

新技术消
化与应用

石油管加工数控系统改造

潘孝礼

(宝钢钢管分公司)

TE973-06
TG659

A摘要 宝钢油井管生产线管体车丝机数控系统进行了更新改造。介绍新型 SINUMERIK-810T-GA3 数控系统硬件结构、控制特点及工作原理。

关键词 数控技术 伺服技术 更新改造 钢管, 车丝机, 油管

Revamping of CNC System for Oil Pipe End Threading Machine Tool

Pan Xiaoli

(Steel Tube Company)

ABSTRACT Presented here in the article are the revamping of CNC system for the threading machine tool of oil pipe production line in Bao Steel, together with the structure of hardware, the control features and the working principle of the new SINUMERIK-810T-GA3(Siemens)CNC control system.

Key Words CNC technique Servo driver Technical modernization

1 前言

钢管厂共有数控机床 38 台,是全国拥有数控机床最多的厂家之一。它们主要分布在管加工生产作业线及工具、量规、轧辊加工等作业区。其中 8 台 TCG16 CNC 管体数控车丝机用于油井油套管的管端螺纹加工。机床本体由德国德马格公司制造,机床电气控制系统全部由德国西门子公司配套。

由于种种原因,从 1986 年投产到 1989 年为止,年产量只有 3 万 t,1990 年只有 7 万 t,而管加工设计年产量为 17.3 万 t。当时的生产能力远远低于设计目标,主要因为设备状况差,特别是车丝机的状况,远远不能满足持续稳定的生产需要,对这些设备的更新改

造成为当务之急。

在有关部门的大力支持配合下,经过大量的调查研究,深入分析了国际上最先进的各种型号的数控系统。根据管加工生产的工艺特点,以及 TCG16-CNC 管体数控车丝机原 PLC 系统使用西门子 SIMATIC 系列,直流传动使用西门子 SIMOREG 可控硅装置,须考虑新老设备兼容性 & 机床数据设置、加工程序编制、操作维修习惯、备品备件购买等情况,最后选用先进可靠的西门子 SINUMERIK-810T-GA3 新型数控系统取代了原来的 7T 系统。在 1993、1994 两年中对 8 台 TCG 16-CNC 管体数控车丝机的数控系统逐台进行了更新改造。

更新改造后的新数控系统运行稳定可靠,基本上无硬件故障。大幅度地提高了设备作业率,产量和质量也都有了很大的提高。

潘孝礼 工程师 宝钢钢铁(集团)公司钢管分公司

邮编 201900

1994年管加工年产量已达16.5万t,为钢管分公司的生产达标解决了一大难题。

2 改造依据

2.1 原系统老化及可靠性差

TCG16-CNC管体数控车丝机的7T数控系统是西门子70年代末80年代初的产品,该系统集成度低,设备老化,故障率高,还经常发生刀架撞尾架及刀架撞卡盘等事故,造成回转刀架及自动夹紧卡盘严重损坏,无法修复,损失严重(一只卡盘需5万马克,一只回转刀架需4.5万马克)。该数控系统修复困难,特别是一些CPU要送到国外去修理,费用高,一块CPU板大约要一万美元,而且周期长,有时一年还不能返回。再加上西门子产品的升级换代,7T系统备件已停产,备件购买困难。这种状况严重威胁着油井管的正常生产。

2.2 新数控系统比原系统在功能上有很大提高

(1)新系统具有CRT屏幕新型显示功能,原系统只有1条7段LED字符显示。

(2)新系统有一个内装软件PLC,可实现数控与外部机床操作面板、基准点、限位等外围设备与机构的灵活匹配。

(3)新系统具有自由组合的M、T、S辅助功能的输出。可单点输出也可通过编码方式输出。

(4)新系统坐标轴的最高运行速度为44m/min,比原系统的10m/min提高了4.4倍,定位精度新系统可达0.1 μ m,比原系统的1 μ m提高了10倍。

(5)新系统具有方便的通讯功能。原系统的加工程序和机床数据需先在纸带穿孔机上制作好,再通过纸带阅读机读入数控系统。新系统可以用个人计算机或编程器方便地输入、输出加工程序和机床数据。

