

## 炼轧生产时刻表的开发与应用

安阳钢铁集团有限责任公司是河南省最大的钢铁生产基地。2003年以来，安钢坚持以科学发展观为根本指导，大力实施“三步走”结构调整发展战略，通过实现设备大型化、工艺现代化、产品专业化，建成了现代化的千万吨级钢铁企业。作为安钢“三步走”标志性工程的安钢第二炼轧厂拥有3座150t转炉、3座LF炉、1座VD炉、2座RH炉、配套1台宽板坯连铸机和2台双流板坯连铸机、炉卷轧机生产线和1780热连轧生产线，采用炼轧一体化的短流程生产工艺，同比国内厂家较为复杂，生产运行管理难度较大。尤其是150转炉-LF（VD）-3250宽板坯连铸机-炉卷轧机生产线自2005年9月投产以来，受品种、规格和各工序处理能力等条件限制，在计划编排和生产组织过程中不能准确预测关键工序间生产能力是否平衡，限制了机组产能的均衡发挥、影响了工序间成本的进一步降低、造成不可预见性的生产停顿，生产节奏不稳定，对当班的生产运行质量无法进行定量评价。为此，迫切需要开发一套结合现场情况、指导计划和优化生产的生产时间编排与控制应用系统。该产线通过借鉴铁路系统的‘列车时刻表模式’开发‘生产时刻表’，通过现场调查，对炼钢区、轧钢区均设定基准点和各工序的标准生产节奏，以‘精益生产’组织中‘拉动式生产安排’递推出每个物料到达各工序的计划时刻和计划完成时刻，生产组织完全按‘生产时刻表’进行，并将物料实际到达各工序的时

刻和完成时刻与计划时刻进行跟踪和对比分析、动态优化，实时、定量显示生产运行与标准化要求的差异，指导现场的生产组织。同时在现场生产组织过程中严格执行标准工艺时间、严格按生产时刻表的计划节点组织生产，实现生产均衡、稳定、高效，各项相关能源消耗指标持续降低，年创经济效益 3888.1435 万元。

## 一、生产时刻表开发提出的背景

### （一）炼钢区存在的问题

#### 1、炼钢区炼钢-精炼-连铸三条生产线交叉运行，生产组织过程困难，经常出现三条线‘撞车’现象

炼钢区共有 3 座 150t 转炉、3 座 LF 炉、1 座 VD 炉、2 座 RH 炉、配套 1 台宽板坯连铸机和 2 台双流板坯连铸机，工艺流程如图 1-1 所示。炼钢区加料垮要向三座转炉供应铁水、废钢，铁水吊运和废钢装运两个系统的天车作业交叉影响问题长期存在，有时出现两座转炉同时要兑铁水和装废钢，经常出现天车难以协调现象。在精炼区的 3 座转炉钢包准备和 3 座 LF 炉、1 座 VD 炉、2 座 RH 炉的钢水吊运过程也出现类似现象。如果遇到其中一座或两座转炉冶炼品种钢，铁水需要脱硫时矛盾点就非常突出，或者 RH 生产需提高转炉装入量时，该问题更加明显，生产经常出现冲突，人工安排难以准确把握。

