



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107144249 B

(45)授权公告日 2019.07.30

(21)申请号 201710429919.6

(22)申请日 2017.05.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107144249 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(73)专利权人 浙江凯利新材料股份有限公司
地址 312030 浙江省绍兴市柯桥街道柯东
高新技术园区镜水路889号

(72)发明人 陈利红

(51) Int. Cl.
G01B 21/08(2006.01)
G05D 5/03(2006.01)
B29C 55/12(2006.01)
B29L 7/00(2006.01)

审查员 司盟

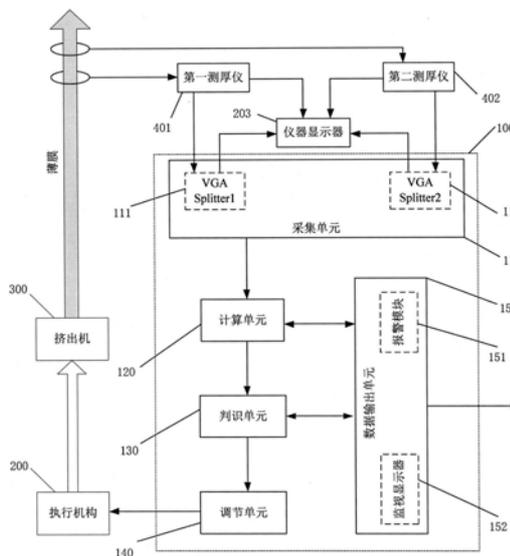
权利要求书1页 说明书7页 附图9页

(54)发明名称

一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统,其包括采集单元、计算单元、判识单元、调节单元和数据输出单元,计算单元基于采集单元采集的厚度曲线数据计算曲线各点厚度值和各螺栓位置,判识单元检索和识别待处理螺栓,在调节单元对待处理螺栓进行温度调节后比较调节前后膜厚零偏差点的移动,并根据移动量对各螺栓估计位置进行调整。本发明通过选定一组螺栓进行厚度调节和反馈判识,实现对薄膜厚度的实时有效监测,准确的螺栓自定位为膜厚控制提供了依据,且自定位过程的调节动作量小。



1. 一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统,包括采集单元、计算单元、判识单元、调节单元和数据输出单元;

所述采集单元从测厚仪获取薄膜剖面厚度曲线数据;

所述计算单元计算获取各点薄膜厚度和估算挤出机模头各螺栓的位置,并通过自定位处理调整估算位置;

所述判识单元检索、识别待处理螺栓,其中,所述判识单元在检索周期检索出所有厚度偏差正负异号的相邻螺栓组合,选择组合内差别最小一组作为所述待处理螺栓;

所述调节单元对待处理螺栓进行温度调节,控制执行机构改变挤出机唇口的开度;

所述数据输出单元输出剖面各点厚度值,在厚度曲线上标记各模头螺栓位置,并在厚度值超出预先设置的范围时发出警示。

2. 根据权利要求1所述的一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统,其特征在于:所述薄膜剖面厚度曲线数据以薄膜剖面图像形式表达,所述图像中包括分别以不同颜色表示的一条膜厚曲线、坐标轴和与坐标轴平行的辅助线。

3. 根据权利要求1所述的一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统,其特征在于:判识单元对所述调节后的薄膜厚度进行检测判别,根据所述螺栓组合范围内零偏差位置的移动来调节螺栓位置。

4. 根据权利要求1所述的一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统,其特征在于:所述调节单元通过执行机构以PWM方式来控制模头螺栓固态继电器的通断,从而通过控制螺栓的温度来调节该螺栓所在模头段的开度,以实现该螺栓所对应薄膜区段的厚度调节。

5. 根据权利要求1所述的一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统,其特征在于:所述调节单元通过执行机构以PFM方式来控制模头螺栓固态继电器的通断,从而通过控制螺栓的温度来调节该螺栓所在模头段的开度,以实现该螺栓所对应薄膜区段的厚度调节。

一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及薄膜制造技术领域,具体涉及一种基于螺栓自定位的膜厚监测系统。

背景技术

[0002] BOPP薄膜即双向拉伸聚丙烯薄膜是由双向拉伸所制得的,它是经过物理、化学和机械等手段特殊成型加工而成的塑料产品。BOPP生产线是一个非线性、时变、大延迟的复杂系统。其工艺流程主要包括:原料熔融、挤出、冷却成型、纵向拉伸、横向拉伸、切边、电晕处理、卷取等。

[0003] 作为BOPP薄膜产品质量指标的物理机械性能如拉伸强度、断裂伸长率、浊度、光泽等,因主要决定于材料本身的属性,所以都易达到要求。而作为再加工性和使用性能的主要控制指标,即薄膜厚度偏差和薄膜平均厚度偏差,则主要决定于薄膜的制造过程。即使制造过程中薄膜厚度控制在在标准允许的偏差范围内,但经数千层膜收卷累计后,厚度偏差大的位置上就可能形成箍、暴筋或凹沟等不良缺陷,这些缺陷直接影响到用户的再加工使用,如彩印套色错位或涂胶不匀起皱等现象,使其降低或失去使用价值。所以BOPP薄膜生产中最关键的质量问题是如何提高和稳定薄膜厚度精度。

[0004] 薄膜厚度检测技术主要采用红外线、X射线、β射线等的透射式检测方式。如申请号为2012204848603的中国专利通过对激光透射图像的分析来判断被检薄膜的厚度,申请号为2012202105502的中国专利则通过红外检测来获得薄膜厚度。申请号为2007201517097的中国专利采用了X射线的方法,其同时指出,为了得到厚度均匀的薄膜,必须要实现厚度测量值和测量位置精确定位,申请号为2014204575910的中国专利则通过定边装置来进行基膜的对齐。

[0005] 目前,为实时监测薄膜厚度,对测厚仪输出的厚度数据进行螺栓对应的常用方法主要有以下两种,一是在不同螺栓处划线做记号,然后在测厚仪扫描架上找到对应的地方,以确定螺栓的位置;二是在用测厚仪检测剖面的同时,也测量出膜幅的实际宽度,参照模头的宽度来计算薄膜的缩颈量,进而对模头螺栓进行对应。这两种方法均需要人工根据实际生产情况进行辅助标识、测量和判断,人工判断不但不精确,也无法稳定。由于缺乏对薄膜剖面的连续准确监测,薄膜的厚度控制效果及所生产产品的质量往往受到影响。为此,需要解决通过对挤出机模头螺栓准确定位来对薄膜剖面厚度进行有效监测的问题。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种能辅助测厚仪对螺栓进行自定位的监测系统,通过动态调节一组选定的螺栓,对测厚仪输出的薄膜剖面厚度曲线进行处理和计算,判断螺栓定位的偏差并相应调整螺栓位置估计,从而对挤出机模头螺栓进行准确定位,输出薄膜剖面各点厚度值,并在厚度曲线上标记各模头螺栓位置,用来对BOPP薄膜生产进行在线式薄膜厚度监测。

[0007] 本发明的技术解决方案是,提供一种以下结构的基于螺栓自定位的膜厚监测系

统,其包括采集单元、计算单元、判识单元、调节单元和数据输出单元;

[0008] 所述采集单元从测厚仪获取薄膜剖面厚度曲线数据;

[0009] 所述计算单元计算获取各点薄膜厚度和估算挤出机模头各螺栓的位置,并通过自定位处理调整估算位置;

