



北京航空航天大学
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

基于图像识别的鸟类仿生稳定平台

二〇一四年四月

摘要

鸟类的在行走的时候总会出现点头的现象，人们对于这种现象的解释已经争论了许久。现在人们所广泛接受的是由于视觉原因而引起的这一种现象。鸟类点头最终的目的就是维持自己的视觉焦点总在一个固定位置。所以，我们依据鸟类点头的原理，我们设计了一种仿生鸟类稳定平台,这种平台进过图像识别来进行平台的稳定定位。这种定位系统改变了以往使用加速度计的方式，希望以一种新的方式来维持平台的稳定。

关键词：模块，模糊控制，人工智能，云技术

目录

摘要	i
关键词	i
引言	1
1 核心创意	1
1.1 创意产生过程	1
1.1.1 创意背景	1
1.1.2 核心创意	3
1.2 核心思路描述	4
1.2.1 平台部分	4
1.2.2 机架部分	4
1.2.3 控制部分	5
2 创意可行性分析	5
2.1 技术实现思路	5
2.2 相关技术分析	6
2.2.1 图像识别程序	6
2.2.2 机械结构及控制原理	8
2.2.3 单片机部分	9
2.3 预计技术难点	9
2.4 实物图片	10
3 创意应用前景	10
3.1 应用场景	10
3.1.1 摄影	10
3.1.2 放置仪器	10
3.1.3 辅助机器人平衡	11
3.1 市场需求	11
结论	11
参考文献	12

引言

阐述作品背景：当今的稳定平台，绝大部分都是基于加速度计设计的，但自然界中就有一种稳定平台，那就是鸟类的头部。通过对鸟类行走中的点头现象进行研究，可以得出一个结论，那就是鸟类点头的目的是为了保持视野稳定，即在行走过程中，鸟类的头部是相对于环境保持不动的。我们的项目便是基于图像识别，来仿生这一现象。

创意来源：鸟类行走时的点头现象和鸡头的高度稳定。

该领域国内外研究现状或解决方案：

关于鸟类行走点头现象，科学界的普遍解释是为了保持视野稳定。

稳定平台的设计是基于加速度计。

优点：另辟蹊径，采用一种新的方式来实现平台稳定，同时可以在匀速状态下，对外界做出反应。而加速度计只能感应有加速度的运动。

缺点：对外部环境依赖比较大，同时由于计算机技术无法达到动物大脑的水平，因此图像识别只能停留在并不高级的水平上。

1 核心创意

1.1 创意产生过程

1.1.1 创意背景

有一天，在网上看到了一篇科普文章。并由此产生了我的创意。

小鸡，鸽子，甚至一些会游泳的鸭子，为什么走路的时候要点头？有人说是为了保持身体平衡，有人说是为了使看东西更仔细，有人说是进化里的最优解，有人说是本性难移，众说纷纭。

小鸟走路真的在“点头”吗？回答是否定的。

1930 年，中子刚被发现，中微子与暗物质的假说正在被提出，美国约翰霍普金斯大学(John Hopkins University)的生物学家邓拉普(Knight Dunlap)和莫瑞尔(O.H.Mowrer)却在喂鸽子。他们找了个房间，在房间的一头放了些食物，然后在另一头放出鸽子，由其去追寻食物，同时用一个简陋得甚至不如现今许多手机的相机，拍摄得了鸽子们的行走图片。邓莫通过这个简单无比的实验与模糊不清的照片告诉我们，鸽子走路时，头部并不是有规律地前后移动，而是一直在往前伸。在行走时，鸽子脖子往前一顶，头先行。然

后，头部静止在先前位置，等待着身体和脚跟进。只是因为身子往前移，头对身体的相对位置挪后，造成了先往前点头、再向后缩脖子的假象。

为什么鸽子走路不能如天鹅一般优雅娴静，而非得一顿一顿吃力地伸脖子？邓拉普们提出了个假想：在等待身体跟进的阶段，暂时静止的头部有利于鸽子获得稳定的视野，使鸽子看清周围的事物。可

