管排锯主机锯切控制原理分析*

方 飞,姚 林,杨世龙

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了管排锯主机系统构成、锯切逻辑控制流程,重点描述了管排锯切控制系统夹紧机构液压运行方案、主机锯切的硬件构成和软件设计思路。

关键词: 夹紧机构; 611U; 位置控制

中图分类号: TG561 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0072-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.020

Analysis on Control Principle for Sawing of Main Machine for Tube Gang Saw

Fang Fei, Yao Lin, Yang Shi-long

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this article, the composition of main machine system for tube gang saw and logic control process of sawing are introduced, the hydraulic operation scheme of clamping mechanism for control system of sawing for tube gang saw as well as the composition of hardware and design thought of software for sawing of main machine are mainly described.

Key words: clamping mechanism; 611U; position control

管排锯用于将热轧产线生产的倍尺钢管切割成符合用户要求的定尺米长,切割面的光洁度要求严格,但在实际生产过程中,双边、切斜等质量缺陷时有发生,给后续的生产造成影响。因此对主机部分的控制精度、维护质量要求较高,本文针对该机构机械、液压、电气、工艺等方面进行系统阐述,用于指导现场快速排除故障,服务于生产。

1 主机构成及锯切逻辑简述

排锯主机由入口水平夹紧、出口水平夹紧、入口垂直夹紧、出口垂直夹紧、主机锯片构成(见图1)。当钢管行驶至锯切位,入出口夹紧机构依次动作(入口垂直夹紧下降,入口水平夹紧闭合,出口垂直夹紧下降,出口水平夹紧闭合)完成后,入出口夹紧机构二次增压,进入保压模式;主机下降锯切钢管完成后主机提升至起始位;锯切完毕,夹紧机构打开。

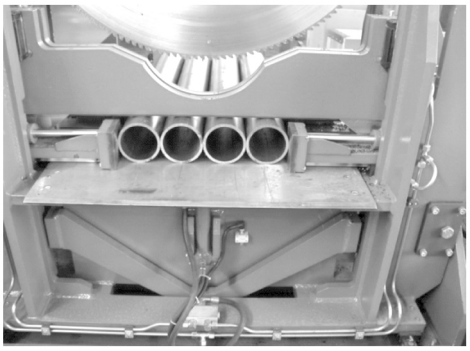


图1 管排锯实物图

* 收稿日期: 2021-05-06

作者简介: 方 飞(1982-),男,内蒙古包头市人,高级工程师,现从事设备技术管理工作。

2　夹紧机构液压系统简介及控制方案

2.1　夹紧机构液压系统简介

夹紧机构由入口和出口水平－垂直夹紧设备组成。

垂直夹紧由一个比例减压阀，一个三位四通阀 V1V2、两个插装阀 V3、V4 构成，通过逻辑控制实现预夹紧、保压和提升功能（见图 2）。

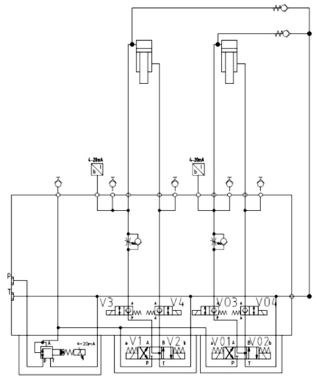


图 2　垂直夹紧液压系统原理图

水平夹紧装置为中间定心型，由一个比例减压阀、一个三位四通阀 V1V2、4 个插装阀 V3、V4、V5、V6 组成，通过逻辑控制实现预夹紧、保压和打开功能（见图 3）。

