

# 柔性加工系统(FMS)及其实验室模拟

孙 燕 唐

(机 械 系)

柔性加工系统(Flexible manufacturing System 简称 FMS)是随着电子计算机技术(尤其是微型计算机技术)和机械加工工艺的发展而逐渐形成的一种新技术。它是目前计算机辅助制造(CAM)领域里比较活跃的一种加工系统。由于国际市场的激烈竞争,产品更新的速度不断加快,单一产品的专用加工线、生产流水线已经无法适应市场变化的要求。柔性加工系统正是为满足灵活多变、小批量多品种或中等批量经常变换品种的一种新型加工系统。一些发达的工业国家纷纷研究建立这种加工系统。据1982年不完整的统计:世界上共有柔性加工系统203套。其中日本70套,美国44套,西德35套,英国10套,东德9套,苏联8套……。柔性加工系统的发展为实现无人工厂(或全自动工厂)创造了条件。它与计算机辅助设计(CAD)的进一步合作将大大加快机械加工自动化的步伐。

## 一、FMS的内容及其软件策略

柔性加工系统一般包括三个主要的内容:

### 1. 加工机械或加工中心

包括可编程的数控机械(NC),微机控制数字机械(CNC)。一般它们有自动换刀或有一个一定规模的刀具库,可以完成多种不同要求的加工功能,一些大型的FMS是许多加工中心的组合。具有大型的后备工具库通过专用的工具传递线,自动地更换每台加工中心上的刀具和工作台(夹具)。

### 2. 物件(料)的自动搬运系统

视生产工件的不同需要配置不同的自动搬运机。一般这些机械也是由微机控制的,包括带状传送带,堆包机,短程运输车(有轨道的,无轨道的,也可以是遥控的),机械手或机器人(或称仿人机)等。与搬运系统联系的是自动化仓库系统。

### 3. 负责监控的计算机系统

一般是一个二级或三级计算机系统。第二级的计算机具有数据库系统,并能够与第一级微机进行通讯。它是监控计算机(一般是小型机)。第三级是大型计算机,它的任务是管理整个工厂或整个生产过程。包括事务和财务管理(见附图1)

