

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

H04N 1/407

H04N 1/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95192943.7

[43]公开日 1997年4月16日

[11] 公开号 CN 1147889A

[22]申请日 95.4.21

[30]优先权

[32]94.5.13 [33]US[31]08 / 242,275

[86]国际申请 PCT / US95 / 04857 95.4.21

[87]国际公布 WO95 / 31869 英 95.11.23

[85]进入国家阶段日期 96.11.6

[71]申请人 明尼苏达州采矿制造公司

地址 美国明尼苏达州

[72]发明人 罗纳德·C·雷坦

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标
事务所

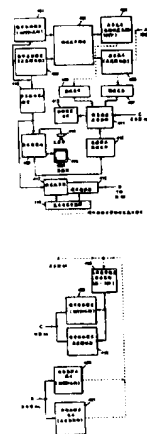
代理人 杨国旭

权利要求书 2 页 说明书 41 页 附图页数 31 页

[54]发明名称 自动化图象质量控制

[57]摘要

本发明是用于自动检测电子数字成象系统的功能部件的一个系统、装置和方法。系统包括图象采集、存储、显示，通信和打印装置。本发明依靠闭环计算机分析以便通过自动测量从分析包含在特定的基准图象中的特征的已知集合所推导出的一个图象质量度量集合来检测系统部件。该度量与从被测系统组件的预期性能的先验信息所获得的数值进行比较。例如，闭环分析通过使用采集组件测量其输入为参照图象的打印组件的输出而测量系统的打印组件的质量，然后测试从采得的样本图象所获得的统计度量以确定系统下降源。图象质量度量称为一个度量集合，它包含了有关图象质量下降的主要方式的检测的综合集合：象素数值完整性，象素位置完整性（几何变形）和空间分辨率。度量集合是供自动执行大量的图象质量测量和将所得的检测数据简化为可以管理的结果，使得可向系统操作者给出简单的行不行的结果。此外，度量集合可用于根据分析数据为现场服务人员指示和确定系统故障地点。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1. 一种自动测量电子数字成象系统的功能组件性能的方法，包括步骤：

对于已知的良好系统的组件存储度量阈值；

从有关基准对象采集样本图象以产生代表基准对象的一组象素数据；

测量从该组象素数据所选出的属性并从中产生一组特征统计量；

比较该组特征统计量与度量阈值；以及

指出是否有该组特征统计量的任何一个落在任何一个度量阈值之下。

2. 根据权利要求1的方法，还包括确定可能造成该组特性统计量任何一个落到度量阈值之下的特定功能组件的步骤。

3. 根据权利要求2的方法，还包括指示引起该组特征统计量特定的一个落到对应的度量阈值的特定的一个之下的特定功能组件故障原因的步骤。

4. 根据权利要求1的方法，还包括步骤

存储对应于该组特征统计量的在准特征数据组；以及

从基准特征的数据组产生基准对象用于测量电子数字成象系统的输出模态。

5. 根据权利要求1的方法，还包括通过调节查找表中的数值而对电子成象系统的功能组件校准的步骤，查找表中每一个数值对应于每一个系统组件。

6. 根据权利要求1的方法，还包括从作为基准对象的基准底片采集样本图象的步骤。

7. 根据权利要求1的方法，还包括从作为基准对象的三维仿真模型采集样本图象的步骤。

8. 根据权利要求6的方法，还包括从存储的基准特征的数据组产生基准对象以便测量电子数字成象系统的输出功能组件的步骤。

9. 根据权利要求8的方法，还包括测量基准对象中的行线性，包括分步骤：

用象素数据的子集内的象素数据进行感兴趣区域的计算以产生一个一

象素宽度的行;

对一象素宽度的行计算出一个最佳拟合线; 以及

作为对电子数字成象系统的功能组件的线性几何性能的一个度量, 测量一象素宽度的行对最佳拟合线的最大偏差。

10. 一种自动图象质量控制系统, 包括:

一个输入模态;

输出模态;

图象存储器;

连接到图象存储器, 输入模态和输出模态的并具有用于执行以下步骤的装置的一个处理器:

存储对于已知良好系统组件的度量阈值;

从一个基准对象采集一个样本图象以产生表示物理基准对象的一个象素数据组;

测量从该组象素数据所选出的属性并从中产生一组特征统计量;

比较该组特征统计量与度量阈值; 以及

指出是否有该组特征统计量的任何一个落到任何一个度量阈值之下。

说明书

自动化图象质量控制

本发明涉及已采集的和存储的图象的质量保证和控制，尤其是，本发明涉及用于自动保证医疗成象系统的图象质量的方法和装置。

在基于计算机的系统中图象被数字化并以数字象素元的形式存储这样的技术中，已经知道电子数字化成象系统。而且图象可被检索并在显示装置上显示供以后使用。这类系统的一个例子是医疗领域，其中x光图象，计算机层析x光照相术（CT）扫描图象，磁共振成象（MRT）数据，超声波数据等等可被数字化，并且图象可被存储并从大容量存储装置中检索。通过将该系统连接一个图形监视器或者多个监视器，在需要时医务工作者可在一个这样的监视器上检索图象。

已经有各种质量控制用于电子数字成象系统。例如，在授予Shalit的美国专利 No. 4,939,581中，试图通过在CRT屏幕上放置一个灰度测试模图来测量视频监视器屏幕的灰度质量，并使用光度计测量测试模图的特性。并且应用电子摄像机对灰度测试模图进行拍照，从电子摄像机的图象产生一个硬拷贝底片并对该硬拷贝进行光密度计的阅读。然后光密度计阅读的结果用来调节电子摄像机图象逐个象素地进行补偿以达到理想的亮度而产生与显象底片匹配的灰度。

Shalit的专利的系统仅仅是着眼于单个图象质量方面的控制：硬拷贝的灰度精度表示为CRT图象。此外，该系统不能处理使得CRT显示器与底片匹配的情形，并且没有着眼于原来的CRT图象质量的问题。由于Shalit系统仅仅被设计用来匹配硬拷贝和CRT装置，图象质量的客观显示被忽视。为了再生精确的图象，需要一个客观标准用于CRT匹配，并在电子成象系统内所有的点而不仅是通过CRT显示装置确定下降源。Shalit系统的组成部件在没有任何形式的系统范围下降分析的情形下可能影响视频监视器整体图象的质量，引起x光照片与视频监视器整体不精确显示的匹配。

在授予 Shalit 的美国专利 No. 5,115,229 中，描述了使用 CRT 上的灰

度测试模图比较两个或多个视屏的视频图象再生方法和系统。这一系统的目的是不论对于CRT匹配的判定目标集合如何都要达到CRT对CRT的匹配。Shalit系统的一个缺点在于，它将一个好的CRT与一个坏的CRT显示器匹配，使得两个CRT显示器都将产生至多为这两个屏幕的最不好的性能的图象。不可能使得CRT与任何客观标准匹配，不仅调整CRT以便能从特定的CRT产生最好的图象质量，而且还把CRT操作置于可接受的最小阈值之下。此外，Shalit系统仅仅涉及单个图象质量方面：CRT之间的灰度精度。因而，在技术上需要在诸如象素数值，几何的和空间的分辨率特性等多方面同时控制图象质量。

在由Reiker等人1992年八月发表在Journal of Digital Imaging, 上的题目为“Quality Monitoring of Soft-Copy Displays for Medical Radiography”的文章中，对医院或者图象中心内的多个CRT屏幕的亮度测量被用来汇编一个亮度信息数据库。带有一个RS-232接口的廉价的光度计仪器使得该装置能够连接到整个医院的CRT屏幕以便测量每一显示站的亮度数值。一个用于显示单值亮度信息的测试图象的软件方法和过程使得软件程序能够对该机构内的每一个显示装置产生亮度响应曲线。这就提供了用于CRT显示质量控制的一个系统。作者将这一系统叙述为必须通过调节CRT站的亮度和对比度控制而校准CRT使之符合一个标准的亮度曲线。然而这一系统的缺陷在于，由于对整个的电子图象系统缺乏图象质量控制，其结果会造成对整个网络各个局部的CRT的误调节。

在技术上需要对现有的系统所不能满足的电子数字成象环境内的图象质量进行控制。该电子数字成象系统缺乏测试、维护和保证包括采集、传输、显示和硬拷贝产生阶段的系统的所有阶段的图象质量的完整性的能力。技术上还需要测量并以用户友好的方式，例如用系统性能合格不合格的简单指示器向系统操作者报告系统性能。再者，技术上需要远程诊断性测试，预测和预防性服务，以及计算机辅助图象下降及系统故障的故障隔离。技术上还需要通过使用系统组成部件的本身测试提供系统性能的测试而无需现场服务人员把贵重的测试和校准仪器搬到现场。在阅读并理解了以下的说明时业内专业人士将能够看出本发明可解决这些问题和其它问题。

本发明是用于自动检测电子数字成象系统的功能部件的一个系统、装置和方法。系统包括图象采集、存储、显示，通信和打印装置。本发明依靠闭环计算机分析以便通过自动测量从分析包含在特定的基准图象中的特征已知集合所推导出的一个图象质量度量集合来检测系统部件。该度量与从被测系统组件的预期性能的先验信息所获得的数值进行比较。例如，闭环分析通过使用采集组件测量其输入为参照图象的打印组件的输出而测量系统的打印组件的质量，然后测试从采得的样本图象所获得的统计度量以确定系统下降源。

图象质量度量称为一个度量集合，它包含了有关图象质量下降的主要方式的检测的综合集合：象素数值完整性，象素位置完整性（几何变形）和空间分辨率。度量集合是供自动执行大量的图象质量测量和将所得的检测数据化简为可以管理的结果，使得可向系统操作者给出简单的行不行的结果。此外，度量集合可用于根据分析数据为现场服务人员指示和确定系统故障地点。

附图中，相同的标号在所有各视图中表示相同的组件，

图1是一般的电子成象系统组件的框图；

图2是用于医疗设备的电子成象系统的特殊装置的框图；

图3是本发明用于电子成象系统的图象质量度量计算的处理流程图；

图4A和4B是本发明用于电子成象系统的自动化图象质量控制系统的框图；

图5是用来测试电子成象系统几何精度的基准图象的一例；

图6是用于测试灰度的基准图象的梯级楔图模的一例；

图7是说明LUT的本发明的较佳实施例的自动化图象质量控制软件组件的一部分的框图；

图8是对于LumisysLS150型的典型的密度响应曲线的图示；

图9是对于LUT A的校准数值的图示；

图10是对于LUT B的校准数值的图示；

图11是对于LUT C的校准数值的图示；

图12是本发明的较佳实施例的自动化图象质量控制软件组件的框图；
图13是本发明的较佳实施例的自动化图象质量控制处理过程的状态图
示；

图14A是表示用于本发明的较佳实施例的自动化图象质量控制处理的
图13的每一过程的度量计算和消息报告的流程图；

图14B是一个流程图，表示图14A的测试，记录，和状态更新（TLSU）
报告过程；

图14C是一个流程图，表示图14A的结果，通报消息和下一状态处理
（RMNS）过程；

图15是用于图13的底片数字化器校准过程的流程图；

图16A和16B是用于图13的底片数字化器密度测试过程的流程图；

图17A和17B是用于图13的底片数字化器几何测试过程的流程图；

图18A和18B是用于图13的激光成象器校准过程的流程图；

图19A和19B是用于图13的激光成象器密度测试过程的流程图；

图20A和20B是用于图13的激光成象器几何测试过程的流程图；

图21是用于图13的图象存储和通信测试过程的流程图；

图22是用于本发明的较佳实施例的图象查看站的自动化图象质量控制
处理过程的状态图；

图23是用于图22的CRT校准过程的流程图；

图24是用于图22的CRT测试过程的流程图；以及

图25是用于图22的CRT监视器匹配过程的流程图。

在以下较佳实施例的详细说明中，参照构成其一部分的附图，并在附
图中通过图示法示出可实施本发明的特定较佳实施例。对这些实施例进行
了足够详细的描述以使得业内专业人士能够实施本发明，并应当理解，也
可应用其它实施例并且在不背离本发明的精神和范围之下可作出结构，逻辑
和电路上的变化。因而以下的详细说明并不是在一个局限的意义上所进行
的，而本发明的范围仅由所附权利要求定义。

系统概述

图1表示一个基本的电子数字成象系统。这一系统由数个属于一般类型的基本组件组成。图1中所示的图象采集装置10包括诸如底片数字化器，扫描器和其它所选择的模态。图象采集装置10可以是若干个医用扫描模态，诸如超声波，MRT, CT, 数字射线照相术，和数字化传统的x光底片。图象显示装置20可以是某些类型的CRT装置，诸如高分辨率计算机彩色或者黑白监视器。图象存储装置30通常是海量存储器诸如盘存储器。图1的图象硬拷贝装置40一般为激光打印机用于图象的纸拷贝，笔绘图机，印刷图版输出，或者在底片上激光成象。

图1的一般性的电子成象系统的组件可用于需要图象采集，存储和检索的各种产业部门。例如，在出版业中，采集装置10可以是文件扫描器。出版业中的硬拷贝装置40可能是激光打印机或甚至可能是送到用于胶印机等的印刷图版的输出。用于出版业的显示装置20可以用在贮存和生产过程中。

本发明的较佳实施例包括用于在图1所示的电子成象环境内控制图象质量的软件方法。本发明使用了从若干被采样图象自动计算出的客观图象质量度量的一个集合。这一质量控制系统提供了在整个电子成象系统的图象质量一致而彻底的测量，包括采集、传输、显示和硬拷贝产生各阶段。而且，本发明的较佳实施例说明了远距离诊断检查、预测/预防维护和计算机辅助故障隔离的方法。

作为例子之用（但不是限制），本发明的较佳实施例结合医疗成象和图象归档系统描述，其中四个组件的每一个都是大网络的典型部分，在大网络中四个组件的每一个被重复多次并由互连网络50互相连接。换言之，有多个图象采集装置10，并且图象可被存储在多个图象存储装置设置点30。若干个图象显示装置可用在诸如特别护理部门（ICU），心脏病护理部门（CCU），急诊室（ER）这样的场所，用在实验室和医生办公室。图象一般存储在图象存储装置30的中心位置，并可在医院或者诊所内的若干个地点通过使用图象硬拷贝装置40进行打印以便复制出x光照片，激光打印，底片等等。业内专业人士能够看出，本发明并不限于医院成象系统，而是事实上可用于所有类型的电子成象系统。

图2是说明医疗环境中所使用的本发明的一个较佳实施例的框图。图2的系统是本发明者所知道的由明尼苏达州圣保罗市的明尼苏达矿业与制造公司所制造的PACS (Picture Archiving and Communications 图象归档与通信) 电子数字成象系统。这一例子示出其中ICU, CCU和ER区域装有用于显示医用图象的图象查看站的一个电子成象系统。图象查看台由互连网络连接到图象存储装置, 图象硬拷贝装置和图象采集装置。

互连网络50可以是各种使用诸如以太网, FDDI, ATM, 令牌环等等的局域网或者广域网。如图2中所示, 带有网络的本地管理的图象服务器系统是图1的图象存储装置30的一部分。这将包括本地控制CPU和用于存储图象和与图象有关的数据的大型磁盘存储子系统201 (可以采取网络文件服务器的形式)。本地监视器202可以配备本地打印机203和本地磁盘子系统204。图象存储装置30的控制CPU 201也可通过调制解调器206借助远程连接205而连接到其它的地方以便获得和传输另外的图象及其相关的数据。

通过图示 (但不是进行限制), 图象硬拷贝装置40可以是在本地连接到图象存储装置30的控制CPU 201的激光成象器207。激光成象器207也可以通过互连网络50连接成网络上的远程结点。可从图象硬拷贝装置40获得各种输出, 但是在本发明的较佳实施例中, 获得底片硬拷贝208则是为了复制医用图象。

图象采集装置10也可作为网络上的一个结点通过控制CPU 209连接。例如, 数字化器210接收原始x光底片211向系统输入。原始的x光底片211由数字化器210数字化并就地存储在控制CPU 209。然后所采集的图象通过互连网络50传输到图象存储装置30, 在那里图象在控制CPU 201的控制下存储到磁盘子系统204。

存储在磁盘子系统204上的所有图象数据可以通过互连网络50在各种图象显示装置20上使用。如图2的示例说明, 这些配置可以是ICU, CCU, 或者ER。每一个这些配置具有通过本地控制CPU 213a-c连接到互连网络50的各自的图象查看站212a-c。图象查看站可由单屏幕或者双屏幕显示装置组成。双屏幕显示装置可以是用于并排显示两个图象的双宽度的CRT或者它可由用于比较图象的两个并排放置的物理CRT组成。

在互连网络50上还存在有由附在互连网络50上的本地计算机组成的病人普查信息站214。

图象采集，存储和显示的典型操作

例如，医院环境中的图2的电子成象系统可用于护理病人的ICU中。一般而言，便携式x光照相对ICU中的病人拍摄并必须进行处理以确定正确的管道和电极的部位，存在气胸等事情。电子成象系统通过制成以ICU中电子的形式易于使用的图象并防止底片损失而支持了工作流，否则如果底片在放射科处理之后返回ICU这种损失将可能发生。

在运作中，首先摄制x-光图象并将底片盒送往放射科进行底片处理。放射科可能离ICU有相当的距离。曝光的底片盒通过数字化器210被处理并立即被传送到成象系统，在该成象系统它被存储在中心图象存储装置30用于在ICU的图象查看站212a观看。这一系统有效运作的关键是这一周转过程能够多么快地发生。

本系统的另一特点是互连网络50的有效的高带宽容量。由于高分辨率的医用图象一般可能占据4到20兆字节，故网络50上的传输速率必须具有向多个位置以近似同时方式传递多个图象的容量。使得如图2所示的类型的医用成象系统成象的目标是在图象请求之后大约两秒钟的时间周期内传递一幅图象。

自动化图象质量控制观察

用于本发明较佳实施例的电子成象系统的自动化图象质量控制系统通过汇编一组统计度量（测度）自动地确定电子成象系统的功能组件的性能。统计量是使用从具有若干专有特征的参照对象所采集的图像素的象素值和坐标值计算的。性能测试由每一度量对一个或者多个阈值的比较组成。这些阈值通过事先考查或从对已知相同类型的良好的组件所计算的度量推导而确定。如果这些度量表明特定功能组件的性能低于可接受的最小阈值，或者在可接受的数值范围之外，则向系统操作者报告一个简单的故障结果。这一点是如何实现的具体细节最好由实际例子来说明。

度量的选择基于使用确定的特征来识别图象质量下降（以下将更详细说明）所有可能的方式，这些特征在发生下降时在其象素值或坐标中显示

出显著的位升变化。定位和抽取对于给定的度量所需的特征象素的处理则使用已建立起来的图象处理技术进行。图象处理应用流行的图象处理库函数和用于计算具体统计量的定制软件结合进行。

图象下降源

本发明的较佳实施例关心在图象被图2所示的电子成象系统处理时若干可被引入到所观察、存储或者打印的数字化图象可能的决定性象差。这些象差可能是由于任何功能系统组件的电子的、机电的或者光学上的故障所致。这些故障一般表现为三个图象质量范畴的一个或者多个的下降：象素值整体性，几何精度和空间分辨率。

例如，在图象采集装置10的图象采集过程期间，最常见的问题来源是光通路内的污染物。由于多数底片数字化器使用扫描激光器或者行扫描CCD作为显象测密装置，镜片内的污染物将导致在一个或多个固定位置的密度误差而产生交叉扫描方向的“条纹”。虽然条纹的来源可能也包含底片处理器内部的污染物，相同的“条纹”问题因为硬拷贝装置打印装置40而引起。

象素值失真的其它形式包括电子学校准的漂移，图象传感器的老化（诸如在底片数字化器210中的光电倍增管），任何串行通信和联网通路中的随机误差以及位并行数据通路中的“滞留”位故障。后者可能出现在任何图象存储器或者主机总线诸如SCSI或其它定制的位并行数据通路中。随机位误差可能出现在诸如以太网或者光纤的高速位串行链路中。一般而言，导致图象质量下降的随机位误差利用本发明的较佳实施例是不能检测的，因为所应用的是基于基准的技术。然而如果这些误差的统计概率高到足以保证随机位误差在任何操作步骤期间出现，则随机误差可作为伪确定性源对待，并利用本度量方法检测。

图象的几何失真源常常是机电性的。这些失真源包括由于连接、磨损、皮带打滑、辊轴污染和变形等等所引起的具有非线性速度特性的扫描和底片传动机构。而且CRT显示器由于电子器件老化和组件的失效的结果特别易于造成非线性扫描。正如以下更为充分说明的，本发明的较佳实施例不准备检测显示装置的几何变形。

图象中空间分辨率的损失可能是下降的最难捉摸和潜在的不利形式。在医院的环境中，医学上重要的特征可能被弄得模糊不清而引起误诊。空间分辨率的损失可能是由于所有以上故障的结果。检测空间分辨率损失的困难是由于下降在给定的图象中的表现并不明显。本发明提供了对于分辨率损失非常敏感的特殊的测试以便防止系统在日常使用期间由于未经检测所造成的损失。

表1概括了作为保证对电子图象处理系统中已知的下降源完全检测所必须识别的度量。还列出了用来检测下降源的特征（以下将全面说明）和用来量化图象中具体特征的质量的统计量。

表1: 图象质量度量概览,
特征和统计量化项目

度量名称	可用的组件	被检验的特征	统计度量
绝对象素值精度	FD, CR, LI	灰度梯级楔	均值, 绝对误差标准偏差
采集/显示响应线性	FD, CR, LI, CRT	灰度梯级楔	线性最佳配合误差
对比分辨率	FD, CR, LI, CRT	灰度梯级楔	标准偏差对均值的比率
内扫描MIF	FD, CR, LI	垂直线条图模	直方图最小/最大
横向扫描MIF	FD, CR, LI	水平线条图模	直方图最小/最大
角度的MIF	FD, CR, LI	对角线条图模	直方图最小/最大
内扫描速度一致性	FD, CR, LI	水平线条图模	行程均值, 标准偏差
横向扫描位置抖动	FD, CR, LI	垂直线条图模	行程均值, 标准偏差
激光束晃动	FD, CR, LI	直线水平边缘	线性最佳配合误差
扫描开始一致性	FD, CR, LI	直线垂直边缘	线性最佳配合误差
扫描结束一致性	FD, CR, LI	直线垂直边缘	线性最佳配合误差
绝对象素尺寸	FD, CR, LI	垂直和水平线条图模	行程绝对误差
象素长宽比	FD, CR, LI	垂直和水平线条图模	行程相对误差
大面积一致性	FD, CR, LI	灰度梯级楔	最大标准和峰值偏差

周边一致性	FD, CR, LI	固定密度边界区域	对均值偏差的峰值偏差
眩光效应	FD, CR, LI	高对比度固体箱	对密度直方图的归一化眩光区域
条纹检测	FD, CR, LI	灰度梯级楔	条纹计数, 宽度, y-范围, 极性
离散异常	FD, CR, LI	灰度梯级楔	离散异常总计数

符号说明: FD=底片数字化器
 CR=计算机X光照相
 LI=激光成象器 (硬拷贝)
 CRT=CRT显示器

图象质量度量计算处理流程

图3是用于本发明的较佳实施例的图象质量度量计算的处理流程图。被选择用来确定和计算表1中所示的统计度量的基准特征首先在301定义。这些基准特征对应于表1中的被检测的特征。基准图象303是使用以下更为充分说明的各种技术302构成的, 诸如印刷电路板在线图生产工具和格波尔 (Gerber) 科学绘图机。然后如果基准对象是一底片则使用所选择的制造技术 (例如底片制造技术304), 用基准图象或者图象303产生作为基准对象305的仿真模型或者靶。然后在306基准对象305应用到被检测的系统。基准对象的采集可通过用于3D模态的CT, MRI或者超声波, 或者通过使用对底片的扫描或数字化技术扫描到电子成象系统中。这样, 输入模态从基准对象305产生一个样本图象307。然后在样本图象307上进行图象处理308以便在已知的感兴趣区域确定并抽取特征。结果是表示所选的将用于测量系统性能的被采样特征象素309的一个群集。度量计算310在这些被选择的特征上进行以产生表示系统性能的特征统计量的一个集合311。然后这些计算结果存储在结果文件312之中。

如果系统的所有组件工作于其正常或者峰值性能，则基准对象305也用于产生有关系统预期性能的数据。已知的良好系统组件313的数据集合通常在系统第一次组装的工厂产生。从对于已知良好系统组件313的数据集合的系统性能，阈值和测量是关于数据进行的，并且阈值和参数文件是基于对可接受的系统工作所选择的最低性能数值而产生的。任何低于这些数值的系统性能均被认为是系统故障。每当自动化图象质量控制系统执行时则进行度量比较315，以便对阈值和参数文件与特征统计量文件进行比较以指出整个系统性能并指出任何故障。度量比较的结果也存储在结果文件312。

