

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102606434 A

(43) 申请公布日 2012.07.25

(21) 申请号 201110442381.5

(22) 申请日 2011.12.26

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 边宇枢 李杰 高智慧

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限公司 11232

代理人 王顺荣 唐爱华

(51) Int. Cl.

F03G 7/08 (2006.01)

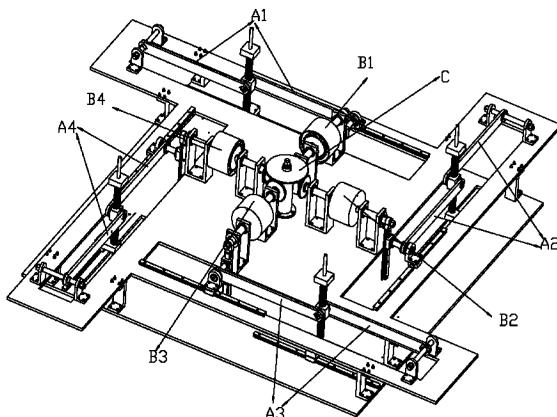
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54) 发明名称

基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器

(57) 摘要

本发明涉及一种基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器，由共振系统、换向系统和输出系统三部分组成，三大系统之间由机械联接保证相对运动关系。多个该种振动能量采集器还可与液压系统组合应用，形成网络化的振动能量采集系统，实现三维空间内大跨度、多频段振动能量的联合采集利用。该采集器应用了两自由度振动系统在共振频带内可获得较大振幅的采集原理，可实现特定频段振动能量针对性采集和多频段振动能量大范围采集，具有采集效率高、频率适应范围大和采集效果明显的特点。



1. 一种基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器,其特征在于:该采集器包括共振系统、换向系统、输出系统:

(一) 共振系统:共振系统由四组沿圆周均布的共振机构并列组成,四组共振机构结构完全相同;结构如下:两转动支座(A101、A106)分别通过螺栓与第一层安装板(B120)紧固联接;螺纹轴(A102)依次穿过两转动支座(A101、A106),并与两转动支座(A101、A106)紧固;螺纹轴(A102)中部通过深沟球轴承与增力连杆(A130)配合联接;增力连杆(A130)通过深沟球轴承与主弹簧振子(A126)一侧的小轴联接;主弹簧振子(A126)另一侧的小轴通过深沟球轴承与增力连杆(A111)配合联接;辅助弹簧振子(A131)和滑块座(A124)分别穿过主弹簧振子上下端的细长轴,并通过两弹簧(A132、A133)与主弹簧振子(A126)联接;滑块座(A124)通过螺钉与滑块(A125)紧固;滑块(A125)通过下端的燕尾槽与导轨(A107)形成滑动副;导轨(A107)通过螺钉与第二层安装板(B118)紧固;增力连杆(A111)、滑块座(A135)与滑块轴(A117)通过深沟球轴承配合联接;滑块(A118)通过螺钉紧固在滑块轴(A117)端面的法兰上;滑块(A118)通过下端燕尾槽与导轨(A119)形成滑动副;导轨(A119)通过螺栓与摆动臂(A120)紧固;滑块座(A135)通过螺钉与滑块(A134)紧固;滑块(A134)通过下端的燕尾槽与导轨(A116)形成滑动副;导轨(A116)通过螺栓与第一层安装板(B120)紧固;第一层安装板(B120)通过多个底板支座(B119)以螺栓联接与第二层安装板(B118)紧固,构成采集器的整体支架;

(二) 换向系统:换向系统由四组沿圆周均布的换向机构并列组成,四组换向机构结构完全相同;换向机构通过摆动臂(A120)与共振机构形成功能过渡联接;摆动臂(A120)通过普通A型平键与摆动轴(B105)周向定位,摆动臂(A120)通过弹簧垫圈和六角螺母与摆动轴(B105)紧固;摆动轴(B105)通过一对深沟球轴承与双臂轴承座(B103)配合联接;双臂轴承座(B103)通过螺栓与第一层安装板(B120)紧固;棘爪盘(B108)通过弹簧垫圈和六角螺母紧固在摆动轴(B105)的另一端,并通过普通A型平键与摆动轴(B105)周向定位;挡块(G)通过螺钉紧固在棘爪盘(B108)圆环端面上;棘爪(F)通过螺钉限定在棘爪盘(B108)圆环端面上只能绕螺钉转动,扭转弹簧穿过螺钉分别与棘爪盘(B108)和棘爪(F)焊接联接;小锥齿轮轴(B117)通过深沟球轴承与双臂轴承座(B112)配合联接;双臂轴承座(B112)通过螺栓与第一层安装板(B120)紧固;棘轮(B109)通过普通A型平键与小锥齿轮轴(B117)周向定位,棘轮(B109)通过弹簧垫圈、六角螺母与小锥齿轮轴(B117)紧固;棘轮(B109)与棘爪(F)、挡块(G)及棘爪盘(B108)形成棘轮机构;小锥齿轮(B114)通过普通A型平键与小锥齿轮轴(B117)周向定位,并通过弹簧垫圈、六角螺母与小锥齿轮轴(B117)紧固;小锥齿轮(B114)作为换向结构的输出端,通过锥齿轮副与输出系统形成功能联接;

(三) 输出系统:输出系统能够将四路并列小锥齿轮的异步周转运动,整合为一路连续高速整周转动并通过负载轮对输出功率;具体结构如下:大锥齿轮(C103)通过普通A型平键与大锥齿轮轴(C107)周向定位,大锥齿轮(C103)通过弹簧垫圈、六角螺母与大锥齿轮轴(C107)紧固;大锥齿轮轴(C107)通过一对深沟球轴承与大锥齿轮轴筒(C106)配合联接;大锥齿轮上端盖(C104)、大锥齿轮下端盖(C109)的柱面分别与大锥齿轮轴筒(C106)内表面配合,并通过螺栓与大锥齿轮轴筒紧固,同时使大锥齿轮上端盖(C104)、大锥齿轮下端盖(C109)分别紧靠大锥齿轮轴筒(C106)内一对轴承的外圈;大锥齿轮轴筒(C106)、大锥齿轮下端盖(C109)通过螺栓与第一层安装板(B120)紧固;负载轮(C108)通过普通A型平键与

大锥齿轮轴 (C107) 周向定位, 负载轮 (C108) 通过弹簧垫圈、六角螺母与大锥齿轮轴 (C107) 的下端紧固; 负载轮 (C108) 为输出系统的末端, 也是整个振动能量采集器的输出端。

2. 一种利用如权利要求 1 所述的采集器所组成的采集网络, 其特征在于: 基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器与液压系统结合即可建立采集网络: 将采集器 (H1) 的负载轮与普通液压泵 (H2) 联接, 液压泵 (H2) 的出口再联接一个单向阀 (H3) 形成一套振动 - 液压采集单元 (H); 多个振动 - 液压采集单元 (H) 并联后, 高压油经高压油管道 (N) 输入一个普通单向液压马达 (P), 普通单向液压马达 (P) 聚集多路振动 - 液压单元 (H) 的输入油压后对外做功, 经液压马达做功后的低压油再经低压油管道 (M) 回流到各个振动液压采集单元 (H), 由此整个网络便形成了一套循环的液压油路系统采集网络。

## 基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种振动能量采集装置,具体涉及一种基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器,可不主动消耗能源,通过系统自身与振动环境发生共振来实现环境振动能量的采集,属于机械振动、能源再利用、振动发电等技术领域。

### 背景技术

[0002] 振动无处不在,如车辆抖动,隧道桥梁的振动甚至娱乐器械的来回运动都是振动的表现,振动能是环境中普遍存在的一种能量源形式。目前对环境中振动能量的采集利用多集中在无线电等微电子领域,采集功率小、应用范围较窄,而地铁、桥梁、隧道等大型结构体的振动蕴含着的强大能量却很少被人们利用。现有一些通过悬臂梁与外界环境谐振来获取环境振动能量的发明专利还存在谐振频率过高、采集效率低下的问题,一些利用膜片泵拾取振动能量的发明专利也还存在采集效率低、制造成本高、难以实现空间大范围组网采集等不足。为解决目前振动能量采集的上述问题,本发明提出了一种基于共振原理的新型振动能量采集装置。本装置从原理上实现了振动能量的高效采集且对被采集物体的振动频率要求较低,其输出端可以直接对外做功,也可与普通发电机串联实现振动能量的进一步存储和再利用。此外,多个该种采集器还可与液压系统组合建立多频段、大范围的网络化采集系统,实现振动能量的最大化采集利用。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器,该采集器以环境中宏观结构体的振动为动力源(如地铁路基,隧道的振动等),通过采集器的共振系统与外界振源发生共振,从而获得大幅度的往返运动,再通过换向机构将往返运动转化为连续周转运动,最后通过输出系统将四路并列的异步转动整合为输出端的一路高速转动。该能量采集器是基于两自由度系统的共振原理实现能量采集的,采集效率高、效果明显。振动能量采集器的输出端经四路并列异步输入整合后可以实现连续高速整周转动,故可以直接带负载工作,也可以将输出端与普通发电机相联实现振动能量的转化和存储。此外,多个该种采集器可与液压系统联合组网,形成三维空间内多频段、高效能的振动能量采集网络系统。