这里着重分析一下三级计算机控制系统的任务及其软件控制策略。

第一级控制机是直接与多功能的加工机械,自动搬运系统或机械手,机器人在一起的过

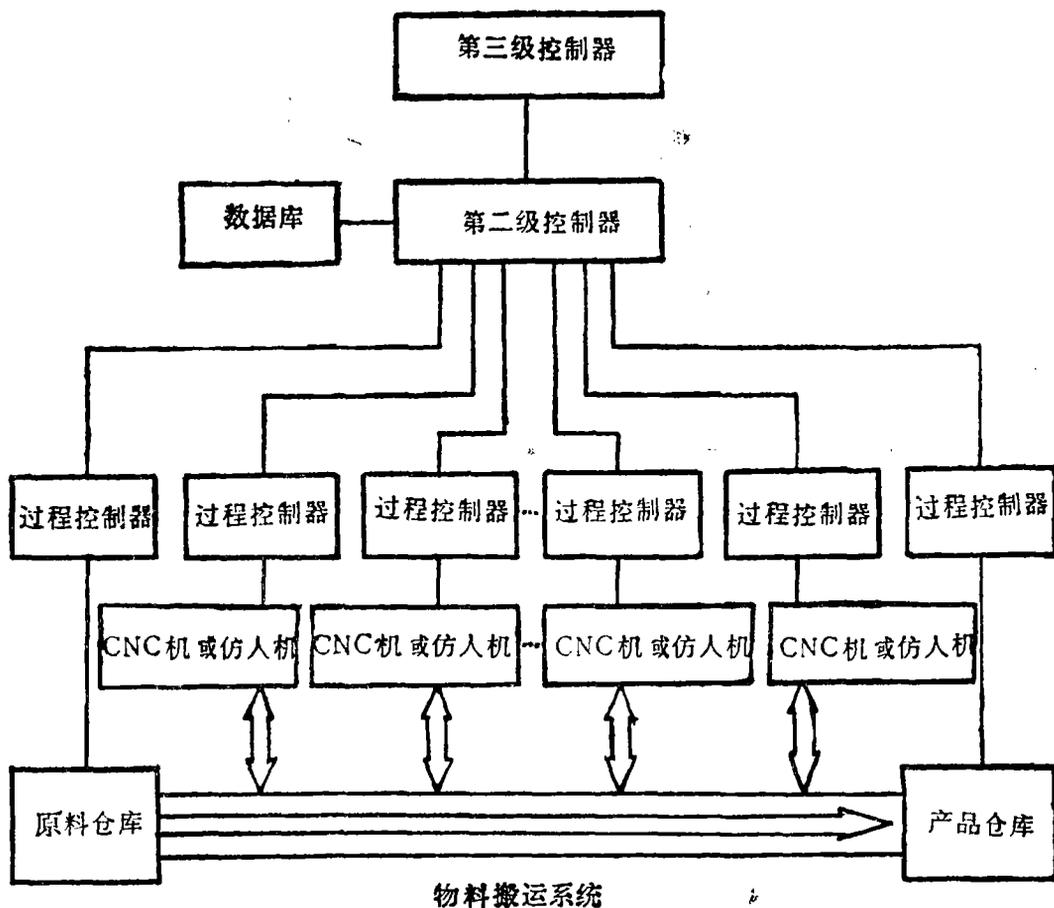


图 1

程控制器(Process control computer)。如美国的Allen—Bradley 7000系列过程控制器, 以及一些工业用的微型计算机系统。它们各有自己的控制程序: 可以是常驻在控制器的EPROM中, 也可以放在第二级计算机的程序库里, 由第二级计算机在设定时间内分配给各控制器。这种控制程序包含如下一些功能:

1) 获得与各别过程有关的信息 包括刀具的位置, 工件质量, 加工机械工作情况(是否有故障, 如刀具断裂等), 与搬运机有关的原料(工件)的移动以及标志讯号等。

2) 对各别的过程进行控制 第一级控制器从第二级计算机得到预先设计好的加工数据(如工件的尺寸, 形状等), 搬运机移动的路线, 轨迹, 机械手, 机器人的动作等。这些数据对同一个过程控制器是可以变化的(视加工原料的不同以及加工要求而改变)。数据预先存放在第二级计算机的数据库里。控制器按第二级计算机的命令执行控制程序, 完成每台加工机械和搬运机的全部加工、搬运任务。

3) 与第二级监控计算机通讯 可以发出中断讯号, 中断控制程序的进行。提出申请改变任务的优先级(如机械损坏、电源断电等情况要按最高优先级处理)。

值得注意的是机械手、机器人, 它们是柔性加工系统里的要重组成部份, 可以给系统增加更多的柔性。现代的机器人也都是用微机控制的。在柔性加工系统中的机器人一般用作工

件装卸, 刀具装卸, 焊接, 去毛刺, 喷漆等。一些第二代的智能机器人则使其机能更加高级化, 可作为装配机器人, 测量机器人和加工机器人等。

第二级控制器一般是个小型计算机。它是FMS的主要监控机(Supervisory Computer)。控制程序在一定的操作系统下运行, 为FMS作策略上的决定。为了适应不同品种的加工, 必须建立一个数据库。存贮与各种加工有关的大量数据, 加工时根据需要给每个第一级控制器提供控制程序和数据。第二级控制器担负的工作为下面三个方面:

1) 系统控制 控制工件(材料)的进入与离开FMS。控制工件(材料)在FMS中的流动。

2) 数据库管理 包括存贮 FMS 需要的所有数据; 存贮第一级控制器所需要的所有控制程序; 存贮加工工件的加工顺序; 对每种加工过程建立一个工件/工作台的特征矩阵, 操作/机械的特征矩阵以及机械/刀具的特征矩阵; 提供系统故障后的恢复能力; 提供数据库的维修能力。

运用数据库管理系统(DBMS)可以使数据库的生成以及信息和数据的管理更加简单有效。

3) 信息通讯 包括与第一级控制器交换各种信息, 与第三级控制器通讯以及提供给系统管理员各种报表。为了管理各种加工机械和加工工件, 必须建立机械和工件的标志, 如机械的型号、位置、状态(包括忙和空, 工件传递的情况等)。第一级控制器程序的特征, 该机械能加工的工件标志, 能使用的工作台, 刀具标志等。工件的标志包括型号、位置、需要什么工作台加工, 目前进行的操作, 下一步要进行的操作, 操作开始的时间以及预定操作周期等。这些数据都由第一级控制器定时与第二级控制器通讯。

