和企业开始对这一技术展开研究并成功掌握了其原理以及制造技术。该项技术在 1997 年后开始在国内研发成功，从此迅速大量应用于钢铁、港口、水利等行业。该系统主要由车载站（地址编码发生单元和天线箱）、地面站（地址编码解码单元）和格雷母线组成，采用电磁感应原理和格雷编码原理来进行位置检测和数据通信，是一种连续的非接触式绝对位置检测方式。

格雷母线位置检测传感器通过安装在移动机车上的感应天线箱与沿轨道方向安装的扁平格雷母线之间相互感应来检测感应天线箱在格雷母线长度方向上的位置，同时利用这套格雷母线通过 FSK 方式进行车上和地面之间的感应式通信，这是一种介于有线通信和无线通信之间的通信技术。

格雷母线位置检测技术目前已在我国宝钢、武钢、梅钢、攀钢、济钢、新钢、首钢、武汉港务集团、秦皇岛港务集团、Thamesport (Isle of Grain, England)等国内外重点工程和大型有轨机械上成功投入运行。其优点是宽容度比较大，可以用于直线或环形及其他不规则位移的位置检测，定位精度适中，安装简单方便，抗电气干扰、耐污染能力非常强，防水、油、蒸汽，不怕粉尘，有车上和地上两种检测模式供选择，可以根据现场控制要求灵活合理选择检测模式。

因为格雷母线同时能够用来通信，所以车上和地面之间的数据传输可以通过自身感

应通信或无线电台或信号拖缆三种方式进行传送,大大降低了投资成本。该技术具有非接触工作方式、连续的绝对位置检测的特点,地址稳定可靠,无重码误码现象,工况适应性好,能在强粉尘、高温(最高 800 度)的环境下稳定可靠工作,不受酸、碱、油污等的影响,特别适合条件比较恶劣的粉尘、高温、腐蚀性、有毒、易燃易爆等工矿环境下长期使用。

实用表明格雷母线埋于地下、长期浸泡在水中或浇注在水泥混凝土内依然能正常可靠工作,不受天气环境影响(具有全天候工作特性),在露天环境更能显示出其得天独厚的工业应用优势。

格雷母线内部采用了交叉扭绞结构和相位比较技术,同时车上感应天线箱采用了特殊的双式天线箱专用抗干扰专利技术,所以整套系统基本不受现场电气环境的影响,已成功应用在铁矿石场等恶劣环境下并长期稳定工作。本技术采用的格雷码编排方式的唯一性相当好,格雷母线内所得格雷码按格雷顺序依次排列,永不重复,所以编解码过程中所得地址可靠准确性也极高(误码率 $<10^{-7}$),实用中表明未见有地址不准的情况出现。格雷母线装置的现场安装非常方便,完全不需改变现场环境。

其非接触式工作方式没有任何磨损存在,所以使用寿命也极长。这种检测技术的感应距离范围相当宽,偏摆容差 300mm,不怕大型有轨机械在走行过程中的震动和抖动问题,实用中还没有发生过丢失地址现象。格雷母线技术现已在钢铁、水泥、港口、水利、火电、核电、垃圾发电等领域得到成熟广泛的应用,使用后其位置检测准确可靠,不受粉尘、高温、电气干扰等的影响,维护量非常小,最高检测精度 5mm 真实可靠,没有发生过丢地址现象。

2.3 激光测距定位技术简介

激光,是一种自然界原本不存在的,因受激而发出的光。激光具有普通光所完全不具备的四大特性:

(1) 方向性好。普通光源(太阳、白炽灯或荧光灯)向四面八方发光,而激光的发光方向可以限制在小于几个毫弧度立体角内,这就使得在照射方向上的照度提高千万倍。激光准直、导向和测距就是利用方向性好这一特性。

(2) 亮度高。激光是当代最亮的光源。太阳光亮度大约是 103 瓦/(厘米²·球面度),而一台大功率激光器的输出光亮度经太阳光高出 7~14 个数量级。由于激光能量高度集中,很容易在某一微小点处产生高压和几万摄氏度甚至几百万摄氏度高温。激光打孔、切割、焊接和激光外科手术就是利用了这一特性。

(3) 单色性好。光是一种电磁波。光的颜色取决于它的波长。普通光源发出的光通常包含着各种波长,是各种颜色光的混合。而某种激光的波长,只集中在十分窄的光谱

波段或频率范围内。如氦氖激光的波长为 632.8 纳米，其波长变化范围不到万分之一纳米。为精密仪器测量和激励某些化学反应等科学实验提供了极为有利的手段。

(4) 相干性好。干涉是波动现象的一种属性。基于激光具有高方向性和高单色性的特性，它必然相干性极好。激光的这一特性使全息照相成为现实。

所谓激光技术，就是探索开发各种产生激光的方法以及探索应用激光的这些特性为人类造福的技术的总称。

自 1960 年美国研制成功世界上第一台红宝石激光器，我国也于 1961 年研制成功国产首台红宝石激光器以来，激光技术被认为是 20 世纪继量子物理学、无线电技术、原子能技术、半导体技术、电子计算机技术之后的又一重大科学技术新成就。30 多年来，激光技术得到突飞猛进的发展，不仅研制了各个特色的多种多样的激光器，而且激光应用领域不断拓展，并形成了激光唱盘唱机、激光医疗、激光加工、激光全息照相、激光照排印刷、激光打印以及激光武器等一系列新兴产业。激光技术的飞速发展，使其成为当今新技术革命的“带头技术”之一。

激光测距是以激光器作为光源进行测距^[29]。根据激光工作的方式分为连续激光器和脉冲激光器。氦氖、氩离子、氮镉等气体激光器工作于连续输出状态，用于相位式激光测距；双异质砷化镓半导体激光器，用于红外测距；红宝石、钕玻璃等固体激光器，用于脉冲式激光测距。

激光测距仪由于激光的单色性好、方向性强等特点，加上电子线路半导体化集成化，与光电测距仪相比，不仅可以日夜作业、而且能提高测距精度，显著减少重量和功耗，使测量到人造地球卫星、月球等远目标的距离变成现实。

激光测距仪一般采用两种方式测量距离：脉冲法和相位法。脉冲法测距的过程是这样的：测距仪发射出的激光经被测量物体的反射后又被测距仪接收，测距仪同时记录激光往返的时间。光速和往返时间的乘积的一半，就是测距仪和被测量物体之间的距离。脉冲法测量距离的精度是一般是在 ± 1 米左右。另外，此类测距仪的测量盲区一般是 15 米左右。

相位式激光测距仪是用无线电波段的频率，对激光束进行幅度调制并测定调制光往返测线一次所产生的相位延迟，再根据调制光的波长，换算此相位延迟所代表的距离。即用间接方法测定出光经往返测线所需的时间。相位式激光测距仪一般应用在精密测距中。由于其精度高，一般为毫米级，为了有效的反射信号，并使测定的目标限制在与仪器精度相称的某一特定点上，对这种测距仪都配置了被称为合作目标的反射镜^[30]。

激光测距仪是利用激光对目标的距离进行准确测定(又称激光测距)的仪器。激光测距仪在工作时向目标射出一束很细的激光，由光电元件接收目标反射的激光束，计时器测定激光束从发射到接收的时间，计算出从观测者到目标的距离。若激光是连续发射的，

测程可达 40 公里左右，并可昼夜进行作业。若激光是脉冲发射的，一般绝对精度较低，但用于远距离测量，可以达到很好的相对精度。

世界上第一台激光器是由美国休斯飞机公司的科学家梅曼于 1960 年，首先研制成功的。美国军方很快就在此基础上开展了对军用激光装置的研究。1961 年，第一台军用激光测距仪通过了美国军方论证试验，对此后激光测距仪很快就进入了实用联合体。

激光测距仪重量轻、体积小、操作简单速度快而准确，其误差仅为其它光学测距仪的五分之一到数百分之一，因而被广泛用于地形测量，战场测量，坦克，飞机，舰艇和火炮对目标的测距，测量云层、飞机、导弹以及人造卫星的高度等。它是提高坦克、飞机、舰艇和火炮精度的重要技术装备。由于激光测距仪价格不断下调，工业上也逐渐开始使用激光测距仪。国内外出现了一批新型的具有测距快、体积小、性能可靠等优点的微型测距仪，可以广泛应用于工业测控、矿山、港口等领域。

在台车定位中运用激光测距定位技术是一个很好的选择。利用激光传输时间来测量距离的基本原理即通过测量激光往返目标所需时间来确定目标距离，是一种连续非接触位置检测。优点是测量精度可以很高，安装简单。激光测距仪的不接触测量使得我们可以把测距仪安装在车间环境较好的区域，解决了限位开关接触式测量时由于现场环境（容易点蚀，易失灵，受温度、电压波动、外界物体靠近）而产生的一些问题。实现现场的精确的连续控制。

以前的钢包台车在不接触限位开关时是不知道它的具体位置的，现在有了激光测距仪就可以实时监测到钢包台车的具体位置，并对钢包台车进行精确控制。由于激光测距仪的不接触测量的原理，使得在实际使用中具有高可靠性、高安全性、和易于维护性，易操作性等诸多优点。

2.4 基于激光测距技术的钢包台车定位系统

基于激光测距技术的钢包台车定位系统是根据激光定位技术的原理及优点，通过系统的研究开发，用来解决现场使用限位开关所引起的一系列不便和由于限位开关自身的缺陷所产生的问题。

2.4.1 台车定位系统总体结构

钢包台车定位系统是由激光测距仪通过实时采集钢包台车的数据，通过利用激光测距仪串口（RS422）发送的数据信号，将这些信号转化为 RS485 信号后与系统中单片机进行通讯，进而实现钢包台车定位的实时跟踪。手动控制时，现场操作人员只需根据台车定位显示器显示的钢包台车距离即可实现精准操作，也可以将定位系统的数据联网到 PLC 控制系统中，实现自动控制。钢包台车定位系统的结构图 2.2 所示：

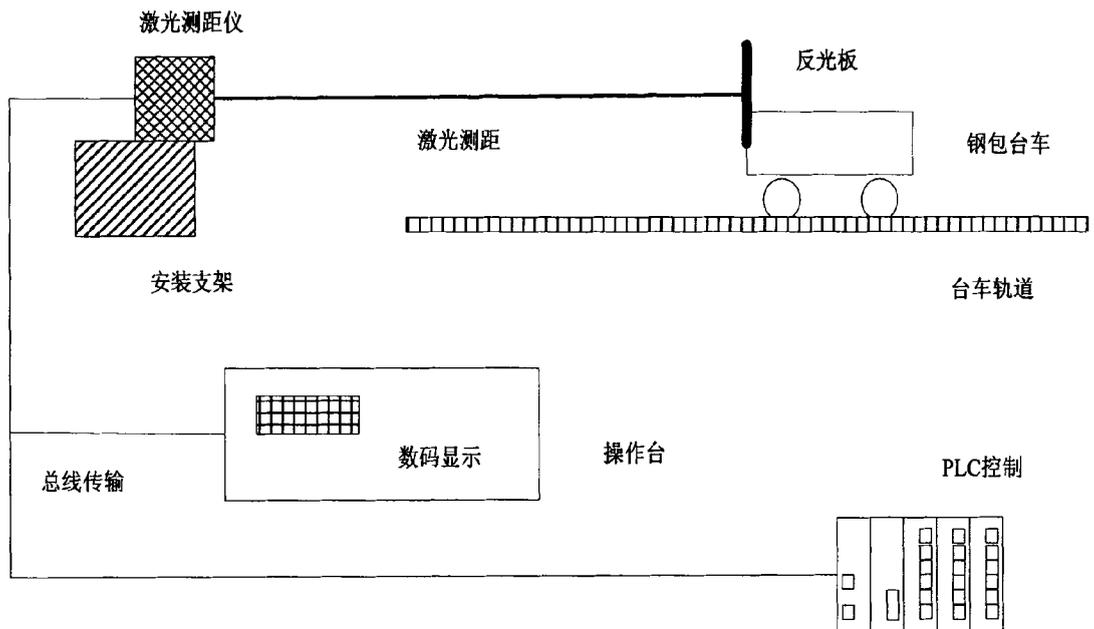


图 2.2 钢包台车定位系统结构图

Fig.2.2 Ladle trolley positioning system structure diagram

激光测距仪采用“相位差测时间来测距”的原理，发射可见红色激光。钢包台车位置安装反光板，当台车做往返运行时，激光测距仪通过激光反射原理来进行计算，时刻测出钢包台车的运行位置，并实时通过数码显示管进行显示。钢包台车定位系统可以实现以下功能：

(1) 实现台车作业过程的数据采集，进而实现台车位置的精确跟踪。

(2) 实时监控钢包位置。通过激光测距设备实时监控钢包位置，为下一步有效而精准地调度钢包建立基础。

2.4.2 台车定位系统硬件组成部分

本文所设计的钢包台车定位系统的硬件部分主要实现的功能为：

(1) 测距功能。通过激光测距仪实时检测钢包台车的位置。

(2) 现场显示距离。采用稳定性较高的 51 系列单片机，把激光测距信号转化为相对应的距离值，实时显示在现场数码管上。

(3) 控制功能。将现场实时采集到钢包台车运行数据，传递到 MES 系统和 PLC 控制系统中，可以实现对钢包台车运行控制功能。

钢包台车定位系统硬件组成如表 2.1 所示：

表2.1 定位系统硬件组成表

Table 2.1 Positioning system hardware composition table

名称	规格型号	生产厂家	数量
激光测距仪	DME3000-111P	SIKC	11
反光板	PL240F	SIKC	11
安装支架	AK-DME	Anchor	11
传输接头	DOL-1608-G05MA	SIKC	1
单片机控制器	AK-DMEAT51	Anchor	11
数码显示板	AK-DMEXSB	Anchor	11
转换头	422-485	SIKC	11
转换头	485-232	SIKC	11

在台车定位中运用激光定位技术是一个很好的选择。利用激光传输时间来测量距离的基本原理即通过测量激光往返目标所需时间来确定目标距离，是一种连续非接触位置检测。优点是测量精度可以很高，安装简单。本系统选用的激光测距仪为德国 SIKC 公司的 DME3000-111P 产品，该产品具体参数性能如下：

- (1) 发出的激光为可见二级激光，易于对准；
- (2) 测量精度较高，可达 $\pm 5\text{mm}$ ；
- (3) 采用“相位差测时间来测距”的原理，精度高；
- (4) 测量距离较远，可达 500m（镜反射式）；
- (5) 两个自由设定的开关量输出和预报警及测量可靠性输出信号；
- (6) 带红外滤光片的型号可用于检测高温物体；
- (7) 可提供模拟量和 RS422/PROFIBUS/SSI 等多种数据处理接口；
- (8) 工作温度范围 $-10^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ （可选带加热器 $-25^{\circ}\text{C}\sim+75^{\circ}\text{C}$ ）；
- (9) 防护等级为 IP65（有效防止粉尘和水汽侵入）；
- (10) 工作电压范围 18-30VDC；
- (11) 激光光源：IEC 825-1/EN 60825-1；
- (12) 光点大小约 $35*20\text{mm}@100\text{m}$ ；
- (13) 使用寿命 $>50000\text{h}$ 。

激光测距仪的安装要充分考虑到防震性和易维护性等因素。防震性指的是激光测距仪的安装支架安装在平地上并且增加防震脚垫，可以有效的减小由于震动而引起的测量误差；易维护性指的是激光测距仪能够快速地进行水平和垂直两个方向的调整。为了保证安装的稳定性，地面采用整体钢板固定，边部平均分配 8 个膨胀螺栓，中间再固定一个膨胀螺栓。供电方面，接入 220V 照明电压，名纬 S-50-24 型电源将 220V 电压转换为