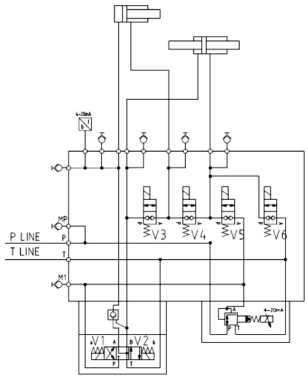


图 3　水平夹紧液压系统原理图

2.2　夹紧机构预夹紧液压系统控制方案

2.2.1　垂直夹紧下降原理

垂直夹紧下降各液压元件执行逻辑：比例减压阀输出较低压力，三位四通阀 V2 得电、插装阀 V3、V4 得电。

入出口垂直夹紧机构共用一个比例减压阀调整压力，当钢管行驶至工作台、具备锯切条件后，比例减压阀输出较低压力至三位四通阀 P 端，V2 得电，供压力油至 A 端；V3 得电，供压力油至油缸后腔；V4 得电，前腔液压油经 B 端返回油箱；油缸伸出，实现垂直夹紧下落至钢管表面的目的。垂直夹紧上方安装拉线编码器（模拟量），测算出垂直夹紧实际位置，在下落过程中，PLC 每隔 300 ms 判断一次实际位置数据与上次数据做比较，差值不超过 2 cm，判断夹紧板到达钢管表面，可以进行下一步程序控制。

2.2.2　对水平夹紧闭合原理分析

水平夹紧闭合各液压元件执行逻辑：比例减压阀输出较低压力，三位四通阀 V2 得电、插装阀 V4 得电。

入口水平夹紧机构由一个比例减压阀调整压力，当垂直夹紧下落到位后，比例减压阀输出较低压力至三位四通阀 P 端，V2 得电，压力油经三位四通阀 A 端输送至单杆油缸后腔；V4 得电，前腔液压油经 V4 输送至双杆油缸后腔；双杆油缸前腔液压油经三位四通阀 B 端返回油箱；单杆、双杆油缸同时伸出，实现水平夹紧闭合至钢管表面的目的。水平夹紧单杆液压缸后安装 MTS 传感器（PROFIBUS－DP），测算出水平夹紧实际位置，在闭合过程中，PLC 每隔 300 ms 判断一次实际位置数据与上次数据做比较，差值不超过 2 cm，判断夹紧板到达钢管表面，系统预夹紧功能完成，系统执行保压模式。

2.3　夹紧机构保压模式液压系统控制方案

2.3.1　垂直夹紧保压模式

垂直夹紧保压模式各液压元件执行逻辑：比例减压阀输出较高压力，三位四通阀 V2 得电。

V2 得电，压力油经三位四通阀 A 端输送至油缸后腔，油缸前腔因 V4 失电被封锁至单向阀处，实现垂直夹紧以相对稳定压力固定钢管至工作面。

2.3.2　水平夹紧保压模式

水平夹紧保压模式各液压元件执行结果：比例阀输出较高压力，插装阀 V5 得电，三位四通阀 V2 断电。

进入保压模式后，三位四通阀 V2 断电，将较高压力封闭在单杆油缸；V5 得电，压力油经 V5 输送至双杆油缸后腔，油缸前腔液压油经两位四通阀返回油箱；即实现单杆油缸内存在较高压力，双杆油缸持续补压的功能，水平夹紧以相对稳定压力固定钢管至工作面。

夹紧机构进入保压模式后，主机即可切割钢管，本文会做专项说明，以下先对锯切完毕后，夹紧机构

打开进行逻辑分析。

2.4 夹紧机构打开模式液压系统控制方案

2.4.1 垂直夹紧上升打开

垂直夹紧上升各液压元件执行逻辑：比例减压阀输出压力，三位四通阀 V1 得电、插装阀 V3、V4 得电。

锯切完毕后，入出口垂直夹紧机构比例阀输出压力至 P 端，三位四通阀 V1 得电，供压力油至 B 端；V4 得电，供压力油至油缸前腔；V3 得电，后腔液压油经 A 端返回油箱；油缸缩回，实现垂直夹紧上升至原始位的功能。