[0010] 所述判识单元检索、识别待处理螺栓;

[0011] 所述调节单元对待处理螺栓进行温度调节,控制执行机构改变挤出机唇口的开度;

[0012] 所述数据输出单元输出剖面各点厚度值,在厚度曲线上标记各模头螺栓位置,并在厚度值超出预先设置的范围时发出警示。

[0013] 作为优选,所述薄膜剖面厚度曲线数据以薄膜剖面图像形式表达,所述图像中包括分别以不同颜色表示的一条膜厚曲线、坐标轴和与坐标轴平行的辅助线。

[0014] 作为优选,所述判识单元在检索周期检索出所有厚度偏差正负异号的相邻螺栓组合,选择组合内差别最小一组作为待处理螺栓,并由所述调节单元仅对此一组螺栓进行调节。

[0015] 作为优选,判识单元对所述调节后的薄膜厚度进行检测判别,根据所述螺栓组合范围内零偏差位置的移动来调节螺栓位置。

[0016] 作为优选,所述调节单元通过执行机构以PWM方式来控制模头螺栓固态继电器的通断,从而通过控制螺栓的温度来调节该螺栓所在模头段的开度,以实现该螺栓所对应薄膜区段的厚度调节。

[0017] 作为优选,所述调节单元通过执行机构以PFM方式来控制模头螺栓固态继电器的通断,从而通过控制螺栓的温度来调节该螺栓所在模头段的开度,以实现该螺栓所对应薄膜区段的厚度调节。

[0018] 采用本发明的方案,与现有技术相比,具有以下优点:本发明应用于薄膜生产在线厚度的实时监测,实时采集测厚仪上的薄膜剖面厚度信号,通过对厚度偏差正负异号的一组螺栓进行调节并根据调节后零偏差点的位置移动,对当前螺栓估计位置进行相应调节,从而在薄膜剖面厚度曲线上定位出所有螺栓位置,实现了对薄膜厚度测量位置的自动准确定位,有效防止了人为判断错误的影响,为进行薄膜厚度控制提供了实时有效依据。而且,本发明的自动定位过程短、调节动作量小,避免了长时间螺栓加热对正常生产的影响。

附图说明

[0019] 图1为BOPP生产工艺流程图示意图;

[0020] 图2为本发明基于螺栓自定位的膜厚监测系统的结构示意图;

[0021] 图3为挤出机模头局部结构示意图;

[0022] 图4为BOPP生产中测厚仪显示界面图;

[0023] 图5为计算单元提取目标曲线数据流程图;

[0024] 图6为膜厚曲线对比图;

[0025] 图7为薄膜厚度值实时监测的统计结果;

[0026] 图8为挤出机模头螺栓定位偏差示意图;

[0027] 图9为模头螺栓定位偏右时膜厚调节示意图;

- [0028] 图10为模头螺栓定位偏左时膜厚调节示意图；
[0029] 图11为螺栓自定位工作流程图；
[0030] 图12为横向膜厚调节信号示意图。

具体实施方式

[0031] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行详细描述,但本发明并不仅仅限于这些实施例。本发明涵盖任何在本发明的精神和范围上做的替代、修改、等效方法以及方案。

[0032] 为了使公众对本发明有彻底的了解,在以下本发明优选实施例中详细说明了具体的细节,而对本领域技术人员来说没有这些细节的描述也可以完全理解本发明。

[0033] 在下列段落中参照附图以举例方式更具体地描述本发明。需说明的是,附图均采用较为简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0034] 如图1所示,BOPP生产从原材料熔融开始,经挤出成型为厚片即铸片,铸片再经纵向和横向拉伸展宽展薄为宽卷薄膜,然后在牵引过程中进行切边和电晕等处理,最后收卷为大母卷,后续按订单要求对母卷进行分切和包装。由于厚度对产品质量起着至关重要的作用,因此,在BOPP生产中往往用两台测厚仪分别对铸片和宽卷薄膜进行厚度实时监测,两台测厚仪均可对外输出剖面的厚度数据集,同时它们均还连接显示器以显示铸片或宽卷薄膜的剖面图像。两台测厚仪中前面对铸片测厚的那一台在薄膜初拉出时使用,等到后面第二测厚仪投入后便暂停使用。

[0035] 如图2所示,本发明基于螺栓自定位的膜厚监测系统100,其包括采集单元110、计算单元120、判识单元130、调节单元140和数据输出单元150。采集单元110从测厚仪获取薄膜剖面厚度曲线数据后传送给计算单元120;由计算单元120进行螺栓位置的初始计算,并在所采集的厚度曲线的横坐标上标出,获取各螺栓位置及其在薄膜剖面上对应的厚度值,由数据输出单元150输出给其他模块如膜厚控制器。数据输出单元150可根据所输往对象的要求,将计算获得的各点厚度值及各螺栓位置输出,同时可以通过监视显示器151对膜厚曲线和数据进行实时显示,并在厚度值超出预先设置的范围时通过报警模块152发出警示。

[0036] 判识单元130根据当前的薄膜剖面厚度值集合,检索、识别出待处理螺栓,由调节单元140通过执行机构200对挤出机300中的所述待处理螺栓进行温度控制,调节模头唇口开度,从而调节薄膜厚度;判识单元130还要对上述调节后的厚度改变结果进行二次检索和判别并相应地调整螺栓位置,更新数据输出单元150的内容。

[0037] 采集单元所采集到的薄膜剖面厚度曲线数据,可以是按某种格式排列的数值串,也可能是以薄膜剖面图像形式呈现的,如一般测厚仪是以VGA图像输送给显示器的。结合图1~2所示,第一测厚仪401及第二测厚仪402均将厚度信息生成为薄膜剖面图像后将该图像传送给仪器显示器203并经采集单元110转送到计算单元120。作为优选,采集单元110还可以包括两个VGA信号分配器即VGA Splitter 111和112,它们分别将第一测厚仪401、第二测厚仪402发给仪器显示器203的VGA信号进行分为两路,一路供仪器显示器203使用,一路供采集单元110采集使用。

[0038] 结合图2和图3所示,挤出机300的模头包括上下两个唇片310,唇片之间形成唇口330,唇口开度大小由横向排列的加热螺栓320来调节。本发明为进行模头螺栓的准确定位,

需要对挤出机模头上的部分螺栓320进行动态调节以辅助判断。

[0039] 如图4所示,在以图像形式采集的薄膜剖面数据即薄膜剖面图像中,分别有两幅剖面厚度曲线图和一些字符信息;其中,A区域表示薄膜厚度曲线横坐标轴对应的厚度基准值35.5um及曲线画面中坐标系的纵向坐标刻度值5%,这些值在测厚仪设定时确定;B区域为表述当前薄膜剖面的目标厚度曲线,其坐标轴按A区域的描述进行设定,坐标系中还含有与坐标轴平行的辅助线。

[0040] 结合图4至图5所示,监测过程中,计算单元要输出各螺栓位置及其在薄膜剖面上对应的厚度值,由于其所依据的薄膜剖面图像有着上述区块特征,因此,监测系统的计算单元,内设曲线提取模块,从图像中提取出一条连续完整且无交叉的膜厚曲线,并根据从系统预设值中离线读取的参考值,对该曲线上每个点,将其在图像中的像素坐标变换为所对应的厚度值。