基于各个统计结果与预定的良好或者可用性能极限的比较，向系统操作者提供每一组件的简单的行/不行的结果。结果文件312也可由现场技术人员使用以确定和识别需要维护的系统组件。

自动化图象质量控制处理流程

图4A和图4B说明了工作于电子成象系统的自动化图象质量控制系统。由图4A的左上角开始，定义了两种类型的基准图象。数字基准图象定义401是为了测试系统内部的调制传递函数（MTF）和几何特征而定义的。数字基准图象定义401的目的是为了测试该电子成象系统中的几何精度和空间分辨率特性并对应于表1的测试项目4-17。数字基准图象定义402是为了测试和测量灰度特性并对应于表1的测试项目1-3。

用于测量调制传递函数（MTF）或者几何结构的图象定义是作为以定义文件401形式表示的数字基准图象的英寸方式的几何结构的数据集合而开始的。用于几何结构基准图象的定义文件401规定了对于图5所示的结构而定界矩形的英寸方式的位置。这些结构可以是矩形501，水平线502，垂直线503，对角线504，水平分辨率试样505，垂直分辨率试样506，对角分辨率试样507，水平单频率条509，垂直单频率条510等。定义文件401一般将包含一个矩形的左上和右下角位置。对于一条直线，定义文件一般将包含端点位置及其象素宽度。在对角线的情形下，定义文件401一般将包含左上角和右下角端点的位置。试样505，506和507通过对于每一试样定义左上角和右下角的位置而确定。所有这些位置数值均为基于绝对角位置的英寸坐标或者相对于位于基准图象内某处（通常为中心）的定位靶508被测量。

定义文件401可使用工业标准图形工具生成以便产生PostScript (Adobe Systems) 图形定义文件形式的定义, 格波尔绘图机输出和其它绘图程序, 给出某些例子但是不作为限制。

用于几何基准的定义文件401加载到图4A和4B的图象服务器413。定义文件401是作为表示预期的图象的规范的二值象素的二进制图象存储的。定义文件401中的结构的位置被转换为X-Y数字坐标用于表示基于扫描分辨率和对于这一预期的图象所选的尺寸的确切象素位置。从文件401所生成并存储在图象服务器413中的这一预期的基准图象以后可用于测试用以在几何结构上区分二值象素的精度以及表1中所示的其它特性。然后由定义文件401和402所表示的预期图象可在图象观察站413被检索和查看以便测试系统的组件(如同以下更为充分的说明)。由定义文件401和402所表示的预期图象也可用激光成象器417检索和打印以便分别产生打印机样本文件420和421, 从而测试系统的组件(如同以下更为充分的说明)。

使用一个黑白垂直条系列505, 电子成象系统的垂直分辨率性能可被测量并与统计阈值比较以便判定确切的位置, 宽度, 间距和行距。而且, 为了测量系统内象素的大小, 可使用模图501, 该模图是作为定义文件401中所定义的数字化基准图象中标准正方形。于是如果靶500具有标准的1英寸乘1英寸的正方形501, 则电子成象系统将被测试其复制精确图象的能力。对于这种分辨率测量, 定义文件401中所定义的数字基准图象不包含有关图象的绝对密度的信息。应用这些预期定义的系统性能的度量分析以下要更为充分地说明。

用于测量灰度系统响应的图象也是以定义文件402的形式作为描述梯级楔基准图象特定灰度密度和位置的数据集合开始。用于灰度基准图象的定义文件402规定了英寸方式的梯级位置和对于每一梯级的光学密度的12位的象素绝对值。梯级楔基准图象的示意图示于图6之中。这一定义文件402也加载到图象服务器413供以后作为预期图象的规范使用。定义文件402也能够以类似于上面用来产生定义文件401的方式产生。

在由定义文件402所定义的数字基准图象测试的灰度域中, 几何结构不如实际的光学密度那样重要。由于制造同时测试灰度密度和几何分辨率(调

制传递函数或者几何结构)物理测试靶非常困难,故分别需要两个基准定义文件401和402以及两个相应的基准靶500和600。在使用数字基准定义文件402检测有关灰度的系统性能时,必须对物理靶标中的宽范围的光学密度和低电平的噪声进行测量,故原始的物理基准600必须有非常高的质量以便测试大部分医用x-光底片所需的光学密度。特定的医用x-光底片具有达到3.7的光学密度,这是非常非常密而又黑的底片。于是为了能够复制这种大动态范围的光学密度,诸如底片数字化器等采集装置必须能够复制一张x-光底片上的密度等级。为了能够以灰度象素格式表示原始的医用x-光图象,使用了12位的象素以便充分地表示原始光学密度的动态范围。

物理基准底片

为了保证图象输入保存和显示的质量,并为了测试系统组件的性能,本发明的较佳实施例的质量控制系统对处理中的“实际的”或者物理的基准靶或底片中有关未测试的系统响应的数据与使用相同基准的已知系统的数据进行比较。为了实现这一点,物理基准底片404从作为预期图象定义加载到图象服务器413上的同一定义文件401产生。物理基准底片405从作为预期图象定义加载到图象服务器413上的同一定义文件402产生。在输入模式为底片数字化器时使用基准底片。如下所述可使用不同类型的靶404,405。

特定的测试底片制造过程403用来产生分别对应于的样品物理基准底片500和600的物理基准底片404和405,如图5和6分别所示。物理基准底片404用来测量系统性能的几何特征和系统的空间分辨率响应,而物理基准底片405用来测试系统象素数值的完整性响应。为了实现这一点,物理基准底片404是作为高质量照相底片产生的,诸如作为原始x-照片211输入已知质量的x-光靶图象(如图2所示),以便测试电子成象系统的图象采集装置10或者其它组件的性能。高质量的基准图象404和405包括对尽可能多的潜在下降源的敏感这样的特性。如上所述,最好的可接受质量控制基准图象被用作为模拟系统中待测试的特性的物理靶。物理基准靶构造为与特定图象采集系统中所用采集装置的类型兼容。

例如在数字X光照相中，靶404可能成象到铅或者金箔上等，用类似于印刷电路板工业中所使用的蚀刻工艺处理以产生测试图象采集装置10中几何精度的靶。然后当图象采集装置10是一个数字X光照相盒式扫描器时，靶与数字X光照相盒一同使用以输入样本图象。而且对于灰度靶，普通的金属梯级楔可用作为靶405，该靶则可作为样本或已知梯度密度的靶用数字X光照相输入装置进行x-照相。

在另一例子中，当图象采集装置10为底片数字化器210时，几何基准图象可通过使用通常用于印刷电路板布线图生产的高精度组件绘制几何图案而产生。然后这些几何图案被拍照为普通的或者x-光底片而产生样本靶404。对于灰度靶，普通的金属梯级楔也可用作为灰度靶，这时该靶可被x-光照相到底片而产生一已知梯度密度的x-光样本靶405。灰度图模也可应用激光成象器或者使用分步和反复曝光技术直接曝光到普通的或x-光底片上而制造。

对于诸如MRI, CT扫描或者超声波的其他用作图象采集装置10的扫描模态，可使用特殊用途的三维测试仿真模型。例如，可使用具有多个位于彼此间隔的固定位置并装满带有密度梯度的液体的试管仿真模型来测量MRI扫描输入装置的性能。

对于使用底片数字化器作为采集装置10的电子成象系统的优化测试和质量控制，必须分别从定义文件401和402产生非常精确的基准底片404和405。这种精确度要求是为了保证用于度量计算的系统组件的一致的测量。于是，本发明的关键之一是产生并使用极其高质量的数字基准图象。

在本发明所述的所有例子中，底片，靶或者仿真模型的数目在表现为两个的同时可以为任何数目。总是希望限制仿真模型的数目以便减少采集以至整体质量评估所需的时间。

几何基准底片的产生

图5是用于测试电子成象系统的几何精度的参照图象的一例。图5的几何基准底片500对应于用来测试高对比度几何结构和MTF（调制传递函数）的基准底片或靶404。数字基准底片或靶404在较佳实施例中是应用诸如对

于印刷电路在线图所使用的那种普通光刻系统生产的。在这一方式中，易于产生延伸长达1米而偏差小到0.1mm的理想平行线用于测得理想的尺寸精度。

图5的基准底片包含若干足以测量表1的每一个几何特征的高对比度项目。有两组沿图象的垂直和水平轴线延伸的单频率条509和510。通过下述的度量分析法分析这些条，以便测试条的宽度和相邻条之间的间隔的均匀性判断在这个方向上的扫描速度的一致性。分析使用了从对条图案的行程计算所导出的统计量。与先前所存储的条图案间距的已知信息关联的这些统计量导致象素尺寸和长宽比的直接计算。矩形边条511以及细的垂直和水平线505和506，允许判断扫描均匀性和激光束晃动统计量的开始和结束。还包含了延伸图象的全宽502和全长503的精确直边，矩形501，对角线504，水平分辨率试样505，垂直分辨率试样506，对角线分辨率试样507，水平单频率条509，垂直单频率条510，等等。

对于基准底片500的要求需要几何特征以精确的位置精度放置到底片上并仅需是双灰度。图象的特征是在图形技术绘图机上产生的，诸如用于生成原始图象的格波尔科学绘图机。应用为印刷电路板布线图工业研制的相同的设备将图象转移到底片。诸如格波尔科学公司的平板分步曝光机很适合几何基准底片404的生产403。

灰度基准底片的产生

为了产生灰度基准底片405，应用了连续色调成象过程。较佳的方法是首先产生主梯级楔，其中未曝光的x-光底片以一定微秒数的多次曝光以在x-光底片上生成光学图象密度曝光的阶梯图案。这样，一小条的未曝光的x-光底片曝光一个固定的时间周期。曝光停止并且x-光底片的递增下一条线曝光，然后对先前已经曝光增量和现在曝光的增量再增加曝光量曝光。于是这一步骤和反复过程使得最初第一条线多次曝光而最后的线仅曝光一次。结果便是没有人造扫描线的阶梯状灰度。灰度主基准底片405的清晰度是由用来产生该主片的边缘的鲜明性和蔽光性决定的。

密度对灰度图象的阶梯位置的关系必须很仔细地控制，因为主图象将用于生产多个其它的x-光底片。这是通过在另一个未曝光的x-光底片之上放置该主片并应用接触曝光过程使其曝光于均匀的照明而实现的。这产生的结果是带有曝光区域的均匀密度梯级的主片的复制。由于光密度是对数函数，故原件的曝光特性和感光度是非线性的。这样，首先产生的主片上的密度梯级不是线性的。为了产生底片的线性光密度阶梯状函数，底片的速度特性和曝光时间必须适当地计算以产生线性结果。所得的用于灰度梯级楔的基准底片405为单调密度阶梯函数。

用来检测灰度而产生的基准底片405是应用诸如图6所示的梯级楔图模形成的。梯级楔主底片600用来产生如上述的接触副本。然后副本用于电子数字成象系统的质量保证的测试。在本发明的较佳实施例中，副本分别为测量14英寸宽x17英寸高（35cm x 43cm）参考字母A和B的x-光图象底片。两张乳胶底片使用每一个水平直穿整个底片宽度的32个梯级楔组合成图。如图6所示，第一梯级（梯级0）具有小于或者等于0.2的光密度。最后的梯级（梯级32）密度应当大于或者等于3.6。其间每一标称的密度梯级应当是近似于0.11。横跨底片宽度的梯级均匀性应当为正负0.1。标称梯级高度为0.53英寸或者1.35cm（跨底片的高度测量）。

描述符文件

当基准底片404和405制成并准备用于输入到电子成象系统时，一个说明性的文件形成用来对基准底片404和405校准。每一说明文件406与407包含作为该特定电子成象系统校准部分的基准底片404和405的特征。这是必须的，因为主片数字基准图象通过转移过程403向分别产生基准底片404和405的转移不总是均匀的。底片显影过程的温度，不同批次之间的底片的具体敏感性，以及对于这种底片的很高光学密度的要求将必然产生参照底片之间的差异。因为这些差异，必须对具体的系统校准各个基准底片404和405并产生相应的说明性文件406和407。说明性文件407对于梯级楔基准底片405说明每一梯级的密度，梯级的宽度和每一梯级的均匀性。产生基准底片的几个度量，并且将基准底片上这些不同点的数值阵列存储在基准文件之中。

对于测量高对比度，几何结构和MTF的基准底片404的说明性文件406，并不是要校准几何结构或者MTF靶。所包含的是代之以对应于定义401对基准底片上的任何特征的条形图模间距，宽度和尺寸的说明。这借助于特征的XY位置而不是诸如在用于基准底片404的说明性文件407中所发现的灰度信息的密度测量。

生成基准底片404和405以及分别对应的说明性文件406和407的步骤一次完成并将基准底片和说明性文件存储起来用于以后校准和测量电子图象系统的性能。

校准

电子成象系统在工厂装配，校准和测试。初始测试数据被保存用于以后的趋势跟踪（预防性维护）。基准底片404和405及其对应的说明性文件406和407总是随特定的电子成象系统保留作质量测试和校准之用。使用底片数字化器408将基准底片输入系统，该底片数字化器在本发明的较佳实施例中是Lumisys的LS-150型底片数字化器。然后在任何测试和标准时间期间基准图象404和405可被扫描进去并被数字化以便在系统的寿命过程中通过使用图象质量度量分析软件系统411测量数字化器408的性能，以便产生分析结果文件412，如同以下更为详细的说明，该文件表示数字化器的性能。

图象质量度量分析411用来测量与上面结合图1和2叙述的电子成象系统的组件，即：图象采集装置10，图象显示装置20，图象存储装置30，和图象硬拷贝装置40。电子成象系统的所有四个组件可被测量，并且这些组件的图象质量和性能的下降可被分析。

空间分辨率测试特性

空间分辨率是图象操纵组件保持图象清晰性的能力的一个测度。也被称为点扩散函数，或者在频域中被称为调制传递函数（MTF）。前者是著名的系统的二维脉冲响应，而后者则是点扩散函数的付利叶（Fourier）变换幅度。这些是表示图象清晰度的等价方法，但是MTF是最频繁使用的测度。MTF是系统的对比度对空间频率的范围的响应的连续测度。实际上，

MTF通过计算一组离散的空间频率的对比度响应而采样。使用包含若干如图5所示单频率条图模509、510的一组测试图模，通过观察在每一条频率周围采样的直方图特征可以获得对比度响应。这时所获得的数字集合是连续的MTF的稀疏样本，质量评估可以通过检验MTF的对比度滚降（roll-off）特征作出。

在本发明的较佳实施例中，MTF必须从对应于图象传输（而不是密度）的像素数值的一个集合计算。这一转换发生在上面结合图4A和4B叙上述的特征抽取过程期间。用于这一测度的较佳测试特征表示为图5所示的三组多频率条图模505，506和507。多频率条图模指向垂直，水平和与坐标轴成45度。这允许系统在三个最重要的旋转角度对MTF进行采样，在这些角度扫描的图象装置最容易引起MTF损失。

像素数值完整性测试特征

为了测试像素数值的完整性，需要一个包含宽密度范围的图象，诸如上面结合图6叙述的对应于以上参照图4A和4B所述的基准底片405的图象。需要基准底片405上的足够数目的样本点以暴露输入数值小范围上的任何非线性。为了测量响应的一致性，等密度的输入区域应当尽可能一致。用于这一形式的质量监视的测试特征是应用上面结合图6所述的梯级楔图模实现的。图6的梯级楔具有等于或者超过被测试组件的动态范围。带有32个梯级及最大密度至少为3.6 OD的楔用在本发明的较佳实施例之中。

为了降低绝对精度要需求和梯级楔制造过程的可重复性，每一基准底片405必须独立地表征。然后这一信息被传送到上面参照图4A和4B叙述的独立描述符文件407中的度量计算程试。描述符文件407*对于每一基准底片是唯一的并伴随每一基准底片存储在供本发明的较佳实施例使用的存储器中。

图象质量度量分析例子

作为举例（但不是限制），本发明能够测量基于激光的底片数字化器中的“激光束晃动”。在这种数字化器中，当底片在垂直于激光扫描方向

的通路中运动时，激光光斑横掠底片连续扫描。理论上，激光光斑横掠底片的轨迹应当是直线。然而，用来扫描激光束的光学-机械系统可能使得轨迹有点不是直线。这种偏离可能由于诸如反光镜表面变形、反光镜弓形错位（如果使用旋转多面反光镜）、透镜变形和运动组件中的轴承磨损或振动等物理现象而发生。结果将是基准图象中的直线边缘在所检测的或者打印的图象中变为曲线。为了量化这一失真，本发明的较佳实施例产生了来自度量分析的单数字输出，该输出是由于这一效应在样本图象中对直线性的总偏离的一个测度。

在本发明的较佳实施例中，这一度量首先孤立从取向平行于如图4A和4B的边界所示基准图象的扫描方向的一条理想直线或者边缘的扫描所得到的样本图象中的所有边缘象素。结果是建立起一个包括垂直梯度、阈值、形态上的膨胀和缩变的图象处理过程。该结果将是连结描绘激光扫描轨迹的二进制边缘象素的一个集合。系统从这一象素阵列抽取每一象素的Y-坐标集合。然后称为线性回归的经典的统计分析过程用于这一坐标集合。这一过程推导出具有按最小均方差判定法估计拟合优度的最佳逼近轨迹通路的直线的参数。这一过程还自动计算基准底片被扫描时可能出现的任何旋转。结果，统计量“标准误差”即是样本总体中对最佳逼近度的总偏差的RMS（均方根）测度。然后就预设的阈值测试这一数值以便对于可能存在的激光束晃动的可接受性给出行/不行判断。

在电子成象系统的采集和打印功能期间，同一技术用于扫描几何度量以及密度响应线性度量的开始/结束。对于另外两个几何度量的统计度量的应用不同于图象质量度量分析之处仅仅在于对于回归分析所用的量值，诸如象素坐标或者象素数值。

其它以下更为充分说明的度量，使用了某些形式的统计测度诸如均值、标准偏差、或者方差。在所有的情形下，结果是可用在简单的行/不行测试判断以进行整个系统操纵的图象质量评价的一小组数字。

图象采集质量度量分析

再次参见图2和3，图象采集装置10用来向系统输入数字化的图象。基准底片404和405由数字化器408扫描以分别产生数字样本图象409和410。数字样本图象409和410由图象质量度量软件分析以便确定感兴趣的具体区域并计算每一感兴趣区域的测度。然后将该测度每一感兴趣区域存储的阈值比较以判断该系统是否在适当的性能水平工作。

几何/MTF基准底片404的一个例子以基准底片500的形式示于图5中。这底片包含若干感兴趣的区域，该区域的位置和描述在说明性文件406中说明。图象质量度量分析软件411首先确定登记靶508以计算偏移向量用来确定被扫描数字样本图象409的定界矩形和其它感兴趣区域。分析软件411使用标准的特征识别程序知道在图象中心开始寻找小的黑色方块登记靶508。一个大的感兴趣区域被规定在数字图象409的中心，并抽取和寻求直方图以确定谷值在哪一个双峰直方图中。谷值表示将暗的登记靶与其周围的明亮背景分开的最佳密度。谷值的这一密度被定为鉴别登记靶象素的阈值。定阈值的结果是一个要进一步被分析以抽取靶508的矩心的二进制图象。这是使用反复腐蚀或行/列限幅实现的。

数字样本图象409的二进制图象中的靶508的矩心的X和Y坐标用来映射到如说明性文件407中所描述的原始图象404中的真正的中心。这一映射首先告诉分析软件411多少图象向左或者向右移动并允许分析软件411为图象409中的其它感兴趣区域的位置指定偏移向量（变形）。确定其它感兴趣区域是对每一感兴趣区域计算扫描器408性能的度量使得表1的度量被计算的前奏。

有可能物理基准底片404在其被底片数字化器408扫描时被稍微旋转，结果在其被数字化为数字样本图象409时产生图象500的一个旋转。由于度量被设计为在旋转存在时运算并计算它们与旋转无关的相应结果，这一旋转不大重要。例如，在度量底片数字化器或者扫描器408的性能时统计技术之一是测量基于直线502、503和504的线性扫描的能力。扫描线502、503和504的端点象素被定位在图象文件409中，并且关于象素位置进行最佳拟合线性回归。例如对于垂直线503，最佳拟合线性回归是关于象素位置的Y

坐标阵列进行的。然后该度量分析软件对使得分析与旋转无关的数据集合完成最佳拟合线。

对于内扫描或者横向扫描方向中的行程的分析，分别应用特性510和509。在条状空间区域内定义了一个很长又很窄的感兴趣区域使得该感兴趣区域完全保持在这些特征之内。在这些感兴趣区域中，不关心旋转，因为仅分析表示特征510和509之内的直线的峰值和诸峰之间的标准偏差。标准偏差将表示在被分析的方向上扫描速度的线性。

试样505、506和507内的调制传递函数也是旋转无关的。505、506和507这些试样用来测试底片数字化器408的分辨能力并被类似于上述分析行程的技术进行分析。感兴趣的定界区域完全位于试样之内以进行关于试样505、506和507分辨率条的直方图分析。对于试样505、506和507的条纹511、512和513之间的间隔是故意放置的，以便允许小的感兴趣区域可被放置在分辨率图模之间。例如，分辨率图模514指定用来测量试样505中每mm 0.2线对的垂直分辨率。分辨率图模516指定用来测量试样505中每mm 0.4线对的垂直分辨率。分辨率图模514与516之间的间隔515指定用来允许感兴趣的区域仅覆盖分辨率图模514的水平条的一部分而不包含分辨率图模516的任何部分或者试样505的边缘。这样，基准底片500的测试图模特征就被专门设计为旋转无关的。然而，如果旋转的测量是感兴趣的度量，则特征501、502和503可用来根据定义文件说明406测量旋转量。

条纹检验过程

作为对灰度梯级楔基准底片405所进行的象素数值完整性测试的一个先导，首先进行条纹检测程序。用于数字化器或者激光成象器测试的灰度梯级基准底片的一个例子以基准底片600的形式示于图6中。这个底片对象包含底沿底片的垂直轴线向下逐渐增加密度的若干水平校直的均匀密度梯级。条纹分析处理是用来检测在所获得的或者打印的图象中任何垂直指向的扰动。这些扰动的引起是由于几个问题：

- 1) 用于激光束扫描的底片数字化器或者计算机X光照相系统中的折叠反光镜的污染；

- 2) 用于基于CCD的底片数字化器中的直线式照明器的污染或者障碍物;
- 3) 用于基于CCD的底片数字化器中的CCD上的误校准或者象素错位;
- 4) 用于传送底片通过底片数字化器、激光成象器或者底片处理器的滚轴的污染;
- 5) 底片由于毛刺或者脱离用于底片传送通路中的准直机械导轨或者导向器而发生的机械损伤(划痕)。

所有这些条纹源以连续的或者周期的垂直(或者近似垂直)线的形式产生可检测到的不正常的可能比周围背景暗些或亮些的密度。处理的目的是要判断这种条纹是否存在(检测),并且如果存在则借助于其在图象上的宽度、位置以及它们高于或者低于背景电平而将它们分类。任何条纹的出现通常将由引起条纹分析严重错误的过程辨认出,其中在产生条纹原因消除之前不得进行后面的象素数值测试或者校准。用来对条纹分类的信息可由确定条纹来源的高级软件(诸如基于规则的AI程序)或者由熟练的技术人员使用。

视采集模态类型的不同,使用条纹检验的两个不同的方法。这两种方法都应用了背景估计和相减的概念来产生图象对象,然后对该图象分析看是否存在具有某些沿图象的y-轴最小程度的垂直异常。背景抽取算法应用了传统的线性卷积和/或形态滤波。

第一条纹检测算法使用了双道二维背景估计,而第二个算法使用了列求和归结为一维问题,从而显著节省了处理时间。后一方法固然比较快,但如果在底片数字化时被测试的底片有相当大的旋转,则可能不能检出条纹。这一方法被限制仅用于事先知道所获得的图象中的最大旋转很小的底片数字化器中。对于CR,或者在采集过程中旋转控制较小(因而较慢)但是旋转独立的系统,则必须应用二维背景相减处理。

应用对背景上的象素数值偏差或者瞬时斜率(水平梯度)的测试而判断候选的异常区域时,首先在灰度梯级楔的每一梯级内检测异常。测量每一候选区域的总的y值和潜在的条纹的宽度,及其相应于图象背景的“颜

色”或者极性。所有这个条纹分类信息，包括所遇到的条纹的总数，均作为上述目的的结果而保存。不满足最小长度标准的异常被认为是离散的异常。这些计数也被作为基准底片中的整体清洁度和随机划痕内容的指数保存，以使基准质量可被监视并在离散异常计数超过预定的阈值时替换该基准。

