

转炉炼钢终点控制检测系统简介



炼钢一副枪检测的意义

- 钢铁行业已面临十分严峻的形势，行业洗牌已无法避免，钢材市场进入微利时代也将成为必然趋势！行业内的竞争亦将日益激烈，各公司为提高自身竞争力，在未来市场中抢得一席之地，纷纷采用各种手段降低成本，提高生产效率，使用先进的设备、技术、工艺等，从实质上将延续多年的炼钢管理导入精细化。
- 副枪技术是转炉自动化炼钢最主要的手段。通过副枪测量系统，为实现转炉的静态-动态控制奠定基础，彻底改变了传统炼钢模式和依靠经验炼钢的历史；
- 提高冶炼精度、提升产品质量、节省冶炼时间和能耗、降低劳动强度等诸多优势；
- 精度高、重现性好、测成率高的优点。
- 一副枪系统的投入可以显著缩短转炉的出钢周期时间；提高生产能力，降低铁水和添加剂消耗，减少转炉耐火材料侵蚀从而降低生产运行成本。

炼钢副枪工艺简介

使用副枪的目的、效果及优点

用副枪的目的是为了配合转炉的动态控制模型达到终点命中。如果不能达到终点命中，会产生以下的后果：

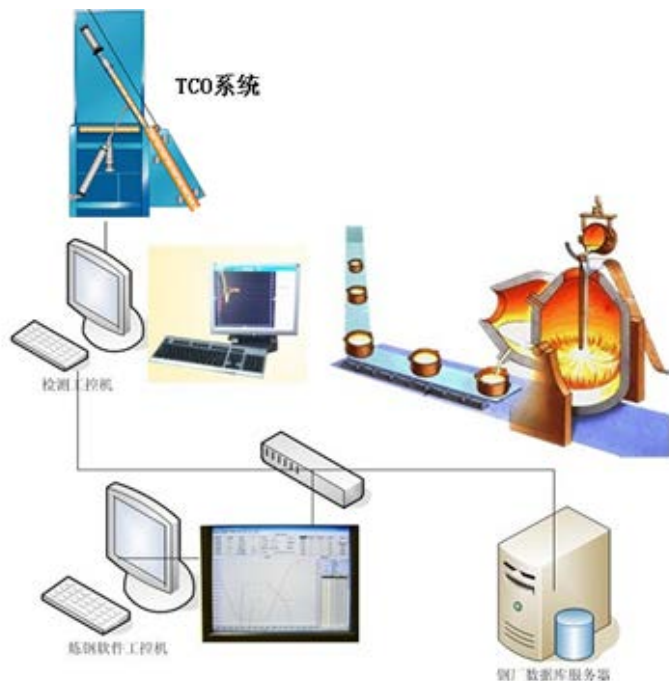
- 碳太低：浪费氧气，钢水中氧含量高，需要更多的脱氧剂，及铁的烧损。
- 碳太高：要再吹氧脱碳，很多精炼炉没有该功能，配加合金时，要用价格昂贵的低碳合金。
- 温度太高：炉衬会侵蚀，冷却剂量增大。
- 温度太低：精炼炉就必须加热。
- 用副枪能获得炼钢所必须的成分和温度的数据。
- 能达到自动的终点控制，实现良好的过程控制，减轻转炉操作工的劳动强度。
- 能减少吹炼时间3—5分钟。
- 节约能源，节约脱氧剂等加入量，减少炉衬耐材的消耗。
- 减少喷溅等事故的发生。

安装副枪的必要条件及缺点

- 一般副枪安装在大型转炉上，国内一般在150吨以上的转炉才考虑安装副枪设备。
- 一般副枪应在转炉初步设计时就考虑设计安装或做副枪预留，后期改造再上副枪很难做到。
- 对转炉炉口直径有一定的要求，炉口直径小的，一般无法安装副枪。
- 由于设备复杂庞大，对转炉系统的空间有一定要求。
- 一次性投资大，一般需要2000万元以上。
- 需更换的部件多，维护者劳动强度大，维护量大。维护成本高，一般需设置专门的部门负责维护。
- 可能会夜间作业且作业位置是高危险区域，不利于安全生产。

第一类：投掷式副枪简介

TCO投掷式终点控制检测系统



TCO投掷式终点控制检测系统

(一) 技术创新

- TCO（测温、定碳、定氧）检测技术又称投掷式终点控制系统，是继转炉采用副枪自动检测技术后新开发的又一转炉炼钢过程自动检测技术。
- 副枪自动检测技术，有效地避免了人工经验炼钢，但投资成本和维护费用都很高，且只有如宝钢、武钢120t以上大型转炉才适用，限制了其发展；对于国内尚有的200多家中、小型转炉炼钢厂，自动化炼钢检测技术亟待解决。
- TCO技术正是解决这一难题的新技术。

TCO投掷式终点控制检测系统

(二) 系统组成

- TCO技术由投弹装置和检测仪表装置组成。
- 投弹装置，可自动精密控制进行探测。
- 检测仪表装置由探头、信号处理器、显示器组成。
- 检测投放时，探头距钢水从15m左右高度自由落下，击穿渣层，垂直插入钢水400mm深度进行自动检测，并将信号准确的传回检测仪表显示。
- TCO技术具有设备简单、占地小、运行可靠等优点。