[0041] 如图5所示,针对图4中的B区域,首先对目标图像进行灰度化和滤波处理,再根据颜色分量和坐标特征获取非连续膜厚曲线图像g1和辅助点阵图像g2;其次,进行分层阈值分割,即对两幅图像g1和g2,分别进行Otsu阈值分割和双阈值分割后得到二值化图像g1'和g2';然后,将g1'和g2'二者相合并生成一条连续完整且无交叉的膜厚曲线图像g;最后,根据离线读取的基准厚度值、坐标刻度值,对所生成膜厚曲线上每个点,将其在图像中的像素坐标变换为所对应的厚度值。

[0042] 如图6所示为膜厚曲线对比图,其中,图6a为一条实际厚度曲线与计算单元所提取曲线的对比图,图6b为图6a的局部放大图。从图中可以看出,所提取曲线与原厚度曲线高度吻合。

[0043] 图7给出了本发明膜厚监测系统对图4所示的薄膜剖面厚度情况进行实时监测获取的薄膜厚度数据,其中厚度均值与厚度值用来作为后续的控制输入信号,厚度极差值则是一个用作辅助提示的指标。从实际数据与测得数据的相对偏差看,厚度均值相差0.28%,厚度极差值相差1.77%,准确度高,完全满足工程需要,为BOPP薄膜生产中的控制设备提供了实时精确的厚度数据反馈。

[0044] 在得到薄膜剖面各点厚度值后,需要对膜厚曲线进行螺栓位置标识才能进行有效的膜厚控制,但传统的螺栓位置标识需要人工来定位,这必将引入偏差。如图8所示为挤出机模头螺栓定位偏差示意图,其中,图8a给出了螺栓实际位置在估计位置左侧时的情况,图8b给出了螺栓实际位置在估计位置右侧时的情况。图中,中部水平直线为设定厚度值对应的参考线,曲线为计算得到的厚度曲线,下方和上方的三角形分别示意估计和实际的螺栓位置。BOPP薄膜生产在铸片横拉过程中,其拉伸比为7-9倍,对于如8280mm的宽卷规格,其铸片宽度约为1000mm,模头螺栓为39个时,每个螺栓对应铸片宽度约为25mm,除去两端相对较为固定的螺栓,中部每个调节螺栓对应图中的宽度基本相同。

[0045] 从图8a可以看出,当估计位置偏右时,估计在J处和K处的螺栓其实际位置在J1、K1处,其中,J1处螺栓的偏差为正值,但由于其估计位置在J处,在进行厚度调节时,将因按J处偏差来控制模头唇口开度即增大开度而变厚,即J1螺栓处膜厚的偏差不但不会减小,还将增大;类似地,K1螺栓处的膜厚偏差将因按K处偏差来控制即保持模头唇口开度而不会减小。当螺栓估计位置偏左时,如图8b所示,也将出现相同的问题,螺栓R1、S1处位置的膜厚偏差将因分别按R、S处偏差来进行控制而进一步增大偏差,螺栓T处位置的膜厚偏差则与K处

类似,偏差不会减小。

[0046] 为此,为了使得后续的膜厚控制能够收敛到零偏差而不在零偏差上下反复振荡,应该使得螺栓估计位置尽量接近实际位置。本发明通过动态调节特定螺栓并根据调节效果来判断估计位置是偏左还是偏右。

[0047] 如图9和10所示,当模头螺栓估计位置偏左或偏右时,其膜厚调节效果将不同。在两图中,X轴表示偏差参考线,直线AB表示两个估计螺栓位置A和B之间的膜厚曲线段,不失一般性,假设A和B关于X轴对称分布且其间的厚度值呈直线分布;P点为AB和X轴的交点,为当前零偏差点。C和D点分别为所估计位置A和B对应两个螺栓的实际位置,即按A、B处偏差进行的螺栓调节,实际将分别发生在C、D处,直线CD为直线AB的水平移动平行线,其中图9中为左移而图10中为右移;M点为CD与X轴的交点。图中,U、V和E及F、G为辅助箭线的末端点,直线FG为对C、D两处螺栓基于A、B处偏差进行比例控制调节后新的膜厚曲线段,FG与X轴的交点为Q点,各垂直箭头为比例控制后膜厚的改变, d_M 为螺栓位置的估计偏差值, d_{zf} 为比例控制前后零偏差点位移量。

[0048] 如图11所示,本发明系统的螺栓自定位工作流程为:

[0049] (S1) 首先进行系统初始化,设定周期、阈值;

[0050] (S2) 从测厚仪采集薄膜剖面厚度曲线数据,计算曲线上各点的厚度值;

[0051] (S3) 如果已有定位数据则转S4,否则进行初始定位,通过人工对边后,将各螺栓均匀分布在曲线横轴上,更新螺栓定位位置集合和模头螺栓位置与厚度的数对集合,之后转S7;

[0052] (S4) 如果不是检索周期则转S5,否则进行螺栓检索,搜索所有厚度偏差正负异号的相邻螺栓组合,并选择其中厚度偏差的差别最小的一组标记为(Mj1, Mj2)作为待处理螺栓,由调节部通过控制模块对该两个螺栓进行按各自厚度偏差的比例控制,同时记录两个螺栓之间厚度偏差为零的点的横坐标XP,之后转S7;

[0053] (S5) 如果不是判别周期,则转S6,否则进行螺栓位置估计偏差的判断和调节,再次检索螺栓(Mj1, Mj2)之间的零偏差点,记其横坐标为XQ;比较XQ和XP,如果两者差值在设定阈值范围内,则转S8;若XQ小于XP则将所有螺栓右移,否则将所有螺栓左移,更新螺栓定位位置集合和模头螺栓位置与厚度的数对集合,之后转S7;

[0054] (S6) 定位不作处理,由外部执行机构对各螺栓进行常规调节来实现膜厚一致性控制,转S7;

[0055] (S7) 等待下一周期到来,转S2;

[0056] (S8) 定位完毕,结束。

[0057] 在上述比例控制调节和常规调节后,挤出机唇口开度改变,挤出成型铸片的厚度也相应被调整,铸片经拉伸后被测厚仪进行厚度检测,相应地,采集单元获得的厚度信息也不断被刷新。判别周期在检索周期之后,其间的延时根据生产进行测定。

[0058] 作为优选,自动螺栓定位过程中,检索周期与判别周期的时间跨度可根据当前膜厚的总体偏差进行调整,且自动定位也可以根据膜厚变化重复进行。

[0059] 结合图9~11所示,为进行螺栓位置估计偏差的判断,对挤出机模头上中部各可调节螺栓,基于当前估计位置进行检索,找到离厚度参考线最近且偏差值正负异号的一对螺栓,对它们进行比例控制。如图9所示,实际螺栓位置在估计位置左侧,图中假设A、B两处偏

差值相等,则对C、D两个螺栓进行比例控制后,两处厚度的改变量将分别与如图9b所示的A、B两处的箭头一致,即将A、B两处的箭头水平左移为箭头U和V。那么,如图9c所示,A处实际得到的调节量将是A位置对应应在三角形MUC中如箭头E所示的分量。如图9d所示,将箭头E和V的首端分别平移至A点和D点在直线AB上的投影点,得到箭线F和G,则FG为对C、D两处螺栓基于A、B处偏差进行比例控制调节后新的膜厚曲线段。图9a为图9b、9c和9d的综合图,图10与图9类似。