登记MRI图象的例子

当采集模态为通用的3维立体成象系统诸如MRI, CT 或等等时，标识坐标空间中的任何旋转的登记过程对于预定感兴趣区域处理的成功应用是特别关键的。为了完成这一任务，可以依靠或者是市售的仿真模型中的可识别靶的存在（诸如来自Cone 仪器公司的仿真模型）或者最好是设计成定制的仿真模型3维对象，当成象时该对象产生可改成这里讨论的自动图象处理和特征抽取的形式的象素集合。用于MTF和几何变形测量的典型的MRI仿真模型通常将具有若干围绕圆柱体轴线成辐射状放置的圆形插头。每一插头具有若干叶片或触针，其分布模仿不同的空间频率。在这样所获得的图象中的未知数是圆柱体的转角。诚然，用于登记的对象可嵌入到具有与测试对象显著不同的结构的感兴趣容量的平面中。例如，如果MTF测试图模使用圆形元素，则登记靶应当是矩形（或者至少是直线围成的）对象。它还应当是尺寸或者密度不同使得当适当的象素数值或者形态（形状敏感的）滤波器施加到结果的图象时，得出登记靶和测试特征之间的清楚的辨别。一旦登记靶的象素坐标已经确定，则测试特征的指向可应用仿真模型中的所有特征之间的空间关系的先验知识导出。登记过程的输出将又是一个偏移向量而（现在是一个3元组），该向量用来调整为进一步的质量测试所感兴趣的任何预设区域。

图象硬拷贝质量度量分析

再次参见图2和3，图象硬拷贝装置40用来输出系统的数字化的图象。图象质量度量分析测试硬拷贝装置40的特性，该装置在本发明的较佳实施例中为一个激光成象器207。参见图4A和4B，激光成象器417（对应于图2

的激光成象器207)的性能测试是一个需要使用底片数字化器408的闭环分析。因此,在测量激光成象器417的性能之前必须校准底片数字化器并且测量其性能。

为了测试激光数字化器417的输出,所存储的对应于文件401和402中所定义的期望图象的数字基准图象被从图象服务器413检索(对应于图2的图象存储装置30的盘存储系统204)。激光成象器413将分别产生在定义文件401和402中所定义的期望基准图象的打印机样本底片420和421。激光成象器使得x-光底片等等曝光并通过底片处理器418处理底片,该处理器是图象硬拷贝装置40的一个组成部分。打印机样本底片420允许用于激光成象器的MTF和几何特性测量。打印机样本底片421允许用于激光成象器417的灰度特性的测量。应用底片数字化器408以图3中所示的闭环方式将样本图象420和421扫描回系统中。底片数字化器309在打印机样本底片图象420和421中扫描以用于输入到图象质量度量分析411。分析的结果存储在分析结果文件412中。

图象质量度量的数值是针对预定的阈值被测试的以确定在硬拷贝产生过程中是否已经有任何下降。如果数字化器被首先校准并且在测试激光成象器417的性能之前测量其性能,则仅仅由于底片数字化器引起的分别对应于打印机样本文件420和421的数字化图象409和410的下降在图象质量度量分析411期间被补偿。

图象显示质量度量分析

图象观察站415的CRT监视器的测试相应于图2的图象观察站212a-212c。CRT监视器的性能测量由于荧光降低、线性、水平相位、宽度、垂直尺寸、枕形失真图案和环路的大范围的变化而非常困难。由于CRT监视器415的几何性能的大范围的变化,完全的性能测量很困难。在电子成象系统的使用实际中,测量这种CRT监视器415的灰度性能比测量其几何特性更为重要。于是在本发明的较佳实施例中,只进行CRT监视器的灰度性能测量。这基本是由于CRT监视器415的几何显示特性在慢速线性方式中不会下降。CRT监视器和几何特性的下降常常是大范围的以致突然出现收缩或

者变形。这一般是由于CRT监视器内的电子组件失效所致。CRT监视器几何特性的较微小的变化特别是在医务中是不大关心的，因为监视器很少用来表示它们显示的图象的实际物理尺寸。甚至图象各部分相对尺寸测量一般也不靠它。对于图象各部分的相对尺寸测量，生产了硬拷贝x-光图象等等。

光度计414用来测量CRT监视器415的灰度特性。光度计414设置在CRT监视器面板上预先设定的位置以便测量灰度性能。光度计414的光度读数结果被量化并存储在亮度样本数据文件416中供图象质量度量分析程序411用来与预定的将数字数值转为亮度的函数比较。这一比较的结果可用来判断CRT监视器415灰度域中的性能，并且这一分析结果存储在分析结果文件412中。该结果还用来通过使用显示LUT（查找表）进行显示系统的校准。

硬件查找表说明

查找表用在本发明的电子成象系统中将输入象素数据集合转换为输出象素数据集合以达到所希望的用于特定系统组件的传递函数。这样，达到包括校准、匹配和适应象素数值表示多样性的多种目的。例如，CRT显示LUT（查找表）用来匹配CRT对比度和亮度到原始底片的底片密度。打印机CLUT（对比度查找表）用来匹配被打印的底片密度到原始底片密度。数字化器LUT一般用来细调装置的校准并除去（通常的）密度到密度传递函数中的任何非线性。

图7表示用于本发明系统的较佳实施例的自动化图象质量控制系统的相关部分，其中LUT用来变换象素量。在该基本系统中三个LUT：LUT A 601, LUT B 608和LUT C 606。用来说明LUT输入与输出数值的专门用语示于表2之中。

表2: LUT输入和输出专门用语

<u>输入</u>	<u>LUT</u>	<u>输出</u>	<u>位置</u>
MOD[0:11]	LUT A	MPV[0:11]	底片数字化器输出级
MPV[0:11]	LUT B	DPL[0:7]	CRT图形控制器

LUT A 601合并于卢密赛斯(Lumisys)底片数字化器210中。LUT A 接收一个对应于卢密赛斯装置的A/D转换器输出的被测光密度的12位MOD[0:11]。这一数值由卢密赛斯校准直接将底片密度表示为毫OD (.001 OD) 单位的等价数字, 具有相当于3.6 OD的最大可用输出3600 (见图8)。作为一个12位的无符号整数, MOD的数值可达到4095。对于被测量的象素数值, LUT A的输出也是表示为MPV[0:11]的12位整数。于是, 由MPV整数阵列所组成的图象是存储在系统的图象服务器30内的图象。应当注意的是, LUT A也可能是任何其它图象采集装置的一个等效部分, 诸如CR或者MRI机。

LUT B 608位于图象查看站212的显示驱动/帧缓冲器硬件中。其输入是来自图象服务器的MPV[0:11]阵列, 而输出为用DPL[0:7]所表示的显示象素亮度。LUT B 608一般由图2的控制CPU213更新。LUT B简单地压缩12位输入数据为8位CRT发光强度。LUT B的内容将决定显示数据的窗口和电平, 以及这数据如何映射为CRT灰度系数以及所感受到的亮度电平。

其它输入模态可用于使用LUT表的本发明的较佳实施例中。例如, 输入模态610可以是磁共振成象(MRI), 计算机层析x光摄影(CT), 计算机X光照相(CR), 超声波(US)等等。和这些模态一起使用的LUT(A) 611如上所述, 并通过模态控制CPU 612以相同的方式操作。

LUT C606一般归属于激光成象器207。它用来映射特定的数字图象模态象素数值为适当的底片曝光数值。于是, 输入到LUT C的是阵列MPV[0:11], 而其输出是表示为IPE[0:11]的另一12位成象象素曝光数值。它也可以作为图2的控制CPU 201的一部分由硬件或者软件实现。

应当注意, 卢密赛斯底片数字化器(被选择用于本发明的较佳实施例)会遭到某种非线性底片密度响应所产生的某些校准漂移。图8示出卢密赛斯LS 150型的典型密度响应曲线。该装置对于最高可达±6%左右的密度非线性具有稍微超过一点的增益。底片数字化器408中的LUT A 601以图9所示的数值加载以提供对任何给定装置中的残余非线性进行补偿。LUT A 601

是在校准期间算出的（如下更为充分的说明）并具有图9所示的一般形式。图9中LUT A的这个型式保持模态的自然象素表示法（毫OD单位）。

与图9的LUT 相配合，将需要LUT B 如图10中所示。图10的LUT B 是根据被测量的CRT灰度系数特性，源的象素数值表示以及所需的CRT亮度至源识别的变换在CRT校准期间计算出来的。

在图11中，对于作为输入模态的底片数字化器描述了LUT C的一般形式。注意，LUT C 主要用于将源象素数值映射为被打印的底片密度。在其最一般的形式中，LUT C也对于不同的底片速度和对比度特性，降低的底片密度动态范围以及对于来自所需的传递函数的底片处理器诱发的偏差进行补偿。

软件功能说明

本发明包括在计算机上运行以测量电子数字化成象系统的所有组件性能的软件。本发明监视整个系统的图象质量以测出范围广泛的潜在的图象质量下降源。使用自动化系统测量整个电子成象系统的图象质量为在测量系统性能中的远远高于和超过传统的直观或者交互诊断过程的准确性创造了条件。通过在电子成象系统中设置图象质量度量，实现了整个系统图象质量当前水平的自动评估。通过使用一组几乎不用操作者帮助而自动计算的一致统计图象质量度量获得了图象质量的一种可度量水平。这一软件系统的结果是完全客观的、可重复的过程，这一过程可由这系统的使用者以比现场工程师在周期地巡查用户现场所能提供的高得多的频率调用。

本发明的较佳实施例的图象质量控制软件将一个内容广泛的图象质量度量集合应用到电子成象系统的图象采集以及图象打印功能（激光成象器）上。由于应用自动数据收集方法只有亮度测量在经济上可行，故只有这些度量的一个子集适用于图象显示。因而诸如聚焦，变形，或者空间分辨率等这些CRT的几何误差不能被测量。假设大部分CRT显示器是足够可靠的，以至它们的几何或者空间分辨率的质量在现场维护人员相对不频繁的巡视间隙期内都是稳定的。

在图4A和4B所示的电子数字成象系统的自动化图象质量控制系统中

最关键的位置是图象采集处，例如在对应于图2的图象采集装置10的数字化器210的底片数字化器408。确定质量控制硬件和软件功能最合乎逻辑的点是在存储器中首先可获得数字化图象之处。图2的底片数字化器210当然是附属于一个主计算机209。本发明的较佳实施例中的主计算机是一台基于Unix的以浮点硬件支持图象处理操作的工作站。计算机209中需要的足够的存储器以保存样本图象409及410，以及用于处理图象度量的临时图象处理缓存器。这一软件系统还具有在图象服务器201上执行的组件，它也是基于Unix的工作站。此外，在使用光度计414的亮度测试期间在图象观察站422上将需要一个数据收集远程程序从测试中的监视器415收集亮度数据。

本发明的较佳实施例中的软件是用C/C++开发的，并拟使用平台无关的（除了浮点硬件支持以外）UNIX操作系统操作。业内专业人士将容易看出，由于本发明的较佳实施例的源代码是以“C”代码实现的，这对于使用诸如DOS、Macintosh等其它操作系统提供了平台无关性。

自动化图象质量控制软件组件

图12是对于本发明的较佳实施例自动化图象质量控制软件组件的整体流程图。图象质量控制用户界面701与用户在高层次进行通信。软件的这一管理者组件处理过程控制，参数设定，用户查询，及状态提示。一个数据库维持着保存来自软件702的图象质量控制用户界面组件701所管理的自动化质量控制处理的所有结果711。

用户具有通过图象采集站软件715至自动化图象质量控制软件组件的直接通道。事件/资源管理器713是一个低层次资源管理器，由图象采集站软件715用以在低层次控制系统702的资源703、704、705、706、707、708、709、710。这样，从控制输入模态的诸如图象数字化器的底片数字化站软件715所接收的信息就置于图象质量控制用户界面701的直接控制之下。

本发明的较佳实施例的关键组件是图象质量度量分析核心软件702（用C代码写成并包含低层次控制），用以进行对于系统整体性和性能测试所需的各种图象质量度量分析。基准对象描述符文件703，打印机测试图象描述符文件704，配置数据文件705，及测试参数文件706作为常量输入到这一软

件分析核702用于测量从电子数字成象系统所观察到的实际数值。

图象质量度量分析的结果是各种输出文件，诸如CRT显示LUT（查找表）文件707，打印机CLUT（对比度查找表）文件708，数字化器一类的模态输出，LUT文件709和出错文件710。这些度量分析的结果被存储在图象分析结果数据库711供以后由有资格的现场人员在确定和识别系统中的下降源时使用及查看。

图象质量度量分析核702还依靠一些第三图象处理宏程序库712诸如业内专业人员所熟知的DIP站或者IP Lab Spectrum。如同以上参照表1所述，本发明的较佳实施例能够进行范围广泛的图象质量度量以便分析有关该系统的性能的特性和统计量词。以下说明用于本发明的较佳实施例的各个度量分析软件程序。

自动化图象质量控制过程状态

图13是表示本发明的较佳实施例的自动化图象质量控制过程状态图。这一质量控制过程以系统用户在图12的图象质量控制用户界面701进行质量控制菜单选择开始。进行质量控制菜单选择通过提出一个将配置文件定义的有关测试或校准的建议顺序提示给用户的屏幕进行。仅有的选项是继续，或者使得选择错误或者选择可被取消的工作流程要求。能够由操作者执行的过程的完整的集合包括底片数字化器校准852，底片数字化器密度测定测试853，底片数字化器几何测试854，激光成象器校准855，激光成象器密度测定测试856，激光成象器几何测试857，以及图象存储和通信测试858。这些过程的执行顺序由以下更为充分说明的各种因素所控制。

CRT校准和测试过程通常是由现场服务工程师使用光度计完成测试的。以下参照图22说明这一测试。

图13表示用于在底片数字化器站209上执行的自动化图象质量控制过程的完整的集合。业内专业人员容易看出，对于本发明的较佳实施例的电子成象系统的计算X光照相接口将需要一个类似于测试图象采集装置的质量的过程状态图。图13示出可能出现在过程完整集合的各种步骤之间的状态转移通路。图13的过程状态图的实线801、802、808、811、814、819、

823、826、828、及829表示对于在可接受的限度内系统操作的过程的各种状态之间成功结果的通路。状态图其余的通路是在过程中出错（诸如无效的校准结果）或者图象质量度量已经超出“致命”的电平阈值的情形下所取的，以便终止该过程。

图13还定义了报告每一过程在哪里以记录文件的形式存储着其自己的结果以在它们遇到时以出错文件的形式另外产生警告或者致命水平的错误信息的原则。对于每一度量类型所示的该方法仅产生一种类型的出错信息（警告或者致命的）。并不认为度量的警告水平超过数是一个负面结果，除非它可由较高水平的软件用来产生自动服务提示在具体的范畴中对于这一组件不久可能出现的问题（预测性服务）。自动化图象质量控制应用的正常用户将永远不会看到警告水平的提示。而是这一范畴的出错将仅出现在用作信息目的的系统管理员控制台上。对于每一测试比较，复原状态被适当地更新。

在每一过程的终结时，信息显示在指示中断结果状态的底片数字化器站屏幕上（警告由于成功的结果而被掩盖）。这时，结果还被保存。其它结果被保存用于性能跟踪并作为帮助检查组件故障。在完成每一过程之后，用户屏幕指示将要执行的下一过程并然后控制到该过程的通路。

在开始状态850开始时，控制通过801到启动程序851。启动程序根据预先存储的测试设置信息（该信息必要时可被修改）提示用户要进行什么测试。通常，数字化器校准测试852被首先选择。然而，用户具有直接选择数字化器密度测试853，激光成象器密度测试856，或者激光成象器校准855的选择余地。

通常的控制是通过802到数字化器校准程序852。数字化器校准的正常完成让控制通过808到数字化器密度测试853。这一测试的失败将控制或者是送到图象存储和通信测试858，或者送到致命出错时的结束测试859。

下面执行数字化器密度测试853。这一测试的失败也将控制或者在警告信息的情形下送到图象存储及通信测试，或者送到在这一检测致命终结时的结束程序。

随着数字化器密度测试853的正常完成，控制通过811到达数字化器几

何测试854。又，结束这一测试的警告信息将控制送到图象存储及通信测试858，或者在致命终结的情形下，控制通过818被送到完成程序859。在一定条件下，数字化器几何测试854将跳过激光成象器校准测试855并将控制送到激光成象器密度测定法测试856，或者如果用户选择不考虑激光成象器校准测试855，则送到激光成象器几何检测857*。

这组测试的正常流程将控制从数字化器几何测试854送到激光成象器校准过程855。这是一个建议的通路，因为校准激光成象器是激光成象器密度测定测试过程856和激光成象器几何测试过程857的一个重要前奏。又，激光成象器校准过程855的警告水平的终结将控制送到图象存储及通信测试过程858。激光成象器校准过程855的致命终结将控制送到结束过程859。激光成象器校准过程855的正常终结将控制送到激光成象器密度测定测试856。

激光成象器密度测定测试过程856能够随着警告信息将控制送到图象存储和通信测试过程858而终结。激光成象器密度测定测试过程856的致命终结将控制送到结束过程859。激光成象器密度测定测试过程856的正常完成将控制送到激光成象器几何测试过程857。

激光成象器几何测试过程857能够随着致命出错终结测试，向结束过程859直接发送控制。激光成象器几何测试过程857的正常完成将控制送到图象存储和通信测试过程858。在所有的情形下，图象存储和通信测试过程的终结都将控制送到结束过程859，该过程最后结束处理而返回开始过程850。

流程图的详细说明

从用户的观点来说，提供一个最初的屏幕包含列出一个用于图13的状态图中所示的测试过程的建议执行通路。该列表将以对配置和状态变量的最初的评价为基础而不论结果变量如何。这一列表的目的是使用户记住测试的顺序。对用户给出或者是继续或者是完全取消自动化图象质量控制处理的选择。如果「继续」的选项被选中，则启动过程将控制送到上述五个后续过程之一。图13中所述的每一个过程下面以流程图的形式更为充分地说

明。

自动化图象质量处理控制流程

图14A是图13的过程852, 853, 854, 855, 856, 和857任何之一的处理流程图。图13的每一过程计算如图14A所示数个度量。于是, 图13的每一过程计算上面参照表1所述的多个度量。

每一过程可能计算不同数目的度量(如图14A所示从1到n)。在计算每一度量902, 904, 和906之后, 进行度量测试、记录和状态更新(TLSU)过程903, 905, 和906, 该过程更为详细在图14B中示出。例如, 在第一度量经计算902之后, 执行TLSU处理903。在每一度量的每次计算之后进行的TLSU处理确定什么类型的信息要在记录文件中报告。如图14B所示, 如果度量计算超过第一阈值电平909, 但是没有超过第二阈值电平910, 则产生一个警告信息911并被装入信息记录912。如果对于计算的度量第二阈值910被超过, 则TLSU程序903将在记录914中放入一个致命错误信息913。于是, 该记录被以每一个所计算的度量更新并且度量计算的结果与阈值电平比较。

在完成了所有的度量和完成所有的TLSU过程之后, 便执行结果通报和下一个状态处理(RMNS)程序908以确定图13中哪一个状态下一个要被执行。结果通报和下一个状态处理(RMNS)程序908示于图14C中。如果例如其说在任何计算的度量中遇到一个致命的错误, 则RMNS程序将使得控制返回到图13所示的完成或结束过程859。如果计算出警告信息, 则图13中的下一个状态被计算并且将控制送到该程序。

底片数字化器校准

图15是用于图13的底片数字化器校准过程的流程图。数字化器校准的目的是要保证被测量的密度误差保持在预定允差之内。所采取的方法是使用基准梯级楔底片与线性满标数字化器输出LUT结合而获得原始的数字化器传递函数。由此, 一个新的LUT被计算出, 当该新的LUT加载到数字化器时, 应当在实际的和测得的密度之间产生预期的传递函数。对于Lumisys数字化器, 这对应于具有最低有效位为0.001光学密度的象素数值和对于大

于3.6光学密度的输入的硬性限制。

这一处理详示于图15。首先，预先存储的线性满标输出LUT（即，无需通常将3600以上限制在3.6的限幅函数）装入到数字化器1002。然后该系统提示用户在1003正确插入梯级楔底片。一经确认底片已经进入1004，底片就在1005被数字化。底片在1005数字化之后，梯级数字样本图象接着在1006被核实以检验正确的底片及在正确的方位。失败将控制送到1007。用户在1007得到第二次机会纠正状态。如果第二次不失败，在1008向用户给出一信息并在1004处理重新开始。如果被指出纠正方位和纠正底片第二次失败，则在1009记录该失败，在1010设置致命标志，并且结果通报和下一个状态处理程序在1011被调用以完成这一过程。

假设正确方位和正确底片已被输入并数字化，则在1012检查数字化样本图象是否有条纹。这对于确认数字化器镜片是清洁的以及没有造成基准底片明显的划痕这两点是必要的。然后控制被传送到度量测试记录和状态更新程序1013，并在1014计数条纹的数目。如果发现了任何条纹，则在1010记录致命出错信息并且该过程在RMNS程序1011结束。如果没有发现条纹，则控制被传送到1015，在这里系统产生一个新的但是不一定是线性的输出LUT。如果在图15的这一校准程序中没有出错，则一个新的OLUT(输出查找表)被存储以备后用并装入数字化器。

如果已经出错或者如果用户选择了放弃，则出错状态将被记录并且最新的数字化器输出LUT将再存入数字化器中。执行下一个过程将如图13的状态图中所示随这一测试的结果的状态而定。注意在这一过程中，以及在以下结合图18A和18B所描述的激光成象器校准过程中，不存在据以计算出用来评价结果的效能的单一度量。这些只是简单的校准算法。

底片数字化器密度测试过程

图16A和16B说明底片数字化器测试过程。底片数字化器的密度测定的测试通常在成功的校准过程之后进行。这种情形下，系统正在检验刚刚计算的输出LUT产生所需的结果。这一过程可通过跳过数字化器校准和使用现有的LUT调用。

底片数字化器密度测试在1101开始时，提示用户在1102插入或者也许是再插入基准梯级楔底片。在通常的数字化和检验之后，在1111如同对于数字化器校准所作的那样进行条纹检验。又，如果没有检测到条纹，则进行一个四项测试的系列：绝对密度误差1114，最佳适配密度线性1116，对比度分辨率分析1118，及大面积一致性分析1120。

底片数字化器几何测试过程流程

图17A和17B说明对底片数字化器几何测试的处理。如果用户允许几何测试，则这一过程在如图17A所示在1201开始流程。达到这一过程需要数字化器密度测试过程已经如图16A和16B所示成功地执行。如同在这些程序中通常那样，提示用户在步骤1202将几何测试底片404插入数字化器中。如同上述结合图15所述那样，允许带有一次重试的类似检验步骤。

几何测试以登记由数字化1210所获得的图象的一个步骤开始。因为许多要执行的测试涉及如图5的几何/MTF基准图象上所示的小的感兴趣区域的精确位置布局，故系统需要知道数字化时是否有图象的任何x或y的平移。根据使用图5的登记靶508的登记分析，确定出所有后面测试都使用的偏移。

在登记之后，如图17B所示计算八个图象特征抽取及性能度量序列。这八个方面是：内扫描速度均匀性分析1212，横向扫描速度均匀性分析1214，象素大小及长宽比分析1216，规范化眩光区域分析1218，在1220的水平及垂直MTF和若干频率，周边均匀性分析1221，扫描位置的开始和结束一致性（跳动）分析1223，以及扫描晃动（激光束晃动）分析1225。虽然分析将发现在若干频率的MTF，实际上系统几乎仅在单个频率测试MTF数值作为性能度量。在本发明的较佳实施例中，将测试在1.0 lp/mm或其附近的数值。

激光成象器校准过程流程

图18A和18B是表示激光成象器校准过程的流程图。在本发明的较佳实施例中，选择的激光成象器是从本发明的受让人Minnesota Mining and

Manufacturing Company获得的型号No. 959或者969激光成象器。969型激光成象器内部装有闭环密度及对比度控制机构。这一特性消除了由于密度测定重复精度的缘故而需要的定期校准。然而较早的959型机器是“开环”的，并由于化学、底片及激光功率变化的结果易产生相当的密度和对比度的变化。于是随着在电子成象系统中所应用的激光成象器类型的不同，由于在激光成象器内和不同的激光成象器之间过分易变，本发明的较佳实施例的自动化图象质量控制功能用于对激光成象器校准和保持其适当的可操作性是必不可少的。

用于从样本底片获得打印的底片密度的反馈装置是图4A和4B的底片数字化器408。然而某些系统可能没有底片数字化器408作为主要输入模态。例如，计算机X光照相输入模态可能取代数字化器。这种情形下，在系统中将装有自扫描光点型密度计作为密度测定反馈装置。

