





CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种多传感器融合的超近距离自主导航装置与方法

[技术领域]

本发明属于空间视觉导航技术领域，更具体地，涉及一种多传感器融合的超近距离自主导航装置与方法，可用于观测卫星的空间交会对接，伴随飞行与编队飞行，空间目标的相对导航和组网编队，在太空中处于自旋运动或姿态调节过程中的空间物体的特性测量，以及观测卫星与空间物体在逐渐靠近过程中的自主图像导航。

[背景技术]

相对导航是以测量航天器之间的相对距离、方位信息为基础，进而确定出相对位置和姿态信息。空间运输、载人航天、在轨服务、深空探测等不同的航天活动都涉及到航天器相对位置和方位的确定、变化与保持，任何深空探测任务的成功都是建立在对深空探测器有效导航与控制的基础上完成的。在地球物理与地球环境探测、对地光学成像、掩星大气探测卫星星座、空间对抗、卫星星座、伴随飞行与编队飞行等应用中，空间视觉导航技术占据着至关重要的地位。

空间视觉导航要解决的问题包括：一、空间位置、方向、环境信息的检测；二、所获信息的分析、处理及综合；三、运动路径规划。基于光学的自主导航方式，即航天器依靠机载光学导航设备，自主地完成导航任务，不和外界发生任何光、电联系的导航方式。由于其具有自主性强、精度高、实时性好等优点，成为近年来各国学者研究的热点。基于光学的自主导航能减少操作的复杂性，降低任务的费用，简化探测器的地面支持系统，大大增强深空探测的效率，即使在探测器与地面通信联络完全中断的条件下，仍然能够完成轨道确定、轨道保持、姿态控制等日常功能，扩大了探测器在空间的应用潜力。在超近距离导航过程中，主要是基于光学的自主导航

方案，基于光学的自主导航方案主要分为单目视觉导航和双目视觉导航，但由于视场角较小，探测范围有限，视野中存在遮挡等，造成部分信息因不能成像到像平面上而丢失，无法满足超近距离自主导航任务的需要。

[发明内容]

针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明提供了一种多传感器融合的超近距离自主导航装置与方法，目的是针对 200 米范围内的空间目标，实现对空间目标的自主导航。本发明扩大了视场和探测范围，有效解决了被动式测量存在的遮挡问题，保证了数据测量的精度，提高了导航效率，以及导航的安全性和可靠性。

为实现上述目的，按照本发明的一个方面，提供了一种自主导航装置，其特征在于，包括传感器子系统、信息融合子系统、敏感器扫描结构和指向导引结构；所述传感器子系统安装在所述指向导引结构上，包括第一和第二红外成像敏感器，第一和第二可见光成像敏感器，以及第一至第五激光测距传感器；所述信息融合子系统包括红外信息处理板、可见光信息处理板和星务服务器；所述第一和第二红外成像敏感器分别通过总线连接至所述红外信息处理板，所述第一和第二可见光成像敏感器分别通过总线连接至所述可见光信息处理板，所述第一至第五激光测距传感器分别连接至所述星务服务器，所述红外信息处理板和所述可见光信息处理板分别通过总线连接至所述星务服务器；所述星务服务器用于结合所述第一和第二红外成像敏感器采集的双目红外图像，所述第一和第二可见光成像敏感器采集的双目可见光图像，以及所述第一至第五激光测距传感器采集的激光数据，发送使所述传感器子系统进行姿态调整的控制指令；所述敏感器扫描结构包括连接至所述星务服务器的第一和第二旋转台，所述第一和第二可见光成像敏感器分别安装在所述第一和第二旋转台上，通过所述星务服务器控制所述第一和第二旋转台转动，使所述第一和第二可见光成像敏感器实现视场范围内的空间目标扫描；所述指向导引结构包括二自由度云台和

云台伺服控制器；所述云台伺服控制器连接至所述星务服务器，用于接收来所述自星务服务器的控制指令，控制所述二自由度云台进行姿态调整，从而使所述传感器子系统进行姿态调整。

优选地，所述第一可见光成像传感器、所述第一红外成像传感器、所述第一激光测距传感器、所述第二红外成像传感器和所述第二可见光成像传感器依次设置在同一导轨上，所述第一可见光成像传感器和所述第一红外成像传感器与所述第二红外成像传感器和所述第二可见光成像传感器相对于所述第一激光测距传感器对称；所述第二至第五激光测距传感器到所述第一激光测距传感器的距离相等，所述第二和第三激光测距传感器相对于所述导轨对称，所述第四和第五激光测距传感器相对于所述导轨对称。

按照本发明的另一方面，提供了一种用上述装置进行自主导航的方法，其特征在于，包括如下步骤：（1）第一和第二红外成像传感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像传感器采集双目可见光图像，利用双目红外图像和双目可见光图像，检测并定位空间目标，得到导航装置与空间目标的相对距离；（2）判断导航装置与空间目标的相对距离是否大于 100m，是则将导航装置向空间目标推进，返回步骤（1）；否则顺序执行步骤（3）；

（3）第一和第二红外成像传感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像传感器采集双目可见光图像，第一至第五激光测距传感器采集激光数据，利用双目红外图像、双目可见光图像和激光数据，得到空间目标的三维结构信息、三维距离信息和三维运动参数；（4）根据空间目标的三维距离信息，判断导航装置与空间目标的相对距离是否大于 20m，是则将导航装置向空间目标推进，返回步骤（3）；否则顺序执行步骤（5）；（5）第一至第五激光测距传感器采集激光数据，利用激光数据，结合步骤（3）得到的空间目标的三维结构信息和三维运动参数，得到导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角；（6）判断导航装置与空间目标的相对姿态角是否为 0，是则顺序执行步骤（7）；否则调整导航装置的姿态，减小导航装置与

空间目标的相对姿态角，返回步骤（5）；（7）将导航装置向空间目标推进；（8）重复执行步骤（5）至（7），直至导航装置到达空间目标，完成相对导航过程。

优选地，所述步骤（1）进一步包括如下子步骤：（1-1）第一和第二红外成像传感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像传感器采集双目可见光图像，分别处理双目红外图像和双目可见光图像，分割空间目标与背景，得到空间目标的感兴趣区域；（1-2）提取空间目标轮廓，对空间目标轮廓进行跟踪，计算空间目标轮廓的二维图形中心，得到空间目标轮廓中心在双目可见光图像的左可见光图像和右可见光图像中的坐标分别为 (U_1, V_1) 和 (U'_1, V'_1) ，进而得到空间目标在双目可见光图像中的中心坐标 $(\frac{U'_1 + U_1}{2}, \frac{V'_1 + V_1}{2})$ ；得到空间目标轮廓中心在双目红外图像的左红外图像和右红外图像中的坐标分别为 (U_2, V_2) 和 (U'_2, V'_2) ，进而得到空间目标在双目红外图像中的中心坐标 $(\frac{U'_2 + U_2}{2}, \frac{V'_2 + V_2}{2})$ ；根据 (U_1, V_1) 和 (U'_1, V'_1) 重建出空间目标相对于导航装置的空间距离；（1-3）计算空间目标在双目可见光图像中的中心坐标与成像平面中心的距离，以及空间目标在双目红外图像中的中心坐标与成像平面中心的距离，调整导航装置的姿态，使空间目标轮廓中心靠近成像平面中心区域；（1-4）判断空间目标轮廓中心是否在成像平面中心区域，是则完成空间目标的检测定位；否则重复执行步骤（1-1）至（1-3），直至空间目标轮廓中心落在成像平面中心区域。