[0060] 从图9和图10可以看出,FG与X轴的交点Q,其位置在P点左侧还是右侧,取决于M的位置,Q与M分处于原零偏差点P的两侧。因此,在自动螺栓定位过程中,当发现Q在P右侧时,说明原螺栓估计位置偏右,应该将估计位置左移,如图9所示;反之,则应该将估计位置右移,如图10所示。

[0061] 为选择合适的估计位置位移量,可以通过离线实验,事先建立螺栓位置的估计偏差值 d_M 与比例控制前后零偏差点位移量 d_{zf} 之间的映射关系表,在线调节时,先计算出当前 d_{zf} 然后通过查表获得估计偏差值 d_M 。

[0062] 计算单元通过自定位过程,将获得模头螺栓在曲线上的准确定位。此定位最少需要两个,假设第U1和U2两个螺栓对应的两个定位端点在厚度曲线的横轴坐标分别为X1和X2,则可以获得其他螺栓的定位。对第Uk个螺栓,其对应的横轴坐标Xk为:

$$[0063] \quad Xk = \text{Round} \left(X1 + \frac{X2 - X1}{U2 - U1} (Uk - U1) \right) \quad (1)$$

[0064] 其中,Round()为四舍五入取整函数。

[0065] 本发明基于螺栓自定位的膜厚监测系统中的数据输出单元,输出来自上述处理过程的标记有所有模头螺栓位置的薄膜剖面厚度值(Xk, h(Xk))数对的集合,以及厚度曲线上各点的厚度值,还可根据要求对厚度值进行统计和告警。

[0066] 上述比例控制和常规调节,都是将厚度偏差转换为温度补偿值,通过模头上的调节器以脉冲的方式来控制加热控制通道上固态继电器的通断,从而控制当前模头螺栓的温度。由于金属的热胀冷缩性质,当加热器导通时铸片唇口的缝隙压缩,这样铸片唇口的薄膜厚度会逐渐减小,反之则增加。

[0067] 如图12所示为调节单元控制信号示意图,调节单元可以通过如图12a所示的PWM波或者如图12b所示的PFM波来指令。其中,PWM波的周期 T_s 保持不变,通过改变一周期内导通时间 T_{on} 来调节控制量;而PFM则保持导通时间不变,通过改变周期的大小来调节控制量。作为优选,在制造过程中,加热频繁时可选用PWM方式,否则可选PFM方式。

[0068] 本发明基于螺栓自定位的膜厚监测系统通过优选特定的一组螺栓进行厚度比例调节,并根据调节前后膜厚的变化来对螺栓估计位置进行调整,能快速对模头螺栓进行准确定位,所获得标记有所有模头螺栓位置的薄膜剖面厚度值数对集合,将传送给控制器进行薄膜厚度控制,同时将各点的厚度值以曲线或表格形式通过监视显示器进行实时显示。

[0069] 除此之外,虽然以上将实施例分开说明和阐述,但涉及部分共通之技术,在本领域普通技术人员看来,可以在实施例之间进行替换和整合,涉及其中一个实施例未明确记载的内容,则可参考有记载的另一个实施例。

[0070] 以上所述的实施方式,并不构成对该技术方案保护范围的限定。任何在上述实施方式的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等,均应包含在该技术方案的保护范