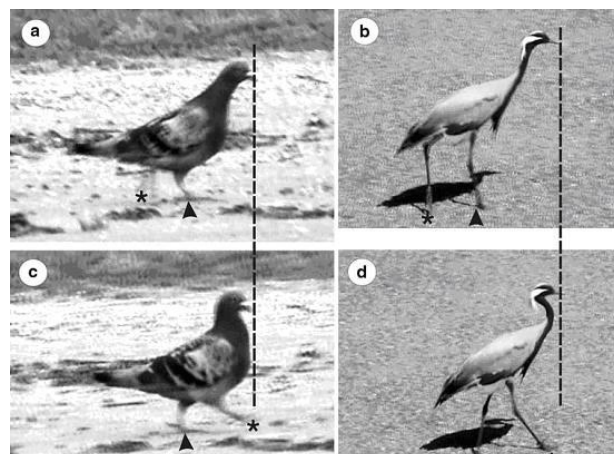


图 1 鸟类点头的原因

是，他并没有提出证据，科学家们为这个问题深深困扰，各自提出了不同的假设。

大体来说，科学界分为三大门派：平衡说，运动说和视觉说。平衡说认为是身体速度的变化，刺激内耳里面控制平衡的前庭器官，造成点头；运动说则强调小鸟行走时的举翅投足，都可能造成脖子和脑袋的肌肉自然反射，所以头部不断运动；视觉说则继续坚持邓莫的理论。

在 1975 年的《自然》(Nature) 杂志上，弗莱得曼 (Mark B.Friedman) 教授发表了论文，有力地支持了“视觉系”。

弗莱得曼设计了一组精妙的实验。他首先挑战平衡派，设计了一个四面封闭的箱子，将鸽子放置其中，推着箱子模仿鸽子的步行速度前进。此时，静坐在箱子中的鸽子没有迈步，不存在行走时的肌肉骨骼运动；鸽子与笼子一起被推行，鸽子也

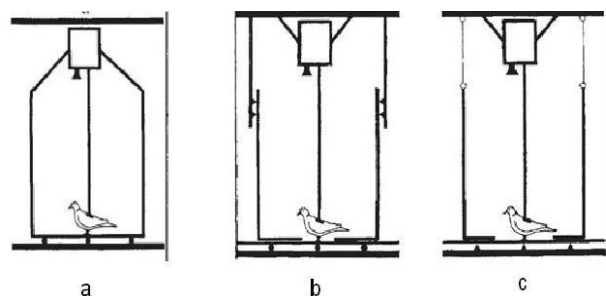


图 2 弗莱得曼的实验图示

看不到周围环境有任何变化，即没有视觉上的刺激。但由于鸽子被推动了，速度的变化足以造成前庭器官的反应。而这只鸽子纹丝不动，完全没有点头的意思 (图 2 a)。由此证明，前庭系统不足以引发鸽子点头。

弗莱得曼接下来锁定了运动派。他在箱子底部开洞，将其置于一个轻巧的滑板上，鸽子站在箱底的洞里，滑板之上。当鸽子在箱子中自由前进时，滑板自动往后滑，造成箱子与鸽子的相对位置不变。此时，虽然鸽子在走路，但它看到的世界 (箱子) 没有任何区别 (图 2 b)。走路的鸽子，便不再伸脖子。

接下来，他把有破洞的箱子重新放到一个固定的台子上，鸽子依然站在洞里，弗莱

得曼自己来推着箱子缓慢运动。这时台上的鸽子没有行走，但它眼前的世界（箱子）却在弗莱得曼的推动之下发生变化（图 2 c）。此时，不走路的鸽子，脑袋又开始动了。弗莱得曼发现，当箱子推动距离在 20 厘米以上，鸽子的头就会往前伸一些。在推动箱子的过程中，鸽子头部会时不时地动一下。

最终弗莱得曼给出了视觉派期待的漂亮结论：平衡和行走不足以让鸽子点头，而鸽子“点头”与保持视野稳定有很大关系。

差不多同时，在加拿大皇后大学（Queen's University）里，弗洛斯特教授（B.J.Frost）也在做着同样的事情。他很有创意地把鸽子放上了跑步机。相同的结论在诞生。当跑步机轨带往后退的速度与鸽子走路速度一定时，鸽子虽然在迈步，相对周围环境却没有改变位置，此时，鸽子的头部并不移动。