优选地，所述步骤（3）进一步包括如下子步骤：（3-1）第一和第二红外成像传感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像传感器采集双目可见光图像，第一至第五激光测距传感器采集激光数据；（3-2）分别检测双目红外图像和双目可见光图像中的线段和角点特征，得到双目红外图像中的特征点和双目可见光图像中的特征点；（3-3）匹配双目红外图像的左红外图像和右红外图像中的特征点，匹配双目可见光图像的左可见光图像

和右可见光图像中的特征点，重建空间目标的三维结构信息和三维距离信息；（3-4）利用第一至第五激光测距传感器采集的激光数据校正重建的空间目标的三维距离信息；（3-5）第一和第二红外成像敏感器采集双目红外序列图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光序列图像，匹配双目红外序列图像的左红外序列图像和右红外序列图像中的特征点，匹配双目可见光序列图像的左可见光序列图像和右可见光序列图像中的特征点，得到空间目标的三维运动参数。

优选地，所述步骤（5）进一步包括如下子步骤：（5-1）第一至第五激光测距传感器分别测量其相对于空间目标的距离；（5-2）根据第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对距离，结合步骤（3）得到的空间目标的三维结构信息和三维运动参数，分别解算出第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对姿态角；（5-3）分别将第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对距离和相对姿态角加权平均，得到导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角。

总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，具有以下有益效果：

1、将可见光成像敏感器与红外成像敏感器结合，有效解决了单独使用其中之一的导航方式存在的问题。首先，可见光成像敏感器能获取有光照时空间目标的形态表观信息，其成像效果最接近人眼的视觉，因此可见光图像上的信息是最直观，最感兴趣的。例如某些角点信息、边信息、拓扑结构等，都是算法中主要依赖的形态特征。但是，当光照情况不理想，或者没有光照的时候，可见光图像中包括的形态特征会不完整或者不存在，在某些情况下，甚至会出现伪特征，给预处理和重建算法的实现带来困难。本发明通过红外成像敏感器来弥补可见光成像敏感器的上述不足。空间目标可能不在太阳光照射条件下，但是只要它在运转之中，其内部发动机和处理器就会向外辐射热量，在红外相机上就会成像。而且，在有太阳光照

射的情况下，空间目标的向光一面和被光一面的温度不同，红外图像能反映空间目标的某些姿态和表面特征，与可见光图像中的形态特征相辅相成。其次，红外成像敏感器形成的红外图像清晰程度低，目标形态特征表达的完整性低，特征提取难度大，本发明通过可见光成像敏感器形成的可见光图像的明显形态特征来弥补红外图像的上述不足。

2、采用了双目可见光成像敏感器、双目红外成像敏感器和激光测距传感器阵列进行组合导航的方式，结合光学成像敏感器组成的被动式测量方式与激光测距传感器组成的主动式测量方式。其中，自主导航装置配备有指向导引结构，双目可见光成像敏感器配备有扫描结构，自主导航装置的指向导引结构可实现自主导航装置的视场范围的调整，有效解决了单目和双目导航中存在的视场小、探测范围有限等问题，双目可见光成像敏感器的扫描结构有效解决被动式测量的导航方式的遮挡等问题；对于激光测距传感器组成的主动式测量方式，激光测距传感器阵列同时获取空间目标被测表面上位于一个矩形面积内的五个特征点的距离信息，避免了扫描机构存在的弊端，通过数据处理不仅得到目标卫星的距离参数还可以通过计算拟合出被测区域的表面形态，特别是近距离时，可以分析出导航装置对接口所在面相对于空间目标对接口所在面的实时距离信息和倾斜角度。

3、自主导航过程大致分为三个阶段：远距离段采用双目可见光成像敏感器和双目红外成像敏感器组合的导航方式，近距离段采用双目可见光成像敏感器、双目红外成像敏感器和激光测距传感器阵列组合的导航方式，极近距离段采用激光测距传感器阵列的导航方式。在不同的距离采用不同的元件进行数据测量，在远距离段和近距离段采用多种元件组合的导航方式，保证了数据测量的精度，提高了导航效率，以及导航的安全性和可靠性。

[附图说明]

图 1 是本发明实施例的超近距离自主导航装置的结构示意图；

图 2 是传感器子系统的结构示意图；

图 3 是本发明实施例的超近距离自主导航装置的硬件连接示意图；

图 4 是激光测距传感器阵列示意图；

图 5 是本发明实施例的超近距离自主导航方法的流程示意图；

图 6 是远距离段空间目标的检测定位流程图；

图 7 是近距离段空间目标的三维结构运动分析流程图；

图 8 是极近距离段获取导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角的流程图；

图 9 是激光测距测角示意图。

[具体实施方式]

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

如图 1 所示，本发明实施例的超近距离自主导航装置包括：传感器子系统、信息融合子系统、敏感器扫描结构和指向导引结构；其中，传感器子系统安装在指向导引结构上。

如图 2 所示，传感器子系统包括第一和第二红外成像敏感器，第一和第二可见光成像敏感器，以及第一至第五激光测距传感器。第一可见光成像敏感器、第一红外成像敏感器、第一激光测距传感器、第二红外成像敏感器和第二可见光成像敏感器依次设置在同一导轨上，第一可见光成像敏感器和第一红外成像敏感器与第二红外成像敏感器和第二可见光成像敏感器相对于第一激光测距传感器对称。第二至第五激光测距传感器到第一激光测距传感器的距离相等，第二和第三激光测距传感器相对于导轨对称，第四和第五激光测距传感器相对于导轨对称。

信息融合子系统包括红外信息处理板、可见光信息处理板和星务服务器。如图 3 所示，第一和第二红外成像敏感器分别通过总线连接至红外信息处理板，第一和第二可见光成像敏感器分别通过总线连接至可见光信息处理板，第一至第五激光测距传感器分别连接至星务服务器；红外信息处理板和可见光信息处理板分别通过总线连接至星务服务器。红外信息处理板通过第一和第二红外成像敏感器实时采集双目红外图像，可见光信息处理板通过第一和第二可见光成像敏感器实时采集双目可见光图像，星务服务器通过第一至第五激光测距传感器采集激光数据（第一至第五激光测距传感器相对于空间目标的距离），并分别利用红外信息处理板和可见光信息处理板处理双目红外图像和双目可见光图像，得到空间目标的三维结构信息及姿态信息，结合处理激光数据得到的相对距离和倾角信息，发送使传感器子系统进行姿态调整的控制指令。

敏感器扫描结构包括第一和第二旋转台，第一和第二可见光成像敏感器分别安装在第一和第二旋转台上，第一和第二旋转台分别安装在导轨上。第一和第二旋转台分别连接至星务服务器，通过星务服务器控制第一和第二旋转台转动，使第一和第二可见光成像敏感器实现视场范围内的空间目标扫描。

指向导引结构包括二自由度云台和云台伺服控制器。云台伺服控制器连接至星务服务器，用于接收来自星务服务器的控制指令，控制二自由度云台在两个自由度上进行姿态调整，从而使传感器子系统进行姿态调整。

首先，可见光成像敏感器能获取有光照时空间目标的形态表观信息，其成像效果最接近人眼的视觉，因此可见光图像上的信息是最直观，最感兴趣的，红外成像敏感器能弥补在光照情况不理想或者没有光照的情况下可见光图像的形态特征不完整、不存在或出现伪特征的缺陷，上述装置将可见光成像敏感器与红外成像敏感器结合，有效解决了单独使用其中之一的导航方式存在的问题。其次，利用第一和第二可见光成像敏感器组成的