围之内。

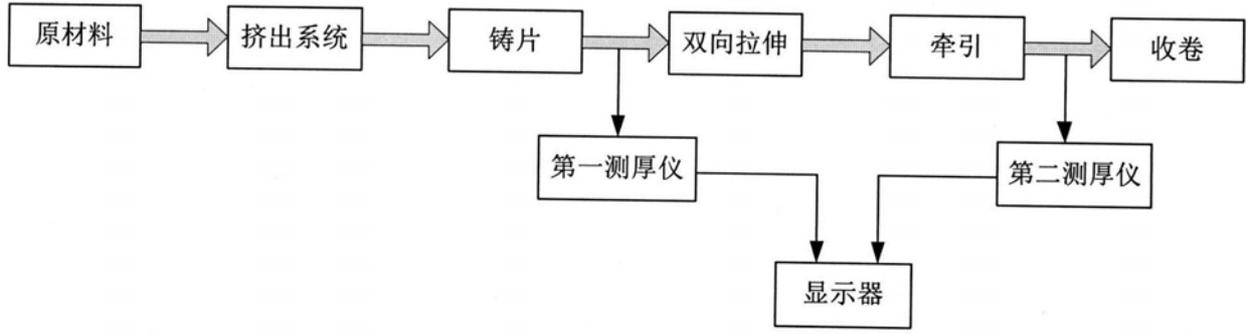


图1

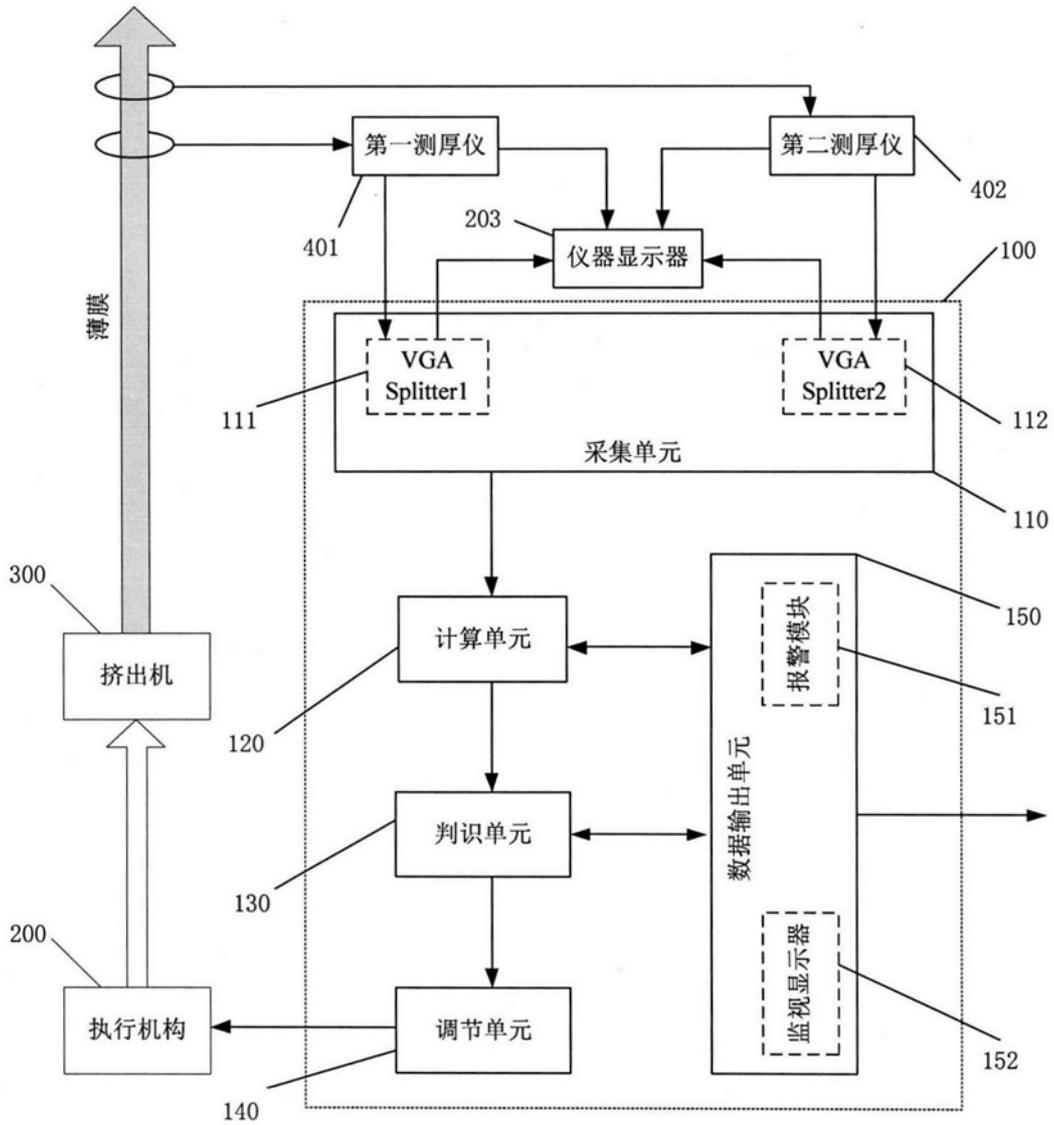


图2

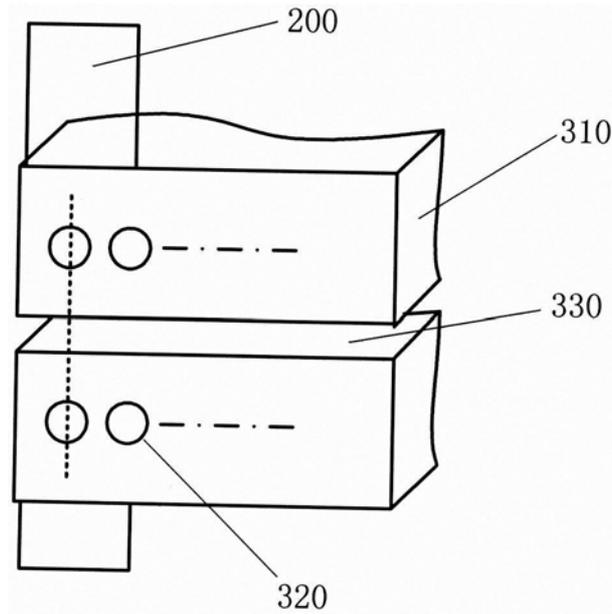


图3