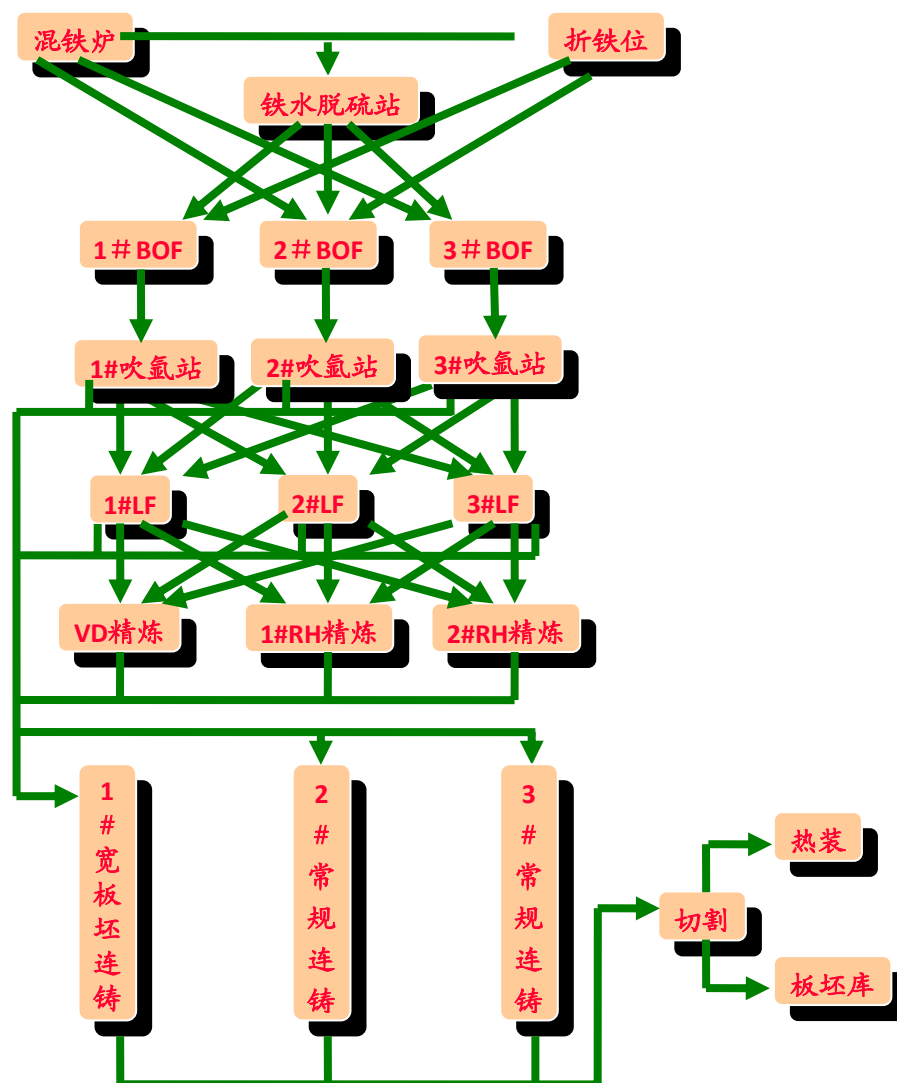


图 1-1 炼钢区工艺流程图

2、同一连铸浇次中，不同钢种经过的工艺路线不同、处理时间不同，按浇次顺序安排冶炼次序造成现场钢水积压

在同一连铸浇次中，由于钢种不同、经过的工艺路线不同，品种钢经过的处理工序多（铁水准备-脱 S-转炉-LF 炉-VD/RH-连铸）、生产周期长；普通钢经过的处理工序点少（铁水准备-转炉-LF 炉-连铸）、生产周期短，按浇注顺序冶炼，出现品种钢生产衔接紧张、普通钢钢

水在 LF 炉环节时间长时间积压的现象。

### 3、工序能力不匹配，经验型生产调度出现生产流程不顺畅

由于 3250mm 宽板坯的特殊性，钢水纯净度对铸坯质量影响较大。因此，需要较长的精炼时间和较高的拉速要求，导致现场出现如下几个问题：

①转炉吹炼时间 36-38 分钟，与连铸相差 4-6 分钟，致使连铸衔接紧张；

②转炉出钢量小，只有 150 吨，致使连铸浇铸时间短，断面越大越突出；

③连铸拉速波动较大，执行拉速通常在波动在 0.2m/min 范围内，对浇注周期影响也较大；

④浇注 3m 以上断面的特殊钢种时，由于精炼时间要求 40 分钟，与连铸周期相差 6-8 分钟，致使 LF 处理时间成为炉机匹配的限制性环节；

⑤采用经验型生产调度管理，甩钢现象较为严重，钢水留包时间长，能源消耗高，生产效率低。

## （二）轧钢区存在的问题

### 1、生产过程中钢板的品种规格变化频繁，生产组织难以准确把握均衡的生产节奏

按照公司整体规划，150 转炉-LF-3250 宽板坯连铸机-炉卷轧机

生产线依托先进的装备和控制轧制、控制冷却等生产工艺，相继开发出高强船板、管线钢、高建钢、抗层状撕裂和低碳贝氏体等高强度、高韧性的高端产品，致力打造板材精品基地。通过产品开发，该生产线已由当初设计的八大系列、40多个品种发展到13个系列，100多个品种，最大限度满足市场的需要。但由于高端产品市场需求量不大，在严格按照订单生产条件下，形成了多品种、小批量的生产格局，整个生产线品种规格变化频繁。在轧钢工序，不同钢种、不同规格的产品加热制度、轧制工艺不同，在各工序的工艺处理时间也不一样，生产组织难以把握稳定的生产节奏，致使生产组织不均衡。

## **2、在工艺复杂的生产条件下，依靠工作经验进行轧钢计划的编排和生产组织，影响了产线产能的发挥**

炉卷机组工艺复杂，不同品种钢坯加热制度不同，在加热工序要考虑品种过渡；不同品种、规格的钢板，在轧制工序按照工艺要求进行控制轧制和冷却，分为一开轧制、二开轧制、三开轧制和卷轧，轧制周期最短4分钟，最长达到14分钟；在冷床冷却工序，不同规格钢板冷却时间不同；在精整工序，50mm以上规格在缓冷区分流，25mm以下规格又分为切边和不切边等。因此，在轧钢一个换辊周期内，生产计划的编排要考虑烫辊材、主轧材、加热制度的匹配与过渡、厚度、宽度规格的过渡与跳跃、各工序能力平衡等，均需要计划员和现场调度按照工艺要求，结合工作经验和现场情况对计划进行编排和生产组

织，经常出现以下情况：

- ①加热工序品种过渡不合适，造成品种钢待温。
- ②厚度规格过渡不合适，影响模型的稳定性。
- ③宽度规格过渡不合适，出现逆宽轧制，影响产品质量。
- ④精整区生产能力不足，卷轧料集中编排，造成冷床堵钢，制约产能的发挥。

## 二、生产时刻开发的理论依据和解决方案

为解决上述问题，参照铁路‘列车运行时刻表’，将炼钢、轧钢生产线均视为铁路线，每炉钢水或每块主板视为一列火车，每个工序点视为火车站点，通过精确的时间安排和及时动态调度，解决前后区生产线能力匹配问题，实现均衡、高效、稳定生产。针对前后区的不同情况，设计理念如下：

### （一）炼钢区设计理念：

- 1、 将炼钢区 3 座转炉、3 座 LF 炉、3 台铸机均分为三条独立的火车线，各线单独运行，仅在共用工序交叉。
- 2、 将处理工序多的品种钢视为停靠站点多的‘慢车’、将处理工序少的普通钢视为停靠站点少的‘快车’。
- 3、 每个品种、规格的产品视为不同类别的列车，同一类列车经过的站点统一、停留时间统一。
- 4、 将一个连铸浇次视为一个编组，将连铸机视为终点站，一个浇次的钢水必须按浇注顺序准时进入终点站。

- 5、 根据要进入终点站的火车倒排从始发站（铁水准备）前来的各列火车在各站点的停靠时间，特快后发先至、慢车先发后至，慢车在中间站点必要时给快车让车。
- 6、 生产时刻表进行预排，遇到在某个站点出现‘撞车’现象，通过调整某条线第一列车的到达时间来避免。