TCO投掷式终点控制系统

(三) 应用效果

- 缩短冶炼周期

实现了转炉吹炼终点不倒炉自动检测直接出钢的目的，在同等条件下，缩短了转炉冶炼周期，确保了生产有序高效进行。

- 提高了吹炼终点命中率

很大程度改善了转炉冶炼操作状况，从而提高了吹炼终点命中率。

- 减低了物料消耗和终点钢水氧含量

避免了人工经验炼钢的差异，实行自动控制，使得氧耗降低、金属收得率提高、夹杂物减少，钢质量得到提高，获得了很好的冶炼经济效益。

TCO投掷式终点控制检测系统

(四) 实际运行

- TCO技术已应用于多家钢铁有限公司中小型转炉上，运行指标数据显示，每炉钢平均冶炼周期时间缩短2.35min；钢铁消耗平均降低4.0kg/t；氧气单耗平均降低0.93m³/t。效果与大型转炉采用的副枪自动检测相近。
- TCO技术适用中、小转炉炼钢厂。推广应用TCO技术，以提高国内计算机自动化转炉炼钢整体水平。

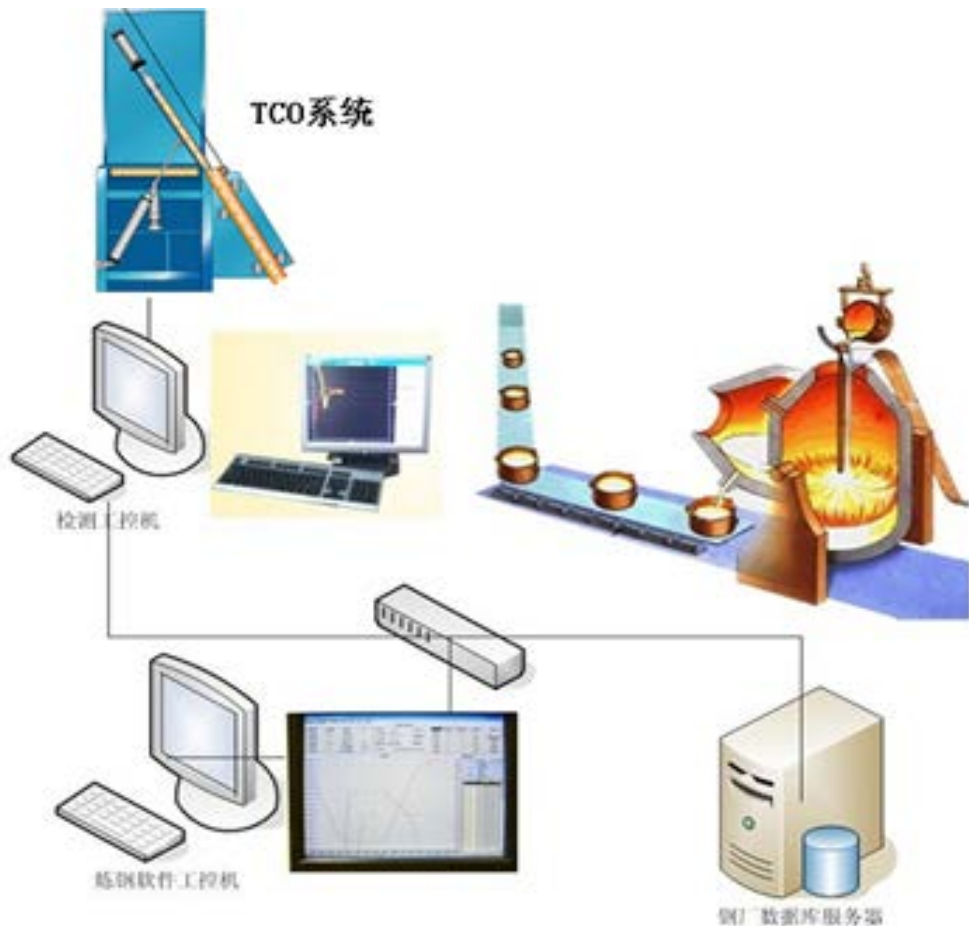
TCO投掷式终点控制检测系统推介

- 本系统运用转炉现有的设备条件，仅以不到传统副枪1/10的投资，进行简单的改造，即可达到快速测量炉内的温度、氧浓度和碳含量的目的。
- 本系统的出现，弥补了目前国内在该项目的空缺，彻底解决了国内中小型转炉不能安装副枪系统因而不能做到自动化检测炼钢的困惑。
- 本系统不仅能应用在不具备上副枪系统的转炉上，同时，在已安装副枪系统的大型转炉上也可以应用，起到副枪检修或测量失败时的补救测量之用途。