24V 电压供激光测距仪使用，名纬 S-50-12 型电源将 220V 电压变换为 5V 电压供数传电台使用。激光测距仪安装示意图如图 2.3 所示：

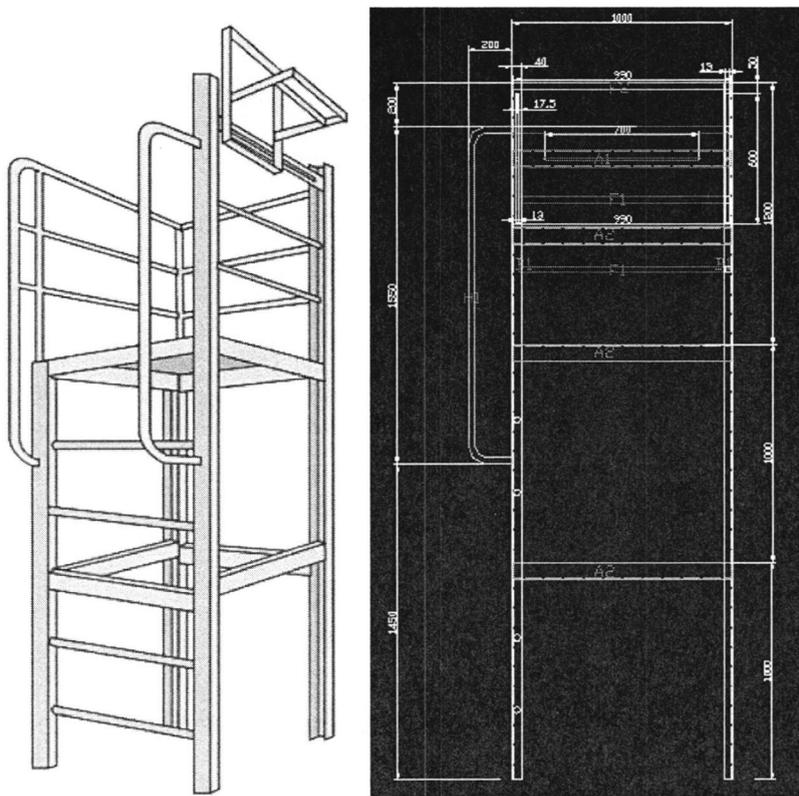


图 2.3 安装示意图

Fig.2.3 Installation diagram

考虑到钢包本身的温度影响我们在台车的底部装上安装支架使反光板与台车有一定的间隔，以减小台车温度对反光板的影响，在反光板上加防护罩，避免在到钢水时由于钢水溅到反光板上，烧毁反光板。反光板的安装示意图如图 2.4 所示：

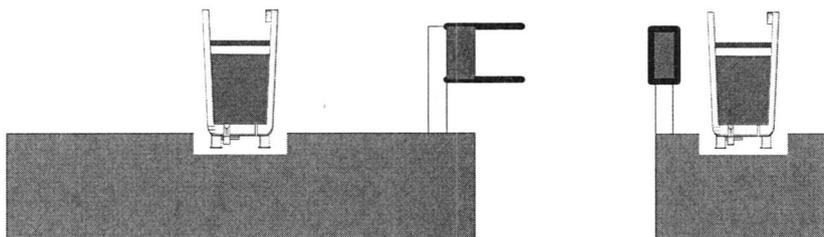


图 2.4 反光板安装示意图

Fig.2.4 Reflective plate installation diagram

钢包台车定位系统硬件部分现场安装位置如图 2.5 所示：

MAX232 的芯片引脚如图 2.7 所示。

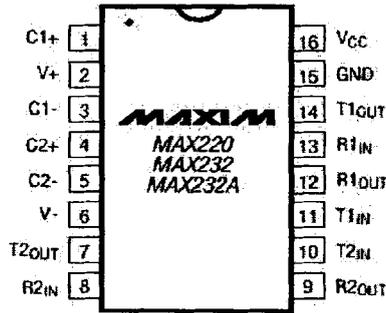


图2.7 MAX232芯片引脚图
Fig.2.7 MAX232 chip pin diagram

结合本设计的控制系统功能，管脚具体功能分配如下：

(1) 1、3、4、5 脚分别为 C1+，C1-，C2+，C2-，为外接电容端；

(2) 2 脚 V+，经电容接+5V 电源；

(3) 6 脚 V-，经电容接地；

(4) 7、14 脚分别为 T1OUT，T2OUT：2 路转换后的发送 RS-232 电平信号输出端，接传输线；

(5) 8、13 脚分别为 R1IN，R2IN：2 路 RS-232 电平信号接收输入端；

(6) 9、12 脚分别为 R1OUT，R2OUT：2 路转换后的 TTL 电平接收信号输出端，送单片机的 RXD 接收端；

(7) 15 脚为 GND，逻辑信号的接地端；

(8) 16 脚为 VCC，接电源的正极。

钢包台车通信电路软件流程图如图 2.8 所示。

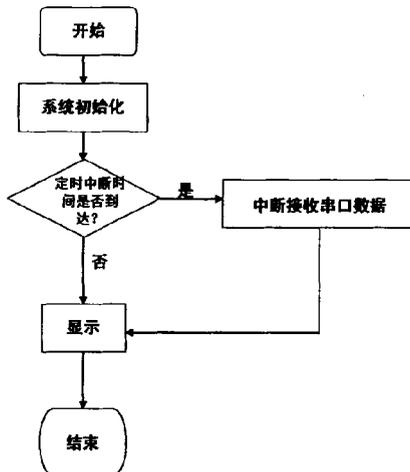


图2.8 软件流程图
Fig.2.8 Software flow diagram

程序编写如下:

```

MOV TMOD,#22H      ;设定定时器工作方式
MOV SCON,#40H
MOV TH1,#0FAH      ;速度 9600
MOV PCON,#80H
SETB TR1
SETB REN            ;允许接收
AJMP START
START: MOV DPTR,A ;查表
SENDA:  CLR A;
        MOVCA,@A+DPTR
        CJNE A, #'$',SENDA_0
        AMJP $      ;遇到$停止。
SENDA_0:MOV SBUF,A
        JNB TI,$    ;串行发送一帧结束了吗?
        CLR TI;
        INC DPTR    ;指针加一
        LJMP SENDA

```

(2) 数据分析及显示功能的实现

数据分析主要是针对单片机采集来的激光测距仪的信号,把激光测距仪的信号转换为相对应的距离值,显示在数码管电路上,并可根据需要对该数据进行处理,进一步的转换为控制信号,这一部分如果需要可以直接对钢包台车的行走进行精确控制。现场直接可以实现对钢包台车的控制。

控制芯片采用的是 AT89S51 单片机进行处理,AT89S51 单片机在工业上应用比较广泛,技术成熟,性能稳定可靠。

AT89S51 是一个低功耗,高性能 CMOS 8 位单片机,片内含 4k Bytes ISP(In-system programmable)的可反复擦写 1000 次的 Flash 只读程序存储器,器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术制造,兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构,芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISP Flash 存储单元,功能强大的微型计算机的 AT89S51 可为许多嵌入式控制应用系统提供高性价比的解决方案。为钢包台车定位系统的运行提供可靠的保证。

AT89S51 具有如下特点:40 个引脚,4k Bytes Flash 片内程序存储器,128 bytes 的随机存取数据存储器 (RAM),32 个外部双向输入/输出 (I/O) 口,5 个中断优先级 2 层中断嵌套中断,2 个 16 位可编程定时计数器,2 个全双工串行通信口,看门狗 (WDT) 电路,片内时钟振荡器^[31-32]。AT89S51 单片机如图 2.9 所示。

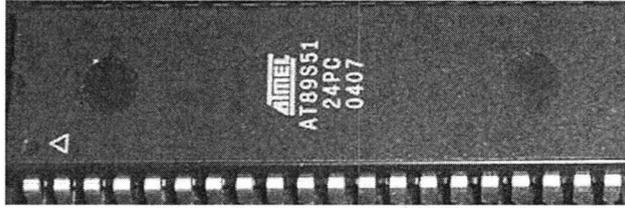


图 2.9 AT89S51 单片机

Fig.2.9 AT89S51 single chip microcomputer

数据显示是单片机把采集到的数据分析后发送到数码管显示，使现场操作人员可以直观的看见当前钢包台车的位置情况。

在数码管显示部分采用的是数码管的动态显示，数码管动态显示是单片机中应用最为广泛的一种显示方式之一，一个 LED 4 段数码管，如图 2.10 所示。所谓动态驱动就是将所有数码管的 8 个显示笔划"a,b,c,d,e,f,g,dp"的同名端连在一起，另外为每个数码管的公共极 COM 增加位元选通控制电路，位元选通由各自独立的 I/O 线控制，当单片机输出字形码时，所有数码管都接收到相同的字形码，但究竟是那个数码管会显示出字形，取决于单片机对位元选通 COM 端电路的控制，所以我们只要将需要显示的数码管的选通控制打开，该位元就显示出字形，没有选通的数码管就不会亮。数码管如图 2.10 所示：



图 2.10 数码管

Fig.2.10 Digital tube

显示电路的数码管逻辑表如图 2.11 所示：

		P2.0 LED位	P0.4 A	P0.7 F	P2.1 LED位	P2.2 LED位	P0.5 E			
		a	b	c	d	e	f	g	dp	
		B	D	DP	C	G	F			
		P0.1	P0.3	P0.2	P0.0	P0.6	LED位			
		C	E	DP	D	A	B	G	F	
		Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	
0		1	1	0	1	1	1	0	1	dd
1		1	0	0	0	0	1	0	0	84
2		0	1	0	1	1	1	0	0	5e
3		1	0	0	1	1	1	1	0	9c
4		1	0	0	0	0	1	1	1	87
5		1	0	0	1	1	0	1	1	9b
6		1	1	0	1	1	0	1	1	db
7		1	0	0	0	1	1	0	0	8c
8		1	1	0	1	1	1	1	1	df
9		1	0	0	0	1	1	1	1	9f

图 2.11 数码管逻辑表

Fig.2.11 Digital logic tube

程序编写如下：

```

DISPLAY:
    SETB  P2.3
    CLR   P2.0      ;选中第一个数码管
    MOV   P0,A      ;显示
    LCALL DELAY    ; 调用延时
    MOV   P0,#0FFH ;关显示
    SETB  P2.0
    CLR   P2.1      ;选中第二个数码管
    MOV   P0,A
    LCALL DELAY
    MOV   P0,#0FFH
    SETB  P2.1
    CLR   P2.2      ;选中第三个数码管
    MOV   P0,A
    LCALL DELAY
    MOV   P0,#0FFH
    SETB  P2.2
    CLR   P2.3      ;选中第四个数码管
    MOV   P0,A
    LCALL DELAY
    MOV   P0,#0FFH
    LCALL DELAY
    MOV   P0,#0FFH
    LCALL DELAY
    MOV   P0,#0FFH
DELAY:                                ;延时子程序
    MOV   R7,#2
    LOOP:NOP
    NOP
    DJNZ  R7,LOOP

```

2.4.4 台车定位系统实施效果

钢包台车的安全运行是十分重要的，为了保证整个系统的安全，从硬件、软件、应用方面都要有严格的保证。软件方面采用先进的算法可以保证检测的精确和现场报警功能，保证系统安全稳定的运行。扩展性是一切软硬件系统建设都必须的要求，这是需求升级的基础考量。设计方面的扩展性主要是采用标准的硬件接口（Profibus、RS422）、采用成熟的基础组件。这里不仅可以使使用安可的硬件系统进行操作，而且可以利用通信扩展接口（Profibus-DP）与西门子的 PLC 控制模块连接进行控制。对于钢包台车系统

来说，易维护性主要体现为系统中均为模块化配置，包括激光测距仪、显示仪器仪表、通信模块和传输电缆等。当某一模块出现故障时只需及时更换，便可解决问题。

通过应用采用激光测距技术实现钢包台车的定位这一系统，可以精准的掌握钢包台车的运行状况及位置，由于激光测距仪的精度极高，51 系列单片机运行稳定，通信电路技术成熟，现场设计安装考虑得当周全，因而整个系统的稳定性较高。

2.5 本章小结

本章首先明确了钢包台车定位在钢包跟踪系统中的作用，介绍了钢包台车定位的意义和目前钢包台车定位的现状，并对钢包台车采用的多种定位方式进行了对比，重点介绍了激光测距技术在钢包台车定位应用方面的特点及优势。同时通过利用激光测距技术，实现了钢包台车的定位系统的开发。钢包台车定位系统的稳定运行，为钢包跟踪系统的整体运行奠定了坚实的基础。

第3章 基于射频读卡技术的天车定位系统

钢包的运转是通过天车吊运完成的。在炼钢生产过程中，无论是转炉出钢，还是从精炼站到连铸机，钢包的运转都需要天车将其吊运到指定位置。当天车吊运起钢包后，钢包与天车相对静止，对天车位置能够清楚的确定下来，就间接的完成了钢包在吊运过程的全程跟踪。天车定位是实现钢包跟踪的另一个重要环节。本章主要介绍了射频读卡技术在天车定位系统的应用，提出了天车定位系统的总体结构。

3.1 天车定位的意义

天车是炼钢生产过程中不可缺少的主体设备，它是衔接炼钢厂各个工序之间的纽带。生产物流跟踪作为MES的重要组成部分，在钢铁企业生产过程中起着至关重要的作用，是钢铁企业信息化建设的基础。炼钢生产的主要物流都是天车参与完成的，天车在炼钢生产物流跟踪中起着极为重要的作用。

随着科学技术的发展和现代化炼钢生产需要，炼钢生产对天车的功能和性能的要求越来越高，尤其是自动生产线系统。在炼钢生产过程中，生产管理需要获得铁水的入炉量、出炉量；转炉每炉入炉铁水量、装入废钢量、转炉出钢量。这些数据都可以通过现场天车吊运钢铁料的重量变化、天车的位置变化中获得。通过与炼钢厂的工艺流程相结合。计算机就可以根据重量逻辑、位置逻辑和时序逻辑来定性、定量判断天车进行了何种作业，从而自动计量出兑入铁水量、加入废钢量、出钢量和连铸消耗等。代替了抄报员的繁重工作。管理人员可及时了解生产状况。减少虚报、漏报现象。因此对天车运行位置的确定是实现上述现代化炼钢要求的基础。

由于炼钢生产的连续性，天车作业非常频繁，并且工艺复杂，天车位置检测本身具有较强的难度。目前对天车位置检测常用的方式有对射式红外线定位技术和射频读卡定位技术。

在光谱中波长自0.76至400微米的一段称为红外线，红外线是不可见光线。所有高于绝对零度的物质都可以产生红外线。现代物理学称之为热射线。红外线是太阳光线中众多不可见光线中的一种，由英国科学家霍胥尔于1800年发现，又称为红外热辐射，他将太阳光用三棱镜分解开，在各种不同颜色的色带位置上放置了温度计，试图测量各种颜色的光的加热效应。结果发现，位于红光外侧的那支温度计升温最快。因此得出结论：太阳光谱中，红光的外侧必定存在看不见的光线，这就是红外线。也可以当作传输之媒介。太阳光谱上红外线的波长大于可见光线，波长为0.75~1000 μm 。红外线可分为三部

分,即近红外线,波长为 $(0.75-1)\sim(2.5-3)\mu\text{m}$ 之间;中红外线,波长为 $(2.5-3)\sim(25-40)\mu\text{m}$ 之间;远红外线,波长为 $(25-40)\sim 1000\mu\text{m}$ 之间。对射式红外线定位技术是利用红外线经LED红外光发射二极管,再经光学镜面做聚焦处理使光线传至很远距离,由受光器接受。当光线被遮断时经过系统计算就会记录天车位置。但由于红外线检测对天车工操作要求较高,并且日常维护量较大,定位可靠性不高,容易丢失天车运行位置。无法正常保证系统的正常运行。

由于炼钢现场环境差、电磁干扰比较严重,天车的作业性质决定其数据只能无线传输,所以天车物流子站的设计是物流系统的核心。对炼钢厂钢水准确、可靠的自动跟踪计量,便于生产调度的协调指挥。射频读卡定位技术是利用无线射频方式进行非接触识别,无需外露电触点,电子标签的芯片可按不同的应用要求来封装,可抵御各种恶劣环境,可同时识别多个电子标签和高速运动的电子标签以完成多目标识别。典型的射频读卡系统是由电子标签、读写器以及数据交换及管理系统组成。读写器由无线收发模块、无线及接口电路等组成。根据行车定位精度的要求,沿行车轨道按一定间隔放置电子标签,同时在转炉、连铸等区域的关键位置放置电子标签,确保定位范围满足跟踪要求。在行车对应位置安装识别装置,对铺设的电子便签设置绝对地址编码。当行车运行在铺设电子标签的位置时,车载读码器读出该标签地址编码,并与行车秤的重量数据打包无线发送到地面指挥中心工作站。地面站利用算法模型对接收到的行车位置信号和钢包重量信息进行分析推理,判断钢包的操作状态并记录相关数据,最终实现对天车位置的定位。

3.2 射频读卡技术简介

射频读卡技术又称为射频识别技术,即RFID(Radio Frequency Identification)技术,又称电子标签、无线射频识别,是一种通信技术,可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触。射频识别技术(Radio Frequency Identification,缩写RFID),是20世纪80年代发展起来的一种新兴自动识别技术,射频识别技术是一项利用射频信号通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的的技术。射频识别技术在低频段基于变压器耦合模型(初级与次级之间的能量传递及信号传递),在高频段基于雷达探测目标的空间耦合模型(雷达发射电磁波信号碰到目标后携带目标信息返回雷达接收机)。1948年哈里斯托克曼发表的“利用反射功率的通信”奠定了射频识别技术的理论基础。射频识别技术实际上是自动识别技术(AEI, Automatic Equipment Identification)在无线电技术方面的具体应用与发展。该项技术的基本思想是,通过采用一些先进的技术手段,实现

