

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2015.0006.018

阿基米德螺线在机械工程中的应用与探讨

罗海程, 周柏霖

(重庆交通大学 河海学院, 重庆 400074)

摘要:阿基米德螺线就是既作匀速转动又作匀速直线运动而形成的轨迹,不管是从生活、自然现象中,还是从机械工程中,都可以发现阿基米德螺线的身影,就阿基米德螺线的发现历史、定义以及机械工程中的基本应用展开探讨,借此不断发掘螺旋线中隐藏的知识,并将理论投入实际工程应用中,达到学以致用目的。

关键词:阿基米德螺线;实际应用;自然现象;机械工程

中图分类号:TQ205 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-058X(2015)06-0090-04

阿基米德螺线广泛隐藏于自然界里,葡萄等藤茎植物的触须就是借鉴阿基米德螺线结构的柔韧性,使其紧紧缠绕物体,在恶劣环境中生长;动物世界中的蟒蛇盘绕起来形成的螺线,起到更好的防卫和攻击的作用,在生物微观细胞中,起遗传作用脱氧核糖核酸(DNA)就是规则的螺旋结构,利于节约空间,储存信息;机械仪表中钟表上的发条工作原理也离不开阿基米德螺线。阿基米德螺线最先运用于灌溉技术,古代埃及人利用尼罗河水灌溉农田,由于河床低,农田地势高,只能用水桶提水灌溉,这样非常浪费劳力体力,于是阿基米德利用阿基米德螺线发明了螺杆,创造了“水往高处流”的奇迹,因此螺杆也是阿基米德螺旋提水器的最初原型。由于先人不断研究改进,现在其已广泛运用于水利灌溉,机械动力,军事通信等领域。随着科技快速发展,阿基米德螺线应用与生活实际也愈加紧凑,在此,有必要对其进行更深层的系统研究,现就其基本应用展开探讨,希望阿基米德螺线能不断开拓创新。

1 阿基米德基本简介

阿基米德螺线,是一种具有特殊性质的螺旋线,假设点 A 从 O 点开始以匀速沿着 OA 直线方向运动的同时,又以固定的转角速度绕点 O 螺旋转动,俯视而看,点 A 的轨迹为螺旋状,这种螺线被命名为“阿基米德螺线”,因为运动过程中是匀速运动,因此也可定义为“等速螺线”。如图 1 所示。

阿基米德螺线在平面极坐标中的曲线方程:

$$r(\theta) = a + b(\theta)$$

其中: b 为螺旋系数,单位为 $\text{mm}/^\circ$,代表曲线每变化 1° 时,曲线直径的变化量; θ 为转角,单位为度,代表曲线转过的度数总和; a 为当 $\theta=0^\circ$ 时的极径,单位为 mm 。

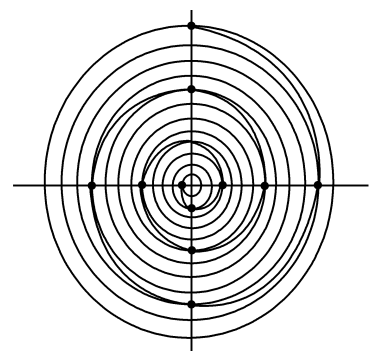


图 1 阿基米德螺线图

收稿日期:2014-10-23;修回日期:2014-10-30.

作者简介:罗海程(1990-),男,湖南衡阳人,硕士研究生,从事港口、海岸及近海结构工程研究.

改变数值 a 将改变螺线结构, b 是用来控制两相邻螺线间距的常量。方程有两条不同方向螺线, 分别被 $\theta > 0$ 和 $\theta < 0$ 分割, 且在极点平稳光滑连接。如果把其中一条翻转 $90^\circ/270^\circ$, 将会得到其对称曲线, 这就是另一条螺线。阿基米德有多条性质: 若点 (r, θ) 在 $r(\theta) = a + b(\theta)$ 上, 则点 $(-r, -\theta)$ 在曲线 $r(\theta) = -a + b(\theta)$ 上, 这两条阿基米德螺线关于 $\pi/2$ 直线对称; 螺线相邻两臂间距的距离总是等于 $2\pi a$; 阿基米德螺线同时可以起到三等分角, 化圆为方的作用。可想而知, 阿基米德螺线的几何性质, 使其在数学领域和卫星轨道设计方面地位也特别重要。