[0004] 该基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器主要由共振系统、换向系统、输出系统三部分组成。

[0005] (1) 共振系统:共振系统由四组沿圆周均布的共振机构并列组成,四组共振机构结构完全相同,如图6。转动支座A101、A106分别通过螺栓与第一层安装板B120紧固联接。螺纹轴A102依次穿过转动支座A101、A106,并通过弹性垫圈和六角螺母与转动支座A101、A106紧固。螺纹轴A102中部通过深沟球轴承与增力连杆A130配合联接。增力连杆A130通过深沟球轴承与主弹簧振子A126一侧的小轴联接。主弹簧振子A126另一侧的小轴通过深沟球轴承与增力连杆A111配合联接。辅助弹簧振子A131和滑块座A124分别穿过主弹

簧振子上下端的细长轴，并通过弹簧 A132 和 A133 与主弹簧振子 A126 联接。滑块座 A124 通过螺钉与滑块 A125 紧固。滑块 A125 通过下端的燕尾槽与导轨 A107 形成滑动副。导轨 A107 通过螺钉与第二层安装板 B118 紧固。增力连杆 A111、滑块座 A135 与滑块轴 A117（见图 3）通过深沟球轴承配合联接。滑块 A118 通过螺钉紧固在滑块轴 A117（见图 3）端面的法兰上。滑块 A118 通过下端燕尾槽与导轨 A119 形成滑动副。导轨 A119 通过螺栓与摆动臂 A120 紧固。滑块座 A135 通过螺钉与滑块 A134 紧固。滑块 A134 通过下端的燕尾槽与导轨 A116 形成滑动副。导轨 A116 通过螺栓与第一层安装板 B120 紧固。第一层安装板 B120 通过多个底板支座 B119 以螺栓联接与第二层安装板 B118 紧固，构成采集器的整体支架。

[0006] (2) 换向系统：换向系统由四组沿圆周均布的换向机构并列组成，四组换向机构结构完全相同，如图 7。换向机构通过摆动臂 A120 与共振机构形成功能过渡联接。摆动臂 A120 通过普通 A 型平键与摆动轴 B105 周向定位，摆动臂 A120 通过弹簧垫圈和六角螺母与摆动轴 B105 紧固。摆动轴 B105 通过一对深沟球轴承与双臂轴承座 B103 配合联接。双臂轴承座 B103 通过螺栓与第一层安装板 B120 紧固（见图 4、6）。棘爪盘 B108 通过弹簧垫圈和六角螺母紧固在摆动轴 B105 的另一端，并通过普通 A 型平键与摆动轴 B105 周向定位。挡块 G 通过螺钉紧固在棘爪盘 B108 圆环端面上。棘爪 F 通过螺钉限定在棘爪盘 B108 圆环端面上只能绕螺钉转动，扭转弹簧（图中被遮挡未标出）穿过螺钉分别与棘爪盘 B108 和棘爪 F 焊接联接。小锥齿轮轴 B117 通过深沟球轴承与双臂轴承座 B112 配合联接。双臂轴承座 B112 通过螺栓与第一层安装板 B120 紧固。棘轮 B109 通过普通 A 型平键与小锥齿轮轴 B117 周向定位，棘轮 B109 通过弹簧垫圈、六角螺母与小锥齿轮轴 B117 紧固。棘轮 B109 与棘爪 F、挡块 G 及棘爪盘 B108 形成棘轮机构。小锥齿轮 B114 通过普通 A 型平键与小锥齿轮轴 B117 周向定位，并通过弹簧垫圈、六角螺母与小锥齿轮轴 B117 紧固。小锥齿轮 B114 作为换向结构的输出端，通过锥齿轮副与输出系统形成功能联接。

[0007] (3) 输出系统：输出系统能够将四路并列小锥齿轮的异步周转运动，整合为一路连续高速整周转动并通过负载轮对输出功率，如图 8。大锥齿轮 C103 通过普通 A 型平键与大锥齿轮轴 C107 周向定位，大锥齿轮 C103 通过弹簧垫圈，六角螺母与大锥齿轮轴 C107 紧固。大锥齿轮轴 C107 通过一对深沟球轴承与大锥齿轮轴筒 C106 配合联接。大锥齿轮上端盖 C104（见图 4）、大锥齿轮下端盖 C109 的柱面分别与大锥齿轮轴筒 C106 内表面配合，并通过螺栓与大锥齿轮轴筒紧固，同时使大锥齿轮上端盖 C104（见图 4）、大锥齿轮下端盖 C109 分别紧靠大锥齿轮轴筒 C106 内一对轴承的外圈。大锥齿轮轴筒 C106、大锥齿轮下端盖 C109 通过螺栓与第一层安装板 B120 紧固。负载轮 C108（见图 4）通过普通 A 型平键与大锥齿轮轴 C107 周向定位，负载轮 C108 通过弹簧垫圈、六角螺母与大锥齿轮轴 C107 的下端紧固。负载轮 C108 为输出系统的末端，也是整个振动能量采集器的输出端。

[0008] 本发明的一种基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器的工作原理：在振动能量采集器共振系统的每一路共振机构中，主弹簧振子 A126、辅助弹簧振子 A131 及相应的弹簧 A132、A133 构成一个两自由度振动系统，将采集器固定在大型宏观振动体（如地铁路基、隧道、桥梁等）上，当宏观振动体带动采集器振动时，宏观振动体将为采集器提供位移激励，当外界振源频率处于采集器的一阶共振频带范围内时，共振机构的主弹簧振子 A126、辅助弹簧振子 A131 将与外界发生强烈共振。此时，主弹簧振子 A126 将获得与振源频率相等且幅值增大若干倍的稳定振动。主弹簧振子 A126 在竖直面内的往复运动，通过增力

连杆 A130、A111 及增力连杆末端水平滑块 A134 的力放大作用和换向作用,转化为摆动臂 A120 的摆动振动。摆动臂 A120 带动摆动轴 B105 以及摆动轴 B105 上的棘爪盘 B108 摆动振动。棘爪盘 B108 上安装有挡块 G 和棘爪 F, 棘爪 F 与棘轮 B109 形成具有单向传动功能的棘轮机构。棘爪盘 B108 的摆动振动通过棘轮机构转化为棘轮 B109 的连续周转运动。棘轮机构具有单向传动功能:当某时刻棘轮 B109 在棘爪 F 推力作用后转动速度大于棘爪盘 B108 的转速,棘轮 B109 将推动棘爪 F 克服扭转弹簧微小恢复力绕棘爪定位螺钉转动,同时棘轮 B109 的轮齿滑过棘爪 F 继续沿原来方向转动;当棘轮 B109 转动速度小于棘爪盘 B108 速度,棘爪 F 将在扭转弹簧恢复力的作用下绕定位螺钉回转,并轻靠在挡块 G 的侧面上,棘爪盘 B108 将带动挡块 G 和棘爪 F 同步转动,由此推动棘轮 B109 再次加速。棘轮 B109 的连续周转运动通过小锥齿轮轴 B117 传递给小锥齿轮 B114,小锥齿轮 B114 与输出系统的大锥齿轮 C103 啮合。最终,四路并列换向机构末端小锥齿轮 B114 的异步周转运动,经过棘轮机构的换向和四对锥齿轮副的整合作用转化为大锥齿轮 C103 高速连续周转的运动,大锥齿轮 C103 再带动大锥齿轮轴 C107 及轴上的负载轮 C108 连续高速转动。由此,宏观结构体的振动能量被振动能量采集器采集,并转化为负载轮 C108 上的转动动能,从而实现对外输出功率。

