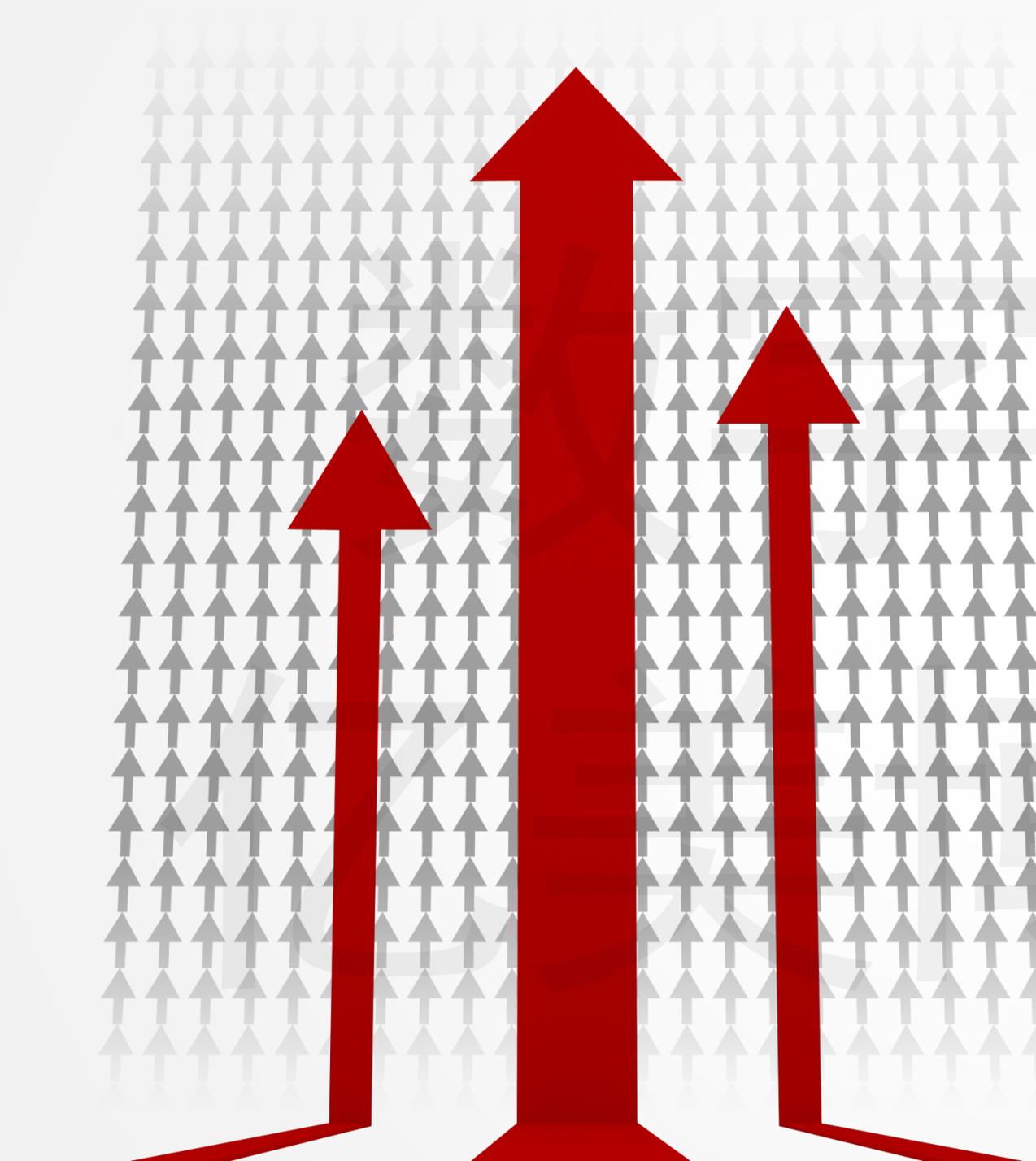




20辊取向硅钢轧机AGC设计 及数字液压系统应用实践

数字液压@亿美博科技



目录

20辊轧机简述

20辊轧机数字液压系统

数字液压应用案例

01

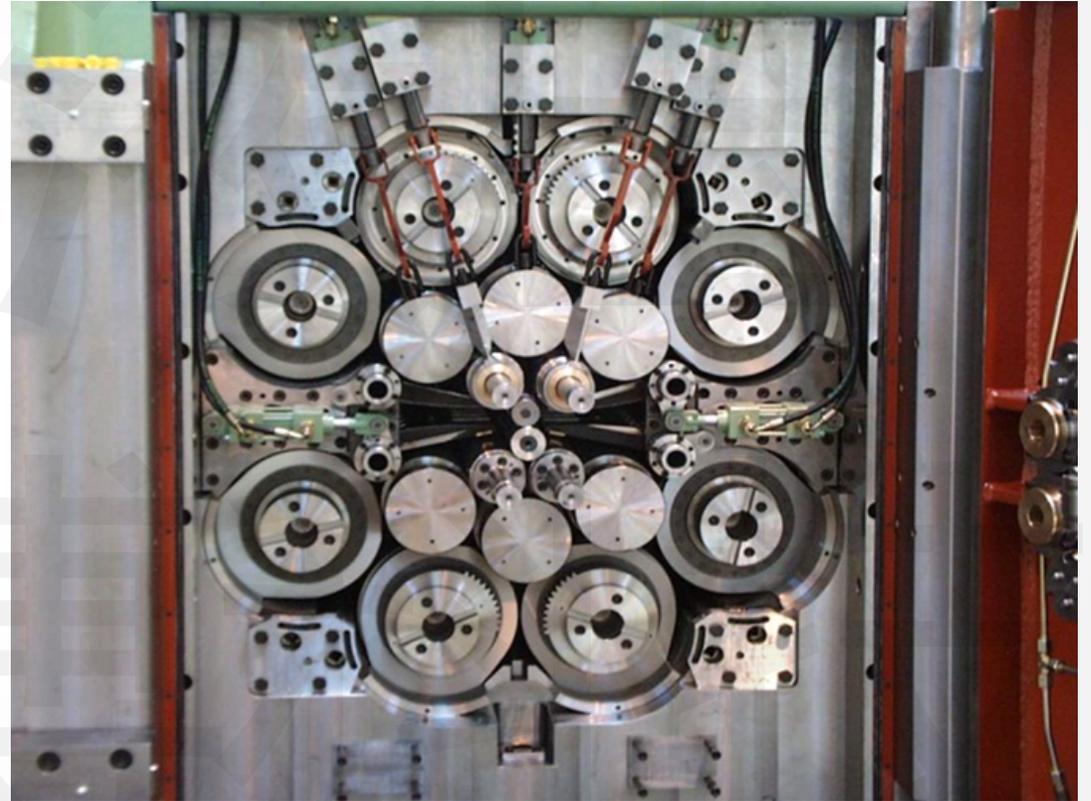
20辊轧机简述

轧钢设备是冶金领域中的关键设备，而轧钢机的厚度自动控制（即AGC）是非常重要的成材手段，称之为轧钢领域的皇冠级技术，其中中板机、薄板轧机和多辊轧机（如20辊）等精密带钢厚度控制最具代表性。

20辊轧机的辊系配置

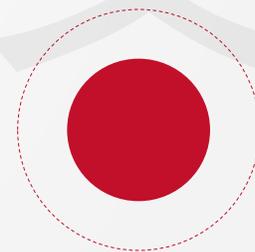
20辊轧机辊系由2个工作辊、4个第一中间辊、6个第二中间辊及8个支承辊组成。其压下机构和调整机构均采用液压缸或液压马达，通过齿轮、齿条带动与偏心轮连接的齿轮来实现参数的调整。

