

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2012 年 3 月 8 日 (08.03.2012)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2012/028032 A1

- (51) 国际专利分类号:
B66C 13/06 (2006.01) B66C 23/00 (2006.01)
B66C 13/20 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/076785
- (22) 国际申请日: 2011 年 7 月 1 日 (01.07.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201010268059.0 2010 年 8 月 30 日 (30.08.2010) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 长沙中联重
工科技发展股份有限公司 (CHANGSHA ZOOM-
LION HEAVY INDUSTRY SCIENCE AND TECH-
NOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中
国湖南省长沙市岳麓区银盆南路 361 号, Hunan
410013 (CN)。 湖南中联重科专用车有限责任公
司 (HUNAN ZOOMLION SPECIAL VEHICLE CO.,
LTD.) [CN/CN]; 中国湖南省常德市鼎城区灌溪镇,
Hunan 415106 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 段卓 (DUAN, Zhuo)
[CN/CN]; 中国湖南省长沙市岳麓区银盆南路 361
号, Hunan 410013 (CN)。
- (74) 代理人: 北京润平知识产权代理有限公司 (RUN-
PING & PARTNERS); 中国北京市海淀区北四环西
路 9 号银谷大厦 515 室, Beijing 100190 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING MOVEMENT TRACK OF CRANE HOOK

(54) 发明名称: 用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法

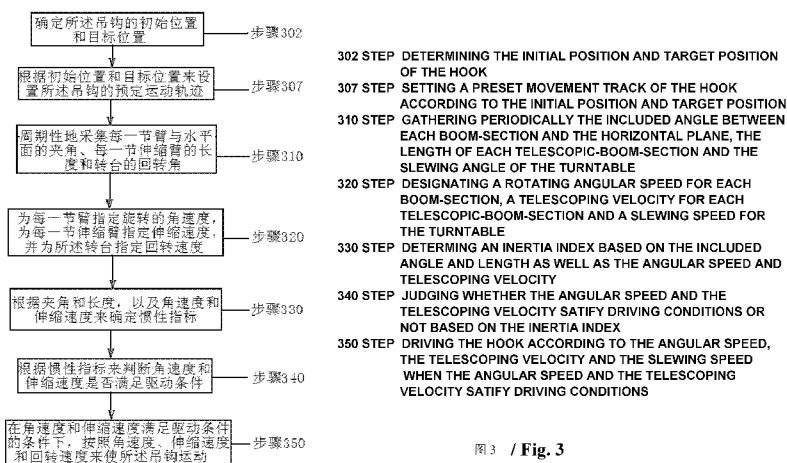


图 3 / Fig. 3

(57) Abstract: Disclosed is a method for controlling the movement track of a crane hook, wherein the crane has at least two boom-sections including at least one telescopic-boom-section (3), the hook is connected to the outer end of the last boom-section, and rotating of each boom-section and telescoping of each telescopic-boom-section are controlled by hydraulic cylinders respectively. The method includes: gathering the included angle between each boom-section and the horizontal plane and the length of each telescopic-boom-section (3), designating a rotating angular speed for each boom-section and designating a telescoping velocity for each telescopic-boom-section (3), determining an inertia index of each boom-section based on the gathered included angle and length as well as the designated rotating angular speed and telescoping velocity and judging whether to drive each hydraulic cylinder according to the designated angular speed and telescoping velocity or not based on the determined inertia index so as to drive the hook. The method enables the inertia influence of each boom-section to be counteracted mutually during controlling movement of the hook, thereby improving control accuracy of the movement track of the crane hook and the efficiency of the crane.

[见续页]



HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, **本国际公布:**

PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

公开了一种用于控制起重机吊钩的运动轨迹的方法,其中,所述起重机具有至少两节臂,所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂(3),所述吊钩连接在末节臂的外端,每一节臂的转动以及每一节伸缩臂的伸缩分别由液压缸进行控制。该方法包括:采集每一节臂与水平面的夹角和每一节伸缩臂(3)的长度;为每一节臂指定旋转角速度和为每一节伸缩臂(3)指定伸缩速度;根据所采集到的夹角和长度以及所指定的旋转角速度和伸缩速度,确定每一节臂的惯性指标,并根据所确定的惯性指标来判断是否按照指定的角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸,以使所述吊钩运动。所述方法在控制吊钩的运动时,能够使各节臂的惯性影响相互抵消,从而提高起重机吊钩运动轨迹控制的精确度,并提高起重机的效率。

用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法

技术领域

本发明涉及控制起重机的吊钩运动轨迹的方法。

5

背景技术

起重设备在当今社会生活中起着非常重要的作用，其广泛的应用于建筑工地、港口码头、冶金矿山等需要对货物或矿石进行大规模装卸和搬运的场合。为了适应不同工作条件的需求，起重设备也不断的发生着变化，如何提高起重设备的性能，解决其中使用起重设备过程中遇到的问题，是工程机械领域长期以来不断研究的课题之一。

当今，起重设备多由液压驱动，每一个液压缸可以控制每节起重臂的一个自由度（伸缩或俯仰），由操作人员通过遥控器或电控手柄分别对各个液压缸进行控制，通过所有的液压缸的联合控制，能够实现将重物从起始位置搬运到目标位置的过程。但是，液压缸的运动一方面需要时间（不能过快），另一方面由于液压油的冲击所引起的运动惯性不容易进行精确地控制，这就导致在使用起重设备时一方面可能会耗时过长，另一方面还会对操作人员的判断造成影响。

为了解决这些问题，需要由有经验的操作人员进行操作，他们对液压缸的伸缩性能非常熟悉，能够在操作过程中合理的考虑到惯性的影响，而对起重臂进行更为准确的操作，并且由于经验，他们能够更加合理地控制不同油缸联动，从而选择最短的搬运路径，而缩短搬运时间，还大大的提高了起重臂的灵活性和灵敏度，从而提高起重效率。

但这些举措都未能从本质上改变当前起重设备的使用状况，一方面，即使是再有经验的操作人员也难免会出现错误，这种错误轻则耽误时间，重则

25

造成物毁人亡，而且操作人员对路径的选择，对各个液压缸的联合操作还可以被优化。另一方面，液压缸的惯性的影响仍然存在，尤其是在增加了起重臂的节数之后，这种影响变得更加不可预测且不可忽略。因而，需要一种能够集选择路径、液压联合控制、惯性估计与抵消等众多功能于一身的起重机吊钩运动轨迹控制方法。

发明内容

为了解决现有的起重设备中存在的起重效率低且准确度不够高的缺陷，本发明提出了新型的用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法。