人们对各类物体或设备（人员、物品）在不同状态（移动、静止或恶劣环境）下的自动识别和管理^[33]。

RFID 射频识别是一种非接触式的自动识别技术，它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据，识别工作无需人工干预，可工作于各种恶劣环境。RFID 技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签，操作快捷方便。RFID 是一种简单的无线系统，只有两个基本器件，该系统用于控制、检测和跟踪物体。系统由一个询问器（或阅读器）和很多应答器（或标签）组成。标签(Tag)：由耦合元件及芯片组成，每个标签具有唯一的电子编码，附着在物体上标识目标对象。

最初在技术领域，应答器是指能够传输信息回复信息的电子模块，近些年，由于射频技术发展迅猛，应答器有了新的说法和含义，又被叫做智能标签或标签。RFID 电子电梯合格证的阅读器（读写器）通过天线与 RFID 电子标签进行无线通信，可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的阅读器包含有高频模块（发送器和接收器）、控制单元以及阅读器天线^[34]。

一套完整的 RFID 系统，是由阅读器(Reader)与电子标签(TAG)也就是所谓的应答器(Transponder)及应用软件系统三个部份所组成，其工作原理是 Reader 发射一特定频率的无线电波能量给 Transponder,用以驱动 Transponder 电路将内部的数据送出,此时 Reader 便依序接收解读数据,送给应用程序做相应的处理。阅读器(Reader)是读取（有时还可以写入）标签信息的设备，可设计为手持式或固定式。阅读器根据使用的结构和技术不同可以是读或读/写装置，是 RFID 系统信息控制和处理中心^[35]。阅读器通常由耦合模块、收发模块、控制模块和接口单元组成。阅读器和应答器之间一般采用半双工通信方式进行信息交换，同时阅读器通过耦合给无源应答器提供能量和时序。在实际应用中，可进一步通过 Ethernet 或 WLAN 等实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。应答器是 RFID 系统的信息载体，目前应答器大多是由耦合原件（线圈、微带天线等）和微芯片组成无源单元。天线(Antenna)是用于在标签和读取器间传递射频信号^[36]。

非接触式 ID 卡又称射频卡，是世界上最近几年发展起来的一项新技术，在卡片靠近读写器表面时即可完成卡中数据的读写操作，它成功地将射频识别技术和 ID 技术结合起来，解决了无源（卡中无电源）和免接触这一难题，是电子器件领域的一大突破，与接触式 IC 卡相比较，非接触式 ID 卡具有以下优点：

(1) 可靠性高 非接触式 ID 卡与读写器之间无机械接触，避免了由于接触读写而产生的各种故障。例如：由于粗暴插卡、非卡外物插入，灰尘或油污导致接触不良等原因造成的故障。此外，非接触式 ID 卡表面无裸露的芯片，无须担心芯片脱落、静电击穿、弯曲、损坏等问题，既便于卡片的印刷，又提高了卡片使用的可靠性。

(2) 操作方便、快捷 由于使用射频通讯技术，读写器在 10cm 范围内就可以对卡片

进行读写,没有插拔卡的动作。非接触 ID 卡使用时没有方向性,卡片可以任意方向掠过读写器表面,读写时间不大于 0.1 秒,大大提高了每次使用的速度。

(3) 安全防冲突 非接触式 ID 卡的序列号是唯一的,制造厂家在产品出厂前已将此序列号固化,不可更改。世界上没有任何两张卡的序列号会相同。非接触式 ID 卡读写器之间采用双向验证机制,即读写器验证 ID 卡的合法性,同时 ID 卡也验证读写器的合法性。非接触式 ID 卡在操作前要与读写器进行三次相互认证,而且在通讯过程中所有数据都被加密。卡中各个扇区都有自己的操作密码和访问条件^[37]。

非接触式 IC 卡由 IC 芯片、感应天线组成,封装在一个标准 PVC 卡片中,无外露部分。非接触式 IC 卡的读写过程,是由 IC 芯片与读写器之间通过无线电波来完成读写操作^[38]。非接触式 IC 卡是一种无源体,当读写器对卡进行读写操作时,读写器发出的信号由两部分叠加组成:一部分是电源信号,该信号由卡接收后,与其本身的 L/C 产生谐振,产生一个瞬间能量来供给芯片工作。另一部分则是结合数据信号,指挥芯片完成数据的修改、存储等,并返回给读写器,完成一次读写操作。

目前生产 RFID 产品的很多公司都采用自己的标准,国际上还没有统一的标准^[38]。目前,可供射频卡使用的几种标准有 ISO10536、ISO14443、ISO15693 和 ISO18000。应用最多的是 ISO14443 和 ISO15693,这两个标准都由物理特性、射频功率和信号接口、初始化和反碰撞以及传输协议四部分组成。按照不同得方式,射频卡有以下几种分类:

(1) 按供电方式分为有源卡和无源卡。有源是指卡内有电池提供电源,其作用距离较远,但寿命有限、体积较大、成本高,且不适合在恶劣环境下工作;无源卡内无电池,它利用波束供电技术将接收到的射频能量转化为直流电源为卡内电路供电,其作用距离相对有源卡短,但寿命长且对工作环境要求不高。

(2) 按载波频率分为低频射频卡、中频射频卡和高频射频卡。低频射频卡主要有 125kHz 和 134.2kHz 两种,中频射频卡频率主要为 13.56MHz,高频射频卡主要为 433MHz、915MHz、2.45GHz、5.8GHz 等。低频系统主要用于短距离、低成本的应用中,如多数的门禁控制、校园卡、动物监管、货物跟踪等。中频系统用于门禁控制和需传送大量数据的应用系统;高频系统应用于需要较长的读写距离和高读写速度的场合,其天线波束方向较窄且价格较高,在火车监控、高速公路收费等系统中应用^[39]。

(3) 按调制方式的不同可分为主动式和被动式。主动式射频卡用自身的射频能量主动地发送数据给读写器;被动式射频卡使用调制散射方式发射数据,它必须利用读写器的载波来调制自己的信号,该类技术适合用在门禁或交通应用中,因为读写器可以确保只激活一定范围之内的射频卡。在有障碍物的情况下,用调制散射方式,读写器的能量必须来去穿过障碍物两次。而主动方式的射频卡发射的信号仅穿过障碍物一次,因此主动方式工作的射频卡主要用于有障碍物的应用中,距离更远(可达 30 米)。

(4) 按作用距离可分为密耦合卡(作用距离小于 1 厘米)、近耦合卡(作用距离小于 15 厘米)、疏耦合卡(作用距离约 1 米)和远距离卡(作用距离从 1 米到 10 米, 甚至更远)。

(5) 按芯片分为只读卡、读写卡和 CPU 卡。

RFID 技术的基本工作原理并不复杂, 标签进入磁场后, 接收解读器发出的射频信号, 凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息 (Passive Tag, 无源标签或被动标签), 或者由标签主动发送某一频率的信号 (Active Tag, 有源标签或主动标签), 解读器读取信息并解码后, 送至中央信息系统进行有关数据处理。以 RFID 卡片阅读器及电子标签之间的通讯及能量感应方式来看大致上可以分成: 感应耦合(Inductive Coupling) 及后向散射耦合(Backscatter Coupling)两种^[40]。一般低频的 RFID 大都采用第一种式, 而较高频大多采用第二种方式。

RFID 标签分为被动, 半被动 (也称作半主动), 主动三类。

(1) 被动式。被动式标签没有内部供电电源。其内部集成电路通过接收到的电磁波进行驱动, 这些电磁波是由 RFID 读取器发出的。当标签接收到足够强度的讯号时, 可以向读取器发出数据。这些数据不仅包括 ID 号 (全球唯一标示 ID), 还可以包括预先存在于标签内 EEPROM 中的数据。由于被动式标签具有价格低廉, 体积小巧, 无需电源的优点。目前市场的 RFID 标签主要是被动式的。

(2) 半主动式。一般而言, 被动式标签的天线有两个任务, 第一: 接收读取器所发出的电磁波, 藉以驱动标签 IC; 第二: 标签回传信号时, 需要靠天线的阻抗作切换, 才能产生 0 与 1 的变化。问题是, 想要有最好的回传效率的话, 天线阻抗必须设计在“开路与短路”, 这样又会使信号完全反射, 无法被标签 IC 接收, 半主动式标签就是为了解决这样的问题。半主动式类似于被动式, 不过它多了一个小型电池, 电力恰好可以驱动标签 IC, 使得 IC 处于工作的状态^[41]。这样的好处在于, 天线可以不用管接收电磁波的任务, 充分作为回传信号之用。比起被动式, 半主动式有更快的反应速度, 更好的效率。

(3) 主动式。与被动式和半被动式不同的是, 主动式标签本身具有内部电源供应器, 用以供应内部 IC 所需电源以产生对外的讯号。一般来说, 主动式标签拥有较长的读取距离和较大的记忆体容量可以用来储存读取器所传送来的一些附加讯息。

射频读卡技术包括了一整套信息技术基础设施, 包括: 射频识别标签, 又称射频标签、电子标签, 主要由存有识别代码的大规模集成线路芯片和收发天线构成, 目前主要为无源式^[42], 使用时的电能取自天线接收到的无线电波能量; 射频识别读写设备以及与相应的信息服务系统, 如进存销系统的联网等。将射频识别技术与条码 (Barcode) 技术相互比较, 射频类别拥有许多优点, 如: 可容纳较多容量。通讯距离长。难以复制。对环境变化有较高的忍受能力。可同时读取多个标签。相对地有缺点, 就是建置成本较高。不过目前透过该技术的大量使用, 生产成本就可大幅降低。

目前定义 RFID 产品的工作频率有低频、高频和超高频的频率范围内的符合不同标准的不同的产品，而且不同频段的 RFID 产品会有不同的特性。其中感应器有无源和有源两种方式，下面详细介绍无源的感应器在不同工作频率产品的特性以及主要的应用。

(1) 低频（从 125KHz 到 135KHz）。其实 RFID 技术首先在低频得到广泛的应用和推广。该频率主要是通过电感耦合的方式进行工作，也就是在读写器线圈和感应器线圈间存在着变压器耦合作用。通过读写器交变场的作用在感应器天线中感应的电压被整流，可作供电电压使用。磁场区域能够很好的被定义，但是场强下降的太快。射频读卡技术在低频应用具有以下特性：工作在低频的感应器的一般工作频率从 120KHz 到 134KHz, TI 的工作频率为 134.2KHz, 该频段的波长大约为 2500m; 除了金属材料影响外，一般低频能够穿过任意材料的物品而不降低它的读取距离；工作在低频的读写器在全球没有任何特殊的许可限制；低频产品有不同的封装形式。好的封装形式就是价格太贵，但是有 10 年以上的使用寿命；虽然该频率的磁场区域下降很快，但是能够产生相对均匀的读写区域；相对于其他频段的 RFID 产品，该频段数据传输速率比较慢；感应器的价格相对与其他频段来说要贵。根据射频读卡技术在低频段的特点，其主要应用在以下方面：畜牧业的管理系统；汽车防盗和无钥匙开门系统的应用；马拉松赛跑系统的应用；自动停车场收费和车辆管理系统；自动加油系统的应用；酒店门锁系统的应用；门禁和安全管理系统。

(2) 高频（工作频率为 13.56MHz）。在该频率的感应器不再需要线圈进行绕制，可以通过腐蚀或者印刷的方式制作天线。感应器一般通过负载调制的方式进行工作。也就是通过感应器上的负载电阻的接通和断开促使读写器天线上的电压发生变化，实现用远距离感应器对天线电压进行振幅调制。如果人们通过数据控制负载电压的接通和断开，那么这些数据就能够从感应器传输到读写器。

射频读卡技术在高频段应用具有以下特性：工作频率为 13.56MHz，该频率的波长大概为 22m；除了金属材料外，该频率的波长可以穿过大多数的材料，但是往往会降低读取距离，感应器需要离开金属一段距离；该频段在全球都得到认可并没有特殊的限制；感应器一般以电子标签的形式；虽然该频率的磁场区域下降很快，但是能够产生相对均匀的读写区域；该系统具有防冲撞特性，可以同时读取多个电子标签；可以把某些数据信息写入标签中；数据传输速率比低频要快，价格不是很贵。

根据射频读卡技术在高频段的特点，其主要应用在以下方面：图书管理系统的应用；瓦斯钢瓶的管理应用；服装生产线和物流系统的管理和应用；三表预收费系统；酒店门锁的管理和应用；大型会议人员通道系统；固定资产的管理系统；医药物流系统的管理和应用；智能货架的管理。

(3) 超高频（工作频率为 860MHz 到 960MHz 之间）。超高频系统通过电场来传输能

量。电场的能量下降的不是很快，但是读取的区域不是很好进行定义。该频段读取距离比较远，无源可达 10m 左右。主要是通过电容耦合的方式进行实现。

射频读卡技术在超高频段应用具有以下特性：在该频段，全球的定义不是很相同—欧洲和部分亚洲定义的频率为 868MHz，北美定义的频段为 902 到 905MHz 之间，在日本建议的频段为 950 到 956 之间。该频段的波长大概为 30cm 左右；目前，该频段功率输出目前没有统一的定义（美国定义为 4W，欧洲定义为 500mW，可能欧洲限制会上升到 2W EIRP；超高频频段的电波不能通过许多材料，特别是水，灰尘，雾等悬浮颗粒物；电子标签的天线一般是长条和标签状^[43]。天线有线性和圆极化两种设计，满足不同应用的需求；该频段有好的读取距离，但是对读取区域很难进行定义；有很高的数据传输速率，在很短的时间可以读取大量的电子标签。

根据射频读卡技术在超高频段的特点，其主要应用在以下方面：供应链上的管理和应用；生产线自动化的管理和应用；航空包裹的管理和应用；集装箱的管理和应用；铁路包裹的管理和应用；后勤管理系统的应用。在将来，超高频的产品会得到大量的应用。例如 WalMart, Tesco，美国国防部和麦德龙超市都会在它们的供应链上应用 RFID 技术。

有源 RFID 技术(2.45GHz、5.8G)，有源 RFID 具备低发射功率、通信距离长、传输数据量大，可靠性高和兼容性好等特点，与无源 RFID 相比，在技术上的优势非常明显。被广泛地应用到公路收费、港口货运管理等应用中。射频识别作为一种新兴的自动识别技术，在中国拥有巨大的发展潜力^[44]。

3.3 基于射频读卡技术的天车定位系统

基于射频读卡技术的天车定位系统是根据射频读卡技术的原理及优点，通过系统的研究开发，在充分考虑到天车在炼钢生产中电源稳定性不强、炼钢现场干扰信号多等实际特点的基础上，用来实现钢铁工业现场天车物料采集跟踪的问题。通过对天车的定位，进而实现对钢包的连续跟踪，从而清楚的掌控炼钢厂物流状况。

3.3.1 天车定位系统总体结构

首钢迁钢二炼钢天车每列走台长 290 米，天车跨度均在 20 米以上，天车车体宽度在 20 米左右。考虑到炼钢生产的实际特点，天车定位系统天车定位精度的要求控制在 1 米范围内。天车定位系统就是利用沿着天车运行轨道按照 1 米的间隔放置电子标签，在天车小车轨道也按照 1 米的间隔放置电子标签，同时在转炉出钢位置、精炼站位置、板坯连铸机位置放置电子标签，确保定位范围满足跟踪要求。在天车轨道运行一侧的对应位置安装识别装置，对所铺设在轨道上得电子标签设置绝对地址编码。当天车运行到铺设电子标签的位置时，车载读码器读出唯一的地址编码，并通过无线发射的方式发送到