20辊轧机是最适合冷轧不锈钢硅钢和高强度金属及合金薄带和极薄带的轧机，它几乎承担着全世界96%的不锈钢生产。



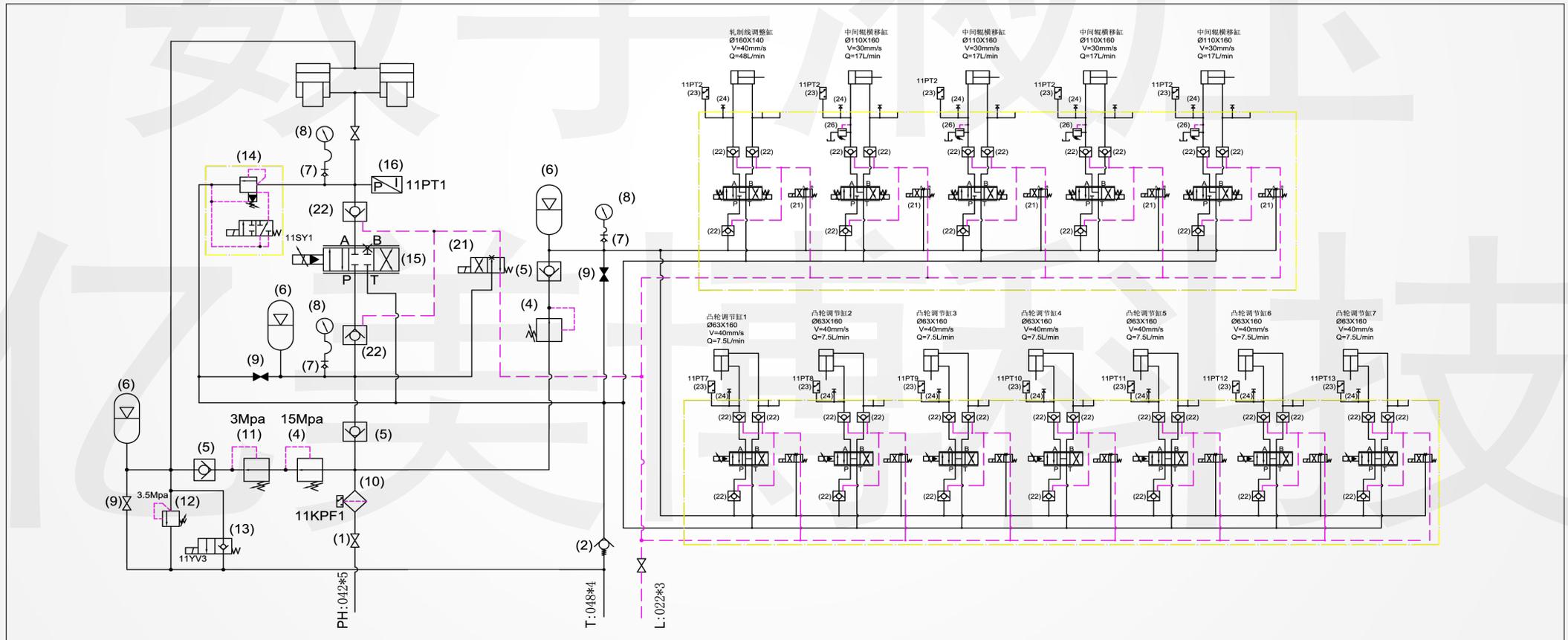
20辊轧机的主要结构特点

- ◆ 二十辊轧机的塔形辊系使轧制压力呈扇形传递给外层支撑辊，塔层辊子层数越多，外层的支撑辊数量越多，支撑辊承受的轧制压力就会越小，轧辊的挠曲变形量就越小。而且塔形辊系结构能够很好的保证小直径工作辊在垂直平面和水平面内具有较大的刚度和稳定性，从而保证轧制的稳定性，减小轧辊挠曲变形量。特别是在轧制不锈钢，硅钢和高强度金属及合金薄带时此特点更为重要。
- ◆ 整体铸钢件的机架，其刚性大，并且轧制力呈放射状作用在机架的各个断面上。
- ◆ 工作辊径小，道次压下率大。通过较少的轧制道次，有些材料不需中间退火，就可以轧成很薄的带材。
- ◆ 具有轴向，径向辊型调整，辊径尺寸补偿及轧制线调整机构，并采用了液压压下及液压AGC调整机构，因此产品板形好，尺寸精度高。
- ◆ 设备重量轻，轧机外形尺寸小，所需基建投资少。



20辊轧机的传统伺服液压系统图

我国从上世纪70年代开始引进轧机AGC系统，目前，国内外轧机AGC均采用传统大推力伺服液压系统，其设备主要由一套控制装置和一套液压系统（包括泵站、控制阀台等）、液压伺服油缸为主的执行机构组成。



传统伺服液压系统缺陷

- ◆ 系统设计及构成复杂，难度系数高
- ◆ 传递环节多，需要A/D和D/A转换
- ◆ 模拟信号抗干扰能力差
- ◆ 设备价钱昂贵（早期上钢三厂引进中板AGC投资近五百万美元）
- ◆ 调试困难，维护难度高
- ◆ 对油的清洁度要求极高，抗污染能力弱
- ◆ 温飘零飘的影响

