



武汉宝德机电股份有限公司

宝德机电欢迎您

Welcome to Wuhan Baode Mechanical & Electrical Co., Ltd



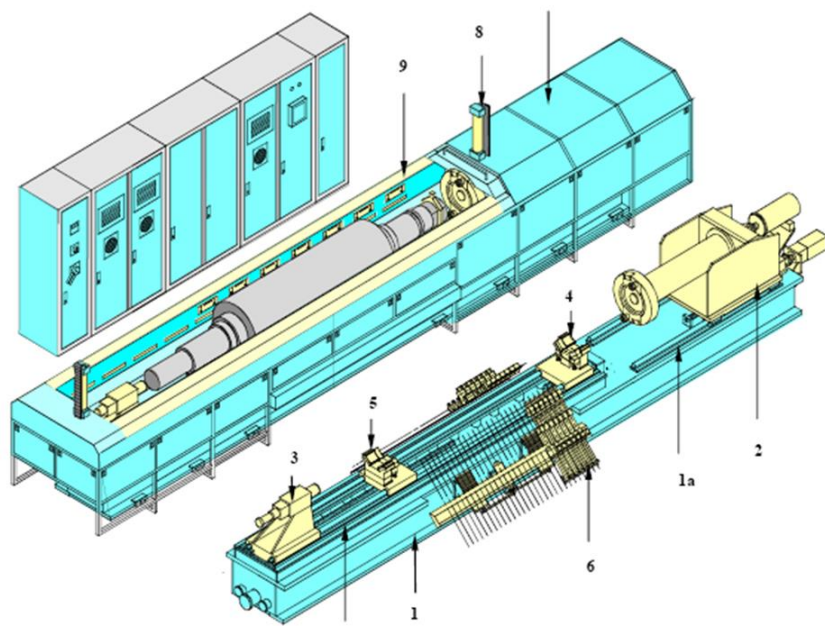
武汉宝德机电股份有限公司

一种进口EDT毛化机的脉冲发生器检验装置的研制与应用

蒋莉¹，左智勇¹，詹益清¹

(¹武汉宝德机电股份有限公司，武汉 430080)

论文编号：87





摘要:

冷轧钢辊EDT毛化机是钢铁行业中生产高端汽车和家电冷轧薄板的关键设备之一，目前，国内所采用的整机设备及备件都由国外提供，其运行和维修费用极高。本文在KLEINKNECHT公司生产的EDT脉冲发生器的结构与工作原理基础上，总结了大量的现场检修坏损器件的实际经验，研制出该机床的维修试验装置，大大提高了修理备件上机正常运行的几率。

关键词：轧辊；电火花毛化；脉冲发生器；试验装置



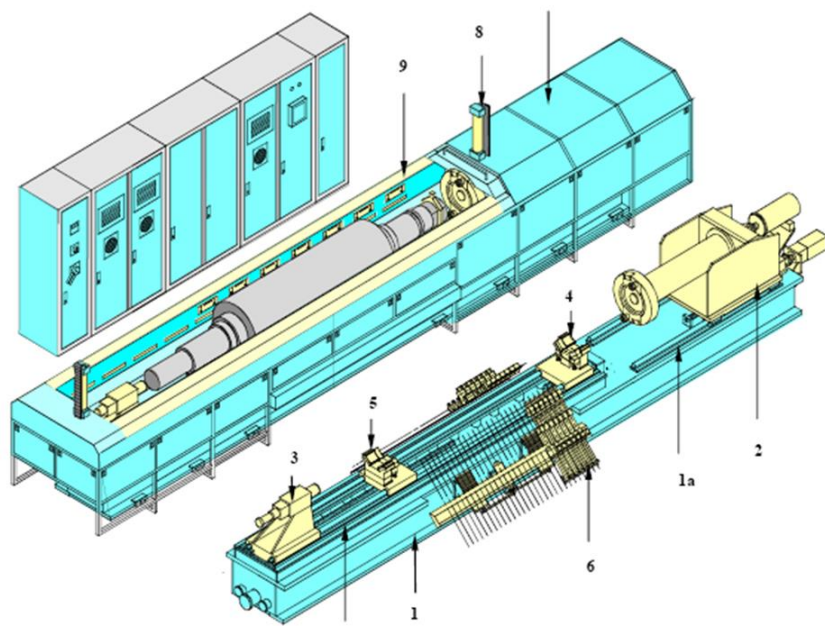
武汉宝德机电股份有限公司

A Kind of Testing Device Development and Application for Imported EDT Generator

Jiang li¹, Zuo Zhi-yong¹, Zhan Yi-qing¹

(¹ Wuhan Baode Mechanical & Electrical Co.,Ltd, Wuhan,China)

Paper No.: 87





Abstract:

EDT texturing machine for cold rolls is the one of key equipment for producing cold-rolled sheet for high-end automotive and appliance in steel industry. At present, EDT texturing machine and its spare parts for Chinese steel plant are imported from abroad, which has high operating and maintenance costs. Based on the structure and working principle of EDT generator produced by KLEINKNECHT company, the paper summarizes a lot of on-site practical experience for overhauling damaged spare parts, developing the overall testing device, greatly improving probability of normal operation on site for the repaired spare parts.

Key word: *roll; Electrical Discharge Texturing; generator; testing device*



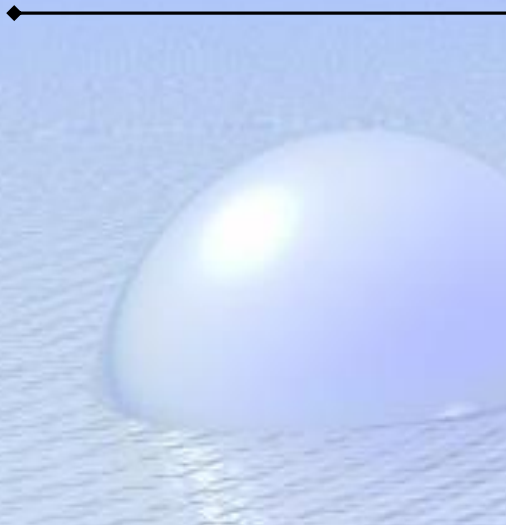
1、概述:

冷轧钢辊电火花毛化（Electrical Discharge Texturing，下简称EDT）机床是钢铁行业中生产高端汽车和家电冷轧薄板的关键设备之一，目前所采用的设备与工艺都是由国外公司提供的。例如，国内进口的瓦特里希-西根（WALDRICH SIEGEN）公司和英格索尔（INGERSOLL）公司生产的EDT机床[1]，采用的是固定电极结构，电极头由液压伺服机构驱动，控制电极头运动和电火花放电的脉冲发生器是德国KLEINKNECHT公司生产的配套产品（图1），EDT机床安装的电极有单排和双排，双排标准配置为60个电极头。