(6)原系统中用户只能存储一个零件加

工程序,而新系统中有128Kb的大容量用户存储器,可以存储200个用户零件加工程序。操作人员使用时可方便地按规定的程序号调用,工艺工程师在换产品规格时无需重新输入加工程序及调试,提高了准确度,节约了调整时间。

(7)新系统具有丰富的诊断功能。操作人员可以根据显示屏上的提示,进行设置和操作。当系统发生故障时,分级报警提示。如属轻故障,系统无需停机,故障原因及处理方法均显示在屏幕上;如故障严重,立即停机并保留故障信息,以便维修。

(8)新系统具有很强的丝杆螺距补偿功能。当机床的滚珠丝杆由于质量或磨损等原因造成螺距偏差,810T新系统可在每根坐标轴上设置1000个补偿点,修正值为0~100 μ m,使有偏差的滚珠丝杆得以校正,同合格丝杆一样使用。延长了滚珠丝杆的寿命,保证了加工精度。

(9)新系统的操作系统有英文版和德文版两种,可供操作者自由选择。

2.3 新系统的价格大大低于原系统

原来老数控系统由7块基本组件组成,每块组件价格在1万美元左右,即1套7T系统约10万美元,而810T新数控系统总价在1万美元左右,只是原来老系统的1/10。

3 数控系统的工作原理及控制特点

3.1 TCG16-CNC管体数控车丝机电气部分的构成

TCG16-CNC管体数控车丝机的电气系统主要由数控系统CNC、可编程序控制器SIMATIC S31、主轴与伺服进给调速控制系统SIMOREG、定位测量机构、外围检测元件、液压系统、冷却系统及润滑等控制系统构成。其控制框图见图1。

3.1.1 CNC数控系统的主要功能

(1)位置控制 根据零件加工程序或操

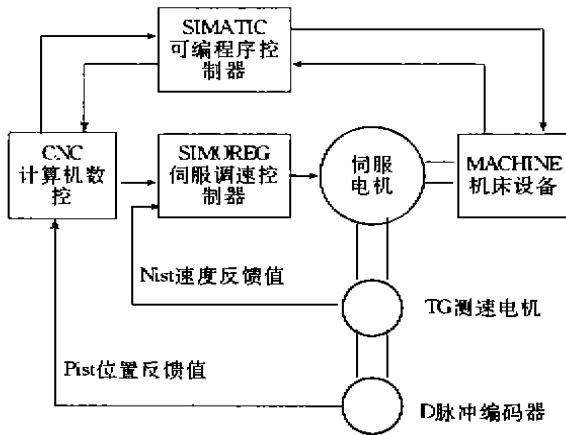


图1 TCG16-CNC管体数控车丝机电气系统

作面板来的指令和坐标轴的实际位置,控制机床坐标轴的运动,即根据插补运算结果,不断地控制刀具对工件的移动轨迹。并根据丝杆上或电机上的脉冲编码器、光栅尺信号将位置实际值信号 Pist 反馈给 NC,不断地修正给伺服调速控制器的给定信号,形成闭环位置控制。

(2)辅助功能控制 NC 数控系统根据零件加工程序的要求,发出各种换刀、主轴转速变换、辅助刀架切削、冷却液控制等信号,直接实现辅助功能控制。

(3)监控功能 当实际值与理论值误差偏大,超出机床数据的设定范围,主轴转速与设定转速偏差过大,以及 PLC、伺服、主轴调速控制器发生故障时,给出报警信息,并停止机床运行。

3.1.2 可编程序控制器 SIMATIC 的功能

SIMATIC 主要用来控制机床的上下料、辅助装置、液压系统等,并接受 NC 送来的指令实现辅助功能的控制。当机床电气及相关设备发生故障时,给出报警信息并停止机床运行。