本发明提供了一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法，其中所述起重机具有至少两节臂，所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂（这里的伸缩臂可包括套臂和多节可伸缩臂节），所述吊钩连接在末节臂的外端，每一节臂的转动以及每一节伸缩臂的伸缩分别由液压缸进行控制，该方法包括采集每一节臂与水平面的夹角和每一节伸缩臂的长度；为每一节臂指定旋转的角速度并为每一节伸缩臂指定伸缩速度；分别根据为每一节臂所采集的夹角和为每一节伸缩臂所采集的长度，以及为每一节臂所指定的角速度和为每一节伸缩臂所指定的伸缩速度来确定每一节臂的惯性指标，其中所述每一节臂的惯性指标为二元参数 (A_x, A_y) ， A_x 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向偏离预期位置的位移， A_y 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在竖直方向偏离预期位置的位移；根据所述惯性指标来判断所述角速度和所述伸缩速度是否满足驱动条件；以及在所述角速度和所述伸缩速度满足所述驱动条件的情况下，按照所述角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸以使所述吊钩运动。

优选地，该方法还包括在所述角速度和所述伸缩速度不满足所述驱动条件的情况下，返回为每一节臂指定旋转的角速度并为每一节伸缩臂指定伸缩

速度的步骤。

优选地，所述驱动条件为所述每一节臂的 A_x 之和以及所述每一节臂的 A_y 之和分别小于或等于一阈值。

优选地，所述 A_x 和 A_y 分别满足以下公式：

5
$$A_x = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \sin \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \cos \alpha,$$

$$A_y = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \cos \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

其中 $a = (A_{x1}^2 + A_{y1}^2)^{1/2} / (m \cdot L \cdot \Omega)$, $b = (A_{x2}^2 + A_{y2}^2)^{1/2} / (m \cdot v)$,

其中 α 为该节臂与水平面之间的夹角， L 为该节臂的长度， Ω 为该节臂转动的角速度， v 为该节臂的伸缩速度， m 为该节臂的质量， A_{x1} 和 A_{y1} 分别为只让该节臂以角速度 Ω 转动时吊钩在水平方向和竖直方向的位移， A_{x2} 和 A_{y2} 分别为只让该节臂以速度 v 进行伸缩时吊钩在水平方向和竖直方向的位移。

10

优选地，所述起重机还包括由回转液压马达驱动回转的转台，并且该方法还包括采集所述转台的回转角，以及根据所采集的回转角来驱动所述回转

15 液压马达控制转台的回转。

本发明还提供了一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法，其中所述起重机具有转台以及至少两节臂，所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂，所述吊钩连接在末节臂的外端，每一节臂的转动和每一节伸缩臂的伸缩分别由独立的液压缸进行控制，所述转台的转动由回转液压马达进行控制，该方法包括：确定所述吊钩的初始位置和目标位置；根据所述初始位置和目标位置来设置所述吊钩的预定运动轨迹；周期性地采集每一节臂与水平面的夹角、每一节伸缩臂的长度和所述转台的回转角；为每一节臂指定旋转的角速度，为每一节伸缩臂指定伸缩速度，并为所述转台指定回转速度，其中所述角速度、所述伸缩速度和所述回转速度能够使所述吊钩按照预定运动轨迹运

20

25 动；分别根据为每一节臂所采集的夹角和为每一节伸缩臂所采集的长度，以

及为每一节臂所指定的角速度和为每一节伸缩臂所指定的伸缩速度来确定每一节臂的惯性指标，其中所述每一节臂的惯性指标为二元参数 (A_x, A_y)， A_x 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向偏离预期位置的位移， A_y 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在竖直方向偏离预期位置的位移；

5 根据所述惯性指标来判断所述角速度和所述伸缩速度是否满足驱动条件；以及在所述角速度和所述伸缩速度满足所述驱动条件的情况下，按照所述角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸，并按照所述回转速度来驱动回转液压马达，以使所述吊钩运动。

优选地，该方法还包括在所述角速度和所述伸缩速度不满足所述驱动条件的情况下，返回为每一节臂指定旋转的角速度、为每一节伸缩臂指定伸缩速度并为所述转台指定回转速度的步骤。

10

优选地，所述驱动条件为所述每一节臂的 A_x 之和以及所述每一节臂的 A_y 之和分别小于或等于一阈值。

优选地，所述 A_x 和 A_y 分别满足以下公式：

15
$$A_x = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \sin \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \cos \alpha,$$

$$A_y = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \cos \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

其中 $a = (A_{x1}^2 + A_{y1}^2)^{1/2} / (m \cdot L \cdot \Omega)$ ， $b = (A_{x2}^2 + A_{y2}^2)^{1/2} / (m \cdot v)$ ，

其中 α 为该节臂与水平面之间的夹角， L 为该节臂的长度， Ω 为该节臂转动的角速度， v 为该节臂的伸缩速度， m 为该节臂的质量， A_{x1} 和 A_{y1} 分别为只让该节臂以角速度 Ω 转动时吊钩在水平方向和竖直方向的位移， A_{x2} 和 A_{y2} 分别为只让该节臂以速度 v 进行伸缩时吊钩在水平方向和竖直方向的位移。

20

优选地，在所述周期性地采集每一节臂与水平面的夹角、每一节伸缩臂的长度和所述转台的回转角的步骤中，还能够在所述吊钩偏离预定轨迹的距离超过一阈值时采集以上各项数据。

25

通过本发明提供的用于控制折臂式起重机的吊钩的运动轨迹的方法，引入了惯性指标的概念，从而在控制吊钩的运动时对各节臂的惯性影响进行了相互抵消，提高了起重机对吊钩的运动轨迹控制的精确程度，并能够提高起重机的效率。

5

附图说明

图 1 示出了一种折臂式起重机示意图；

图 2 示出了一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法的流程图；

图 3 示出了另一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法的流程图。

10

具体实施方式

本发明针对一般性的起重机结构提出了多种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法。在一般的起重机结构中，对起重机的臂的节数、其中哪些节可伸缩、哪些节可转动都没有限制，因此本发明所提出的方法适用于具有任意节数的起重机。