[0009] 由于在实际工程中,宏观结构体的振动为多频率叠加振动,而且采集器的共振机构在机械机构上存在无法避免的差异性,因此无论将振动能量采集器共振系统的四路共振机构设置为同一固有频率还是不同的固有频率,四路共振机构的振动峰值总是交替出现,采集器的输出系统从四路换向机构获得的转矩激励也是异步交替的,从而输出系统的转动激励的频率总是四路并列的共振机构的振动频率之和,因而该振动能量采集器能够达到高效采集的目的。倘若外界振源频率变化范围较大,无法保证激励频率始终处于采集器共振的频带宽度以内,则采集器将不能工作在最佳的采集状态,但由于本采集器具有并列四路异步转化的结构特点,只要四路共振机构没有同时处于反共振点,则总是能够保证采集器的输出系统能够具有将强的对外做功能力,然而适当的调整四路共振机构固有频率的差值是可以消除采集器处于反共振点这种情况的,因此该采集器兼具有采集效率高和适应性强的优点。

[0010] 由于此振动能量采集器负载轮可以获得连续高速的周转运动,故其可直接联接负载做功,也可以将其与普通发电机联接将振动能转化为电能进一步实现能量转化和再利用。此外,该采集器还可以与液压系统结合建立如图 5 所示的采集网络。将采集器 H1 的负载轮与普通液压泵 H2 联接,液压泵 H2 的出口再联接一个单向阀 H3 形成一套振动 - 液压采集单元 H。多个振动 - 液压采集单元 H 并联后,高压油经高压油管道 N 输入一个普通单向液压马达 P,普通单向液压马达 P 聚集多路振动 - 液压单元 H 的输入油压后对外做功,经液压马达做功后的低压油再经低压油管道 M 回流到各个振动液压采集单元 H,由此整个网络便形成了一套循环的液压油路系统采集网络。由于该采集网络具有振动 - 液压单元多点分布采集特点和多路并联输入油压放大的作用,液压马达将具备更强的对外做功能力,整个采集网络比单个采集器具有更强的振动能量采集能力,更利于振动能量的规模化采集利用。

[0011] 此发明优点及功效:

[0012] (1) 该振动采集器无需主动耗能,无污染排放,基于两自由度系统共振的采集原理,使得采集器采集效果明显,采集能量输出大。

[0013] (2) 采集器的四路共振机构可以根据宏观振动体振动频率特点设定在同一固有频率附近, 实现特定频率针对性采集, 也可将四路共振机构设定为不同固有频率实现多频段大范围采集。

[0014] (3) 采集器负载轮可直接联接发电机, 将振动能转化为电能, 方便存储和再利用。

[0015] (4) 多个采集器与液压系统可组网建立空间范围内大跨度、多频段的综合采集系统, 利于振动能量的规模化采集利用。

## 附图说明

[0016] 图 1 为本发明振动能量采集器整体结构的轴测图 ;  
 [0017] 图 2 为本发明振动能量采集器整体结构的俯视图 ;  
 [0018] 图 3 为本发明振动能量采集器共振机构的局部装配图 ;  
 [0019] 图 4 为本发明振动能量采集器的整体剖视图 ;  
 [0020] 图 5 为本振动能量采集器与液压系统组网建立的空间网络化振动能量采集系统图 ;

[0021] 图 6 为共振机构三维结构图 ;  
 [0022] 图 7 为换向机构三维结构图 ;  
 [0023] 图 8 为输出系统三维结构图。

[0024] 图中标号说明如下 :

A、共振系统	B、换向系统	C、输出系统
A1、A2、A3、A4、共振机构	B1、B2、B3、B4、换向机构	
A101、转动支座	A102、螺纹轴	A103、深沟球轴承
A104、弹性挡圈	A105、轴承顶盘	A106、转动支座
A107、轨道	A108、轴承顶盘	A109、深沟球轴承
A110、轴承挡片	A111、增力连杆	A112、滑块座
A113、轴承挡片	A114、深沟球轴承	A115、轴承顶盘
A116、轨道	A117、滑块轴	A118、滑块
A119、轨道	A120、摆动臂	A121、弹性挡圈
A122、深沟球轴承	A123、轴承顶盘	A124、滑块座
A125、滑块	A126、主弹簧振子	A127、轴承顶盘
A128、深沟球轴承	A129、轴承挡片	A130、增力连杆
A131、辅助弹簧振子	A132、A133、弹簧	
A134、滑块	A135、滑块座	B101、普通 A 型平键
B102、轴承顶盘	B103、双臂轴承座	B104、深沟球轴承
B105、摆动轴	B106、深沟球轴承	B107、普通 A 型平键
B108、棘爪盘	B109、棘轮	B110、普通 A 型平键
B111、轴承顶盘	B112、双臂轴承座	B113、深沟球轴承
B114、小锥齿轮	B115、普通 A 型平键	B116、深沟球轴承
B117、小锥齿轮轴	B118、第二层安装板	B119、底板支座
B120、第一层安装板	C101、套筒	C102、普通 A 型平键

[0046]	C103、大锥齿轮	C104、大锥齿轮上端盖	C105、深沟球轴承
[0047]	C106、大锥齿轮轴筒	C107、大锥齿轮轴	C108、负载盘
[0048]	C109、大锥齿轮下端盖	C110、深沟球轴承	C111、普通 A 型平键
[0049]	通用标准件：	T101、弹性垫圈	T102、大六角螺母
[0050]	T103、小螺母	T104、普通垫片	T105、小螺栓
[0051]	G、挡块	F、棘爪	H1、振动能量采集器
[0052]	H2、普通液压泵	H3、单向阀	H、振动 - 液压采集单元
[0053]	P、普通单向液压马达	N、高压油管道	M、低压油管道

## 具体实施方式

[0054] 以下将结合附图对本发明的技术方案作进一步的说明：本发明，基于共振的四路并列式异步转化振动能量采集器由共振系统 A、换向系统 B、输出系统 C 三部分组成（如图 2）。共振系统由四组并列的共振机构 A1、A2、A3、A4 组成，换向系统由四组并列换向机构 B1、B2、B3、B4 组成，四路共振结构与四路换向机构共同作用构成四路异步输入与输出系统相连，输出系统整合四路输入再对外输出功率（如图 1）。

[0055] 如图 3、4 所示，共振系统 A 中四路共振机构的结构相同。转动支座 A101、A106 通过通用标准件螺母 T103、平垫 T104、螺栓 T105 与第一层安装板 B120 紧固。螺纹轴 A102 两端分别穿过转动支座 A101、A106 上端通孔，螺纹轴 A102 的两端的轴肩分别紧靠转动支座 A101、A106 的内侧面。螺纹轴 A102 两端螺纹分别由通用标准件弹簧垫圈 T101 和大螺母 T102 紧固联接。深沟球轴承 A103 内圈与螺纹轴 A102 过盈配合，内圈的一侧紧靠在螺纹轴 A102 中部轴肩，内圈的另一侧与卡在螺纹轴 A102 上挡圈槽内的挡圈 A104 紧靠。轴承 A103 外圈与增力连杆 A130 过盈配合，外圈的一侧紧靠增力连杆 A130 的环形凸台，外圈的另一侧与轴承顶盘 A105 的环形端面紧靠。轴承顶盘 A105 的柱面与增力连杆 A130 圆柱内表面间隙配合，并通过螺钉与增力连杆 A130 紧固。增力连杆 A130 另一端的轴承座与深沟球轴承 A128 过盈配合，轴承 A128 外圈的一侧紧靠增力连杆 A130 的环形凸台，另一侧紧靠轴承顶盘 A127 的圆环端面。轴承顶盘 A127 的柱面与增力连杆 A130 圆柱内表面间隙配合，并通过螺钉与增力连杆 A130 紧固。轴承 A128 的内圈与主弹簧振子 A126 的小轴过盈配合，内圈的一侧紧靠小轴的轴肩，内圈的另一侧与轴承挡片 A129 紧靠，螺钉穿过轴承挡片 A129 的通孔，并且旋入主弹簧振子 A126 小轴的螺纹孔，将轴承挡片 A129 与主弹簧振子 A126 紧固。主弹簧振子 A126 另一端小轴与深沟球轴承 A109 的内圈过盈配合，小轴轴肩紧靠轴承 A109 内圈的一侧，内圈的另一侧紧靠轴承挡片 A110。螺钉穿过轴承挡片 A110 的通孔，并且旋入主弹簧振子 A126 小轴的螺纹孔，将轴承挡片 A110 与主弹簧振子 A126 紧固。轴承 A109 的外圈与增力连杆 A111 的轴承座过盈配合，外圈的一侧紧靠增力连杆 A111 的环形凸台，另一侧紧靠轴承顶盘 A108 的环形端面。轴承顶盘 A108 的柱面与增力连杆 A111 的圆柱形内表面间隙配合，并通过螺钉与增力连杆 A111 紧固。增力连杆 A111 另一端的轴承座与深沟球轴承 A122 的外圈过盈配合，轴承座内的环形凸台紧靠轴承 A122 外圈的一侧，轴承 A122 外圈的另一侧与轴承顶盘 A123 的环形端面紧靠。轴承顶盘 A123 的柱面与增力连杆 A111 的圆柱形内表面间隙配合，并通过螺钉与增力连杆 A111 紧固。轴承 A122 的内圈与滑块轴 A117 过盈配合，内圈的一侧紧靠滑块轴 A117 的轴肩，内圈的另一侧与卡在滑块轴挡圈槽内的弹性挡圈