3.1.3 SIMOREG 伺服调速控制器的功能

SIMOREG 用来完成调速功能。根据 CNC 的模拟给定信号,经 PID 调节,驱动伺服电机,完成机床坐标轴位置移动,达到零件

加工目的。

3.2 软件可编程序控制器(PLC)

3.2.1 软件 PLC 与 CNC 之间的关系

810T 数控系统内部含有一个软件 PLC,该 PLC 与 CNC 共享硬件,共用一个 CPU。CNC 操作系统与 PLC 操作系统均受主操作系统管理。这样,系统控制统一,信息集中,信号交换快,调用方便。CNC 与软件 PLC 之间的关系见图 2。

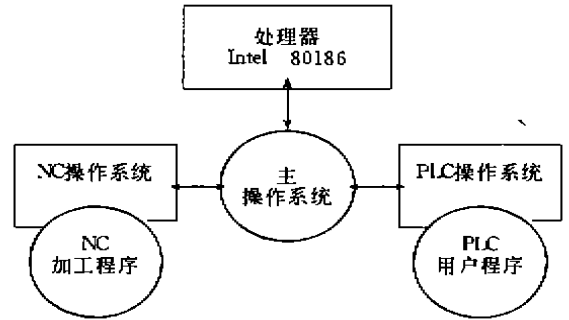


图2 CNC与软件PLC

3.2.2 软件 PLC 技术指标(见表 1)

表 1 软件 PLC 技术指标

功能	最大数量	说明
输入点数	256 字节	用户最大可用 32 字节
输出点数	128 字节	用户最大可用 16 字节 用户最大可用 63 字节
标志位	256 字节	24 字节用于标准功能块 32 字节用于传输标志
计时器	32 字节	0~31 全部供用户使用
计数器	32 字节	0~31 全部供用户使用
程序块	16K 字节	程序块(包括块头内容)
数据块	6K 字节	数据块(包括块头内容)
存储器扩充	32K 字节	PLC 可扩充的存储容量
循环时间	48ms	取决于程序长度及机床数据
中断响应	5.0ms	响应时间取决于机床数据 MD155

PLC 循环时间 = 12 × 位置控制器采样时间,取决于 NC 机床数据 MD155 及程序长度,例如:当 MD155 = 2,伺服采样比率为 0.5,位置控制器采样时间即为 5ms,那么 PLC 循环时间 = 12 × 5.0 = 60ms。

位置控制器采样间隔取值范围为 4~6.5ms。

3.2.3 PLC 机床数据

软件 PLC 与一般 PLC 的不同之处在于它的一些参数及功能由机器数据(PLC MD)设定;0~9 设定系统数据;1000~1007 设定用户机床数据;2000~2005 设定系统数据位;3000~3003 设定用户数据位。

3.2.4 中断处理

主操作系统按结构化的中断服务路径执行用户 PLC 程序,PLC 用户程序被分段处理,即每执行 20ms PLC 用户程序中中断一次,处理 NC 操作及 PLC 高级中断,如位置采样、插补处理等,结束后返回断点,继续执行 PLC 用户程序。当 PLC 用户程序扫描一个周期后,才响应 NC 程序低级中断,进行一些信息处理,如屏幕显示,I/O 功能。工作时序见图 3。

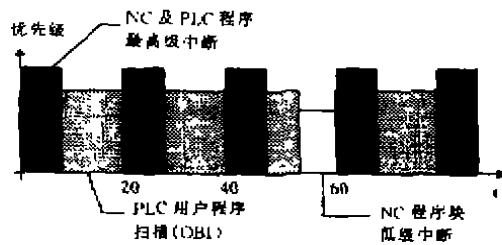


图 3 PLC 用户程序处理

软件 PLC 编程及其它功能,与 SIMATIC S5 完全相同。主要用于外部机床操作面板的控制及接受 NC 指令,发出辅助功能控制信号,是 NC 与外设的软数字通道。