进入了 21 世纪。日本东京大学（University of Tokyo）的富田（Masaki Fujita）在研究，为什么鸽子走路时，伸头与伸脚是几乎同时发生？他发现当鸽子抬起后脚往前走，重心随着身体紧跟着前移。脖子前伸，短暂停顿后，后脚着地，变为前脚，脖子缩短，继续短暂静止。随后原为前脚的后脚起，身体重心紧跟着前行，重复以上步骤。无论头部与脚如何移动，鸽子的重心相对于身体基本不偏移。因此得出结论：头部的伸长与重心移动无关，仅用以影响视觉。但视觉的变化对于运动时控制身体的平衡有很大作用。

根据进一步的研究。德国奈克在 2007 年的综述里说：“尽管头脚的合作，不是维持平衡的必须条件，但的确让鸟走的更稳；尽管视觉似乎是点头作用的主要方面，至今仍然没有清晰的解释，来为我们确切解释鸟类点头的作用。”

1.1.2 核心创意

虽然我们没有完美的理论来解释鸟类走路点头的过程，但是我们已经知道了鸟类点头是为了视野稳定进而保持平衡。如果把一个摄像头装到一只鸡的头上，然后晃动它的身体，那个摄像头所拍摄的图像是不会改变的。所以根据这个现象可以了解我们的创意，即通过图像识别获取的外观景物来对平台进行定位，在这个稳定平台中不需要加速度计，这是与现在的稳定平台的最大区别。由于是借助外界景观对自身进行定位，因此可以实现对匀速运动的识别，即在匀速状态下，相对于外界保持短暂的静止，这有利于对外界的扫描或是对目标的瞄准。

同样的，虽然人类的平衡主要取决于耳蜗中的三个半规管（相当于三个互相垂直的加速度计），但是我们行走中，如果闭上眼睛，就会感觉寸步难行，这主要是由于人可

以通过眼睛获取周围世界的参照物，来辅助保持自身稳定。据此可以将这一创意推广应用到机器人技术中，用以辅助保持人形机器人在行走中的稳定，以此提高机器人的平衡能力和行走速度。

1.2 核心思路描述

由于要仿生鸟类头部并实现稳定，自然要将整个系统分为三个部分：

1 平台部分:用以放置摄像头和承载物体。摄像头实现鸟类眼睛的作用，观察外界事物，获取图像资料。

2 机架部分:通过 6 自由度的机构实现鸟类颈部的功能,通过运动补偿基座的位移量,实现平台的稳定。

3 控制部分:通过单片机及计算机部分实现鸟类大脑的功能,实现对整个系统的控制。

1.2.1 平台部分

平台将搭载一个摄像头，摄像头相当于眼睛，为了保持自身的稳定，就需要感知外界事物的变化，使自身能够在外界的空间中定位，再通过机械运动补偿实现自身稳定。

当基座移动时，相对于平台的景物会发生移动，反映到摄像头中便是图像的缩放或者平移，借助基于 C 语言的 OpenCV 这一计算机视觉库，就可以计算出位移量。

OpenCV 的处理是基于像素点的信息进行处理。OpenCV 将图像中有明显突出的点称为角点。角点的特征是其该点的邻域内灰度变化率的极值点。通过寻找图像中的角点，并进行跟踪，即可获取平台自身在外部空间的变化情况。