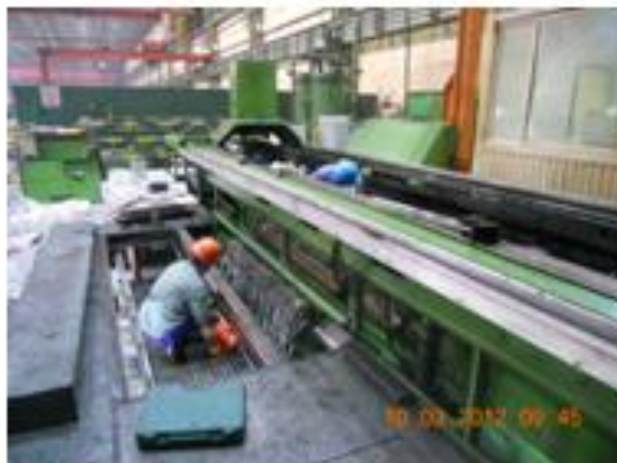


1、概述:

武汉宝德机电股份有限公司



(B) INGERSOLL



(A) WALDRICH SIEGEN





1、概述：

每个电极头，均配套有电极的液压伺服机构和脉冲发生器，其进口费用高达数十万元人民币。由于EDT机床工作现场工况环境差，数吨重的轧辊浸泡在介电液中旋转和移动，与带有高电压的电极头配合进行电火花放电作业，所以经常因故障而损坏相关部件，如何打破国外技术垄断，降低备件修复成本是用户对我们维保单位的要求，为此，我们研制了一套能检测电极伺服机构好坏与脉冲发生器工作是否正常的检验设备。该设备大大提高了修复备件上机工作率，降低了用户设备的运行费用。