3.3 CNC 数控系统的伺服机构

3.3.1 伺服驱动系统应满足的要求

- (1) 足够宽的调速范围,通常达到 10000:1 以上,满足低速加工和高速返回要求;
- (2) 足够大的加减速力矩,满足机床拖板快速移动或重切削的需要;
- (3) 伺服驱动系统的动态响应要快,使系统具有良好的动态跟随性能,能尽快消除负

载扰动对电动机速度的影响;

(4) 伺服电机的转子惯量要小,以提高伺服系统的加减速性能。整个电机的重量和体积应尽可能小,为机械设计与安装创造有利条件;

(5) 从低速到高速,整个速度范围内保持运行平滑,电机转矩脉动尽可能要小,在运行中不产生脉动和过大的噪声;

(6) 伺服电机应安全可靠,电机本身无需维护或易于维护;

(7) 与 CNC 系统的接口简便,连接可靠。

3.3.2 伺服系统的构成

CNC 数控系统的伺服机构是指:把机床坐标位置移动作为控制对象的自动控制系统。TCG16-CNC 管体数控车丝机为三环闭环控制,如图 4 所示。

电流调节器和电流实际值反馈组成内环,速度调节器和转速实际值反馈组成中间环,位置控制器和位置实际值反馈组成外环,三环串连嵌套,相辅相成。通常在开机状态下将速度环和电流环调整到最佳状态,然后接通位置环,对 NC 参数进行适当调整,伺服系统将稳定可靠地工作。

NC 接收到加工程序存储器发出的指令,在缓冲区与位置实际值进行比较;经 D/A 转换产生速度给定值,返回伺服调速系统,带动伺服电机实现坐标轴位移。

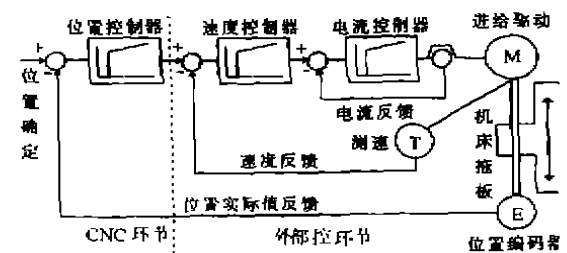


图 4 三环控制回路

3.3.3 位置控制参数的计算(确定机床数据 MD364 * 和 MD368 *)

为了形成一个正确的位置调节闭环回路,必须使测量系统产生的脉冲与控制装置的位置控制精度相匹配。因此在 SINUMERIK-810T-CNC 中必须确定机床参数 MD364* 和 MD368*, 其确定方法见图 5。

将位置编码器直接安装在滚珠丝杠上,测量系统无机械齿轮变速,测量电路板将脉冲 4 倍分频。则,

$$MD368* = I/b = 10/(0.0005) = 20000$$

$$MD364* = P \times 4 = 2500 \times 4 = 10000$$

式中: I ——滚珠丝杠的螺距, 10mm;

P ——位置编码器每转的脉冲数, 2500P/r;

b ——控制器位置调节精度, 0.0005mm

3.4 810T 的通道结构

810T 数控系统配置了三个通道,如图 6 所示。每一条定位指令都要经过数据输入、数据存储、程序段准备逻辑、插补逻辑、驱动控制 6 个步骤才能起作用。这些通道在自动处理程序的同时,能够进行其他结构的操作,如程序编辑、接口操作,还能同时处理两个不同的程序。