15

在以下的描述中，将针对具有转台和两节起重臂的示例性的起重机进行描述，其中转台通过回转支承与底盘相连并可在水平面内转动，第一节臂为折叠臂，第二节臂为伸缩臂。应该指出的是，虽然本发明中只给出了针对这一种示例性起重机的描述，但本领域技术人员显然可以根据本发明的内容和实质推广到任意节数、任意转动和伸缩要求的情况，比如，本发明的发明内容覆盖了起重机具有转台和至少两节臂且该至少两节臂中至少包括一节伸缩臂的情形。在一般的起重机中，在末节臂的外端连接有吊钩，并且每一节臂的转动以及每一节伸缩臂的伸缩分别由独立的液压缸进行控制，转台的转动由回转液压马达进行控制，底盘通常通过支腿支撑于地面之上。

20

如图 1 所示，图 1 示出了一种所述示例性的具有转台和两节起重臂的起

25

重机的示意图。该起重机包括转台 1（也可称之为回转臂或立柱）、折叠臂 2、伸缩臂 3 和底盘 4，其中转台 1 与折叠臂 2 的铰接点距离地面的距离为 L_3 ，折叠臂 2 的两铰点长度为 L_1 ，折叠臂 2 与水平面的夹角为 α ，伸缩臂 3 的长度为 L_2 ，伸缩臂 3 与水平面的夹角为 β ，转台 1 可以回转，其回转角为 γ （即转台 1、折叠臂 2 和伸缩臂 3 组成的上车结构的初始位置与目标位置之间在水平面内的夹角，如图 1 所示）。转台 1 可相对于底盘 4 在平面内作回转运动（即“回转动作”）；折叠臂 2 可围绕与转台 1 的铰接点在所述臂结构的平面内转动（即“俯仰动作”），但不可伸缩；伸缩臂 3 可围绕与折叠臂 2 的铰接点在所述臂结构的平面内转动（即“俯仰动作”），并可沿伸缩臂 3 的长度方向伸缩（即“伸缩动作”）。

图 2 示出了一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法的流程图，其中所述起重机具有至少两节臂，所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂，所述吊钩连接在末节臂的外端，每一节臂的转动以及每一节伸缩臂的伸缩分别由独立的液压缸进行控制。

如图 2 所示，在步骤 210 中，首先采集每一节臂与水平面的夹角和每一节伸缩臂的长度，其中对夹角的采集可以通过角度传感器来实现，对伸缩臂的长度的采集可以通过线位移传感器来实现。

在一种实施方式中，所选择的角度传感器用于测量每一节臂与水平面的夹角，在本发明的其它实施方式中，还可以选择测量相邻臂之间的夹角。其中，测量水平面的夹角，在公式建立方面更加简单，控制器的设计也得到简化，从而使吊钩的运动控制也相对更简单一些；测量相邻臂之间的夹角，抗震性能比较好，可以减少计算值与实际值之间的误差。

在图 1 中，需要采集转台 1 与水平面的夹角（图中的转台沿竖直方向放置，夹角为 90 度）、折叠臂 2 与水平面之间的夹角 α 以及伸缩臂 3 与水平面之间的夹角 β 。

在步骤 220 中，为每一节臂指定旋转的角速度并为每一节伸缩臂指定伸缩速度。

在每一节臂的转动角速度允许范围内为该节臂选择转动角速度，并在每一节伸缩臂的伸缩速度的允许范围内为该节臂选择伸缩速度，在对吊钩运动轨迹没有其他限制的情况下，以上的允许范围是由各个液压缸的性能决定的。

在一种实施方式中，还可以通过添加其他条件对所述角速度和所述伸缩速度的可选范围进行进一步的限制，比如通过规定吊钩的预定运动轨迹等。

在本发明的一种实施方式中，由于通过液压缸来驱动各节臂的转动以及各节伸缩臂的伸缩，转动角速度和伸缩速度是与液压缸的伸缩速度成正比的，因此可以根据液压缸在臂上的连接位置关系，建立液压缸的伸缩速度与相应的角速度和伸缩速度之间的关系。

在步骤 230 中，分别根据为每一节臂所采集的夹角和为每一节伸缩臂所采集的长度，以及为每一节臂所指定的角速度和为每一节伸缩臂所指定的伸缩速度来确定每一节臂的惯性指标。

在起重臂工作时，往往需要各节臂联合动作，各个液压缸同时被驱动，以使得吊钩按照预定的轨迹移动到指定的位置。但实际使用时，由于液压缸中的油的流动会产生一定的惯性作用，而这种惯性作用转换到臂的转动或伸缩则体现为：由于不能立即停止油缸的运动而使臂的转动和伸缩不能得到准确的控制，此外，每一节臂自身的运动也具有很大的惯性，这些加在一起会对起重臂的控制带来很大的负面影响。惯性是各种物体固有的属性，不能够被消除，只要具有质量的物体运动都会产生惯性。本发明针对这一点，引入了惯性指标，对每一节臂的惯性进行评估，从而通过不同节臂之间的惯性影响相抵消来使对起重臂（吊钩）的控制更加准确。

所述惯性指标用于评估每一节臂由于转动和/或伸缩而带来的惯性影

响。由于在考虑到不同节臂之间的惯性影响相互抵消时，需要考虑到每一节臂的运动趋势，因此用二元参数 (A_x, A_y) 来表示所述惯性指标， A_x 表示惯性指标的水平方向分量， A_y 表示惯性指标的竖直方向分量，每个分量 A_x 和 A_y 都包含转动部分和伸缩部分两部分。在一种优选实施方式中， A_x 和 A_y 分别是由于所考虑的臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向和竖直方向偏离预期位置（即在不受惯性影响的条件下，希望吊钩所达到的目标位置）的位移。

在本发明的一种实施方式中，若某一节臂与水平面之间的夹角为 α ，长度为 L ，转动角速度为 Ω ，伸缩速度为 v ，则定义：

$$A_x = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \sin \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \cos \alpha$$

$$A_y = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \cos \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \sin \alpha$$

在一种实施方式中， m 为该节臂的质量，在另一种实施方式中， m 还可作为从该节臂开始直至末节臂的所有臂的质量之和。 a 为转动惯性权重， b 为伸缩惯性权重， a 和 b 分别代表的是转动和伸缩两种运动受惯性影响的程度大小， a 和 b 可事先测定或根据经验值给定。

可以理解的是，对于任一节臂，我们所关心的是两个权重值的比值 a/b ， a/b 可以理解为就是转动所带来的惯性影响和伸缩运动所带来的惯性影响的比值，事实上，一旦对 a/b 进行了确定，并进一步对各节臂的转动惯性权重之间的大小关系进行了确定，就已经可以实现本发明所提出的技术方案，只要在随后对阈值 K 进行选择时进行适当的缩放即可。