双目可见光成像传感器，第一和第二红外成像传感器组成的双目红外成像传感器，以及第一至第五激光测距传感器组成的激光测距传感器阵列，将光学成像传感器组成的被动式测量方式与激光测距传感器组成的主动式测量方式结合，其中，自主导航装置配备有指向导引结构，双目可见光成像传感器配备有传感器扫描结构，自主导航装置的指向导引结构能实现自主导航装置的时长范围的调整，有效解决了单目和双目导航中存在的视场小、探测范围有限等问题，双目可见光成像传感器的传感器扫描结构有效解决了被动式测量的导航方式的遮挡等问题；对于激光测距传感器组成的主动式测量方式，如图 4 所示，第一至第五激光测距传感器组成的激光测距传感器阵列同时获取空间目标被测表面上位于一个矩形面积内的五个特征点的距离信息，避免了扫描机构存在的弊端，通过数据处理不仅得到目标卫星的距离参数还可以通过计算拟合出被测区域的表面形态，特别是近距离时，可以分析出导航装置对接口所在面相对于空间目标对接口所在面的实时距离信息和倾斜角度。

如图 5 所示，利用上述装置实现超近距离自主导航的方法包括如下步骤：

(1) 第一和第二红外成像传感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像传感器采集双目可见光图像，利用双目红外图像和双目可见光图像，检测并定位空间目标，得到导航装置与空间目标的相对距离。

(2) 判断导航装置与空间目标的相对距离是否大于 100m，是则将导航装置向空间目标推进，返回步骤 (1)；否则顺序执行步骤 (3)。

(3) 第一和第二红外成像传感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像传感器采集双目可见光图像，第一至第五激光测距传感器采集激光数据，利用双目红外图像、双目可见光图像和激光数据，得到空间目标的三维结构信息、三维距离信息和三维运动参数。

(4) 根据空间目标的三维距离信息，判断导航装置与空间目标的相对

距离是否大于 20m，是则将导航装置向空间目标推进，返回步骤（3）；否则顺序执行步骤（5）。

（5）第一至第五激光测距传感器采集激光数据，利用激光数据，结合步骤（3）得到的空间目标的三维结构信息和三维运动参数，得到导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角。

（6）判断导航装置与空间目标的相对姿态角是否为 0，是则顺序执行步骤（7）；否则调整导航装置的姿态，减小导航装置与空间目标的相对姿态角，返回步骤（5）。

（7）将导航装置向空间目标推进。

（8）重复执行步骤（5）至（7），直至导航装置到达空间目标，完成相对导航过程。

如图 6 所示，上述步骤（1）进一步包括如下子步骤：

（1-1）第一和第二红外成像敏感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光图像，分别处理双目红外图像和双目可见光图像，分割空间目标与背景，得到空间目标的感兴趣区域。

（1-2）提取空间目标轮廓，对空间目标轮廓进行跟踪，计算空间目标轮廓的二维图形中心，得到空间目标轮廓中心在双目可见光图像的左可见光图像和右可见光图像中的坐标分别为 (U_1, V_1) 和 (U'_1, V'_1) ，进而得到空间目标在双目可见光图像中的中心坐标 $(\frac{U'_1+U_1}{2}, \frac{V'_1+V_1}{2})$ ；得到空间目标轮廓中心在双目红外图像的左红外图像和右红外图像中的坐标分别为 (U_2, V_2) 和 (U'_2, V'_2) ，进而得到空间目标在双目红外图像中的中心坐标 $(\frac{U'_2+U_2}{2}, \frac{V'_2+V_2}{2})$ ；根据 (U_1, V_1) 和 (U'_1, V'_1) 重建出空间目标相对于导航装置的空间距离。

（1-3）计算空间目标在双目可见光图像中的中心坐标与成像平面中心的距离，以及空间目标在双目红外图像中的中心坐标与成像平面中心的距离，调整导航装置的姿态，使空间目标轮廓中心靠近成像平面中心区域。

(1-4) 判断空间目标轮廓中心是否在成像平面中心区域，是则完成空间目标的检测定位；否则重复执行步骤(1-1)至(1-3)，直至空间目标轮廓中心落在成像平面中心区域。

如图7所示，上述步骤(3)进一步包括如下子步骤：

(3-1) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光图像，第一至第五激光测距传感器采集激光数据。

(3-2) 分别检测双目红外图像和双目可见光图像中的线段和角点特征，得到双目红外图像中的特征点和双目可见光图像中的特征点。

(3-3) 匹配双目红外图像的左红外图像和右红外图像中的特征点，匹配双目可见光图像的左可见光图像和右可见光图像中的特征点，重建空间目标的三维结构信息和三维距离信息。

(3-4) 利用第一至第五激光测距传感器采集的激光数据校正重建的空间目标的三维距离信息。

(3-5) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外序列图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光序列图像，匹配双目红外序列图像的左红外序列图像和右红外序列图像中的特征点，匹配双目可见光序列图像的左可见光序列图像和右可见光序列图像中的特征点，得到空间目标的三维运动参数。

如图8所示，上述步骤(5)进一步包括如下子步骤：

(5-1) 第一至第五激光测距传感器分别测量其相对于空间目标的距离。

(5-2) 根据第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对距离，结合步骤(3)得到的空间目标的三维结构信息和三维运动参数，分别解算出第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对姿态角，如图9所示。

(5-3) 分别将第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对距离和相对姿态角加权平均，得到导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角。

上述自主导航过程大致分为三个阶段：远距离段采用双目可见光成像敏感器和双目红外成像敏感器组合的导航方式，近距离段采用双目可见光成像敏感器、双目红外成像敏感器和激光测距传感器阵列组合的导航方式，极近距离段采用激光测距传感器阵列的导航方式。在不同的距离采用不同的元件进行数据测量，在远距离段和近距离段采用多种元件组合的导航方式，保证了数据测量的精度，提高了导航效率，以及导航的安全性和可靠性。当自主导航装置通过双目红外成像敏感器和双目可见光成像敏感器检测到距离 100 米范围内的空间目标时，启动第一至第五激光测距传感器组成的激光测距传感器阵列进行测量，采用激光测距传感器阵列同时获取空间目标被测表面上五个特征点的距离信息，通过数据处理不仅得到目标卫星的距离参数还可以通过计算拟合出被测区域的表面形态，特别是近距离时，可以分析出导航装置对接口所在面相对于空间目标对接口所在面的实时距离信息和倾斜角度。

本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种自主导航装置，其特征在于，包括传感器子系统、信息融合子系统、传感器扫描结构和指向导引结构；

所述传感器子系统安装在所述指向导引结构上，包括第一和第二红外成像敏感器，第一和第二可见光成像敏感器，以及第一至第五激光测距传感器；

所述信息融合子系统包括红外信息处理板、可见光信息处理板和星务服务器；所述第一和第二红外成像敏感器分别通过总线连接至所述红外信息处理板，所述第一和第二可见光成像敏感器分别通过总线连接至所述可见光信息处理板，所述第一至第五激光测距传感器分别连接至所述星务服务器，所述红外信息处理板和所述可见光信息处理板分别通过总线连接至所述星务服务器；所述星务服务器用于结合所述第一和第二红外成像敏感器采集的双目红外图像，所述第一和第二可见光成像敏感器采集的双目可见光图像，以及所述第一至第五激光测距传感器采集的激光数据，发送使所述传感器子系统进行姿态调整的控制指令；

所述传感器扫描结构包括连接至所述星务服务器的第一和第二旋转台，所述第一和第二可见光成像敏感器分别安装在所述第一和第二旋转台上，通过所述星务服务器控制所述第一和第二旋转台转动，使所述第一和第二可见光成像敏感器实现视场范围内的空间目标扫描；

