

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B64C 33/00 (2006.01)

A63H 27/28 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810008165.8

[43] 公开日 2009年8月19日

[11] 公开号 CN 101508343A

[22] 申请日 2008.2.14

[21] 申请号 200810008165.8

[71] 申请人 私立淡江大学

地址 台湾省台北县淡水锁英专路151号

[72] 发明人 杨龙杰

[74] 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司

代理人 张瑾 黄挺

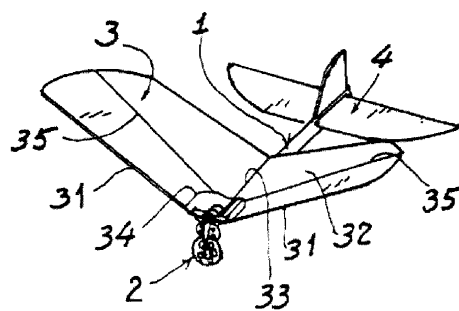
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

[54] 发明名称

拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器

[57] 摘要

一种拍翼轨迹呈8字形的仿生(biomimetic)微型飞行器,利用可挠式的碳纤维棒与聚对二甲苯薄膜,分别作为掌状大小微型飞行器的机翼骨架与机翼蒙皮。即便拍翼(齿轮连杆)传动机构只是单自由度的四连杆(机构)设计,但上下拍翼的连动经由可挠性机翼的材质与外型设计,成功耦合到流向的前后振动,因此使翼尖组合出三维的8字形拍翼轨迹;该8字形轨迹发生于接近或甚至超过20Hz的拍翼频率,由此构成构造简单的微型飞行器,可经由空气弹性力学的本质而自动产生,无需借助复杂精巧的多自由度运动机构设计。



1、一种拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器，其特征在于，其包括：

机身；

拍翼传动机构，设在该机身的前端；

拍翼，设在该机身的前方，且由该拍翼传动机构所连动；以及

尾翼，设在该机身尾部；

该拍翼传动机构是单自由度拍翼传动机构，操作地驱动该拍翼使产生8字形的拍翼轨迹，并赋予该飞行器的升力及推力。

2、如权利要求1所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器，其特征在于，所述拍翼传统机构为四连杆拍翼传动机构，包括：基座连接于所述机身的前端下方，马达电气连接电池，以供电驱转该马达，驱转齿轮轴接该马达，减速齿轮组啮合该驱转齿轮，以将马达转速减速，凸轮轴接该减速齿轮组中的外齿轮且枢接第一驱动连杆，第二驱动连杆枢连该外齿轮，一对偏动杆分别枢接于该基座的两极端；所述各个偏动杆里端分别枢连该第一、第二驱动连杆中的一个，而所述各个偏动杆外端则分别固接该拍翼的一对翼前缘悬臂中的一个，在驱转该马达以驱动该四连杆传动机构时，上、下往复拍动该对翼前缘悬臂及所连接的拍翼。

3、如权利要求1所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器，其特征在于，所述拍翼为复合式可挠性机翼结构，其翼前缘为一对可挠性翼前缘悬臂，向着翼后缘的方向连接可呈现波浪状的翼膜，该翼前缘在拍动平面上作上下往复拍扑时，该拍翼因拍动加上振动叠加出三维空间的8字形拍翼轨迹，以赋予该飞行器升力与推力。

4、如权利要求3所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器，其特征在于，所述翼前缘悬臂由碳纤维或塑料等质轻、富可挠性的材质制成。

5、如权利要求3所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器，其特征在于，所述翼膜由聚对二甲苯制成。

---

6、如权利要求1所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器,其特征在于,所述翼膜邻其翼根部开设镂空部。

7、如权利要求1所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器,其特征在于,所述翼膜连设有补强肋。

8、如权利要求1所述的拍翼轨迹呈8字形的仿生微型飞行器,其特征在于,所述机身或所述传动机构前端加设机鼻。

## 拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器

### 技术领域

本发明涉及一种微型飞行器，尤指一种拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器。

### 背景技术

为应和无人驾驶、可遥控的微型飞行器（MAV）在救援、侦察、监视、通讯、军事或玩具上的用途，已有模仿昆虫或飞鸟拍翼飞行的微型飞行器被揭露出来。

例如，美国专利第 6,082,671 号公开了多模式仿昆虫飞行器（Entomopter），此为模仿昆虫的拍翼飞行特性以产生升力（lift），但是其缺乏产生充沛推力（thrust）的机制，因此其飞行性能倍受限制。