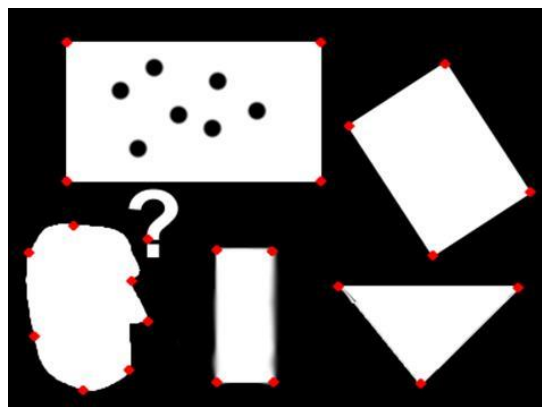


图 3 OpenCV 角点检测

1.2.2 机架部分

由于要仿生颈部运动，则可以选用 3 自由度的平面运动的机构或者 6 自由度的空间运动机构。

由于鸟类在行走中，沿直线行走，因此可以认为头颈的运动是一个平面内的 3 自由度的运动。如果仅仅是作为一个演示实验，以此表达原理，那么应用 3 自由度可以大大

简化机械结构和程序设计。

如果作为一个空间中的稳定平台，则需要机架部分采用 6 自由度的结构，来应对空间中的运动情况。

1.2.3 控制部分

控制部分是整个系统的核心，它将摄像头采集的图像进行处理，计算出位移后操控机构运动，实现平台稳定。

控制部分分为 2 个部分：计算机部分和单片机部分。

由于图像识别所需要占用的资源较多，因此大部分的单片机芯片没有能力处理，只能借助计算机。计算机的作用便是处理来自平台上摄像头的图像，通过一定的算法，计算出相对于外界空间的位移量，将这个数值传递给单片机，由于单片机上的集成模块易于拼装，则很容易即可得到一个 3 轴或者 6 轴的控制板，通过计算位移量在每个自由度上的分量，控制机构反向运动，补偿基座运动引起的位移。

由于图像识别中，图像距摄像头的距离是无法确定的，因此可以采用负反馈调节模式。首先转动的自由度是能够通过图像识别的，因此可以直接且精确地补偿转动量。但是由于距离的不确定，像素的大小无法反映位移的大小，因此当获知一个位移运动时，将此运动分解到平移的自由度上，然后按照分解后向量的大小，设定相应的补偿速度，据此将位移向量转化为速度向量。这样，只要相对于原始的位置有偏差，就向着原始位置运动，以此实现负反馈调节。

2 创意可行性分析

2.1 技术实现思路

第一步：摄像头采集图像并追踪参考点

第二步：计算两帧之间参考点的位置差

第三步：将位置差转化为机械的运动轨迹

第四步：驱动机构按照轨迹运动以补偿平台位移

第五步：循环前面步骤，实时矫正自身的姿态

2.2 相关技术分析

2.2.1 图像识别程序

制作实物模型，需要对理想模型进行简化，本文将着重讲述 3 自由度下的算法和机构。

3 自由度下，运动是平面运动，因此可以通过对外界图像的角点进行跟踪来测算自身的位移。

目前的算法是将图像分为上下两部分，在每一部分中分别取一个点，通过测定这两个点在图像中的变化情况来测算位移。程序运行时，首先截取一张景物图片作为原始位置，并选定两个最突出的角点，之后的每一帧，都在这两点的邻域内寻找这两个角点，以此跟踪并计算平台位移。

当平台发生运动时，可以将其分解为一个平移运动和一个绕摄像头的转动，程序能够直接计算出转动角度，同时测定出评议运动的方向，并传递给负反馈系统，这样平台就能根据计算的方向进行运动，当运动达到原始位置时候，负反馈系统就会结束。下面是用 C 语言（opencv2.4+vc2010）编写的部分代码：

```
if(k==0)//k=0 表示初始图像
{
    //初始图像的角点寻找范围
    roi_rect.x=srcImage->width/20;
    roi_rect.y=srcImage->height/20;
    roi_rect.width=srcImage->width/10*9;
    roi_rect.height=srcImage->height/10*4;
}
else
{
    //角点的邻域，程序运行中将在前一帧角点位置的邻域内寻找该角点
    roi_rect.x=(x2-r/2)>0?(x2-r/2):0;
    roi_rect.y=(y2-r/2)>0?(y2-r/2):0;
    roi_rect.width=r;
    roi_rect.height=r;
}

cvSetImageROI(grayImage,roi_rect);//设定感兴趣区域,即处理范围
```

```
cvGoodFeaturesToTrack (grayImage, corners1, corners2, corners,  
    &cornerCount, qualityLevel, minDistance, 0); //角点检测  
cvResetImageROI(grayImage); //释放感兴趣区域  
if (cornerCount > 0) //在原图中将角点标记出来  
{  
    x2 = roi_rect.x + (int)(corners[i].x) + (int)(corners[i].y) / (srcImage->width);  
    y2 = roi_rect.y + (int)(corners[i].y) % srcImage->width;  
    cvCircle(srcImage, cvPoint(x2, y2), 6, color, 2, CV_AA, 0);  
}
```