Background

武汉宝德机电股份有限公司



图1 KLEINKNECHT生产的EDT脉冲发生器



2、检验装置的工作原理

检验装置的设计，就是模仿EDT机床加工的原理进行设计的，如图2所示：

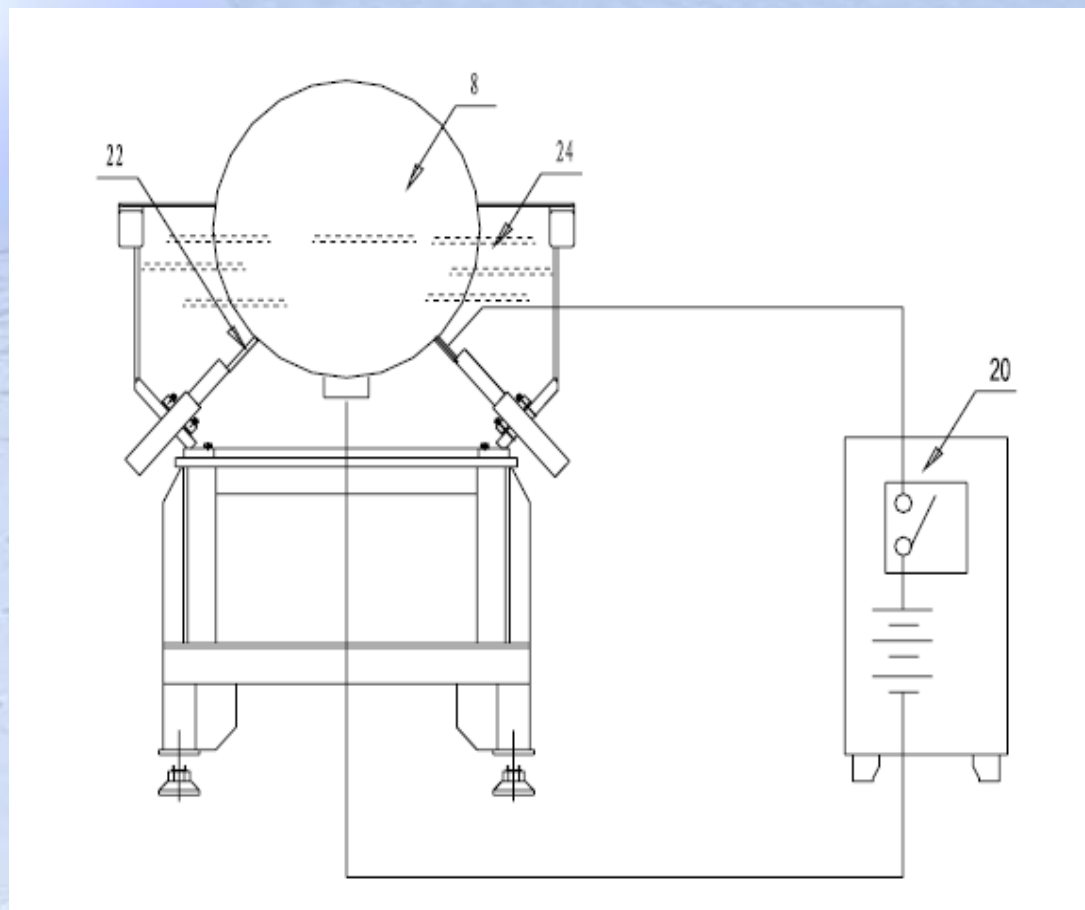


图2 检验装置的工作原理图



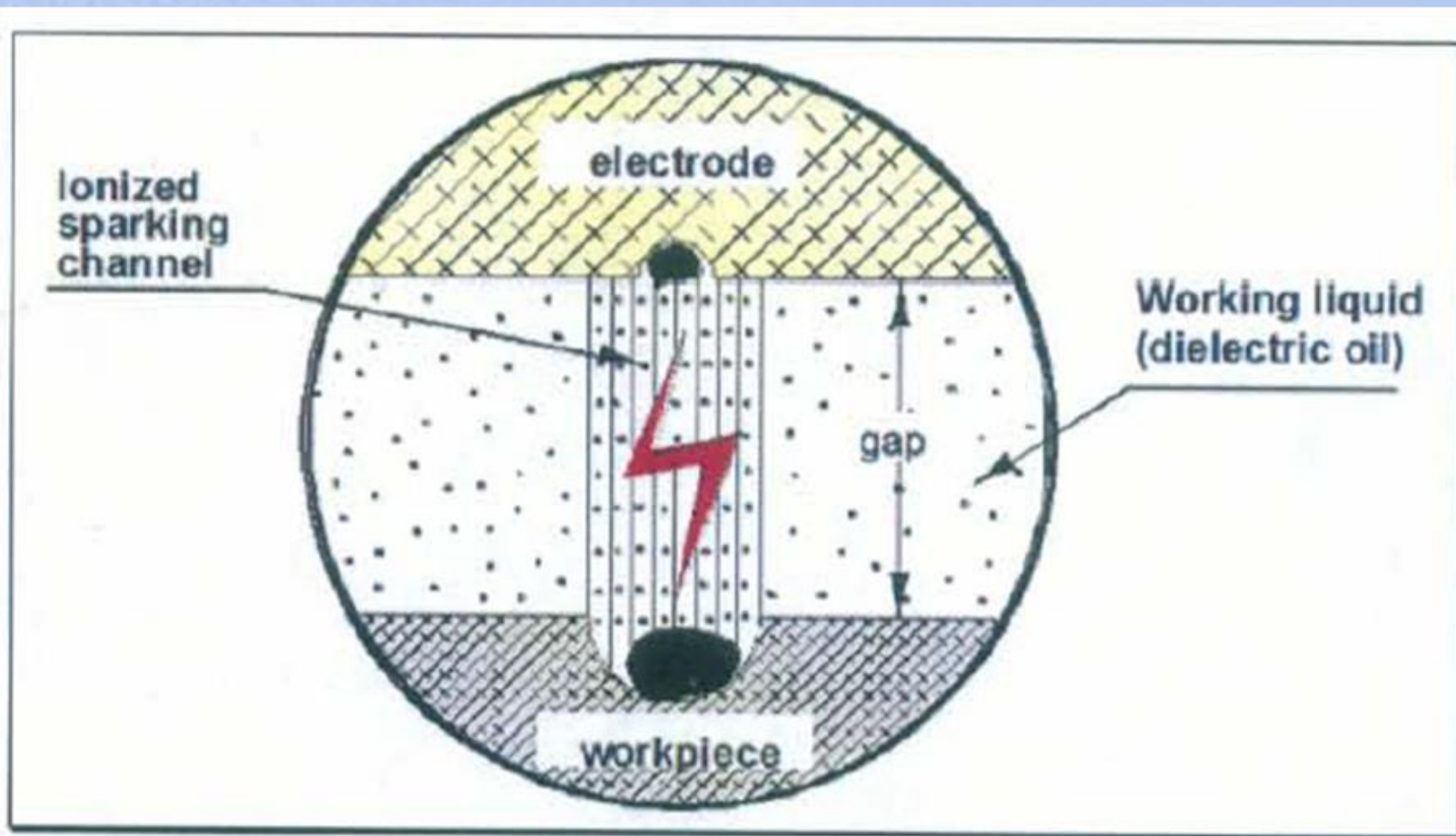
2、检验装置的工作原理

图中8为钢辊；20为脉冲发生器；22为电极；24为介电液。将钢辊作为工件电极，以铜作为工具电极，工具电极与工件电极的火花放电过程在绝缘性介电液中进行，由伺服机构动态控制两者之间的放电间隙，当工具电极与工件电极间隙达到 $0.01\sim 0.20\text{cm}$ 时，电场强度增强，形成电桥，工作液介质击穿发生电火花放电，带电粒子以很高的能量密度相对撞击，在为时 $10\sim 50\mu\text{s}$ 内局部温度高达 10000 度以上，导致钢辊表面金属氧化，气泡爆裂将熔化的金属抛出，使轧辊表面形成放电凹坑。



2、检验装置的工作原理

武汉宝德机电股份有限公司



Principle of EDT: Spark Erosion



2、检验装置的工作原理

周而复始，加上轧辊的旋转和轴向摆，使得轧辊表面形成一系列由随机无序凹坑组成的轧辊毛化形貌[2]。





2、检验装置的工作原理

当一个工具电极出现问题时，它会停止工作，问题可能是电源脉冲发生器损害，也可能是液压伺服损坏了，现场需要采用最方便的替换法进行修理，替换下来的备件修复后，在没有检验装置时需要直接上机试验，有时需多次反复，才能完成修理，这在任务紧急的情况下是不允许的，所以，我们通过研制模拟现场工作状态的检测装置，实现了修复后，整机模拟测试，大大提高了修复设备的上机率。



3、检验装置的主要组成部分介绍

检验装置模拟进口EDT机床的工作原理，设计两边共安装4套电极检验位置，可以进行短钢棍毛化加工试验，也能只上一套装置，进行装置修复后检验，下面详细介绍如下：





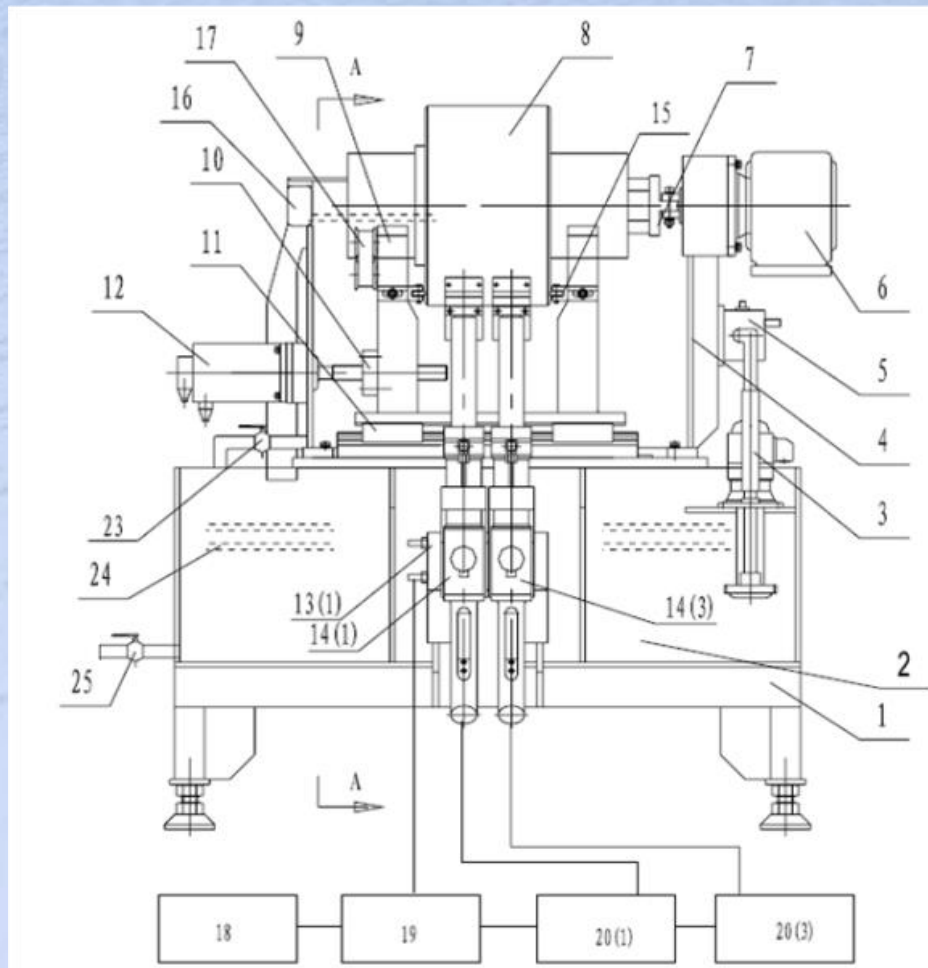
3、检验装置的主要组成部分介绍

3.1 机械组成结构

本整机试验装置如图3, 4, 5所示:



图3 EDT脉冲发生器
实验装置示意图



武汉宝德机电股份有限公司



3、检验装置的主要组成部分介绍

3.1 机械组成结构

本整机试验装置如图3, 4, 5所示:

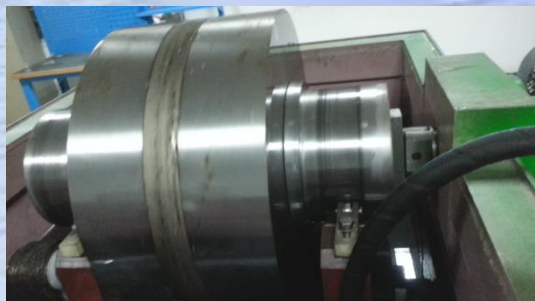


图4 EDT脉冲发生器实验装置示意图的A-A向视图

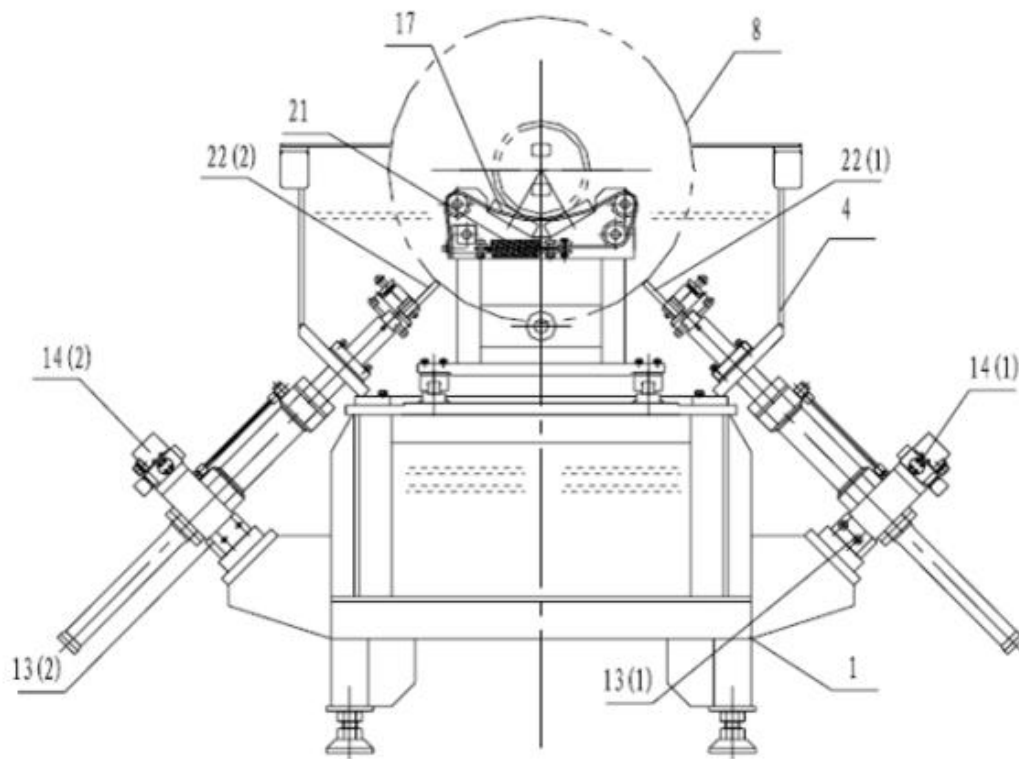


图 2

武汉宝德机电股份有限公司



3、检验装置的主要组成部分介绍

3.1 机械组成结构

本整机试验装置如图3，4，5所示：

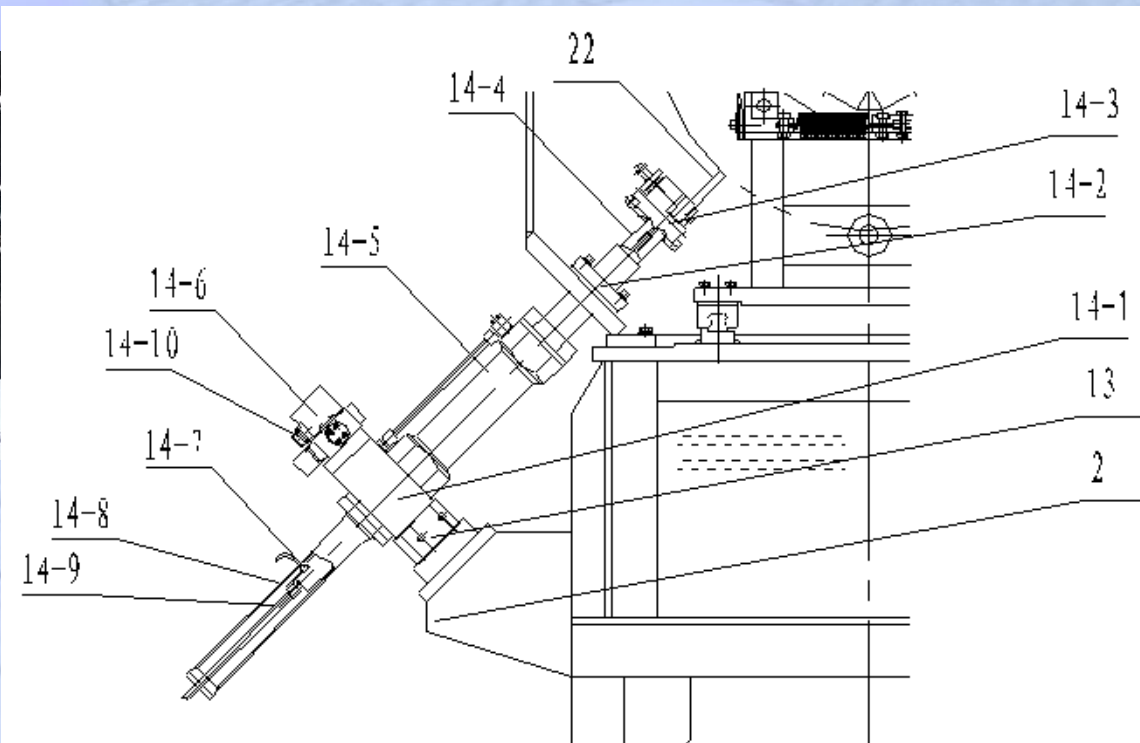
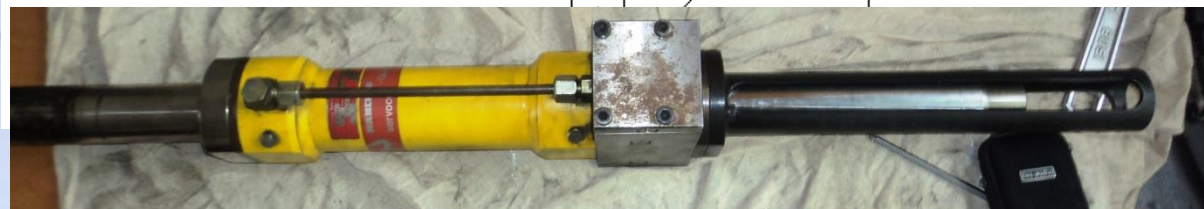


图5 电极液压伺服组件的部件图



武汉宝德机电股份有限公司



3、检验装置的主要组成部分介绍

图中：1.底座；2.介电液箱；3.介电液泵；4.机架箱；5.介电液分配块；6.钢辊旋转电机减速机组件；7.钢辊旋转拨盘；8.钢辊；9.钢辊托架；10.钢辊平移传动机构；11.直线导轨；12.钢辊平移电机减速机组件；13.伺服油路分配器（图中括号中的数字表示不同位置安装的分配器）；14.电极的液压伺服机构（图中括号中的数字表示不同位置安装的液压伺服机构）；14-1.液压缸座；14-2.缸套固定座；14-3.电极固定座；14-4.空心活塞杆；14-5.伺服油缸；14-6.电液伺服阀；14-7.电极电缆接头；14-8.油杠杆护套；14-9.介电液管连接器；14-10.电液伺服阀电缆插头座；15.导向滚轮；16.介电液溢流管道；17.导电带；18.电气控制柜；19.液压站；20.脉冲发生器（图中括号中的数字表示不同位置安装的脉冲发生器）；21.导电带复位弹簧；22.电极（图中括号中的数字表示不同位置安装的电极）；23.机架排液阀；24.介电液；25.介电液箱排污阀。