在一种实施方式中，可以通过如下的方法来对 a 和 b 进行测定：只使该节臂进行转动则上面用于计算 A_x 和 A_y 的两个等式中等号右侧第二项为零，只使该节臂进行伸缩则上面两个等式中等号右侧第一项为零，在这两种情况下分别测定吊钩偏离预期位置的位移 D_a 和 D_b ，其中 $D_a = (A_{x1}^2 + A_{y1}^2)^{1/2}$ ，

$D_b = (A_{x2}^2 + A_{y2}^2)^{1/2}$ ，，则可知 $D_a/D_b = a/b \cdot (m \cdot L \cdot \Omega)/(m \cdot v)$ ，由此可以导出

a/b 的值。在一种优选的实施方式中可以直接令 $D_a=a \cdot (m \cdot L \cdot \Omega)$, $D_b=b \cdot (m \cdot v)$, 这样可以直接得到 a 和 b 的值, 这种优选实施方式中, A_x 和 A_y 分别对应于由于所考虑的臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向和竖直方向偏离预期位置的位移。

5 根据对现有起重臂的认识, a 和 b 一般为同一量级, a/b 的范围通常可限定为 0.1-10 的范围。

在本发明的其它实施方式中, A_x 和 A_y 也可以具有其它的形式, 只要 (A_x , A_y) 能够表现其所对应的那一节臂的运动趋势 (类似于“动量”的概念) 即可 (例如, 可以用每一节臂的相应转动惯量 I 来描述 A_x 和 A_y 中的第一项, 10 即代替 $a \cdot m \cdot L$), 这样便可以评估每一节臂的惯性对操作准确度的影响, 从而在下一步骤中, 使其相互抵消, 而是测量和操作更加准确。

在本发明的一种实施方式中, 甚至可以忽略掉惯性指标中的伸缩项, 从而使计算更加简洁, 当然这样做的代价是使得惯性评估不够准确, 从而使惯性抵消的效果降低, 但即使这样相对于现有技术也应具有显而易见的优势。

15 在图 1 中, 可以根据本发明的上述实施方式来计算各节臂的惯性指标。先不考虑转台 1 的回转, 对于折叠臂 2 来讲, 只有转动项, 没有伸缩项, 因此 $A_{x2}=a_2 \cdot m_2 \cdot L_1 \cdot \Omega_2 \cdot \sin \alpha$, $A_{y2}=a_2 \cdot m_2 \cdot L_1 \cdot \Omega_2 \cdot \cos \alpha$, 其中数字 2 表示这些参数都是对应于折叠臂 2 的参数, 以下的数字 3 也应如此来理解。对于伸缩臂 3 来讲, 既有转动项, 又有伸缩项, $A_{x3}=a_3 \cdot m_3 \cdot L_2 \cdot \Omega_3 \cdot \sin$ 20 $\beta + b_3 \cdot m_3 \cdot v_3 \cdot \cos \beta$, $A_{y3}=a_3 \cdot m_3 \cdot L_2 \cdot \Omega_3 \cdot \cos \beta + b_3 \cdot m_3 \cdot v_3 \cdot \sin \beta$ 。

在步骤 240 中, 根据所述惯性指标来判断所述角速度和所述伸缩速度是否满足驱动条件。

在一种实施方式中, 所述驱动条件为所述每一节臂的 A_x 之和以及所述每一节臂的 A_y 之和分别小于或等于一阈值。

25 在一种实施方式中, 可以设定一个阈值 K 使得各节臂的 A_x 之和 $|\Sigma A_x|$

以及各节臂的 A_y 之和 $\sum A_y$ 均小于等于 A_x (在本发明的其它实施方式中也可以通过其它规则来限制, 比如使 $[(\sum A_x)^2 + (\sum A_y)^2]^{1/2}$ 小于等于 K 等等), 从而在最大程度上抵消各节臂的惯性对吊钩位置控制精确度的影响。这里给出的限制规则只是给出了上界, 在实际操作过程中, 可以根据起重机搬运的货物需求 (比如贵重等级、搬运准确度要求等等) 给出多个档位, 这些档位分别对应于 $|\sum A_x|$ 和 $|\sum A_y|$ 等于 $K1$ 、 $K2$... Kn ($K1 > K2 > \dots > Kn$) 的情况, 对精度要求越高 K 值就越小 (对于给定的 a 和 b 而言)。

如前文所述, 一旦对 a/b 进行了确定, 并进一步对各节臂的转动惯性权重之间的大小关系进行了确定, 只要在随后对阈值 K 进行选择时进行适当的缩放便可实现相同的精度要求。以单节臂为例, 若原来取 $a=1$, $b=2$, 达到某一精度时需要 $K=\text{常量 } c$, 则在 $a=2$, $b=4$ 的情况下, 达到同一精度需要 $K=\text{常量 } c \times 2$ 。

在一种优选的实施方式中, 阈值 K 对应于对吊钩偏离预期位置的位移的限制, 在这种优选实施方式中, A_x 和 A_y 分别对应于由于所考虑的臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向和竖直方向偏离预期位置的位移。在这种实施方式中, 通常将 K 的范围限制为 5 厘米~100 厘米的范围。

由于规定起重臂包括至少两节臂, 且其中至少包括一节伸缩臂, 因此整个起重臂至少具有三个自由度 (即至少三个变量), 而吊钩的运动轨迹要求只是一个限制规则 (即一个方程), 并不能对该起重臂的操作进行完全的限制, 因此还可以至少再增加一个限制 (即再增加一个方程), 从而通过惯性指标来限制起重臂的操作是完全可以实现的, 不会出现由于无解而锁死的情况, 事实上, 在现有的起重机控制方法中, 也需要对起重机各节臂的运动进行一定的限制才能让起重臂不迟疑的自动行进, 本发明中通过引入惯性指标来限制起重臂的行进, 能够大大的改善对吊钩位置的控制精确度。

在步骤 250 中, 在所述角速度和所述伸缩速度满足所述驱动条件的情况

下，按照所述角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸以使所述吊钩运动。

如果所述角速度和所述伸缩速度不满足所述驱动条件，则返回为每一节臂指定旋转的角速度并为每一节伸缩臂指定伸缩速度的步骤，重新制定所述角速度和所述伸缩速度，并从新进行后续步骤，直到获得满足要求的角速度
5 和速度为止。

在一种实施方式中，由于系统参数测量的误差以及公式选择带来的误差，在精度要求较高的情况下，对吊钩的控制精确度有可能达不到要求，因此，在本发明的一种实施方式中，还能够通过对吊钩位置的精确程度进行反馈，来修正惯性指标，这种修正可以通过在惯性指标的公式中添加常数项来
10 实现，也可以通过修正惯性权重 a 和 b 来实现，所述修正可以是实时进行的，也可以是在进行完一次搬运工作后，通过对该次搬运过程中的位置数据进行统计来进行的。