下图是该程序的处理结果

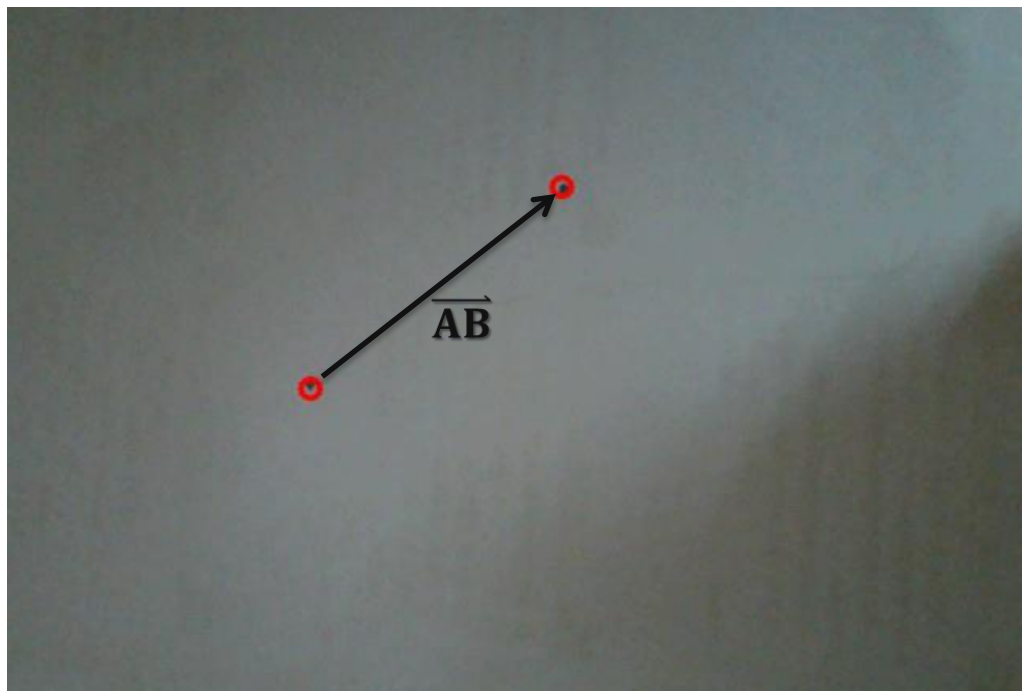


图 4 程序运行实例

2.2.2 机械结构及控制原理

机械结构:

考虑到 3 个自由度的运动，最容易实现的则是 2 杆 1 轴的机械结构，即采用 2 个可伸缩的电动推杆实现平面平移的 2 个自由度，在 2 个推杆连接处放置一个步进电机，控制平台的转动。

控制原理:

两个电动的推杆可以提供速度 \vec{v}_1 、 \vec{v}_2 ，以速度 \vec{v}_1 、 \vec{v}_2 作为基底，可将平移向量 $\vec{cc'}$ （基座的运动方向）表示出来，我们会根据实际需要来设定基底的大小（即电动推杆的伸缩速度），从而在负反馈的系统调节下将平台调节到固定位置，这样就可以保证平台的平动自由度可控制。

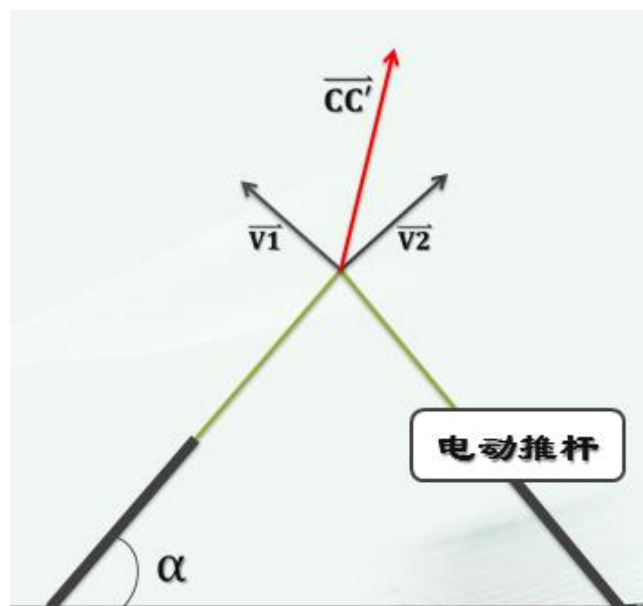


图 5 机械结构及控制原理简图

为了实现转动的控制，平台下方还安装了一个步进电机，这个电机主要负责平台的转动自由度，当平台出现转动时，系统会根据平台主动的角度来调用电机从而将平台的转动自由度控制。