而一般微型拍翼飞行器（ornithopter）用来模拟昆虫或飞鸟的拍翼飞行，若欲兼顾其升力与推力的提升，则必须具仿生的拍翼（flapping）与翻转（pitching）机制，其机、电构造将趋复杂，且需依赖控制机制（control mechanism），在微小化的飞行器中要配备如此复杂的机、电及控制装置，则增加了制作的困难与成本；就连其电池或供电系统，也有载重、电力使用时间、续航力等诸多因素有待考虑。

### 发明内容

有鉴于此，本发明的主要目的在于提供一种拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器，同时具备升力和推力的飞行性能，且成本低，制作简单，适用于救援、侦察、监视、通讯、军事或玩具等多种场合。

为达到上述目的，本发明的技术方案是这样实现的：本发明提供的拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器包括：

机身；

拍翼传动机构，设在该机身的前端；

拍翼，设在该机身的前方，且由该传动机构所连动；以及

尾翼，设在该机身尾部；

该拍翼传动机构是单自由度拍翼传动机构，操作地驱动该拍翼使产生 8 字形的拍翼轨迹，并赋予该飞行器的升力及推力。

本发明成功地将 MAV 往下减重到 6g 的范围。本发明的可挠机翼骨架配合单自由度四连杆传动的上下拍翼机构是最简洁且适用的设计，能同时产生升力与推力，而且碳纤棒制成的翼前缘悬臂的截面最好是圆形，另外拍翼频率须远小于翼前缘悬臂的自然频率，以避免发生共振，而损害其结构。

#### 附图说明

图 1 为本发明中飞行器的外观示意图；

图 2 为本发明中传动机构组合后的立体示意图；

图 3 为图 2 中各组件的立体分解图；

图 4 为本发明中飞行器加上机鼻的另一示意图；

图 5 为本发明修饰尾翼的示意图；

图 5a 为图 5 沿 A-A 方向的截面图；

图 6 为以高速电荷耦合器件图像传感器（CCD）拍摄的本发明于 20.83Hz 拍翼频率下作连续飞行的实况图；其中 I~P 为对应 A~H 的侧视图（其机翼未加补强肋）；而 Q~X 也为对应 A~H 的侧视图（但机翼有加补强肋）；

图 7 为以高速 CCD 拍摄本发明翼尖的 8 字形轨迹图（其中有加 30 度的补强肋）；

图 8 为以高速 CCD 拍摄本发明翼尖的 8 字形轨迹图（其中未加 30 度的补强肋）。

## 附图标记说明

1	机身	2	拍翼传动机构
3	拍翼	4	尾翼
31	翼前缘悬臂	32	翼膜
33	中间部	34	镂空部
10	机鼻	20	基座
21	马达	22	驱转齿轮
23	内齿轮	231	传动齿轮
24	外齿轮		
25、26	驱动连杆	27、28	偏动杆
35	补强肋		
241	凸轮		

## 具体实施方式

参阅图 1 至图 3, 本发明拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器包括: 机身 1; 拍翼传动机构 2; 拍翼 3; 以及尾翼 4。

该拍翼传动机构 2 是单自由度拍翼传动机构, 设在机身 1 前端, 位于该机身前方的拍翼 3 的下方且操作驱动该拍翼 3 产生 8 字形的拍翼轨迹, 而赋予该飞行器的升力及推力。所述尾翼 4 设在机身尾部。

如图 2, 图 3 所示, 该拍翼传统机构 2 可为四连杆拍翼传动机构, 其包括: 基座 20 连接在机身 1 的前端下方, 马达 21 电气连接电池 (未示出) 以供电驱动该马达, 驱转齿轮 22 轴接马达 21, 由内齿轮 23、传动齿轮 231 及外齿轮 24 组成的减速齿轮组啮合该驱转齿轮 22, 以使马达 21 转速减速, 凸轮 241 轴接该减速齿轮组中的外齿轮 24 且枢接第一驱动连杆 25, 第二驱动连杆 26 枢连该外齿轮 24, 一对偏动杆 27、28 分别枢接于该基座 20 的两端; 各该偏动杆 27 或 28 里端分别枢连该第一、第二驱动连杆 25、26, 而各该偏动杆 27 或 28 外端则分别固接该拍翼 3 的一对翼前缘悬臂 31 中的一个, 驱动该马达 21 以驱动