在一种实施方式中，所述起重机还包括由回转液压马达驱动回转的转台，从而所述方法还可以包括采集所述转台的回转角，以及根据所采集的回
15 转角来驱动所述回转液压马达控制转台的回转。图 1 中，转台 1 的回转角（为 γ ）。

应该注意到，惯性指标是与转台的转动无关的，虽然转台的转动也具有惯性，也会影响吊钩在水平面内的运动的准确性，但在水平面内的转动自由度中，只有这样一种运动，故根据本发明的方法无法对该自由度内的转动惯
20 性的影响进行削弱或消除。

图 3 示出了另一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法的流程图。该方法中，起重机具有转台以及至少两节臂，所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂，所述吊钩连接在末节臂的外端，每一节臂的转动和每一节伸缩臂的伸缩分别由独立的液压缸进行控制，所述转台的转动由回转液压马达进行控
25 制。

与图 2 相比,图 3 中的方法添加了确定吊钩运动轨迹的步骤。在步骤 302 中,首先确定所述吊钩的初始位置和目标位置。吊钩位置的采集可通过位置传感器来实现,其中在一种实施方式中,所述初始位置可以直接取为上一次移动的目标位置。

5 在步骤 307 中,可以根据步骤 302 中采集的位置,再结合货物状况、路径要求、搬运速度要求等众多因素中的至少一者来确定吊钩的预定运动轨迹。优选的,可以尽量使吊钩按直线行进,从而节省搬运时间。

根据所确定的预定运动轨迹,可以驱动所有液压缸运动,从而使吊钩按照预定轨迹行进。

10 在步骤 310 中,可以设定周期性地采集每一节臂与水平面的夹角、每一节伸缩臂的长度和所述转台的回转角。

其中所述采集周期可以预先设定,也可以根据吊钩的实际运动轨迹而动态的进行规定。比如,在本发明的一种实施方式中,可以实时监控吊钩的实际位置,当吊钩的实际位置偏离预定轨迹达到一定的阈值时,便采集步骤 310
15 中所规定的各个参数。最简单的方式,还是定时采集,每隔一个预先设定的时间周期,便对各个参数进行一次采集,时间周期设定的越小,采集的越频繁,对吊钩轨迹的控制就越准确,当时间周期足够小时,也可称其为“实时采集”。

在步骤 320 中,为每一节臂指定旋转的角速度,为每一节伸缩臂指定伸
20 缩速度,并为所述转台指定回转速度,其中所述角速度、所述伸缩速度和所述回转速度能够使所述吊钩按照预定运动轨迹运动

在步骤 330 中,分别根据为每一节臂所采集的夹角和为每一节伸缩臂所采集的长度,以及为每一节臂所指定的角速度和为每一节伸缩臂所指定的伸缩速度来确定每一节臂的惯性指标。

25 在步骤 340 中,根据所述惯性指标来判断所述角速度和所述伸缩速度是

否满足驱动条件。

在步骤 350 中，在所述角速度和所述伸缩速度满足所述驱动条件的情况下，按照所述角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸并按照所述回转速度来驱动回转液压马达，以使所述吊钩运动。

5 关于步骤 320-350 的描述可参见图 2 中的相关描述。

在图 3 的方法中，在确定了初始位置和目标位置，并由此确定了预定的运动轨迹之后，各个液压缸开始驱动各节臂做初始运动，该初始运动指的是在当前的各节臂的初始参数条件（夹角和长度）下带动吊钩按照预定轨迹运动。一旦发生运动之后，各节臂的参数都发生了改变，如果不作调整，吊钩
10 便会偏离设定的轨迹，因此，需要重新选择满足条件的角速度和速度，也就是需要对各个液压缸的设置进行调整，以使参数变化后的各节臂继续带动吊钩按照预定的轨迹运动。事实上，吊钩不可能严格按照预定的轨迹进行运动，通常情况下，如果吊钩偏离预定轨迹的距离在一定的范围之内，便可认定吊钩按照预定轨迹运动。因此，在上面的步骤 310 中，还可以根据吊钩偏离预
15 定轨迹的距离来确定是否对数据进行再次采集，当然，这需要附加的检测装置，在优选的实施方式中，可以设定周期性的自动采集数据，采集周期越短，对吊钩的位置控制也就越精确。

在以上所述的用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法中，规定了起重机至少具有两节臂，且其中至少具有一节伸缩臂，这样规定一方面一般的起重
20 机是符合这种结构要求的，另一方面也是为了使整个起重臂具有至少三个自由度，从而能够引入惯性指标对其进行限制。当然，本发明所提供的方法也适用于不包括伸缩臂的起重机，但这时需要具有至少三节臂，从而保持自由度至少为三。

本发明的各种方法对吊钩的运动轨迹进行控制，对吊钩的运动速度没有
25 进行限制，在本发明所提供的各种方法的实施方式中，都可规定起重机至少具有高速和低速两种运行模式，从而根据需求进行选择 and 切换。

通过本发明提供的用于控制折臂式起重机的吊钩的运动轨迹的方法，引入了惯性指标的概念，从而在控制吊钩的运动时对各节臂的惯性影响进行了相互抵消，提高了起重机对吊钩的运动轨迹控制的精确程度，并能够提高起重机的效率。

权利要求

1. 一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法，其中所述起重机具有至少两节臂，所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂，所述吊钩连接在末节臂的外端，每一节臂的转动以及每一节伸缩臂的伸缩分别由液压缸进行控制，该方法包括：

采集每一节臂与水平面的夹角和每一节伸缩臂的长度；

为每一节臂指定旋转的角速度并为每一节伸缩臂指定伸缩速度；

分别根据为每一节臂所采集的夹角和为每一节伸缩臂所采集的长度，以及为每一节臂所指定的角速度和为每一节伸缩臂所指定的伸缩速度来确定每一节臂的惯性指标，其中所述每一节臂的惯性指标为二元参数 (A_x, A_y)， A_x 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向偏离预期位置的位移， A_y 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在竖直方向偏离预期位置的位移；

根据所述惯性指标来判断所述角速度和所述伸缩速度是否满足驱动条件；以及

在所述角速度和所述伸缩速度满足所述驱动条件的情况下，按照所述角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸以使所述吊钩运动。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中该方法还包括：