（二）炉卷轧机区设计理念：

- 1、 将炉卷轧钢区不同品种规格的产品视一列火车。
- 2、 20mm 以下的规格的产品产生的子板多、视为车厢多的长列慢车，20mm 以上规格的产品产生的子板少、视为车厢少的短列快车。
- 3、 将不同的主要工序视为站点，每个品种、规格的产品视为不同类别的火车，同一类火车经过的站点统一、停留时间统一。
- 4、 将轧机视为时间校准点，向前递推出钢坯的装、出钢计划时刻，向后递推出产品到达各工序的计划时刻。
- 5、 将计划提前进行预编排，遇到‘堵车’现象时，调整快车、慢车顺序。

### 三、生产时刻表开发过程

#### 1、炼钢区生产时刻表的开发

- （1）收集工序处理时间与工序传输时间。组织技术骨干现场调查

各班组对不同钢种、不同规格的产品在脱 S 站、炼钢、精炼、VD/RH、铸机等各个工序点的处理时间和工序间的运输时间，最终按平均先进水平制定不同钢种、不同规格的产品在脱 S 站、炼钢、精炼、VD/RH、铸机的标准处理时间和工序间的标准运输时间，以分钟为单位建立基础运行时间数据表。（见表 1）

表 1 1#机部分钢种炼钢工序作业时间标准表

序号	钢种	精炼工艺	脱硫站	转炉时间	氩站时间	LF时间		VD时间		
						精炼时间	软搅时间	真空时间	喂丝时间	VD软搅拌
1	碳结Q195	L		35	6	25	8			
2	碳结Q215A、B	L		35	6	25	8			
3	碳结Q235A、B	L		35	6	25	8			
4	碳结Q275A、B	L		35	6	25	8			
5	Q235B、C、D-T	LV		35	6	35		23	3	9
6	碳结Q235C、D	L		35	6	25	8			
7	Q275C、D	L		35	6	30	8			
8	日标SS400	L		35	6	25	8			
9	日标SS400M	L		35	6	30	8			
10	欧标S235JR	LV		35	6	35		23	3	9
11	欧标S235J0、S235J2	LV		35	6	35		23	3	9
12	欧标S275JR	LV		35	6	35		23	3	9
13	S275JR-1	L		35	6	30	8			
14	欧标S275J0、S275J2	LV		35	6	35		23	3	9
15	S275J0-1、S275J2-1	L		35	6	30	8			
16	S355JR	LV		35	6	35		23	3	9
17	S355JR-1	L		35	6	30	8			
18	欧标S355J0、J2\K2	LV		35	6	35		23	3	9
19	S355J0-1	L		35	6	30	8			
20	S355J2-1	L		35	6	30	8			

(2) 推行炼钢生产运行工艺标准化，为生产时刻标准化奠定基础。

- 转炉稳定控制出钢量，出钢量由 150 吨控制到标准出钢量 160



吨，对于特殊断面和工艺路线采用 170t 出钢量，稳定连铸浇注时间；

- 转炉控制冶炼周期至 32-34 分钟，缩短冶炼周期 4 分钟，与连铸浇注周期相匹配；
- 将 2#连铸机铸坯减薄，延长浇注周期 2 分钟，缓解炉机不匹配现象；
- 通过工艺技术攻关，降低 3#连铸机大断面目标拉速至 0.9m/min，使浇注周期与转炉相匹配；
- 转炉、LF、VD、RH 严格按照分钢种工艺时间组织生产，不得随意延长或缩短工艺时间；
- 精炼工序必须保证精炼时间满足工艺要求，保证钢水质量要求；
- 设定标准上钢余重，有效控制 LF 精炼节奏，预防 LF 周期不稳定的现象发生，最大限度的给连铸创造优良条件；
- 连铸严格按照目标拉速恒拉速拉钢，不得随意提高或降低拉速；当连铸出现异常情况时，可适当降低拉速，当异常情况处理完毕，必须在规定时间内恢复到目标拉速恒拉速拉钢，保证浇注周期的稳定。

### (3) 生产时刻表系统运行条件下，实现生产组织标准化

生产时刻表编制原则的确定：

- 炼钢系统严格贯彻“以连铸为中心”的生产组织模式，围绕工

艺技术标准及用户需求，对每一炉钢水以“温度、成分、纯净度和时间”四命中为目标，采取倒推法，分品种严格规定炼钢系统各工序作业标准时间，制订生产计划，确保生产过程全面受控。

- **明确生产运行路径。** **广义路径：**一座转炉、一座 LF 精炼炉对应一台连铸机生产，以连铸浇次为单位，浇次中间不允许随意改变炉座路径及浇注顺序；**狭义路径：**1#转炉—1#LF—1#铸机/2#转炉—2#LF—2#铸机/3#转炉—3#LF—3#铸机，以连铸浇次为单位，浇次中间不允许随意改变炉座路径及浇注顺序。
- **确定炉机匹配组织原则：**当转炉、LF 炉、铸机有定修计划或冶炼有特殊要求的低碳低硫钢种时，可按“广义路径”组织生产，该情况视为炉机匹配合格；当三条生产线无定修计划或特殊钢种时，必须按“狭义路径”组织生产；当现场条件不能实现炉机匹配，要及时进行路径调整，避免铸机“断浇”，但当班调度必须落实造成变更路径的责任单位。
- **执行钢包运行标准化：**根据现场实际运行情况制定了钢包运行标准化管理制度，根据钢包的实际情况，共分为三大类 15 种子类，依靠字母+数字组合代表所有不同包况，通过 MES 将钢包信息传递到每个关联单位，用于指导生产控制。使钢包运行状况由原来的概念指导上升到量化指导，使得钢水过程温降控制标

准化具有了现实指导意义；同时，执行钢包上线数量 N+1 标准，有效减少了上线钢包数量。解决了钢包占用数量多，使用频次较少，造成黑包较多，对整个生产运行影响大的问题，基本杜绝了由于钢包温降大造成的生产事故。