2.4.2 水平夹紧打开

水平夹紧打开各液压元件执行逻辑：比例阀输出压力，三位四通阀 V1 得电、插装阀 V3、V6 得电。

锯切完毕后，入出口水平夹紧机构比例减压阀输出压力至 P 端，三位四通阀 V1 得电，压力油经三位四通阀 B 端输送至双杆油缸前腔，V6 得电，后腔液压油经 V6 返回油箱，双杆油缸缩回；V3 得电，压力油经 V3 输送至单杆油缸前腔，单杆油缸后腔压力油经两位四通阀 A 端返回油箱，单杆油缸缩回；实现水平夹紧打开至原始位的功能。

2.5 锯切过程夹紧机构运行逻辑

在锯切过程中，夹紧机构实际上经历了 4 个阶段。即以较低压力的预夹紧第一阶段，夹紧后比例阀二次加压的第二阶段，进入保压模式的第三阶段，以及锯切完毕后油缸回归原位的第四阶段。

第一阶段实现的主要功能是夹紧机构以较低压力、较慢速度夹紧钢管，避免钢管被夹出凹坑；

第二阶段的二次加压主要是为了保证钢管在工作面的稳定固定；

第三阶段的保压模式在锯切过程中尤为重要，主要功能是稳定锯切过程中的钢管固定，稳定的压力也保证在钢管切割完毕后，两方向油缸不会出现相对运动，避免锯片损坏；

第四阶段实现了钢管切割完毕后，油缸回归原位的功能。

通过以上逻辑运行分析，能够得出以下结论：预夹紧保证钢管质量，二次加压完成钢管固定，保压模式避免锯片打齿损坏，而频繁打齿势必会造成主轴丝杠损坏、皮带损坏，锯机精度下降等一系列问题；因此，保证主机夹紧机构在锯切过程中运行逻辑的正确执行、保证原设计功能是维护锯机的重中之重。

3 锯切开始位及结束位的确定

本实例锯机主轴旋转采用西门子 6SE70 系列变频器驱动交流电机旋转；进给采用西门子 611U 驱动伺服电机，由伺服电机拖动主轴丝杠，在平衡缸的作用下上升下降，完成锯切。

主轴在锯切过程中主要有原始位（本实例中位于基准面上方 1 050 mm）、开始位、结束位（见图 4）。在夹紧机构进入保压模式后，主机进给以较大进给量下降至开始位，后根据钢管参数、锯片直径、齿数等，以自动换算的进给量切割钢管，切割至结束位；切割完成后，通过位置给定，在平衡缸、伺服驱动的作用下回归原始位。

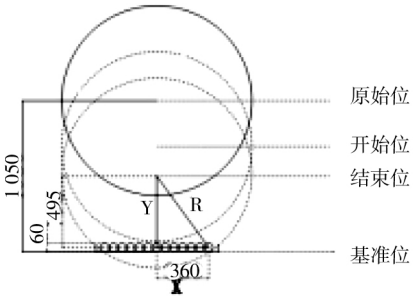


图 4 锯切位置

开始位是主机运行至待切钢管上方[1]：

$$Y_1 = R + 2r + S_1 \quad (1)$$

结束位为主机完成切割位置：

$$Y_2 = [R - r)^2 - (L/2 - r)^2]^{1/2} + r - S_2 \quad (2)$$

式中：R 为锯片半径；r 为钢管半径（拉线编码器测量）；L 为排宽（MTS 测量）；S_1 为锯片齿下位与钢管间距离，本实例取 10 mm；S_2 为结束位余量，本实例结束位余量取 25 mm。