随着科学的进步和技术的发展，我国急需一种性能价格比更加优越的全数字液压的轧机厚度控制（AGC）新技术。



02

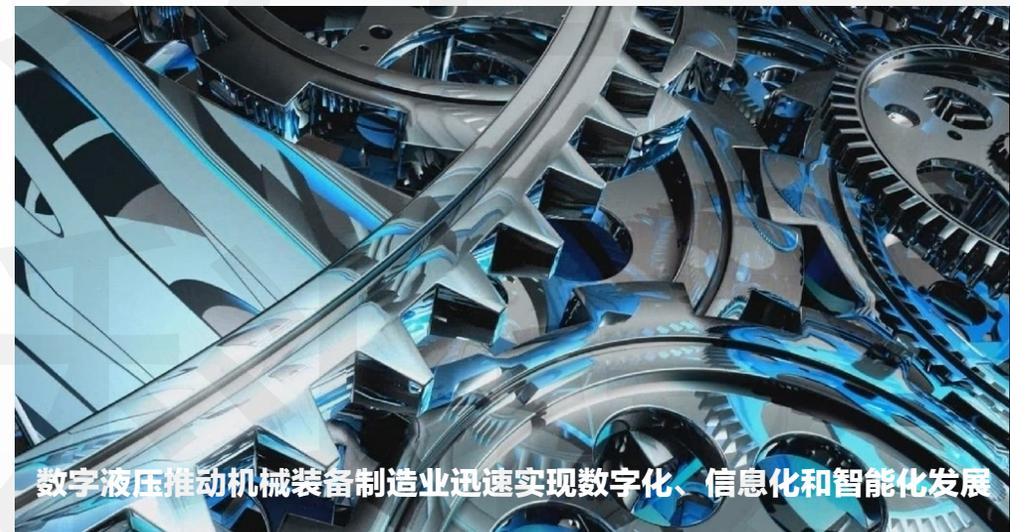
20辊轧机数字液压系统

我国液压落后于世界，众多工业领域的高端核心液压元件仍几乎被国外垄断，这一尴尬局面，让世界第一制造大国苦不堪言。数字液压是装备制造业实现“中国制造2025”和工业4.0目标的基础共性技术，也是中国液压弯道超车的一次机会。

数字液压vs伺服液压

以往由于伺服液压技术的门槛高、元件自身的不确定性、构成系统受外在因素多产生的更多不确定性，导致系统设计、安装调试、使用维护的成本大幅增加。说通俗点就是：液压元件限制了工业自动化的发展。

数字液压改观了液压元件和系统不确定性，让设计成套者不再耗费资源在液压自身而是集中精力在工艺和设备能力上。



数字液压推动机械装备制造业迅速实现数字化、信息化和智能化发展

数字液压传动与智能化控制先锋

亿美博科技致力于以数字液压为核心，发挥公司技术团队在自动化、信息化和智能化控制领域的优势（模糊控制、神经网络、经典控制、大数据、模式识别、智能预测等）能力，努力为各类机械和系统设备提供安全、精准、高效以及高性价比的数字传动与智能化控制技术。公司融合众多行业的应用经验，研发创新的产品为：冶金、军工、机械、能源、工程机械、机器人等，每一个细分市场的客户量身定制系统解决方案及服务。获得了“国家重点新产品”证书，并承担了“国家科技攻关计划”、“国家火炬计划”、“国防重点工程”、“863攻关”、“985”等项目。亿美博科技同时为客户提供各种液压、电气传动与控制集成技术。

亿美博科技 —— 数字液压传动与智能化控制先锋



智能控制

iControl

20辊取向硅钢薄带数字液压AGC系统

亿美博数字液压20辊冷轧薄板厚度自动控制(AGC)系统，是亿美博集多年冶金、国防、机械、能源、机器人等领域自动化解决方案经验，通过优化、总结和提高，提出的一种自系统构成、到软件控制算法全新的解决方案。通过实际调试、使用，验证了系统的先进、可靠性。