#### **(4) 炼钢生产时刻表程序的编制**

依据炼钢工艺流程图画出系统流程图，

画出数据流图

制定数学模型

程序编制：前台使用 visual studio.net 2005 c#语言进行开发，数据库为 sql server2000。

整个时刻表程序的开发以整合工序岗位后的工艺流程图为主线，将生产线上的时间主要分为两个部分，静态固定时间、动态变化时间。其中静态固定时间为各工序之间的必要运输时间，动态时间为各钢种在各个工序点的纯工艺处理时间。

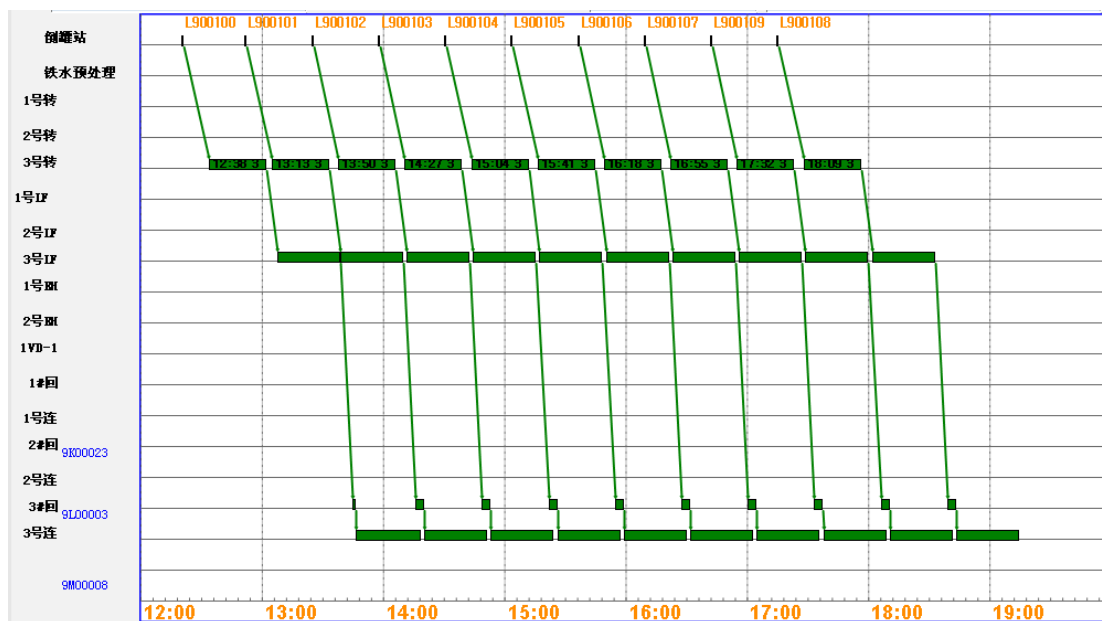
#### **(5) 单机调试**

主要测试模拟生产时刻表项目

1. 测试各工序计划时刻递推过程的逻辑是否正确。
2. 测试系统排产是否出现工序间“撞车”现象。
3. 测试系统动态优化功能是否正常

#### **(6) 网络系统的建立和系统调试**





## 2、轧钢区生产时刻表开发

(1) 对炉卷机组进行工序合并，以节点或主要工序为时刻表控制点。炉卷机组工序较多，如果按照所有工序进行控制，数据量大，系统逻辑复杂，不利于设计与编程，且影响系统运行速度。按照以最少的工序控制，覆盖全线生产过程，反映实际运行效果的原则，对生产工序进行合并情况如下：

炉卷机组的工艺流程如图 2-1。

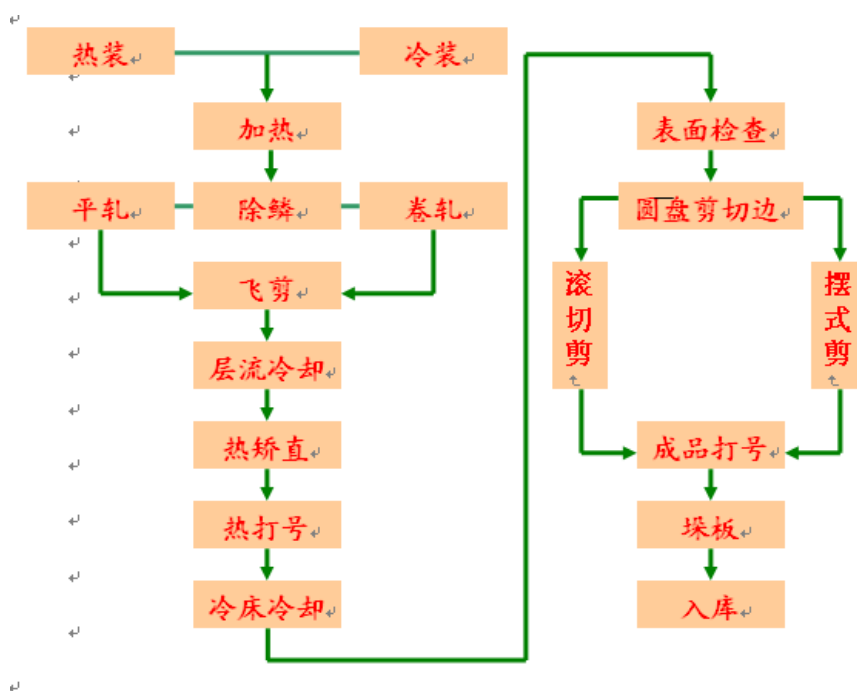


图 2-1 炉卷轧机生产工艺流程图

工序合并后时刻表监控的工序流程如图 2-2



图 2-2 炉卷机组时刻表监控工序流程图

(2) 基础数据的采集与转换。基础数据的收集和标准生产节奏的制定：在二级和三级系统分别调出 2008 年 1-12 月份的生产数据进行汇总和统计，按照品种、规格和生产方式，在二级系统收集生产时间，在三级系统收集辅助时间，并结合现场实际测定的辅助时间，最

