

基于 PROFIBUS-DP 的激光加工系统数字化控制*

张桃红 虞 钢 王立新 何学俭 中国科学院力学研究所(100080)
王 俊 蒋镜昱 上海大众汽车有限公司(201805)

Abstract

A new method to control the laser machine system by using PROFIBUS-DP field-bus in laser flexible machining and intelligent manufacturing is introduced in this paper. The control theory is described and analyzed thoroughly, and the design of the control system and its advantages are also presented. The software program is written by DLL library and VC++ language tool, which controls the laser machine system sketchily and precisely, having friendly and convenient human-machine interface. An example about laser die surface hardening is presented.

Keywords: laser flexible machining and intelligent manufacturing, fieldbus, PROFIBUS-DP, numerical control

摘 要

提出采用 PROFIBUS-DP 现场总线技术实现对激光柔性加工系统的数字化控制, 给出了控制实现过程中的 DLL 动态链接库方案, 详述了控制中的同步问题, 并将其应用于汽车覆盖件模具激光表面硬化, 编程采用 VC++ 面向对象工具加以实现。

关键词: 激光柔性加工, 现场总线, PROFIBUS-DP, 数字控制

激光技术一作为最具潜力的先进制造技术之一, 在制造业已得到广泛应用, 其加工业已逐步成为一个新兴的高技术产业。集成化、智能化、柔性化激光加工过程充分体现出其基本特征, 因此, 对激光器的控制也提出了更高的要求。尤其在柔性加工中, 为不同的加工目的(例如切割、打孔、焊接、强化、直接成型等)而采用不同的激光参数时, 则要求能迅速、方便、准确地改变激光参数, 以满足加工需求。目前集成性实现较好的系统大都通过 I/O 并口来实现控制, 但存在成本高, 可维护性差等缺点; 也有些系统通过串口来实现控制, 这种方法抗干扰能力低, 传输速率低, 实时性差, 尤其对不断地需要有握手信号的激光器控制存在极大的挑战。基于以上控制中存在的实时性差、传输速率低、抗干扰能力低、不易维护和管理等缺点, 采用现场总线的概念与方法实现对激光器的控制, 可以从根本上克服上述难题。

本文针对激光柔性加工系统的特点设计了基于 PROFIBUS-DP 的激光器控制及集成到整个加工系统的控制方案, 给出了网络结构和实现方法, 以汽车覆盖件模具的激光表面硬化为例, 验证了此控制方案的精确性与稳定性。

1 PROFIBUS-DP 的控制特点

由于 PROFIBUS(Process FieldBus-过程现场总线)的协议结构是建立在 ISO7498 国际标准(其标准为 IEC61158)的基础上, 简化了第三层到第六层, 适应性强, 并得到各大厂商的支持, 所以目前工业应用比较广泛。应用于现场级的是 PROFIBUS-DP (Distributive Peripheral)协议结构。

PROFIBUS-DP 是一种高速廉价、可用于设备级控制和分散 I/O 通信的模块。由 PROFIBUS 总线存取协议, 主站之间采用令牌传送方式, 主站与从站之间采用主从方式。支持单主站系统或多主站系统。主站周期地读取从站的输入信息并周期地向从站发送输出信息, 通信可以采用点对点逻辑数据传输或广播, 因此在通信网络中可以快速简洁地完成数据的实时传输。最大电文长度为 255 个字节。传输波特率与传输距离有关。除周期性用户数据传输外, PROFIBUS-DP 还提供智能化现场设备所需

的非周期性通讯以进行组态、诊断和报警处理。

针对上述特点来设计激光柔性加工系统的控制方案。

2 激光加工系统的控制设计

2.1 激光加工系统控制的网络结构

激光柔性加工系统一般包括控制用计算机、激光器、机械运动装置或机器人、光纤传送和光束变换装置、及其它辅助设施。这是一种相对设备不多, 但对其精度、实时性、安全性、集成度要求较高的精密控制系统。为避免使用造价昂贵的控制硬件, 本文采用 PROFIBUS-DP 实现激光器的控制, 采取 DLL 库的软件方案来实现, 机器人采取串口通信方式。

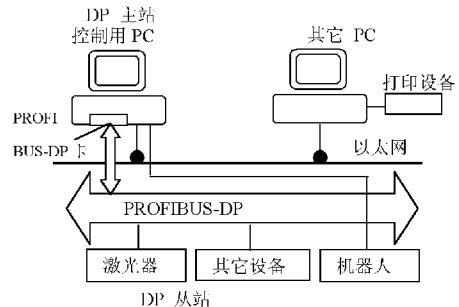


图 1 激光加工系统的控制结构图

控制采用单主站的线型网络拓扑结构, 将控制用 PC 设为 PROFIBUS-DP 的主站, 将带有 PROFIBUS-DP 通信协议的激光器设计为从站, 如图 1 所示。本文在设计中将控制用 PC 与局域网相连, 实现了控制网络与数据网络的融合。

2.2 激光器 PROFIBUS-DP 控制的系统组态及编程

PC 机作为主站, PROFIBUS 网络适配卡选用西门子的 CP5611 通讯卡, 在 COM-PROFIBUS 中组态, 字宽设为 10(与从站一致), 地址设为自动, 导出 ncm 文件, 测试通过后, 用 VC++ 编程工具结合 DLL 动态链接库, 编写了 PROFIBUS-DP 的控制程序。通讯接口的设定为:
m_dpn_interface.length=100; //数据长度