成象器校准处理示于图18A和18B中。首先在1302将标称密度设置和线性CLUT装入到将要被校准的成象器。然后在1303发出打印请求。待打印的样本底片将取决于在图4A和4B的系统中是否存在有数字化器。如果有，则在1309打印出梯级楔。否则将出一张带有适于供密度计读取的嵌入测试模图的底片。用户被提示在1310进行处理或者检索结果样本底片并将它放置在适当的读取装置中。如果在1309已经制成梯级楔，则它在1312与1313被数字化并检验正确方位，正好像在上面结合图15叙述的数字化器校准与测试过程一样。在底片被检验之后，在1314进行条纹分析。如果系统在1304正在应用密度计，则在1308进行方位检测。然而，在1314的条纹测试和分析将被跳过，因为这不能用光电阅读装置进行。

然后，供成象器用的新的CLUT在1317产生。这一处理将检查打印的底片 D_{\max} (获得的最大密度)并决定是否要需要作出任何密度调节。这时，要作一次检验以看看是否完全获得了理想的密度，或者是否必须作出折衷平衡处理。如果发现可以作出密度改变，则CLUT生成处理将结束而不必在1322置DONE标志为真。它还将输出将被使用的新的密度。在这点，一个新的样本底片将产生并将重复该步骤。

CLUT生成算法将通过置DONE为真而发出完成信号。这时，它还将设

置适当的警告或者致命出错标志指示所达到的校准结果的类型。这种情形下的警告将被解释为意味着只有在对所需的 D_{max} 作出折衷平衡处理之后才能成功完成成象器校准。当发现甚至连折衷平衡处理的 D_{max} 也不会获得时则出现致命错误。

最后，新的CLUT保存到图象服务器的默认LUT文件中供进一步的打印请求之用。它还作为命名的结果文件保存起来供以后在将来出错时恢复。在校准过程中所获得的其它结果也在RMNS程序1323保存。然后处理过程的下一步由RMNS程序决定将图13中所示的控制流程从激光成象器校准过程855移动到下一步。

激光成象器密度测试过程流程

图19A和19B说明了激光成象器密度测试过程流程。激光成象器密度测试可以或者作为刚刚计算的CLUT的定标后的检验或者从如图13中所示的数字化器测试序列直接进入。在这两种情形下，图19A和19B的这一过程完全如同图18A和18B中所示的激光成象器校准那样开始。在打印适当的样本底片，扫描及数字化和检验步骤之后，实际的密度测定测试在图19B开始。图19B中的测试和图18A与18B的数字化器密度测定测试中所作的测试之间的区别在于使用了不同的描述符文件与测试阈值集合。用于成象器测试的描述符文件是考虑到出现在打印时的图象的缩小，以及在激光成象的底片中修改预期的密度特性。考虑到以前数字化的样本图象将包含由于成象器和数字化器两者造成的下降的事实，测试结果文件将不同。于是，用于测试该结果的阈值将放宽到足以顾及所引起的级联影响。还要注意，如果密度计被用来获得数据，则均匀性429及对比度分辨率测试427这最后两个步骤将被跳过。

激光成象器几何测试过程

图20A和20B说明了激光成象器几何测试过程的流程。这一过程当可行时，仅能够与底片数字化器结合进行，并将以同对于数字化器几何测试过程类似的方式进行，所不同之处在于对几何样本底片将参照不同的描述符

文件。而且，用于各种MTF和几何度量的测试阈值将不同于数字化器的情形，这是由于级联下降，底片色彩的差别及激光成象器与底片数字化器之间一般不同性能表现的关系。

图象存储与通信检测过程流程

如上所述，图象质量下降的另一种形式是由于在图象数据通过系统移动时通信和存储通路中的故障。在本发明的较佳实施例中，图象通信错误可能出现在数字化器和底片数字化器主机之间，从底片数字化器主机通过以太网到图象服务器之间，以及从图象服务器通过光纤到观察站之间。在图象观察站中，故障也可能出现只是影响成象。图象存储错误可能出现在底片成象器主机和图象服务器中的盘上。

对于这类错误的测试的一个方法是在系统的每一点处存储同一测试图象文件的多个复制件，并然后从点到点移动复制件。在每一点在传输的图象与存储的图象之间进行比较。图象的应用不是严格要求的，但是从软件的观点而言可能是极为方便的。重要的是数据量类似于或者大于任何图象文件的数据量，以及被转移的数据集是以可预测的方式对图象文件的所有位和所有可能的二进制数值进行。

对相应于图象尺寸的数据量的移动要求起因于需要测试通信或存储通路中的随机或者伪随机故障。通过增加进行转移或者存储操作的时间，发现随机出错故障的概率会更高些。

图21示出进行上述测试的一个处理过程。该处理过程顺着从底片数字化器到显示点的过程链上播下所存储的图象的复制件。在每一结点处，进行图象比较及错误记录。所有的错误将集中到系统中，在系统中它们将被输入到结果记录文件里。测试的这一形式将对系统的所有的用户提供额外的信任验证，使得确信图象质量控制是在所有的层次送达的。这不意味着用添加的诊断代替测试整个系统所应用的主机内的总线、CPU及存储器。

自动化图象质量控制结束过程

在完成图13中所需要和所述的所有过程时，或者从上述任何过程中放

弃操作时，调用结束过程。在这过程中，一个简明的屏幕呈现给用户，屏幕示出所有其它过程的完成状态。这一屏幕是表示上述所有过程的最后状态的一个简单格式。

图象观察站处理状态

图22是表示用于图象观察站的自动化图象质量控制系统的状态图。如上所述，该系统只是试图提供被显示图象的亮度特性的控制。这是为了在两个主要方面保证图象质量。

在第一方面，系统将调节从所获得的象素数值变到显示亮度的传递函数，使得用户所看到的软复制图象与同一用户观察光箱上的一个原件底片所看见的图象“匹配”。当然，CRT显示器的绝对的亮度仅是光箱亮度的一部分，但是这里的目的是保持在所观察的图象中的相对对比度。软拷贝与来源匹配的这一概念可被推广到本发明的较佳实施例的其它模态，包括来自计算机X光照相术单元、MRI或者CT扫描的图象。这些情形下，对象将或者与最初显示给这些系统的操作者（他们曾经拥有窗口/水平的图象）的图象匹配，或者与在这些系统正常使用时所产生的硬拷贝匹配。在本发明的较佳实施例中，仅说明CRT与原件x-光图象的匹配。

在第二个主要方面，用在电子成象系统中的所有监视器之间的亮度特性将被匹配。这一特性在用户具有双头显示的地方是特别严格的。主要是成对的图象要以相同的对比度和亮度显示给用户供比较。这一处理还要消除一对监视器之间的灰度系数特性的变化，有时要消除在给定的装置中所有的监视器之间的变化。

为了进行这两种匹配，执行如图22中所示的一系列过程。有三个主要功能过程，包括CRT校准1703，CRT测试1704，以及监视器匹配1707。CRT校准过程获得给定的监视器的特性，并使用这一数据结合预定的由源变到被观察图象的变换函数产生一个新的的显示LUT。

一旦新的显示LUT产生，它就可被向下装入并可对一系列已知的图象测试以检验硬件的功能。在这两个过程中，通过在临时基础上用具有一系列数字数据输出的光度计扩充系统而获得亮度数据。一个来自Tekronics的

型号为J17的这种装置具有RS232 端口,可与主机一同用来命令读取和向主机加载亮度读取。在本发明的较佳实施例中,现场工程师将连接光度计到用作被测试监视器的图象观察站。这两个过程提示用户在哪里放置光度计读取头,并然后不要用户介入就可取得全部数据。

图22表示适于图象观察站的一头和双头两个模式的这些校准和测试过程的排序。该系统提供了跳过测试和检验显示LUT硬件的选项。

一旦校准阶段完成,监视器匹配过程1707就开始。在这过程中,系统将试图将改变刚刚产生的显示LUT的比例尺度使得一个或者两个当前图象观察站监视器或者彼此匹配或者与系统所有其余的监视器匹配。确切的方法通过附加控制变量确定,这些变量规定是全部匹配,还是另一种匹配,比如说“仅是成对匹配”。这样,对于如何匹配系统监视器用户具有完全的灵活性。注意,如果系统正在匹配所有的监视器,则这过程将整体地作用于所有监视器的显示LUT以改变它们的比例尺使之与刚刚确定的增加/降低亮度特性匹配。这是一个高度的递归处理过程。

CRT校准过程

图23是表示CRT校准过程的流程图。在1802将以屏上对话和示出在被测试监视器上何处放置光度计读取头的图形提示维护人员。一旦放置被确认,则在1803采集原始的CRT亮度数据。这一处理执行一系列全屏幕填满用光度计的亮度读取采样跟踪的已知数字数值。这产生对实际亮度命令数值的一个阵列,表征监视器的灰度系数,荧光体,和最小/最大亮度设置。

在获得了亮度数据之后,要对预先设置的最小和最大电平进行核实以确定是否需要黑色电平和满标的亮度的人工调节。如果什么都不需要,则计算新的显示LUT。LUT生成处理过程返回,新LUT的一个单度量最小被检测斜率。这是新的显示LUT的“良好性”的一个测度,并且如果发现它可接受,则将LUT数据用于后继的测试和/或其它监视器的匹配。该系统还允许在亮度上强制超出当前建立的限制。这一特性允许在由于电源电压不足或者CRT老化而不能被调节的情形下对凑合着用的监视器校准。

CRT测试过程

图24描述了CRT测试过程的流程。以下的显示LUT生成是检验步骤，该步骤象在其它性能度量中那样求出和测试亮度误差统计量。在1902再次提示用户保证光度计要正确地放置到被测试的CRT上。在确认之后，显示LUT硬件用刚刚在1903所计算出的LUT数据加载。下一步，起动一个向被选择的监视器供给已知数值的图象的采集处理过程。这一过程使得LUT硬件获得变换的亮度数值。由于LUT硬件的测试能够使用其它的，较少耗时的诊断进行，故提供了一个绕过这一形式的显示LUT检验的选项。

监视器匹配过程

图25是表示监视器匹配过程的流程图。这一过程仅当用户希望整体地匹配所有CRT时才被调用。一旦这一过程开始，要进行一个检验以便看看是否只要求匹配监视器对。第一步检验至少要有两个监视器进行匹配。这一步骤或者通过查看刚刚执行的校准的状态，或者通过检验系统中所有其它监视器的状态完成。一旦进行了检验，则在2005开始匹配监视器的处理。在这一处理中，找出带有最大值亮度最低的监视器。然后带有较高亮度的所有监视器的显示LUT被改变比例尺度使得它们的最大亮度匹配先前所确定的最小上限。在这一处理过程中，需要利用对一个早些时得到的给定CRT以前所获得原始特征数据。匹配处理过程本身不会产生任何误差。相反，它返回改变了比例尺度的显示LUT的得数以及指示哪一个被改变比例尺度哪一个用作为主装置的CRT标识数的一个集合。当它不能找到至少两个被作用的监视器时，整个监视器匹配过程仅产生一个致命电平的错误。

图象观察站结束过程

如同以上结合自动图象质量控制FDS应用的说明，所有其他过程都通到用于图22的图象观察站处理的结束过程1708。在处理过程中这点唯一的作用是确认屏幕和退出测试程序。这时，有关这一图象观察站和任何其它受到影响的观察站的状态的信息被传送并被显示。结束的程序概括屏幕将简单地显示图13中所示过程的最终状态为成功，故障，未操作，放弃或

者未被执行。

结论

虽然在此说明和描述了特定的实施例，业内一般专业人员将能够理解，任何为了达到同一目的所作的计算安排可代替所示的该特定实施例。这一申请旨在覆盖本发明的任何修改或者变例。因而，其明显的意图是本发明仅由权利要求及其等价说明限定。