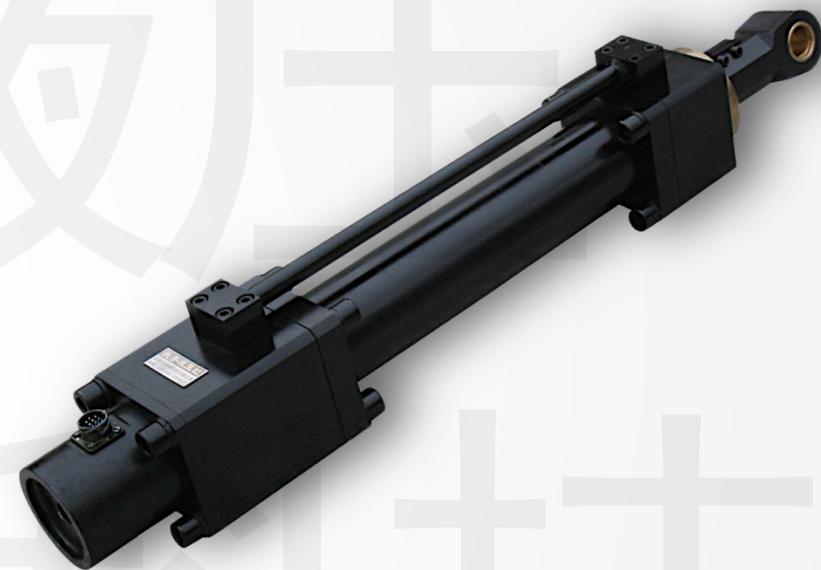
该系统采用高精度高频响数字液压缸作为其核心传动控制部件，不仅精度高、响应速度远高于现有采用伺服阀控系统，体现出极高的液压刚度，有力的保证了板带厚度精度指标。控制算法上不仅通过多模型复合前馈提高算法稳定性，还通过Fuzzy Logic使控制适应能力更强，鲁棒性更好。



数字液压如何实现轧机的厚度AGC系统

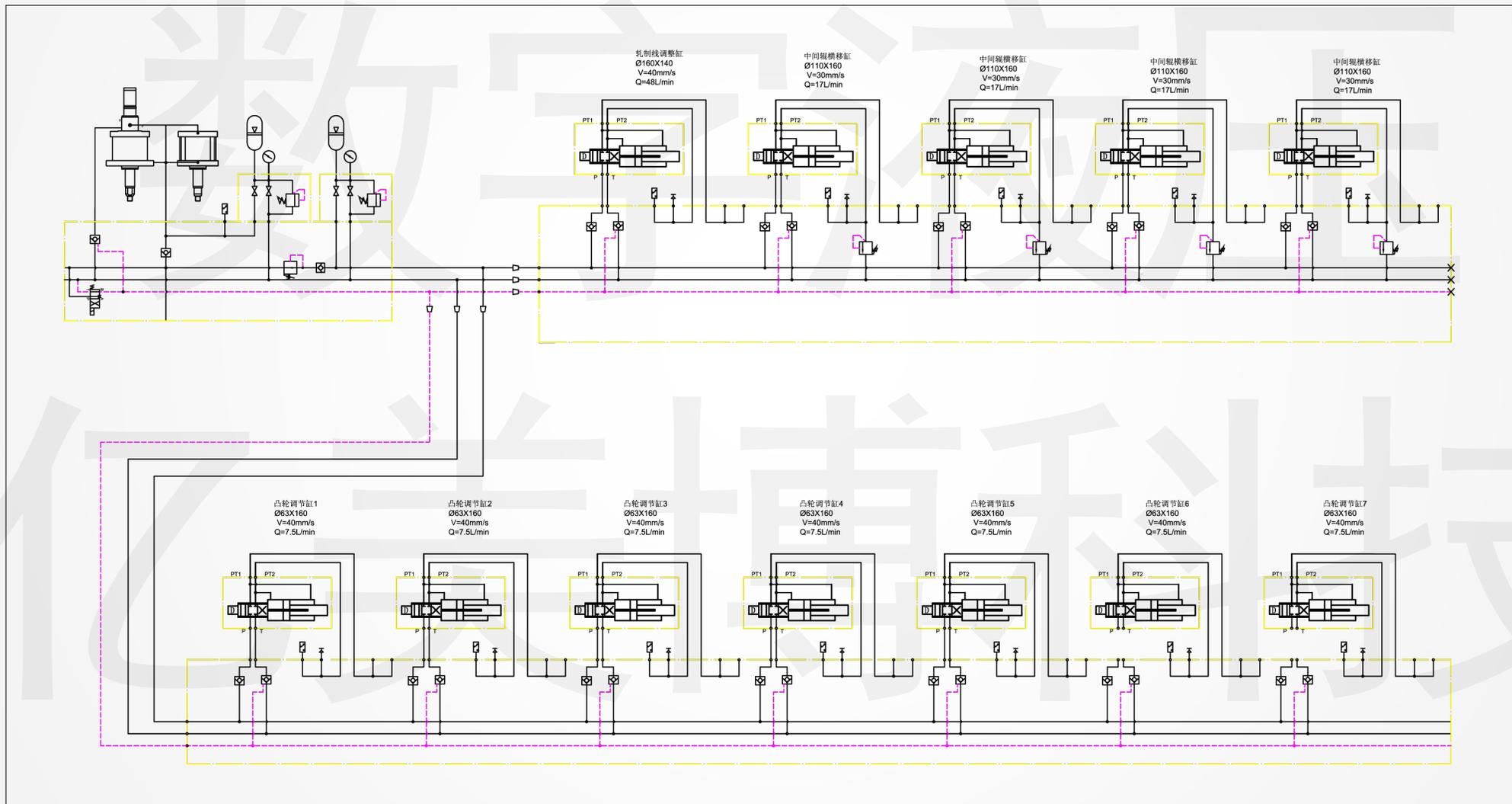
任何优秀的自动控制系统并不首先取决于算法的精度，无论采用PID、模糊算法或是各种先进的现代控制等，执行器件的精确执行才是自动化系统成败的基础、也是关键！数字液压技术就是决定众多自动控制系统超越现有技术，实现跨越发展的关键。