A121 紧靠。滑块轴 A117 一端的法兰端面与滑块 A118 紧靠，并通过螺钉与滑块 A118 紧固。滑块 A118 通过滑块下部的燕尾槽与轨道 A119 形成滑动副。轨道 A119 通过螺栓联接与摆动臂 A120 紧固。滑块轴 A118 与深沟球轴承 A114 的内圈过盈配合，轴承 A114 内圈的一侧紧靠滑块轴轴肩，另一侧紧靠轴承挡片 A113。螺钉 A112 穿过轴承挡片 A113 的通孔并旋入滑块轴 A114 的螺纹孔，将轴承挡片 A113 与滑块轴 A118 紧固。轴承 A114 的外圈与滑块座 A135 过盈配合，外圈的一侧紧靠滑块座 A135 的环形凸台，外圈的另一侧与轴承顶盘 A115 紧靠。轴承顶盘 A115 的柱面与滑块座 A135 的圆柱形内表面间隙配合，并通过螺钉与滑块座 A135 紧固。滑块座 A135 通过螺钉与滑块 A134 紧固。滑块 A134 通过滑块下部的燕尾槽与轨道 A116 形成滑动副。轨道 A116 通过螺栓联接与第一层安装板 B120 紧固。主弹簧阵子 A126 上下端各有一细长轴，弹簧 A132 穿过上端细长轴，弹簧 A132 下端与主弹簧振子 A126 的上表面焊接连接。辅助弹簧振子 A131 上开有通孔，辅助弹簧振子 A131 穿过主弹簧振子 A126 上端的细长轴，辅助弹簧振子 A131 的通孔与主弹簧振子上端细长轴形成滑动副，辅助弹簧振子 A131 下表面与弹簧 A132 的另一端焊接连接。弹簧 A133 穿过主弹簧振子下端的细长轴，弹簧 A133 的上端与主弹簧振子 A126 的下表面焊接连接。滑动座 A124 上开有通孔，滑动座 A124 穿过主弹簧振子 A126 下端的细长轴，滑动座 A124 的上表面与弹簧 A133 的下端焊接连接。滑动座 A124 上面开有四个小通孔，螺钉穿过滑动座 A124 的通孔并旋入滑块 A125 的螺纹孔，将滑动座 A124 与滑块 A125 紧固。滑块 A125 下端开有燕尾槽，滑块 A125 通过燕尾槽与轨道 A107 形成滑动副。轨道 A107 下表面紧靠第二层安装板 B118 上表面，并通过螺栓与第二层安装板紧固。

[0056] 共振系统的核心是主弹簧振子 A126、辅助弹簧振子 A131 及弹簧 A132、A133，它们共同组成一个两自由度振动系统。当振动系统的一阶频率与被采集结构体的振动频率接近时，此振动系统会在外界位移激励的作用下发生强烈的共振，此时，主弹簧振子 A126 获得与外部结构体同频率大振幅的往复运动。主弹簧振子 A126 作用于增力连杆 A111、A130 上，从而推动滑块 A125 在轨道 A116 上往复运动，由于增力连杆的作用滑块获得的推动力是比较大的。滑块 A125 又通过滑块轴 A117、滑块 A119 及轨道 A119 带动摆动臂 A120 往复摆动，从而为换向系统提供了摆动输入。

[0057] 共振系统是由四路共振机构组成，这四路共振机构的主弹簧振子、辅助弹簧振子及弹簧阻尼器的参数可以根据被采集振动体的频率特点而确定，既可以将四路共振机构设定为同一频率，集中采集振动体某一特定频率的振动能量，也可以将四路共振机构设定为不同频率，以更宽的频段来采集振动体的振动能。

[0058] 如图 4、8 所示，换向系统 B 由四路结构相同的换向机构并列组成。摆动轴 B105 一端开有键槽，键槽中过盈配合有普通 A 型平键 B101。摆动臂 A120 一端开有带键槽的通孔，摆动臂 A120 通过带键槽的通孔，与摆动臂 B105 及轴上平键 B101 过盈配合实现周向定位，摆动臂 A120 的一侧紧靠摆动轴 B105 的轴肩。弹簧垫圈穿过摆动轴紧靠摆动臂 A120 的另一侧面，大螺母旋紧在摆动轴上，将弹簧垫圈、摆动臂 A120 及摆动轴 B105 紧固。摆动轴 B105 与深沟球轴承 B104 和 B106 的内圈过盈配合，摆动轴 B105 中部的两轴肩分别与轴承 B104 和 B106 内圈的一侧紧靠。轴承 B104、B105 的外圈与双臂轴承座 B103 过盈配合，轴承 B106 的外圈的一侧紧靠双臂轴承座 B103 的圆环凸台。轴承 B104 外圈的一侧与轴承顶盘 B102 紧靠，轴承顶盘 B102 柱面与双臂轴承座 B103 圆柱内表面间隙配合，并通过螺钉与双臂

轴承座 B103 紧固。双臂轴承座 B103 则通过螺栓联接与第一层安装板 B120 紧固。摆动轴 B105 一端的键槽内过盈配合有普通 A 型平键 B107，棘爪盘 B108 开有带键槽的通孔，棘爪盘 B108 通过键槽通孔与平键 B107 及摆动轴 B105 过盈配合，棘爪盘 B108 的大端面紧靠摆动轴 B105 的轴肩。弹簧垫圈穿过摆动轴 B105 与棘爪盘 B108 另一断面紧靠，大螺母旋紧在摆动轴 B105 上将弹簧垫圈、棘爪盘 B108 及摆动轴 B105 紧固。垫块 G 通过两螺钉紧固在棘爪盘 B108 的圆环端面上，棘爪 F 通过螺钉限定在棘爪盘 B108 的圆环端面内仅能转动。扭转弹簧（在棘爪后，图中未标出）穿过限定棘爪 F 的螺钉，弹簧的一端与棘爪盘 G 焊接连接，一端与棘爪 F 焊接连接，此扭转弹簧作为棘爪 F 的回复力弹簧。

[0059] 棘轮 B109 开有带键槽的通孔，小锥齿轮轴 B117 两端开有键槽，键槽中过盈配合有普通 A 型平键 B110 和 B115。棘轮 B109 通过键槽孔与小锥齿轮轴 B117 及平键 B110 过盈配合，棘轮 B109 一侧端面紧靠小锥齿轮轴 B117 的轴肩。弹簧垫圈穿过小锥齿轮轴 B117 紧靠棘轮 B109 的另一侧端面，大螺母旋紧在小锥齿轮轴 B117 轴端的螺纹上，将弹簧垫圈、棘轮 B109 及小齿轮轴 B117 紧固。棘轮 B109 与棘爪 F 及挡块 G 共同组成棘轮机构。小锥齿轮轴 B117 与深沟球轴承 B113、B116 的内圈过盈配合，轴承 B113、B116 内圈的一侧分别于小锥齿轮轴 B117 中部的轴肩紧靠。轴承 B113、B116 的外圈分别与双臂轴承座 B112 过盈配合，轴承 B116 外圈的一侧与双臂轴承座的环形凸台紧靠，轴承 B113 外圈的一侧与轴承顶盘 B111 紧靠。轴承顶盘 B111 的柱面与双臂轴承座 B112 的圆柱形内表面间隙配合，轴承顶盘 B111 通过螺钉与双臂轴承座 B112 紧固。双臂轴承座 B112 通过螺栓联接与第一层安装板 B120 紧固。小齿轮 B114 开有带键槽的通孔，小锥齿轮 B114 与小锥齿轮轴 B117 及 A 型平键 B115 过盈配合，小锥齿轮 B114 的小端面紧靠小锥齿轮轴 B117 的轴肩。弹簧垫圈穿过小锥齿轮轴 B117 紧靠小锥齿轮 B114 的大端面，大螺母旋紧在小锥齿轮轴的螺纹处，将弹簧垫圈、小锥齿轮 B114 及小锥齿轮轴 B117 紧固。小锥齿轮 B114 的安装位置满足于大锥齿轮 C103 形成锥齿轮副。