该四连杆传动机构时，能上、下往复拍动该对翼前缘悬臂 31 及所连接的拍翼 3。

该拍翼 3 为复合式可挠性机翼结构，其翼前缘（leading edge）为一对可挠性翼前缘悬臂 31（或悬梁），向着翼后缘（trailing edge）的方向连接可呈现波浪状的翼膜 32，当翼前缘在拍动平面上作上下往复拍扑时，可令该拍翼 3 因拍动加上振动叠加出三维空间的 8 字形拍翼轨迹，而赋予该飞行器的升力与推力。

该翼前缘悬臂 31 可用碳纤维或塑料等质轻、富可挠性的材质加以制作。当然枢转用的关节可用铝合金、钛合金或其它轻质塑料制作。

该翼膜 32 采用厚度为 20~30 微米的聚对二甲苯（parlylene 或 poly-para-xylyene）等轻质材料，可挠性薄膜加以制作。

但是本发明的制作材料并未限定在所述的材料，可加以适当修饰、变化应用。

该翼膜 32 邻其翼根部（即接近中间部 33 处）开设镂空部 34，一则不会阻碍该传动机构 2 的上下往复动作，二则不会“绑死”该翼膜，以免阻滞波浪状拍翼变形的顺畅传递。

该翼膜 32 上可连设若干补强肋 35（rib）以增其强度（如图 5a 所示）。

如图 4 所示，该机身 1 或传动机构 2 前端可加设机鼻 10 以减风阻，并增机型美观。

如图 5 所示，将图 1 和图 4 的尾翼 4 修饰为仿鸟尾的造型，但此为公知技术，不作详述。

本发明的拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器（翼展可低至 20 公分以下，机重可轻至 5.9 克）虽以简单的拍翼传动机构 2 进行拍翼，但却能产生拍动与振动叠加出三维空间的 8 字形拍翼轨迹，不仅产生升力，且充沛推力，而赋予优异的飞行特性，整体构造简单，制作成本低廉，而富经济实用价值。

本发明的拍翼轨迹呈 8 字形的仿生微型飞行器还采用锂电池动力遥控方式飞行，直径 6~7mm 的电动马达安装在塑料基座，并以一组塑料齿轮与四连杆机构（4-bar linkage）减速传动为机翼的往复拍翼运动，锂电池的电容量为 30~70mAh。拍翼传动机构的爆炸分解图如图 3 所示。要注意本发明可挠性机翼

的聚对二甲苯 (parylene) 蒙皮只与翼前缘骨架以不变形但可转动的边界条件方式连接, 所以当上下往复简谐拍动时, 机翼的瞬时攻角 (angle-of-attack) 会被动地跟着进行同频率简谐往复变动, 从而产生振翅动作并产生升力 (lift), 当然也包括“失速延迟” (delayed stall)、 “尾迹捕捉” (wake capture) 与 “旋转旋度” (rotation circulation), 而自然地同时产生升力与推力。

本发明可将质量轻, 强度均匀的碳纤维 (直径 0.6 mm, 规格 0.43g/m) 细杆安装在铝合金关节, 取代一般微飞行器用巴沙木材质杆件, 以避免因使用过久而导致磨损扩孔。另外将 MAV 持续减重缩小, 翼展可降至 20 公分, 机重则为 5.9 克。