所谓数字液压即：液压执行器件（缸、马达）的运动特性与电脉冲一一对应，电脉冲的频率对应油缸的运动速度（油马达角速度），电脉冲的数量对应油缸的运动行程（油马达角度），执行器件的精度几乎不受负载、油压甚至是泄漏等的影响而发生变化，这样的液压技术，我们称之为数字液压，与很多所谓的数字化液压有本质的区别。



数字缸外形

20辊轧机AGC数字液压系统图



数字液压如何实现轧机的厚度AGC系统

轧机辊缝如果在任何情况下均可保持固定，则不存在AGC的必要。换句话说讲，轧机AGC的作用是调节：1、传动控制液压系统发生的位置变化；2、机架、轧辊等变型引起的轧制辊缝发生的变化等。

伺服液压AGC：传统伺服液压缸作为AGC调节传动主器件，当其载荷发生变化时，由于伺服阀构成的闭环系统不能提供足够的刚度以抑制载荷变化而导致的油缸位置发生变化，因而辊缝发生变化，需要通过传感器反馈、自动控制算法计算并产生新的调节输出、力矩马达将调节电信号转换为伺服阀先导控制机械量、通过流体放大后推动主阀芯控制液压缸产生新的位置增量，有可能一次调节量并不能满足误差的修正，因此上述过程需要循环直至辊缝误差消失。

注意，以上控制是建立在液压缸内装精密位置传感器前提下，如果仅依靠板厚传感器检测，则上述控制方法需要加入自轧辊到厚度仪之间的滞后时间，因而降低控制系统的实时性，响应了调节响应速度和精度。

为了减小由于辊缝传感器后置带来的滞后检测影响，通常还要根据不同系统（金属材质、轧制力、机架刚度等）的数学模型，建立控制前馈，增加控制系统刚度，提升AGC的综合控制精度。



冷轧AGC

iControl

数字液压如何实现轧机的厚度AGC系统

轧机辊缝如果在任何情况下均可保持固定，则不存在AGC的必要。换句话说，轧机AGC的作用是调节：1、传动控制液压系统发生的位置变化；2、机架、轧辊等变形引起的轧制辊缝发生的变化等。

数字液压AGC：数字液压与传统伺服液压缸表现的控制特性完全不同。数字液压缸作为AGC调节传动主器件，当其载荷发生变化迫使油缸位置发生变化时，由于数字缸内部具有独特的快速和精准的位置反馈及调节能力，因而其构成的控制系统，能够以最短的时间和最快的速度，提供足够的刚度，以抑制载荷变化而导致的油缸位置发生变化，体现出辊缝的变化量远远小于伺服阀控制系统，绝大多数情况下，数字液压控制系统无需控制由于载荷变化导致的误差。

数字液压缸虽大大抑制了位置误差，但由于辊系和机架也会发生变形而影响最终的轧制辊缝，因此控制系统只需要通过低频响板厚传感器检测的厚度误差，通过自动调节算法驱动数字缸，修正低频响误差完成最终的板厚控制即可。

对比伺服液压与数字液压实现的冷轧AGC系统，我们可以看到由于液压系统的刚度不同，而导致最终控制响应和精度存在很大的不同。数字液压几乎无需对液压自身进行调节和修正，仅需要对辊系和机架变形而进行低频率的调节。