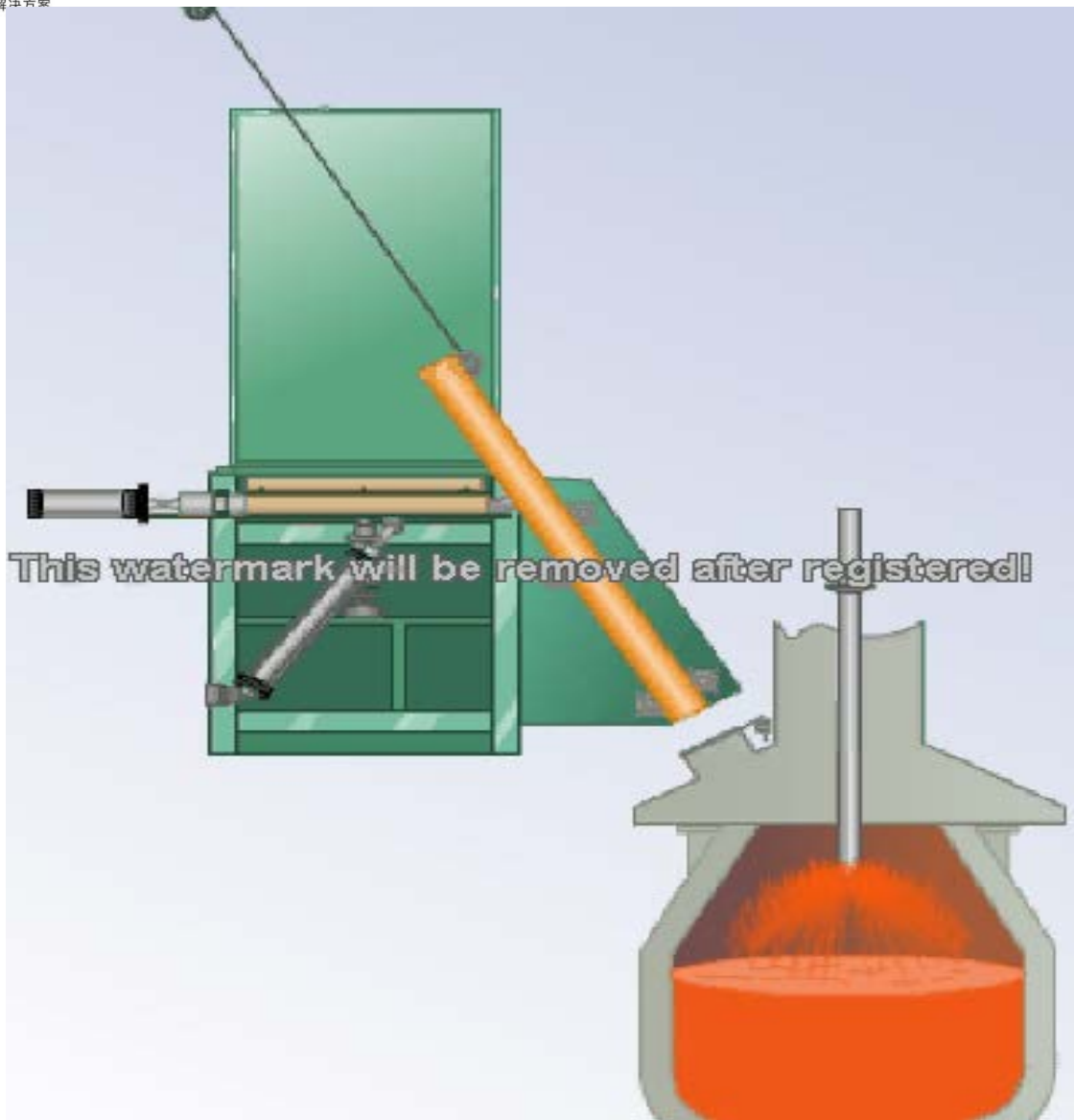
转炉炼钢TCO投掷式终点控制检测系统的工作简介

- 本系统已通过冶金行业专家评审，并在国内多家钢厂成功运用。
- 转炉TCO重点控制系统在转炉吹炼至85-90%时，在不倒炉的情况下，由投掷设备自动投入检测探头，十秒钟内检测出钢水温度和碳的含量，仪表及屏幕同时将检测结果显示出来，指导操作人员下一步的冶炼操作。待吹炼至终点时，投入的探头，检测出钢水温度、碳和氧，即可出钢。