3、检验装置的主要组成部分介绍

检测装置主要由钢辊旋转机构、钢辊平移机构、电极的液压伺服驱动机构、电气控制柜、液压站、脉冲发生器和介电液冷却装置组成，其中：钢辊旋转机构装在机架箱上对应钢辊轴中心线的箱壁上，该机构的拨叉带动托架上的实验钢辊旋转；钢辊平移机构装在机架箱底部的直线导轨中轴线上，该机构通过与托架连接的传动机构内的丝杆正反旋转，带动实验钢辊左右平移；电极的液压伺服驱动机构安装在底座的两侧；介电液冷却装置装在机架箱和介电液箱之间，电气控制柜、液压站和脉冲发生器位于机架旁边。



3、检验装置的主要组成部分介绍

在检测装置进行钢棍毛化加工试验时，机架箱中盛满介电液，实验钢辊与电极接触部分低于介电液平面不少于40mm，当介电液过多时，能够通过机架箱上的介电液溢流管道自动流回到介电液箱中去，加工完毕后，打开机架排液阀，让介电液流回到介电液箱中去。此外，底座还安装有伺服油路分配器、液压伺服机构、介电液泵等备件的基座。机架箱上还安装有：介电液分配块、钢辊旋转电机减速机组件、钢辊平移电机减速机组件等备件。



3、检验装置的主要组成部分介绍

3.2 电气组成结构

检测装置模拟进口EDT机床的控制思路进行设计的，所有的控制程序采用PLC控制，对脉冲发生器，采用CAN总线进行通讯控制，所有的控制过程通过工控机上的组态软件进行控制和记录，便于维修人员进行修理和参数调整。电气控制电柜由显示屏、工控机、PLC控制器、控制按钮、光纤通讯转换器、控制键盘、三相整流电源、机架限位开关端子箱、液压控制电路、钢辊旋转变频器、钢辊平移变频器、单相交流控制电源和一些辅助低压电器元件组成。如图6所示：



3、检验装置的主要组成部分介绍

武汉宝德机电股份有限公司

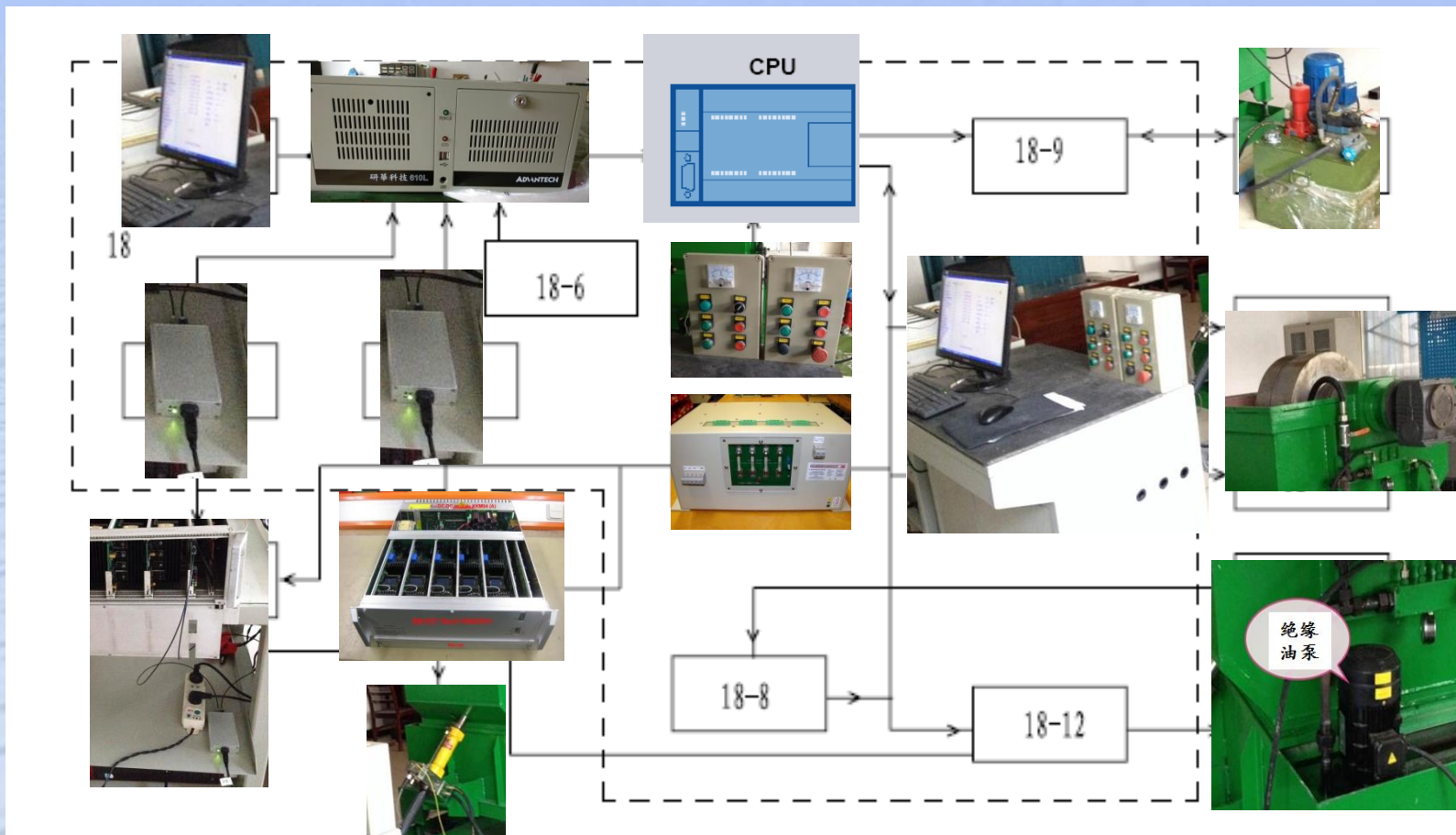


图6 EDT脉冲发生器电气控制框图



3、检验装置的主要组成部分介绍

图中：3.介电液泵； 4.机架箱； 6.钢辊旋转电机减速机组件； 12.钢辊平移电机减速机组件； 14-1.液压缸座； 14-2.缸套固定座； 18.电气控制柜； 18-1.显示屏； 18-2.工控机； 18-3.PLC控制器； 18-4.控制按钮； 18-5.光纤通讯转换器； 18-7.三相整流电源； 18-8.机架限位开关端子箱； 18-9.液压控制电路； 18-10.钢辊旋转变频器； 18-11.钢辊平移变频器； 18-12.单相交流控制电源； 19.液压站； 20-1.稳压电源板； 20-2.通讯控制板。



3、检验装置的主要组成部分介绍

显示屏、工控机和控制键盘组成上位机控制系统，通过通讯电缆线与西门子S7-200PLC和光纤通讯转换器连接，上位机控制系统主要用于操作人员选择电火花毛化加工模式和控制参数，同时监视整个设备的运行状态，由于试验设备工作环境干扰少，可选用普通的台式电脑替代工控机，工控机中安装有用“组态王”组态软件编写的人机界面控制程序，可以实现与PLC和脉冲发生器之间的通讯，通过向脉冲发生器下传毛化工作参数和控制指令，控制液压伺服机构动作和电火花毛化工作模式，并将脉冲发生器中的工作状态上传给工控机，显示在控制屏上。