* 中科院大型仪器设备研制项目(2000年—2003年中国科学院知识创新工程重大项目(KGCX1-11))

```
m_dpn_interface.reference.board_select=1;//板卡选择
m_dpn_interface.reference.access=DP_Access;//通信模式
m_dpn_interface.use_data[10]=0x01;//传输的数据
```

数据传输的指令为:

```
dpn_init(&m_dpn_interface); // 传输初始化
dpn_in_slv(&m_dpn_interface);//读入信息
dpn_out_slv(&m_dpn_interface);//发送信息
```

将主站对激光器从站的控制归结为对类的操作,发送与接收的信息为类的属性,控制指令以功能归类为类的方法,例如:

```
属性:
unsigned char m_back_data[255];//反馈的消息
unsigned char m_send_data[255];//发送的指令
```

方法:

```
BOOL LaserOn(BOOL b);//点激光器激励灯
BOOL LaserStandby(BOOL b);//激光器待机
BOOL ProgStartDynamical(BOOL b); //出光
void ProgStop(BOOL b); //停光
void LaserReset(BOOL b); //激光器复位
BOOL PilotOn(BOOL b); // 开校验灯
```

各设备以类的形式形成控制系统,因而封装性好、集成化高,形成了界面友好,操作简单的激光柔性加工系统控制软件,平台选用 Windows 2000 操作系统。

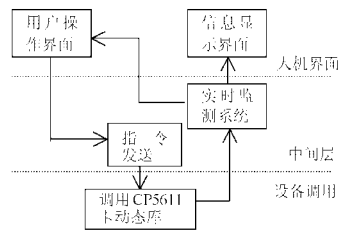


图2 控制程序逻辑图

的调用逻辑图。

3 采用 PROFIBUS-DP 控制的激光柔性加工系统的特点

3.1 系统设备间的协调并作

本系统设备之间为加工需求需要互通信息以保证设备准确无误地到指定位置进行加工。加工方式有连续扫描式和点对点加工式。连续扫描式往往是对加工区域采取机器人连续匀速直线运动,同时激光器出光的方式。这在控制上仅是起点和终点的协调,相对易于实现。点对点加工方式则是机器人运动目标是各个点,到每一点时稍作停留,以让激光器出光和辅助设备工作,之后再运动到下一点。

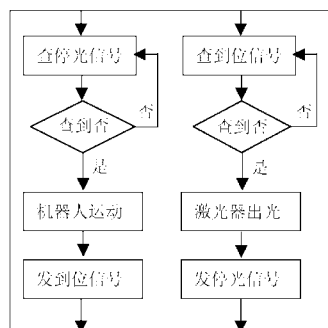


图3 系统设备间协调工作原理图

可见机器人每运动一步需要与系统交换一次信息,同样激光器出一次光后也要告知系统,以实现系统对激光器、机器人、辅助设备间的协同快速运作。PROFIBUS-DP 提供的准确、快速的信息交互为系统实现点对点加工提供了可能。

各设备间的信息以多线程方式告知系统。图3以激光器与机器人为例说明系统设备间的协调工作。

3.2 激光器的任意波形输出

由 PROFIBUS-DP 实现的激光器非常灵活地满足了激光柔性加工的要求。在激光与材料相互作用过程中,输出波形改变了光束能量随时间的分布,从而在很大程度上影响加工结果。问题的关键是激光波形的精确控制。鉴于此,本文描述的控制激光器为连续激光器,最大功率为 2000W,幅度精度为 1%。波形时间步长精确到 1ms,通过对功率和时间的调制(各时刻点的功率连成折线)可形成任意波形。这里的功率为激光器的输出功率, t 为输出激光的持续时间。图4示意了可以编程实现、功率随时间任意分布的波形形状。可以是三角波、方波、梯形波、时间可以延续很长时间的“无穷”波等。

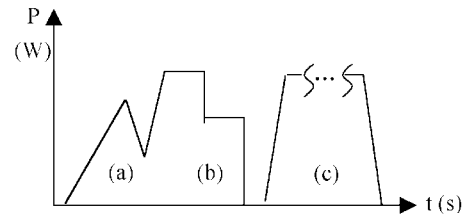


图4 加工中的任意激光波形

4 应用举例

以激光表面强化为例,脉冲激光波形影响着加工效果,具有相同能量的不同三角波对强化层深的不同影响,激光波形在工艺参数中起着重要作用。而这在以前由于激光波形编制的困难,这方面的研究无法进行,现在基于 PROFIBUS-DP 控制的激光加工系统实现了任意波形的编制,为激光波形对加工的影响及最优波形的研究提供了基础。

5 结束语

激光器控制采用了 PROFIBUS-DP 后,控制简单,可靠性好,实时性高,集成化高,形成一个界面友好、操作简单、性能稳定、易使用和维护方便的控制系統。采用 PROFIBUS-DP 的激光器可以输出任意波形激光束,以满足各种加工的需求,体现了激光加工中的柔性化。

通过网卡可以与 Ethernet 网连接,实现与管理层的互连,将工业现场的微观控制与企业决策的宏观控制融入一体,增强了工厂系统的柔性。

参考文献

- 1 虞钢,虞和济.集成化激光智能加工工程.北京:冶金工业出版社,2001
- 2 阳究惠.现场总线技术及其应用.北京:清华大学出版社,1999
- 3 Manfren Popp.The Rapid Way to PROFIBUS-DP[R].Germany PROFIBUIS Interface Center/Lab. 1997,(23)
- 4 虞钢,等.一种具有柔性传输和多轴联动的激光装置.中国专利.ZL98101217.5,1998 [收稿日期:2004.11.12]