TCO投掷式终点控制检测系统

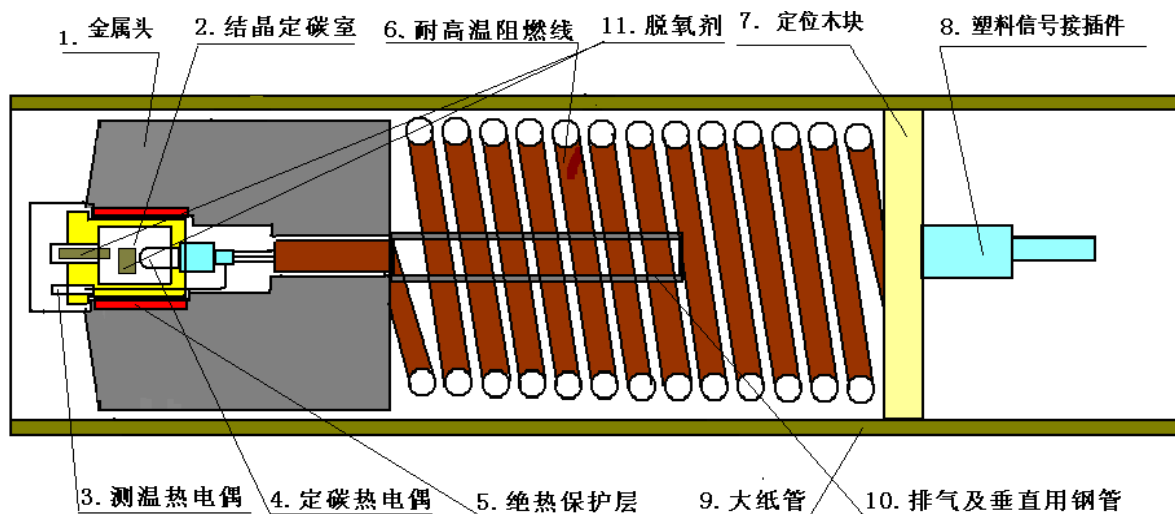
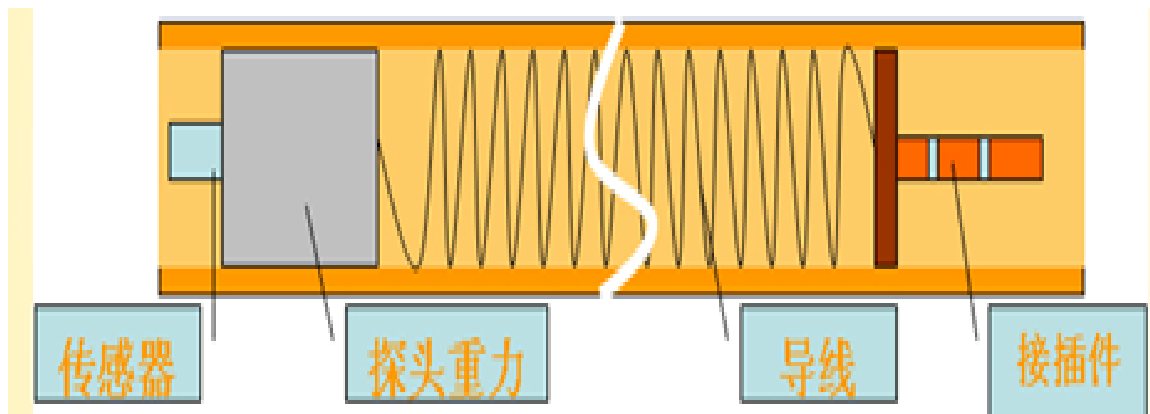