3、检验装置的主要组成部分介绍

光纤通讯转换器是一个以单片机为核心的信号转换器，它的上端是用USB通讯线与上位机连接，下端是用两根光纤电缆与脉冲发生器相连接，能够根据脉冲发生器生产商提供的通讯协议，将上位机输出的指令信号转换成通讯控制板能识别的信息，对发生器的工作状态进行控制，也能将通讯控制板发出的信号转换成上位机能识别的信息，进行监控和显示。本装置最多可接4个通讯转换器，控制四台脉冲发生器工作。



3、检验装置的主要组成部分介绍

三相整流电源向脉冲发生器提供540V的直流电源；控制按钮由人工控制实验装置的各种动作，便于调试使用，机架限位开关端子箱接受机架上的传感器发出的信号，若实验装置钢辊平移机构走到了规定位置，可以换个方向移动，到了极限位置能自动停止。



3、检验装置的主要组成部分介绍

在本试验台中，我们采用西门子S7-200PLC控制器作为实验机逻辑控制主机，用于控制液压控制电路、钢辊旋转变频器、钢辊平移变频器、单相交流控制电源和一些辅助低压电器元件等。此外，我们还采用西门子440通用型变频器来控制钢辊的转速和平移速度。



3、检验装置的主要组成部分介绍

3.3 液压组成结构

检测装置模拟进口EDT机床的液压回路，如图7所示：

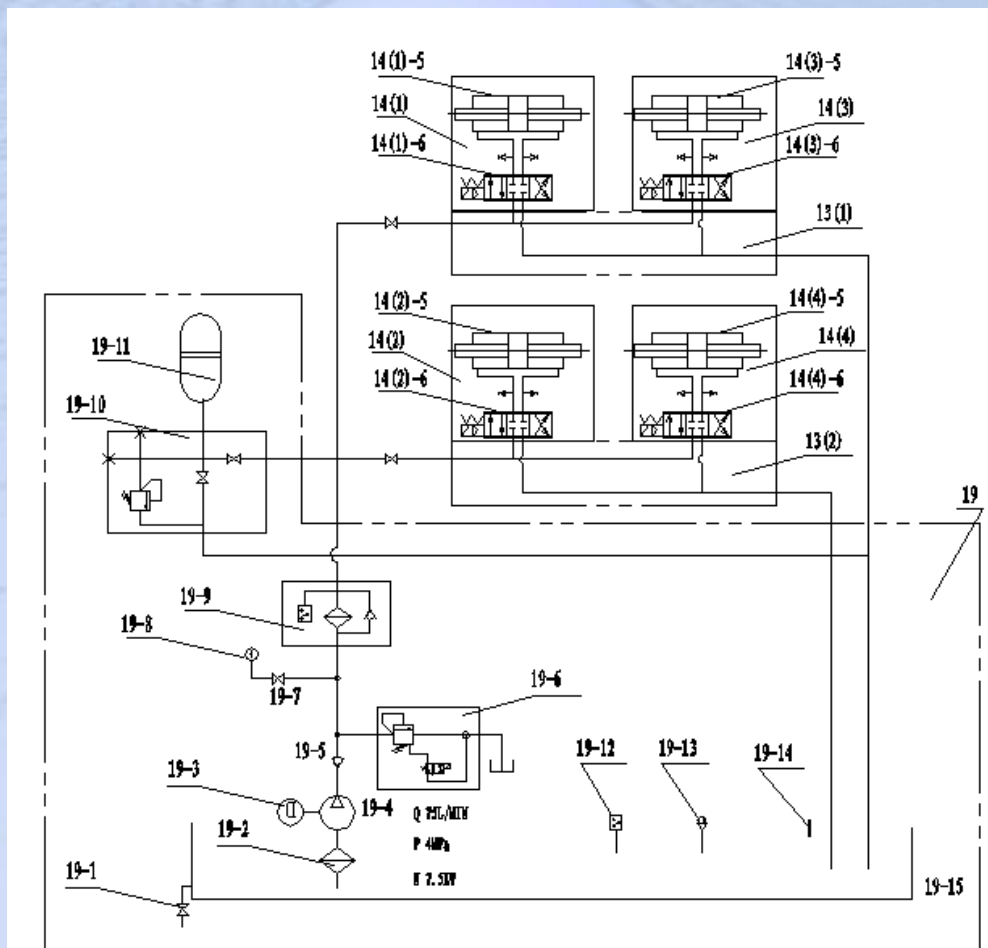


图7 检测装置的
液压原理图



3、检验装置的主要组成部分介绍

图中：液压站19由排污阀19-1、网式过滤器19-2、电机19-3、油泵19-4、单向阀19-5、电磁溢流阀19-6、压力表开关19-7、压力表19-8、高压过滤器19-9、蓄能器安全球阀19-10、蓄能器19-11、液位控制器19-12、空气滤清器19-13和液位液温计19-14等元件组成，作为一套独立装置放在实验机架旁边，通过高压油管连接到机架上的伺服油路分配器13，为伺服驱动机构14提供液压源。图中电液伺服阀14-6是一种高精度控制阀，采用 $\pm 15\text{V}$ 直流电源供电，控制信号为 $\pm 10\text{V}$ 电压，能够控制活塞杆运动方向和速度，其液压控制原理如图所示。电液伺服阀电缆接头14-10通过控制电缆与脉冲发生器20上的编号为X12的插头座连接，伺服控制板20-7根据电极22与钢辊8之间的间隙电压，控制空心活塞杆14-4的进退。



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

如上文所述，EDT机床的维修重点主要集中于脉冲发生器和液压伺服驱动机构这两部分，下面通过实例来介绍检验装置的应用情况：





4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

4.1 液压伺服驱动机构的维修

电极的前后移动主要靠液压伺服驱动机构提供动力，图8是现场检修液压伺服驱动机构的图片：



图8 毛化机电极用的
液压伺服油缸



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

有了检测装置，液压伺服驱动机构的维修则相对简单，主要包括以下几个方面：

- a、检查管路是否有堵塞处，疏通堵点；
- b、检查油缸是否有漏油点，更换漏油的油封；
- c、检查电极铜管的绝缘组件，排除短路故障；
- d、检查伺服阀控制是否动作灵活，排除机械梗阻。

修复完毕后，我们可将备件连接在本试验装置上进行模拟试验，首先看油缸能否在给定驱动电压下进行开环动作，记录在一定的压力下，对应给定电压的油缸驱动速度，若一切正常，再进行闭环试验，看在有反馈条件下，能否根据给定的间隙电压，实现电极的稳定工作。图9为脉冲发生器输出的电磁阀稳态控制波形：