终确定标准生产节奏。实时生产数据采集：全部从二级或三级系统中进行实时采集，减少手工录入的工作量，并避免输入误差，为生产分析提供可靠的数据保证。

数据转换。按照钢坯（钢板）牌号、板坯的宽度、板坯长度、钢板宽度、钢板长度和轧制方式、性能要求、精整区处理路径，分别设置不同代码并对基础数据进行转换。

**（3）数学模型的建立。**建立模拟生产时刻表和实绩生产时刻表两套系统。模拟时刻表系统：针对生产计划部下达的“释放”状态的生产计划、以基准时间点加各工序的标准节奏，按照工序顺序，递推出物料到达各工序的计划时刻和计划完成时刻，预先进行系统模拟生产和检验，对精整区生产能力，反映在冷床冷却工序，当精整区能力不能满足轧机生产能力时，在模拟系统显示冷床满标记和预计要影响的时间。计划编排时调整“释放”状态的顺序，到轧钢区和精整区能力基本上匹配时，进行生产计划的“下达”；实绩时刻表系统：采集“下达”状态的生产计划并运行，显示坯料到达各工序点的计划时刻，并依据前一块钢的实绩时间，实时更新后续各坯料的计划时刻。当生产节奏超过或滞后于标准节奏时，在时刻表“轧机早到”一列，显示当前生产的坯料比计划提前或滞后的时间，指导现场进行生产节奏的控制。出现事故停车时，录入本工序的停车时间，修正本工序及其后道各工序的物料预计到达时刻和完成时刻。

在“四班三运转”的生产模式下，为了避免上一个班提前或滞后的时间延续到下一个班，每班接班后，以时刻表上第一块钢的轧制结束时刻，作为本班生产计划时刻的编排基准点进行校准。点击“校准”按钮后，时刻表将显示本班生产计划的数量和每一块钢到达各工序的计划时刻。

受外围条件限制和设备运行状况的影响，生产过程中不可避免要出现停车现象，当出现停车时，点击出现停车的坯料号，输入停车的开始时刻和结束时刻、停车地点、原因和责任单位，系统生成停车记录，并依据停车时间对时刻表中各工序计划时刻进行修正。

#### (4) 时刻表程序的编制

前台使用 visual studio.net 2005 c#语言进行开发，数据库为 sql server2000。

整个时刻表程序的开发以整合工序岗位后的工艺流程图为主线，将轧线上的时间主要分为两个部分，静态固定时间、动态变化时间。其中静态固定时间为各工序之间的间隔时间，动态时间为各钢种在各个工序点的纯消耗时间。

整个时刻表开发包含两部分内容——模拟时刻表与实际时刻表。模拟时刻表是在轧制计划状态为释放状态时进行测算，在递推过程中综合考虑了冷床最大装入钢板数量，并以此为依据判断前后区域生产能力的匹配。



后台数据库开发：在数据库中建立基础数据索引表，建立基础数据表，建立轧制计划表，时刻表计划表，时刻表实际表，时刻表历史表。

前台画面开发：使用 visual.net 2005 为工具，将整个系统大致分为四大模块，轧制计划，基础数据，数据分析，系统维护，其中轧制计划为主要模块，分为了轧制计划表，模拟计划表，实际生产时刻表，停车记录表，历史时刻表，调度实绩表。