- 探头。
- 仪表。
- 计算机转炉炼钢
- 探头存储箱(弹仓)投掷机械装置（主要由PLC控制程序电机和汽缸联合驱动）。

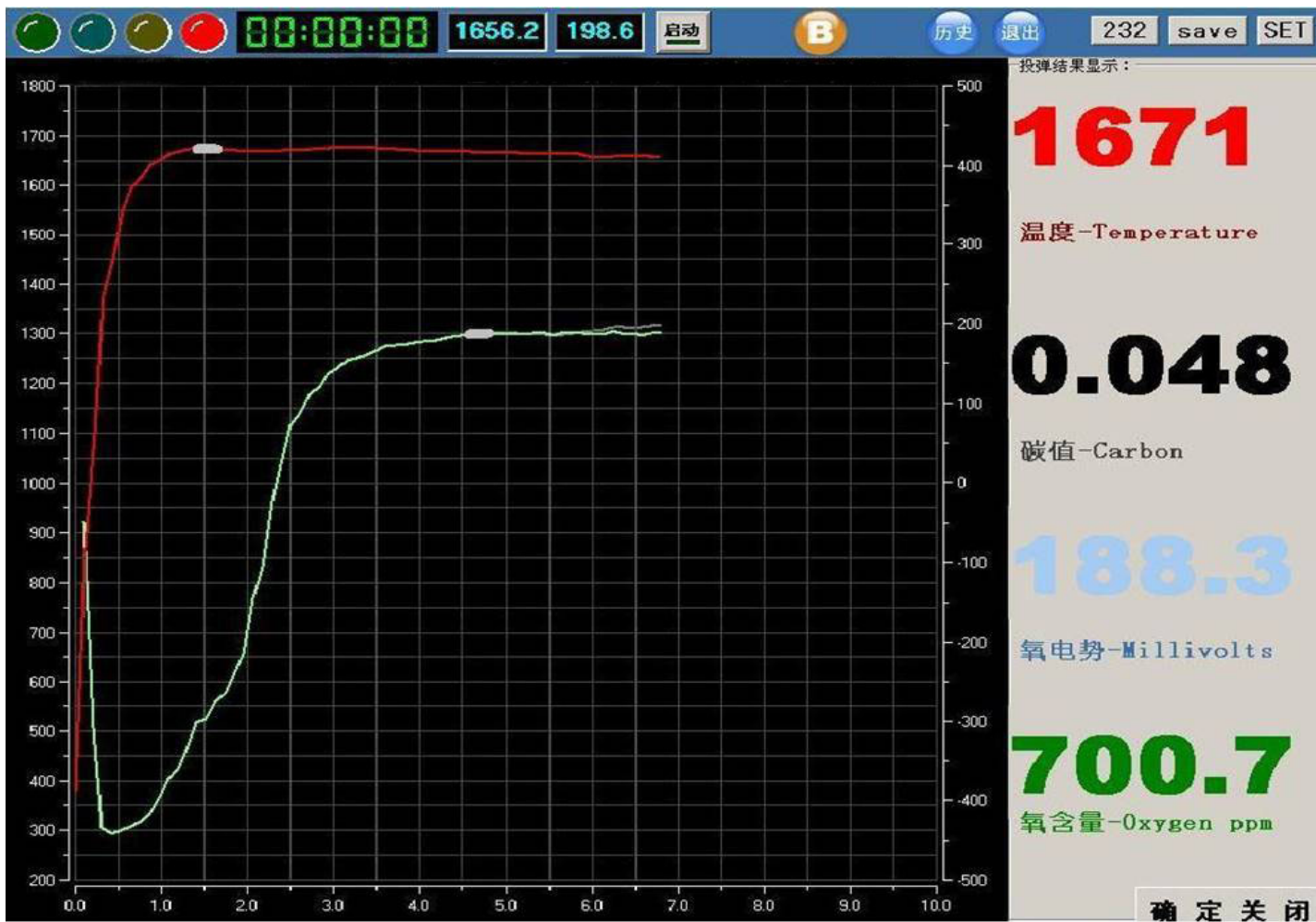


转炉炼钢TCO投掷式
终点控制检测系统
全程演示

TCO投掷式探头结构示意图



TCO系统软件（仪表）界面



TCO投掷式终点控制检测系统主要经济技术指标：

- 测成率： $\geq 93\%$
- 检测速度： ≤ 6 秒
- 检测周期： ≤ 18 秒
- 检测精度： （同等条件下）
- 温度波动值： ≤ 10 度
- 氧含量波动值： ≤ 50 ppm
- 碳含量波动值： $\leq 1.5\%$

TCO投掷式终点控制检测系统经济效益分析

- 国内某钢厂80吨转炉从去年8月使用TCO系统以来的经济指标数据：
- 在正常生产条件下，按日产钢48炉计算，使用TCO系统以后可
- 缩短每炉钢冶炼周期时间：2.35分钟；
- 钢铁消耗平均降低4.0kg/t；
- 氧气单耗平均降低0.93m³/t；
- 每一有效工作日节省生产时间：112.8分钟，即每一有效工作日可多产钢4炉；每炉平均产钢为：80吨（良坯），年度的有效工作日设定为330天，吨钢坯平均利润取100元/吨。

一、增效效益

多产钢

- 使用TCO系统以后多产钢年增效益：
- 多产钢： $4\text{炉} \times 80\text{吨} \times 330\text{天} = 105600\text{吨/年}$
- 增产率： $4\text{炉}/48\text{炉} = 8.33\%$
- 多产钢年增效： $105600\text{吨/年} \times 100\text{元/吨}$
 $= \underline{1056}\text{万元/年}$

二、节能降耗

(以下均按年生产能力为120万吨(良坯)计算)

(一) 节约铁合金

- 合金含量高的钢种，合金节约成本越高；本计算仅按普钢Q195计算。
- (1) 原工艺Mn%含量平均为：0.387%，合金Si-Mn-Fe单位消耗为5.62kg/t。采用TCO工艺以后，钢中余Mn%为0.073%，即合金Mn%收得率为88.87%，合金Si-Mn-Fe单位消耗为5.19kg/t，设定合金Si-Mn-Fe的价格为5000元/吨 = 5.00元/公斤；
- 则年增效：
- ¥ 锰铁合金 = 5.00 × (5.62 - 5.19) × 120 = 258万元/年

转炉炼钢TCO投掷式终点控制检测系统 **降耗**

(二) 节约Si-Fe

- 原工艺Si%含量平均为0.235%,Si收得率为82.12%， Si-Fe单位消耗为2.68kg/t。采用TCO工艺后， Si-Fe单位消耗为2.51kg/t， 而Si-Fe价格为： 5300元/吨。则年增效：
- ¥ 硅铁合金=5.30×(2.68 - 2.51)×120≈108万元/年

转炉炼钢TCO投掷式终点控制检测系统**降耗**

(三) 降低铝线消耗

- 原工艺铝线单耗为0.184kg/t，采用TCO工艺后，铝线单耗为0.163kg/t，铝线价格为22100元/吨。则年增效：
 - $\text{¥ 铝线} = 22.1 \times (0.184 - 0.163) \times 120 \approx 56 \text{ 万元/年}$

转炉炼钢TCO投掷式终点控制检测系统**降耗**

(四) 降低氧气消耗

- 采用TCO工艺后，单位氧气消耗节约 $0.93\text{M}^3/\text{t}$ ，氧气价格为0.6元/吨，
则年增效益：

• $\text{¥ 氧气} = 0.6 \times 0.93 \times 120 \approx 67\text{万元/年}$

转炉炼钢TCO投掷式终点控制检测系统**降耗**

(五) 钢铁料消耗

- 钢铁料消耗降低 $> 4\text{kg/t}$ ，钢铁料计划价格为2000元/吨，则年增效：
 - $\text{¥ 钢铁料} = 4 \times 2.00 \times 120 = 960\text{万元/年}$