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

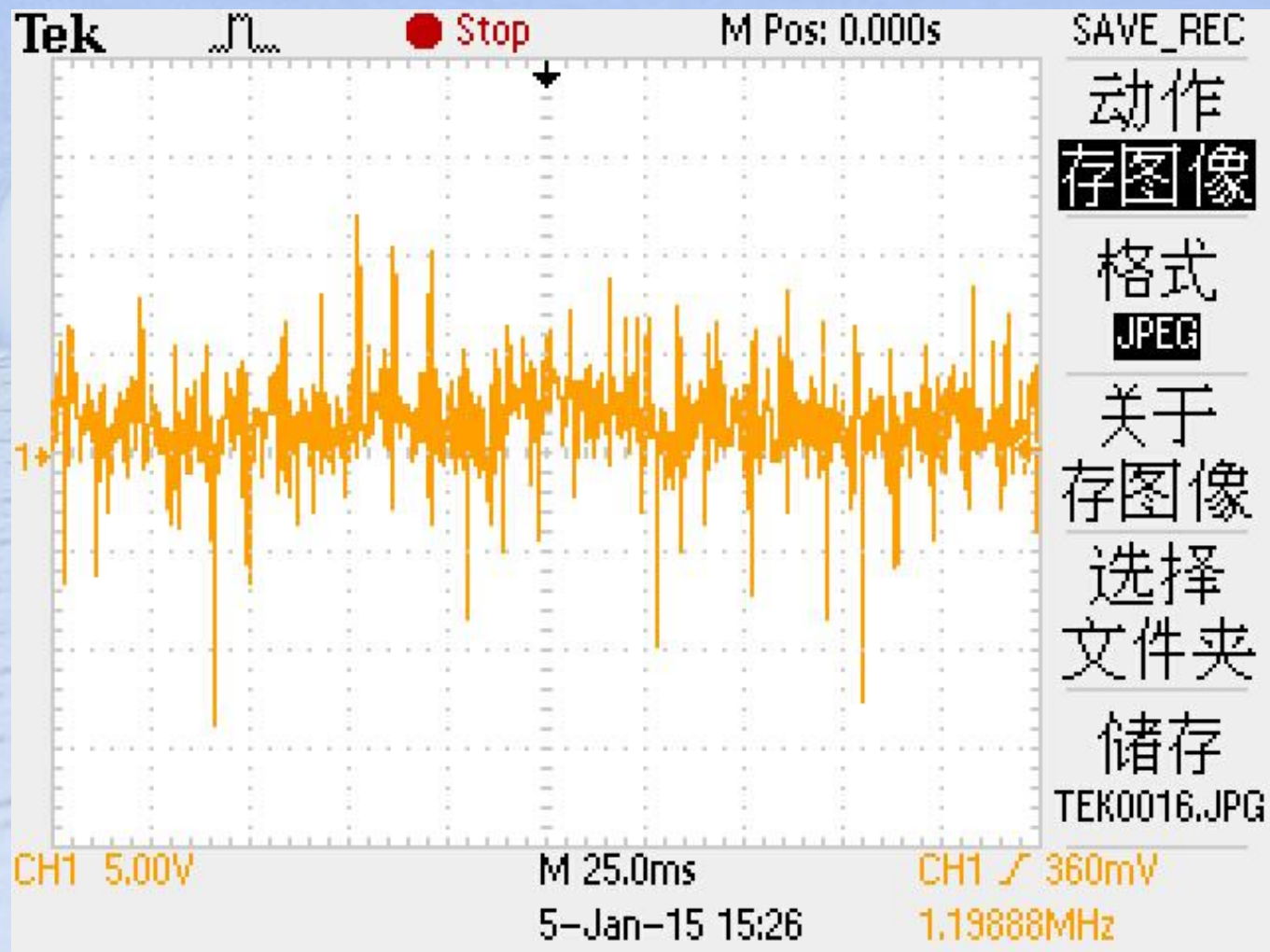


图9 脉冲发生器输出的电磁阀稳态控制波形



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

4.2 脉冲发生器的维修

控制电极头运动和电火花放电的脉冲发生器是EDT机床的核心控制部件，如前言所述，该设备的单台售价高达数十万元，多年来我们一直在尝试修复损坏的脉冲发生器，通过实践，也掌握了很多修理技巧，这些成功的修理范例详见参考文献[3][4]。下面我们主要介绍通过检验装置来检查我们修理脉冲发生器的一些方法与实际测量波形。