所述指向导引结构包括二自由度云台和云台伺服控制器；所述云台伺服控制器连接至所述星务服务器，用于接收来自所述星务服务器的控制指令，控制所述二自由度云台进行姿态调整，从而使所述传感器子系统进行姿态调整。

2、如权利要求1所述的自主导航装置，其特征在于，所述第一可见光成像敏感器、所述第一红外成像敏感器、所述第一激光测距传感器、所述

第二红外成像敏感器和所述第二可见光成像敏感器依次设置在同一导轨上，所述第一可见光成像敏感器和所述第一红外成像敏感器与所述第二红外成像敏感器和所述第二可见光成像敏感器相对于所述第一激光测距传感器对称；所述第二至第五激光测距传感器到所述第一激光测距传感器的距离相等，所述第二和第三激光测距传感器相对于所述导轨对称，所述第四和第五激光测距传感器相对于所述导轨对称。

3、一种用权利要求 1 或 2 所述的装置进行自主导航的方法，其特征在于，包括如下步骤：

(1) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光图像，利用双目红外图像和双目可见光图像，检测并定位空间目标，得到导航装置与空间目标的相对距离；

(2) 判断导航装置与空间目标的相对距离是否大于 100m，是则将导航装置向空间目标推进，返回步骤 (1)；否则顺序执行步骤 (3)；

(3) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光图像，第一至第五激光测距传感器采集激光数据，利用双目红外图像、双目可见光图像和激光数据，得到空间目标的三维结构信息、三维距离信息和三维运动参数；

(4) 根据空间目标的三维距离信息，判断导航装置与空间目标的相对距离是否大于 20m，是则将导航装置向空间目标推进，返回步骤 (3)；否则顺序执行步骤 (5)；

(5) 第一至第五激光测距传感器采集激光数据，利用激光数据，结合步骤 (3) 得到的空间目标的三维结构信息和三维运动参数，得到导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角；

(6) 判断导航装置与空间目标的相对姿态角是否为 0，是则顺序执行步骤 (7)；否则调整导航装置的姿态，减小导航装置与空间目标的相对姿态角，返回步骤 (5)；

(7) 将导航装置向空间目标推进;

(8) 重复执行步骤(5)至(7),直至导航装置到达空间目标,完成相对导航过程。

4、如权利要求3所述的自主导航的方法,其特征在于,所述步骤(1)进一步包括如下子步骤:

(1-1) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外图像,第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光图像,分别处理双目红外图像和双目可见光图像,分割空间目标与背景,得到空间目标的感兴趣区域;

(1-2) 提取空间目标轮廓,对空间目标轮廓进行跟踪,计算空间目标轮廓的二维图形中心,得到空间目标轮廓中心在双目可见光图像的左可见光图像和右可见光图像中的坐标分别为 (U_1, V_1) 和 (U'_1, V'_1) ,进而得到空间目标在双目可见光图像中的中心坐标 $(\frac{U'_1+U_1}{2}, \frac{V'_1+V_1}{2})$;得到空间目标轮廓中心在双目红外图像的左红外图像和右红外图像中的坐标分别为 (U_2, V_2) 和 (U'_2, V'_2) ,进而得到空间目标在双目红外图像中的中心坐标 $(\frac{U'_2+U_2}{2}, \frac{V'_2+V_2}{2})$;根据 (U_1, V_1) 和 (U'_1, V'_1) 重建出空间目标相对于导航装置的空间距离;

(1-3) 计算空间目标在双目可见光图像中的中心坐标与成像平面中心的距离,以及空间目标在双目红外图像中的中心坐标与成像平面中心的距离,调整导航装置的姿态,使空间目标轮廓中心靠近成像平面中心区域;

(1-4) 判断空间目标轮廓中心是否在成像平面中心区域,是则完成空间目标的检测定位;否则重复执行步骤(1-1)至(1-3),直至空间目标轮廓中心落在成像平面中心区域。

5、如权利要求3或4所述的自主导航的方法,其特征在于,所述步骤(3)进一步包括如下子步骤:

(3-1) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外图像,第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光图像,第一至第五激光测距传感器采集激

光数据；

(3-2) 分别检测双目红外图像和双目可见光图像中的线段和角点特征，得到双目红外图像中的特征点和双目可见光图像中的特征点；

(3-3) 匹配双目红外图像的左红外图像和右红外图像中的特征点，匹配双目可见光图像的左可见光图像和右可见光图像中的特征点，重建空间目标的三维结构信息和三维距离信息；

(3-4) 利用第一至第五激光测距传感器采集的激光数据校正重建的空间目标的三维距离信息；

(3-5) 第一和第二红外成像敏感器采集双目红外序列图像，第一和第二可见光成像敏感器采集双目可见光序列图像，匹配双目红外序列图像的左红外序列图像和右红外序列图像中的特征点，匹配双目可见光序列图像的左可见光序列图像和右可见光序列图像中的特征点，得到空间目标的三维运动参数。

6、如权利要求3至5中任一项所述的自主导航的方法，其特征在于，所述步骤(5)进一步包括如下子步骤：

(5-1) 第一至第五激光测距传感器分别测量其相对于空间目标的距离；

(5-2) 根据第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对距离，结合步骤(3)得到的空间目标的三维结构信息和三维运动参数，分别解算出第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对姿态角；