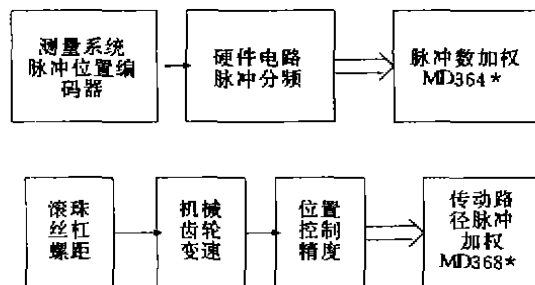


图5 位置参数计算框图

通道 1 是主通道,主要作用于零件加工程序、零件轮廓特征、刀具校正、辅助功能及主轴功能。

通道 2 为辅助通道,主要用于附加轴、尾架、刀库管理、辅助功能,也可通过机床数据的设置来实现主轴功能。通道 2 只能向 PLC 传输 M 和 S 功能,故 CNC 与 PLC 的数据交

换在通道 2 中受到限制。

通道 3 主要用于图形模拟显示,有关新的加工程序编完后可以通过此通道在屏幕上显示出坐标轴的移动轨迹,以便调试修改程序。

自动跟踪方式中,必须由机床数据确定哪一根轴在哪个通道中移动。如果通道 1 和通道 2 不是同时对某一根轴发出指令,则同一根轴可以在通道 1 和通道 2 中运行。

4 数控系统的硬件组成及功能

4.1 SINUMERIK 7T 老型号数控系统硬件组成(见表 2)

4.2 SINUMERIK 810T GA3 主要组件及功能(见表 3)

表 2 7T 系统硬件组成及功能

型号	说明及功能
GN702	中央处理器及存储器功能
GN778	附加系统存储器,存储系统解释程序
GN711	位置控制插件板,位置值给定及实际值反馈控制
GN707	输入/输出接口板,实现与外部设备的联机控制
GN726	操作面板控制及显示功能
GN725	机床控制面板,速度修调、启/停控制等
V04	纸带阅读机,加工程序及机床参数读入
GN761	电源供电装置,为 CNC 数控系统提供 ±24V、±5V、±15V 电源
GN717	纸带存储器和穿孔机,存储加工程序
GN766	穿孔机控制,将存储器内数据穿孔打出
GN820	256 字符等离子显示控制器
01×12	数据显示,操作指示