连续生产节能效果分析

- TCO系统的采用，首先确保了生产的连续性，以上述钢厂为例，假设年生产任务为120万吨，按原生产工艺正常且连续生产，完成任务的作业时间约为7500h；采用TCO系统后，正常且连线生产，完成任务的作业时间约为6912h；工序节约时间为588h.
- 假设炼钢生产的其它所有工艺都保持不变的情况下，单位生产率提高了8.5%，节能率7.85%
- 该80t转炉总装机容量5MW（平摊估算），则此项可降耗：
- ¥ 连续生产=588×5000×0.5≈147万/年

TCO系统降耗汇总

- 其他原材料的消耗如主原料、辅原料以及其他辅助能源介质等，由于获取对比数据较为困难，未作详细统计和计算。
- 仅以上述节能降耗效益合计如下：

Mn-Fe Si-Fe 铝线 氧气 钢铁料 连续生产 节能降耗

$$\underline{258 + 108 + 56 + 67 + 960 + 147 = 1596 \text{万/年}}$$

TCO投掷式终点控制检测系统新增成本

- 使用TCO系统以后，年新增成本：
- 按年产钢120万吨，投弹成功率为95%，探头价格为260元/支计算。
- 维护及备件配件支出估算为：
- ¥ 备件=1200000÷80×260÷95%≈411万元/年
- TCO系统设备购置投入、安装与调试费用100万，按10年折旧，则设备成本约10万元/年。
- ¥ 成本费用=411+10=421万元/年

转炉炼钢TCO投掷式终点控制检测系统

综合经济效益

- 采用TCO新工艺以后，年综合经济效益估算如下：
- 年综合经济效益：

多产钢 节能降耗 新增成本 综合效益

$$\text{¥ 综合} = \underline{1056 + 1596 - 421} \approx 2231 \text{万元/年}$$

第二类：迷你副枪检测系统简介

- TCO投掷式（投弹式）检测系统虽然解决了中小转炉炼钢过程中的诸多问题，（目前在国内已有20多家中、小钢厂在用）但它本身也存在一定的缺陷，主要表现在：
 - 1、检测结果易受渣层的影响；
 - 2、检测项目不全（目前仅TCO+P）；
 - 3、无法取样；
 - 4、还不具备作为自动化（动态+静态控制）炼钢的基础，有待进上步完善。

迷你副枪的诞生！

- 中小型转炉要实现自动化炼钢所面临的困境：
- 1、采用传统的副枪，首先是不经济的，不论是从基础设备、设施的投入，还是后期的备品、备件消耗都是相当巨大的；其次是现场不可能提供安装位置，目前世界上采用最多的三大公司的副枪为德国—贺利氏、意大利—达涅利、奥地利—奥钢联（2005年被西门子兼并）均为“庞然大物”。
- 2、TCO投弹子检测系统：在普通钢转炉上的应用具有强大的优势，但对于自动化炼钢，实现动态+静态模型控制，对于品质钢或特种钢转炉，则显得力不从心。
- 3、最新研发的迷你副枪：既克服了传统副枪和TCO投弹式副枪的缺点，又结合了二者的优点。成为中小转炉炼钢的福音！

迷你副枪技术指标

- 检成率 $\geq 95\%$
- 探头检测速度: ≤ 8 秒
- 设备检测周期: ≤ 60 秒
- 检测精度: (同等条件下与化验室对比)
- 温度波动值 $\leq 10^{\circ}\text{C}$
- 氧含量波动值 $\leq 50\text{ppm}$
- 碳含量波动值 $\leq 0.015\%$
- 磷含量波动值 $\leq 0.003\%$
- 硫含量波动值 $\leq 0.003\%$

迷你副枪、TCO、传统副枪比较1

序号	功能特点	传统副枪	TCO投弹	迷你副枪
1	合同完成周期	240+30	90+10	120+10
2	设备总重量	30t	4t	6t
3	水冷却系统	必需	×	×/√
4	副枪除渣器	有	无	有
5	要求转炉炉口最小直径	1980mm	1000mm	1500mm