本发明利用可挠性材料作为拍翼式微型飞行器的机翼结构, 还具有流固耦合现象: 利用图 2、图 3 所示的单自由度拍翼传动机构, 只要机翼结构的主要自然振频 (例如此实施例为 85Hz) 远高于拍翼频率 (例如此实施例为 15~22Hz), 原本机翼上下往复的拍动, 便可经由本发明抗弯惯性矩均不大的“碳纤维-聚对二甲苯”复合式可挠性机翼结构, 成功耦合到流向 (streamwise) 的前后振动。换言之, 翼前缘在拍动平面上上下往复拍扑的同时, 产生推力, 且推力最明显时发生在接近最上点或最下点行程逆转 (stroke reversal) 处, 因此在接近行程逆转时翼尖部位变形量最为明显, 而同构型地 (coherently) 以相同频率进行往前来回振动, 最终令拍动加上振动叠加出三维空间 8 字形拍翼轨迹。为进一步验证本实施例, 将本发明的可挠性机翼架构安装到风洞之中, 使其自由拍动, 并同时对其高速摄影, 如图 6 所示。可挠机翼面的外形没有太大的限制, 唯一要注意的是当拍动时, 机翼蒙皮的表面形貌能呈现波浪状, 一方面由翼前缘往翼后缘 (trailing edge) 传递, 另一方面由两端翼尖 (tip) 向中央翼根 (root) 传递。所以若要加上强化机翼的补强肋 (rib), 接近翼根部不能与主机翼架构绑死, 以免妨碍波浪状拍翼变形的顺畅传递。至于强化肋条与翼前缘夹角可为 30 度, 或其它适当角度。

同一拍翼频率下的连续几个周期的轨迹虽不重合, 不过可视为同一约束范围内的结果。本实施例收集整理了不同的拍翼频率下各自扫过的 8 字形轨迹



如图 7、图 8 所示，该 8 字形的宽长比（width-to-length ratio）数值呈现单调的变化，频率越高，8 字越明显且呈短胖状；频率降低，8 字形窄化。另一方面，较佳的 8 字拍翼轨迹只出现在某一段频率区间，例如图 7 有强化翼肋（刚性较佳）的 15.6~21.7Hz，与图 8 无强化翼肋（刚性较差）的 11.9~20.8Hz；换言之，机翼的刚性越高，出现适当的 8 字拍翼的频率区间也越往高频移动。

本发明的聚对二甲苯（parlylene）翼后缘可挠性佳，至于翼前缘的碳纤细杆，不管在拍动的平行或垂直方向，牵就于碳纤维的质地与细长外型特性，抗弯强度尽管不是最理想，而沿平行拍动的方向来看，因翼前缘挠性有限而产生的弯曲变形，固然造成升力涡流的延迟发生，有碍于“失速延迟”与升力的维持，但 8 字形拍翼瞬间恰好营造了行程逆转的“反桨”效果，增加的正旋（pronation）与反旋（supination）行程在某种程度内以“尾迹捕捉”与“旋转旋度”的机制适当地弥补了升力在平移行程上因挠性延迟的损失。

另一方面，若沿着流向方向（或垂直拍动的方向）来看，其诱引出的前后弯曲振动，不仅直接成就了 8 字形拍翼的事实，也落实了推力（thrust）充沛的说法。更明确地说，当机翼往下拍动时所产生推动空气往后的力道若够强劲，其反作用力（reactant；也即推力）自然同时迫使机翼往前挪动或变形，因此配合机翼上抬行程而与远低于结构自然振频的往后回弹，即产生本发明 8 字形拍翼轨迹。如此的 8 字形轨迹拍翼具有充沛推力，为上述可挠机翼蒙皮波浪起伏传递的结果，由于一般有效推进的拍翼，翼尖攻角远负于翼根攻角，因此在拍翼行程时，翼尖总受力所提供充足的推力会超过翼根的阻力（drag）。