4.3 外围部件

(1) 6FC9344—2B2 位置编码器

直接装在滚珠丝杠上,用于位置实际值的测量及位置反馈。

(2) 标准 CONTACT 50 总转接件

TCG16 管体数控车丝机数控系统更新改造,要在机床项修的 12 天中完成,期间要接上万个线头,工作量相当大,而且容易出现接线错误,给调试带来困难。我们采用了接

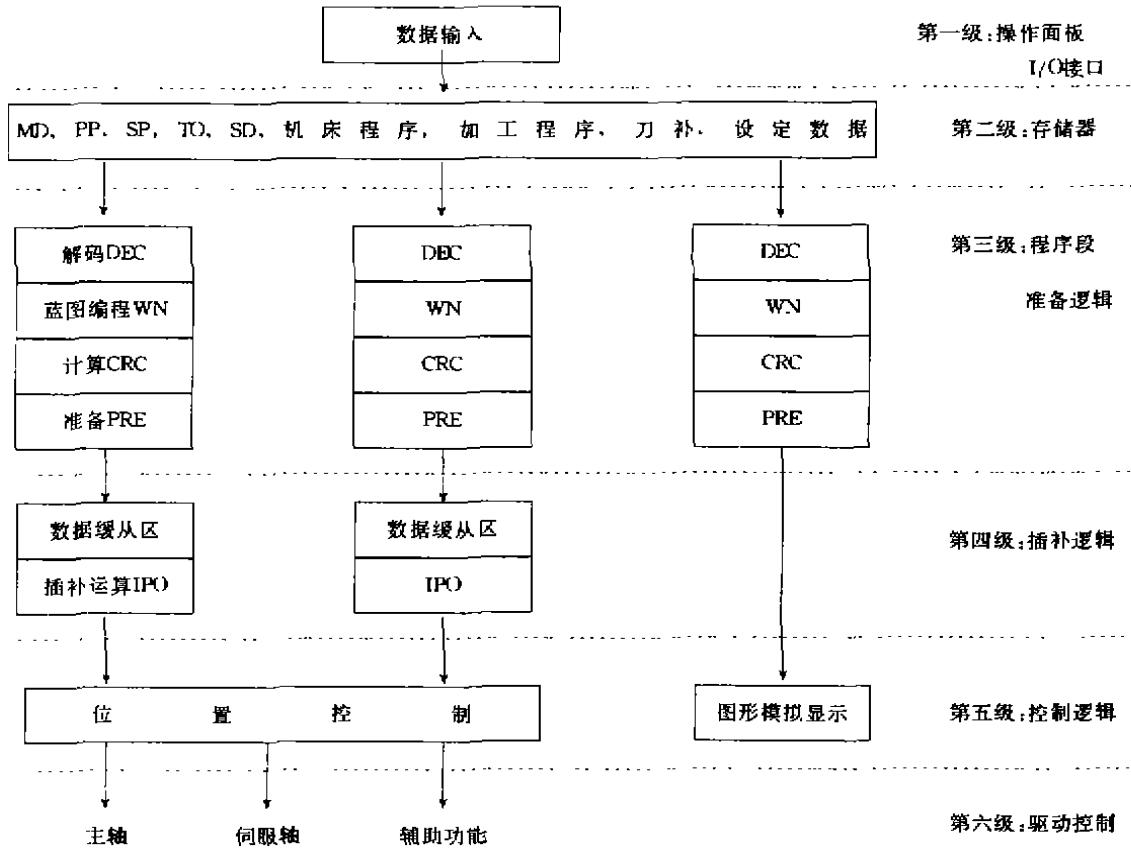


图6 通道结构

表3 810TGA3 主要组件及功能

型号	说明	功能
6EV3055--0BI.	直流电源	输入 AC220V, 产生 24V, 15V, 5V 三组电压供系统使用, 一组供 CRT。
6FX1138--5BA01	CPU 带协处理器	除完成中央控制功能, 还包括实际值寄存器、加工程序存储器及引导指令存储器。
6FX1126--1AA03	图形显示接口	自带 CPU 和对应系统软件, 按规定格式在 CRT 上显示 NC 内部机床数据、操作信息等。
6FX1121--2BC02	接口	NC 与内部 PLC 的 I/O 组件连接, 还包括用户存储器、主要存储; NC 机床数据; PLC 机床数据; PLC 用户程序; 设定数据。
6FX1128--1BA00	存储器	实现系统程序存储及插补功能的微处理软件。
6FX1121--4BA02	位置测量	用于位置控制, 把 NC 给出的数字量位置信号转换成模拟量, 输入到伺服调速器, 同时接受位置编码器返回的位置实际值信号。
6FX1120--0BB	显示器	实现 9" CRT 的显示功能。
6FX1124--6AA01	输入/输出组件	每块 64 点输入, 32 点输出。一台 810T 最多可插 4 块 I/O 组件。

融良好的美国 CONTACT 转接件, 简化了烦琐的接线工作, 预先把线接在转接件上, 可以

事先预调试。方便简化现场的接线调试工作,保证工期按时交付。

(3) 辅助功能专用接口板

钢管厂数控机床的工作环境较差,电缆经常被铁屑割破,造成信号短路,损坏插件板。在810更新改造过程中,我们还专门设计和制造了专用辅助功能接口组件用于CNC、软件PLC与外部PLC及外围设备的连接。对每个信号采用光电耦合,使得内外信号隔离,防止强电信号串入CNC系统、信号短路造成组件损坏,保护高精度的数控系统。