第二级控制器的操作系统可以是一个多任务的实时操作系统, 这是一种功能很强的管理系统。如Data General的RTOS, 在操作系统管理下, 控制程序可以用高级语言也可以用汇编语言来编写。

第三级控制器是一个中型或大型计算机。它除了控制FMS外还担负着管理整个生产过程的任务。它保存着与FMS有关的完整的数据库。可以改变第二级控制器的软件。

## 二、FMS的实验室模拟

在“多样化时代”的八十年代, FMS已进入实用普及阶段。由于FMS涉及面相当广, 完成FMS的设计和制造需要机械、电子、计算机、软件设计各方面的知识和技术。即使已经完工的FMS, 在使用它作各种不同品种的加工时, 也需要经过反复的调整, 更重要的是编制软件。所以在FMS的研究和使用过程中, 很需要进行系统的实验室模拟。通过实验室模拟可以得到制造FMS必要的数据和在实验室的模拟系统上进行软件的调试。下面介绍的是作者在美国Texas A & M University自动控制实验室进修期间参加工作的一个FMS实验室模拟系统。它由以下几个部份组成(见附图2):

### 1. 二个由微型机控制的模拟铣床

铣床床身是用面包板机械构件(Mechanical Breadboard Kits)构成。这是一种相当于国内结构型玩具或结构型积木的高级玩具。它有上百种机械零件, 包括机械框架、大小齿轮、轴、传动部件、链条、皮带、轴承和小电机等。有用塑料制的也有金属制的。德国的Fishertechnik公司, 美国的Automat, Proto, Fac及Maccano公司都出品这种高级玩具。

这两台铣床都是四轴的CNC铣床。四个轴的传动是用小型的步进电机。铣刀安装在—

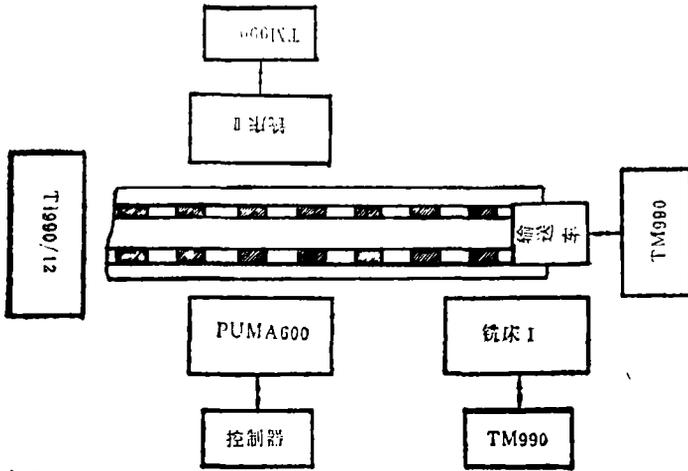


图 2

个类似于牙科用钻的软连接钻头上。其转速可达25000转/分。是美国 Sears 公司生产的。这个铣床可以在微机控制下加工塑料块，铣出各种不同的图形。

**2. 一台有轨的物料(工件)运输车**

它也是用面包板机械构件构成。有四个轴，它们也分别由四个小型步进电机传动。(见附图 3)轨道是沿H方向，V方向是物料(工件)上下移动方向，x方向和R方向分别是物料(工件)的平移以及物料台的旋转方向。整个小车由一台微机控制。