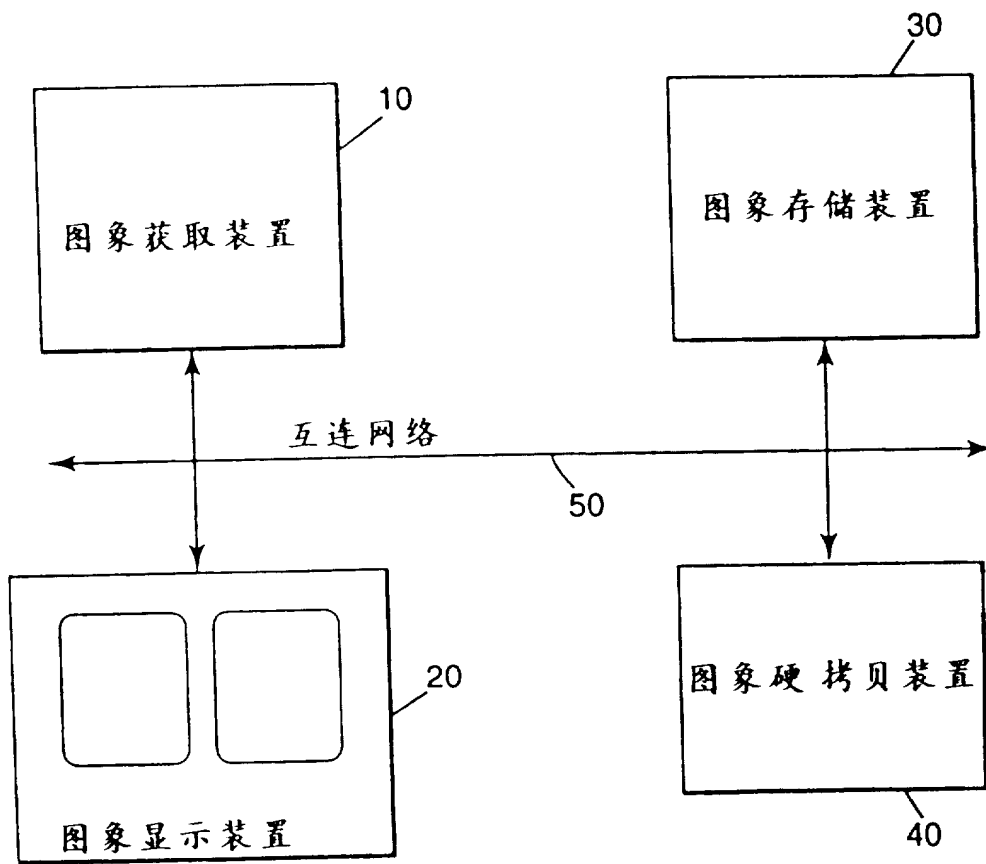


图 1

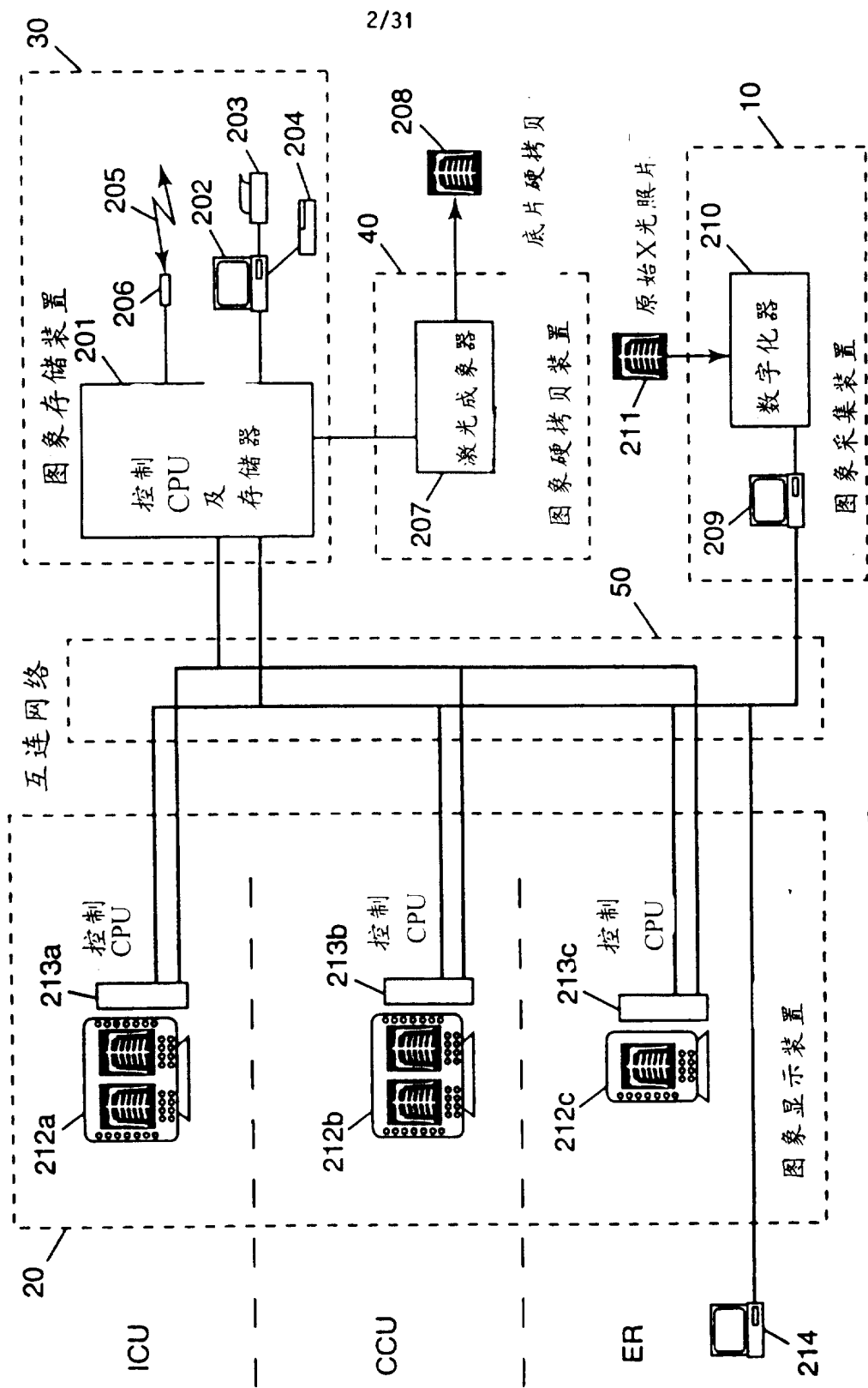


图2

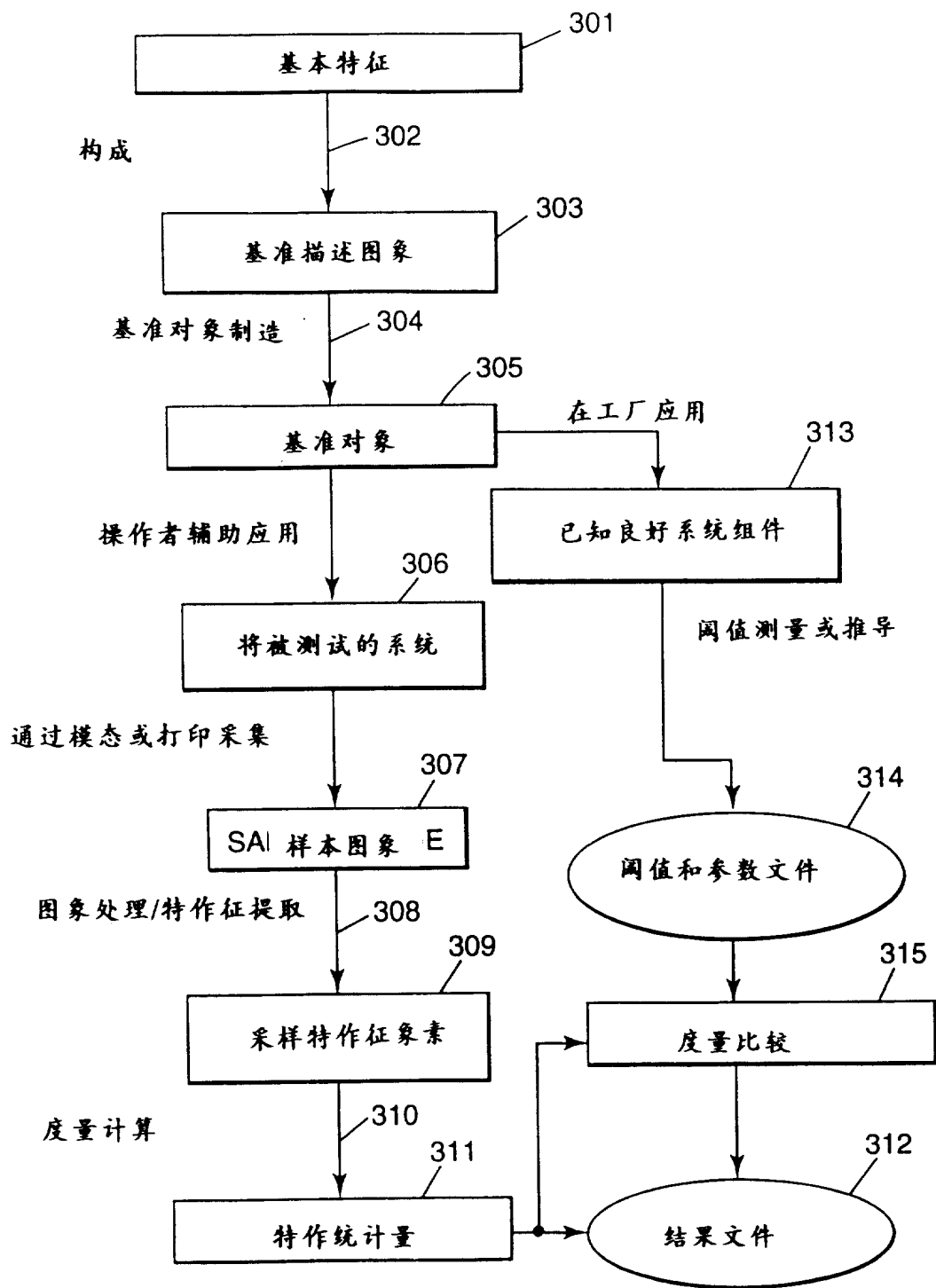


图3

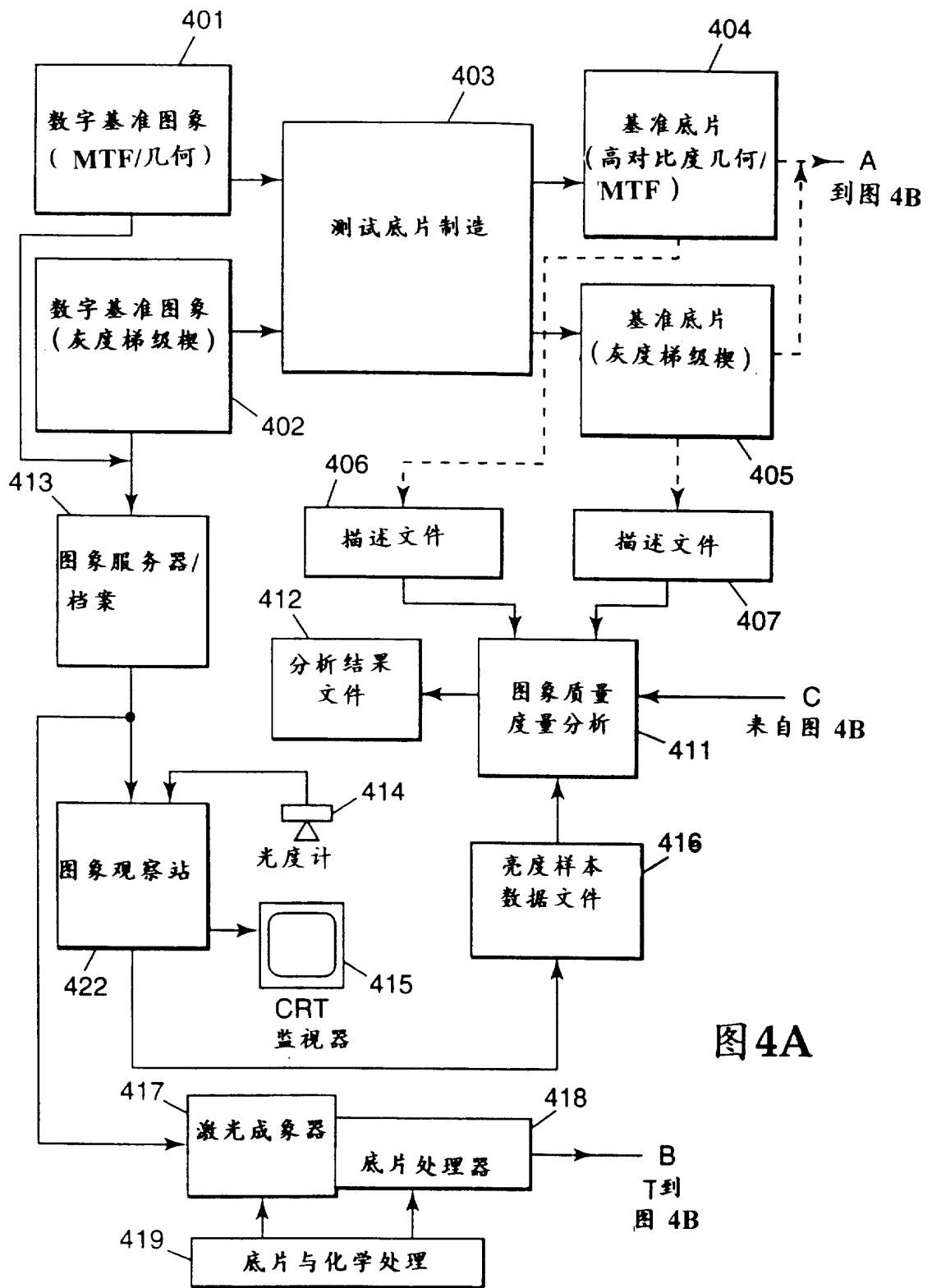


图4A

----- 指示操作者帮助传送底片图象

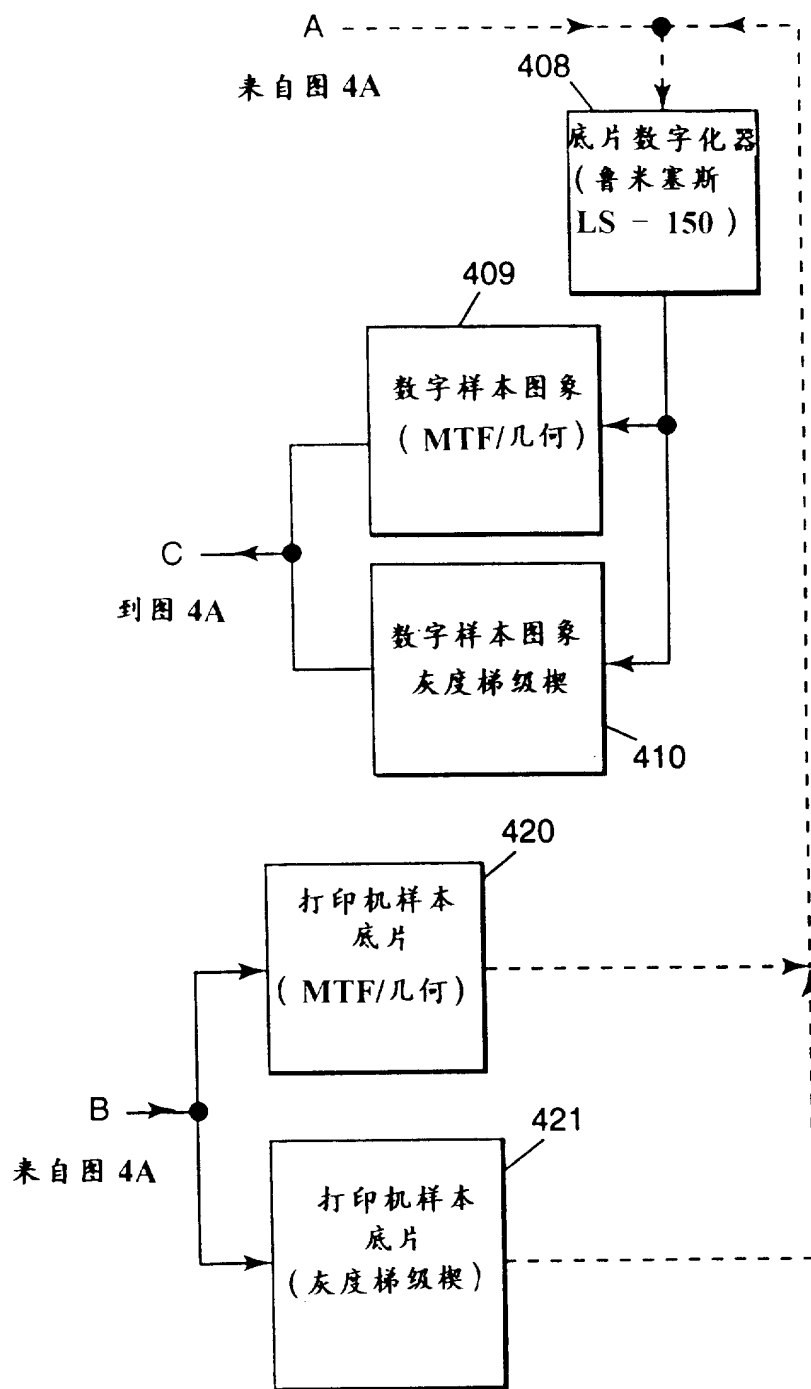


图 4B

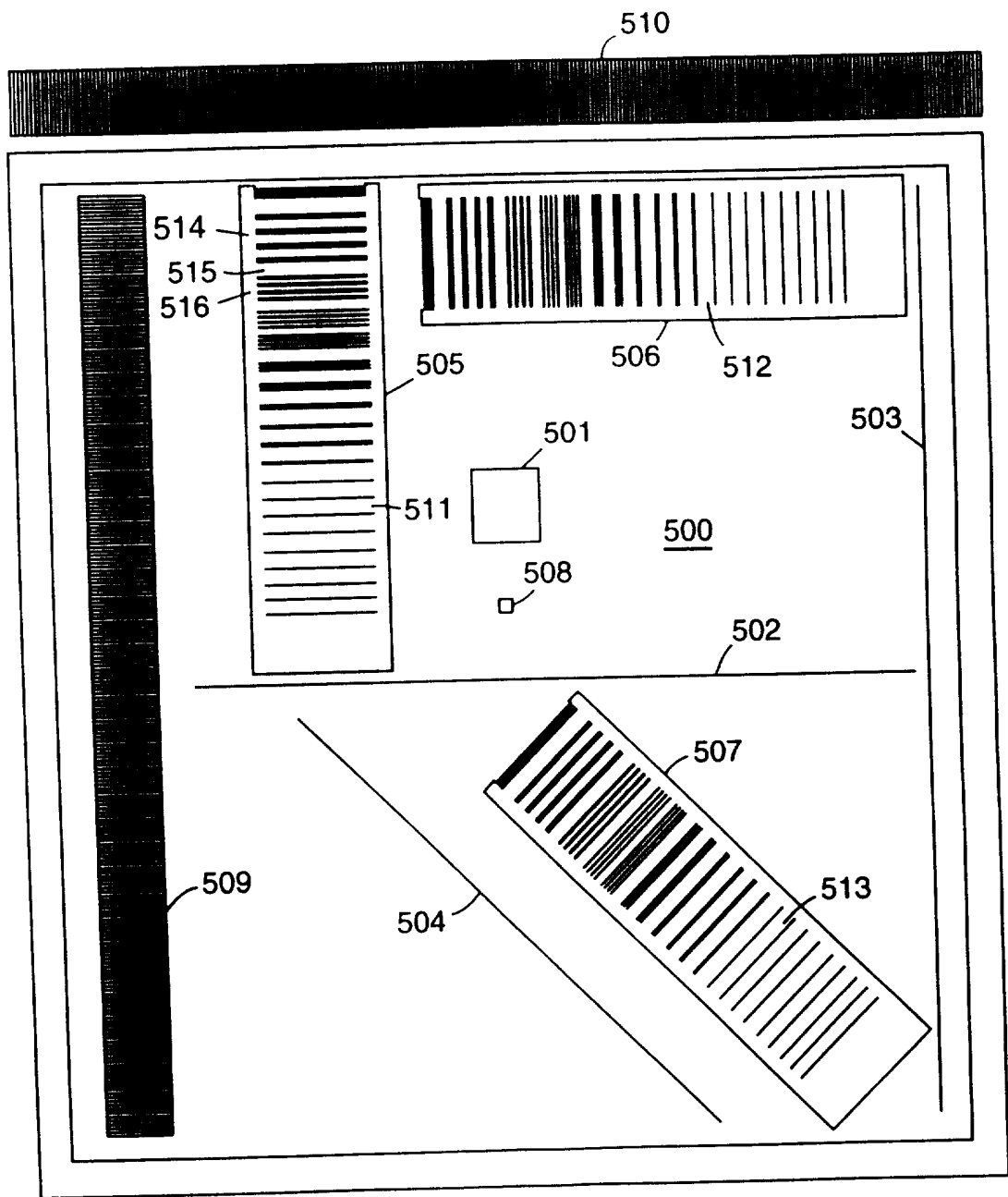


图 5

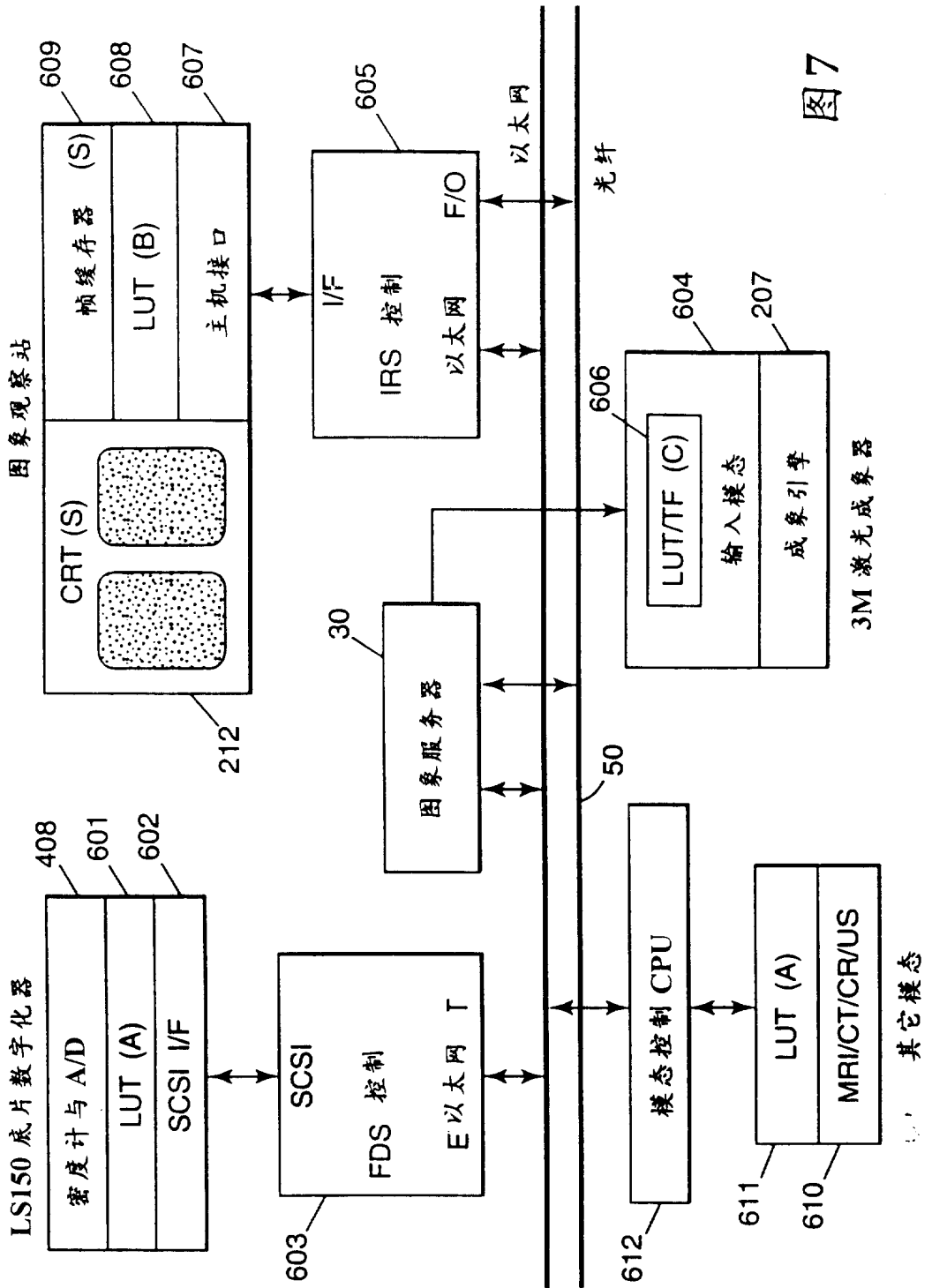


图7

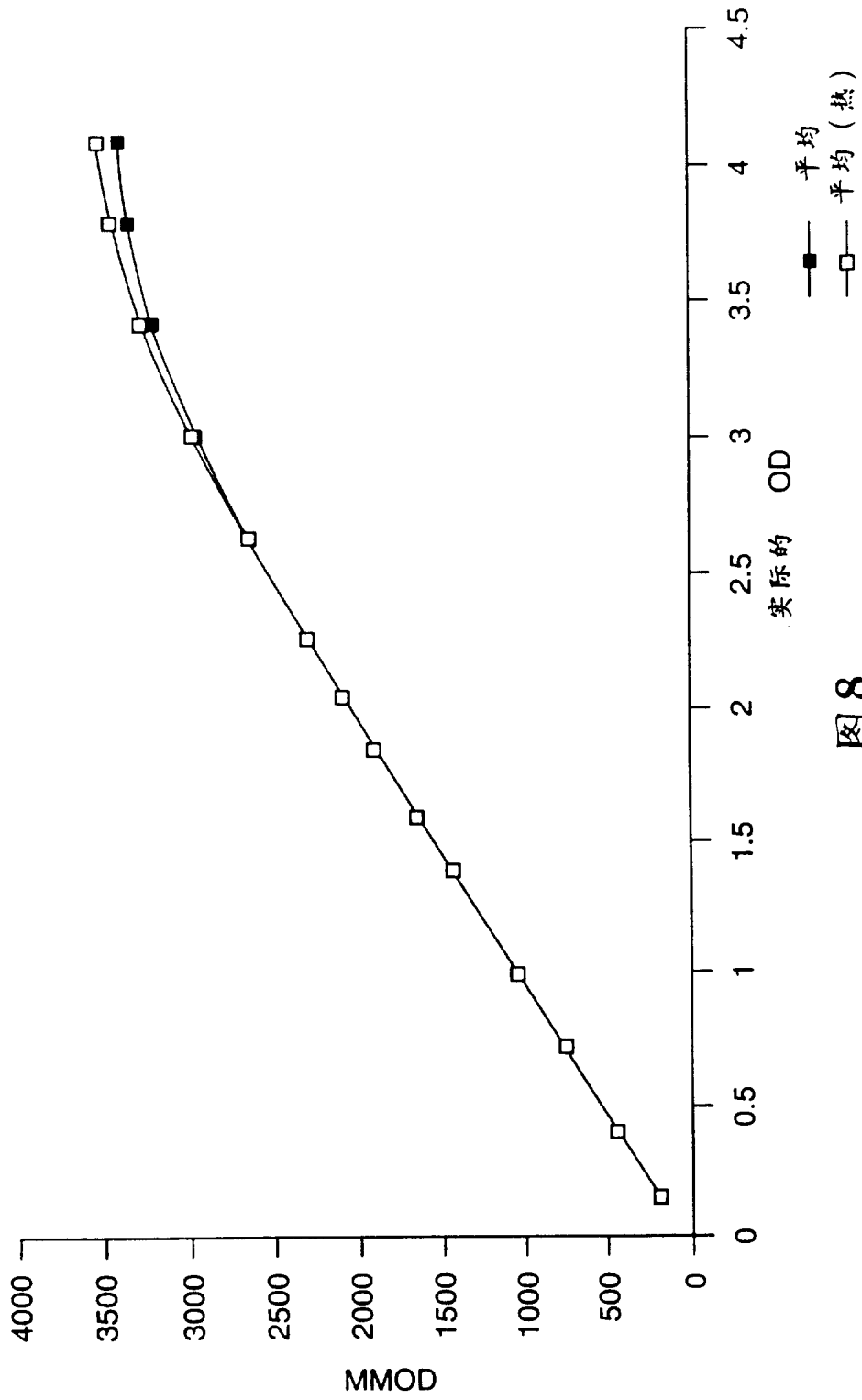


图 8

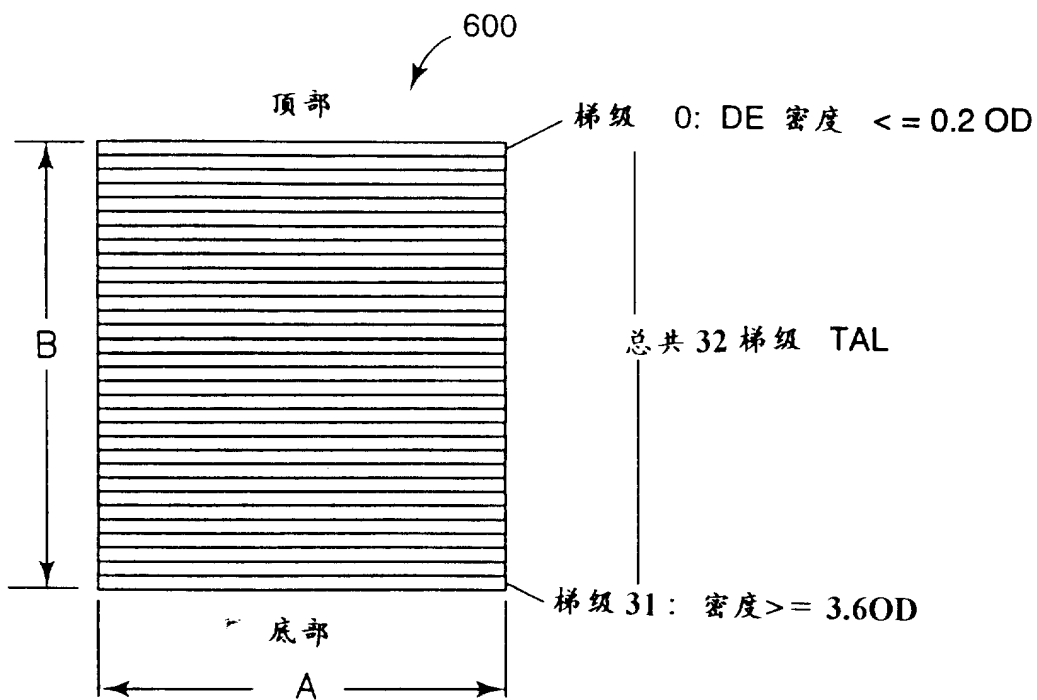


图6

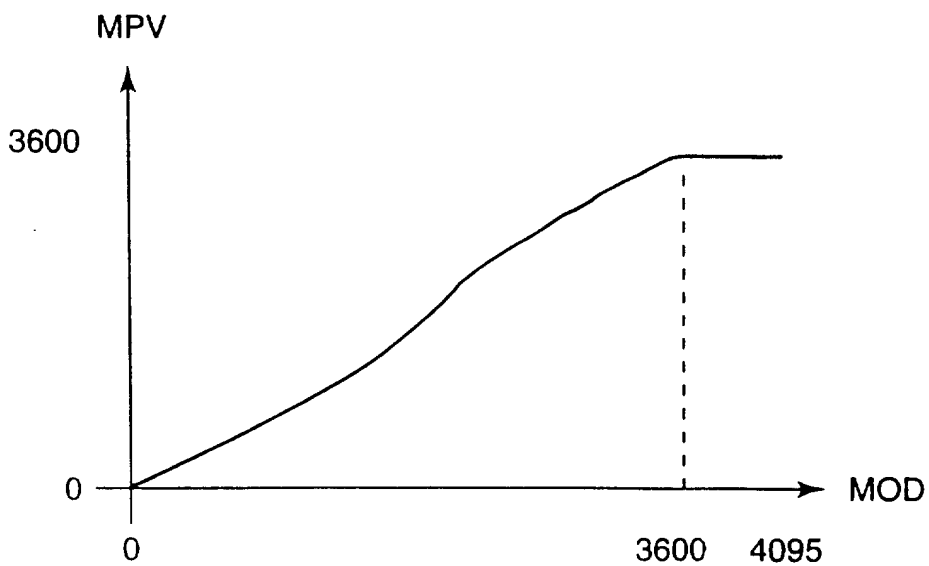