地面服务器，地面工作站利用算法模型对接收到的天车位置信号以及重量信号进行分析判断，最终确定出天车所处于炼钢厂房的具体位置。天车定位系统结构如图 3.1 所示：

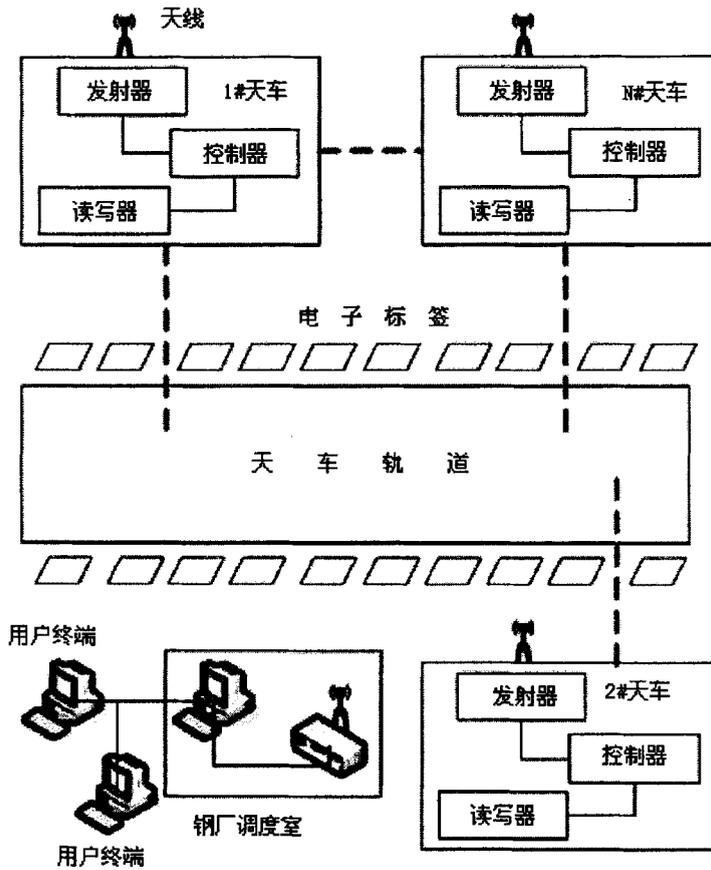


图 3.1 天车定位系统结构图

Fig.3.1 Crane positioning system structure diagram

天车定位系统可以实现以下功能：

- (1) 实现天车系统的时刻定位，通过电子标签时刻监测天车所处位置；
- (2) 实现对钢包的定位，通过对天车位置信号及重量信号的监测判断，来判定天车吊运钢包的状态及位置；
- (3) 实时显示整个厂房内天车的运行状态及天车重量的计量；
- (4) 能实时采集天车的所有数据进入 MES 系统及 PLC 系统。

3.3.2 天车定位系统的功能及架构

(1) 天车定位系统的总体目标

采用可靠的定位跟踪技术，对炼钢生产所有炉次的主要物料流和数据流进行无人干预的实时自动跟踪,掌控生产节奏，组织平衡生产，提高产量，稳定质量，降低消耗，并

实现以下目标:

- ①各转炉分班次的无人干预的全程炉号传递和铁水、废钢、合金料重量值溯源;
- ②单各铸机分班次的无人干预的全程炉号传递、钢种传递和钢渣重量量值溯源;
- ③实现各个转炉与铸机间钢水买卖关系;
- ④对生产过程数据, 能源数据, 质量数据集中采集; 并以物流数据为主线重新组织数据, 全面反映每一炉的消耗和质量状况;
- ⑤自动跟踪统计包龄, 辅助包龄考核;
- ⑥精确统计各生产环节的操作时间, 辅助调度实时监控物流平衡生产, 控制产量、质量, 优化调度指挥。

(2) 天车定位系统可以实现的功能

根据炼钢生产的多种需要, 依据射频读卡技术, 可靠的天车定位系统在炼钢物流跟踪过程中发挥着巨大的作用。通过定位系统, 不间断的对现场生产物流过程数据进行采集记录。天车定位系统采集结构图如图3.2所示:

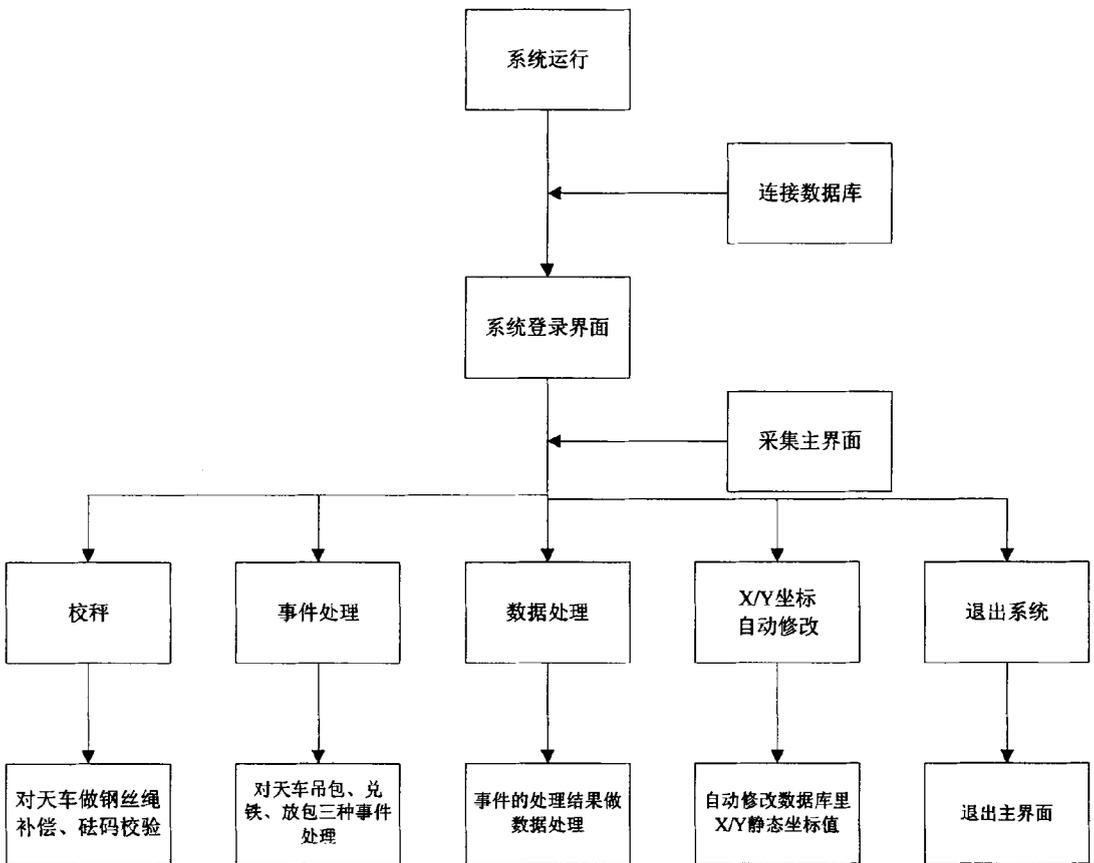


图 3.2 天车定位系统采集结构图

Fig.3.2 Crane positioning system acquisition structure

通过对现场采集的数据进行分析, 天车定位系统可以实现以下功能:

① 数据自动采集功能

铁水倒灌站：自动采集铁水站进厂铁水包数、重量、时间、天车编号；

铁水脱硫站：自动采集铁水包进出脱硫站时间；铁水包进出脱硫站重量；吊运铁水包天车编号；

转炉：熔炼号及炉龄自动跟踪；入炉铁水量、时间、天车编号；入炉废钢重量、时间、天车编号；出钢重量、时间、天车编号；

RH 精炼炉：进出 RH 精炼站钢包重量、时间、天车编号；

CAS-OB 精炼炉：进出 CAS 精炼站钢包重量、时间、天车编号；

LF 钢包炉：进出 LF 钢包炉钢包重量、时间、天车编号；

板坯铸机：吊运钢包上下铸机机时间、重量、钢水消耗量、浇余量、开浇及浇铸时间、回炉时间；

回炉及混浇：半包回炉、整包回炉、OB、LF 或 RH 炉回炉和向转炉回炉等。兑钢，从一个钢水包向一个或多个钢水包中兑钢水。混浇，在连铸机上的两个钢水包一会 A 包开浇一会 B 包开浇，循环多次。折罐，把一个钢水包中的钢水倒到另一个钢水包中。

② 统计查询及报表功能

天车定位跟踪系统可以根据记录下来信息进行汇总统计，可以时刻掌握炼钢生产过程中的基础数据。

根据生产过程可产生的统计报表如下：

生成转炉加入量及消耗明细表、日报表、汇总表等；

生成板坯铸机产量及消耗明细表、日报表、汇总表等；

生成各炉号出钢量班、日、月报表统计报表等；

生成各板坯连铸机接收钢水量按炉号班、日、月统计等；

人工干预记录：可观察人工干预操作的内容和时间；

操作员权限维护：设定操作员级别，权限。

通过天车定位系统，还可以实现随时对所跟随的炼钢物料流程的生产状况进行查询：

按炉号查询；

按钢种查询；

按班、日、月进行查询；

按转炉、连铸机查询；

按工位条件查询。

③ 炼钢生产过程分析协助功能

天车定位跟踪系统通过对采集到的生产过程数据进行汇总统计，可以进一步的对炼

钢生产流程进行数据分析，并通过分析能够辅助生产过程的指挥。

装料过程：铁水入炉量、废钢入炉量；

冶炼过程：转炉冶炼周期、精炼炉处理钢水周期；

出钢过程：炼钢用副原料消耗、钢铁料消耗；

板坯铸机：铸机的浇得率；

辅助炼钢调度指挥：以动画形式模拟现场生产状态、提供转炉各项数据（本班开始炉号、当前炉号、铁水量、废钢量、钢种显示等）、提供板坯铸机各项数据（铸机上的炉号、包号、开浇时间、已浇时间等）；调度台账（自动实时生成总台账、转炉台账、铸机台账等）。

3.3.3 天车定位系统硬件组成部分

天车定位系统该系统包括多台分站和一台主站两大部分。每个子站硬件构成和工作原理完全相同，分别设在现场运行的天车上（子站编号与所在天车编号相对应）。子站为无人值守检测站，子站主要由天车位置检测与识别系统、自动称重计量与统计系统、数据采集、打包和无线数据传输系统组成。系统整体结构简图如图3.3所示：

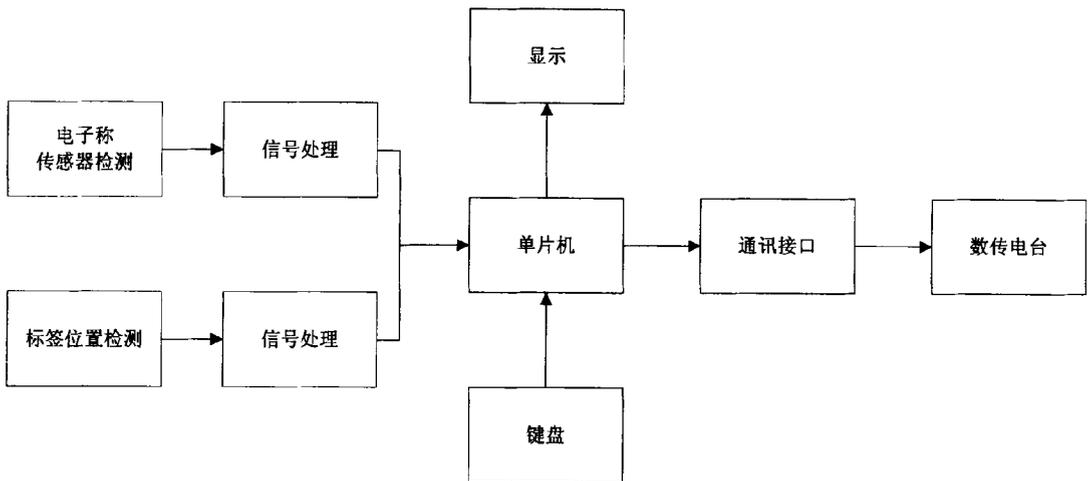


图 3.3 系统整体结构图

Fig.3.3 Structure of the system

天车定位系统硬件的实现方法是根据对天车监控精度的要求，沿天车轨道按一米的间隔埋设电子标签，在天车上对应的位置安装车载读写器，所有埋设的电子标签都存储有互不重复的地址编码。

当天车途经或到达所埋设的电子标签位置时，车载读写器读出该标签地址编码，并传送给数采发射器，与智能称量显示器的重量数据一同打包无线传送给地面站。地面站设数采接收器把接收到的重量与位置信号实时传递给推理机，由推理机完成天车行为分

析、判断和数据记录等工作。天车本体定位系统硬件结构简图如图3.4所示：

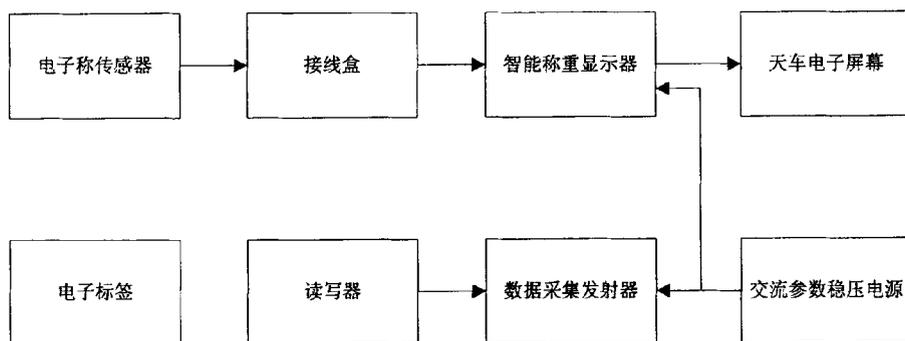


图 3.4 硬件结构图

Fig.3.4 Hardware structure chart

天车定位系统是完成天车称重信号的采集、超重报警，天车X坐标和Y坐标的位置跟踪，数据无线传输和大屏幕显示等功能。

硬件构成包括供电单元、称重传感器信号采集处理单元、位置传感器信号采集处理和位置编码单元、数据分组打包单元、键盘和显示器、数据输出接口单元、无线数传电台和吸盘天线。系统能够直接将称重传感器输出的毫伏级电压信号和位置传感器输出的开关量信号自动采集、运算和处理，从而得到重量数据和位置编码，然后将重量数据和位置编码分组打包形成报文发送给主站。其硬件组成如表3.1所示：

表3.1 天车定位系统硬件组成表

Table 3.1 Crane positioning system hardware composition table

名称	规格型号	生产厂家	数量
电子标签	WHBQ—100	五环	1200
远程读写器	WHDX—200	五环	14
无线数传分机	ZNWX—02F	五环	7
无线数传主机	ZNWX—02Z	五环	7
天车信号综合处理器	TXZH—022	五环	7
开关量隔离转换器	KGGL-8	Anchor	2

天车定位通过电子标签，采集天车在横跨上行走X坐标、天车上小车行走Y坐标，行车位置坐标由(x, y)坐标唯一确定。安装在轨道上的电子标签和(x, y)坐标存在一一对应关系，通过系统的标定可以直接确定行车的坐标位置，标定过程为确定X轴和Y轴电子标签的排列顺序以及安装间距。

当天车运行到某一位置，定位检测装置检测到该位置标识，从而得到当前的位置并将该位置信号送往控制单元；每个分站具有四路开关量信号输入通道，可以同时接收四路光电开关信号，进而形成16种二进制编码组合。每一种二进制编码组合分别对应一个位置编码，该位置编码是实现自动定位的依据。

利用射频读卡技术对天车位置进行跟踪，突出优点是利用无线射频方式进行非接触

双向通讯，从而达到识别目标的目的。本文所采用的射频识别技术是由无源电子标签、射频识别装置以及数据交换管理等系统组成，识别装置由无线收发模块、天线、及接口电路等组成。

电子标签工作的能量是由读写器发出的射频脉冲提供，电子标签接受射频脉冲、整流并给电容充电，电容电压经稳压后作为工作电压为电子标签供电。数据调制部分从接收到射频脉冲中解调出数据并送到控制逻辑。控制逻辑接受指令完成存储，发送数据及其他操作。EEPROM用来存储电子标签的固定地址和其他用户数据。射频识别系统原理如图3.5所示：

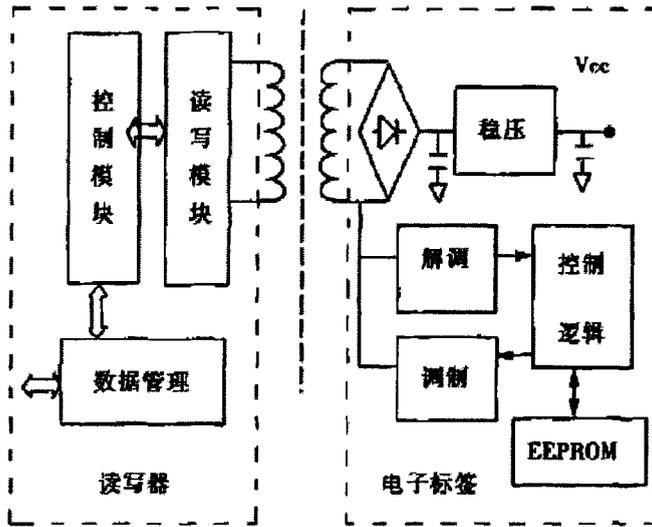


图 3.5 射频识别系统原理图

Fig.3.5 Radio frequency identification system diagram

射频卡距离射频天线100 mm 内，远程读卡器就可以读到射频卡中的数据；读卡器读到射频卡中的数据后，AT 89C2051(MCU) 要将所读卡号及时间一起存入存储器，同时指示灯闪1次，喇叭响1次，表示完成1次操作。AT89C2051 和主CPU (C8051F020) 之间采用应答方式通信，可随时将卡号及读卡时间传送给主CPU。读卡器的硬件组成如图 3.6所示：