2 阿基米德基本基本应用

2.1 阿基米德螺旋扬水器

阿基米德螺旋最早引入于 1803 年, 在当时, 已经使用好几个世纪的阿基米德螺旋泵, 它能够在水平或垂直方向提升水, 阿基米德螺旋就是在圆筒装入一个大型的螺旋状物, 下端浸入水中, 上端以一定角度倾斜放置, 在上端用手动或者电动机的带动下使密封腔室中的螺杆旋转, 螺旋管就会把下端的水提升上来, 然后水量被挤出上端口, 就达到了把下平面的水提升到上平面灌溉田地的目的, 这就是阿基米德螺旋扬水器, 具体结构见图 2 所示。随着科学发展, 阿基米德扬水器被加以创新改进, 现在已经由电动机带动螺杆旋转, 发展为现在高效率的阿基米德螺旋泵如图 3 所示。这类装置具有众多优点, 例如操作简单、结构维修简便, 稳定可靠、流速平稳等。

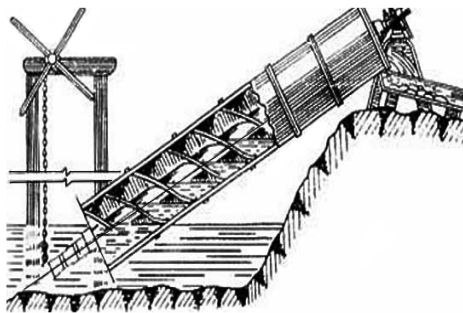


图 2 阿基米德扬水器

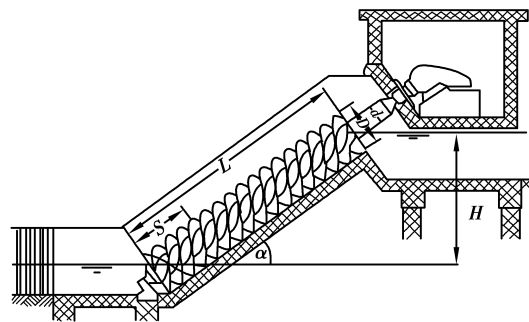


图 3 阿基米德螺旋泵

2.2 螺旋输送机

螺旋输送机工作原理和作用与阿基米德螺旋类似(图 4), 具有操作性简便, 构造简单、尺寸小而密封性强等特点。这种连续输送机械的具体操作就是转动螺杆, 螺旋状的光滑叶片就会把物料沿密封管道输送到另一端。物料在自重和摩擦力的效果下, 不随叶片旋转, 仅在其推动力下, 平稳均匀的沿轴向运动。因为输送机安全可靠、成本低, 输送方向不仅双向, 可以在两个相反的方向同时输送, 并且在一定的旋转下, 物料同时达到了搅拌、混合、冷热加工等作业的目的, 所以螺旋输送机在运送物料方面也比较普遍适用。

2.3 阿基米德螺线之螺丝

阿基米德螺线结构能够较好地嵌固物体, 螺线齿轮与物体彼此咬合, 循序渐进地紧固物件机械。现在螺丝钉和螺栓就是利用物体斜面圆形旋转和摩擦力的物理学和数学原理作为一种固定用件, 广泛适用于锚固轨道、托架、管道、管夹、钢结构、门桌、扶梯、栏杆、水电器等承受震动重负荷的建筑构件等各种部位, 因此阿基米德也被公认为“螺丝之父”。螺丝钉上的螺旋纹理类似螺栓上的螺旋, 能更好的固定物品, 就像壁虎可以紧紧的粘在墙壁上一样, 因此螺丝钉也被称为“壁虎”, 例如“电梯壁虎”和“管道壁虎”等的不同称号(图 5)。螺丝钉利用广泛, 被不断改进, 作为固定用件已非常普遍, 也找到多种方便廉价的生产工艺。