迷你副枪、TCO、传统副枪比较2

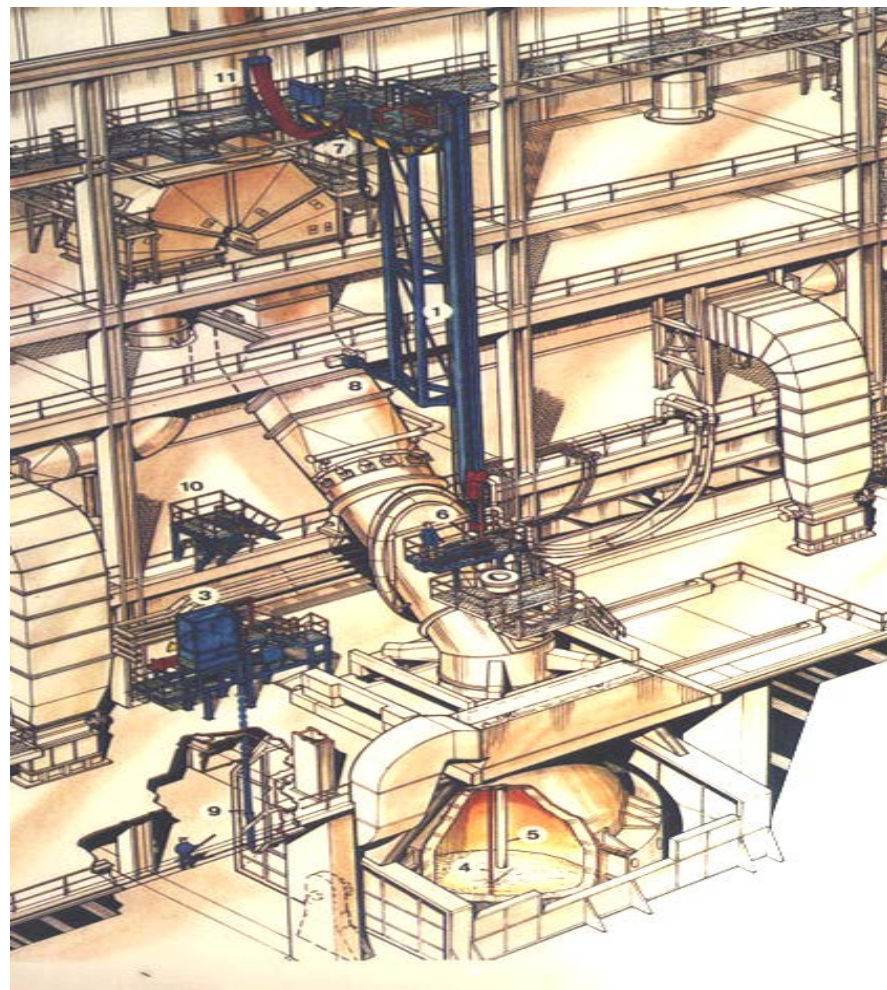
序号	功能特点	传统副枪	TCO投弹	迷你副枪
6	检测时占用氧枪通道宽度	>2m	×	<0.8m
7	安装探头时占用氧枪通道横向宽度	>1m	×	350mm
8	对氧枪更换的影响	×	×	×
9	检测所需时间	37s	≤10s	28s
10	检测周期时间	110s	≤20s	60s

迷你副枪、TCO、传统副枪比较3

序号	功能特点	传统副枪	TCO投弹	迷你副枪
11	检测数据范围	TCOPH	TCO+P	TCOPH
12	是否可以取样	可以	×	可以
13	对动态+静态模型支持	支持	暂无	支持
14	更换副枪时间	30min	×	10min
15	每年费用	≥1000万	≤450万	≤600万

迷你副枪工作描述

- 转炉上有一烟罩系统。在接近吹炼终点碳含量约为3000ppm时，副枪将穿过活动烟罩进入转炉进行过程检测，测量结果经处理后传到过程计算机中来计算吹氧量及冷却剂的添加量并具体实施，以满足钢水终点碳含量和温度的要求。同时试样被回收并分析以判断终点的钢水成份。
- 在修正后的吹炼结束时，副枪可再次进入转炉取样并获得其它信号以确定终点碳含量，温度和氧含量。
- 如果需要补吹，也可进行三、四次甚至更多次的测量。
- 在回收试样时，副枪设备可自行取下探头放入直通操作平台的探头收集槽。试样被从探头上自动分离出来并送到化验室进行分析。
- 上述操构成一炉冶炼的周期。当探头自动安装装置装上一个新探头时，系统开始准备下一炉冶炼周期。对吹炼过程或吹炼终点的测量在半自动或计算机控制模式下都可实现。



迷你副枪功效一

- **1、扩大生产能力。**

使用副枪系统可缩短冶炼周期。这样对现有转炉设备来说，每年出钢炉数将显著增加。由于不再需要倒炉作业，出钢周期时间可缩短5%~10%以上，从而使转炉每年出钢炉数增加8.5~10%。

- **2、提高经济效益。**

副枪的成功应用，可显著降低铁水、造渣剂、氧气等能源消耗。对于一个生产运行正常的车间来说，可获得的经济效益如下：

（参考本文第18-22页）

迷你副枪功效二

• 3、延长转炉寿命

工艺过程优化和采用不倒炉操作，都能有效提高炉龄。

• 4、缩短冶炼周期，提高冶炼精度。

副枪检测结果可在检测探头进入炉内大约6秒内得到。如此快速的检测速度，再加上经过优化的降枪和提枪速度，可相对缩短转炉冶炼时间。副枪系统具有极高的总体精度。D控制中端面处理副枪检测信号，包括模拟输入、热电偶冷端温度补偿、线性化和评价的总精度可达到：

熔池温度误差 $<0.2^{\circ}\text{C}$ ；凝固温度误差 $<0.2^{\circ}\text{C}$ ；氧电势误差 $<0.3\text{mV}$ ；插入深度误差 $<3\text{mm}$