轧钢区生产时刻表实际运行情况如图 2-3

冶金企业管理现代化创新成果报告

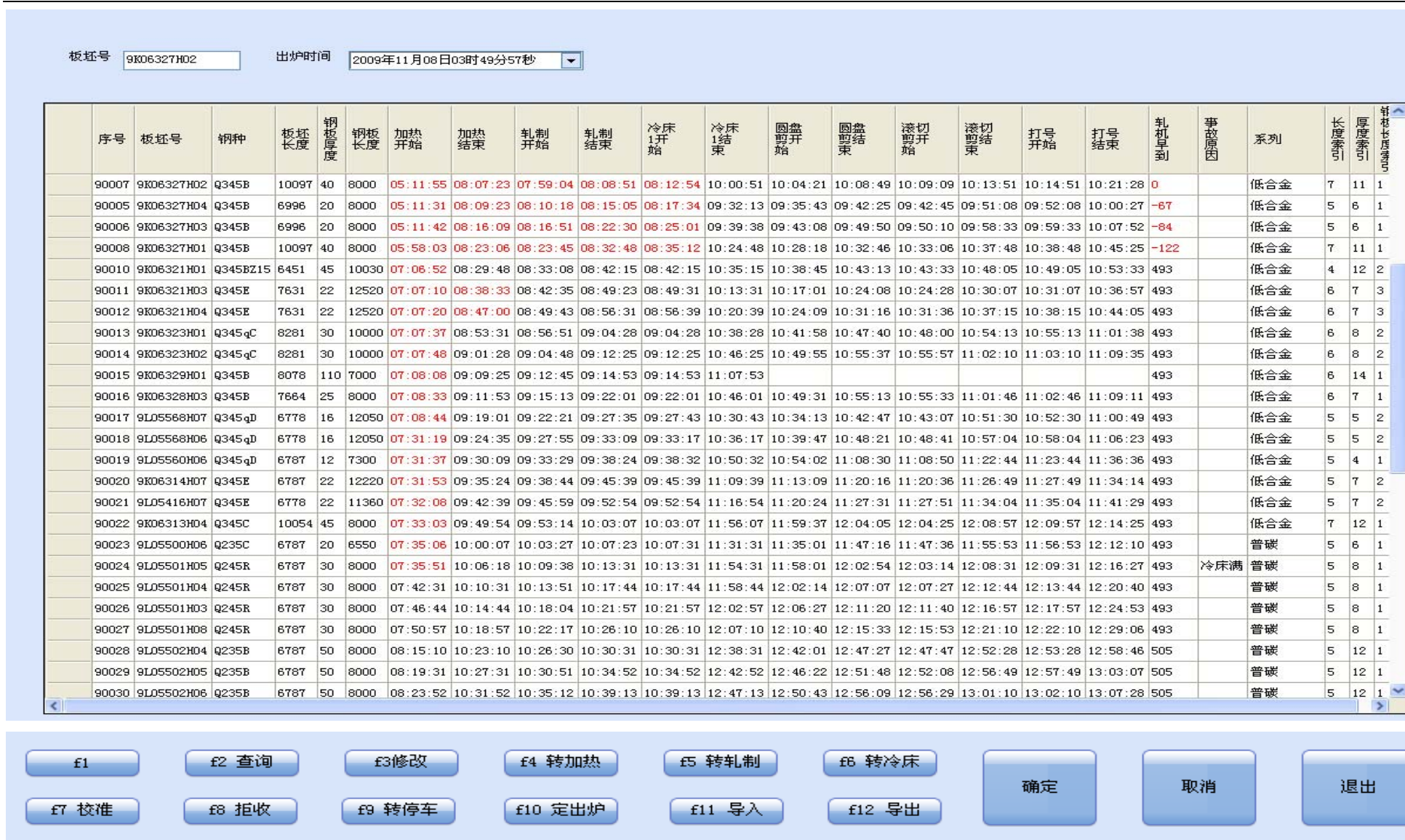


图 2-3 炉卷机组生产时刻表运行图

### (5) 单机调试

主要测试模拟时刻表项目

1. 测试各工序计划时刻递推过程的逻辑是否正确。
2. 冷床满判读是否正确。
3. 测试冷床满到冷床未滿时间是否为轧机影响时间。

### (6) 网络系统的建立和系统调试

在时刻表服务器上采用双网卡，一块网卡连接三级主机接收轧制计划，另一块网卡连接二级主机接收轧线区域的实际时间。

1. 测试各工序点作业计划是否能正常接收
2. 轧线区域实际时间和精整区域实际时间是否能正常接收，并在屏幕上显示为红
3. 测试六个区域出现故障，时刻表是否能正确调整，

#### 4. 校准与调度实绩

每班生产第一块钢轧制完成后进行校准，同时生成本班计划块数与上班实际轧制块数、班中影响时间。

### (7) 系统上线运行与完善

运行开发了炉卷生产时刻表曲线报表分析系统，将实际时间与计划时间的偏差以曲线的形式在报表上显示，同时统计选定时间段内轧制节奏符合标准化要求的比率，实现生产组织的定量分析和评价。

数据分析情况如图 2-4



安钢第二炼轧厂炉卷时刻表报表

计划块数:	59 块	开始时间:	17-Mar-2010 00:00:00
实际块数:	60 块	结束时间:	17-Mar-2010 08:00:00
事故时间:	0 秒	间隔时间:	##### (hh:mm:ss)
计划完成率:	102 %		

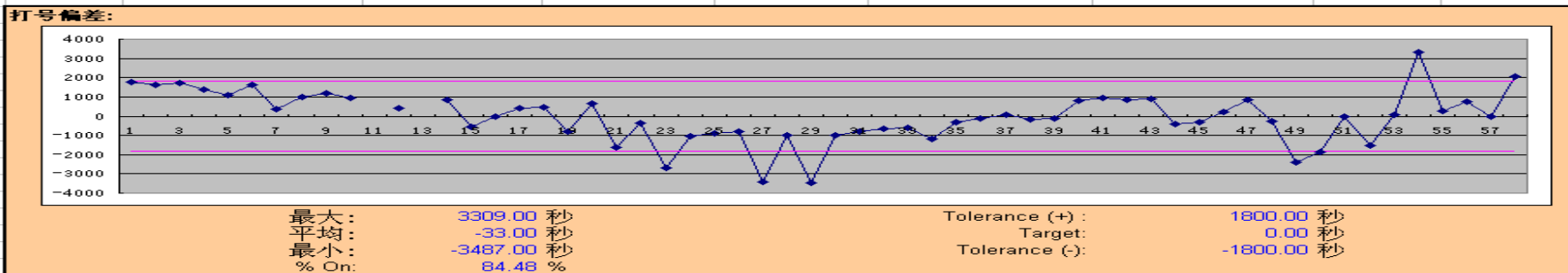
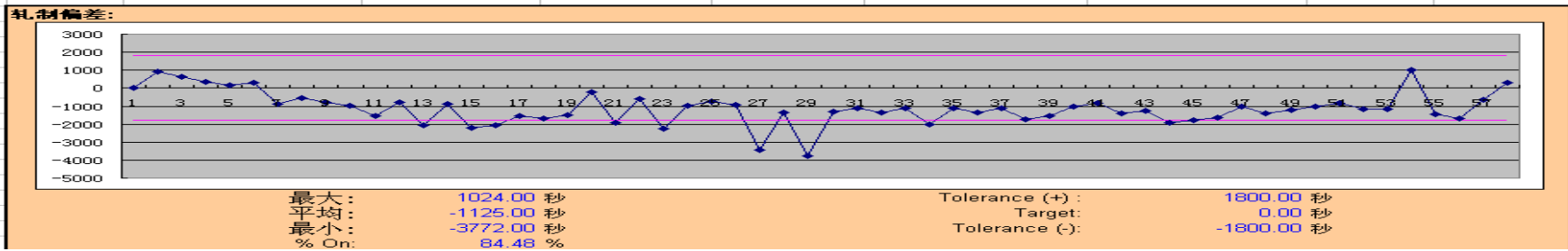
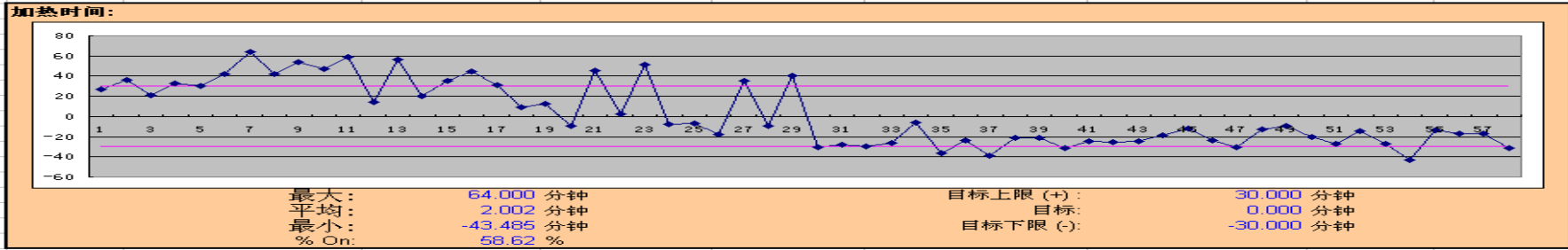