(5-3) 分别将第一至第五激光测距传感器与空间目标的相对距离和相对姿态角加权平均，得到导航装置与空间目标的相对距离和相对姿态角。

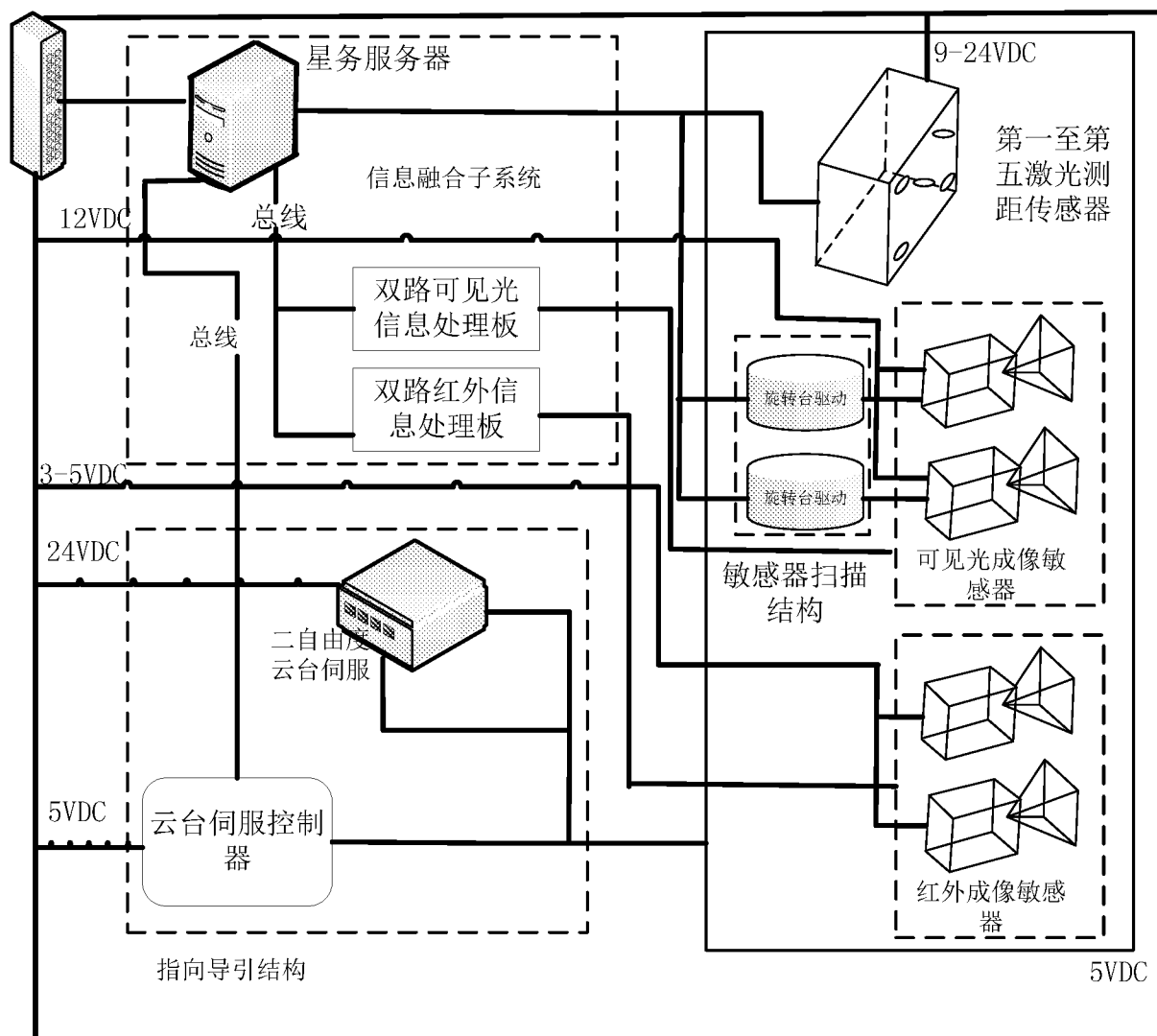


图 1

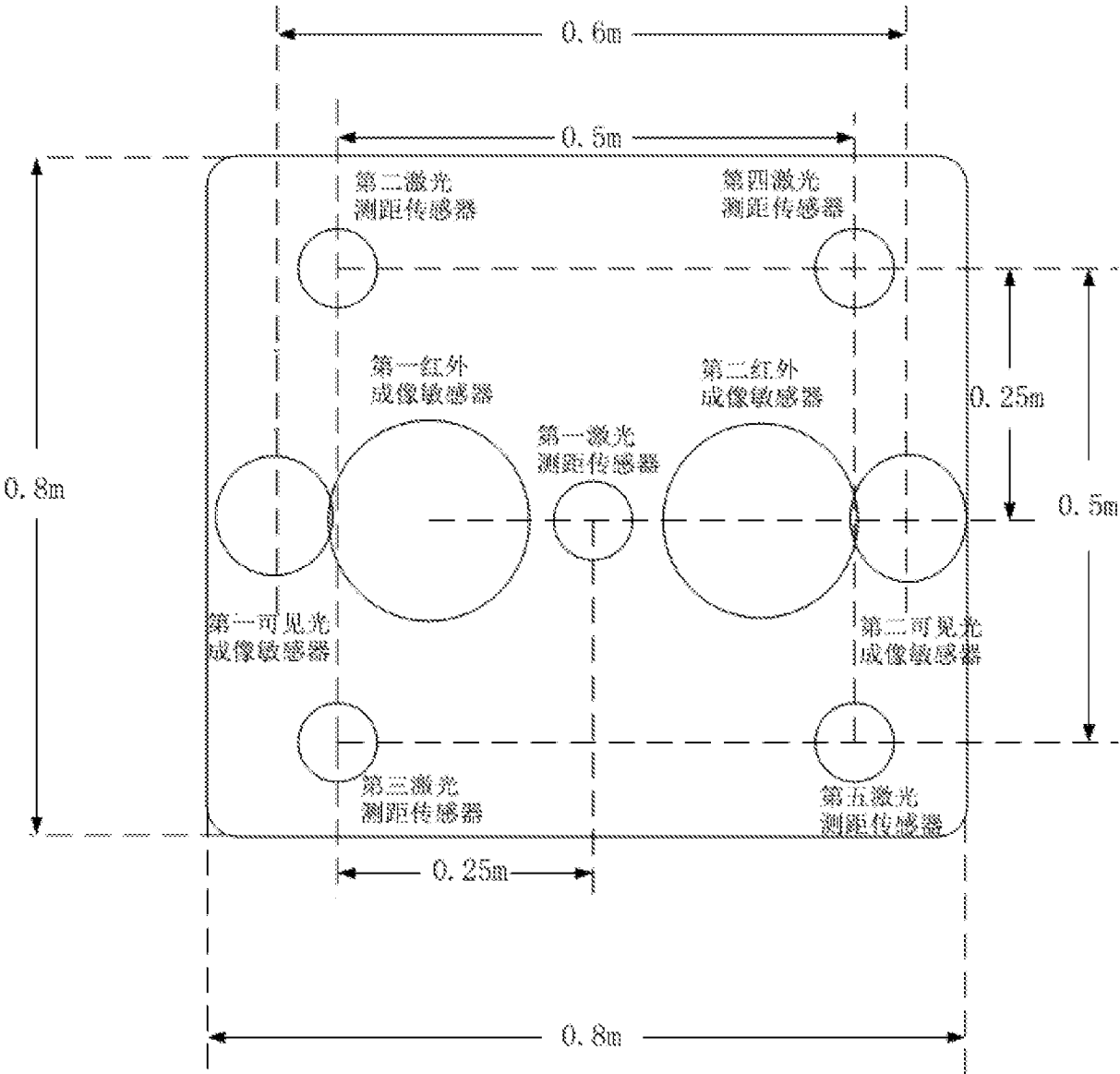


图 2

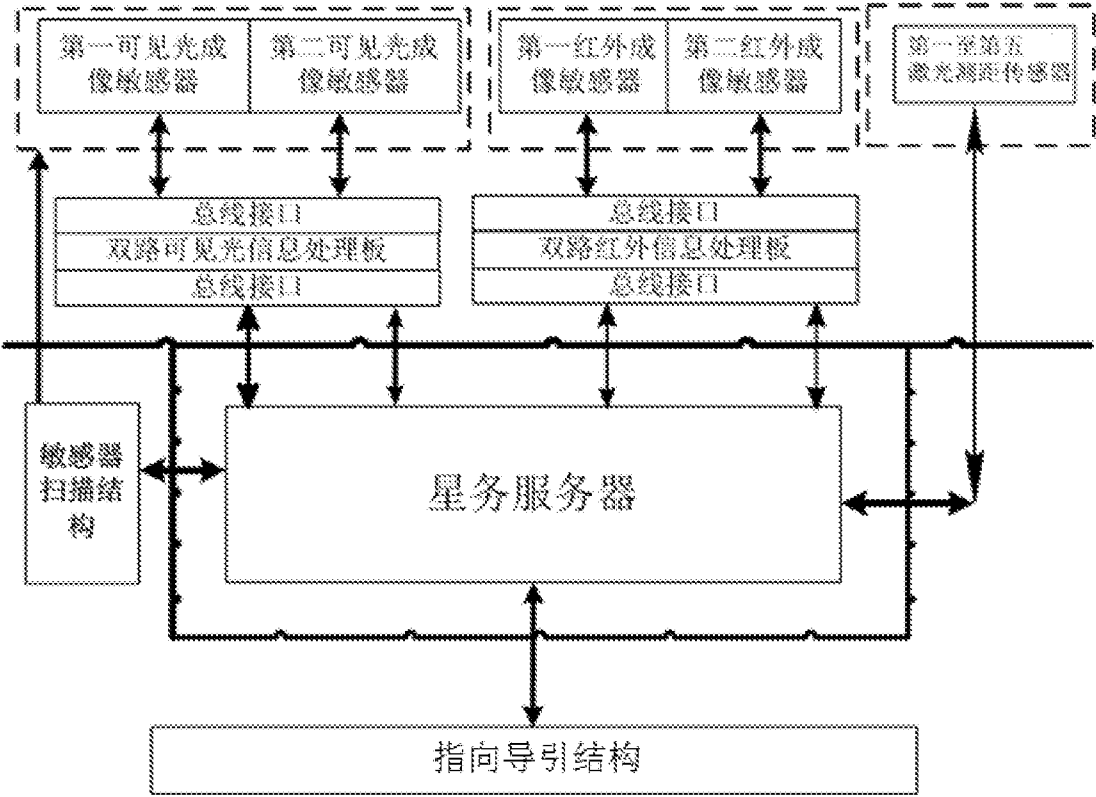


图 3

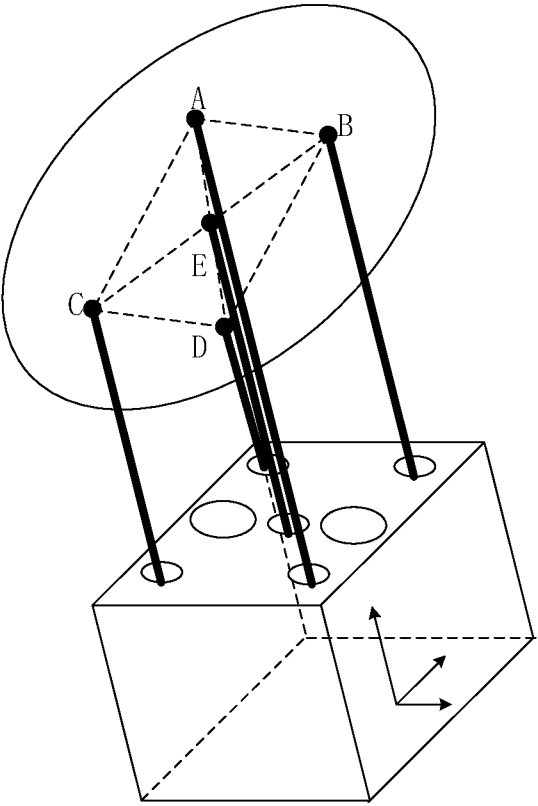


图 4

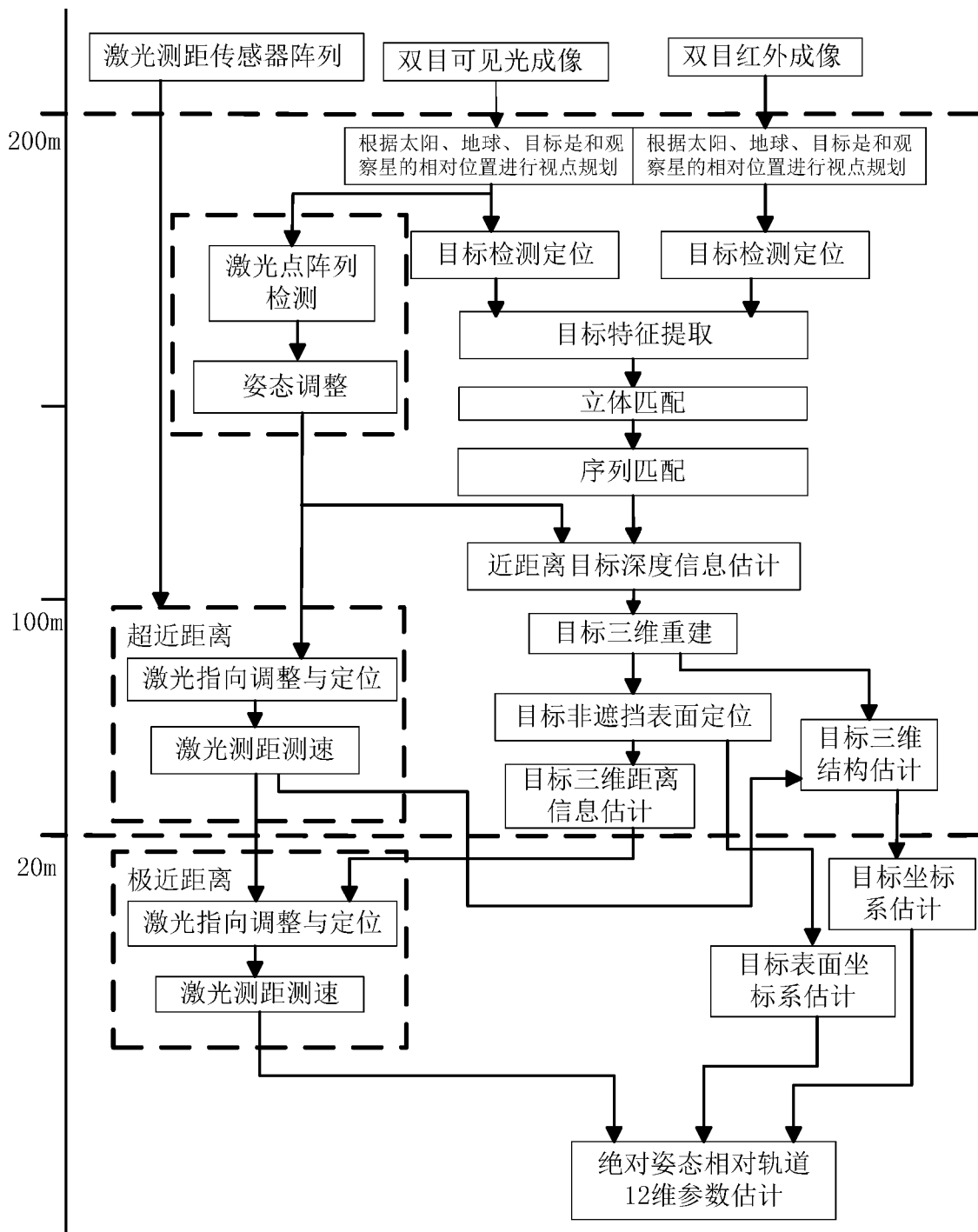


图 5

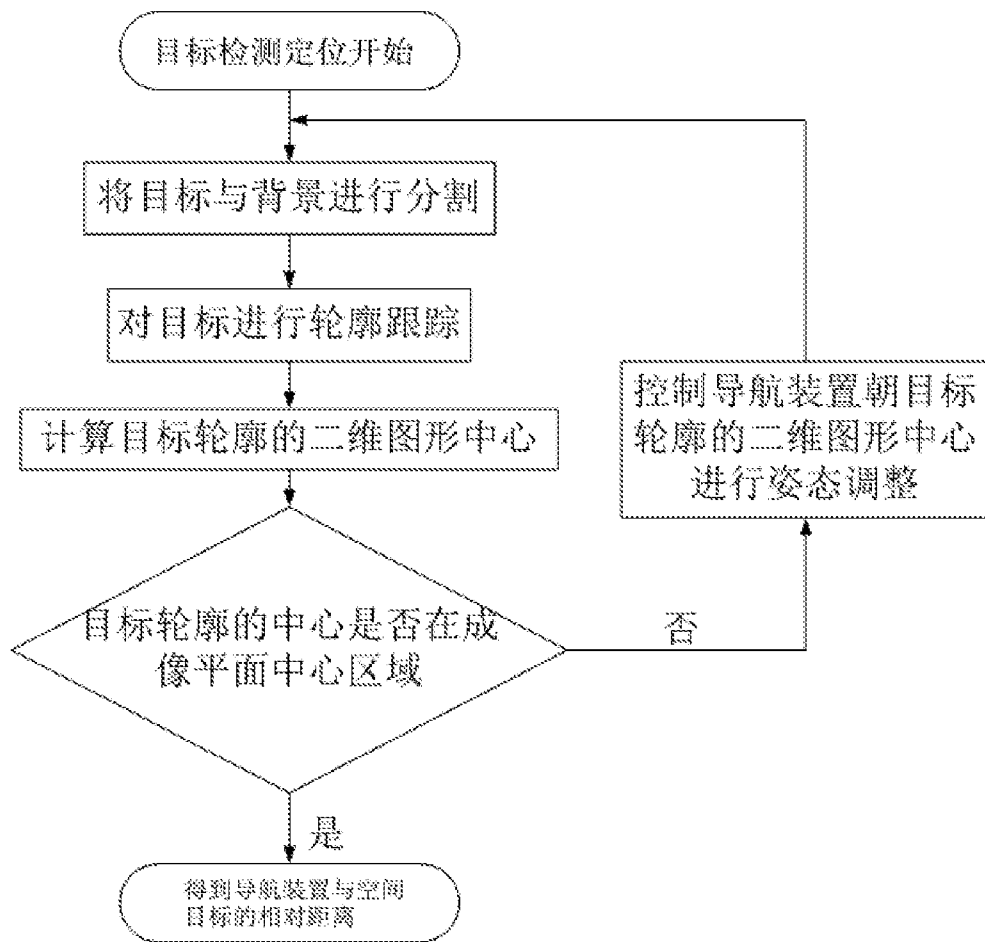


图 6

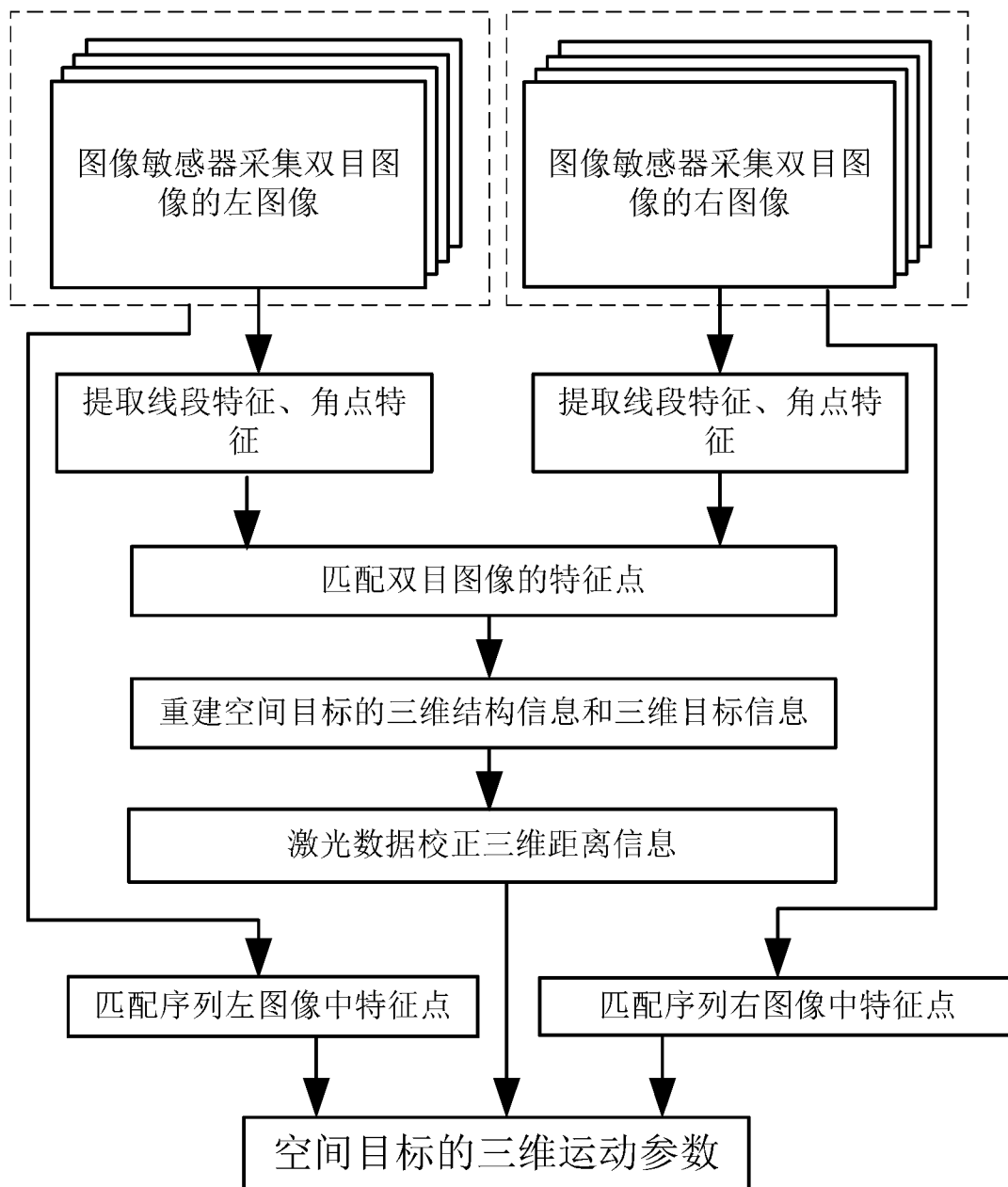


图 7

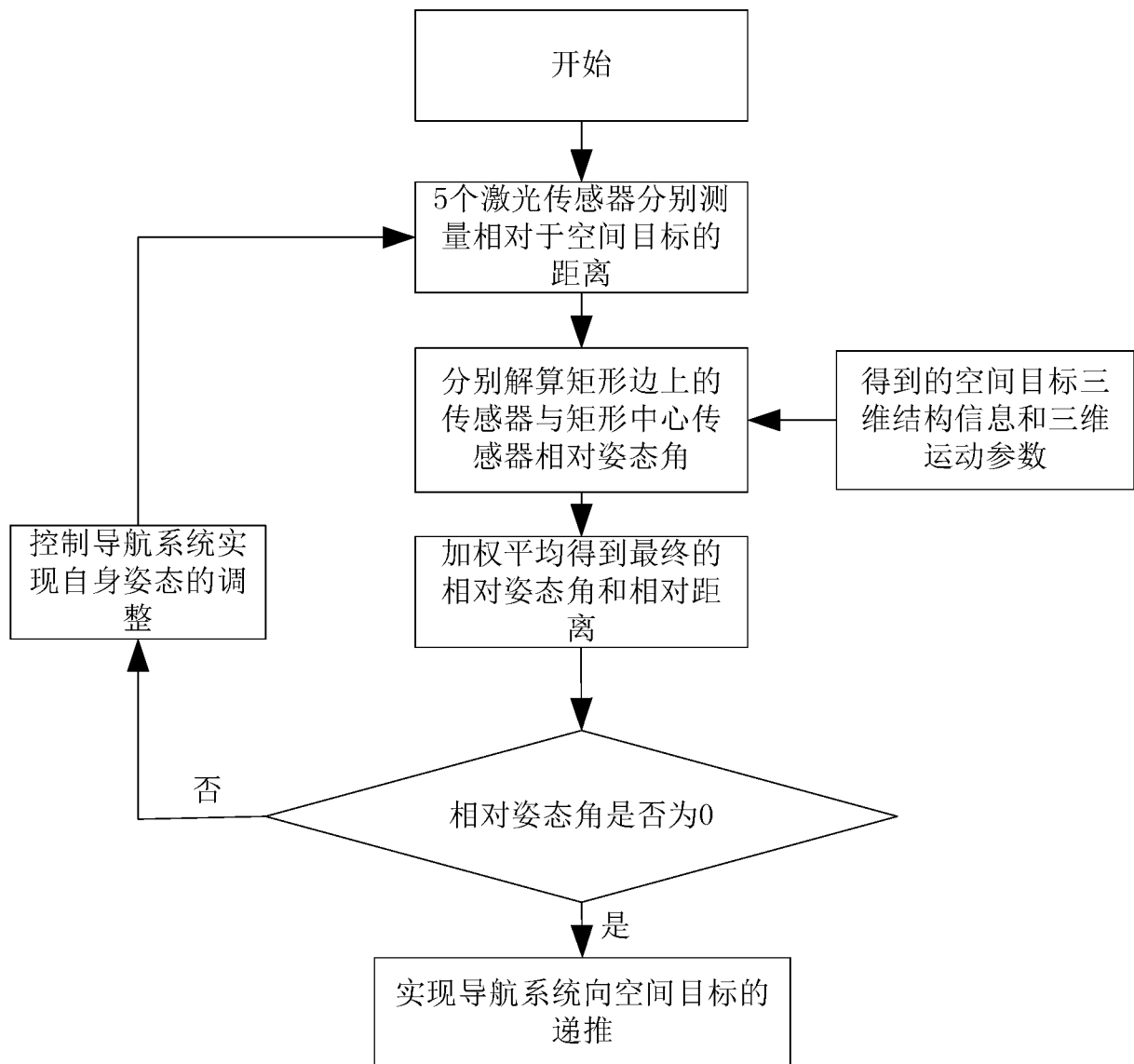


图 8

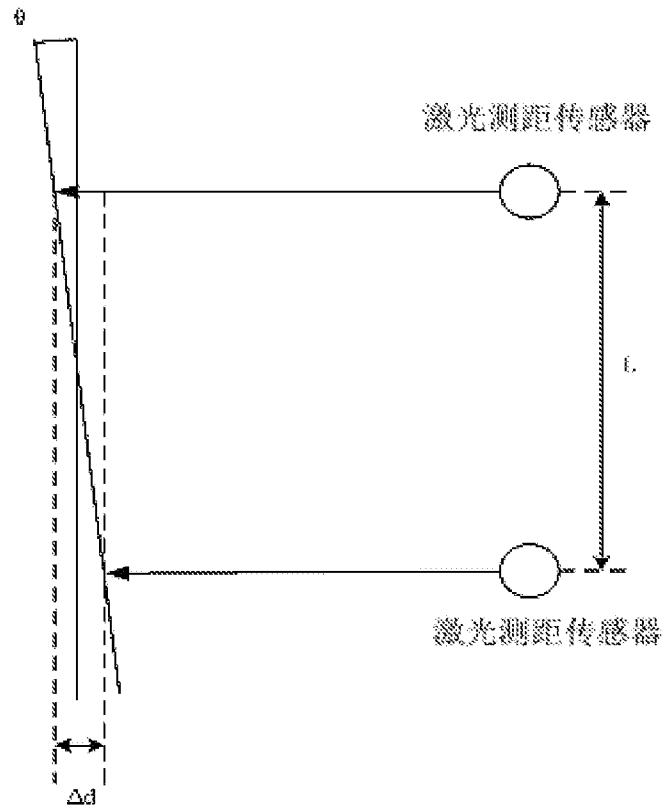


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/072696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C 21/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C 21/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: G01C 21/-, visible light, autonomous, vision, fuse; infrared, visible, light, laser, distance, navigation, unite, combine, associate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102288178 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS et al.), 21 December 2011 (21.12.2011), description, paragraphs 26-41	1-6
A	CN 101644580 A (XIDIAN UNIVERSITY), 10 February 2010 (10.02.2010), the whole document	1-6
A	CN 102053249 A (WU, Lixin et al.), 11 May 2011 (11.05.2011), the whole document	1-6
A	CN 103364781 A (NANJING UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS), 23 October 2013 (23.10.2013), the whole document	1-6
A	CN 102928861 A (CAMA (LUOYANG) MEASUREMENTS & CONTROLS CO., LTD.), 13 February 2013 (13.02.2013), the whole document	1-6
