

基于 LabVIEW 的驻波加速管微波参量自动测量系统

陶小魁 孙钧 童德春

清华大学工程物理系 邮政编码 100084

摘要

本文介绍了一套可以提高驻波腔链微波参量测量效率和精度的自动测量系统。该系统基于 LabVIEW 平台编写了控制程序；使用定位精度高、便于自动控制的步进电机驱动测量部件。在已知驻波腔链几何尺寸的条件下，可以用计算机控制步进电机驱动测量天线运动到预定的位置，然后用计算机控制网络分析仪和扫频源进行自动的数据测量和获取；还可以对腔链的场分布进行测量。获取的数据送往 Excel，由 VBA 编写的宏进行处理。

关键词 驻波腔链调谐测量；场分布；LabVIEW；步进电机；网络分析仪；GPIB 总线

在驻波加速管的研制和生产过程中，腔链的调谐测量和场分布测量都是重要的环节。通过这些测量，可以获得各加速腔与耦合腔的频率、腔间的耦合系数、品质因数及加速结构轴线上电场分布等参数，为腔的加工修改提供依据。对于 X 波段驻波加速管，由于微波波长短，因而失谐测量对天线位置非常敏感；而靠手动调节天线位置，定位精度低，重复性差，效率低；而对于 S 波段驻波加速管，在加工、装配过程中，也要求有数次调谐测量过程。这些都浪费了不少的人力，不利于产业化的进行。而通过计算机控制，能够实现测量和数据获取自动化，可以有效地提高测量的效率与精度，有利于加速管的规模生产。

1 原理设计

为了解决在手动调谐测量中遇到的问题，在自动测量系统设计中，采用定位精度高，便于计算机精确编程控制的步进电机来驱动测量装置；数据的测量与获取则采用计算机控制标量网络分析仪 (SNA) 进行测量，并由计算机获取测量数据送到基于 Excel 的调谐计算程序进行数据分析。利用失谐法对驻波腔链进行调谐测量的自动系统的原理框图如图 Fig.1 所示。