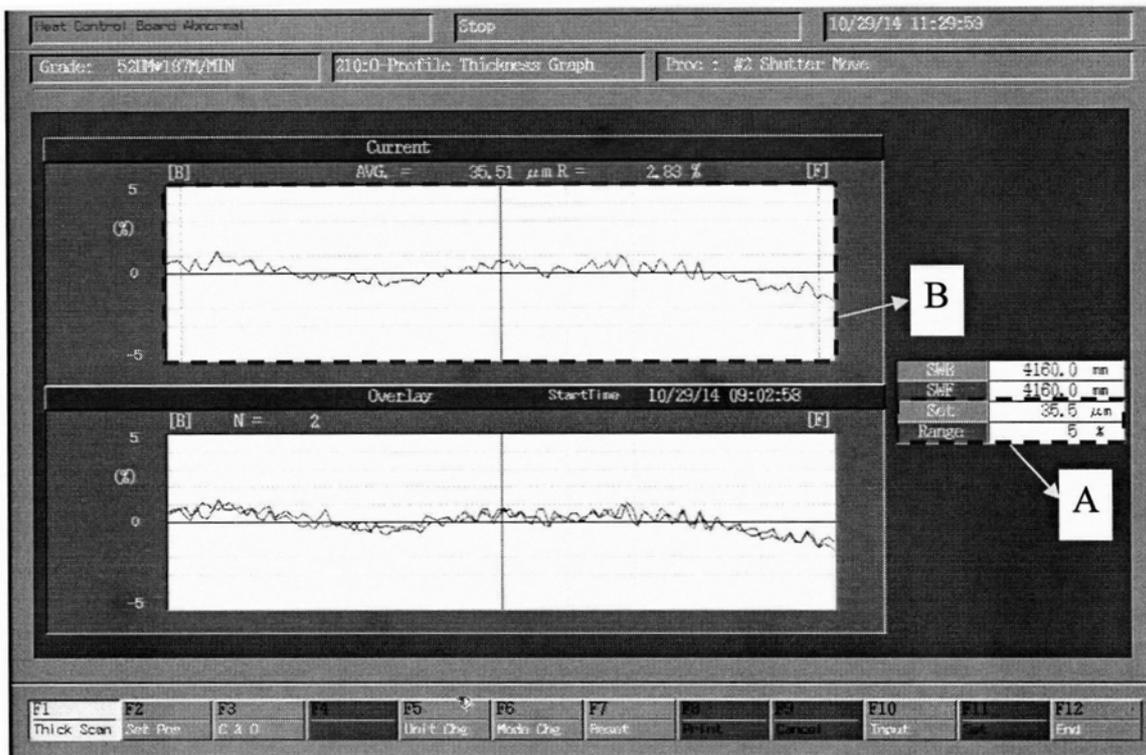


图4

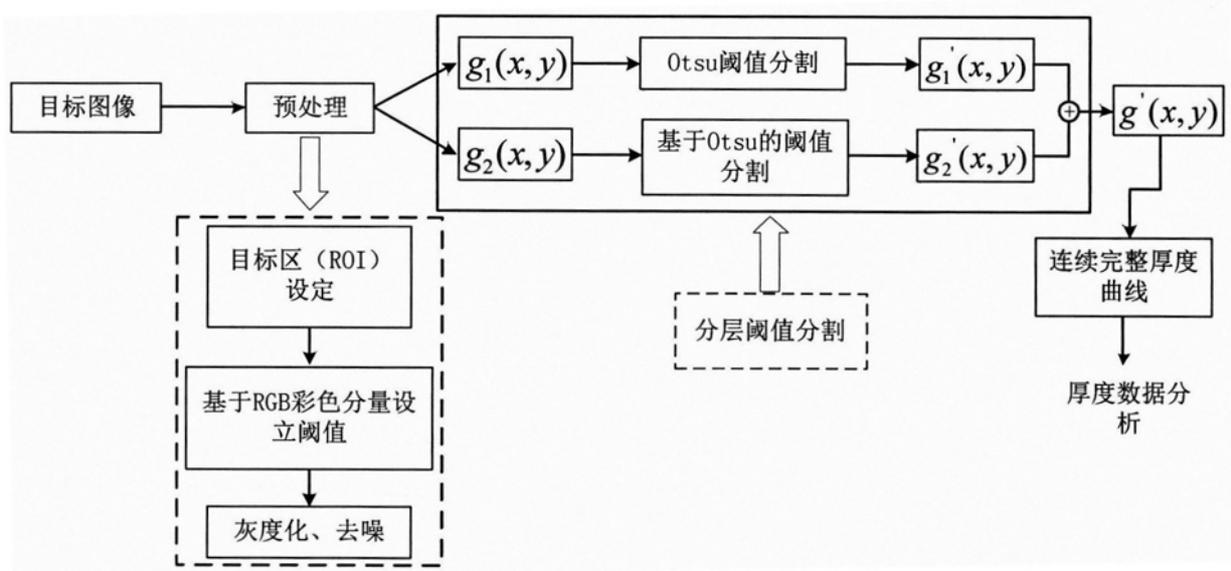


图5

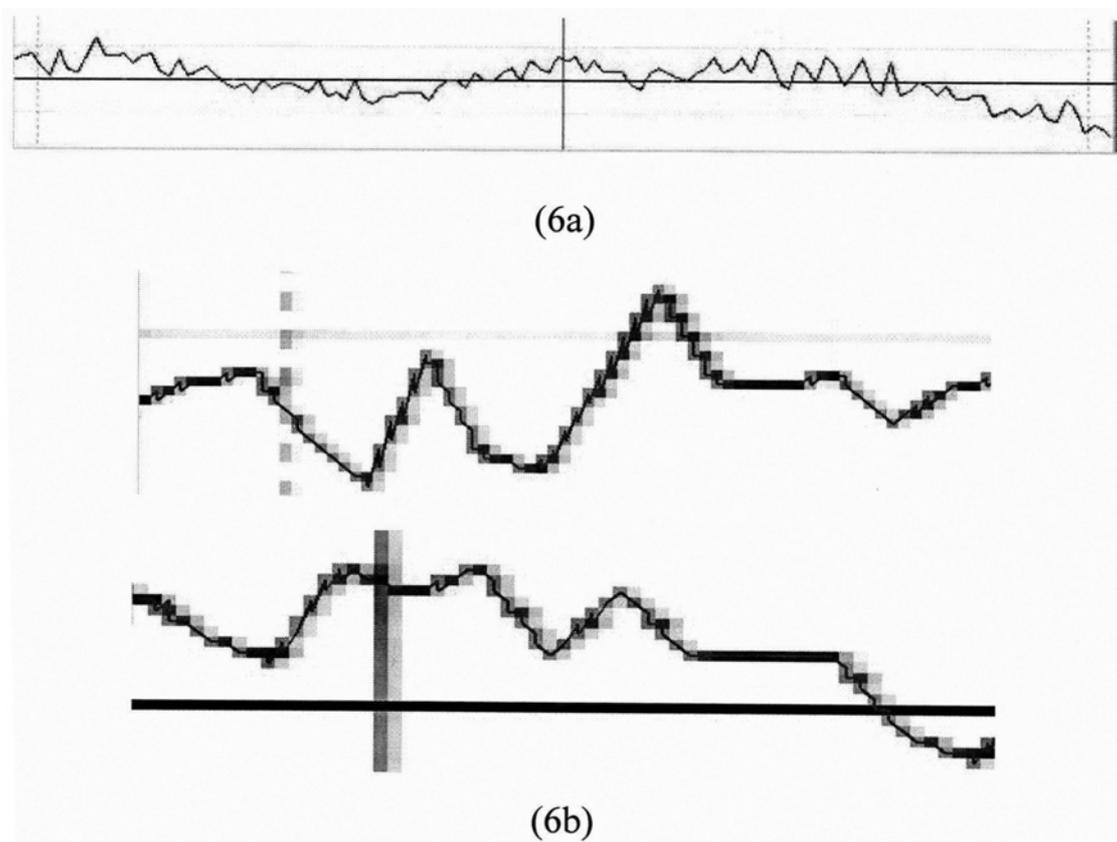
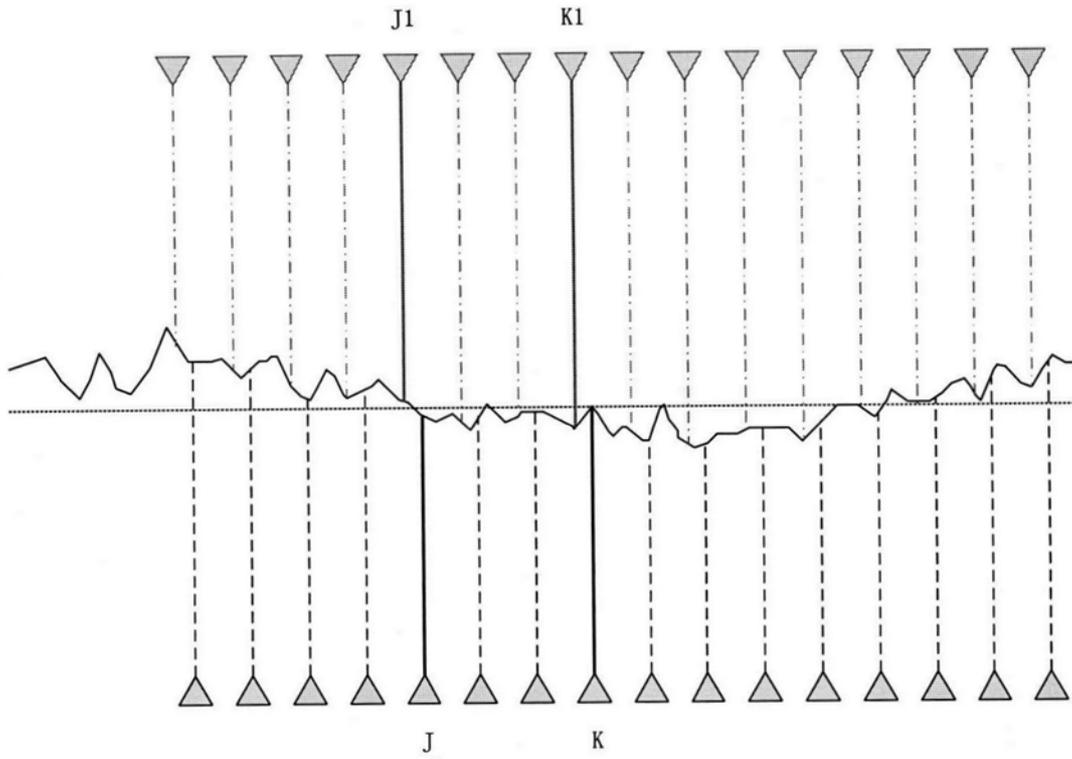