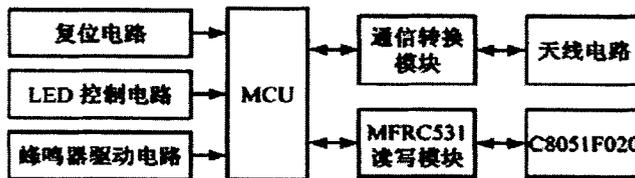


图 3.6 读卡器硬件原理图

Fig.3.6 Card reader hardware principle diagram

天车电子秤仪表收到传感器检测信号,经过信号处理后,送往模/数转换器进行模/

数转换,转换数据送入CPU进行合成处理进而得到有效的合成重量数据。控制单元接收的位置信号和重量信号自动打包通过无线电台发送到地面计算机控制部分,同时控制单元接收计算机所发送的命令并执行相应的动作,在超过设定范围的数值时控制单元还可以发出报警。

计算机控制部分接收天车上发来的信息,通过设定好的程序逻辑自动判别当前位置进行了何种操作并记录下有关的重量数据;计算机控制部分还可以给天车发送清零、去皮及复位等命令。该重量数据可以通过分站设置的串行通讯接口传送到大屏幕显示器上进行显示。

天车定位系统是一个计算机集实时采集天车物流的数据与无线通讯网络相结合的系统。主站和分站之间的通讯示意如图3.7所示:

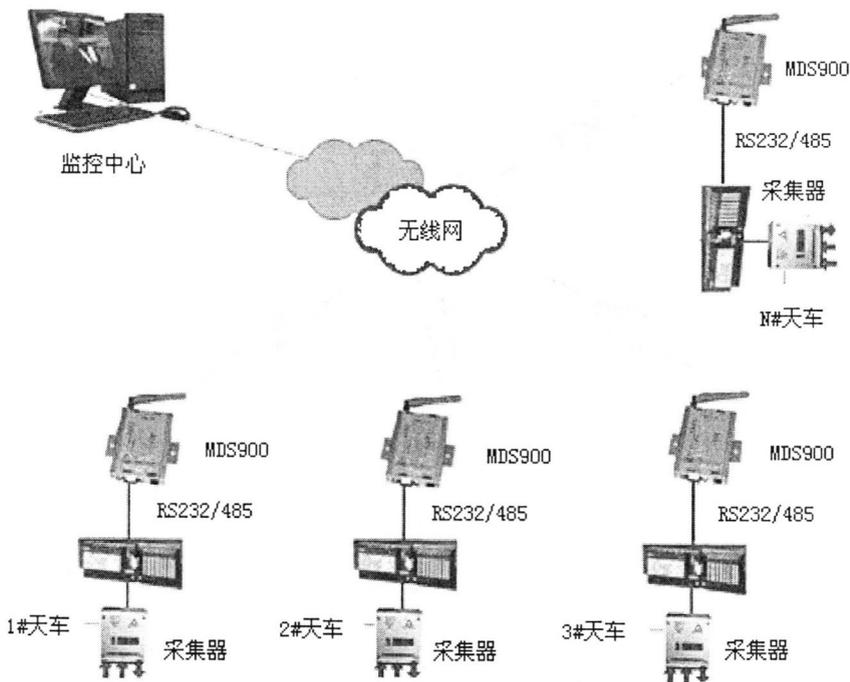


图 3.7 通讯示意图

Fig.3.7 Communication diagram

子站直接将安装在每部天车上的称重传感器输出的毫伏级电压信号和安装在现场定位点的位置传感器输出的开关量信号自动采集、运算和处理,形成吊运物料的重量数据和识别运行天车的位置编码。然后将重量数据和位置编码分组打包形成报文,通过无线数传电台发送给主站。

主站是一种无线接收显示控制器,主站受上位计算机控制而按照特定时续主动向各分站发送请求,在得到相应分站响应后无线接收该分站发送来的报文进而解析显示,然

后通过主站设置的串行通讯接口将有效数据信息传送给上位计算机进行处理。

主站和分站之间的通讯采用先进的检验差错控制技术，分站经过数据分组打包进而形成的报文包括起始字符、分站编号、称重数据、位置编码、校验码和结束字符。

报文中的校验码是异或校验码，即将每一帧中的第一个字符（不包括起始字符）到该帧中正文的最后一个字符作异或运算而得到，为避免主站接收分站发送的报文时混淆数据，选择起始字符和结束字符为某些特殊的值，而将数据字符转化为BCD码或ASC II码后再发送；主站采用先进的CRC检验差错控制技术，可以将从各分站传送的数据包进行周密检验并消除数据无线传输过程中的全部错误，从而保证了无线数传的可靠性。

天车上每个子站信号的传输主要有：X 坐标、Y 坐标、重量、钢包号、操作标志，分别由读卡器、吊钩称、操作键盘产生。各路串行信号由串行信号合成器合成一路串行信号，通过数传电台无线收发后，输入到计算机中，信号传输结构图3.8所示：

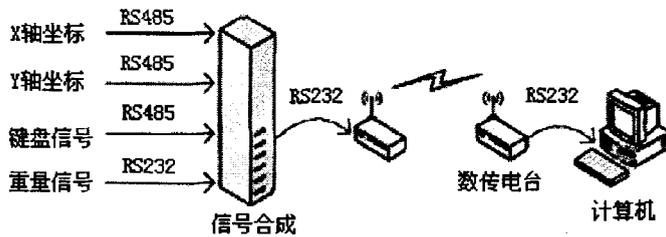


图 3.8 信号传输结构图

Fig.3.8 Signal transmission structure

天车定位系统子站所用的信号综合处理器与现场称重信号、读卡器信号、通讯信号等各路信号的传输、无线数传电台接收端与计算机的通信都采用RS232/485 接口。RS232 是个人计算机上的通讯接口之一，RS232接口是1970年由美国电子工业协会（Electronic Industries Association, EIA）联合贝尔系统、调制解调器厂家及计算机终端生产厂家共同制定的用于串行通讯的标准。它的全名是“数据终端设备（DTE）和数据通讯设备（DCE）之间串行二进制数据交换接口技术标准”。该标准规定采用一个25个脚的DB25连接器，对连接器的每个引脚的信号内容加以规定，通常RS-232接口以9个引脚(DB-9)或是25个引脚(DB-25)的型态出现，还对各种信号的电平加以规定。随着设备的不断改进，出现了代替DB25的DB9接口，现在都把RS232接口叫做DB9。一般个人计算机上会有两组RS-232接口，分别称为COM1和COM2。

RS-485总线，在要求通信距离为几十米到上千米时，广泛采用RS-485 串行总线。RS-485采用平衡发送和差分接收，因此具有抑制共模干扰的能力。加上总线收发器具有高灵敏度，能检测低至200mV的电压，故传输信号能在千米以外得到恢复。RS-485采用半双工工作方式，任何时候只能有一点处于发送状态。

因此，发送电路须由使能信号加以控制。RS-485用于多点互连时非常方便，可以省掉许多信号线^[45-46]。应用RS-485可以联网构成分布式系统，其允许最多并联32台驱动器和32台接收器。RS-422的电气性能与RS-485完全一样。主要的区别在于RS-422有4根信号线：两根发送（Y、Z）、两根接收（A、B）。由于RS-422的收与发是分开所以可以同时收和发（全双工）。RS-485有2根信号线：发送和接收都是A和B。由于RS-485的收与发是共用两根线所以不能够同时收和发（半双工）。

为了能够在后台更好地采集数据，采用通过调用API 函数的方法来实现RS-232 串口的访问，数据接口访问流程如图3.9所示：

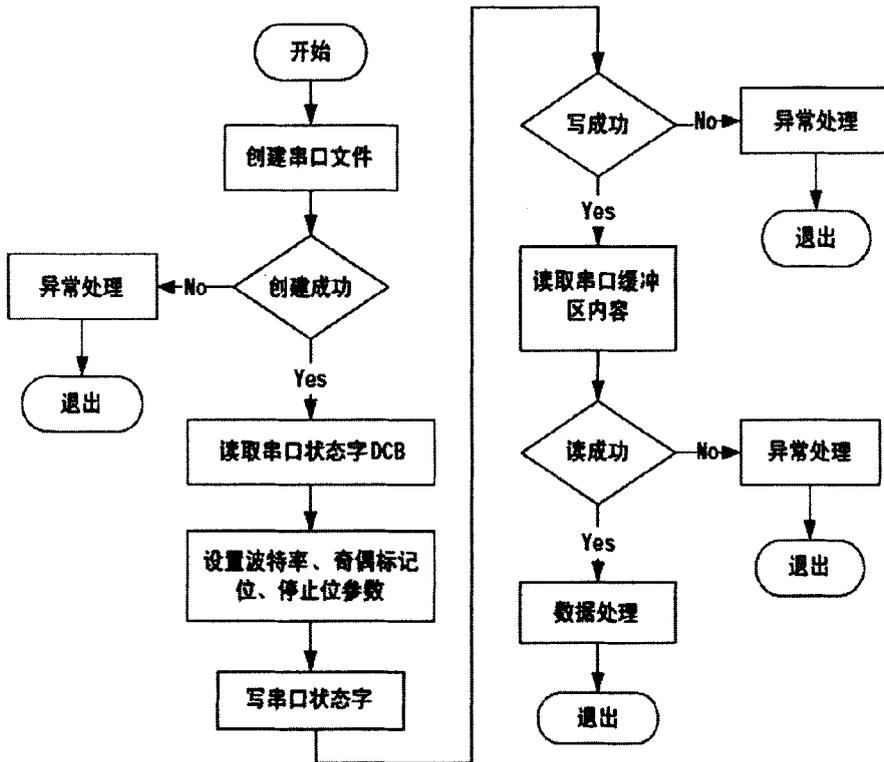


图 3.9 数据接口访问流程图

Fig.3.9 Data interface access flow chart

编写程序如下：

```

//创建串口文件，打开串口m_com
HANDLE commDev=CreateFile(m_com,GENERIC_READ|GENERIC_WRITE
,0,NULL,OPEN_EXISTING,0,NULL);
//读取串口状态字
BOOL GetCommState(commDev,&dcb);
//设置波特率，奇偶校验位，停止位参数
dcb.BaudRate=2400;
dcb.Parity=NOPARITY;
    
```

```
dcb.ByteSize=8;
dcb.StopBits=ONESTOPBIT;
//写串口状态字
BOOL bResult=WriteFile(commDev,outdate,1,&Number,NULL);
COMMTIMEOUTS tout;
GetCommTimeouts(commDev,&tout);
tout.ReadIntervalTimeout=7000;
tout.ReadTotalTimeoutMultiplier=2;
tout.ReadTotalTimeoutConstant=7000;
SetCommTimeouts(commDev,&tout);
//读取串口缓冲区内容
ReadFile(commDev,lpbuf,No,&inNumber,NULL);
//数据处理
for(i=0; i<4; i++)
{
bb[i]=lpbuf[1+i];
}
m_sumv.Format("%5.1fV",btof196(bb));
for(i=0; i<4; i++)
{
bb[i]=lpbuf[1+4+i];
}
//关闭串口
CloseHandle(commDev);
```

3.3.4 天车定位系统实施效果

实际运行结果证明，基于射频读卡技术的天车定位系统能够完全满足技术指标要求。整个天车定位系统结构简单，定位精度完全满足炼钢生产的需求，系统运行稳定，可靠性高，数据传送准确率符合生产过程要求。无论从经济的角度考虑，还是从技术方面分析，都不失为最佳的选择。

天车定位系统打破了传统的单纯称重技术和天车定位技术，在现有的天车电子秤借助二次仪表（即称重显示器）只是单纯完成称重计量的基础上，引入射频读卡技术来综合实现天车定位。充分整合了电子秤称重技术、电子标签定位自动检测技术和无线数据传输技术。实现自动定位采集传送数据信息的一点对多点的无线通讯。

天车定位系统彻底替代了抄表员的繁重工作并可杜绝因人为因素而造成的数据误报、虚报和漏报等现象。可以指导建立科学高效的生产调度指挥系统和最优化的能源消耗指标,为整个生产调度、监控、管理系统自动化奠定可靠的技术基础。实现生产数据资

源共享,为钢铁生产企业实现炼钢自动化、管理自动化奠定基础,进一步提高企业生产效率和经济效益。

3.4 本章小结

本章首先明确了天车定位在钢包跟踪系统中的作用,介绍了天车定位的意义和目前常用天车定位的现状,并对天车采用的多种定位方式进行了对比。重点介绍了射频读卡识别技术在天车定位应用方面的特点及优势。同时通过利用射频读卡技术,实现了天车定位系统的开发。天车定位系统是钢包跟踪系统的另一个重要组成部分,天车定位系统的稳定运行,为钢包跟踪系统的整体运行奠定了坚实的基础。

第4章 钢包连续跟踪系统的设计与实现

首钢迁钢二炼钢厂工艺设计先进，产品主要为电工钢、高强机械用钢、高级别管线钢、优质碳素结构钢。钢种牌号繁多，厂内物流复杂，对钢水温度的控制及各个工序之间生产的协同性要求极为严格。目前的迁钢二炼钢厂钢包生产组织管理工作仍以人工调度为主，无法满足二炼钢高效、稳定生产电工钢的需求。合理高效的对钢包周转进行自动化管理是有效的解决途径。通过利用激光测距定位技术实现钢包台车定位和通过射频读卡技术实现天车定位，进而建立钢包跟踪系统，实时掌握每个钢包的位置及状态，为高效组织炼钢生产提供了重要的依据。

4.1 首钢迁钢二炼钢厂车间工艺布置简介

首钢迁钢第二炼钢厂是采用“铁水预处理—转炉顶底复吹—钢水精炼—板坯连铸”优化的工艺流程，实现高效、优质全连铸生产，车间采取紧凑式布置，连铸机与轧钢厂紧密衔接，实现铸坯热送，总的技术装备水平先进、适用、可靠。致力于通过科学的管理、人性化的设计、先进的工艺装备技术、高效的生产操作，体现钢铁生产流程动态有序、精准控制的总体理念，实现流程紧凑、产品高端、环境清洁、信息数字化的特点。

二炼钢厂主要工艺设施为3套铁水脱硫扒渣装置，2座210t顶底复合吹炼转炉（采用2吹2工作制度冶炼），1座双工位CAS-OB精炼站，1套双工位LF钢包精炼炉，2套RH（双工位）真空处理设施，2台双流板坯连铸机，年产钢水370万吨，铸坯360万吨。产品主要为电工钢、高强机械用钢、高级别管线钢、优质碳素结构钢等高档钢种。

炼钢工艺流程为铁水运到炼钢主厂房后，在倒罐站倒入铁水包中，用天车吊至脱硫扒渣工位进行脱硫扒渣操作，冶炼时用360t铸造吊将铁水包吊起，铁水直接兑入转炉中冶炼。

已备好料的废钢料槽由汽车运输到炼钢主厂房，用100+100t吊车将废钢料槽吊下待用。需要时用100+100t吊车加入转炉。转炉冶炼用散状料及铁合金等用汽车运输，卸入地下料仓和铁合金库贮存。散状料通过皮带机输送到炼钢主厂房炉子跨高位料仓，需要时经散状料加入系统加入转炉。铁合金用底开式料罐运至铁合金库，通过皮带机从铁合金库运送到主厂房转炉跨高位料仓，需要时经铁合金加料系统，经旋转溜槽送入钢包内。

转炉冶炼采用顶底复合吹炼技术，炼钢全过程实现自动化控制和联锁，出钢后，根据浇注产品的需要，用天车吊运至CAS-OB精炼站、LF钢包精炼炉或RH真空精炼炉进行钢水二次精炼，精炼后的钢水用出钢跨360t铸造吊吊至连铸钢包回转台，进行浇注