以上所述，仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。

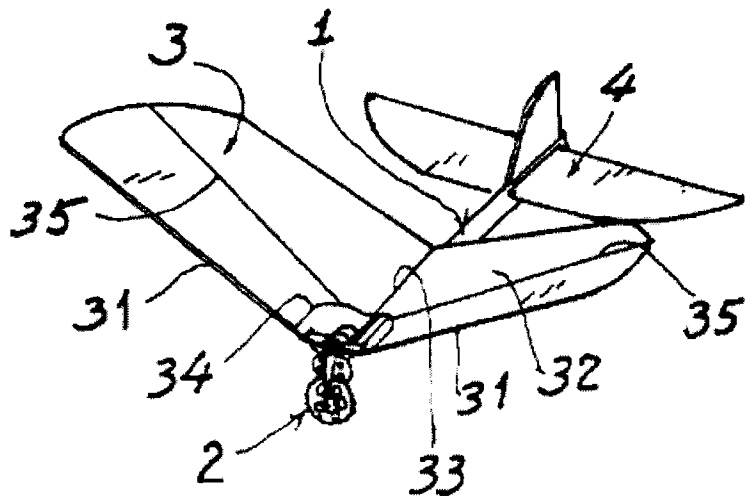


图 1

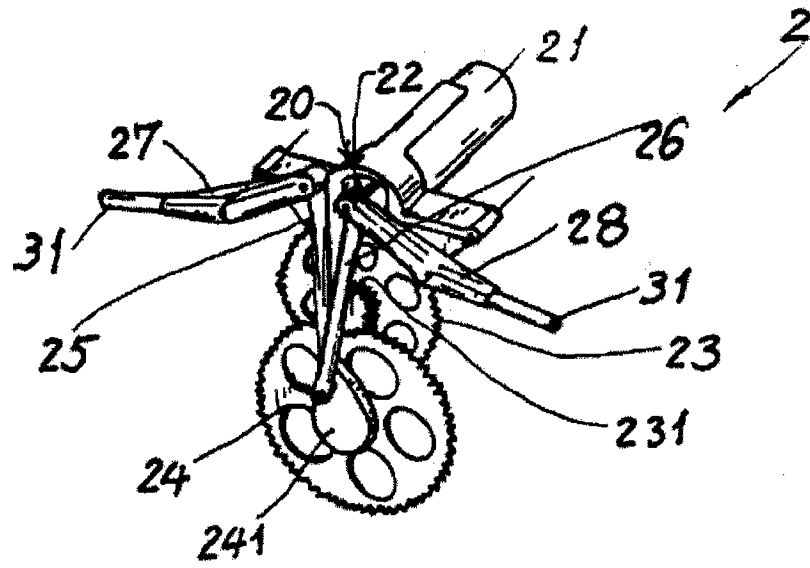


图 2