在所述角速度和所述伸缩速度不满足所述驱动条件的情况下，返回为每一节臂指定旋转的角速度并为每一节伸缩臂指定伸缩速度的步骤。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中所述驱动条件为：所述每一节臂的 A_x 之和以及所述每一节臂的 A_y 之和分别小于或等于一阈值。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中所述 A_x 和 A_y 分别满足以下

公式:

$$A_x = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \sin \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \cos \alpha,$$

$$A_y = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \cos \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

其中 a 为转动惯性权重, $a = (A_{x1}^2 + A_{y1}^2)^{1/2} / (m \cdot L \cdot \Omega)$, b 为伸缩惯性权

5 重, $b = (A_{x2}^2 + A_{y2}^2)^{1/2} / (m \cdot v)$,

其中 α 为该节臂与水平面之间的夹角, L 为该节臂的长度, Ω 为该节臂转动的角速度, v 为该节臂的伸缩速度, m 为该节臂的质量, A_{x1} 和 A_{y1} 分别为只让该节臂以角速度 Ω 转动时吊钩在水平方向和竖直方向的位移, A_{x2} 和 A_{y2} 分别为只让该节臂以速度 v 进行伸缩时吊钩在水平方向和竖直方向的位
10 移。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法, 其中所述起重机还包括由回转液压马达驱动回转的转台, 该方法还包括:

采集所述转台的回转角; 以及

15 根据所采集的回转角来驱动所述回转液压马达控制转台的回转。

6. 一种用于控制起重机的吊钩运动轨迹的方法, 其中所述起重机具有转台以及至少两节臂, 所述至少两节臂中至少包括一节伸缩臂, 所述吊钩连接在末节臂的外端, 每一节臂的转动和每一节伸缩臂的伸缩分别由液压缸进行控制, 所述转台的回转由回转液压马达进行控制, 该方法包括:

确定所述吊钩的初始位置和目标位置;

根据所述初始位置和目标位置来设置所述吊钩的预定运动轨迹;

周期性地采集每一节臂与水平面的夹角、每一节伸缩臂的长度和所述转台的回转角;

25 为每一节臂指定旋转的角速度, 为每一节伸缩臂指定伸缩速度, 并为所

述转台指定回转速度，其中所述角速度、所述伸缩速度和所述回转速度能够使所述吊钩按照预定运动轨迹运动；

分别根据为每一节臂所采集的夹角和为每一节伸缩臂所采集的长度，以及为每一节臂所指定的角速度和为每一节伸缩臂所指定的伸缩速度来确定每一节臂的惯性指标，其中所述每一节臂的惯性指标为二元参数 (A_x, A_y)， A_x 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在水平方向偏离预期位置的位移， A_y 是由于该节臂的转动和伸缩运动使吊钩在竖直方向偏离预期位置的位移；

根据所述惯性指标来判断所述角速度和所述伸缩速度是否满足驱动条件；以及

在所述角速度和所述伸缩速度满足所述驱动条件的情况下，按照所述角速度和伸缩速度来驱动各个液压缸，并按照所述回转速度来驱动所述回转液压马达，以使所述吊钩运动。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其中该方法还包括：

在所述角速度和所述伸缩速度不满足所述驱动条件的情况下，返回为每一节臂指定旋转的角速度、为每一节伸缩臂指定伸缩速度并为所述转台指定回转速度的步骤。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的方法，其中所述驱动条件为：所述每一节臂的 A_x 之和以及所述每一节臂的 A_y 之和分别小于或等于一阈值。

9. 根据权利要求 6 或 7 所述的方法，其中所述 A_x 和 A_y 分别满足以下公式：

$$A_x = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \sin \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \cos \alpha ,$$

$$A_y = a \cdot m \cdot L \cdot \Omega \cdot \cos \alpha + b \cdot m \cdot v \cdot \sin \alpha ,$$

其中 $a=(A_{x1}^2+A_{y1}^2)^{1/2}/(m \cdot L \cdot \Omega)$, $b=(A_{x2}^2+A_{y2}^2)^{1/2}/(m \cdot v)$,

其中 α 为该节臂与水平面之间的夹角, L 为该节臂的长度, Ω 为该节臂转动的角速度, v 为该节臂的伸缩速度, m 为该节臂的质量, A_{x1} 和 A_{y1} 分别为只让该节臂以角速度 Ω 转动时吊钩在水平方向和竖直方向的位移, A_{x2} 和 A_{y2} 分别为只让该节臂以速度 v 进行伸缩时吊钩在水平方向和竖直方向的位移。