图9

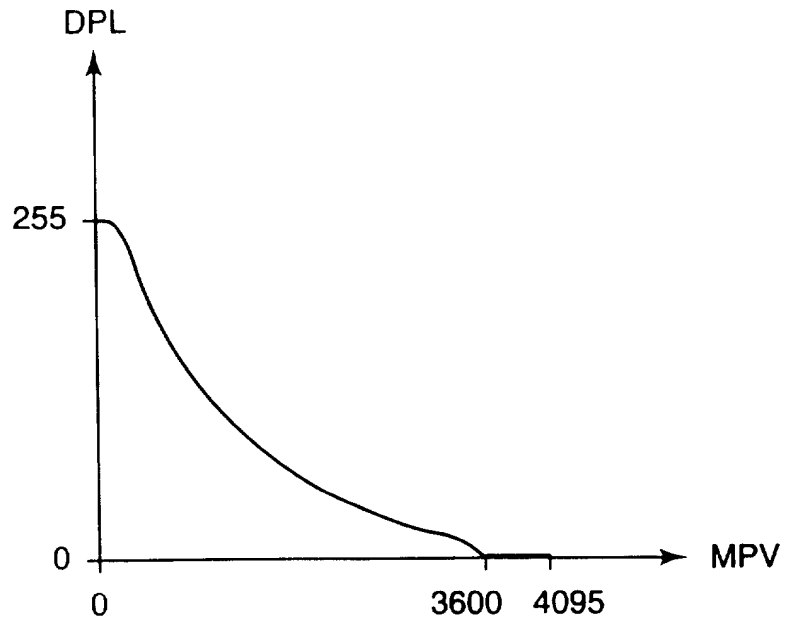


图 10

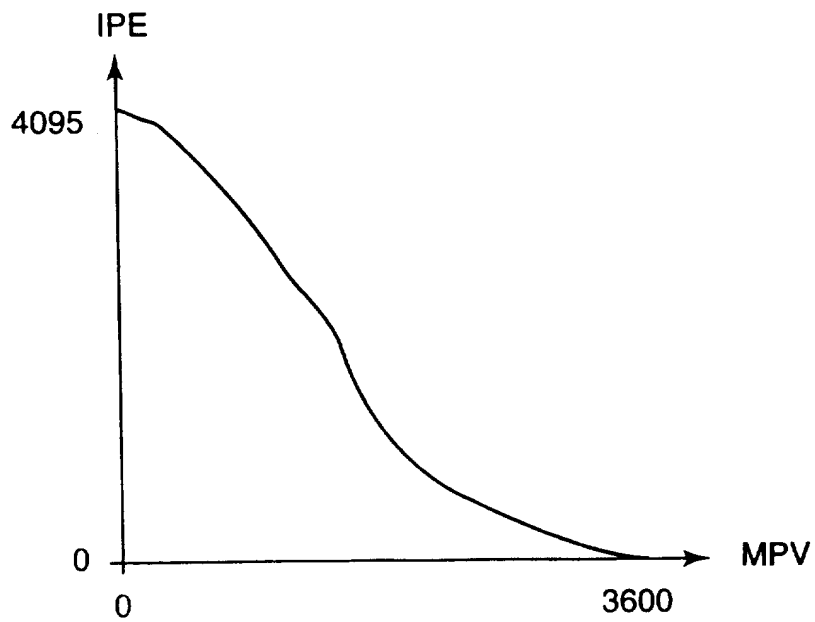


图 11

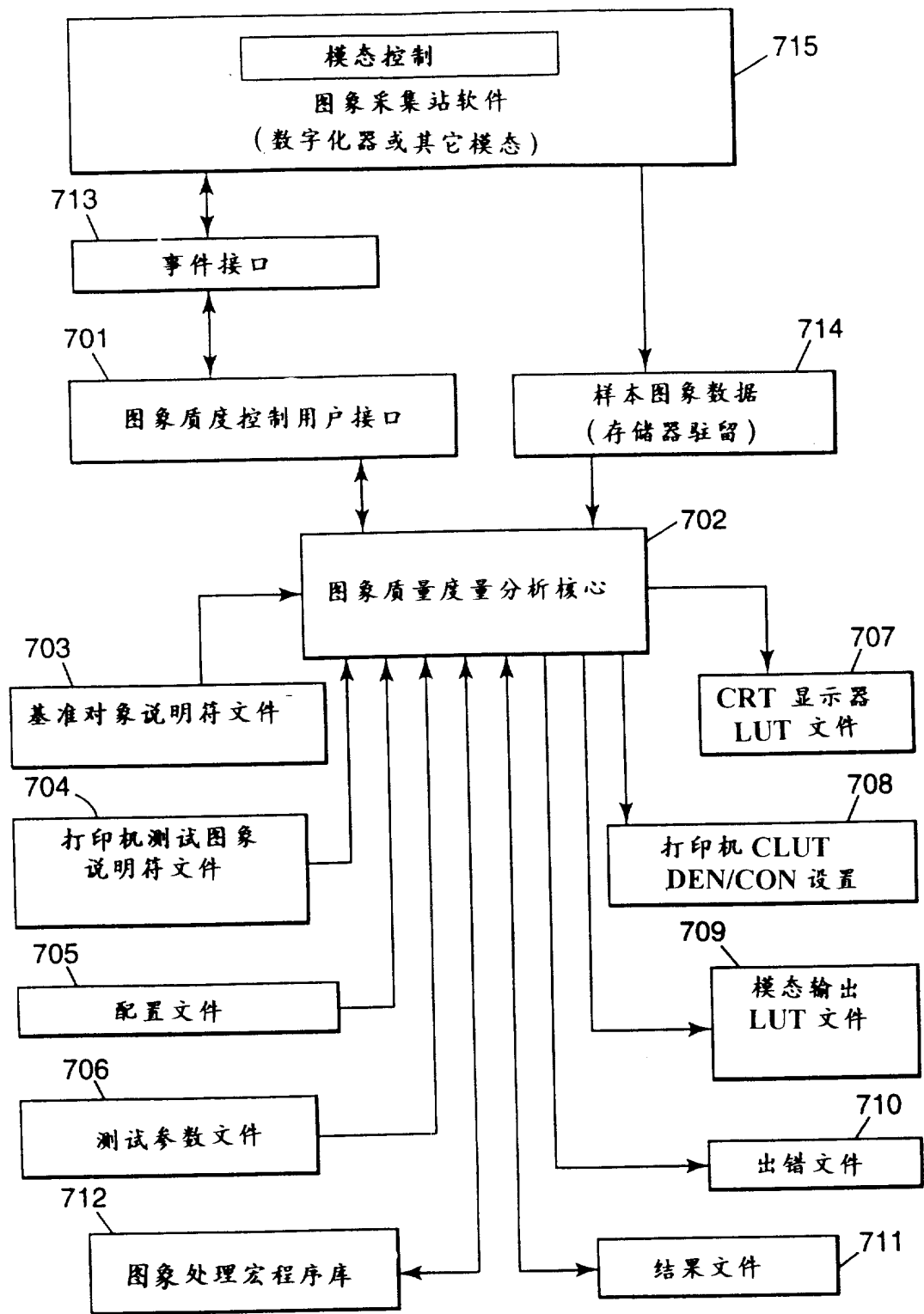


图 12

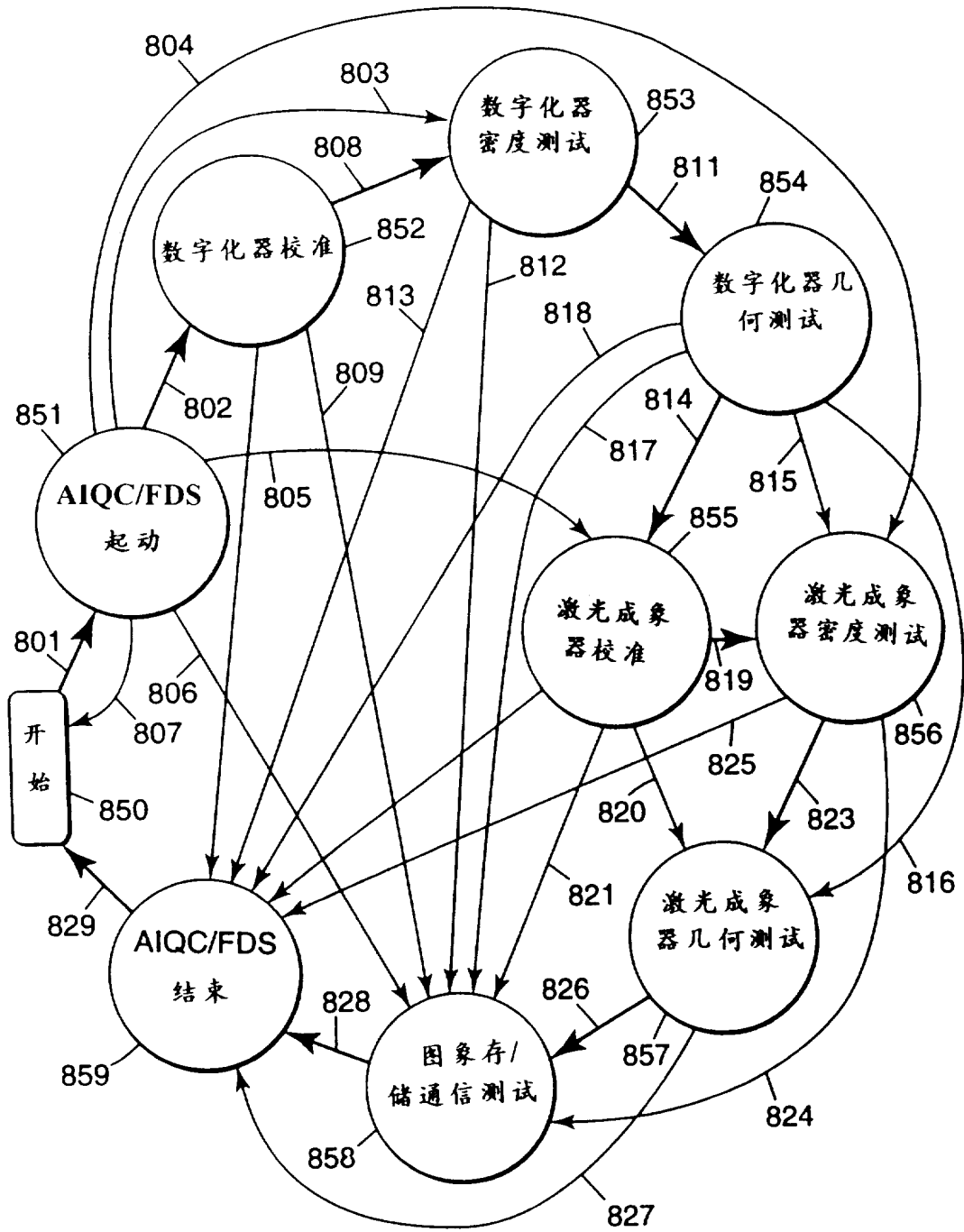


图13

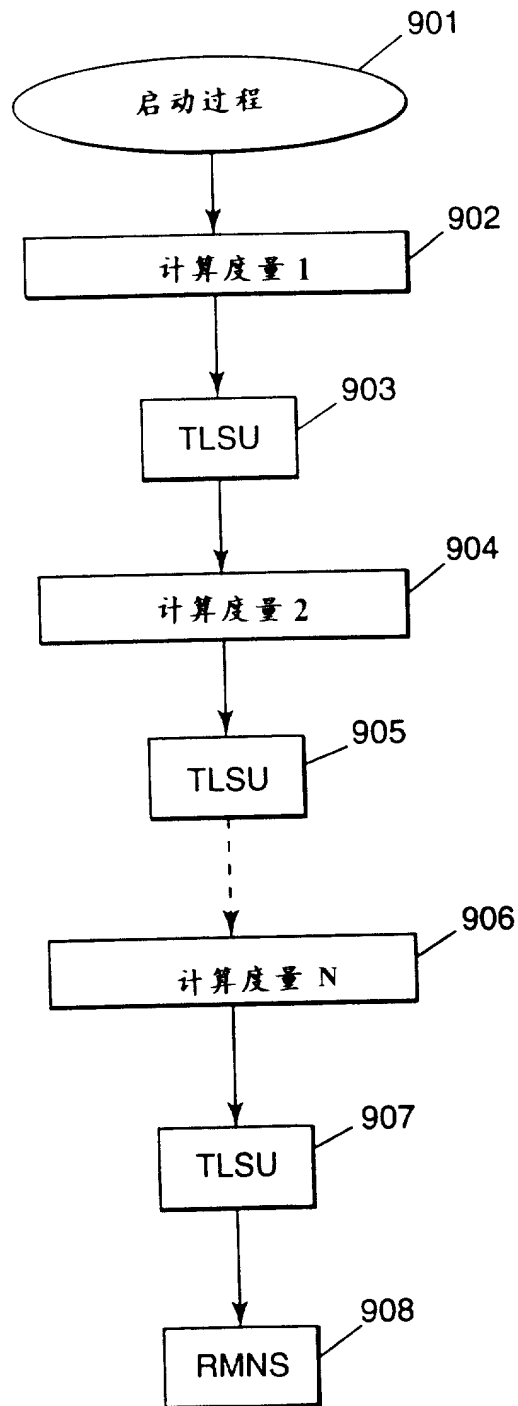


图 14A

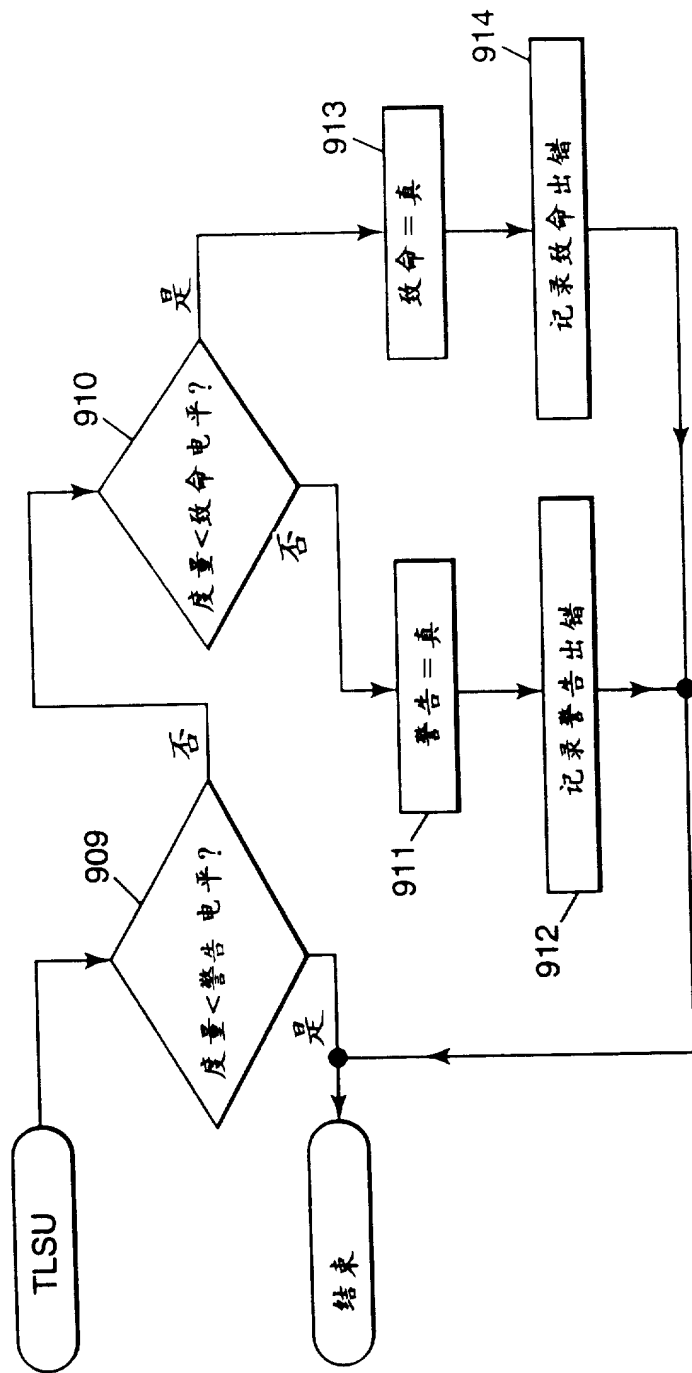


图 14B

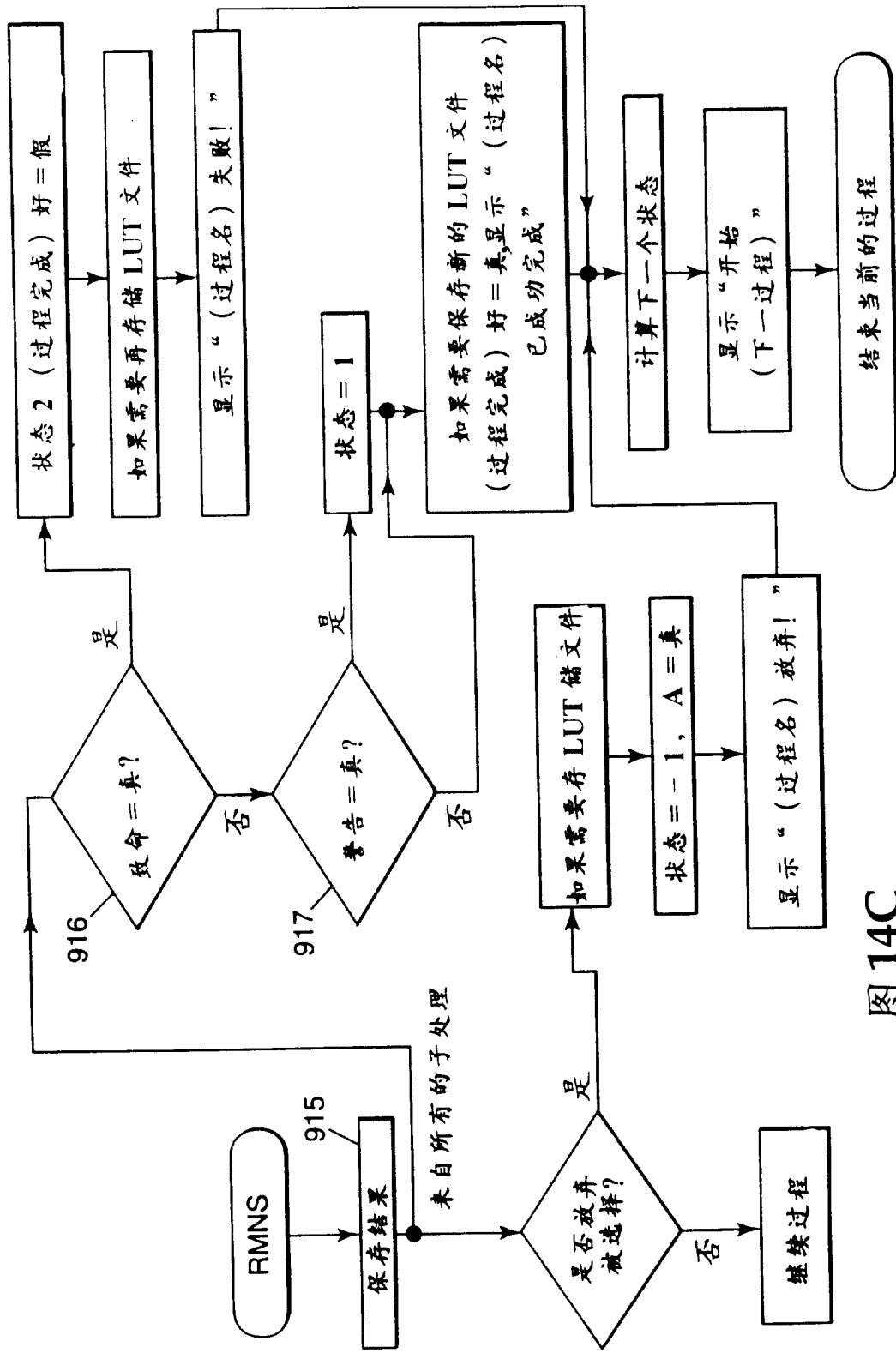


图 14C

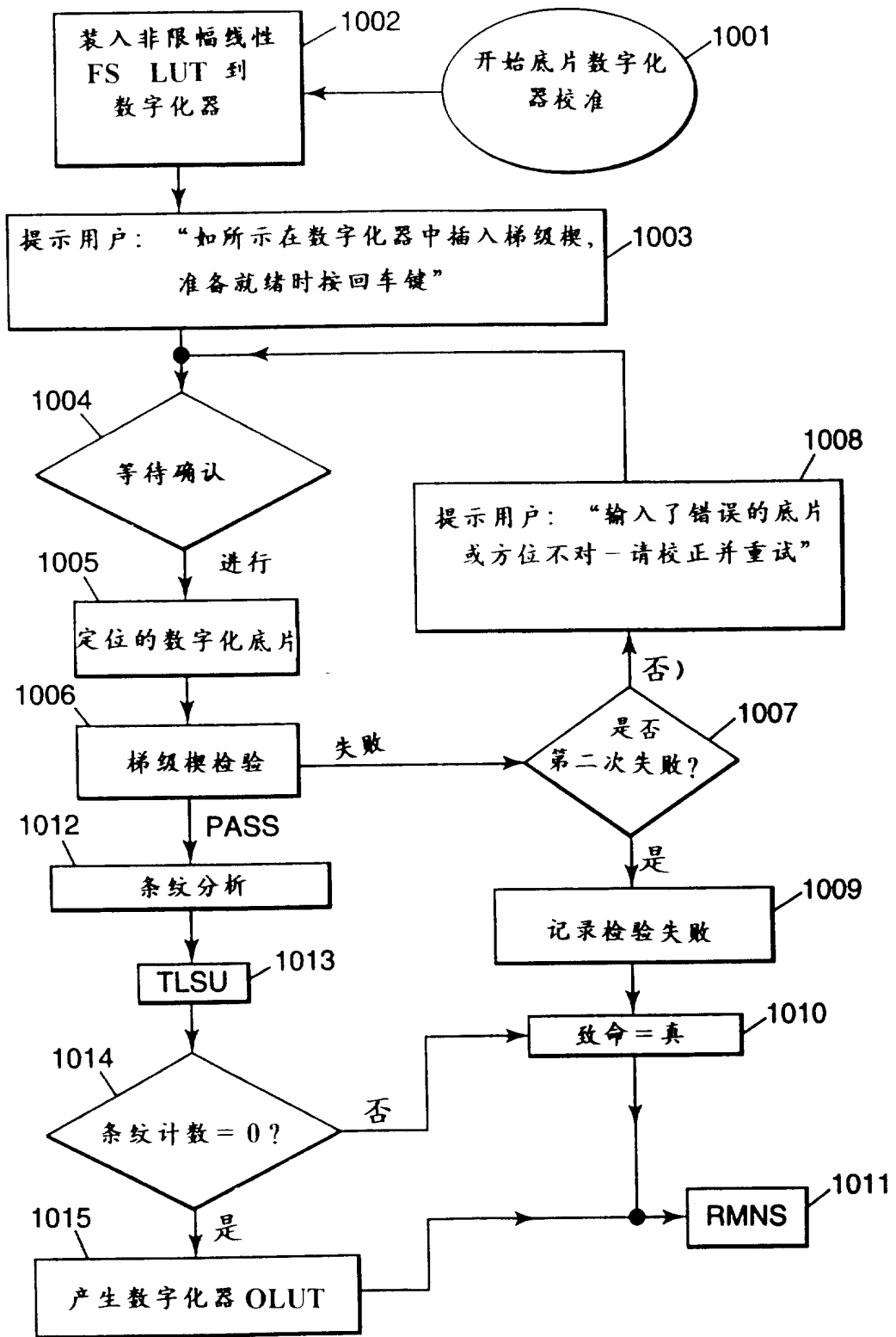


图15

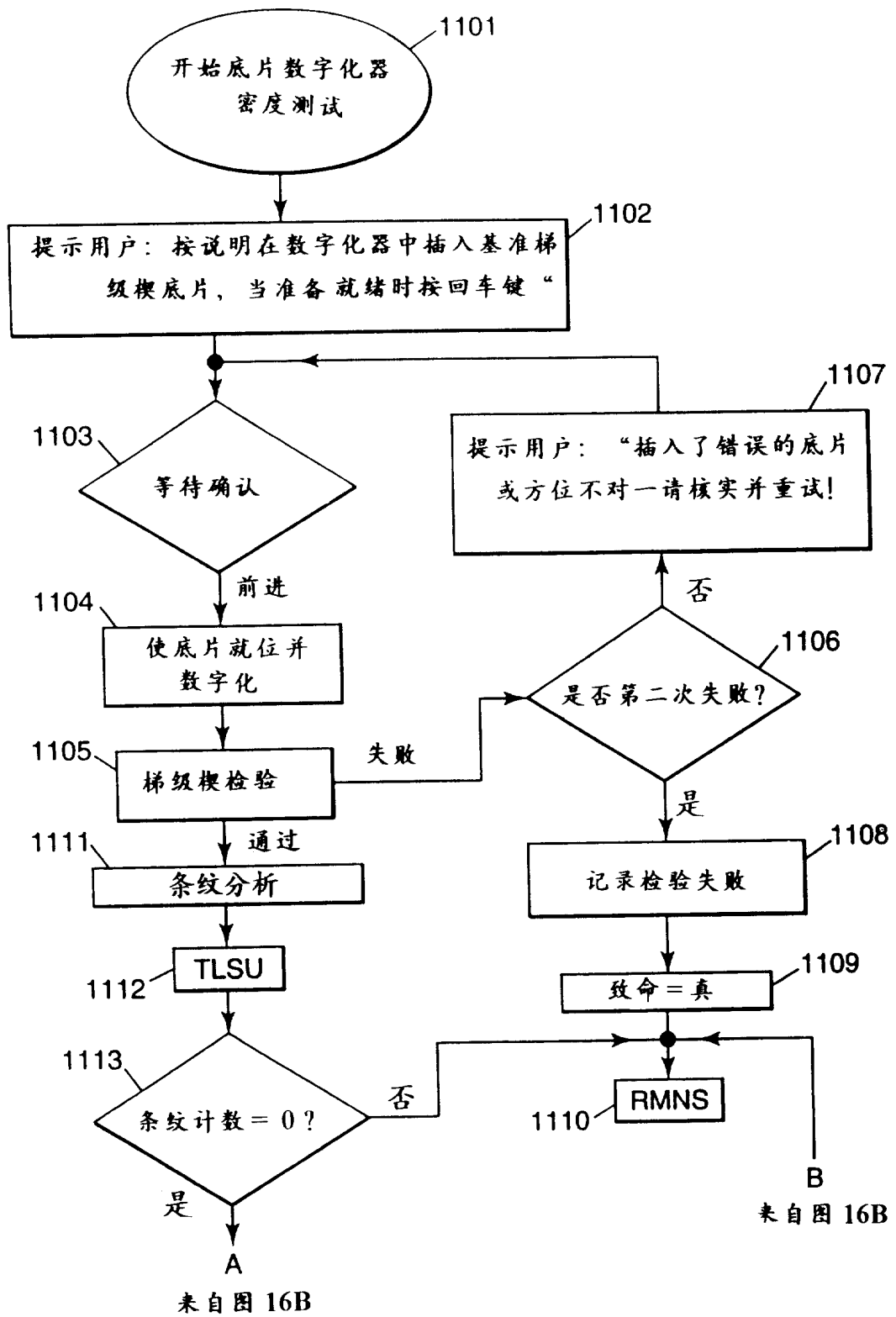
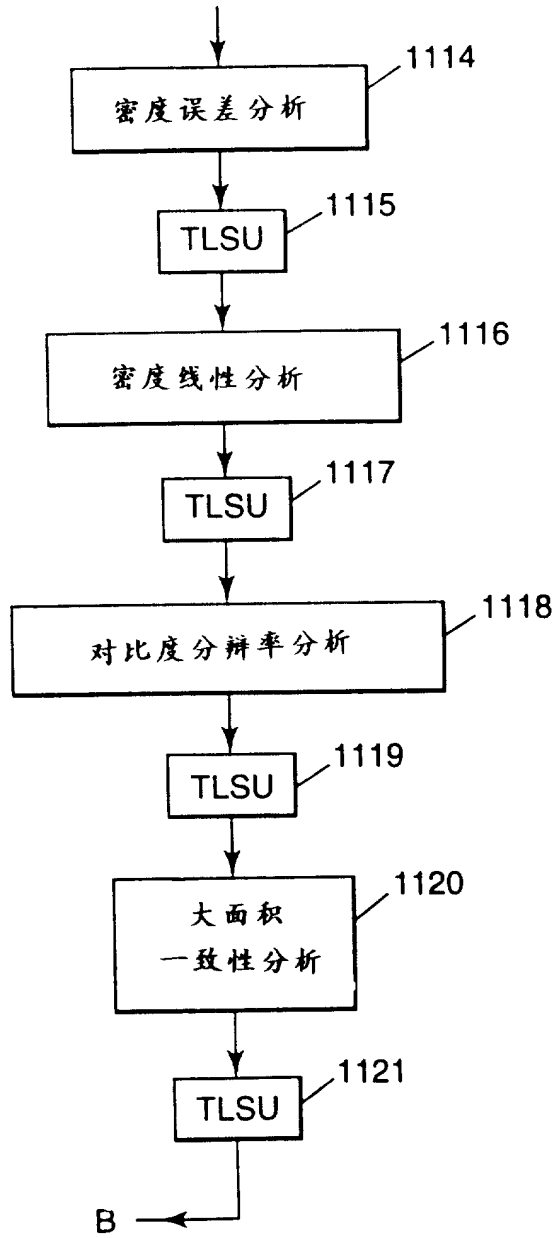