数字液压如何实现轧机的厚度AGC系统

对比伺服液压与数字液压实现的冷轧AGC系统，我们可以看到由于液压系统的刚度不同，而导致最终控制响应和精度存在很大的不同。数字液压几乎无需对液压自身进行调节和修正，仅需要对辊系和机架变形而进行低频率的调节。

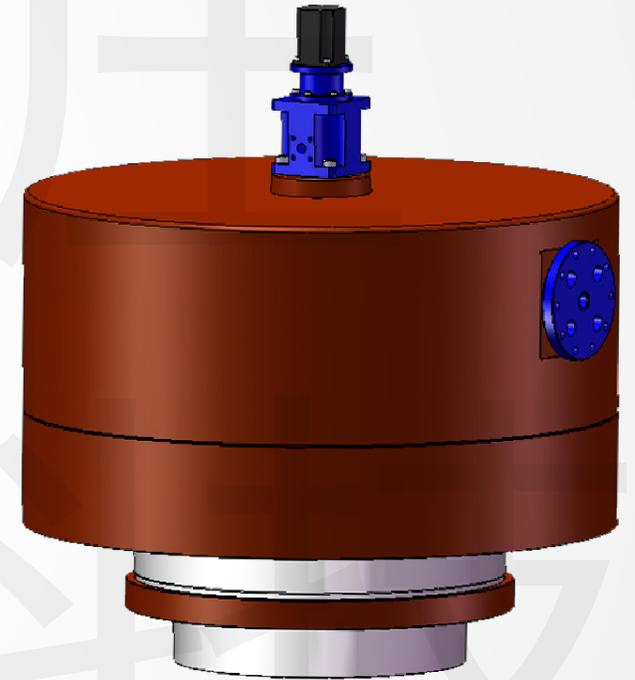
伺服液压构成的系统对控制环节要求高，无论是控制算法的复杂程度，亦或是传感器、伺服阀等的频响和精度等，都要求极高。因而整体系统综合成本高。

数字液压构成的系统对控制环节要求低，软件算法简单，对传感器、液压系统等频响要求很低，但系统体现的控制精度高、综合成本大幅度降低。



数字液压如何实现轧机的厚度AGC系统

数字液压缸直接推动压下机构，实现精确的带钢厚度控制，因为数字液压缸的微动性能很好，它是直接接收计算机发出的数字脉冲信号，一个脉冲对应油缸一个固定行程，如0.01或0.001mm，计算机只需根据带厚检测仪检出的厚度与标准的板带厚度进行比较，当板带出现误差时计算机发出需要纠正的板带厚度即可，如需要纠正0.003mm误差，发出3个脉冲即可（一个脉冲对应油缸移动0.001mm），从而将复杂的多闭环控制变成了简单的大闭环控制。



2000吨数字缸外形

20辊轧机厚度AGC数字液压系统的优势

数字液压主压下缸精度高响应速度快、微动分辨率高线性度好，控制灵敏

测厚传感器放射剂量大幅度降低更有利于工人安全生产

系统操作容易维护简单工作量大幅减少

1

取向硅钢
0.6 → 0.257毫米±5微米

2

液压系统刚度极高有力的保证了产品精度降低了废品率

3

4

抗污染能力强电磁兼容性好温度适应范围宽

5

6

03

数字液压应用案例

给我一次机会，还你一座丰碑！

这是亿美博科技有限公司庄严的承诺。最近，亿美博科技在攻克包头某民营企业20辊冷轧取向硅钢薄带厚度自动控制精密轧制中，又一次兑现了这一承诺。

20辊取向硅钢轧机AGC数字液压的应用实践

理论与实践验证：包头某民营企业自制20辊薄带（成品带材： $0.257\text{mm} \pm 5\ \mu\text{m}$ ）冷轧机组，用于轧制取向硅钢片。向我公司购买一套数字液压板厚自动控制系统，包括精密数字液压缸及PLC自动控制系统，自己配置低频响（500毫秒读数响应）厚度仪。

数字液压缸安装完毕当天投入手动控制（通过按钮调节微米级升降）试运行，首卷硅钢带材轧制精度即达到设计精度要求，液压系统压力仅8MPa，轧制速度300米/分钟，轧制厚度分两道次从0.6毫米轧到0.257毫米，通过手动按钮调节数字缸，实现了板厚误差精度在 ± 5 微米以内。

