

旋翼与直升机的独特性能

陈永丽



直升机以其独特的性能成为现代战场上的“轻骑兵”，是现代战争中一支重要的军事力量。这主要是因为直升机相对于固定翼飞机有许多优点：直升机起降场地很小，无须专门修建机场和跑道，对场地的质量要求也不高，在高耸的山头、狭窄的山谷都可起飞和降落。另外，直升机可以垂直起降和在空中自由悬停及向前、后、左、右飞行。而这些特性都与它独特的旋翼有关。

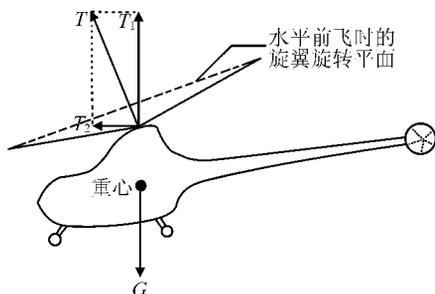


图1 水平向前飞行受力分析

旋翼是直升机的关键部件，由若干个旋翼桨叶组成，主要产生腾空而起的拉力，直升机的各种飞行动作都是通过操纵旋翼来完成的。在旋翼不倾斜时，即旋翼桨盘（旋翼桨叶旋转形成的空间形状）竖直向上，此时旋翼升力与直升机重力同时作用在铅垂线上，只要操纵变距操纵杆，使旋翼升力大于直升机重量，直升机就会垂直上升，反之则垂直下降；当

升力与重量相等时，直升机便可在空中悬停。如果想使直升机水平向前飞行，通过前推周期变距杆改变旋翼相对于气流的迎角，在旋翼旋转一周过程中根据其位置改变桨距，旋翼的桨距在转到后方时变大、转到前方时变小，这样旋翼在后方由于迎角增大，升力增加便会使旋翼桨叶向上挥动，而在前方时由于迎角减小、升力减小就会使旋翼桨叶向下挥动，这样的总体效果就是旋翼桨盘后高前低，旋翼的旋转平面向前倾斜（如图1），旋翼产生的总拉力（ T ）跟着向前倾斜，旋翼总拉力的水平分量（ T_2 ）就成为向前飞行的动力。同理，适当改变旋翼的方位，向后拉杆，直升机就会倒退飞行；向左或向右压杆，直升机则会向左侧或右侧飞行。

当旋翼由发动机通过旋转轴带动旋翼旋转时，旋翼给空气以作用力矩（称为扭矩），根据牛顿第三定律，空气必然在同一时间以大小相等、方向相反的反作用力矩作用于旋翼（称为反扭矩，如图2所示），旋翼将这一反作用力矩传递到机身上，直升机便失去平衡。如果此时不采取措施，这个反作用力矩就会使直升机逆着旋翼转动的方向旋转。消除旋翼产

且转动速度刚好是电源频率的整数倍时，在观察者看来，被照物体（如机床加工件）似乎并未转动，这种错觉极易造成事故。而且近10多年来青少年近视眼的比例越来越高，这一趋势虽不能全部归罪于光污染，但从统计规律看来，的确与电光源的频闪效应直接相关。在点蜡烛和煤油灯的时代，近视的比例就远没有当今这么高。高频无极灯完全消除了频闪效应，而且眩光较低，在当今绿色照明领域中一枝独秀。

高频无极灯几乎汇集了不同类型电光源的所有优点，没有其他任何电光源可与之相比。由于使用寿命长、视觉效果好，所以用途非常广泛，特别是减少了更换光源的维护费用，因此适用于礼堂大厅、图书馆、教室、会议室、大型商场天花板、高大的厂房、车站、码头、运动场、隧道、路灯、标灯、桥梁灯、地铁、

危险地域照明，及作为水下灯、园林彩灯等。

虽然高频无极灯综合性能极佳，但其技术和市场尚需进一步开发。目前其品种较少，电功率也有待提高，例如目前作为点光源的低压气体高频无极灯的电功率仍未突破250W，实际标称功率仅为165W，若用于路灯，其光通量很难与400W的高压钠灯或金卤灯相匹敌，所以需要加快对无极灯灯具的研发脚步。传统灯具也难以进行此类配套改造，不过新型灯具一旦研发成功，费用将比传统灯具至少降低1/3，重量也将大大减轻，外观则会更加雅致。然而由于各单位前期投入太多、制造成本较高，销售价格无法大幅降低，所以高频无极灯目前的价格定位仍有争议，这无疑是其进入市场的又一障碍。