图 16A

A
来自图 16A



到图 16A

图 16B

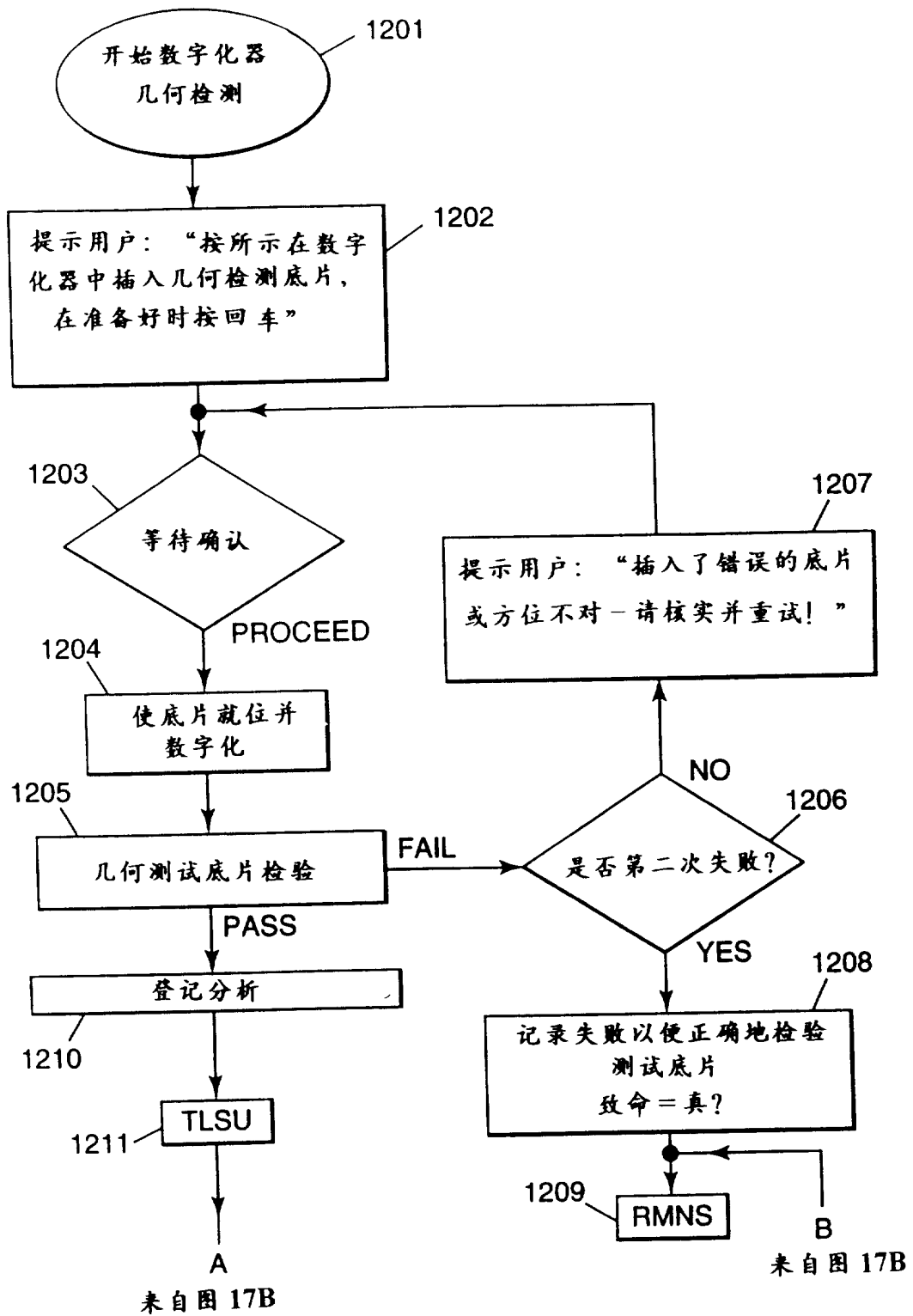


图 17A

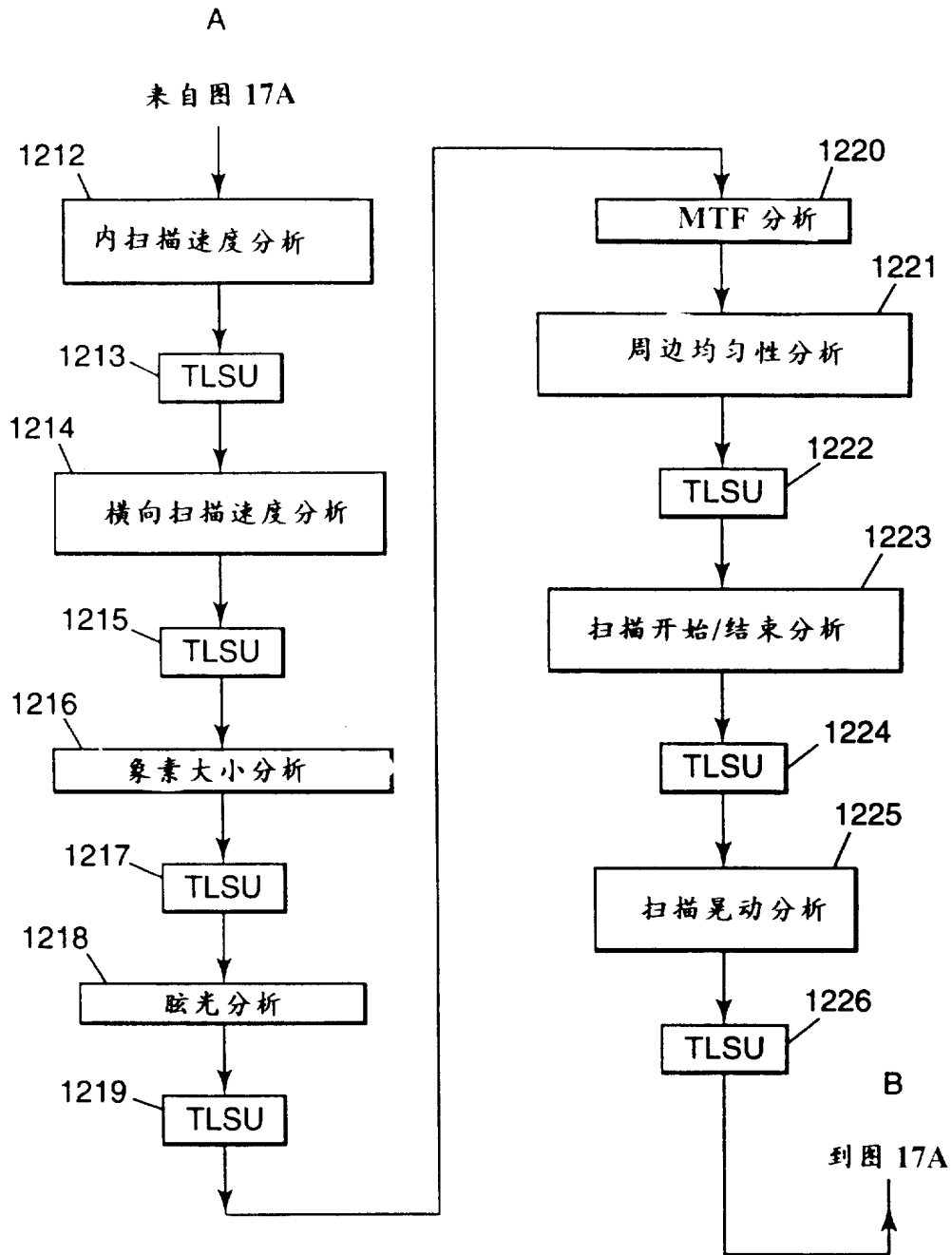


图 17B

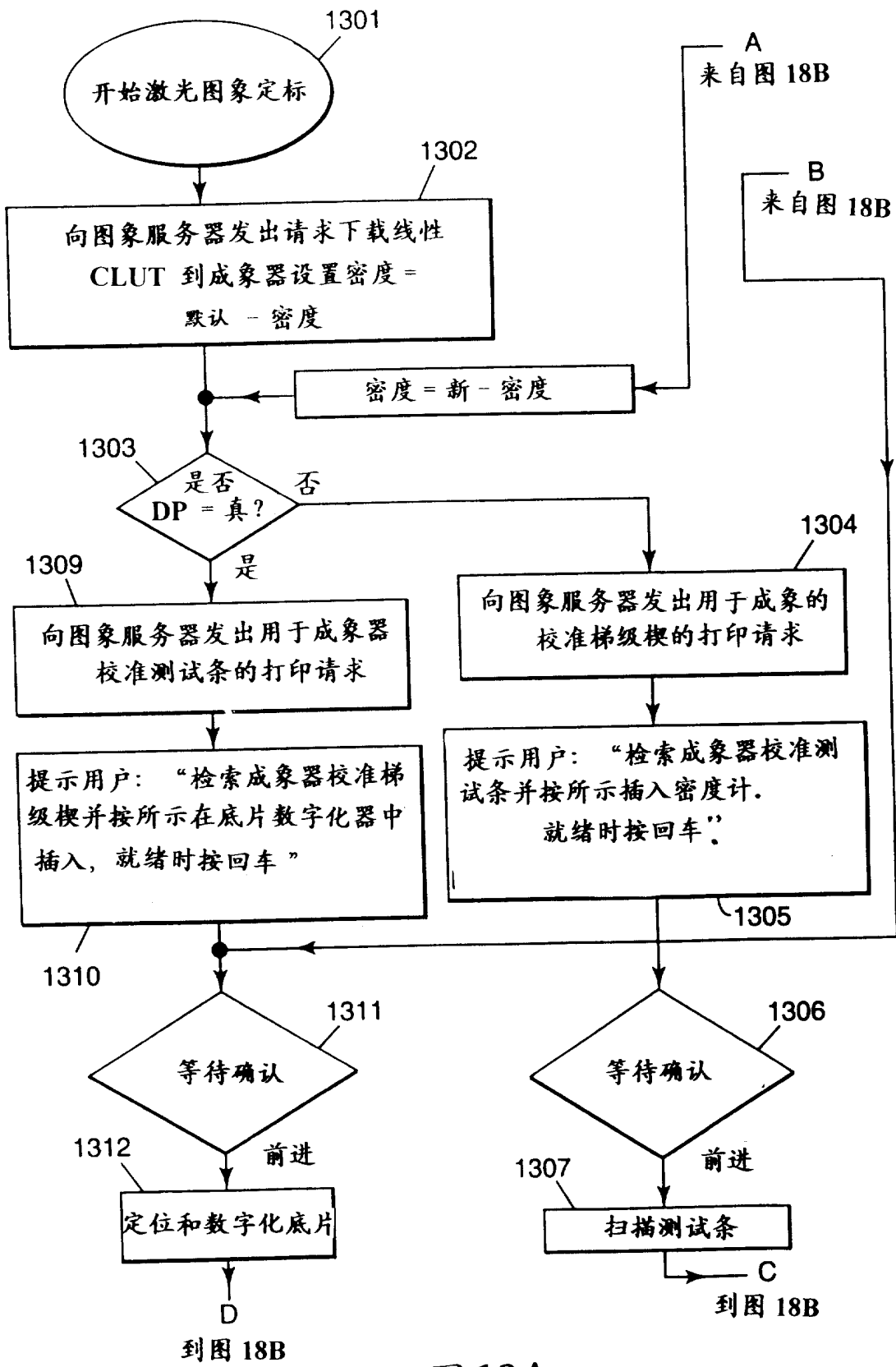


图 18A

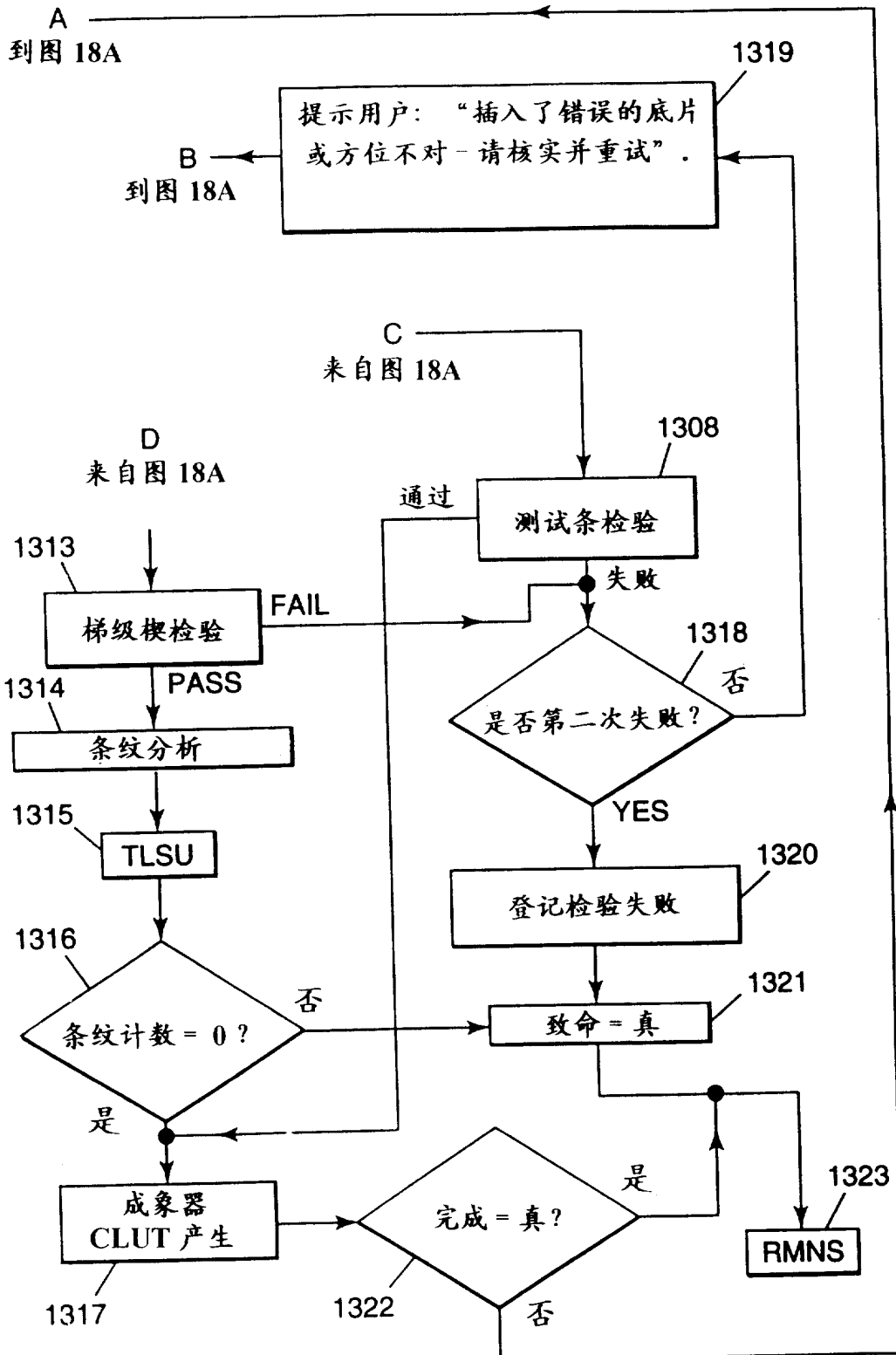


图 18B

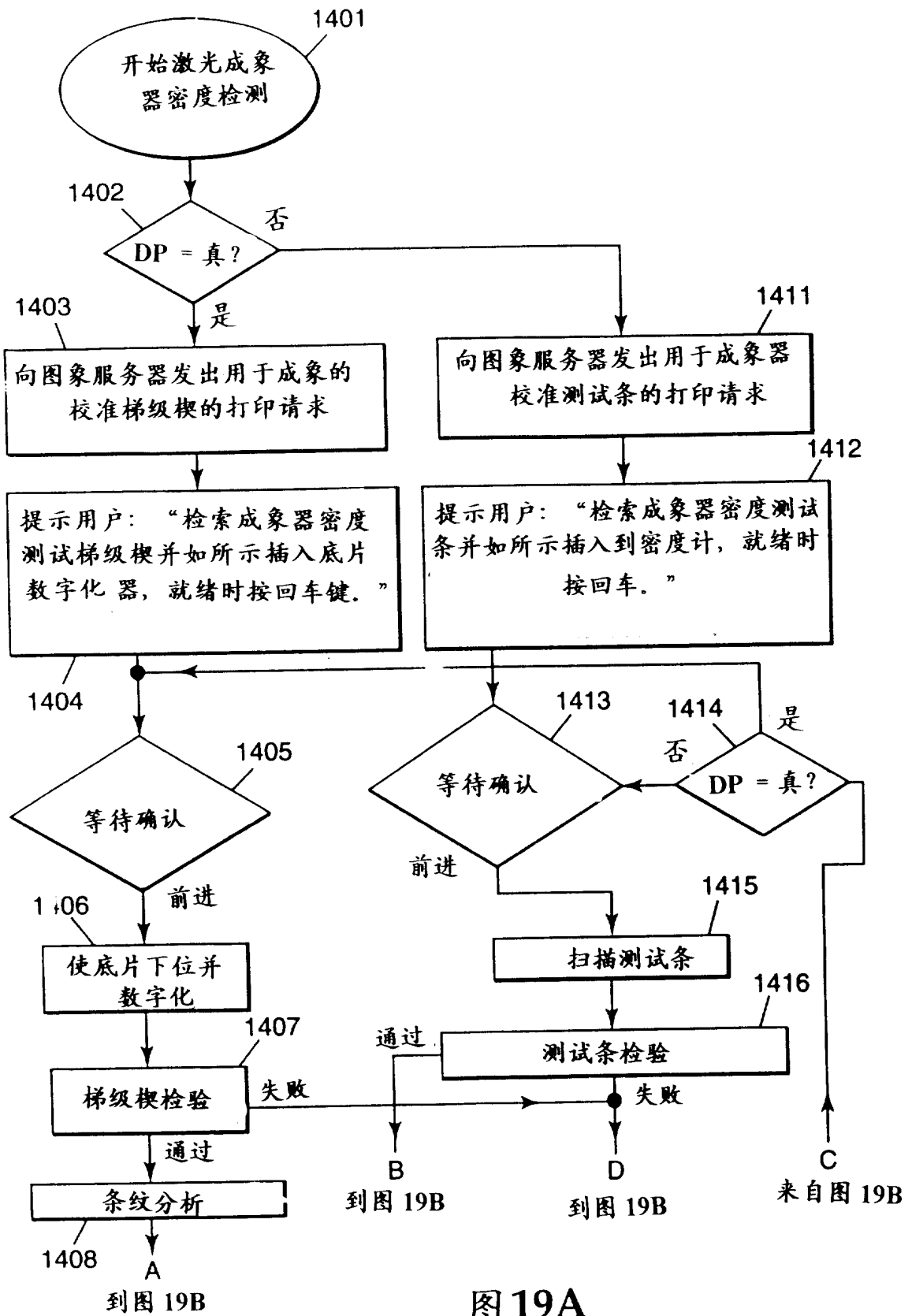


图 19A

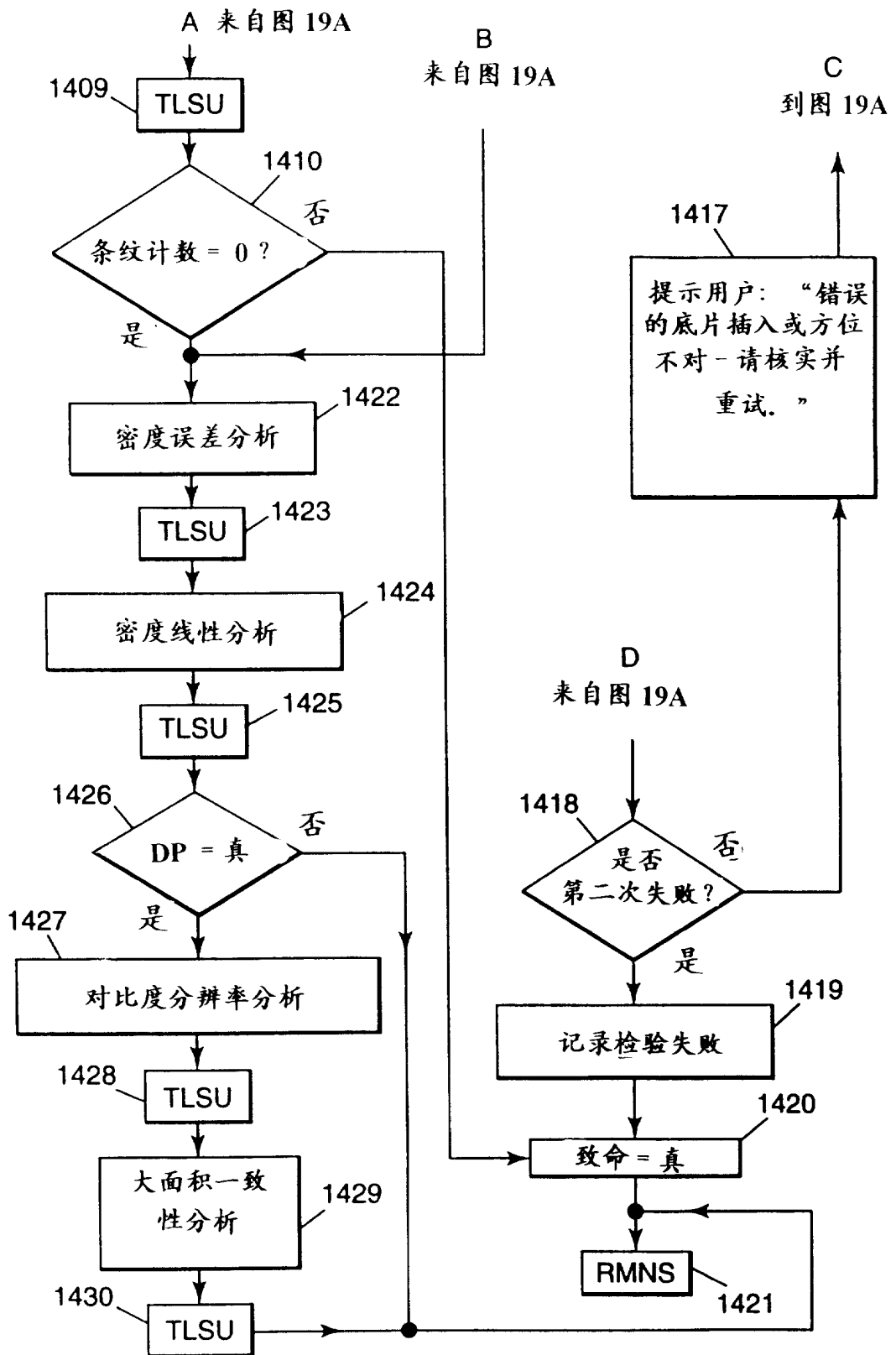


图 19B