图 2-4 炉卷机组生产时刻表数据分析图

#### 四、生产时刻表运行的效果

1、**炼钢区运行效果。**通过一系列的工艺技术探索和完善，依托生产时刻表的执行，使得整个生产过程处于“稳定、有序、紧凑、和谐”的状态，在保证“高质、高量、低成本”的前提下，运行质量提高，运行成本降低。具体效果如下：

(1) 用生产时刻表指导生产，最直接的效果就是显著降低了钢水的非正常等待时间；

(2) 等待时间的减少不仅仅是降低了 LF 电耗和氩气消耗，还不同程度的减少了造渣脱氧剂的消耗；

(3) 由于钢包热负荷时间的减少，使得钢包的寿命得到了提高，同样会降低钢包耐材的使用成本；

(4) 由于钢包周转的频次加大，减少钢包温降，节省烘烤煤气，又反过来减少了 LF 的电耗，使整个运行体系逐步进入良性循环。

2、**轧钢区运行效果。**生产时刻表运行后，每班生产组织目标明确：当班系统校准后，明确显示应达到的计划产量目标，实现均衡、稳定和标准化精细生产。具体效果如下：

(1) 增强计划编排和生产组织的科学性、合理性。

(2) 通过数据分析，对生产质量进行动态的定量评价。采用可选时间段曲线图表和分析数据共同显示方式，直观反映当班或不同时间段内生产数据统计分析情况。

(3) 标准化生产合格率稳步提升，带动主要指标如机时产量、轧机

作业率、电耗和煤气消耗等，均有相应提高。

## 五、经济效益分析

生产时刻表运行以来，炼钢区生产组织均衡、高效、紧凑，相关的能源消耗指标压缩空气、氩气、电极、电耗和混合煤气消耗大幅度降低；轧钢区生产实现均衡稳定，生产停顿时间减少，电耗、煤气消耗降低，降本增效效果突出。主要经济效果计算如下表：

2009年各项相关指标与08年对比成本降低额

炼钢产量(t)： 3350109

项目	单价(元)	08年吨钢消耗	09年吨钢消耗	对比降低金额(元)
压缩空气	0.07	89.78m <sup>3</sup> /t	76.21m <sup>3</sup> /t	3182268.54
氩气	0.5	1.86m <sup>3</sup> /t	1.08m <sup>3</sup> /t	1306542.51
电极消耗	18.43	0.381kg/t	0.273kg/t	6668190.96
综合电耗	0.56	102.69kWh/t	94.38kWh/t	15590067.24
混合煤气	0.25	25.04m <sup>3</sup> /t	15.48m <sup>3</sup> /t	8006760.51

总计降低金额： 34753829.76

炉卷产量(t)： 1129675

项目	单价(元)	08年吨钢消耗	09年吨钢消耗	对比降低金额(元)
综合电耗	0.56	78.58kWh/t	73.85kWh/t	2992283
混合煤气	0.25	176.48m <sup>3</sup> /t	172.46m <sup>3</sup> /t	1135323
				4127606

(3) 综合全年创效约为：34753829+4127606=3888.1435 万元

## 六、生产时刻表发展构想

(1) 结合炼钢区和轧钢区生产时刻表，开发第二炼轧厂生产预告系统，炼钢计划一旦下发，即可预计最终产品产出的计划时间，更好的满足生产组织和客户需求。

## 《炼轧生产时刻表的开发与应用》

### 立项证明

作为安钢“三步走”发展战略中标志性工程的安钢第二炼轧厂拥有3座150t转炉、3座LF炉、1座VD炉、2座RH炉、配套1台宽板坯连铸机和2台双流板坯连铸机、炉卷轧机生产线和1780热连轧生产线，采用炼轧一体化的短流程生产工艺，同比国内厂家较为复杂，生产运行管理难度较大。该生产线自2005年9月投产以来，受品种、规格和各工序处理能力等条件限制，在计划编排和生产组织过程中不能准确预测关键工序间生产能力是否平衡，限制了机组产能的均衡发挥、影响了工序间成本的进一步降低、造成不可预见性的生产停顿，生产节奏不稳定，对当班的生产运行质量无法进行定量评价。为此，迫切需要开发一套结合现场情况、编排计划和优化生产的生产时间编排与控制应用系统。

通过借鉴铁路系统的‘列车时刻表模式’开发了‘生产时刻表’系统，在炼钢区、轧钢区均以设定的基准点和各工序的标准生产节奏为基础，以‘精益生产’组织中‘拉动式生产安排’递推出钢水（坯料）到达各工序的计划时刻和计划完成时刻，生产组织完全按‘生产时刻表’进行，严格执行标准工艺时间、严格按生产时刻表的计划节点组织生产；并将钢水（坯料）实际到达各工序的时刻和完成时刻与计划时刻进行跟踪和对比分析、动态优化，实时、定量显示生产运行与标准化要求的差异，指导现场的生产组织。