[0060] 换向系统是振动能量采集器中整合方向的核心环节。换向系统中的每路换向机构都与前端共振机构串联，换向机构能够将摆动臂 A120 的摆动振动经过棘轮机构转化为小锥齿轮 B114 的连续周转运动，从而为输出机构提供动力输入。

[0061] 如图 4、8 所示，振动能量采集器的输出系统与四路换向机构联接，能够将四路动力输入整合后再对外输出。大锥齿轮轴 C107 两端键槽分别与普通 A 型平键 C102、C111 过盈配合。大锥齿轮 C103 开有带键槽的通孔，大锥齿轮 C103 与大锥齿轮轴 C107 及平键 C102 过盈配合，大锥齿轮 C103 大端面紧靠大锥齿轮轴 C107 轴肩。套筒 C101 穿过大锥齿轮轴 C107 并紧靠大锥齿轮 C103 侧小端面。弹簧垫圈穿过大锥齿轮轴 C107 并紧靠套筒 C101，大螺母旋紧在大锥齿轮轴 C107 上端螺纹轴处并将弹簧垫圈、套筒 C101、大锥齿轮 C103、大锥齿轮轴 C107 紧固。深沟球轴承 C105、C110 的内圈与大锥齿轮轴 C107 过盈配合，轴承 C105、C110 内圈的一侧分别与大锥齿轮轴 C107 中部的轴肩紧靠。轴承 C105、C110 的外圈分别与大锥齿轮轴筒 C106 圆柱内表面过盈配合，轴承 C105、C110 外圈的一侧分别紧靠大锥齿轮轴筒 C106 筒内的环形端面。大锥齿轮上端盖 C104 的柱面与大锥齿轮轴筒 C106 圆柱内表面间隙配合，大锥齿轮上端盖 C104 的环形端面紧靠轴承 C105 外圈的一侧，大锥齿轮上端盖 C104 通过螺钉与大锥齿轮轴筒 C106 紧固。大锥齿轮下端盖 C109 的环形端面紧靠轴承 C110 外圈的一侧，大锥齿轮下端盖 C109 的柱面与大锥齿轮轴筒 C106 圆柱内表面间隙配合。螺栓

穿过大锥齿轮轴筒 C106、大锥齿轮下端盖 C109、第一层安装板上的通孔 B120，并将三者紧固联接。负载轮 C108 开有带键槽的通孔，负载轮 C108 与大锥齿轮轴 C107 及平键 C111 过盈配合，负载轮 C108 大端面紧靠大锥齿轮轴 C107 的轴肩。弹簧垫圈穿过大锥齿轮轴 C107 紧靠负载轮 C108 小端面，大螺母旋紧在大锥齿轮轴 C107 轴端的螺纹上将弹簧垫圈、负载轮 C108 及大锥齿轮轴 C107 紧固。底板支座 B119 上下板面均开有通孔，底板支座 B119 通过螺栓联接分别与第一层安装板 B120 和第二层 B118 安装板紧固，从而将整个系统联接成为一个整体。负载轮 C108 被安装在第一层安装板 B120 和第二层安装板 B118 之间。负载轮 B118 可以直接与某些外界负载相连做功，也可以将负载轮与普通发电机相连，将振动能量采集器采集的机械能转化为电能进一步存储和利用。此外，此振动能量采集器还可以与液压系统组网，建立网络化的振动能量采集系统如图 5 所示。

[0062] 该采集系统由振动能量采集器 H1、普通液压泵 H2、单向阀 H3、普通单向液压马达 P 等组成。普通液压泵 H2 的输入端与振动能量采集器 H1 的输出端联接，普通液压泵 H2 从振动能量采集器获得机械能，将液压油从低压管道 M 泵入单向阀 H3，再流入高压管道 N。多路液压泵共同作用使得高压管道 N 中充满了高压油，高压管路联接一台普通单向液压马达 P，普通单向液压马达 P 在高压油的作用下高速转动，从而获得更强的对外做功能力（该输出可直接对外做功或者再与发电机组网，形成大规模振动发电系统），高压油流经普通单向液压马达 P 泄压后再次流入低压管道 M，因此整个系统形成闭合回路。整个系统在物质上自我封闭，系统不断汲取外部振动能量，系统内部流体自循环，因此该系统特别适用于地铁、桥梁、隧道等大型机构体的振动能量的采集利用。