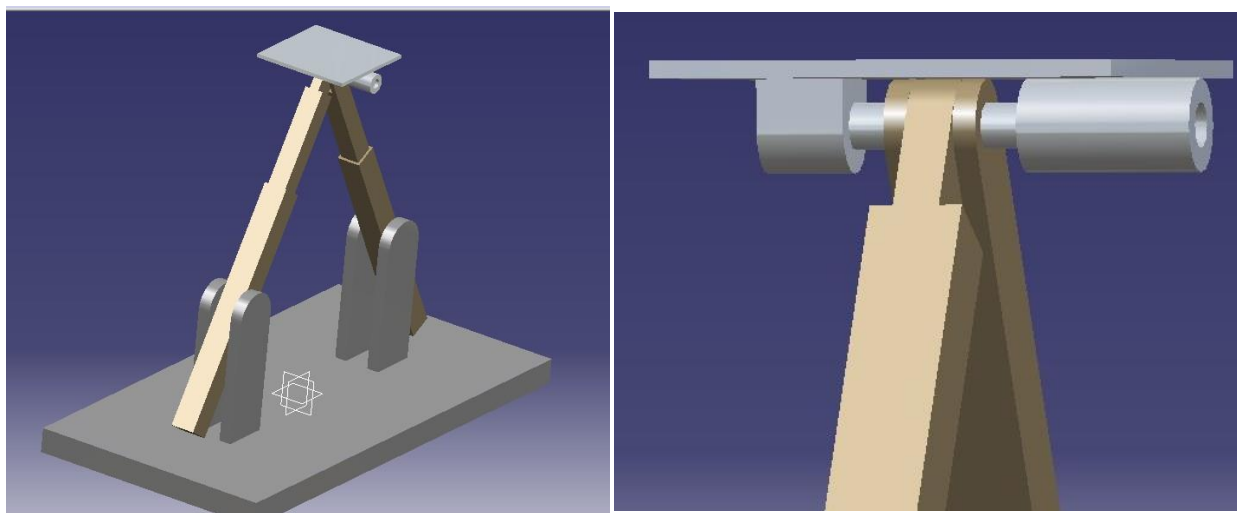


图 6 立体图（基于 CATIA）

底座上方支撑着两个电动推杆，这两个电动推杆会提供平动控制速度 \vec{v}_1 、 \vec{v}_2 ，在电

动推杆的其中一个会铰接一个步进电机，电机提供一个速度来控制平台的转动自由度。在平台下方会有一个与步进电机共轴的摄像头，这个摄像头即用来进行图像定位的摄像头。

2.2.3 单片机部分

由于是 3 轴的机构，考虑到电动推杆和步进电机的电压（24V），可采用单片机与驱动器分离的控制方式，其中单片机可采用 **arduino** 系列，驱动器则可以采用与之相对应的 **L298N** 驱动器，合理连线后即可构成一个 3 轴的控制器的。

对于单片机与计算机通讯方面，可采用 **VC2010** 的 **MFC** 模块，通过 **MFC** 模块获取图像处理程序的结果，实时传递给单片机，最终操控机构运动。

2.3 预计技术难点

1、由于不能够获得图像与摄像头的真实距离，从而无法获得图片中像素的真实距离，所以只能采用负反馈调节的方式进行姿态调整，而无法精确定位。

2、由于算法原因，视野中如何存在大范围视差，会造成定位不准确。在目前的算法情况下，只能面对墙面有好的效果，如果要解决视差问题，则需要将图像的处理范围扩大到整个图片，这将大幅度增加计算量。