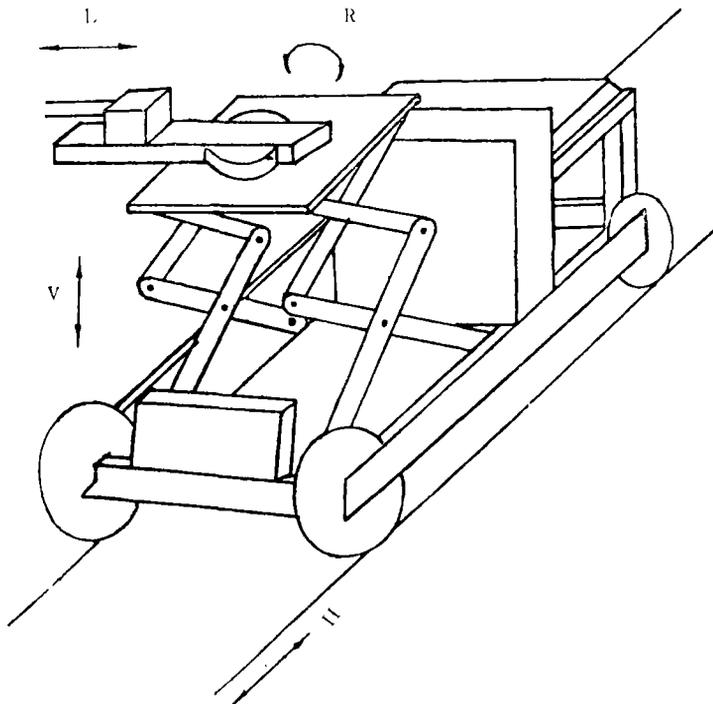


图 3

### 3. 第一级控制器

采用TI(Texas Instruments Inc.)出品的工业控制型微机TM990系统。这是一种16位的灵活微机系统,采用插板式结构(Camac)。一个机框上有多至16条槽,每条槽可以插入一块任意的TM990型的单板,使系统的功能可以根据需要来扩充。最简单的TM990系统是TM990/100M单板机(包括TM9900CPU, 2K EPROM, 2K RAM, 以及串并行I/O。)可以扩充的单板还有

TM990/201 内存扩充板,每块有16K RAM和32K EPROM。

TM990/303 为磁盘控制板,可以控制二个20.32cm(8吋)软盘驱动器。

TM990/305 为外部设备接口板,有16个并行输入线及16个并行I/O。

TM990/307 为通讯接口板,可有四个串行RS232接口,一个并行接口。可以与自动电话系统联接。

TM990/302 为软件开发板,有两个盒式录音机接口,还有一个EPROM烧入器。

TM990/301 为袖珍式终端,是类似计算器大小的终端,作工业控制用非常方便。

TM990/314 为IEEE—488接口板。

TM990/1240 为ADC接口板,这是12位A/D转换器。

TM990/306 为英语声音接口板,包含字母,数字以及140个英语单词的声音系统。

### 4. 计算机——机械接口装置

TM990 系统有专供工业控制用的TM990/5MT I/O装置。这是16个输入或输出用的光电耦合晶体开关,它与TM990/100M板上的I/O接口相连,可输入或输出开关量。用TM990/5MT接上步进电机控制电路可以控制CNC铣床。在铣床上装上一些定位的传感器(Hall磁性传感器)可以把铣刀的位置反馈给CPU,以控制铣刀的启停和运动。TM990/5MT也可以通过一些换向控制电路控制有轨输送车的运动。同样用一些Hall传感器将输送车以及它的物料台的位置反馈给微机,达到控制输送物料的目的。

### 5. 运料机械手

是美国Unimation Inc 出品的PUMA600型五轴通用机械手。它的最大负荷量是2.25kg(6磅)最高运动速度是1米/秒(在最大负荷情况下)。见附图4。在它的前端装上一个气控的手指结构,可以在铣床之间或铣床与输送车之间搬运物料。它的控制器是一台微机。

### 6. 第二级控制器

是一台TI990/12小型计算机。它的字长是16位,内存1M,小型机是用低耗高速肖特基TTL电路组成。外部设备有两台80M硬盘,两个1M20.32cm(8吋)软盘驱动器和一台磁带系统。15个终端可以在多用户实时操作系统Dx10管理下同时使用。由于它的指令系统与TM990微机系统兼容,所以可通过RS232接口与TM990微机系统通讯,运料机械手的控制器也与TI990/12有通讯联系。这台小型机还有一个EPROM烧入器,可以给TM990微机系统提供需要的固化软件。

### 7. 系统的软件策略

在TI990/12小型机上通过它的数据库管理系统(DBMS)建立起这个FMS的数据库。同时建立FMS所需要的控制程序库。在Dx10操作系统的管理下,通过与4台TM990微机系统(二台控制CNC铣床,一台控制有轨输送车,一台控制机械手。)的通讯,给它们提供需要的程序和加工数据。同时从各个微机系统得到运行时的各种数据。控制程序是用TI Power