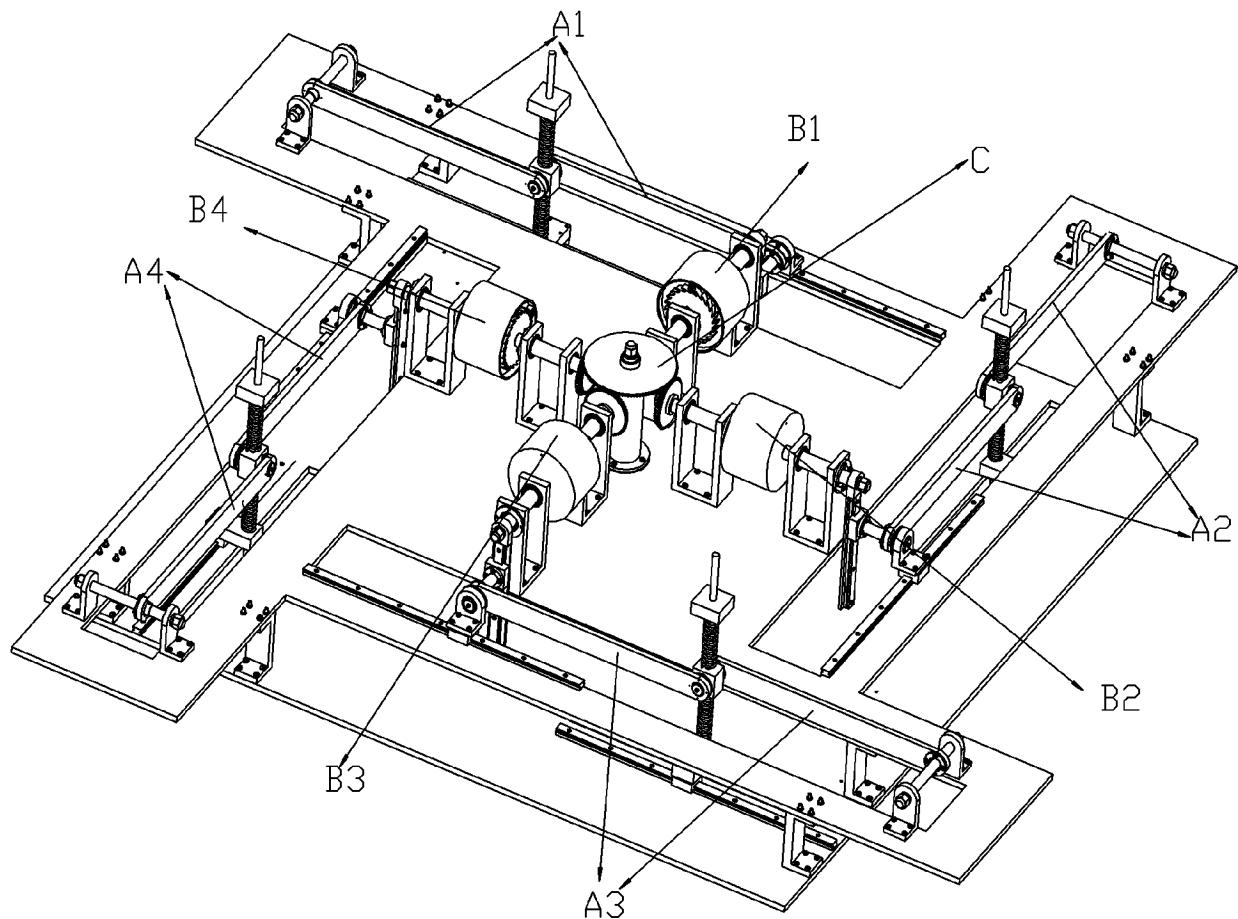


图 1

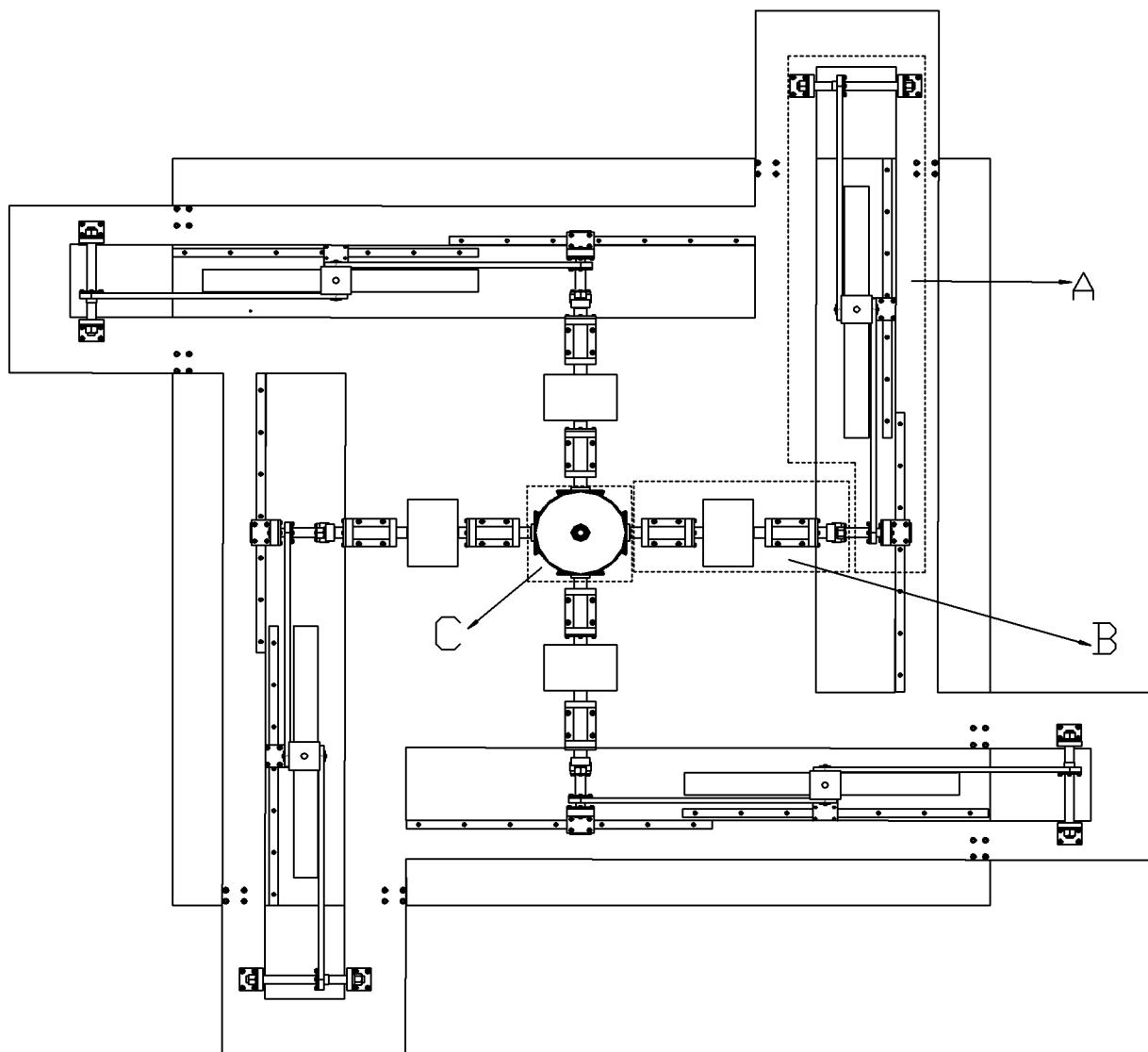


图 2

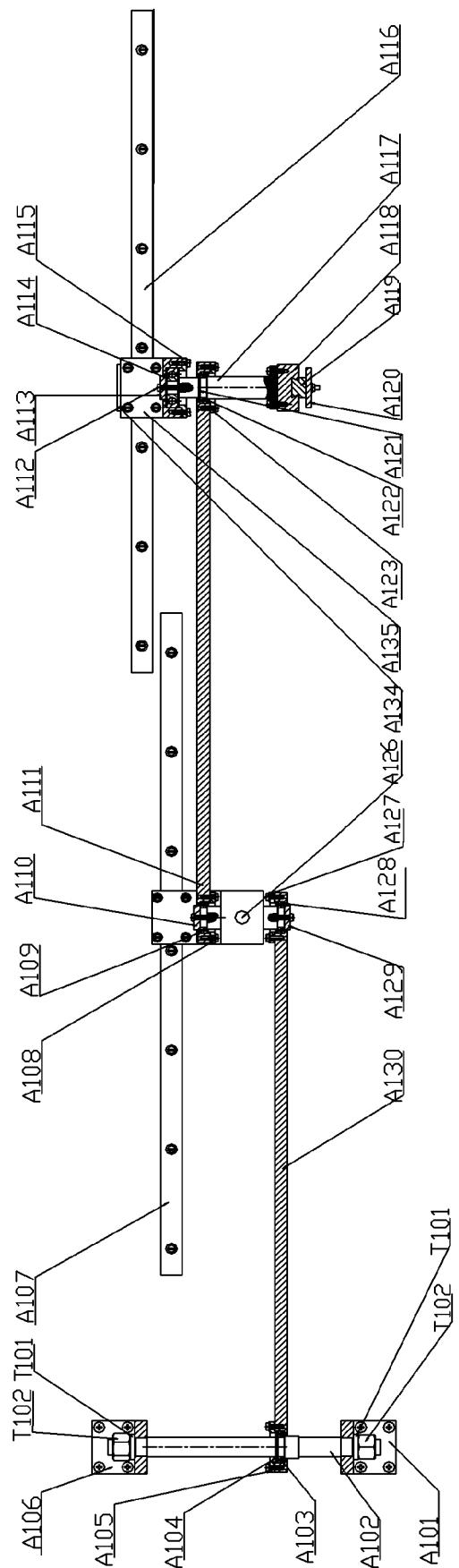