在“生产时刻表”系统实施过程中，大力推行生产组织标准化。炼钢区以连铸为中心，按炉机匹配进行生产组织，即1#转炉—1#LF—1#铸机/2#转炉—2#LF—2#铸机/3#转炉—3#LF—3#铸机，以连铸浇次为单位，浇次中间不允许随意改变炉座路径及浇注顺序；轧钢区严格



按照生产计划顺序进行装钢和出钢，及时进行时间校准和停车时间维护，实现生产组织过程在标准化要求条件下的动态控制。通过“生产时刻表”系统的实施，实现了生产的均衡、稳定和高效，各项相关能源消耗指标持续降低，年创经济效益达3888.1435万元。

在生产时刻表系统支持下，炼钢区的多条产线并行作业和“炉卷匹配”生产组织模式，轧钢区的轧钢计划模拟运行、生产工序间能力平衡和生产运行质量定量分析和评价，均为同类型企业的生产组织提供了可借鉴的经验。

特此证明

安阳钢铁集团有限责任公司技术中心

2010年4月20日

## 《炼轧生产时刻表的开发与应用》

### 成果评价证明

安阳钢铁集团有限责任公司是河南省最大的钢铁生产基地，作为安钢“三步走”发展战略中标志性工程的安钢第二炼轧厂拥有 3 座 150t 转炉、3 座 LF 炉、1 座 VD 炉、2 座 RH 炉、配套 1 台宽板坯连铸机和 2 台双流板坯连铸机、炉卷轧机生产线和 1780 热连轧生产线，采用炼轧一体化的短流程生产工艺，同比国内厂家较为复杂，生产运行管理难度较大。该生产线自 2005 年 9 月投产以来，受品种、规格和各工序处理能力等条件限制，在计划编排和生产组织过程中不能准确预测关键工序间生产能力是否平衡，限制了机组产能的均衡发挥、影响了工序间成本的进一步降低。通过借鉴铁路系统的‘列车时刻表模式’开发了‘生产时刻表’系统，在炼钢区、轧钢区均以设定的基准点和各工序的标准生产节奏为基础，以‘精益生产’组织中‘拉动式生产安排’递推出每个物料到达各工序的计划时刻和计划完成时刻，生产组织完全按‘生产时刻表’进行，严格执行标准工艺时间、严格按生产时刻表的计划节点组织生产；并将物料实际到达各工序的时刻和完成时刻与计划时刻进行跟踪和对比分析、动态优化，实时、定量显示生产运行与标准化要求的差异，指导现场的生产组织。

#### 1、炼钢区运行效果

通过一系列的工艺技术探索和完善，依托生产时刻表的执行，使得整个生产过程处于“稳定、有序、紧凑、和谐”的状态，在保证“高质、高量、低成本”的前提下，运行质量提高，运行成本降低。具体

效果如下：

(1) 用生产时刻表指导生产，最直接的效果就是显著降低了钢水的非正常等待时间，降低了 LF 电耗、氩气消耗和造渣脱氧剂的消耗；

(2) 钢包热负荷时间的减少，使得钢包的寿命得到了提高，降低了钢包耐材的使用成本；

(3) 钢包周转的频次加大，减少了钢包温降，节省烘烤煤气，又反过来减少了 LF 的电耗，使整个运行体系逐步进入良性循环。

## 2、轧钢区运行效果

生产时刻表运行后，每班生产组织目标明确：当班系统校准后，明确显示应达到的计划产量目标和生产节奏，实现均衡、稳定和标准化精细生产。具体效果如下：

(1) 增强计划编排和生产组织的科学性、合理性。

(2) 通过可选时间段曲线图表和分析数据共同显示的方式，对生产运行质量进行动态的定量评价。

(3) 标准化生产合格率稳步提升，带动主要指标如机时产量、轧机作业率、电耗和煤气消耗等，均有相应提高。

3、实现生产的均衡、稳定、高效，各项相关能源消耗指标持续降低，年创经济效益达3888.1435万元。

特此证明

安阳钢铁集团有限责任公司技术中心

2010年4月20日

## 《炼轧生产时刻表的开发与应用》 成果效益效果证明

安钢立项进行创新管理项目《安钢炼轧一体化生产时刻表的开发与应用》，经过连续1年多实施和完善，炼钢区生产组织均衡、高效、紧凑，相关的能源消耗指标压缩空气、氩气、电极、电耗和混合煤气消耗大幅度降低；轧钢区生产实现均衡稳定，生产停顿时间减少，电耗、煤气消耗降低，降本增效效果突出。主要经济效益计算如下表：

### 2009年各项相关指标与08年对比成本降低额

炼钢产量(t)：		3350109		
项目	单价(元)	08年吨钢消耗	09年吨钢消耗	对比降低金额(元)
压缩空气	0.07	89.78m <sup>3</sup> /t	76.21m <sup>3</sup> /t	3182268.54
氩气	0.5	1.86m <sup>3</sup> /t	1.08m <sup>3</sup> /t	1306542.51
电极消耗	18.43	0.381kg/t	0.273kg/t	6668190.96
综合电耗	0.56	102.69kWh/t	94.38kWh/t	15590067.24
混合煤气	0.25	25.04m <sup>3</sup> /t	15.48m <sup>3</sup> /t	8006760.51
总计降低金额：				34753829.76
炉卷产量(t)：		1129675		
项目	单价(元)	08年吨钢消耗	09年吨钢消耗	对比降低金额(元)
综合电耗	0.56	78.58kWh/t	73.85kWh/t	2992283
混合煤气	0.25	176.48m <sup>3</sup> /t	172.46m <sup>3</sup> /t	1135323
总计降低金额：				4127606

综合全年创效约为：34753829+4127606=3888.1435 万元

特此证明

安阳钢铁股份有限公司第二炼轧厂财务科

2010年4月20日