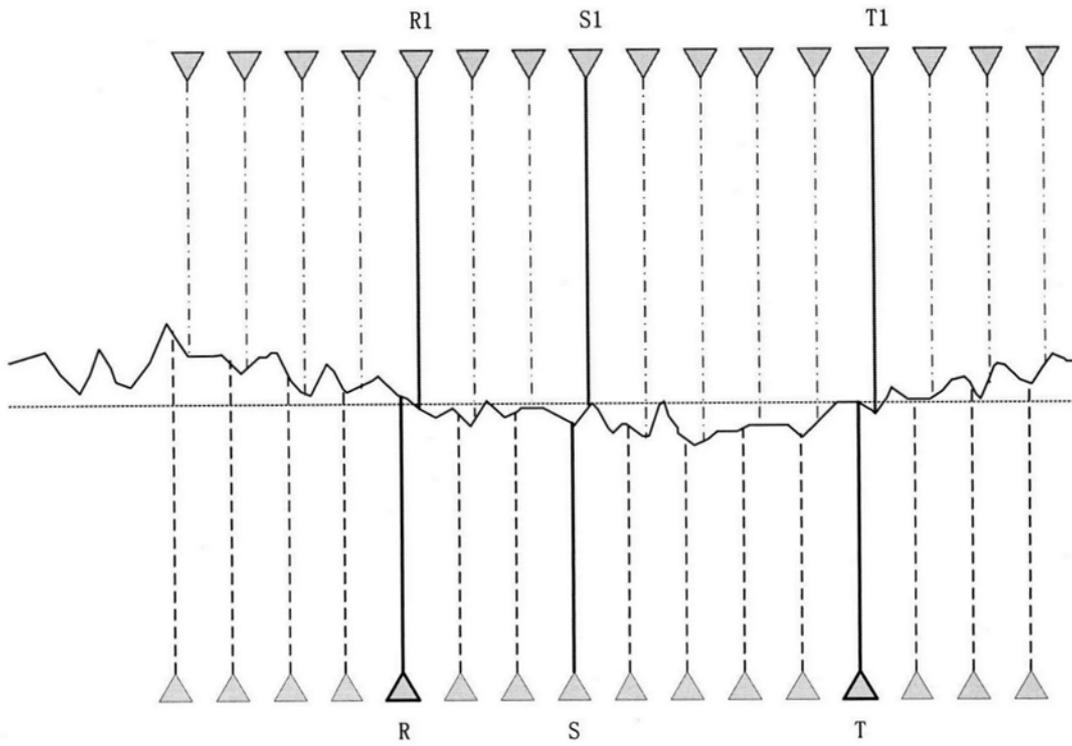
图6

	厚度均值	厚度极差值
实际数据	AVG=35.51um	R=2.83%
测得数据	AVG=35.50um	R=2.88%
相对偏差	0.28%	1.77%

图7



(8a)



(8b)