图 3

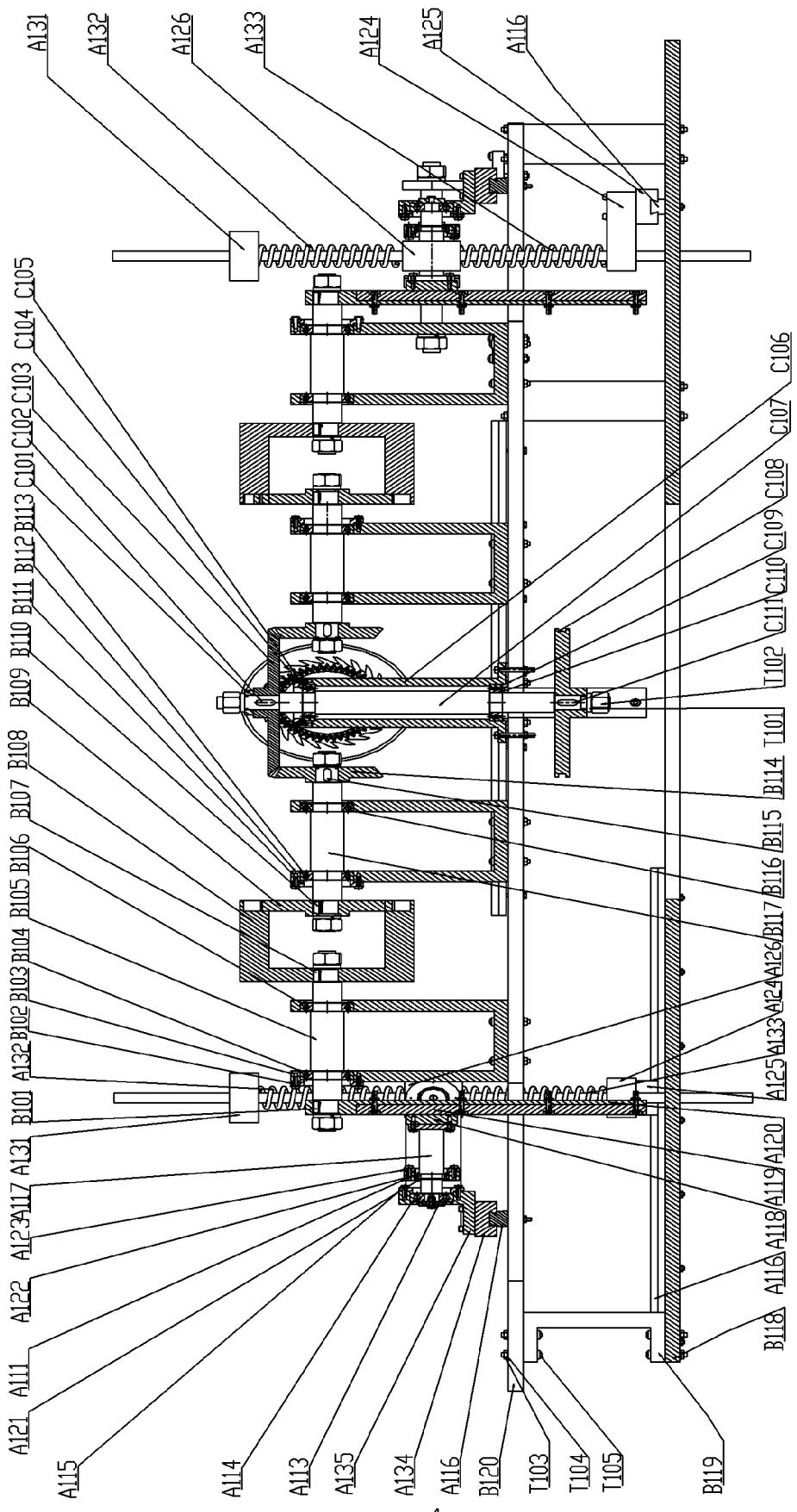


图 4

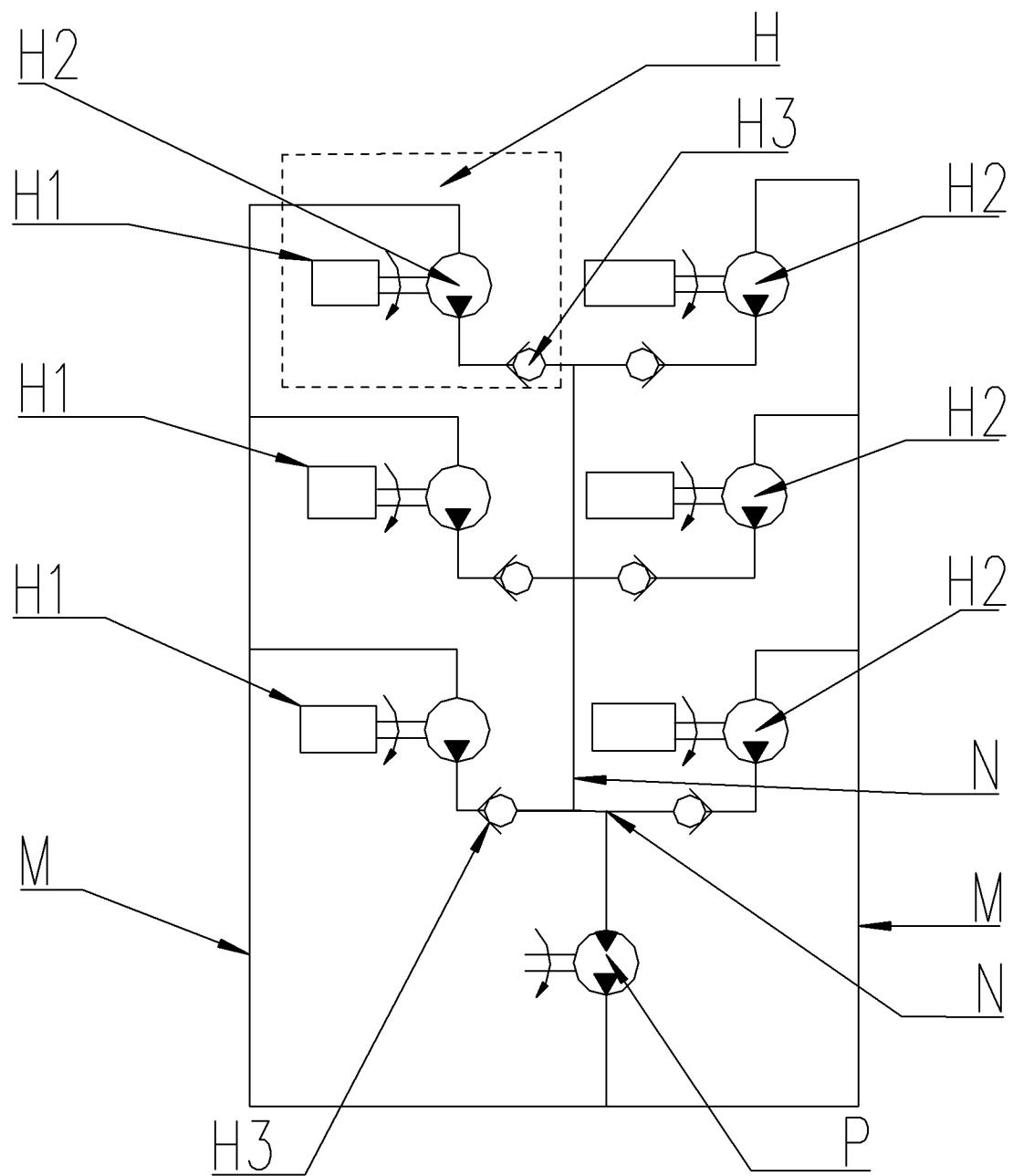


图 5