（河北省保定市华北电力大学数理系 071003）

生的机身反向旋转,可以采取两种方法,一种是加装尾桨,另一种是安装双旋翼。

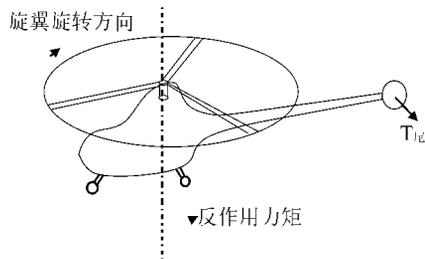


图2 单旋翼直升机的反作用力矩

加装尾桨这种方式目前应用较广泛,虽然工作需要消耗一部分功率,但其构造比较简单。尾桨主要由桨叶、轴向关节、水平关节和桨毂等组成。尾桨像一个旋转平面垂直于旋翼转速平面的小螺旋桨,空气对旋翼形成的反作用力矩,与尾桨产生的拉力(或推力)相对于直升机机体重心形成的偏转力矩相互平衡,使直升机保持稳定的航向。单旋翼直升机失去尾桨后,就像一只无头苍蝇到处乱撞,有了尾桨才能随意升降和飞行。

直升机尾桨不仅平衡了旋翼的反作用力矩(即反扭转),而且还改善了直升机的方向稳定性,通过加大或减小尾桨的拉力(推力)进而操纵直升机的航向。飞行员只需使用脚踏调节尾桨的桨距,使尾桨拉力变大或变小,从而整个尾桨产生的偏转力矩也随之变大或变小,进而操纵直升机机头转向(转弯)。

但尾桨增大了向前飞时的阻力,为克服这一缺陷,涵道尾桨和无尾桨系统因此应运而生。涵道尾桨是完全封闭在垂直尾翼里的尾桨,特点是直径小、叶片数目多。无尾桨系统主要以一个空气系统代替常规尾桨,以极强气流与旋翼转动产生的反作用力矩相抗衡。以上各型尾桨都各具特点:常规尾桨技术发展比较成熟、应用广泛,缺点是流场不稳定,裸露在外的桨叶尖端易伤人或撞击地面障碍物;涵道尾桨安全性好、不易发生伤人撞物事故,但功耗较大;无尾桨系统安全可靠,振动和噪声水平低,缺点是悬停时功率很大,目前已进入实用阶段。

还有一些双旋翼直升机不带尾桨,而是装有两副大小相同、旋转方向相反的旋翼。两副旋翼可以是共轴式双旋翼(如图3),即在同心的两根套轴上分别安装两副大小一样的旋翼;也可以是非共轴式双旋翼——纵列式双旋翼(如图4)、横列式双旋翼或交叉式双旋翼,两副旋翼前后、左右或相距很近交叉成一定角度配置,各自安装在自己的轴上。由于

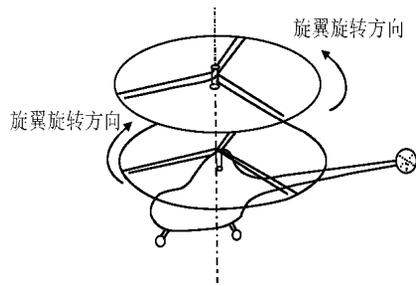


图3 共轴双旋翼直升机

两副旋翼转速相同、转向相反,产生的反作用力矩相互抵消,从而保持了机身平衡。如俄罗斯的卡-50/52武装直升机、美国的HH-43B直升机均采用共轴式双旋翼,而美国的CH-47运输直升机则采用纵列式双旋翼。上述几种双旋翼直升机各具特色:共轴式双旋翼直升机形体较小,利于贴地飞行或紧靠隐蔽物悬停,但上、下两副旋翼的操纵机构十分复杂,为保证较大旋翼桨叶有足够的挥舞自由度,上、下两副旋翼间距必须较大以致飞行阻力很大,降低了最大速度;纵列式双旋翼直升机机身宽敞,可运输大尺寸货物,但转动和操纵系统比较复杂。

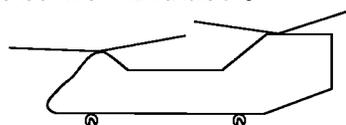


图4 纵列式双旋翼直升机

随着武装直升机在未来战场上的大量运用,研制和发展性能优越的武装直升机势在必行。而传统旋翼对直升机速度的局限性越来越突出,一些国家近年来正在逐渐突破旋翼原理的旧框框,加紧研制飞行速度更高、机动性能更好的新概念直升机。比较典型的有倾转旋翼方案、前行桨叶方案、X型旋翼方案等。上述诸方案以倾转旋翼方案进展最快,最有代表性的是美国V-22“鱼鹰”倾转旋翼直升机,它是通过发动机的倾转来变换:发动机垂直时可垂直起降和悬停,发动机转到水平方向时能高速飞行。V-22已在1997年初开始制造,1999年装备。据估计,本世纪前半叶将会出现性能优越的多种新概念直升机。

(北京市通州区陆军航空兵学院基础部 101123)