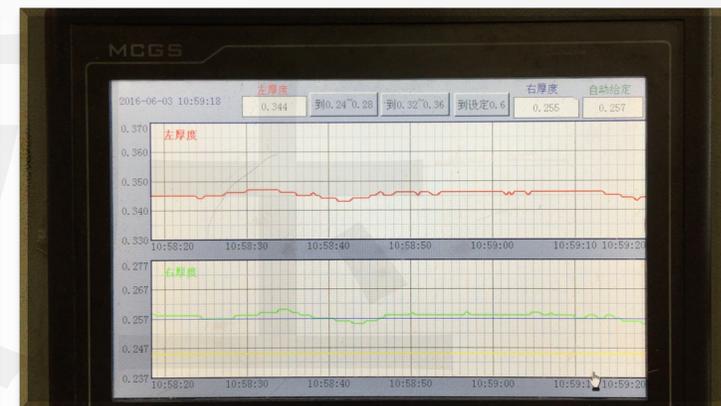
第二天自动控制系统人员到达现场，将低频响厚度仪用于显示的BCD码转换为厚度值送入PLC自动控制系统，控制系统未接入张力信号、未接入轧制速度信号、未接入轧前厚度信号、未建立复杂板材及机架模型前提下，投入全自动控制，精度实现 ± 5 微米设计要求。

继续完善：为进一步提升轧制速度，需要将张力、轧速、厚度前馈接入自动控制系统，用以提升控制系统对带材厚度及机架变形的响应速度和精度；液压系统压力提升至16MPa，以利于进一步提升数字液压缸刚度，满足更高的轧制速度和精度要求。

20辊取向硅钢轧机AGC数字液压的应用现场



20辊取向硅钢轧机AGC数字液压的应用现场



数字液压@亿美博科技

亿美博数字液压冷轧板厚自动控制(AGC)系统是轧钢领域一次巨大的技术创新，它为我国轧钢技术创新发展、赶超国外先进技术带来新的机遇。

给我一次机会 还你一座丰碑



数字液压@亿美博科技

04

大数据&智能化升级

中国工程院周济院长调研数字液压时说：“数字液压可以推动我国装备制造业迅速实现数字化一代，而数字化的目的是为信息化和智能化奠定基础。‘中国制造2025’就是要实现制造业智能化发展”。

“工业大数据” 让设备与工艺不断优化

装备的数字化最大意义在于其可以精确的按控制系统需求实现准确的特性控制。有了这个能力，装备的运行维护、工艺的创新与优化等就有了基础保障。

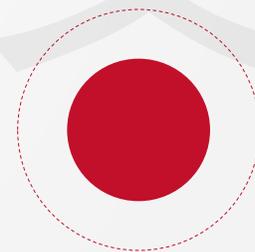
亿美博科技通过中国科技自动化联盟WG10与美国辛辛那提IMS（智能维护系统）合作，利用国际领先的“工业大数据”科技（成功案例：GE 航空 GE Aviation、波音 Boeing、霍尼韦尔 Honeywell、伊顿 Eaton、Parker Hannifin、丰田 Toyota、宝洁 P&G、日产 Nissan、欧姆龙 Omron、德国西门子 Siemens、思科 CISCO、AMD、英特尔 Intel、固特异 Goodyear、通用汽车公司 GM、美国国家仪器 National Instruments、卡特彼勒公司 Caterpillar等），在设备使用维护、取向硅钢轧制工艺创新和优化、设备升级等方面探索国际领先的新途径。



基于大数据的智能优化及创新

- ◆ 轧辊及关键部件寿命预测维护
- ◆ 退火工艺及来料成分对成品工艺的优化
- ◆ 压下率、辊形、张力等对工艺的影响
- ◆ 张力、边浪、辊形、边裂等相关性
- ◆ 基于大数据的多段厚度仪板形智能控制
- ◆ 低剂量厚度仪结合智能化控制的应用
- ◆

装备的数字化为信息化和智能化发展奠定了坚实的基础，让中国钢铁行业创新成为供给侧改革的新常态。





北京亿美博科技有限公司 天津亿美博数字装备科技有限公司

北京，中国，100102，朝阳区望京SOHO塔1-C座306

T: +86-10-6473 8812 F: +86-10-6473 8832

售后服务热线: +86-10-6333 1966

www.hydraulic.com.cn