3、受分辨率等因素影响，在寻找角点会在小范围内波动。

4、目前只能实现 3 个自由度，6 自由度由于需要考虑图像的缩放等问题，算法难度陡升，同时 6 自由度的平台制作难度也会较大。

2.4 实物图片

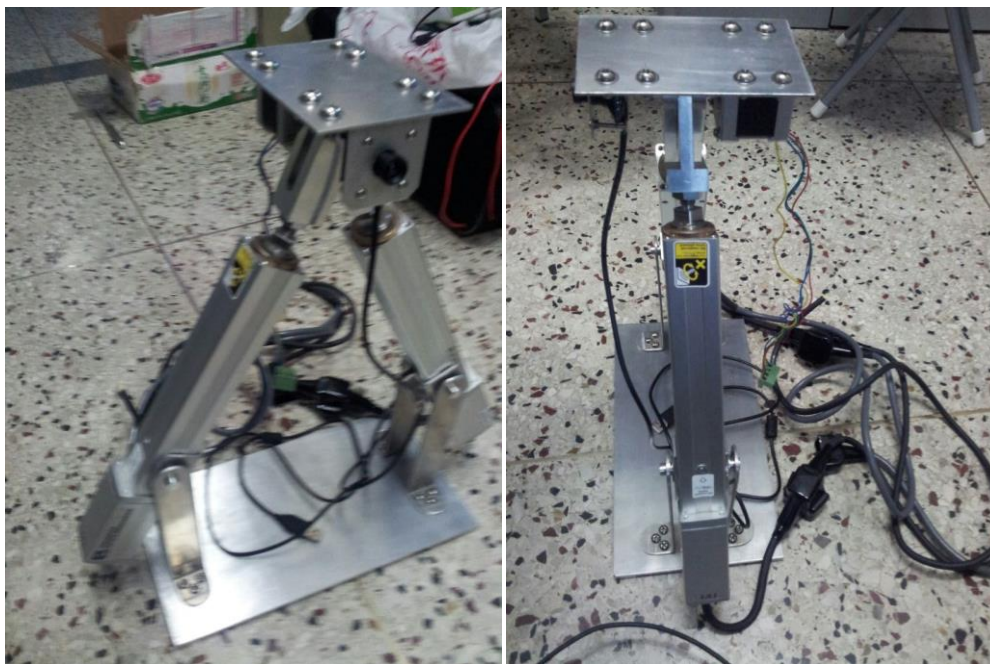


图 7 已完成除单片机外的实物

3 创意应用前景

3.1 应用场景

3.1.1 摄影

本平台就可用来做摄像机的稳定平台。如果我们将者摄像机的数据流导入本平台中。那么，就无需担心取景时候机器的晃动而导致的拍摄不稳定，以此可以提高视频的质量。特别适合于肩扛式的摄像机，由于摄影位置要不停地变动，同时又要求锁定一个拍摄目标后一定时间内不再改变，可将本系统安装在摄像机内并与摄像头相连，实现摄像头的稳定。

3.1.2 放置仪器

有时候在匀速运动时，需要在某个时刻对目标进行瞄准或对周围进行扫描，如果此时仪器在运动，将使得获得的数据有偏差或在一定程度上失真。这时候本平台就可以创造出一个短暂的相对于周围空间静止的状态，以便于仪器的数据采集。

3.1.3 辅助机器人平衡

人在行走时会获取周围景物作为参照物，以辅助维持人体的平衡，应用本系统原理，可以将机器人的视觉进行处理，得出自身的姿态，当自身姿态出现偏移时，及时补偿偏移量，即可提升机器人的稳定性。当机器人行走时，图像中的像素会变成线性移动的，如果自身姿态有偏差，则会表现出非线性，此时则可以提示机器人进行姿态调整，以提升机器人的行进速度。

3.1 市场需求

对于摄影师来说，最头疼的就是拍摄过程中的镜头晃动问题，本系统则可以很好的解决这个问题。

部分精密仪器，需要在稳定的平台上进行工作，本平台则可以提供这样的环境。

对于机器人，目前的人形机器人，行走速度与稳定性不可兼得，通过应用本系统的原理，可以改善这一状况，进一步提高机器人的稳定性。

结论

本项目另辟蹊径，从图像处理的原理出发，通过仿生鸟类在行进中的头部运动，实现自身的稳定。通过上述的分析，原理和机械结构都是可行的，同时图像处理程序和实物制作已经完成，均能够达到设计要求。

但是由于水平有限无法解决单片机的控制问题，因此项目组仍然在学习和研究单片机的制作，并将继续完善图像处理方面的程序。

参考文献

- [1] Mark B. Friedman. Visual control of head movements during avian locomotion. The USA: *Nature*, 1975
- [2] Fujita M. Head bobbing and the movement of the centre of gravity in walking pigeons (*Columba livia*).
The UK: *The Zoological Society of London*, 2002
- [3] Knight Dunlap & O.H.Mowrer. Head movements and eye functions of birds. The USA: *Journal of Comparative Psychology*, 1930