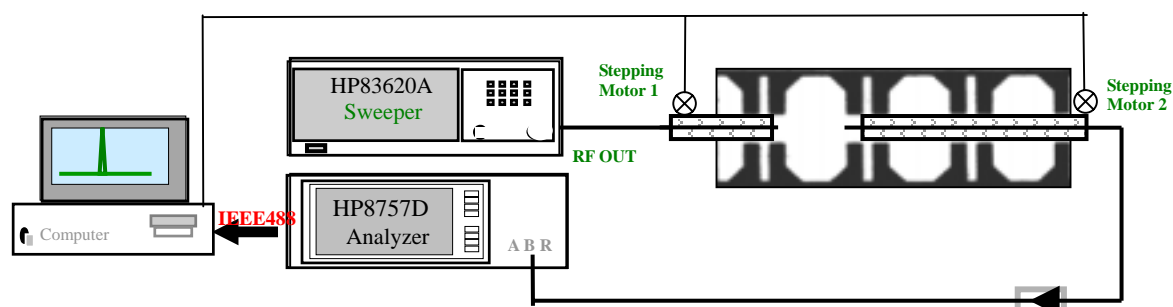


Fig.1 驻波调谐自动测量系统原理图

从图中可以看出，系统由四部分构成，即计算机控制系统，标量网络分析仪和扫频源，测量天线，及天线驱动系统构成。

利用微扰法测量腔链场分布的自动系统的原理框图如图 Fig.2 所示。

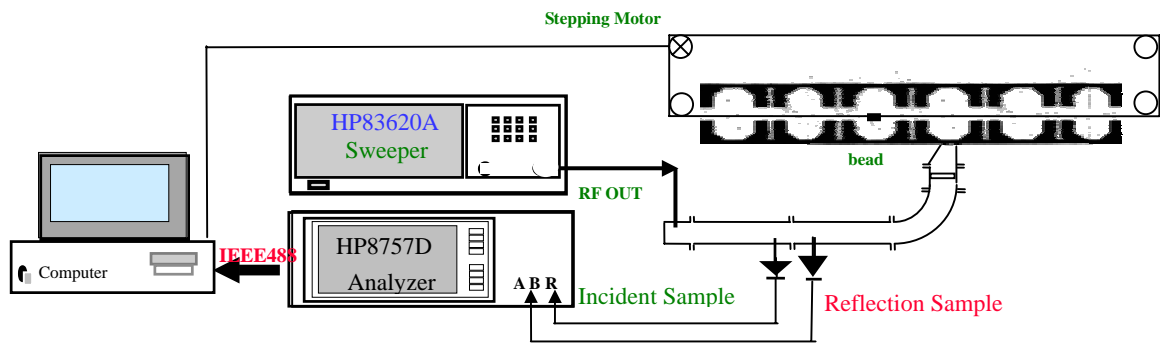


Fig.2 场分布自动测量系统原理图

从图中可以看出，系统也由四部分构成，即计算机控制系统，标量网络分析仪和扫频源，微扰体，及电机驱动拉线系统构成。

2 系统实现

基于实验室的条件及具体的实验要求，系统实现选用以下硬件配件：

计算机一台

HP8757D 标量网络分析仪一台

HP83620 扫频源一台

AX5488 GPIB 总线驱动卡一块

四通电机公司：

28 系列步进电动机两个

45 系列步进电动机一个

6020 步进电机驱动卡一块

SH 系列步进电机驱动器三个

24V 直流开关电源一个

测量天线及其运动平台各一对

微扰体及其拉线系统一套

系统的实物和框图如 Fig. 3 所示。

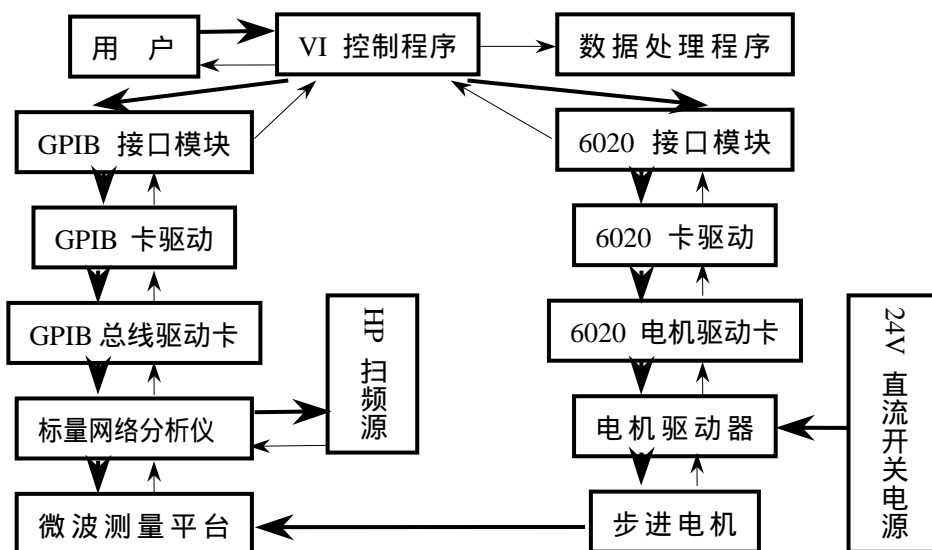


Fig.3 自动测量系统图

需要完成的编程工作包括基于 LabVIEW 编写虚拟仪器(Virtual Instrument)控制程序,在 GPIB 卡驱动和 6020 卡驱动的基础上编写相应的 LabVIEW 接口模块,以及编写与已有基于 Excel 的数据处理程序的接口模块。

◆ VI 控制程序

VI 控制程序是整个系统的核心,它负责各个设备和接口之间的数据流和控制流。

◆ GPIB 总线驱动接口模块

LabVIEW 对 GPIB 总线已经有完善的支持(前提是使用 NI 兼容的 GPIB 卡),但由于实验中用的驱动卡是第三方的,故驱动模块需要用户在 GPIB 驱动程序(DLL 格式)基础上编写,其功能是完成计算机对 GPIB 总线上的标量网络分析仪与扫频源的控制,并获取标量网络分析仪的测量数据。

◆ 步进电机驱动接口模块

步进电机的驱动模块同样是基于 6020 步进电机驱动卡驱动程序(DLL 格式)基础上编写的,其功能是作为步进电机运动的控制接口。

◆ 数据处理程序接口模块

VI 与基于 Excel 的数据处理程序的通信是通过对 Excel 的 ActiveX 调用实现的。通过对 Excel 中对象的属性和方法的调用,可以实现对 Excel 的打开、关闭工作簿,以模板新建工作表及对工作表读写等操作,从而完成把获取的测量数据输出到数据处理程序的功能。

3 控制过程与数据获取

如 Fig.3 所示,系统的工作过程如下:计算机在 Windows 操作系统下,利用 LabVIEW 开发的虚拟仪器(VI)作为系统核心,通过调用 6020 接口模块,间接调用步进电机驱动卡的驱动程序,发出控制脉冲,经步进电机驱动器将脉冲放大来驱动步进电机做精确的运动。

对于调谐自动测量系统,在已知加速管尺寸的前提下,通过预定义步进电机零点的位置,可以控制步进电机运动驱动天线到失谐需要的合适位置,以便进行单腔、双腔测量。测量过程是在步进电机驱动天线运行到预定的位置后,由 VI 调用 GPIB 接口模块间接调用 GPIB 总线驱动程序,通过 GPIB 卡给标量网络分析仪发送命令字(符合 IEEE-488(1978.11)标准),通过网络分析仪把命令字传送给扫频源以产生合适的微波激励;然后通过给网络分析仪发送命令字开始指定的单双腔频率与 3dB 带宽的测量并获取测量数据。