5 数控系统发展新方向

新型数控发展非常快,运行速度更高,功

能更强。其中最具有特点的功能是由CNC来实现速度调节。

常规数控系统中伺服控制系统是一套完整的调速装置,由它自身实现速度和电流的闭环调节功能。而新一代数控系统实现了全数字化伺服控制,其速度调节器及电流调节器的功能完全在NC内部实现,驱动器只是一个交流伺服放大器,直接接收NC发出的PWM脉宽调制信号进行放大处理(见图7)。速度调节和电流调节稳定可靠,不受环境温度及湿度的影响而产生“零点漂移”。各种限幅调节参数及动态特性最佳化调整自动在CNC内部完成。

伺服放大部分主要是功率驱动部件,对

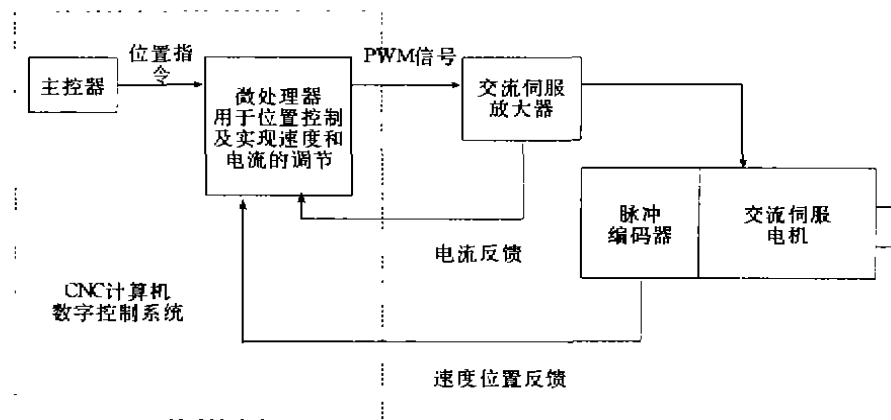


图7 新型数控的伺服系统

环境条件要求不高,允许在条件相对差的环境里工作。整个伺服系统运行稳定可靠安装调试维护都非常方便。

6 结束语

1990年德国德马格公司曾提出,对钢管厂17台石油管加工数控车丝机的数控系统进行改造,费用为250万马克。后经领导研究决定由宝钢自行攻关更新改造。1993年改造成功4台,1994年又完成4台。8台新型810T更新改造从科研到培训、软件编制、硬

件设备,总共只用了29万美元,节约了大量外汇。改造后的8台TCG16-CNC管体数控车丝机至今未发生一次硬件故障,也未发生NC故障造成的回转刀架撞卡盘、回转刀架撞尾架事故。作业率从原来的70%提高到现在的90%以上,车丝合格率上升了两个百分点,并解决了备品备件的问题。为钢管厂年产量50万t达标,为油套管产量和质量的提高起了关键作用。因此,进一步推广已有成果,其意义是十分重大的。

钢管厂准备在1995~1996年再完成4

台 RMGD16-CNC 管接头数控车丝机的改造,这将极大地提高石油管加工设备的技术装备水平,为石油管的实物质量创世界一流

提供了可靠保证。

编辑 马凯利

(来稿日期 1995年11月10日)

(上接 27 页)

果将进入当时国际先进行列。按宝钢的条件和水平,耐材研究和使用方面也应该达到国际先进水平的行列。

应在稳定国产耐材质量的基础上,继续扩大优质高效耐材的使用,加强耐材综合管理,使优质耐材达到好的使用效果,努力降低吨钢耐材单耗,降低生产成本。

首先加强钢包耐材技术工作,尽快使钢包耐材单耗降到 3kg/t 以下,同时加快钢包

整体浇注内衬工作,希望在今后 2~3 年内,使这一技术得到全面推广,这样可使钢包耐材单耗降到 2kg/t 以下。挖掘耐材的使用潜力,做到合理使用、物尽其用,这需要细致的工作。耐材成本约占宝钢吨钢成本的 3%~4%,降低耐材单耗对降低宝钢的吨钢生产成本,效果也是显著的。

编辑 段汉民

(来稿日期 1995年10月12日)