作业。二炼钢厂车间工艺流程图如图 4.1 所示：

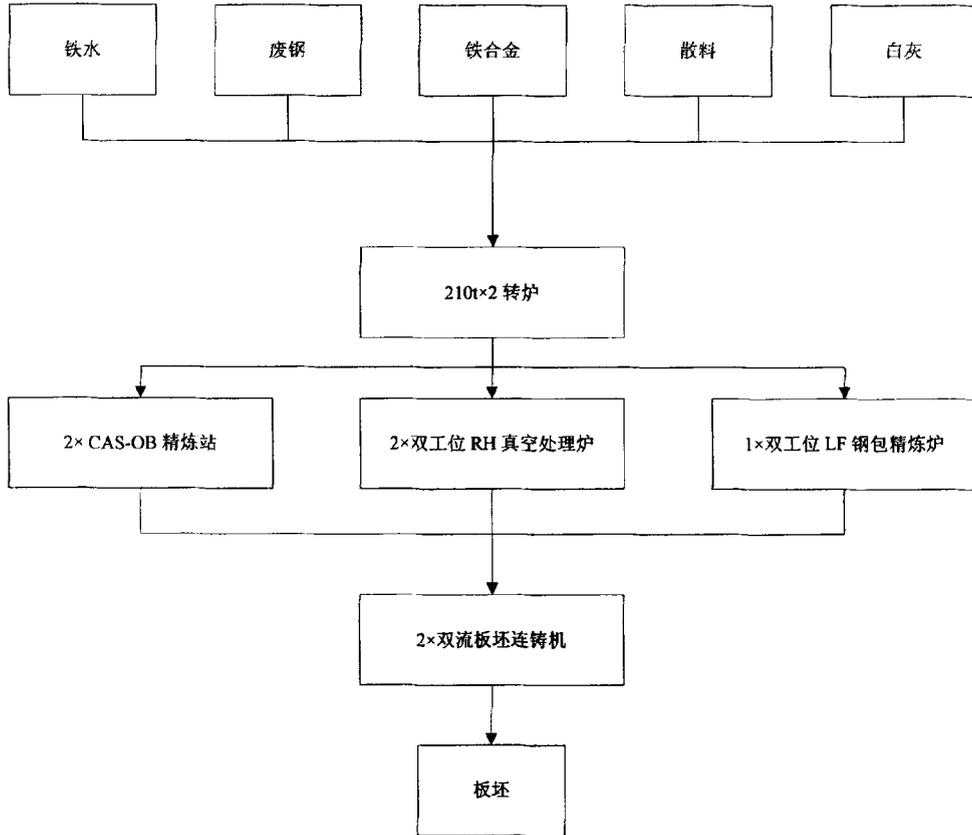


图 4.1 车间工艺流程图
Fig.4.1 Workshop process flow diagram

迁钢二炼钢主厂房总长 290m，总宽 347.25m；渣跨长 129m，宽 47m。主厂房面积（含渣跨，不含主控楼）约为 8.7 万 m²，共设 12 跨。各跨依次为渣跨 1、渣跨 2、加料跨、转炉跨、精炼跨、钢水接受跨、浇铸跨、切割跨、喷印/去毛刺跨、出坯跨 1、出坯跨 2、清理跨。车间内各跨间的贯通，采用 5 台过跨车，1 台 360t 过跨车用于炼钢区域，2 台 80t 过跨车用于连铸区域，2 台 150t 过跨车用于铸坯的过跨运输。整个钢厂布局紧凑，各工序衔接有序。

厂区设有炼钢系统地下料仓和铁合金库，用于炼钢用铁合金和冶炼辅助原料的准备，通过皮带通廊和炼钢主厂房相连。由于炼钢主厂房内作业面积紧张，在炼钢主厂房外另设钢包冷修间，用于炼钢车间钢包、铁包的拆包、修砌作业、耐火材料的存放。需要下线冷修的钢包、铁包用汽车由炼钢主厂房运至冷修间进行冷修维护作业。连铸的中间包倾翻、中间包铸余处理，铸坯精整间，设于炼钢主厂房外。二炼钢厂的车间工艺布置图如图 4.2 所示：



图 4.2 车间工艺布置图

Fig.4.2 Plant layout drawing

迁钢二炼钢厂车间组成及天车配置表如表 4.1 所示:

表4.1车间组成及天车配置表

Table 4.1 Workshop and crane configuration table

跨间名称	代号	主要天车	数量
渣跨 1	AB	无	0
渣跨 2	BC	100/32t 铸造吊	2
加料跨	DE	360/75t 铸造吊	2
转炉跨	EF	160/40t 桥吊	1
精炼跨	FG	160/40t 桥吊	2
出钢跨	GH	360/75t 铸造吊	3
浇注跨	JK	160/40t 铸造吊	3
切割跨	LM	80/20t 桥吊	2
去毛刺跨	MN	80/20t 桥吊	2
出坯 1 跨	NP	80t 旋转夹钳吊	3
出坯 2 跨	PQ	80t 旋转夹钳吊	3
清理跨	QR	80t 旋转夹钳吊	3

4.2 钢包连续跟踪系统的设计与实现

钢包的周转是炼钢厂内物料流动的核心方式。钢包通过承载钢水，按照炼钢工艺流程将物料进行传递。由于钢包的运动只能通过钢包车和天车两种方式，那么所有钢包的运动过程都可以通过跟踪钢包车的位置和天车运行位置来体现。迁钢二炼钢厂钢包跟踪系统示意图如图 4.3 所示：

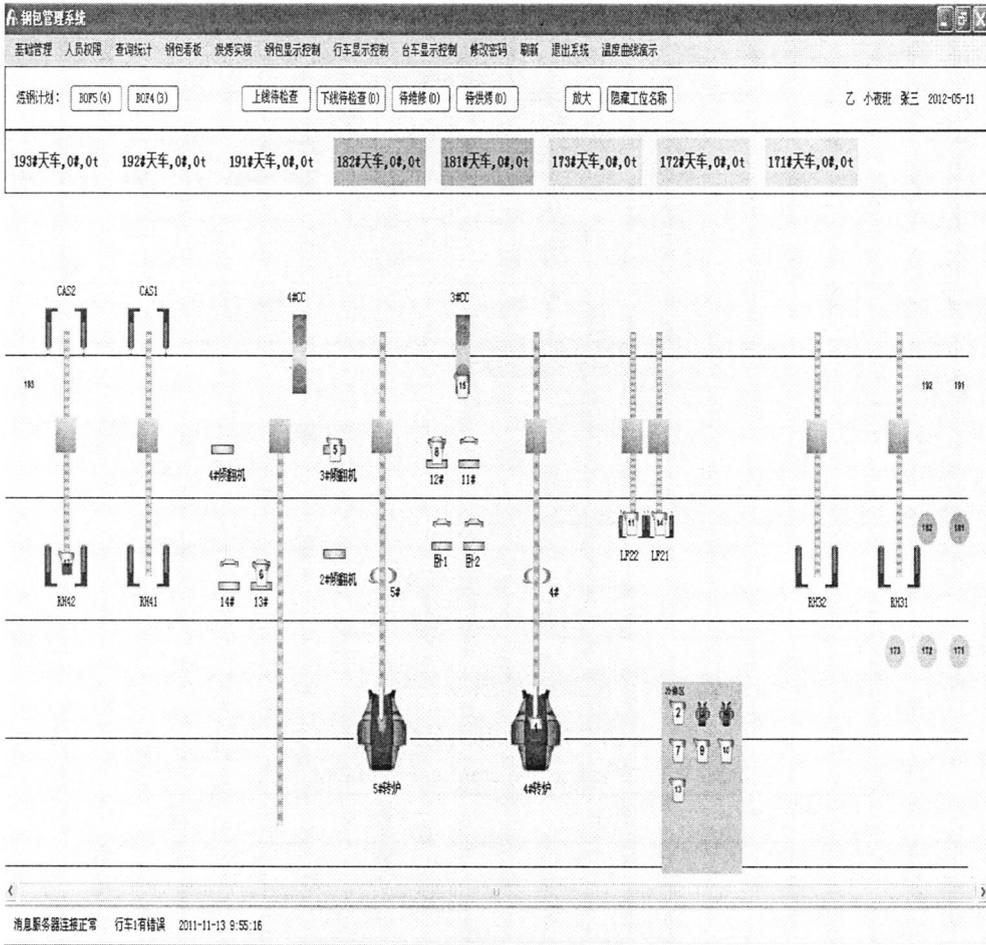


图 4.3 钢包跟踪系统示意图
Fig.4.3 Ladle tracking system diagram

4.2.1 钢包周转过程分析

钢包的周转是炼钢厂钢包物流管理的核心，也是钢铁企业建立信息化的重要基础。钢包的周转类型主要分为：钢包重包周转、钢包空包周转、空包到重包的转换和重包到空包的转换。空包到重包的转换指的是钢包配包管理，重包到空包的转换指的是钢包的连铸下线。该事件由钢包工艺周转规则和连铸二级系统的大包实时重量进行综合判定，确保判定的准确性和健壮性。

钢包周转的过程分为在线包周转过程和离线包周转过程：

(1) 在线包周转过程包括：配包、上线检查、转炉、精炼、连铸、翻渣和烘烤；

(2) 离线包周转过程包括：配包、上线检查、转炉、精炼、连铸、翻渣、下线检查、烘烤和维修。

钢包跟踪系统的流程图如图 4.4 所示：

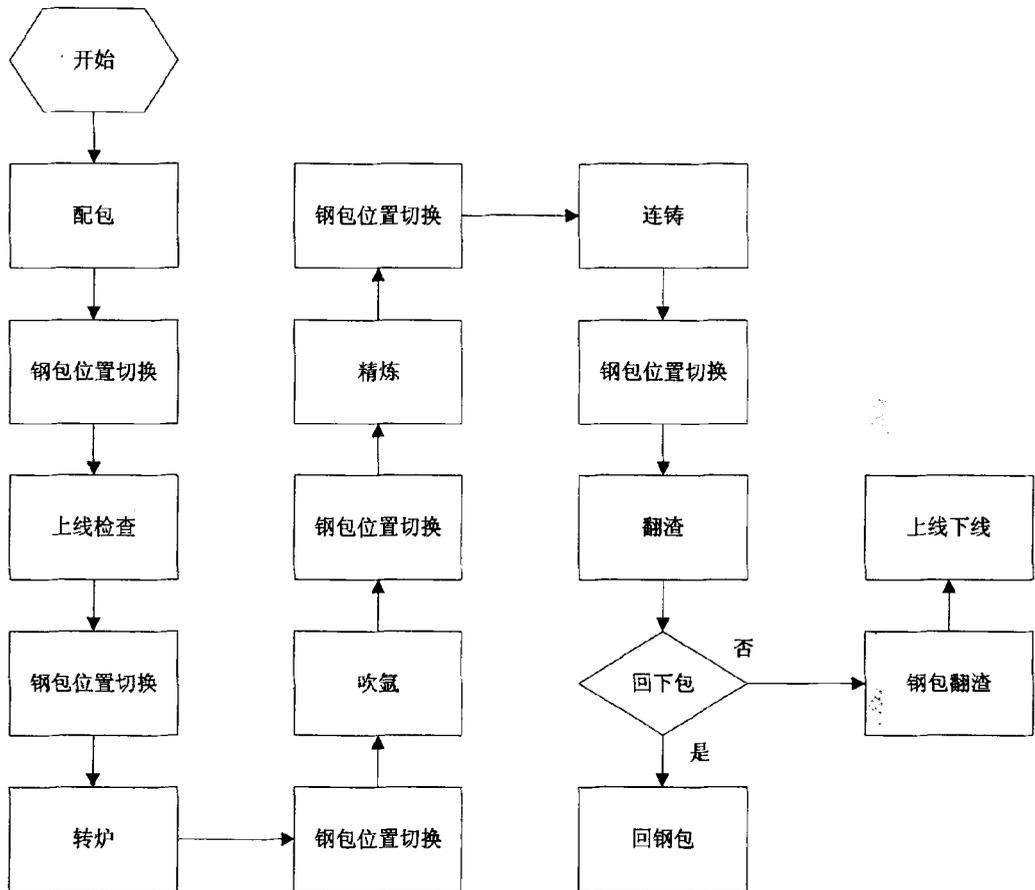


图 4.4 钢包跟踪系统流程图

Fig.4.4 Ladle tracking system flow chart

钢包周转过程中，首先由热修人员根据钢包等级、钢包状态和钢包看板以及 MES 系统的生产计划进行配包，经上线检查完成引流砂更换、机构检查确认、滑板检查确认等工作后，正式上线进入转炉工序承接钢水，由转炉确认钢包检查信息和上两炉该钢包冶炼钢种后出钢，同时钢包变为在线（ZX）状态，即钢包为重包。出钢结束后到达精炼工序，精炼工序确认钢包在转炉的信息如出钢温度和时间等信息。钢包到达连铸后，连铸工序确认钢包在转炉、精炼和连铸的进出站温度，浇毕结束后钢包由重包变为空包，进行翻渣操作后回到热修，此时钢包会有三个去向：

(1) 直接进行上线检查为在线周转包，可正常上线进行红包出钢；

(2) 做烘烤计划对钢包进行烘烤，烘烤结束后进入待用状态，随时可上线，钢包状态为备用；

(3) 制定冷修维修计划，甩包到冷修进行钢包修理工作，钢包状态变为冷下线检查状态。

下一步，钢包到达冷修区后，冷修执行冷修计划对钢包进行维修，维修后烘烤 36 小时将钢包送到热修区，热修区做上线检查操作后钢包进行烘烤，等待钢包上线。

此外，钢包状态分为：待烘烤、在线烘烤、离线烘烤、待用、停用、下线检查、上线检查、在线、维修、待烘备用、停用和待维修状态。可以进行配包的钢包状态是：烘烤后的钢包、待用钢包和在线钢包。钢包状态示意图如图 4.5 所示：

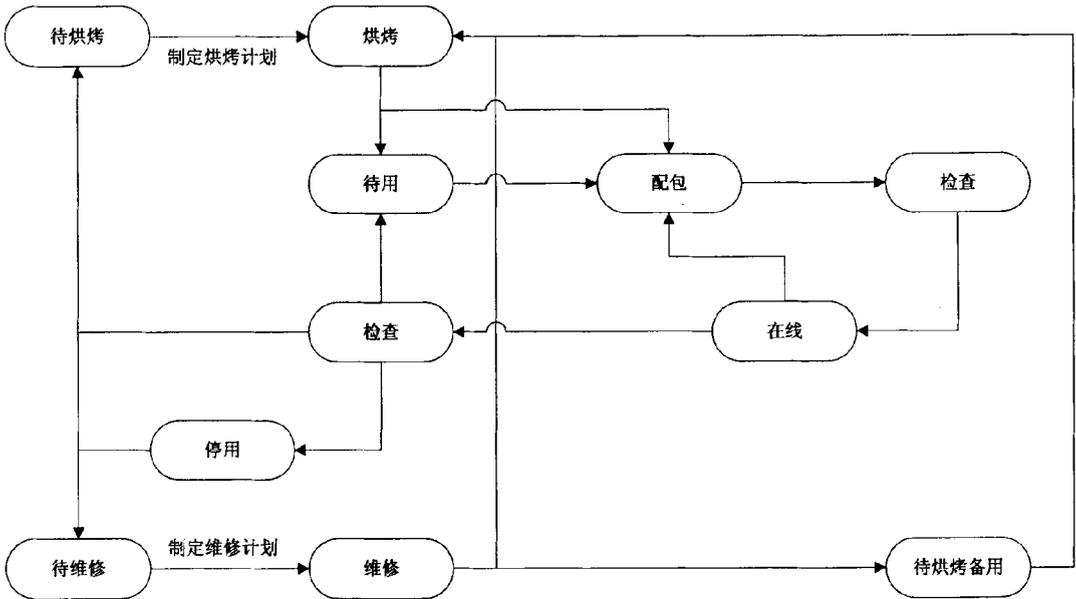


图 4.5 钢包状态示意图
Fig.4.5 Ladle of state diagram

4.2.2 钢包定位过程分析

根据迁钢二炼钢厂的生产实际情况，同时结合钢包移动定位过程必须要钢包台车和天车参与完成的特点，钢包位置变化情况有三种：钢包被天车吊起；钢包被天车放下；钢包水平方向移动。通过利用钢包台车定位技术和天车定位技术对钢包位置三种变化情况进行跟踪，就能够完成炼钢厂钢包周转状态的连续跟踪。

(1) 钢包被天车吊起

系统通过判断天车位置信号及重量信号来判断钢包的 actual 位置状态，判定方法如表 4.2 所示：

表4.2 钢包被吊起定义
Table 4.2 Key definitions of ladle rise

钢包情况	判定条件	判定结果
空钢包	检测天车位置在吊包工位上方 吊包工位上有钢包 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	空钢包被天车吊起
重钢包	检测天车位置在吊包工位上方 吊包工位上有钢包 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	重钢包被天车吊起