例：切割外径 60 mm 钢管 13 支，管排直径（管排直径测量应用安装在水平夹紧单杆液压缸内 MTS 测量）780 mm，锯片直径 1 360 mm。

开始位 $Y_1 = R + 2r + S_1$

$= 1\,360/2 + 60 + 10$

$= 750$ mm

结束位 $Y_2 = [R - r)^2 - (L/2 - r)^2]^{1/2} + r - S_2$

$= 541 + 30 - 25$

$= 546$ mm

开始位计算的过高造成切割行程过长，影响切割节奏，开始位计算的过低，会造成锯片以高速进给量直接落到钢管表面，造成锯片损坏。

结束位计算的过低造成切割行程过长，影响切割节奏，结束位计算的过高，会造成无法切断钢管的情况发生。

4　电控系统配置及设定

4.1　电气控制系统硬件配置

本实例中采取西门子 315 – 2DP 类型 CPU，通过 PROFIBUS – DP 与伺服控制器 611U 通讯，实现对伺服电机的驱动[2]，硬件组态见图 5。

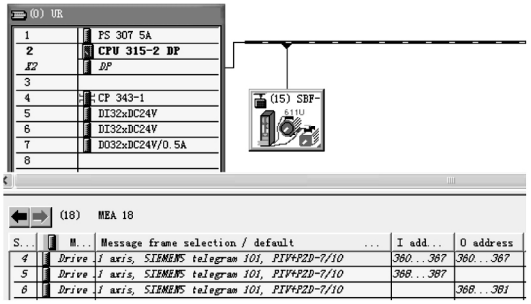


图 5　PLC 硬件组态

4.2　软件设定

本例选择标准报文 101[3]，组态的 PZD 数据类型结构见图 6 所示。设置 PKW 的目的是通过参数修改来修改定位小车和锯片进给的运行程序段。

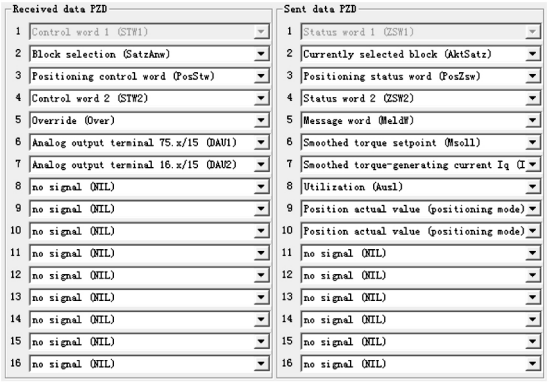


图 6　611U 对应的 PZD 数据类型结构

定位模式下，可最多编程 64 个运行程序段，每个运行程序段可包含以下内容：段号、位置值、速度值、加速倍率、减速倍率等，本实例中共有三个程序段（见图 7）：

程序段 1：以 7 500 r/min 速度运行至 1 050 mm（原始位）位置；

程序段 2：以 7 500 r/min 速度运行至 750 mm（开始位）位置；

程序段 3：以 322 r/min 速度运行至 546 mm（结束位）位置。

完成一个锯切循环的逻辑顺序为：程序段 2—程序段 3—程序段 1。

Inc	No.	Command	Paramete	Mode	Position	Velocity	Accel.	Decel.	Continue	Suppress
0	-1									
1	1	POSITION		ABSOLUTE	1050.000	7500.000	100	100	END	
2	2	POSITION		ABSOLUTE	750.000	7500.000	100	100	END	
3	3	POSITION		ABSOLUTE	546.000	322.289	100	100	END	

图 7　主锯锯切的三个程序段

5　结束语

管排锯是集成机械、液压、电气的一个综合性系统，管排锯的正常使用离不开各专业的紧密结合，维护的重点首先应侧重于液压系统，保证油温在正常范围内，保证液压油品质，做好设备的点检润滑工作；其次应做好设备的防呆防错工作，利用电气编程做好设备的保护工作，杜绝误操作对设备造成的损害，降低故障率；再次谨慎对待设备改造工作，保证原有功能不缺失，不损失精度的前提下针对故障率高的区域做技术改造，改善设备状况。

参　考　文　献

[1]　闻邦椿. 机械设备手册（第 5 版）[M]. 北京：机械工业出版社，2010.

[2]　廖常初. S7 – 300/400PLC 应用技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2004.

[3]　肖英奎. 伺服系统实用技术 [M]. 北京：化学工业出版社，2004.