A	JPH 04218790 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.), 10 August 1992 (10.08.1992), the whole document	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 June 2015 (04.06.2015)	Date of mailing of the international search report 01 July 2015 (01.07.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LIU, Mei Telephone No.: (86-10) 82245257

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/072696

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102288178 A	21 December 2011	None	
CN 101644580 A	10 February 2010	CN 101644580 B	01 June 2011
CN 102053249 A	11 May 2011	CN 102053249 B	03 April 2013
CN 103364781 A	23 October 2013	None	
CN 102928861 A	13 February 2013	CN 102928861 B	06 May 2015
JP H04218790 A	10 August 1992	DE 4142097 B4	29 January 2004
		DE 4142097 A1	16 July 1992

A. 主题的分类 G01C 21/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01C21/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: G01C21/-; 红外, 可见光, 激光, 自主, 导航, 视觉, 融合, 组合, 联合; infrared, visible, light, laser, distance, navigation, unite, combine, associate																																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 102288178 A (南京航空航天大学 等) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 说明书第26-41段</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101644580 A (西安电子科技大学) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102053249 A (吴立新 等) 2011年 5月 11日 (2011 - 05 - 11) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103364781 A (南京财经大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102928861 A (凯迈洛阳测控有限公司) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP H04218790 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 1992年 8月 10日 (1992 - 08 - 10) 全文</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table> ☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。 * 引用文件的具体类型: <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 102288178 A (南京航空航天大学 等) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 说明书第26-41段	1-6	A	CN 101644580 A (西安电子科技大学) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文	1-6	A	CN 102053249 A (吴立新 等) 2011年 5月 11日 (2011 - 05 - 11) 全文	1-6	A	CN 103364781 A (南京财经大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 全文	1-6	A	CN 102928861 A (凯迈洛阳测控有限公司) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文	1-6	A	JP H04218790 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 1992年 8月 10日 (1992 - 08 - 10) 全文	1-6	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																															
A	CN 102288178 A (南京航空航天大学 等) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 说明书第26-41段	1-6																															
A	CN 101644580 A (西安电子科技大学) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文	1-6																															
A	CN 102053249 A (吴立新 等) 2011年 5月 11日 (2011 - 05 - 11) 全文	1-6																															
A	CN 103364781 A (南京财经大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 全文	1-6																															
A	CN 102928861 A (凯迈洛阳测控有限公司) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文	1-6																															
A	JP H04218790 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 1992年 8月 10日 (1992 - 08 - 10) 全文	1-6																															
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																																
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																																
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																																
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																																
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																																	
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																																
2015年 6月 4日	2015年 7月 1日																																
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																																
中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国	刘玫																																
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)82245257																																

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/072696

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102288178	A	2011年 12月 21日	无			
CN	101644580	A	2010年 2月 10日	CN	101644580	B	2011年 6月 1日
CN	102053249	A	2011年 5月 11日	CN	102053249	B	2013年 4月 3日
CN	103364781	A	2013年 10月 23日	无			
CN	102928861	A	2013年 2月 13日	CN	102928861	B	2015年 5月 6日
JP	H04218790	A	1992年 8月 10日	DE	4142097	B4	2004年 1月 29日
				DE	4142097	A1	1992年 7月 16日