Basic 语言编写的。这是 TI 公司工业控制用的一种语言，功能相当强。

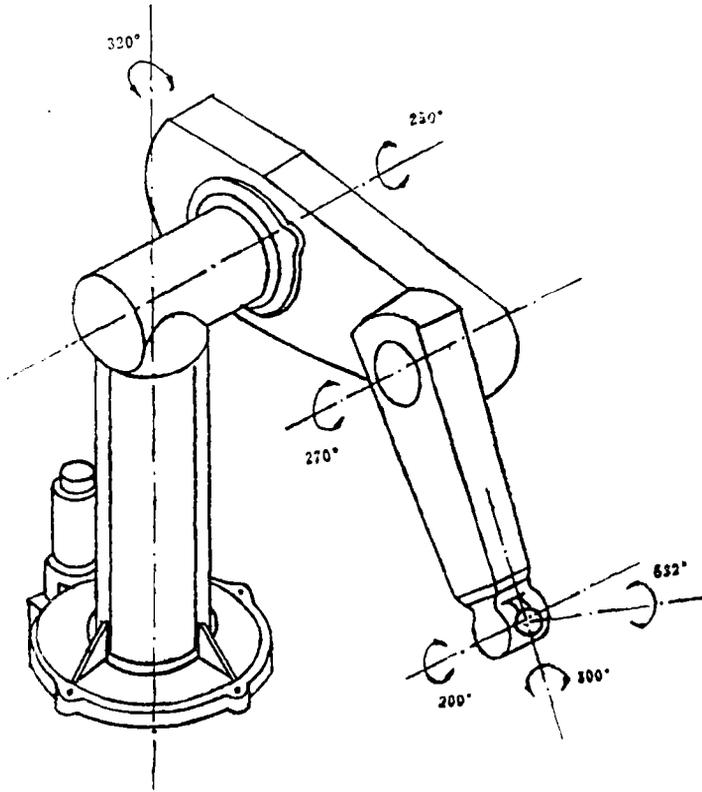


图 4

#### 参 考 文 献

- [1] "Software Control Strategies for Use In Implementing Flexible Manufacturing System" By Robert E. Young *Industrial Engineering* Vol 13 No. 11 p. 88—p. 96 November 1981.
- [2] TM990 Microcomputer Catalog, Microprocessor Series, Texas Instruments Inc.
- [3] "Design and Implementation of A Computer numerically Controlled Four-Axis Milling Machine Using Physical Simulation Methodology" Report No. TR-80-3, Industrial Automation Lab., Department of Industrial Engineering, Texas A & M University, 1980.

84026

一种衡量机构传动质量的新指标——兼论机构的压力角 《无锡轻

工业学院学报》，1984年，第3卷，第3期

**关键词** 机构传动质量指标，机构效率，压力角，传动角，不产生自锁的可靠性系数，凸轮的最小基圆半径。

**摘要** 长期以来，在凸轮机构中用压力角 $\alpha$ ；在连杆机构中用传动角 $\gamma$ （因为 $|\gamma - \alpha| = \alpha$ ，实质上仍是压力角）作为衡量机构传动质量的指标和设计依据。本文通过分析，指出了压力角作为这种指标的缺陷和提出了新的机构传动质量指标 $\Psi' = \text{tg}\alpha' \text{tg}\varphi'$ ，其中 $\alpha'$ 为实际压力角， $\varphi'$ 为从动件与机架间的当量摩擦角。文章还阐述了新指标在机构分析和综合上的应用。

作者：吕庸厚

84027

柔性加工系统(FMS)及其实验室模拟 《无锡轻工业学院学报》，

1984年，第3卷，第3期

**关键词** 柔性加工系统，实验室模拟，软件策略，机械手。

**摘要** 柔性加工系统是近年来发展起来的一种自动化加工系统。它灵活多变，非常适合中小批量的加工需要。为实现工厂自动化开辟了广阔的途径。本文叙述了柔性加工系统的概况及其软件策略。并介绍了一种柔性加工系统的实验室模拟方法。

作者：孙燕唐

84029

工厂化生产金针菇新技术的研究 《无锡轻工业学院学报》，1984

年，第3卷，第3期

**关键词** 金针菇，微波杀菌，脉冲亚紫外光，子实体原基。

**摘要** 金针菇沿用常规的食用菌生产方式，产量低，成本高，经济效益差。本课题采用了培养基材料微波杀菌，全封闭半自动转盘式接种机，脉冲亚紫外光的制备及运用于诱发子实体原基，栽培过程中的温湿度闭环自动控制，高频高压及高压静电净化培养室空气等新技术，使金针菇生产提高工效十倍以上，染菌率减少到2%以下，生物效益达100%，出菇整齐，健壮，商品价值高。