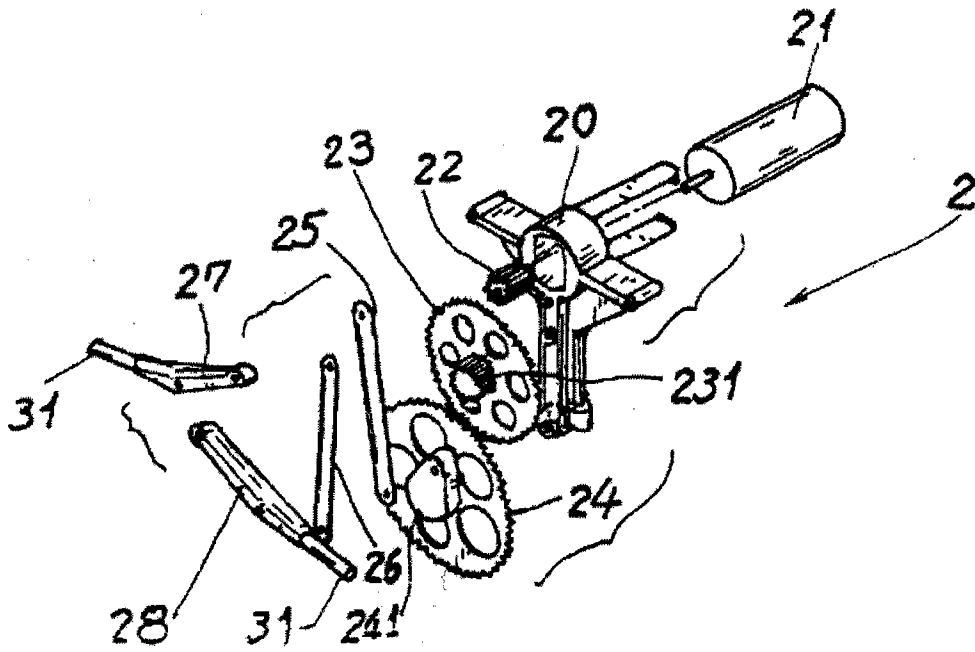


图 3

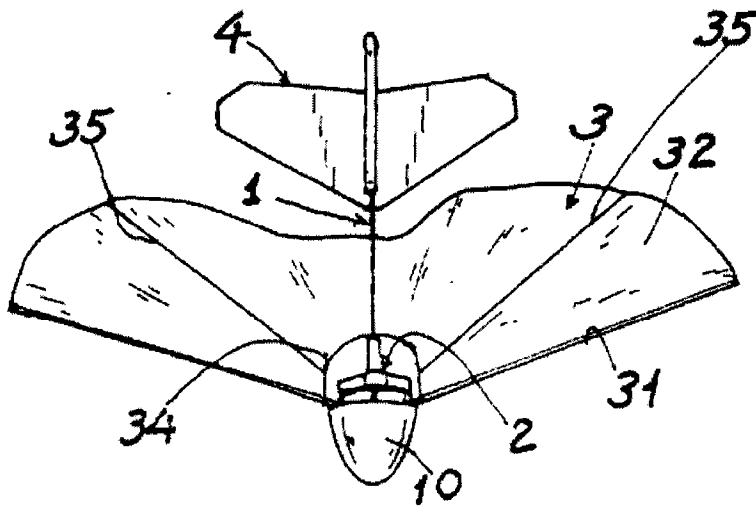


图 4

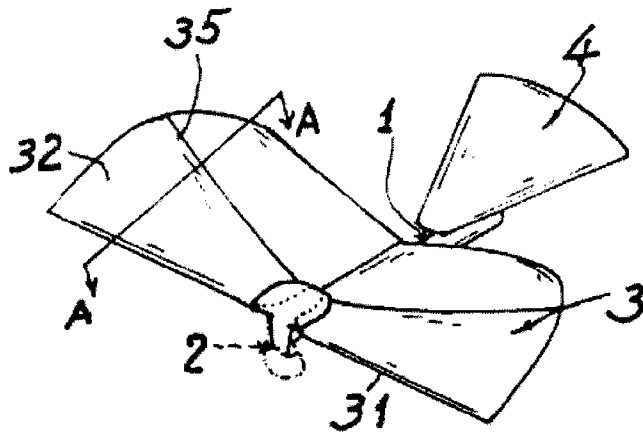


图 5

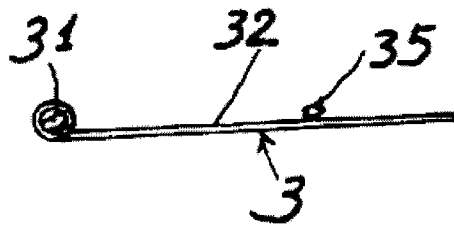