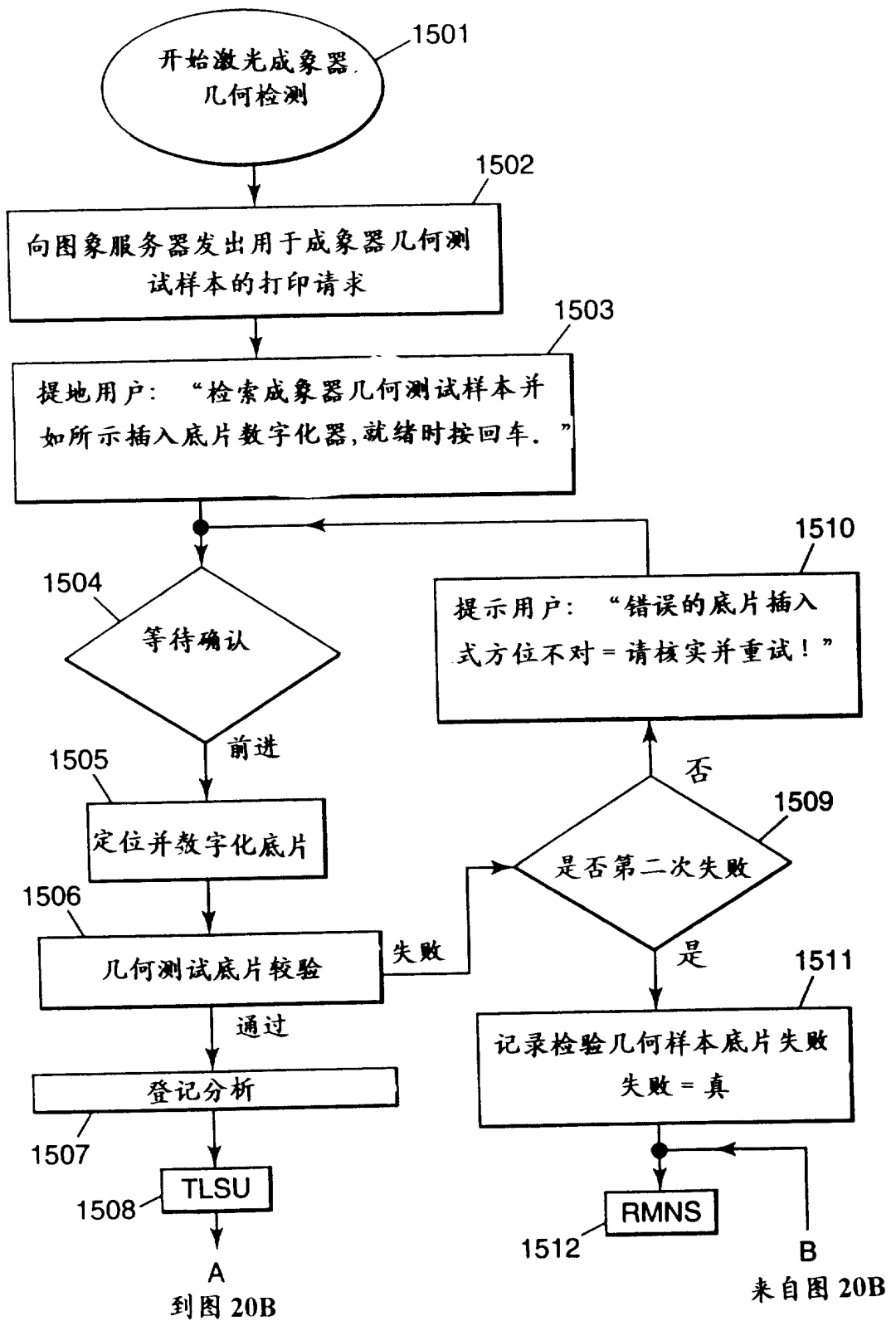


图 20A

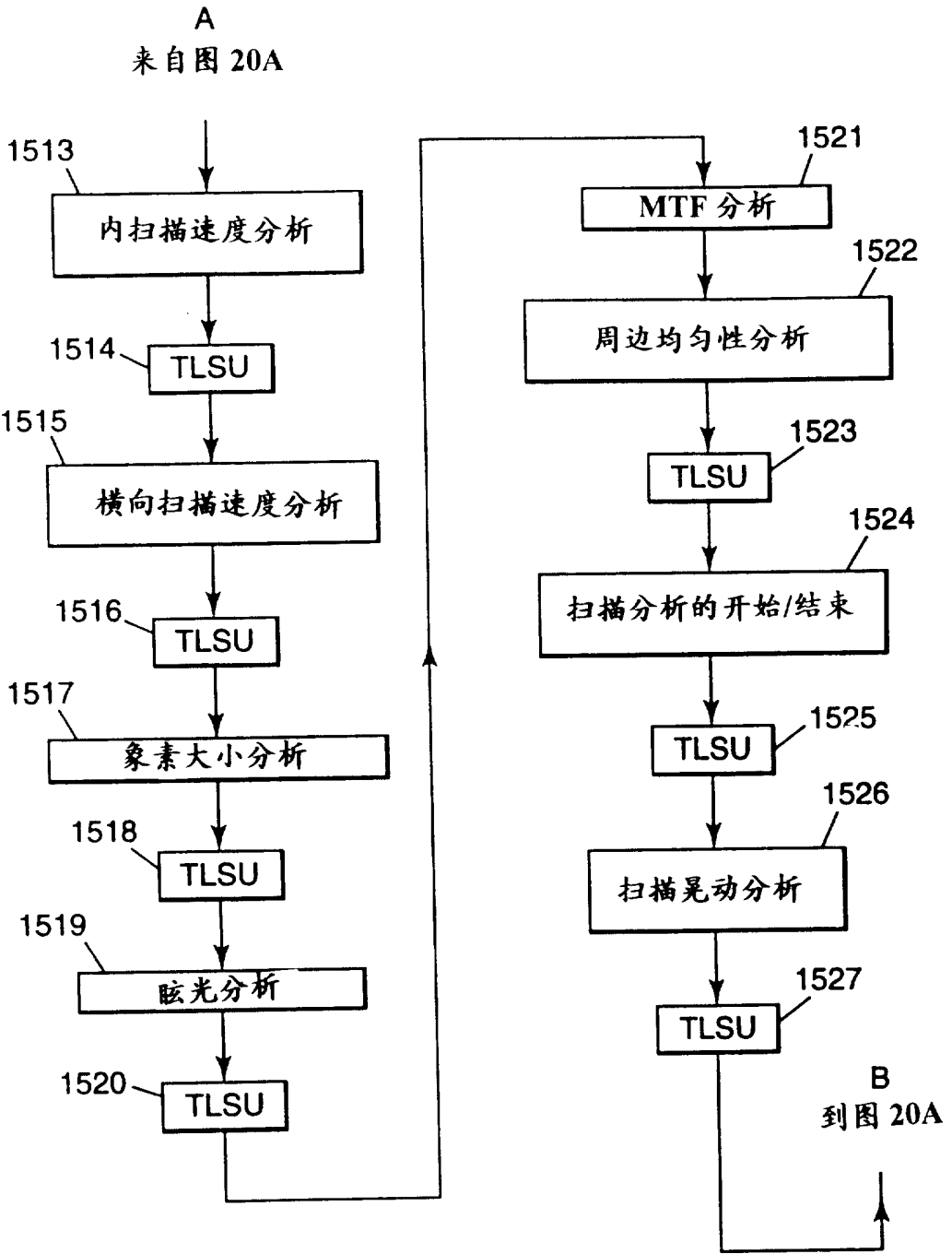


图 20B

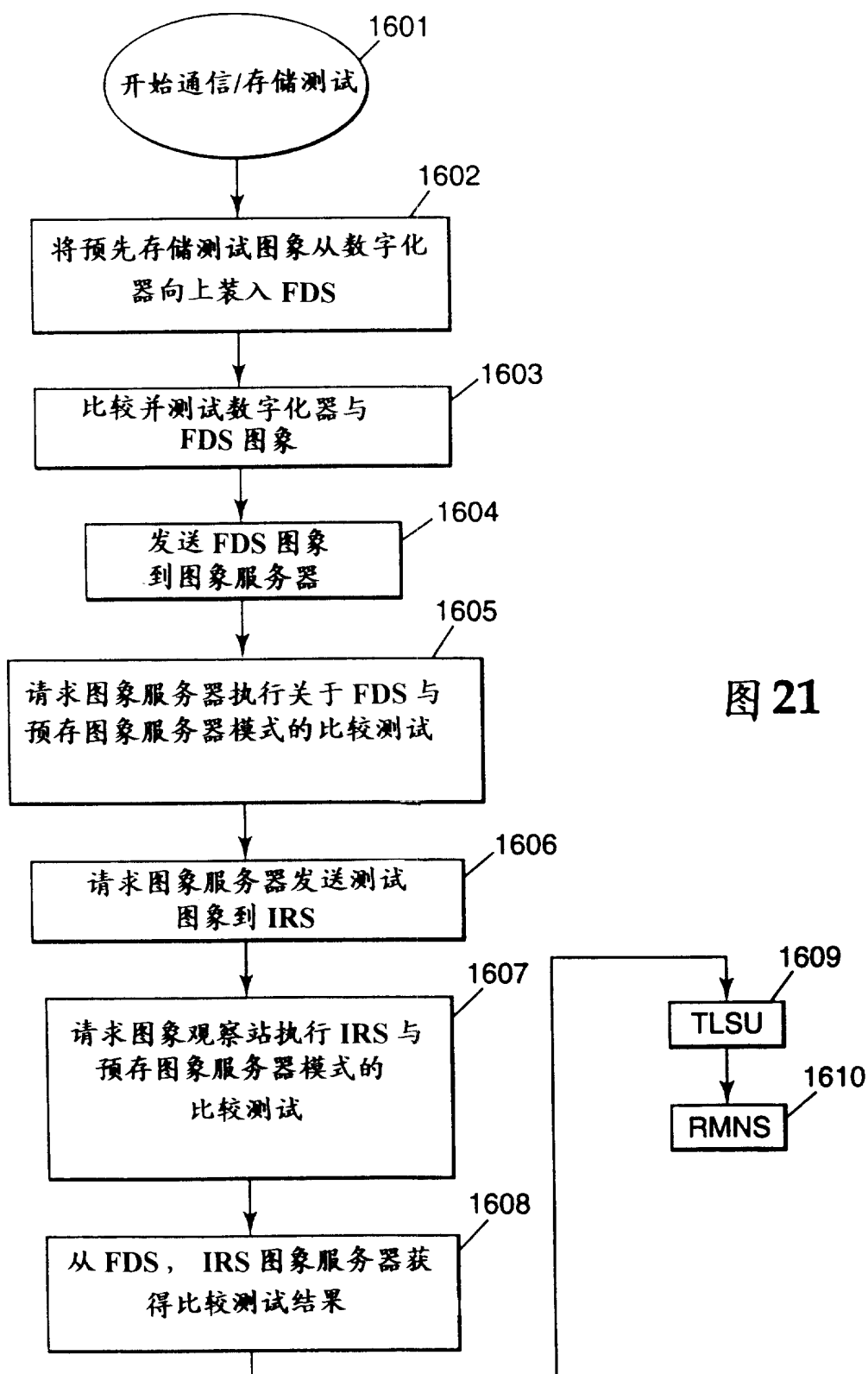


图 21

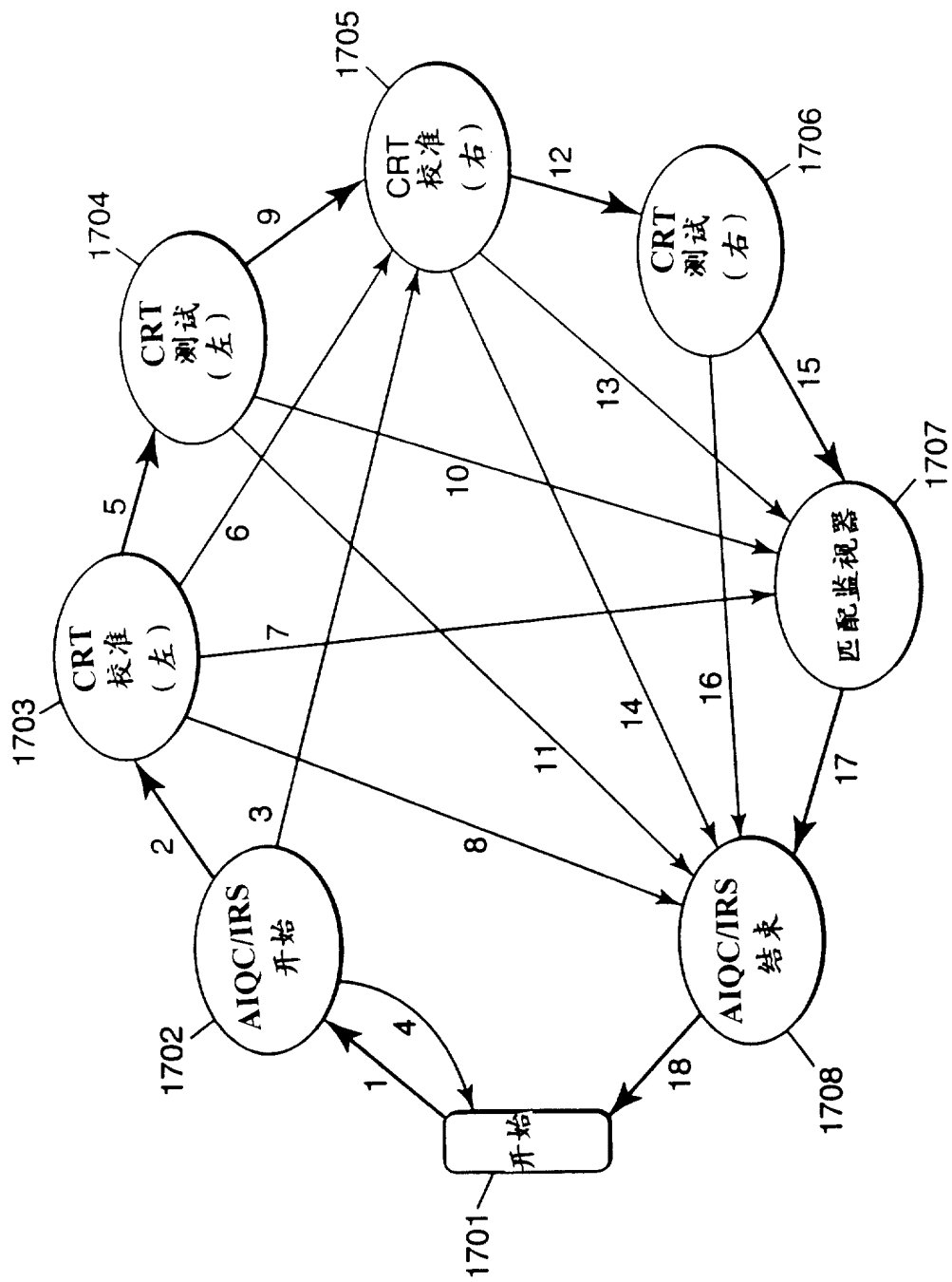


图 22

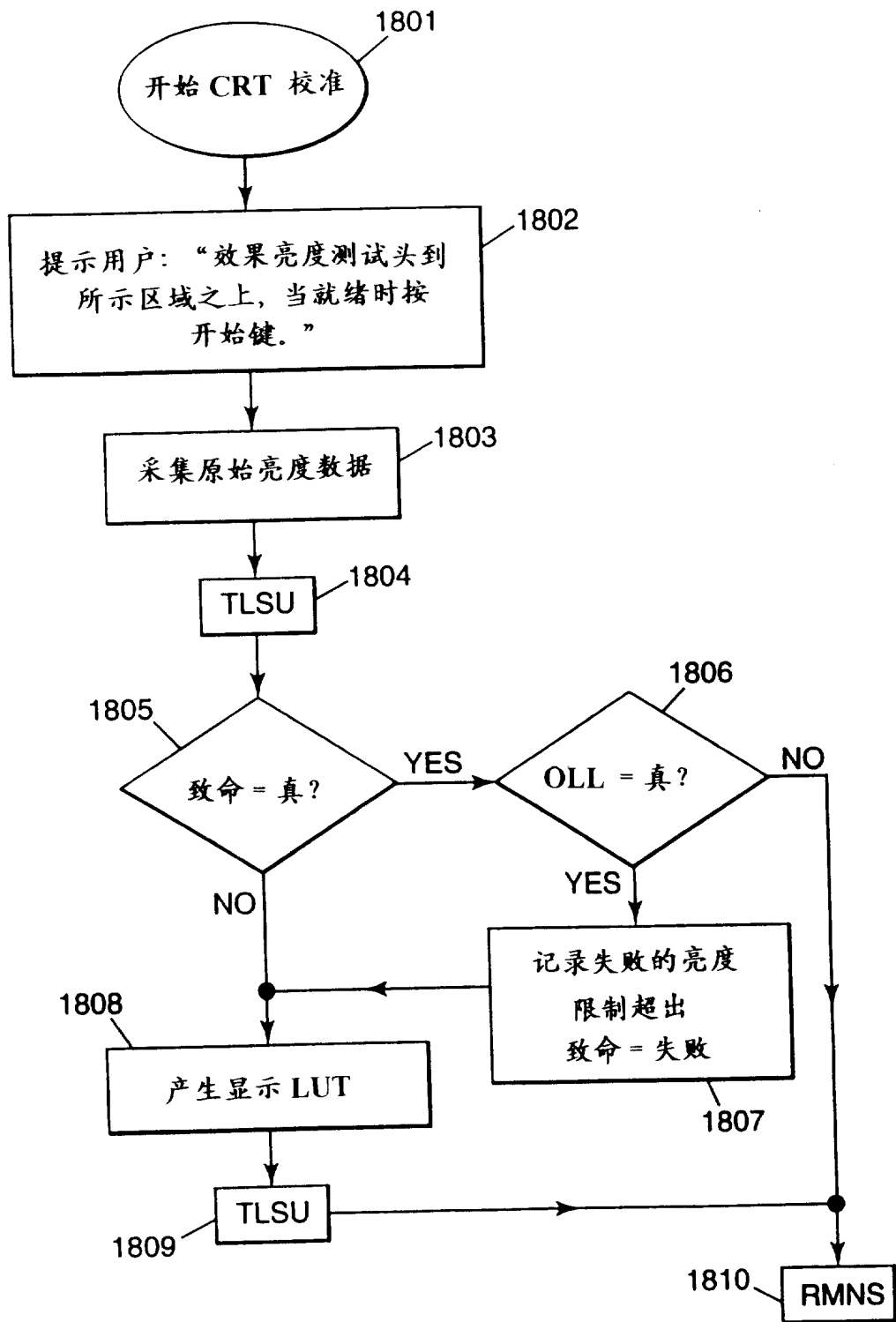


图 23

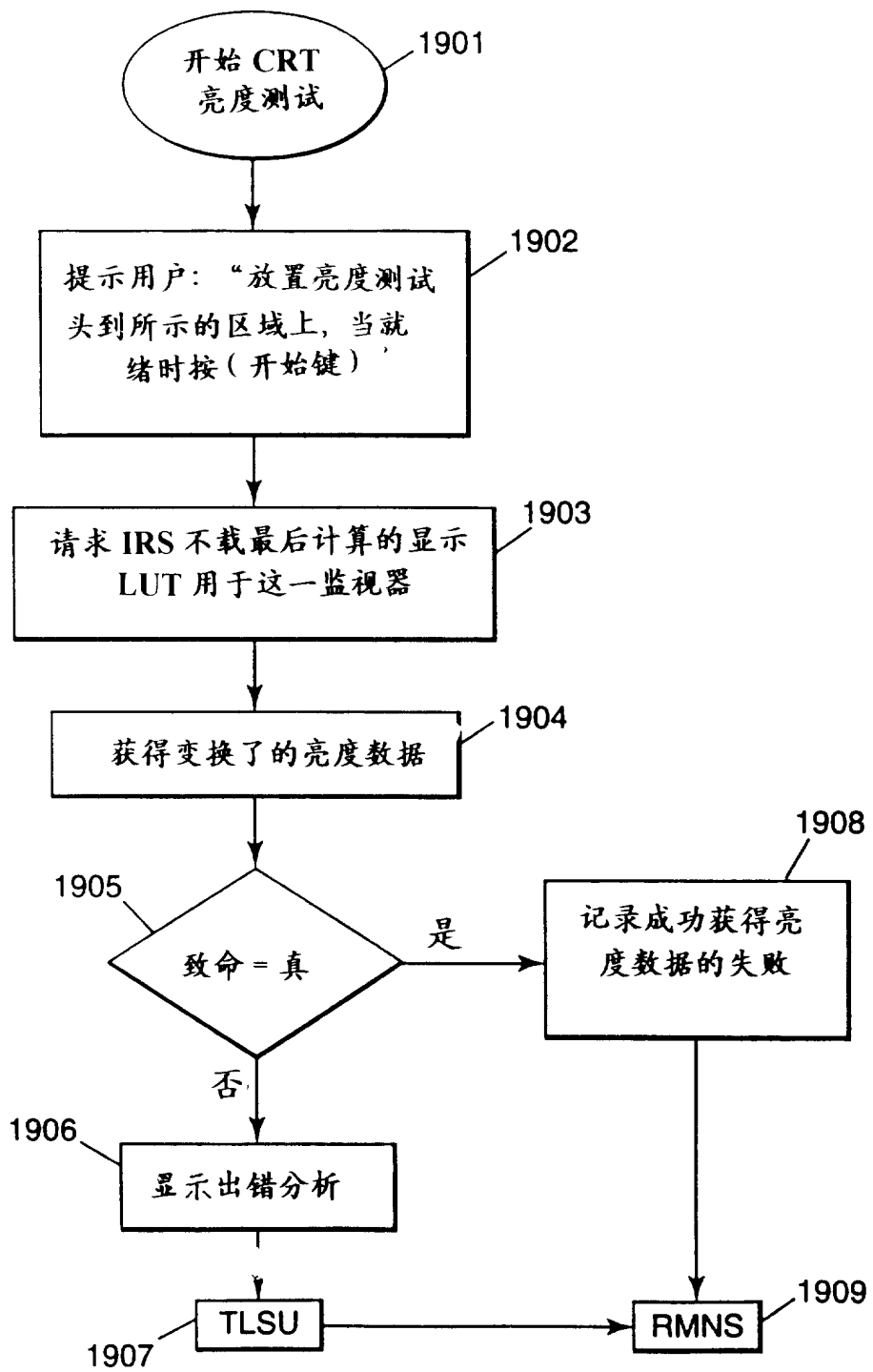


图 24

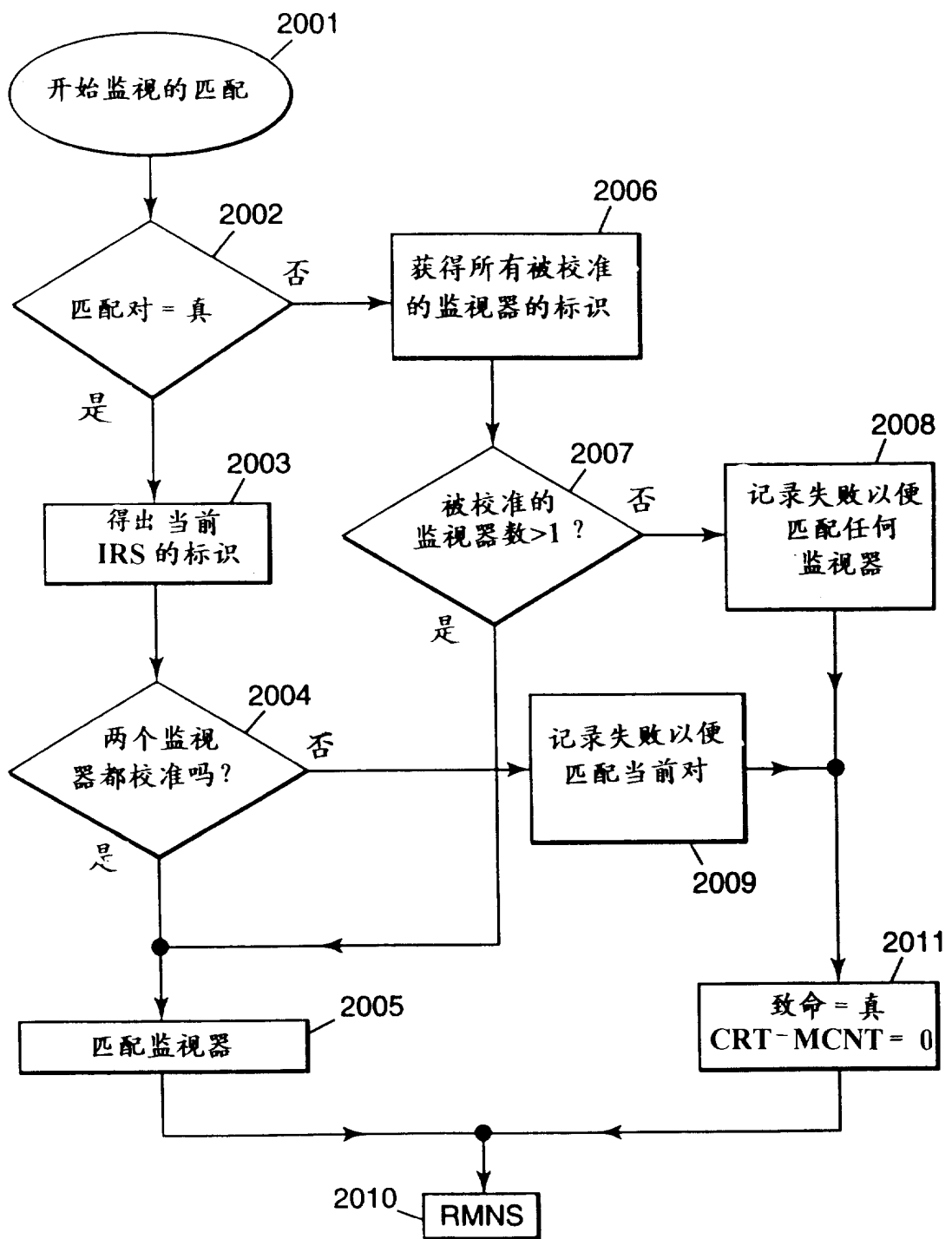


图 25