空钢包与重钢包的判定条件唯一的差别就是检测天车电子称重量的范围不相同。当天车电子称通过天车定位系统发送的称重数值大于 120 t 时，即认为天车吊起的重钢包；当天车定位系统发送的称重数值介于 0.5 t-120 t 之间时，系统即认为天车吊起的空钢包。

(2) 钢包被天车放下

系统用天车位置坐标信号、重量信号来判断钢包实际位置状态，规则如表 4.3 所示：

表4.3 钢包被放下定义
Table 4.3 Key definitions of ladle drop

钢包情况	判定条件	判定结果
钢包放在台车上	检测天车位置在钢包台车工位上方 检测钢包台车位置 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	钢包放在钢包台车上
钢包坐铸机转台	检测天车位置在板坯铸机位置 检测天车电子称重量范围 检测铸机转台称重数据变化 检测天车位置发生变化	钢包坐铸机转台
钢包坐 2#CAS 精炼站	检测天车位置在 2#CAS 工位上方 检测 2#CAS 钢水车位置 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	钢包坐在 2#CAS 精炼站
钢包坐 4#RH 精炼站	检测天车位置在 4#RH 工位上方 检测 4#RH 钢水车位置 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	钢包坐在 4#RH 精炼站
钢包坐烤包器	检测天车位置在烤包器工位上方 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	钢包坐在烤包器上
钢包坐倾翻机	检测天车位置在倾翻机工位上方 检测天车电子称重量范围 检测天车位置发生变化	钢包坐在倾翻机上

钢包被吊运的天车放下，钢包位置的变化只能在表 4.3 所列的去向中。按照炼钢工艺的流程，钢包位置只能处于钢包台车上、板坯铸机大包转台上、在线或离线烤包器上、钢包倾翻机等四类位置。天车通过射频读卡定位技术检测天车运行位置来判定天车是否达到指定位置，通过检测钢包车是否在吊包位来判定钢包台车是否在指定位置，当天车电子称通过天车定位系统发送的称重数值小于于 0.5 t 时，即认为天车将所吊运的钢包放在了指定的位置。

由于迁钢二炼钢厂 2#CAS 精炼站和 4#RH 精炼站的定位在 X 轴方向是相同的，区别于 Y 轴的坐标。因此，天车运行至该位置时需要对坐标进行唯一的检测，这与其它工位的工作情况略有差异。

(3) 钢包水平方向移动

钢包水平方向位置的改变是通过天车吊运和钢包台车运输两种方式来实现的，钢包水平方向发生位置的改变是通过电子标签识别技术和钢包台车激光测距技术来进行跟踪判定。判定方法如表 4.4 所示：

表4.4 钢包水平方向移动定义
Table 4.4 Key definitions of ladle horizontal direction

钢包情况	判定条件	判定结果
钢包在台车上	检测钢包台车位置 检测钢包台车位置发生变化	钢包同钢包台车水平移动
钢包在天车上	检测天车位置 检测天车电子称重量范围	钢包同天车进行水平移动

钢包在钢包台车上时，激光测距定位技术通过实时检测台车位置，来时刻跟踪钢包在台车上时的位置状态；当天车吊运钢包移动时，天车轨道自南向北每隔 1 米安装一个电子标签，并对电子标签的编码进行唯一的确定，当天车在轨道上运行时，根据所读取不同编号的电子标签，就能时刻显示天车运行位置；与此同时，天车电子称检测到重量信号大于 120 t 时，则天车正在吊运重包运行，当天车电子称检测到重量信号介于 0.5 t-120 t 之间时，则天车此时正在吊运空钢包运行。

4.2.3 钢包连续跟踪系统的应用实现

钢包周转的过程分为在线包周转过程和离线包周转过程。在线包周转过程包括：配包、上线检查、转炉、精炼、连铸、翻渣和烘烤。下面根据钢包台车定位系统和天车定位系统，以钢包在线周转过程为例，来实现钢包连续跟踪系统。

(1) 钢包在线周转工艺路线

首钢迁钢二炼钢厂主要工艺装备及厂内部编号如下：

① 转炉系统：2座210t顶底复合吹炼转炉，在二炼钢厂内部编号为4#、5#转炉；每座转炉分别配置一台钢水台车；分别编号为4#炉钢水车和5#炉钢水车；每座转炉分别配置一个在线烤包器，分别编号为4#炉在线烤包器和5#炉在线烤包器。

② 精炼系统：共配置1座双工位CAS-OB精炼站，1套双工位LF钢包精炼炉，2套RH（双工位）真空处理设施。

CAS-OB精炼站的编号为2#CAS精炼站，精炼站有两个处理工位，每个处理工位配置一台钢包台车，分别编号为2#CAS1#位和2#位；

LF钢包精炼炉的编号为2#LF炉精炼站，精炼站有两个处理工位，每个处理工位配置一台钢包台车，分别编号为2#LF1#位和2#位；

RH真空处理设施的编号为3#、4#RH炉精炼站，每座精炼站分别设置两个处理工位，每个处理工位配置一台钢包台车，分别编号为3#RH1#、2#工位和4#RH1#、2#工位。

③ 铸机系统：共设置2台双流板坯连铸机，分别编号为3#、4#铸机。

④ 天车系统：主要涉及精炼跨天车和出钢跨天车。

精炼跨天车共配置2台，全部为160t桥吊，分别编号为181#、182#天车；

出钢跨天车共配置3台，全部为360t冶金铸造起重机，分别编号为191#、192#、193#天车。

⑤ 离线烤包器：精炼跨和出钢跨共设置四座离线烤包器，分别编号为11#、12#、13#、14#离线烤包器。

⑥ 卧式烤包器：精炼跨和出钢跨共设置两座卧式烤包器，分别编号为1#、2#卧式烘烤器。

⑦ 钢包倾翻机：精炼跨和出钢跨共设置三台钢包倾翻机，分别编号为2#、3#、4#钢包倾翻机。

钢包在线周转从配包开始到钢包烘烤结束，整个钢包周转过程是根据所生产的品种的工艺质量要求和当天的生产作业计划安排，统一协调考虑后来进行钢包周转计划的编排。钢包的在线周转过程根据实际需要，可以选择不同的在线周转工艺路线。

结合迁钢二炼钢厂主要生产电工钢、管线钢、高档汽车板等高牌号钢种的实际特点，充分考虑到工艺生产的实际特点，特拟定一条典型的钢包在线周转工艺路线。本工艺路线采用了从4#转炉出钢后，2#LF炉和3#RH炉两套精炼装置共同冶炼同一炉钢水的双联工艺路线，经过精炼工序处理过后的合格钢水，用4#板坯铸机生产出合格的钢坯。浇注完毕的钢包通过倾翻钢渣后，一种方式是直接投入下个周转路线的生产，另一种方式是离线烘烤备用。整个工艺路线图如图4.6所示：

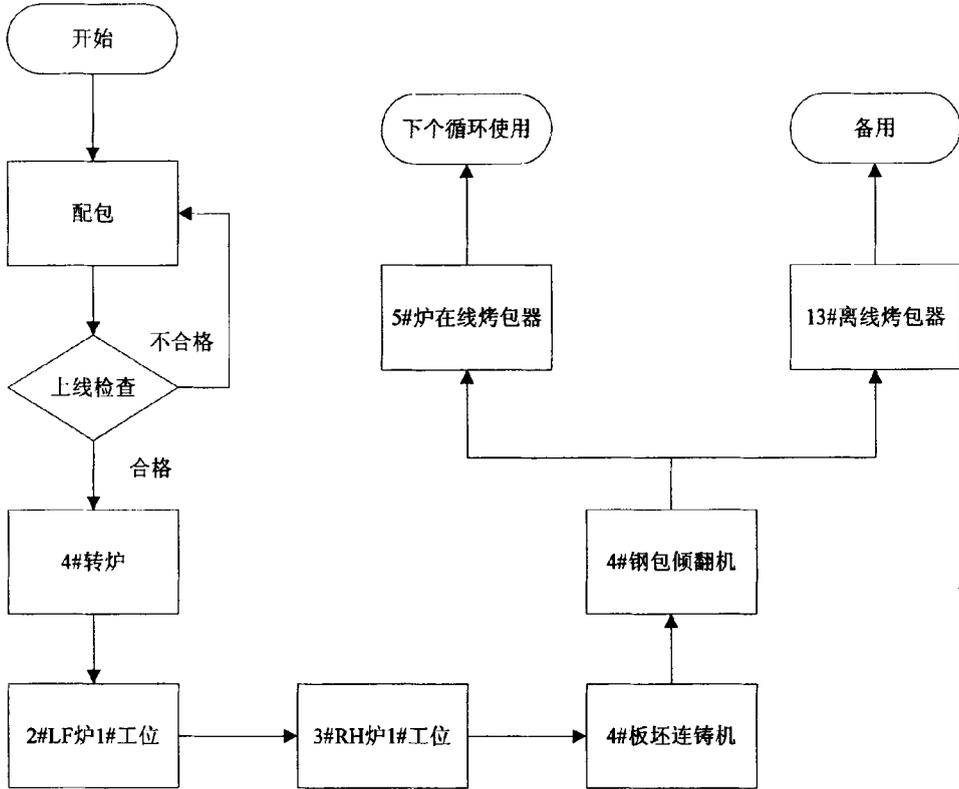


图 4.6 钢包周转工艺路线图

Fig.4.6 Ladle turnaround process graph

本条钢包在线周转工艺路线符合迁钢二炼钢生产工艺流程，在冶炼高牌号的管线钢和汽车板时，为了得到更为纯净的钢水，炼钢工艺采用 LF+RH 炉精炼双联处理工艺。本条工艺路线包含了钢包在线周转的全过程，具有极强的代表性。对这条工艺路线的钢包位置实时跟踪，在使用其它工艺路线生产时，对系统的稳定性不会带来任何影响。

(2) 钢包在线周转工艺装备的特征位设置

迁钢二炼钢厂分别在精炼跨和出钢跨的人行走廊的栏杆位置处每隔一米，全线敷设电子标签。每台套工艺装备都有其唯一的电子标签位置。上述钢包在线周转工艺路线上得工艺装备的特征位的电子标签序号如表 4.5 所示：

表4.5 电子标签序号表

Table 4.5 Electronic label serial number table

工艺特征位	电子标签序号
4#转炉钢水车	660#
2#LF 炉 1#工位	550#
3#RH 炉 1#工位	490#
4#板坯铸机大包转台	880#
4#钢包倾翻机	950#
13#离线烤包器	720#
5#炉在线钢水车	690#

当天车运行至工艺路线上敷设的电子标签时,天车定位系统就能够准确的判定出天车所处的位置信息。

(3) 钢包连续跟踪系统的应用实现

① 配包

钢包准备工针对下达的生产作业计划,通过需要冶炼的钢种来提前准备相应的钢包,并根据钢包的实际情况来合理安排钢包上线周转及下线维修的工作。

② 上线检查

钢包准备工对上线的钢包的实际情况要进行确认。例如钢包耐火材料的侵蚀情况、钢包烘烤的温度情况、钢包升温曲线情况、钢包温降情况、钢包底吹系统情况等。对不符合工艺流程生产的钢包要重新进行下线,重新安排配包。

③ 4#转炉出钢到天车吊起重包

4#转炉出钢结束后,此时钢包为重包,并且坐在 4#转炉钢水车上。钢水车要向东开至吊包位,此时钢包台车定位系统依靠激光测距技术,不断检测钢包台车的运行位置,并将检测到的信号传递到 MES 系统和 PLC 控制系统中,在钢包跟踪系统的画面上时刻显示钢包运行位置。同时赋予钢包属性如表 4.6 所示:

表4.6 出钢后钢包属性表
Table 4.6 After tapping ladle attribute table

属性序号	钢包属性	属性值
1	炉座号	4#
2	炉后空包重量	100t
3	炉后空包放下时间	09: 11: 05
4	班次	甲班
5	出钢时间	09: 30: 10

当钢包台车开至吊包位后,191#天车水平移动至 660#特征位置处,通过天车电子称检测出所吊运钢包重量为 310 t,大于规则判定的 120t 标准,通过射频读卡技术将天车位置信息和重量信息用无线通讯的方式发射到地面服务器,则判定 191#天车从 4#转炉钢水车位置处吊起重包。钢包的位置也从 4#转炉钢水车转换至 191#天车上。同时赋予钢包属性如表 4.7 所示:

表4.7 吊包后钢包属性表
Table 4.7 Ladle rise attribute table

属性序号	钢包属性	属性值
6	出钢量	210t
7	重包吊起时间	09: 35: 30
8	吊包天车号	191#

④ 钢包在 2#LF 精炼炉区域定位

天车将重包放置在 2#LF 精炼炉：191#天车从 660#特征位置处吊运重包水平移动至 550#特征位置处，判定 191#天车开至 2#LF 炉 1#工位处；通过天车定位系统传送的天车电子称重量检测信息，此时重量显示为 0.01t，小于规则判定的 5t 标准，则判定 191#天车将重包放置在了 2#LF 炉钢水车上。

此时，钢包台车定位系统开始检测钢包的运行位置。钢包的位置从 191#天车转换至 2#LF 炉 1#钢水车上。同时赋予钢包属性如表 4.8 所示：

表4.8 进LF炉钢包属性表

Table 4.8 Ladle attribute table of enter the LF ladle furnace

属性序号	钢包属性	属性值
9	进站位置	2#LF 炉 1#位
10	进站时间	09: 40: 10
11	进站重量	310t
12	进站天车号	191#

2#LF 精炼炉到天车吊起重包：LF 炉处理钢水结束后，钢包台车定位系统检测钢包台车开至吊包位；192#天车水平移动至 550#特征位置处，通过天车电子称检测出所吊运钢包重量为 312 t，大于规则判定的 120t 标准，则判定 192#天车从 2#LF 炉 1#工位处吊起重包。钢包的位置从 2#LF 炉 1#钢水车转换至 192#天车上。同时赋予钢包属性如表 4.9 所示：

表4.9 出LF炉钢包属性表

Table 4.9 Ladle attribute table of leave the LF ladle furnace

属性序号	钢包属性	属性值
13	出站位置	2#LF 炉 1#位
14	出站时间	10: 10: 20
15	出站重量	312t
16	出站天车号	192#

⑤ 钢包在 3#RH 精炼炉区域定位

天车将重包放置在 3#RH 精炼炉：192#天车从 550#特征位置处吊运重包水平移动至 490#特征位置处，判定 192#天车开至 3#RH 炉 1#工位处；通过天车定位系统传送的天车电子称重量检测信息，此时重量显示为 0.05t，小于规则判定的 5t 标准，则判定 192#天车将重包放置在了 3#RH 炉 1#钢水车上。

此时，钢包台车定位系统开始检测钢包的运行位置。钢包的位置从 192#天车转换至 3#RH 炉 1#钢水车上。同时赋予钢包属性如表 4.10 所示：

表4.10 进RH炉钢包属性表

Table 4.10 Ladle attribute table of enter the RH ladle furnace

属性序号	钢包属性	属性值
17	进站位置	3#RH 炉 1#位
18	进站时间	10: 18: 30
19	进站重量	312t
20	进站天车号	192#

3#RH 精炼炉到天车吊起重包: RH 炉处理钢水结束后, 钢包台车定位系统检测钢包台车开至吊包位; 191#天车水平移动至 490#特征位置处, 通过天车电子称检测出所吊运钢包重量为 313 t, 大于规则判定的 120t 标准, 则判定 191#天车从 3#RH 炉 1#工位处吊起重包。钢包的位置从 3#RH 炉 1#钢水车转换至 191#天车上。同时赋予钢包属性如表 4.11 所示:

表4.11 出RH炉钢包属性表

Table 4.11 Ladle attribute table of leave the RH ladle furnace

属性序号	钢包属性	属性值
21	出站位置	3#RH 炉 1#位
22	出站时间	11: 05: 20
23	出站重量	313t
24	出站天车号	191#

⑥ 钢包在 4#板坯铸机区域定位

天车将重包放置在 4#板坯铸机大包转台: 191#天车从 490#特征位置处吊运重包水平移动至 880#特征位置处, 判定 191#天车开至 4#铸机大包转台处; 通过天车定位系统传送的天车电子称重量检测信息, 此时重量显示为 0.03t, 小于规则判定的 5t 标准, 则判定 191#天车将重包放置在了 4#铸机大包转台上。此时, 钢包台车定位系统开始检测钢包的运行位置。钢包的位置从 191#天车转换至 4#铸机大包转台上。同时赋予钢包属性如表 4.12 所示:

表4.12 进连铸机钢包属性表

Table 4.12 Ladle attribute table of enter the continuous casting machine

属性序号	钢包属性	属性值
25	铸机机号	4#
26	上铸机时间	11: 15: 25
27	上铸机重量	313t
28	上铸机天车号	191#

4#板坯铸机到天车吊起空包: 4#板坯铸机大包浇注完钢水后, 大包转台开至吊包位; 193#天车移动 880#特征位置处, 通过天车电子称检测出钢包重量为 115 t, 小于判定规则的 120t, 则判定 193#天车从 4#铸机大包转台吊起空包。钢包位置从 4#铸机大包转台转换至 193#天车上, 钢包由重包转换为空包。同时赋予钢包属性如表 4.13 所示:

表4.13 出连铸机钢包属性表

Table 4.13 Ladle attribute table of leave the continuous casting machine

属性序号	钢包属性	属性值
29	铸机浇得量	198t
30	空包重量	115t
31	吊空包时间	11: 50: 45
32	渣量	15t
33	吊包天车号	193#

⑦ 天车将空包放置在 4#倾翻机上

193#天车从 880#特征位置处吊运空包移动至 950#特征位置处, 判定 193#天车开至 4#倾翻机处; 通过天车定位系统传送的天车重量检测信息, 此时重量显示为 0.02t, 小于判定规则的 5t, 则判定 193#天车将空包放置在了 4#倾翻机上。钢包的位置从 193#天车转换至 4#倾翻机上。由于生产工艺过程到此已经结束, 因此不再给钢包赋予多余的属性。

⑧ 天车将空包吊运至 5#炉在线钢水车

4#倾翻机翻包结束后, 192#天车水平移动 950#特征位置处, 通过天车电子称检测出所吊运钢包重量为 102t, 小于规则判定的 120t 标准, 则判定 192#天车从 4#倾翻机吊起空包。钢包的位置从 4#倾翻机转换至 192#天车上。

192#天车从 950#特征位置处吊运空包移动至 690#特征位置处, 判定 192#天车开至 5#炉在线钢水车处, 通过钢包车定位系统, 检测 5#炉钢包车处于吊包位; 通过天车定位系统传送的天车重量检测信息, 此时重量显示为 0.04t, 小于规则判定的 5t 标准, 则判定 192#天车将空包放置在了 5#炉在线钢水车上。钢包的位置从 192#天车转换至 5#炉在线钢水车上。钢包准备工可以根据此钢包的运行状态开始下一个流程的周转。

⑨ 天车将空包吊运至 13#离线烤包器

离线烘烤时。台车定位系统检测 5#炉钢水车运行至甩包位, 181#天车至 690#特征位置处, 判定其开至 5#炉钢水车处; 通过天车定位系统传送重量检测信息 102t, 小于判定的 120t, 判定 181#天车将空包吊走。钢包位置从 5#炉钢水车转换至 181#天车上。

181#天车吊运空包水平移动至 720#特征位置处, 判定其开至 13#离线烤包器处; 通过天车定位系统传送的天车重量检测信息, 此时重量为 0.02t, 小于判定规则 5t, 则判定 181#天车将空包放在了 13#离线烤包器。钢包位置从 181#天车转换至 13#离线烤包器。

4.3 本章小结

本章首先介绍了迁钢二炼钢厂的工艺布置, 针对迁钢二炼钢厂工艺流程, 认真分析了钢包周转的过程, 列出了钢包定位过程的判定规则, 对在线钢包周转工艺设备进行了编号, 并以在线钢包周转的实例详细设置了特征位, 将钢包在线周转过程是如何实现跟踪钢包定位进行了重点说明。

第 5 章 结论与展望

本文以首钢迁钢二炼钢厂钢包周转为背景,设计研究了通过激光测距定位技术和射频读卡定位技术的钢包连续跟踪系统。研究了钢包台车定位系统和天车定位系统,简单介绍了二炼钢厂工艺布置,分析了迁钢二炼钢厂钢包周转工艺流程,以钢包在线周转为实例,详细分析了钢包连续跟踪系统对钢包定位的工作情况。为迁钢二炼钢厂物料跟踪提供了数据支撑,为首钢迁钢二炼钢厂信息化建设、提升企业盈利能力奠定了基础。论文主要完成了如下工作内容:

(1) 研究了目前钢包跟踪系统的发展现状和存在的问题。同时针对首钢迁钢二炼钢厂钢包周转管理的现状,提出了本项目的技术改造方案。

(2) 基于激光测距定位技术的特性,设计实现钢包台车定位系统。说明了钢包台车定位的意义。提出了所设计台车定位系统的整体硬件方案。并通过软件编程实现了对激光测距仪的数据采集,并应用 51 系列单片机进行数据分析,并用所设计的 LED 数码管动态显示电路显示所测距离。

(3) 基于射频读卡定位技术的特性,设计实现天车定位系统。说明了天车定位的意义,并对现有天车定位技术现状进行了分析,提出了所设计天车定位系统的整体硬件方案。通过电子标签和无线通讯技术实现对天车运行数据的采集,并经过 PROFIBUS 及软件编程实现了天车的定位。

(4) 介绍了首钢迁钢二炼钢厂的工艺布置,针对迁钢二炼钢厂工艺流程,认真分析了钢包周转的过程,列出了钢包定位过程的判定规则,对在线钢包周转工艺设备进行了编号,并以在线钢包周转的实例详细设置了特征位,将钢包在线周转过程是如何实现跟踪钢包定位进行了重点说明。

伴随着企业信息化建设的不断深入,钢包的跟踪定位已经成为各大钢铁厂研究的热点。本系统的设计开发紧密结合迁钢二炼钢厂工艺特点,基本能够满足二炼钢厂现阶段的信息化建设要求。但由于计算机技术的不断发展,钢铁厂生产规模的不断扩大,产品规格的不断增多,工艺流程的不断改进,都为控制系统的稳定性和可扩展性提出了更高的要求,因此现有系统仍存在着需要进一步深入研究的问题。今后,还有许多方面应该继续努力:

(1) 钢包跟踪系统的进一步优化。在现场实施过程中,还要深入结合炼钢工艺特点情况,以及进一步完善软硬件设计,提高系统稳定性。

(2) 通过对钢包的跟踪定位,逐步完善二炼钢厂二级、三级系统与钢包跟踪系统的衔接性。完善系统数据库的建设,加强企业级网络连接密度,提高数据共享的范围。根

据工艺要求，建立系统参数配方优化模型，以适应于不同的生产规格，真正实现企业管理与现场工控整体自动化。

(3) 在钢包跟踪定位的基础上，持续开发对钢包信息及热追踪状态的研究，提高炼钢厂钢包周转能力。通过提高钢包管理水平，减少钢包周转个数，节约炼钢过程能源的消耗，减少污染，可以改善稳定钢水质量，大幅度降低由于钢包周转的原因造成的钢水温度不合适，进而大幅度降低回炉钢量。

(4) 通过持续完善钢包跟踪定位系统，可以充分发挥现有流程潜力和流程优势，带动相关炼钢生产工艺流程，建立标准化作业体系，完善相关的管理制度，实现电工钢、高档汽车板、管线钢等高品质钢种的高效、稳定生产。为企业的生产过程管理带了巨大的提升。管理效能的价值要远大于直接经济价值。

钢包跟踪定位系统作为炼钢厂 MES 系统的重要组成部分。EMS 系统很好的衔接了 ERP 系统和 PCS 系统，在信息集成中起着承上启下的作用，为生产管理和过程管控提供了一个通道。在钢铁企业信息化建设中起着重要作用。钢铁企业信息化建设是提升钢铁企业生产经营水平，促进钢铁行业结构调整，提升钢铁企业竞争力的必要手段。随着现代技术的不断深入，钢包跟踪系统还有巨大的应用前景，尤其针对耐火材料及钢包工艺的不断发展，钢包跟踪系统的应用价值将会更为突显。

参考文献

1. 周震. 浅析企业信息化[J], 南钢科技, 2000, 3(2): 9-12.
2. 常春光, 胡琨元, 汪定伟. 钢铁生产动态调度理论研究与工程应用综述[J], 信息与控制, 2003, 32(6): 531-537.
3. 庞新富, 俞胜平, 刘炜. 炼钢连铸动态智能调度系统的研究与开发[J], 控制工程, 2005, 12(6): 553-556.
4. 袁宇峰. 我国钢铁工业自动化的现状和发展[J], 钢铁研究, 2004, 11(3): 49-51.
5. 刘晓强, 顾佳晨, 孙彦广. 钢铁企业 MES 中的计划调度系统[J], 冶金自动化, 2004, 5(1): 22-29.
6. H.L. Lee, C. Billington. Material management in decentralized supply chains [J], Operation Research, 1993, 41(5): 835-847.
7. D. Klingman, M. John, V.P. Nancy. A logistics planning system at W R Grace [J], Operation Research, 1988, 36(6): 811-822 .
8. 王琳, 于忠良, 王德绪, 苑玲. 生产物流跟踪数据自动采集在炼钢厂的应用[J], 鞍钢技术, 2009, 356(2): 48-50.
9. 徐安军, 田乃媛, 吴晓东. 宝钢炼钢厂生产调度模拟系统的初步探讨[J], 炼钢, 1998, 4(1): 44-48.
10. 刘青, 田乃媛, 殷瑞钰. 炼钢厂的运行控制[J], 钢铁, 2003, 38(9): 14-18.
11. M.A. Cohen, H.L. Lee. Strategic analysis of integrated production-distribution systems [J], Operation Research, 1988, 36(2): 216-228.
12. 殷瑞钰. 冶金流程工程学[M], 北京: 冶金工业出版社, 2004, 45-46.
13. 宋军, 孙峰, 张海滨. 钢包周转的动态管理模式研究[J], 莱钢科技, 2008, 6(5): 56-59.
14. 魏国辰. 物流机械设备的运用与管理[M], 北京: 中国物资出版社, 2002, 35-46.
15. 吴学礼, 王烁生, 张静, 张展. 炼钢生产物流信息自动化采集与分析系统的设计与实现[J], 河北工业科技, 2010, 27(5): 337-339.
16. 龙英, 潘恒. 基于全集成自动化平台的转炉控制系统[J], 冶金自动化, 2007, 31(1): 58-60.
17. 刘川汉. 我国钢包炉的发展现状[J], 特殊钢, 2001, 22(2): 31-33.
18. 刘青, 赵平, 吴晓东. 钢包的运行控制[J], 北京科技大学学报, 2005, 27(2): 235-239.
19. 王秀英, 刘炜, 郑秉霖. 钢包调度仿真软件包的设计与实现[J], 系统仿真学报, 2007, 19(13): 2913-2916.

20. 龚坚, 谢同亮, 苏树红. 首钢 LF 钢包精炼炉装备介绍[J], 冶金设备, 2004, 23(3): 8-10.
21. G. Dutta, R. Fourer. A Survey of Mathematical Programming Applications in Integrated Steel Plants [J], EuroPean Journal of Operational Research, 2002, 13(3): 1-20.
22. 史一. 新型网络化智能数据采集系统的实现[J], 微计算机信息, 2007, 5(8): 101-103.
23. 严碧波. 从检错码到纠错码的原理初探[J], 长江大学学报, 2005, 2(7): 223-226.
24. 李莉. 自动检测技术与仪表在工业节能中的应用[J], 电站系统工程, 2001, 17(1): 57-59.
25. 黄骜. 激光的原理和应用[J], 现代物理知识, 1994, 13(S1): 77-79.
26. 陈敬全. 从激光看基础研究、应用研究与技术开发之间的关系[J], 华东理工大学学报, 1995, 3(12): 54-58.
27. W.A. Kielek. Random error in timing using weak light pulse, photomultiplier, and threshold crossing detection [J], IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1998, 47(15): 543-549.
28. 李岗, 王楠林. 红外反射光谱的原理和方法[J], 物理, 2006, 10(2): 873-877.
29. 孙英, 张珂殊. 相位式激光测距仿真系统的设计与实现[J], 计算机仿真, 2011, 34(1): 360-365.
30. 肖彬. 激光测距方法讨论[J], 地理空间信息, 2010, 12(4): 162-164.
31. 申佳. 单片机原理及其应用[J], 电子世界, 2011, 14(3): 49-52.
32. 王美清. PLC16C5X 单片机编程技术初探[J], 微计算机信息, 2000, 11(2): 73-75.
33. K. Nakamura, T. Hara, M. Yoshida. Optical frequency domain ranging by a frequency shifted feedback laser [J], IEEE Journal of Quantum Electronics, 2000, 36(3): 305-316.
34. 徐健, 崔丽. RFID 系统中防撞算法的改进[J], 西安工程大学学报, 2011, 25(6): 839-841.
35. E. Ojefors, K. Grenier, L. Mazenq. Micromachined inverted antenna for integration on low resistivity silicon substrates [J], IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2005, 15(10): 627-629.
36. J. Karaoguz. High rate wireless personal area network [J], IEEE Communication Magazine, 2001, 39(12): 96-102.
37. 唐忠平, 詹宜巨. PC 机与多台 8051 单片机间通讯的实现[J], 广东自动化与信息工程, 2003, 6(3): 43-45.
38. A. Shiibashi, N. Mizoguchi, K. Mori. High-speed processing in wired and wireless integrated autonomous decentralized system and its application to IC card ticket system [J], Innovations in Systems and Software Engineering, 2007, 56(2): 53-60.
39. C. Soras, M. Karaboikis, G. Tsachtsiris. Analysis and design of an inverted-Antenna

- printed on a PCMCIA card for the 2.4 GHz ISM band [J], IEEE Antennas and Propagation Magazine, 2002, 44(1): 37-44.
40. 高振, 唐立新, 常瑛琦, 汪定伟. 钢铁企业物流研究概述[J], 控制与决策, 2001, 16(1): 12-16.
 41. 孙彦广. 冶金自动化技术现状和发展趋势[J], 冶金自动化, 2004, 3(1): 1-5.
 42. U. Lcamdali, M. Tunc. Steady state heat transfer of ladle furnace during steelproduction process [J], Journal of Iron and Steel Research, 2006, 13(3): 18-20.
 43. 王秀英, 柴天佑, 郑秉霖. 炼钢-连铸智能调度软件的开发及应用[J], 计算机集成制造系统, 2006, 12(8): 1220-1226.
 44. 苏锦. 钢包跟踪和起重机调度系统在炼钢厂的应用[J], 冶金自动化, 2006, 23(S1): 383-396.
 45. K. Stohl, W. Snopek. VAI-Schedex: a hybrid expert system for co-operative production scheduling in a steel plant [J], Proceedings of International Conference on Compute-rized Production Control in Steel Plant, South Korea, Korea Press, 1993, 207-217.
 46. 马竹梧. 信息化自动化的进展与钢铁工业自动化[J], 冶金自动化, 2003, 6(27): 5-16.

致 谢

本论文是在我的导师井元伟教授的悉心指导和热情关怀下完成的。在论文写作期间，井教授常常在百忙之中，为我提供了大量资料，不厌其烦地提出许多有益的修改意见，每次的电话沟通，每次的电子邮件，都使我茅塞顿开，令我深受感动，使我能够顺利地完成工程硕士课题的研究工作和最终论文的撰写。感谢导师对我在学业上的悉心指导，使我顺利完成硕士阶段的学习；导师渊博的学识、敏锐的思想、严谨的治学态度、不倦的工作精神深深地感染着我，使我终生受益。在此，向他致以最衷心的感谢。师恩永在，师道长存，敬祝恩师身体安康、合家幸福。

衷心感谢答辩委员会的各位老师，你们百忙之中抽出时间来审阅论文，为我指点迷津，谢谢你们。

我衷心地感谢东北大学信息科学与工程学院的各位老师。他们在专业课上的悉心教导使我获得了丰富的基础理论知识，为写好论文打下了坚实的基础。感谢刘婷师姐在论文修改过程中给予的耐心指导和帮助。

我衷心地感谢首钢工学院的宋书华老师。她在研究生教学期间给予我极大的帮助。

我的朋友们也给予了我无私的帮助。李志新导师对论文的整体架构设计进行了详细指导；汪红兵老师对定位系统原理图方面提供了大量帮助；邬新乐和李平在查阅文献资料上提供了大量的帮助；刘凤刚审查了论文中相关的英文部分；欧阳对于元器件的选取及论文审核提供了宝贵意见。在我工作学习过程中，给予我帮助的朋友还有很多，对于这些朋友的帮助，我非常感动，谢谢你们！

最后，感谢我的儿子和家人！你们给了我最大程度的精神支持，感谢你们长期以来对我的关心和鼓励。