图 5a

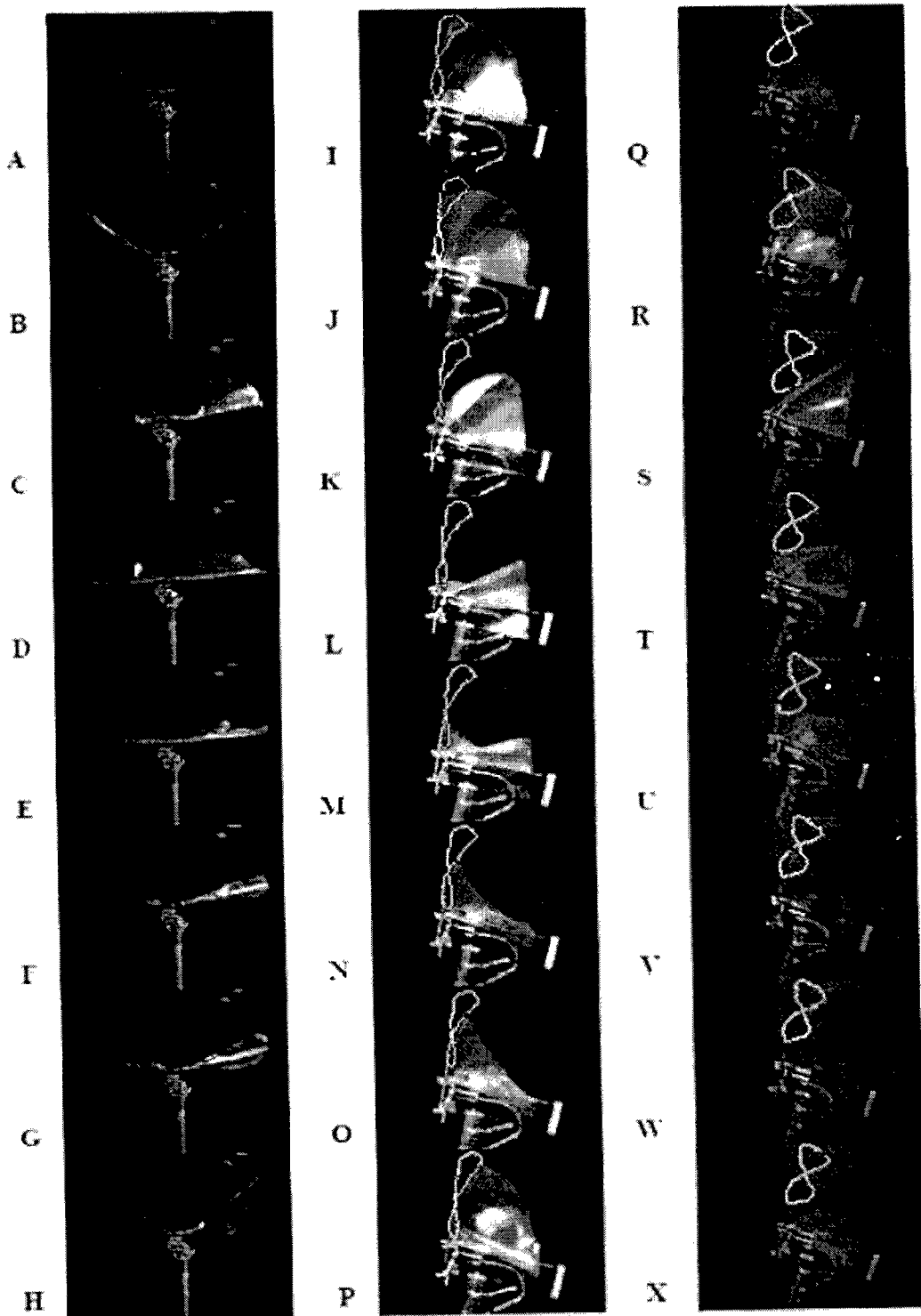


图 6

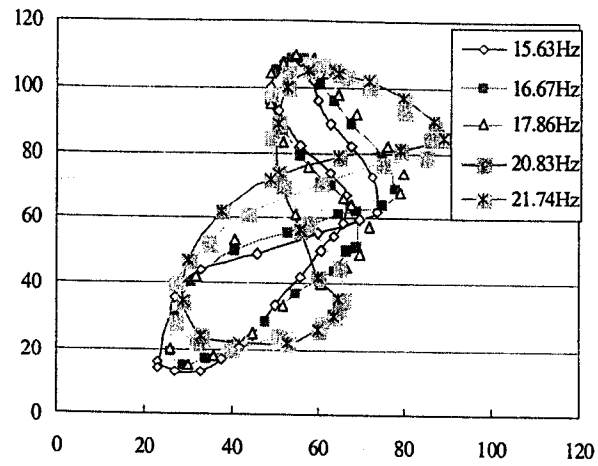


图 7

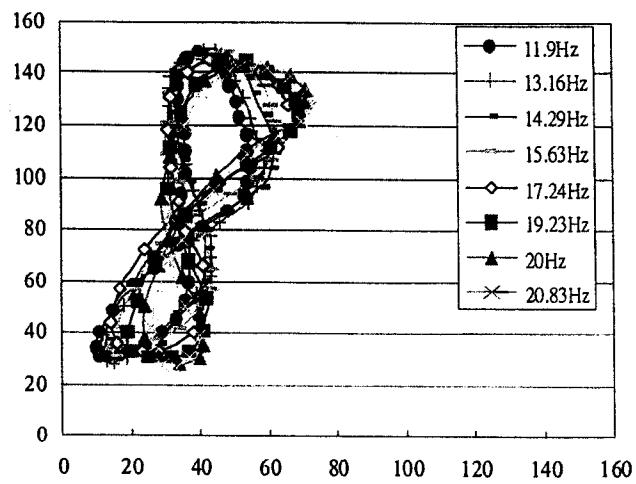


图 8