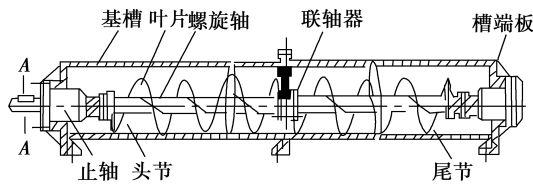


图 4 螺旋输送机

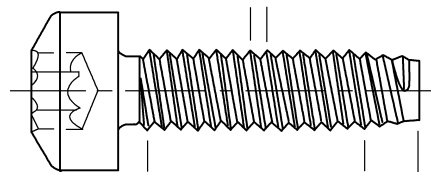


图 5 螺丝钉

2.4 阿基米德螺旋天线

阿基米德平面螺旋天线,被定义为超宽带天线的一种形式,能够高效地实现宽频带,曲线方程为 $r = r_0 e^{a\psi}$,半径越大,天线带线的宽度就越大,假设带线宽度是定值,而且相邻臂间的间隙距离与其相等,这种结构的天线就被称为阿基米德平面螺旋天线。这种天线不仅在军事领域得到特别关注,如雷达、密码通信等,而且在一些生活领域也表现出巨大作用,如在 GSM 领域和卫星通讯领域的服务,其结构如图 6、7 所示。

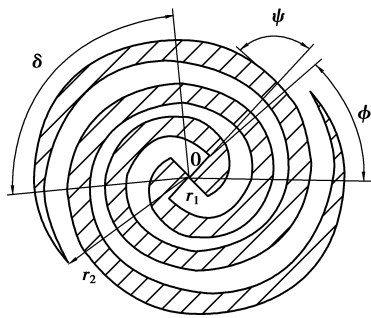


图 6 双臂平面等角螺旋天线平面图

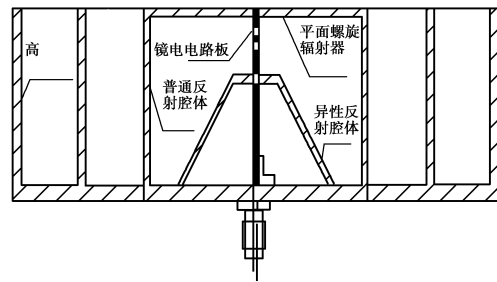


图 7 阿基米德平面螺旋天线结构图

随着技术日新月异,生活节奏加快,急需通信频率和信息携带量同步发展,加宽频带宽度,因而阿基米德平面螺旋天线得到了高度重视和飞速发展。超宽带天线接收信号能力和抗干扰能力超,是宽带雷达装置和导弹制导系统的关键技术,具有极其重要的军事意义和现实意义。

2.5 阿基米德螺线凸轮

凸轮机构是由凸轮,杆件、机械骨架和辅助构件组成的机械。凸轮作连续等角速旋转,杆件是由使用者使用设计,使它达到某种固定运动条件(如直线运动)的构件。如图(8)所示,(a)、(b)、(c)是凸轮工作示意图,(d)描述的是挺杆与凸轮的接触点位移随凸轮旋转角度变化的关系曲线图,可以看出在 ab 和 cd 的过程中,接触点做匀速直线运动。由于阿基米德螺线凸轮做匀角速度旋转,致使与之接触的挺杆作上下匀速直线运动,如图 8 所示。

由于凸轮的特殊功能,凸轮在机床制造、刀具打磨、电影制片、内燃机机械、雕刻、包装设备等各种自动化和半自动化机械装置中都被引进利用。

2.6 螺旋桨

螺旋桨就是利用桨叶在空气或水中连续旋转,将发动机能量转化为物体推进动力的机械,由多个叶与毂连接,叶的向后面是螺旋面或类似螺旋面的一种推进装置,是阿基米德螺线的一种延伸应用。其具体形状如图 9 所示,螺旋桨表面光滑有曲线,旋转时带动流水后退,而产生向前的推动力。