图8

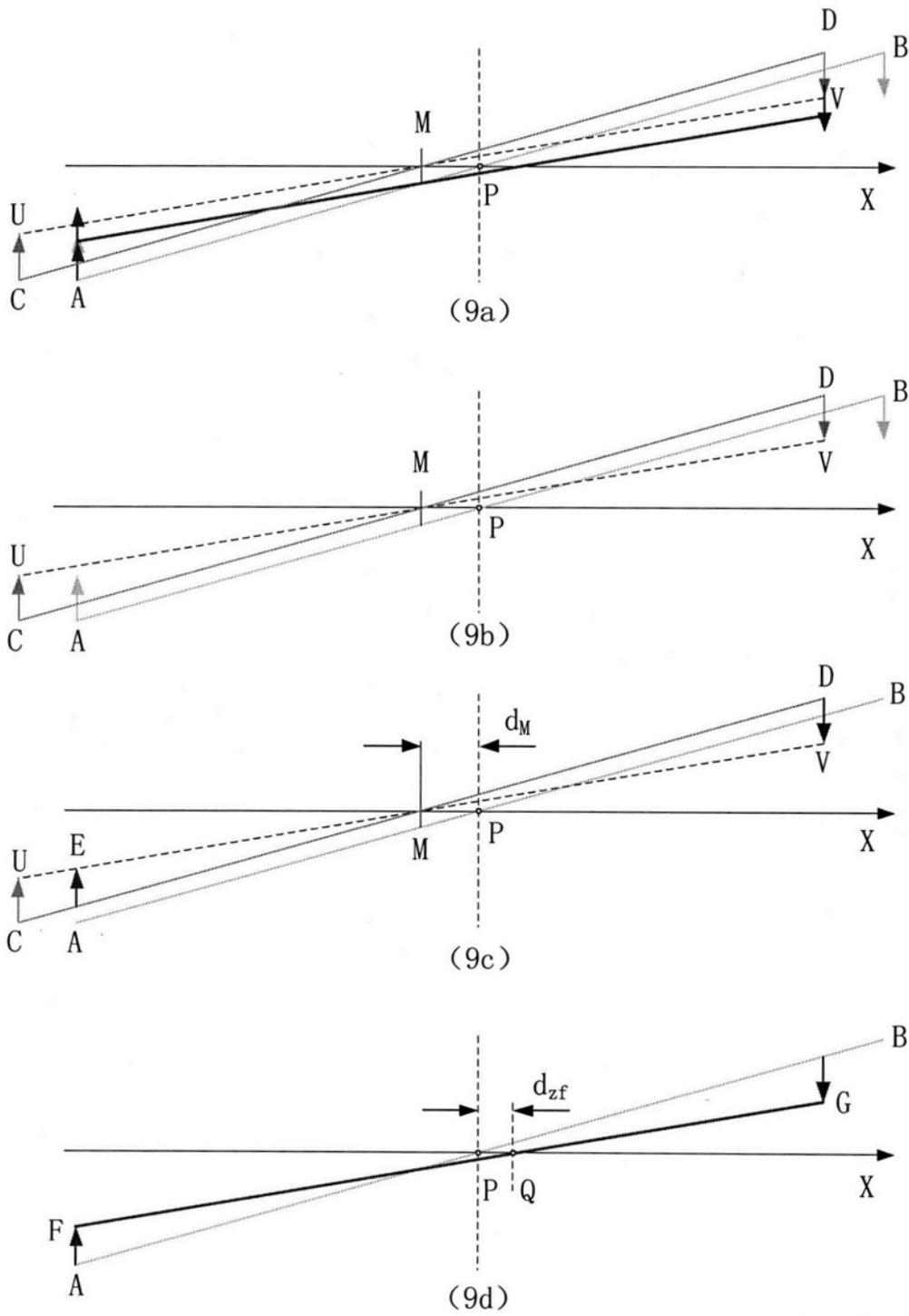


图9

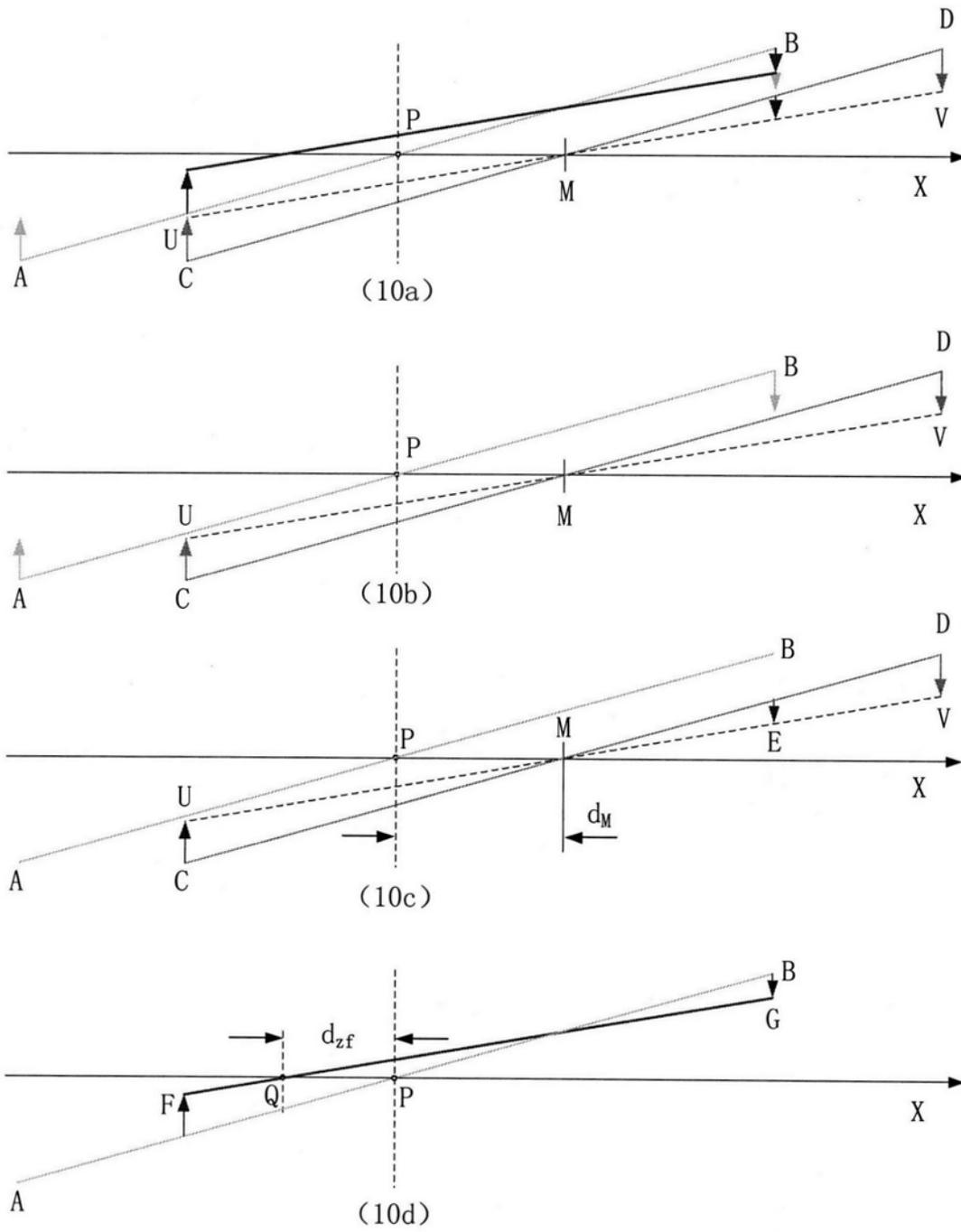


图10

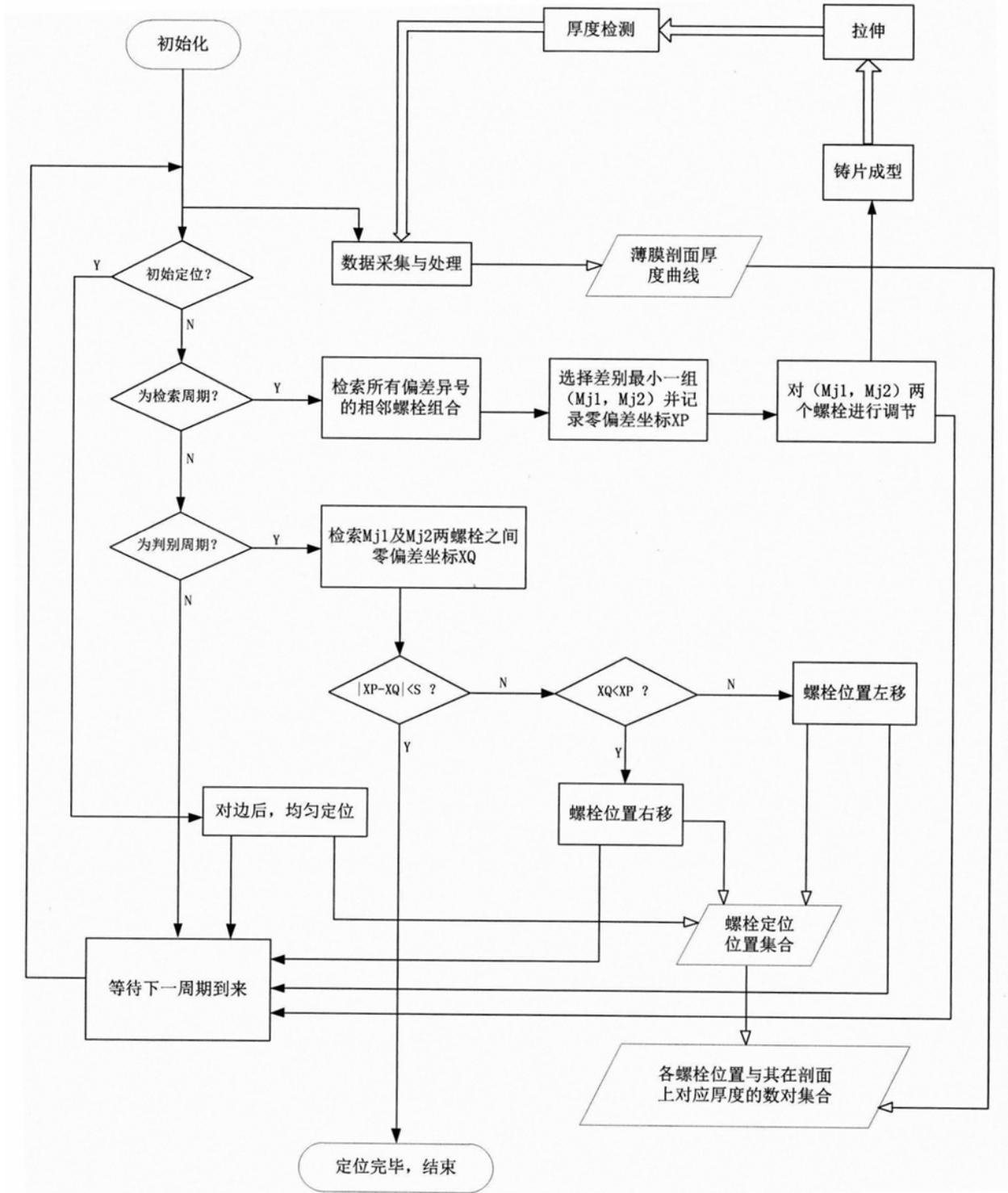
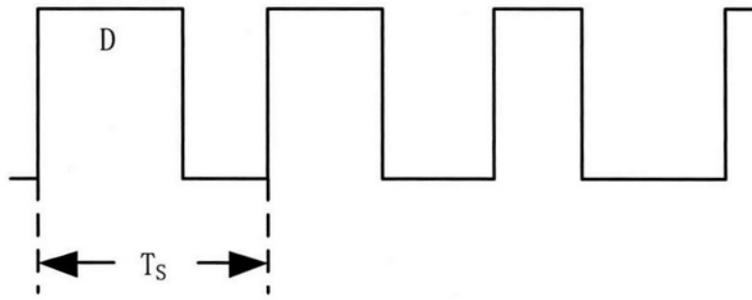
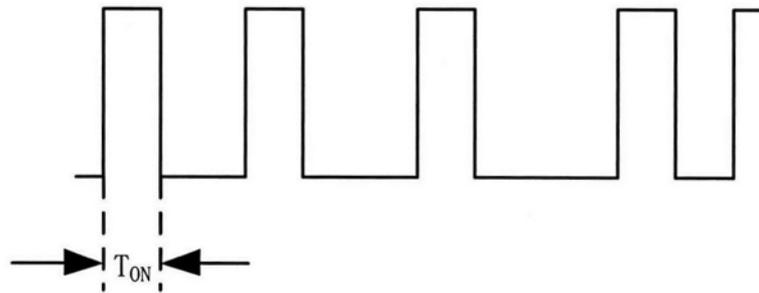


图11



(12a)



(12b)

图12