对于场分布测量系统,程序控制步进电机带动拉线系统,使小珠沿着加速管轴线运动,待到小珠运动了预先设定的位移之后,VI 控制网络分析仪获取此时加速管的谐振频率,如此循环,直至小珠走完指定长度。

获取的数据可以通过与 Excel 的接口模块,发送到基于 Excel 的数据处理程序进行处理。

4 程序特点

1. 人机界面比较友好,统一采用了 windows 风格的单元,醒目方便;



2. 相对于传统的手动测量，本系统定位精度较高，测量的重复性好；
3. 测量的效率很高。通常要用两个多小时才能完成的调谐测量过程现在只需 15 分钟左右即可完成，尽可能减小了额外的测量误差，有利于产业化的进行。

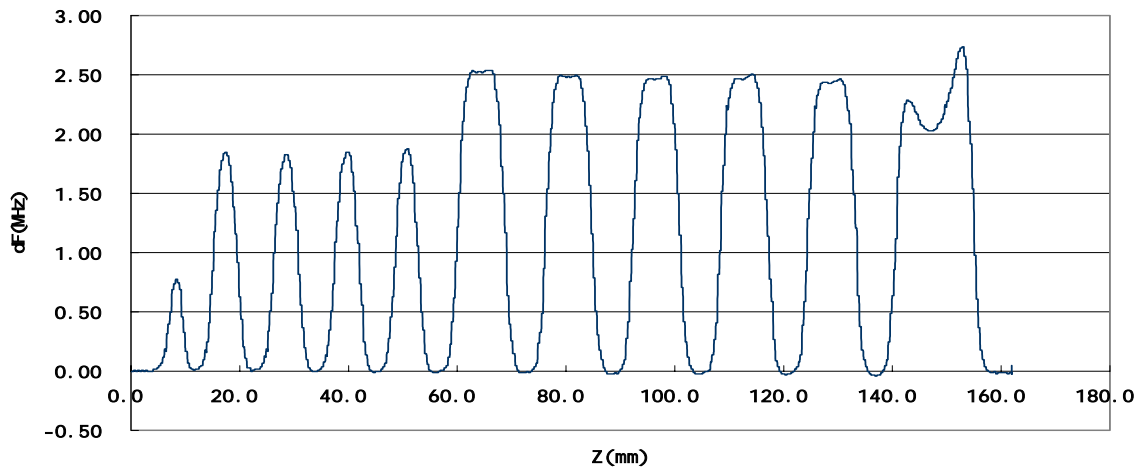
5 测量结果示例 (X-band 2MeV 驻波加速管)

单腔频率及耦合系数 (部分)

测耦合系数[29] (焊前) 01.12.18

Cell--No	F1(MHZ)	F2(MHZ)	Fc(测量)	Ko(计算)	Fa(计算值)	Fa(测量)	Ko(计算)	Fc(计算值)
				2SQE(c1/d1)	Fc/SQR(d1)		2SQR(c/d)	Fa/SQR(d)
A1-C1	9172.34	9459.50	9296.25	0.0612	9329.04	9339.50	0.0606	9285.937
C1-A2	9206.20	9390.50	9296.25	0.0396	9297.71	9296.00	0.0396	9297.961
A2-C2	9194.54	9402.00	9298.75	0.0446	9294.32	9296.00	0.0446	9297.066
C2-A3	9195.94	9404.50	9298.75	0.0448	9298.18	9296.00	0.0448	9300.932
A3-C3	9191.19	9413.00	9305.75	0.0476	9294.48	9296.00	0.0477	9304.226

腔链轴线电场分布



6 结束语

经过几根 X-band 驻波加速管调试过程的考验证明，该测量系统工作稳定可靠，测量精度高，重复性好，速度快，基本达到了预期的指标。目前我们已经加工了适用于 S 波段的测量台、探针、微扰体及拉线系统等，该测量系统稍加改动既可应用到 S 波段驻波加速管的生产中去。在程序的通用性方面，我们准备做到系统对本实验室几种型号的 GPIB 卡、网络分析仪及扫频源都能适用。另外，我们还将进一步扩充系统功能，使之最终成为一套完整的微波测量专家系统。

参考文献

- [1] 孙钧. 驻波腔链调谐自动测试系统研制. 清华大学工程物理系毕业设计论文, 2000.
- [2] STONE ELECTRIC Co., Ltd. .6020 系列 ISA 总线步进电机控制卡说明书.
- [3] AXIOM Technology Co.Ltd. . AX5488 GPIB Interface Card Manual . 1994 .
- [4] HP Co.Ltd. . HP 8757D Scalar Network Analyzers User's Guide . 1992 .
- [5] HP Co.Ltd. . HP 8757D Scalar Network Analyzers Operating Manual . 1993 .
- [6] HP Co.Ltd. . HP-IB Programming Note : Introductory Programming Guide . 1992 .
- [7] HP Co.Ltd. . HP-IB Programming Note: Quick Reference Guide . 1992 .