10. 根据权利要求 6 或 7 所述的方法, 其中在所述周期性地采集每一节臂与水平面的夹角、每一节伸缩臂的长度和所述转台的回转角的步骤中, 还能够

10 能够在所述吊钩偏离预定轨迹的距离超过一阈值时采集以上各项数据。

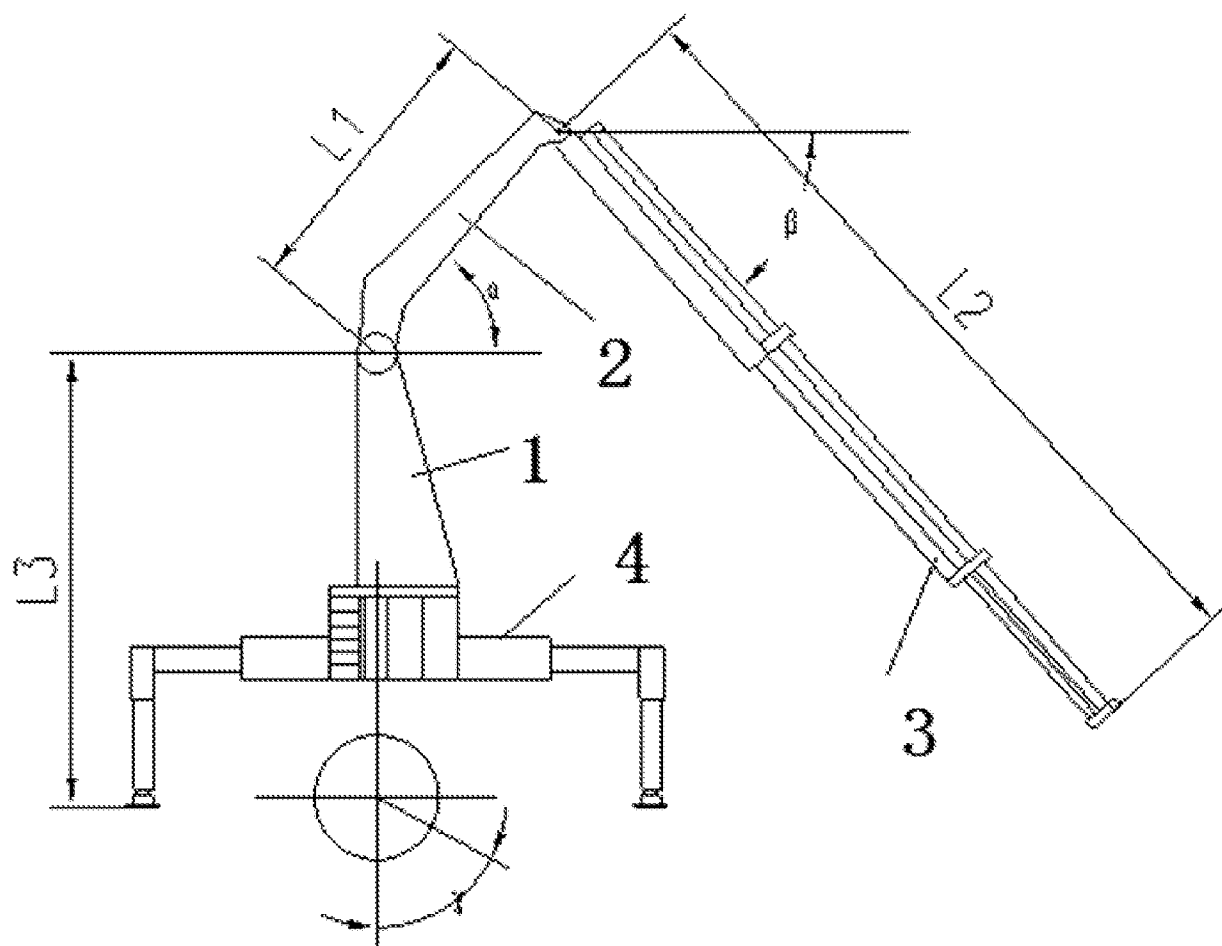


图 1

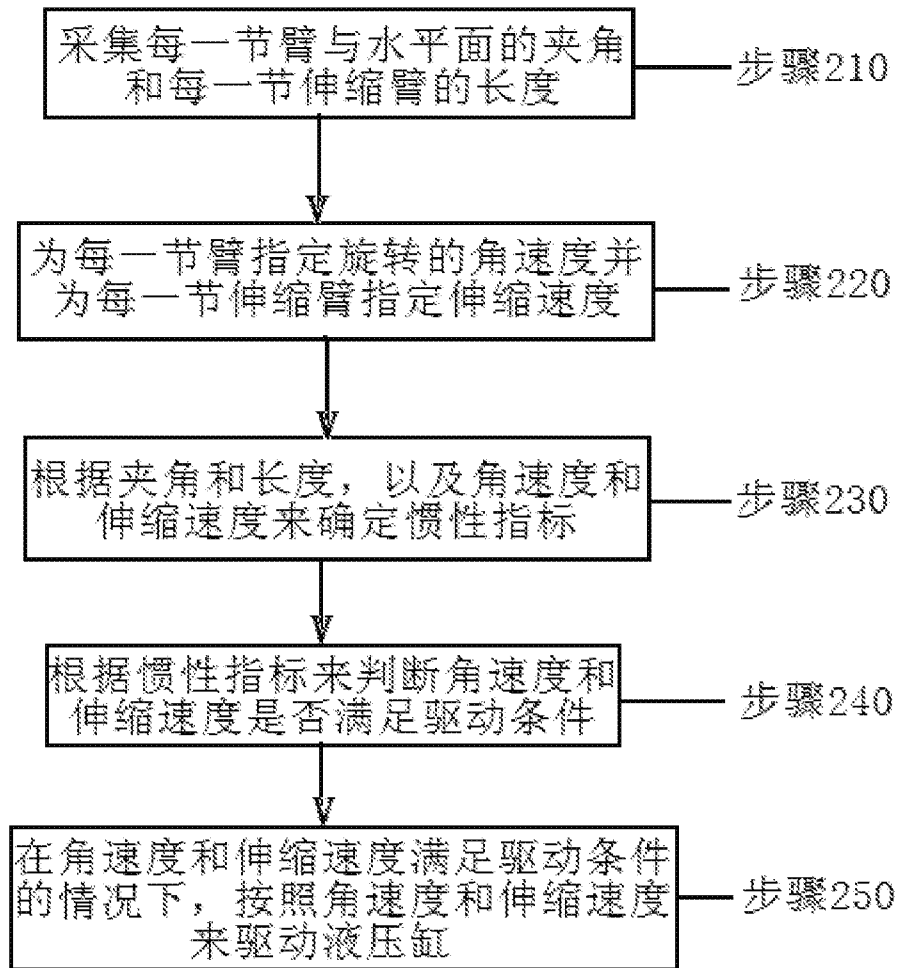


图 2

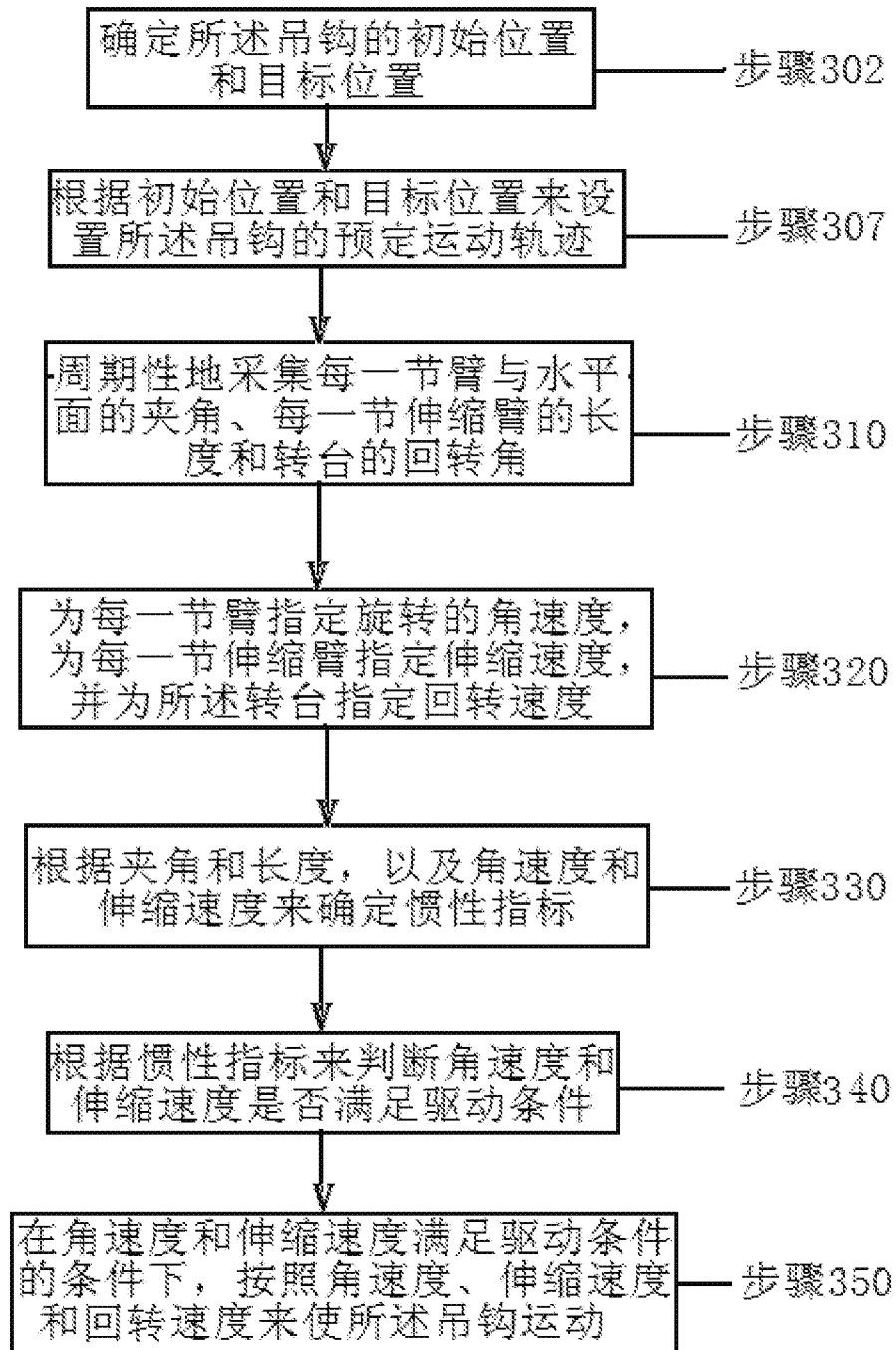


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/076785

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)

IPC: B66C

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)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: crane, hoist, control, adjust, boom, jib, luff, telescope, slew, rotate, angle, length, speed, sense, detect, measure

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	CN 102040160 A (ZOOMLION HEAVY IND SCI&TECHNOLOGY DEV) 04 May 2011 (04.05.2011) See claims 1-10	1-10
A	CN 201358142 Y (713TH RES INST OF CHINA SHIPBU) 09 Dec.2009(09.12.2009) See description, page 2, line 12 to page 3, line 4 and figures 1-3	1-10
A	JP 2001-151463 A (FURUKAWA CO LTD) 05 Jun.2001(05.06.2001) See the whole document	1-10
A	US 5732835 A (KOMATSU MFG CO LTD) 31 Mar.1998 (31.03.1998) See the whole document	1-10
A	JP 7-172775 A (KOMATSU MFG CO LTD) 11 Jul.1995(11.07.1995) See the whole document	1-10
A	US 5282136 A (KOBEL STEEL LTD) 25 Jan.1994 (25.01.1994) See the whole document	1-10

☐ 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 10 Aug.2011(10.08.2011)	Date of mailing of the international search report 01 Sep. 2011 (01.09.2011)
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer FAN, Qixia Telephone No. (86-10)62085271

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/076785

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102040160 A	04.05.2011	NONE	
CN 201358142 Y	09.12.2009	NONE	
JP 2001-151463 A	05.06.2001	NONE	
US 5732835 A	31.03.1998	WO 9518060 A1	06.07.1995
		JP7-187568 A	25.07.1995
		DE 4480327 T1	19.12.1996
JP 7-172775 A	11.07.1995	WO 9626883 A1	06.09.1996
		EP 0812797 A1	17.12.1997
US 5282136 A	25.01.1994	EP 0449329 A2	02.10.1991