迷你副枪功效三

- **5、提高转炉设备利用率。**

在冶炼过程中，保持较高的设备利用率是必不可少的前提条件。在转炉炼钢厂则应充分利用连铸设备，使之达到较高的作业率。

- **6、吹炼终点命中率（模型基础）**

吹炼终点命中率可用于说明控制模型的性能。它表明：在吹炼结束时，熔池温度和碳含量检测结果全部落在以目标值为中心、以允许值为界线的窗口(较为严格的公差)范围内的概率。如果设备运行正常，铁水、废钢和添加剂质量符合规定要求，副枪设备吹炼终点命中事可超过95%。控制模型精度可通过最终产品主要技术指标的标准差来评价。标准差则反映目标值或预测值与实际检测值之间的偏差。

迷你副枪经济效益分析一

- 从TCO发展到迷你副枪，从技术上讲是一大进步，其带来的经济效益也是巨大的。其经济效益从二方面进行分析：
 - 1、仅完成简单的检测任务，实现并拓展TCO的功能。由于副枪的投入比TCO稍高，按前述TCO的分析可以得到：
- 年综合经济效益：

多产钢 节能降耗 新增成本 综合效益

$$\text{¥综合} = \underline{1056 + 1596 - 600} \approx 2052 \text{ 万元/年}$$

（说明：迷你副枪“新增成本约为600万元/年”）

迷你副枪经济效益分析二

- 2、不仅完成上述1中的常规任务，并以此为基础，建立自动化炼钢模型（即基于副枪检测的动态+静态控制模型）。可在前述基础上提高效益10%~15%，则根据前述计算可得（取12%）
- 年综合经济效益：

多产钢 节能降耗 新增成本 综合效益

$$\text{¥综合} = \frac{(1056 + 1596) \times 1.2 - 750}{1} \approx 2433 \text{ 万元/年}$$

（说明：基于迷你副枪的动态和静态控制模型“新增成本约为750万元/年”）

系统集成及现场维护能力的说明

- 本装置构思精妙、结构紧凑、自投入运行以来，稳定可靠，系本公司独家研发制作。
- 探头检测质量稳定，完全能够满足转炉炼钢生产的需要。
- 培训炼钢厂现场维护人员，及时解决疑难问题。
- 本公司拥有一流的冶金工艺专家，可现场指导运用转炉不倒炉TCO炼钢自动化系统，实现炼钢自动化及系统的相关操作。

完善的培训机制及机构

- 对现场操作人员的培训。
- 对技术人员的培训。
- 对维护人员的培训。
- 常驻区域工程师。
- 设置区域总代理机构。
- 提供纸质和电子版教程。
- 提供培训影像资料。
- 免费系统软件升级。



强有力的专家技术支持团队

- 炼钢专家团队。
- 软件技术人员。
- 仪表技术专家。
- 高级技师队伍。



现有客户：

- 涟钢
- 华西钢厂
- 莱钢
- 沙钢
- 杭钢
- 攀钢
-





企业节能降耗系统解决方案

武汉众然品知科技有限公司

谢谢！

武汉众然品知科技有限公司

地址：武汉市青山区和平大道
1244号47栋5018室

电话：027-86668893

传真：027-86848845

邮箱：1985873219@qq.com

网址：<http://www.whzrpz.com>



节能减排 科技先行

附件1： 定碳、氧原理

1、定碳原理：

- 通过测定钢水结晶温度计算得出：
- $TL = 1536 - 78[\%C] - 7.6[\%Si] - 4.9[\%Mn] - 34[\%P] - 30[\%S] - 5.0[\%Cu] - 3.1[\%Ni] - 1.3[\%Cr] - 3.6[\%Al] - 2.0[\%Mo] - 2.0[\%V] - 18[\%Ti]$
- 结晶温度越低，碳含量越高。

2、定氧原理：

- 通过测定钢水氧电势，根据能斯特方程计算出氧浓度（ O_2 ppm），再由碳氧积计算得出碳含量。
- 能斯特方程：

$$E = E^{\ominus} + \frac{2.3RT}{2F} [-\log(O^{2-})]$$

- E——某一定浓度下的电极电势
- E^{\ominus} ——标准电极电势；
- R——气体常数（8.314 J/(mol K)）；
- T——温度（K）；
- F——法拉第常数（96485 C/mol）；

附件2：静态和动态模型简介

• 1、静态模型：

- 静态模型是整个自动炼钢模型的基础部分，就是在吹炼前根据原材料条件（主要是铁水成分，温度，废钢种类）与所炼钢种规格，通过物料平衡（氧平衡、铁平衡、渣平衡）和热平衡的理论计算、或利用相近参考炉次进行修正的方法建立数学模型，由计算机计算出合理的熔剂量，供氧量和冷却剂用量等。
- 由于静态控制没有对冶炼过程进行修正，终点命中率提高受到限制，需要用动态控制来对其进行修正，以提高终点命中率。

• 2、动态模型：

- 动态模型是自动炼钢模型的核心部分，主要是根据吹炼终点要求的C、T和副枪定出的C、T计算出需要补吹的氧量和补加的冷却剂量。

• 3、动态计算的三个主要系数：

- 氧脱碳效率系数；
- 脱碳反应速率变化系数；
- 升温系数；