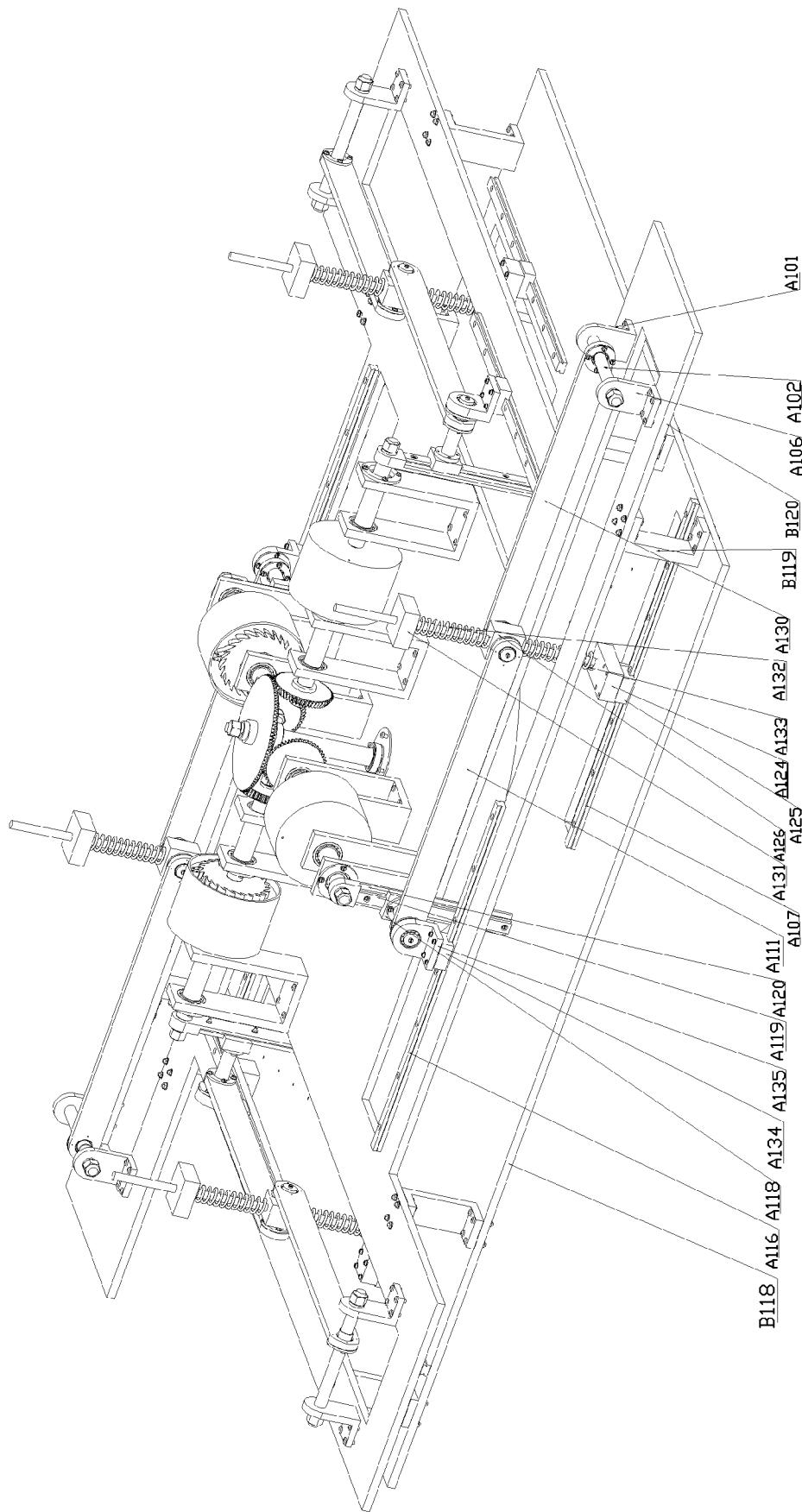


图 6

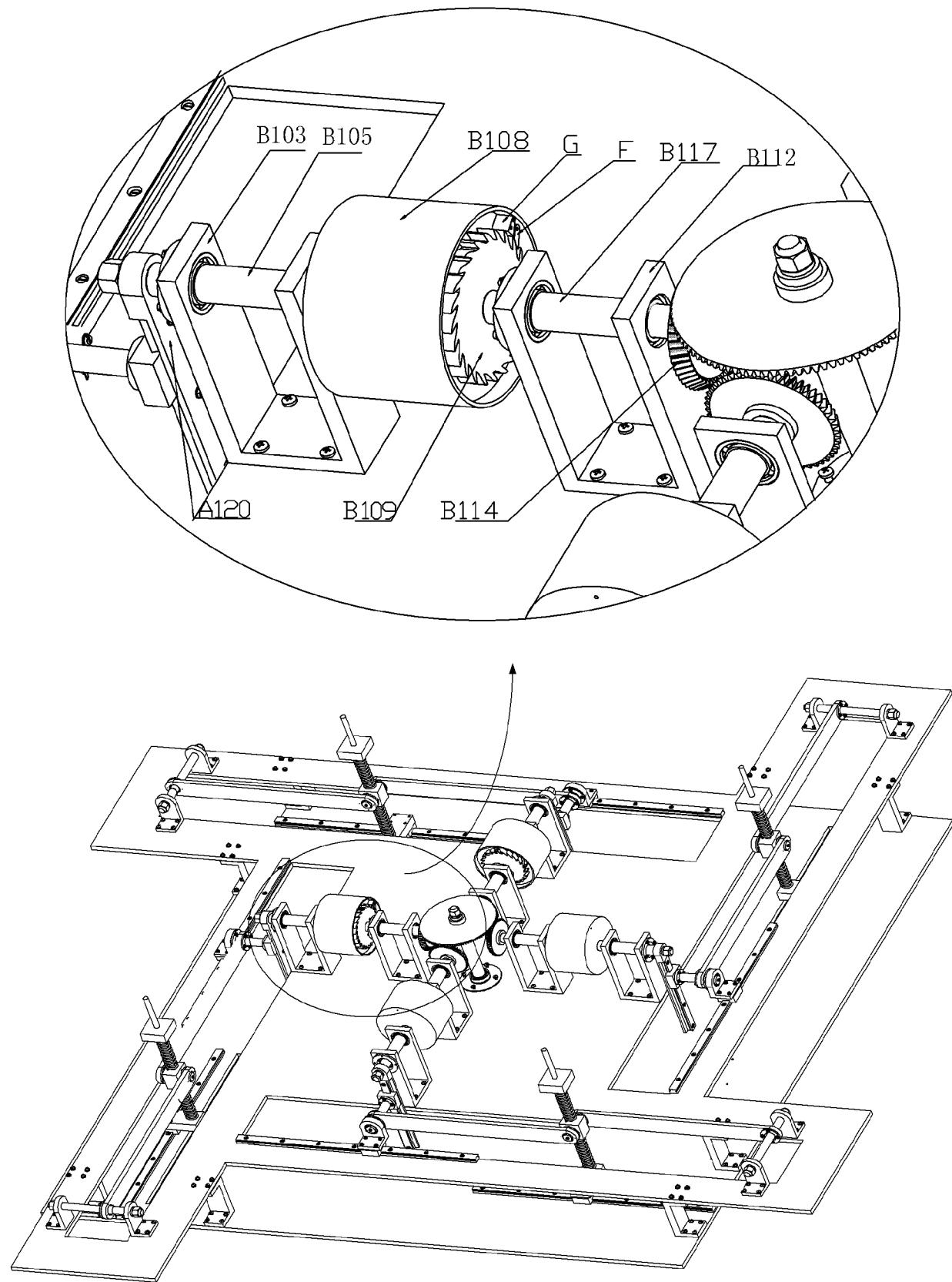


图 7

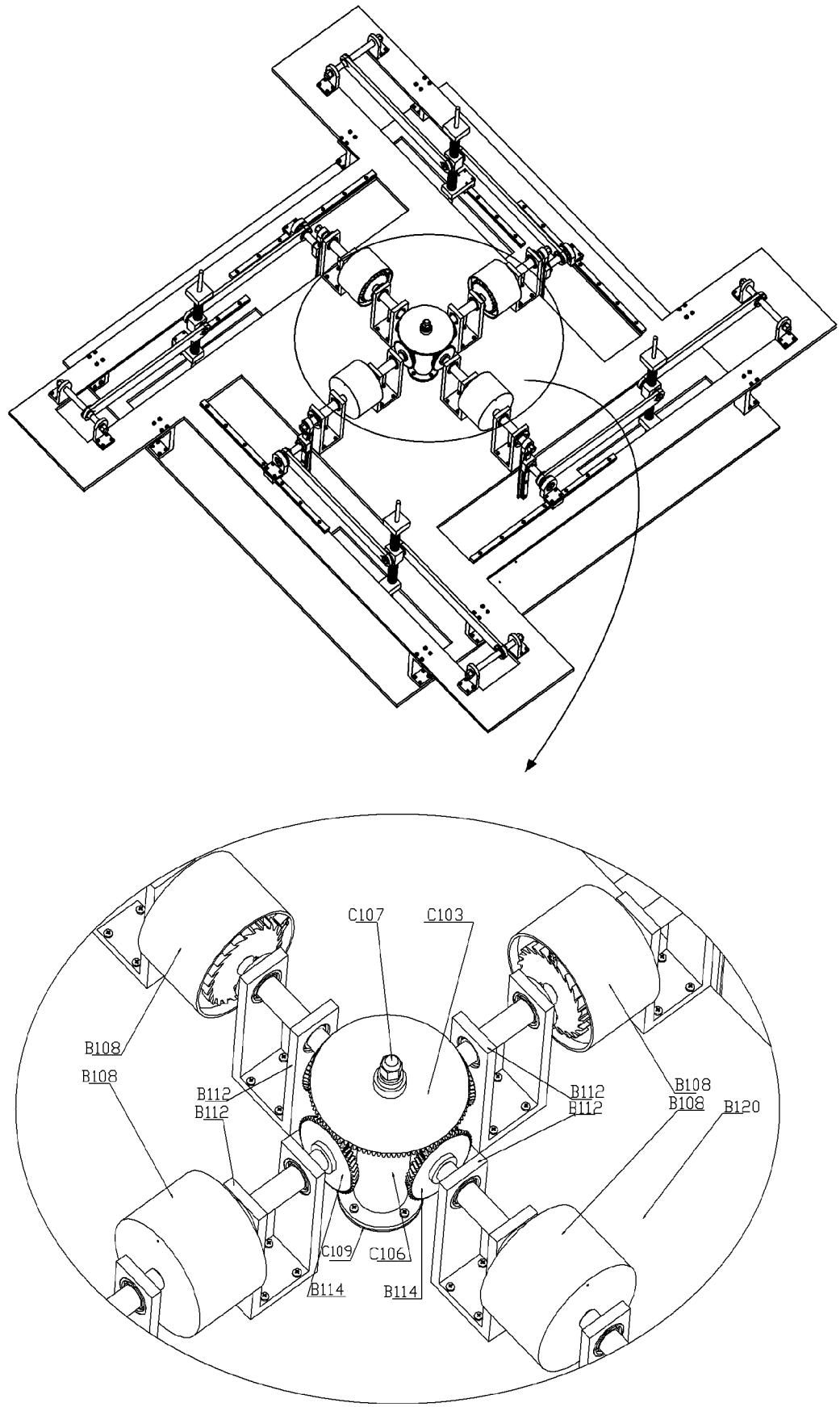


图 8