		JP 3-284599 A	16.12.1991
		JP 4-235895 A	24.08.1992

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/076785

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B66C 13/06 (2006.01) i

B66C 13/20 (2006.01) i

B66C 23/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2011/076785

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: B66C

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))

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: 起重, 起升, 控制, 调节, 臂, 变幅, 伸缩, 角度, 长度, 速度, 传感, 检测, 测量, 缸; crane, hoist, control, adjust, boom, jib, luff, telescope, slew, rotate, angle, length, speed, sense, detect, measure

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
P,X	CN 102040160 A (湖南中联重科专用车有限责任公司) 04.5 月 2011 (04.05.2011) 参见权利要求 1-10	1-10
A	CN 201358142 Y (中国船舶重工集团公司第七一三研究所) 09.12 月 2009 (09.12.2009) 参见说明书第 2 页第 12 行-第 3 页第 4 行及附图 1-3	1-10
A	JP 2001-151463 A (FURUKAWA CO LTD) 05.6 月 2001(05.06.2001) 参见全文	1-10
A	US 5732835 A (KOMATSU MFG CO LTD) 31.3 月 1998 (31.03.1998) 参见全文	1-10
A	JP7-172775 A (KOMATSU MFG CO LTD) 11.7 月 1995(11.07.1995) 参见全文	1-10
A	US 5282136 A (KOBE STEEL LTD) 25.1 月 1994 (25.01.1994) 参见全文	1-10



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:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

10.8 月 2011(10.08.2011)

国际检索报告邮寄日期

01.9 月 2011 (01.09.2011)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

范启霞

电话号码: (86-10) 62085271

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/076785

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102040160 A	04.05.2011	无	
CN 201358142 Y	09.12.2009	无	
JP 2001-151463 A	05.06.2001	无	
US 5732835 A	31.03.1998	WO 9518060 A1	06.07.1995
		JP7-187568 A	25.07.1995
		DE 4480327 T1	19.12.1996
JP 7-172775 A	11.07.1995	WO 9626883 A1	06.09.1996
		EP 0812797 A1	17.12.1997
US 5282136 A	25.01.1994	EP 0449329 A2	02.10.1991
		JP 3-284599 A	16.12.1991
		JP 4-235895 A	24.08.1992

A. 主题的分类

B66C 13/06 (2006.01) i

B66C 13/20 (2006.01) i

B66C 23/00 (2006.01) i