作者：邹勇 汤永伯

84028

电功率或转速的计算机测定法 《无锡轻工业学院学报》1984年，

第3卷，第3期

**关键词** 电功率，转速，电子计算机测定法，优化生产。

**摘要** 本文介绍电功率或转速的电子计算机测定方法，提供的程序对测定电功率和转速均适用，对变动或间歇工作的设备亦同样适用，因而具有通用性。测定电功率或转速的目的不仅要知道其大小，更主要的可根据其大小作出增加或减少电设备的投入或调节负载或转速的大小，以实现优化生产的目的。

作者：黄学祥 吴沛民

84029

THE NEW TECHNIQUE in PRODUCING FLAMMULINA VELUTIPES on an INDUSTRIAL BASIS «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.3, No.3, 1984

KEYWORDS flammulina velutipes, microwave sterilization, pulsationeng inferior ultra violet ray, embryonic seed base

ABSTRACT The old way of raising flammulina velutipes has a low output, a high cost and is poor in economical considerations. This project adopts microwave sterilization during the growth of culture medium, employs a turntable-type inoculative machine, which is totally enclosed and semi-automatic, applies pulsating inferior ultra-violet ray to the embryonic seed base, controls the temperature and humidity by a closed cycle loop, also using high frequency high voltage and high potential Static electricity air purification, all combined, to boost the production efficiency tenfold, the coefficient of fomites down to lower than 20%, and the biogenetic result benefit has gone up by 100%. The products are uniform, strong and with a high commercial value.

Author: Zou Yong Tang Yongbo

84027

FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM and ITS PHYSICAL SIMULATION «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.3, No.3, 1984

KEYWORDS flexible manufacturing system laboratory Simulation, software strategy, Robot.

ABSTRACT Flexible Manufacturing System(FMS) is automated manufacturing system currently developed. Its flexibility and wide variety are beneficial small-to-medium-lot production. This type of system is one of the most advanced forms of the automated factory. This article describes the FMS and the Software control strategies for the system. It also presents a physical simulation system for the FMS.

Author: Sun Yantang

84028

MEASURING ELECTRIC POWER or SPEED of REVOLUTION WITH a COMPUTER «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.3, No.3, 1984

KEYWORDS electric power, number of turns in unit of time electric computers measuring method, optimal produce.

ABSTRACT The method for measuring A. C. power or speed of revolution with a computer is introduced. The program developed can be used to measure electric power or speed even in variable and intermittent conditions and has a wide field of application. You will find it useful in process optimization.

Author: Huang Xuexiang Wu Peimin

84026

A NEW INDEX to ASSESS the TRANSMISSION QUALITY of the MECHANISM —Discussion on the Pressure Angle of the Mechanism in addition «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.3, No.3, 1984

KEYWORDS index to assess the transmission quality of the mechanism. efficiency of mechanism. pressure angle. transmission angle. coefficient of reliability for no self-locking. minimum of prime circle of cam radius.

ABSTRACT For a long time, the pressure angle in a cam or the transmission angle  $\gamma$  (actually another form of  $\alpha$ , for  $|90^\circ - \gamma| = \alpha$ ) in linkage serve as the indices to assess the transmission quality of the mechanism, therefore, are used as the design basis of the mechanism. Based upon the analysis in the mechanisms, it has been illustrated in this paper that there are faults of the pressure angle as an index and a new transmission quality index of the mechanism  $\psi' = \text{tg}\alpha' / \text{tg}\psi'$  is presented, where,  $\alpha'$  is the actual pressure angle,  $\psi'$  is the equivalent friction angle between the follower and the frame. The application of the new index in the analysis and synthesis of the mechanism is also expounded.

Author: Leu Yonghou