图9是检验装置工作时的图片：



武汉宝德机电股份有限公司

4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用



图9 检验装置工作场景图



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

图10是检验装置的主控制界面：

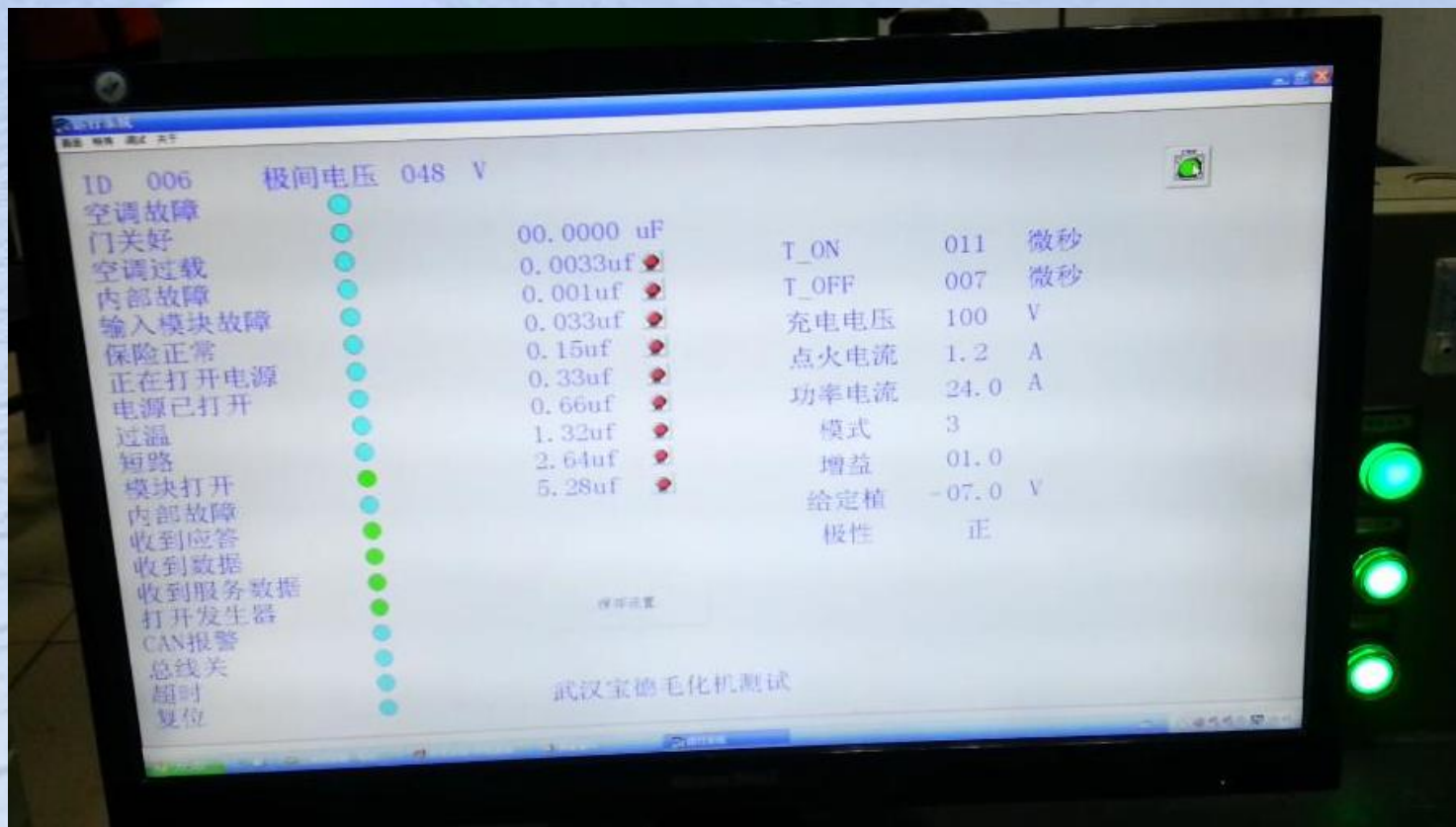


图10 EDT检验装置工作时的界面图



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

图11是进行检测的脉冲发生器：

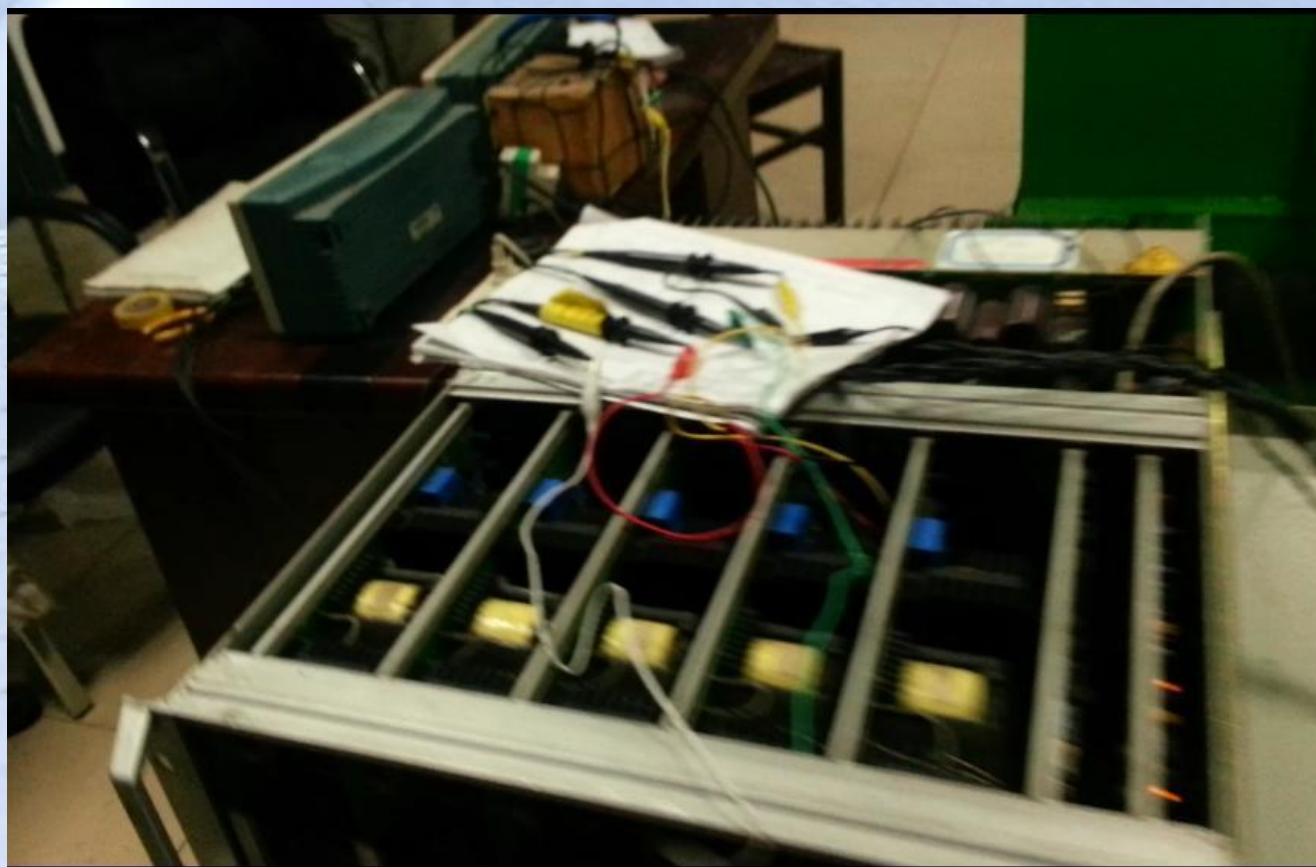


图11 正在进行检测的脉冲发生器



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

通过控制界面可以设置控制参数并启动设备：该参数界面可以设置脉冲发生器能进行的8种毛化模式组态[4]，在脉冲模式下，放电电流可以在3-24A进行组合，在电容模式下，电容充电电压可以在100V-230V之间设定，电容量可在0.02微法到5.28微法之间分九组变化，钢棍与电极之间的的间隙电压可以设置，并显示在监控屏幕上，图12是我们实验中监控不同模式下电极之间的电压变化波形图：



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用



(A)

(B)

图12 电极与钢辊之间的电压波形



4、检验装置在EDT机床备件维修中的应用

图12(A)显示的是脉冲模式时的电极与钢辊之间的电压波形，脉冲开通时间11微秒，关断时间7微秒，点火脉冲电压幅值为250V,电源脉冲幅值为100V,电流为21A；图12(B)显示的是电容模式时的电极与钢辊之间的电压波形，电容量5.28微法，电压160V，电流18A。



5、结论

综上所述，本文介绍的这套能模仿进口EDT机床毛化加工钢辊检测装置，基本实现了对修复后的进口液压伺服驱动机构和脉冲发生器进行试验和检测的目标，大大提高了备件修复上机使用率，既降低用户备件费用，也减少国家外汇消耗。同时，本试验装置也是一个用再制造技术研发替代进口EDT备件的实验平台，对于价值昂贵的进口备件可以通过再制造方法修复进行替代使用。另一方面，本套装置能模拟进口EDT机床的基本加工功能，也适用于模仿进口EDT机床进行钢辊毛化工艺试验，用来探索新的电火花毛化加工工艺。同理，本装置也能作为国产小型轧辊电火花毛化加工的专用设备，用于小型轧辊生产加工，实用性非常强。



参考文献

- [1]冯莲芹, 龚世强, 许毅峰 电火花毛化的电参数及稳定性分析 宝钢技术, 2001(S1).
- [2]李林, 熊旭, 周三保 攀钢冷轧厂EDT特种机床控制原理及其应用 冶金设备, 2002(4).
- [3] 蒋莉 左智勇 EDT脉冲发生器的应用与故障处理 电气传动, 2011.10.
- [4] Zhiyong Zuo, Li Jiang, Yiqing Zhan, Li Yang, Application of Remanufacturing Technology in Imported Roll EDT Machine, <Machinery Electronics and Control Engineering IV> Application Mechanics and Materials Vol 705(2015) PP243-246.



武汉宝德机电股份有限公司

THANK YOU

谢谢光临惠顾