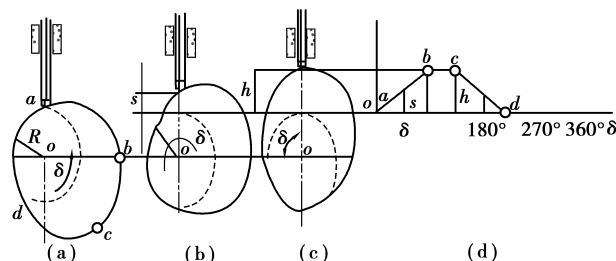


图 8 阿基米德凸轮工作示意图

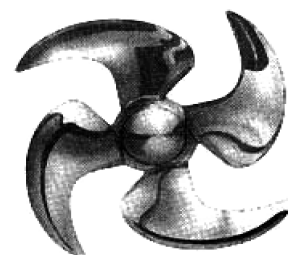


图 9 不锈钢螺旋桨

螺旋桨形状大同小异,应用也相对广泛,例如船舶、飞机的推进器等。1683年,科学家虎克就成功地提出了新的推进器—推进船舶,大大提高轮船的驱动推进效率。螺旋式结构能提水的发现,是作为发明推进器的最初启示,阿基米德螺旋桨的专利最早是在1829年于英国被申请,在此基础上一些民用的螺旋桨陆续被发明。1843年,螺旋桨首次代替明轮运用到军舰“雷特勒”号上,随后参加各种大小战争。在民用船中,就如图10所示客渡轮船桨,桨直径为6.1 m,轴功率为15 640 kw,航速为约23.2节;而化学品船的大侧斜螺旋桨,桨直径6.2 m,轴功率为10 400 kw,航速约16.7节。螺旋桨体积小,节省舱室空间,坚固光滑,与水相互作用过程流畅有力,有效应力大,推动力强,提高了船舶总体性能,现在螺旋桨在航海领域正在被进一步的深入研究探讨,在生活中也是必不可少的动力推进器。

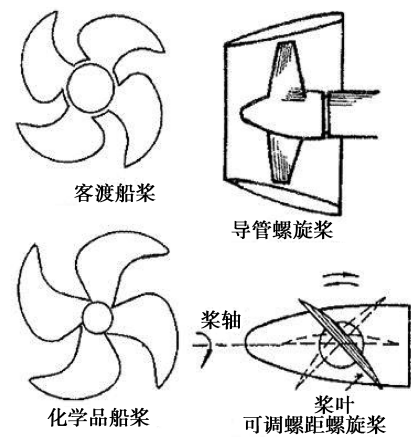


图10 阿基米德螺旋线船桨

3 结 论

阿基米德螺旋线的应用非常的广泛,自然界茛苳、紫藤、牵牛花等植物的弹簧状茎条,螺类生物的外壳,飞机、大船的螺旋桨,甚至连小小的螺丝钉和蚊香等,那都是阿基米德螺旋线的后代,其在数学教育、军事通信、提水灌溉、轮船等领域中都有着至关重要的地位,通过对阿基米德螺旋线这种具有特殊性质的螺旋线在机械工程应用的研究探讨,希望读者能够令其在机械工程中进一步被开发利用,以便更好的服务实际生活,为社会做出更大贡献。

参考文献:

- [1] 郭惠媛,姜畔.浅谈阿基米德螺旋线[D].北京:北京师范大学环境学院,2009
- [2] 石磊,傅佑丽.生命中的螺旋[J].世界科学,2005(2):18-21
- [3] 王明华,杨绪绪.阿基米德螺旋线的性质与应用[J].数学通报,1989(7):9-10
- [4] 陆林广,张仁田.现代阿基米德螺旋泵简介[J].水泵技术,1996(8):19-21
- [5] 李连辉.自补型阿基米德平面螺旋天线的设计与分析[J].遥测遥控,2003(8):31-36
- [6] 王永强,马超.基于HFSS的超高频传感器采集天线特性分析[J].传感器世界,2014(4):21-25
- [7] 杨良渠.半角转动法在裹包执行机构设计中的应用[J].重庆工商大学学报.自然科学报,2003,20(3):45-48
- [8] 许金瑞.等加速等减速凸轮机构CAD/CAM的研究[J].机械工程与自动化,2011(5):71-72

The Application and Discussion of the Archimedes Spiral in Mechanical Engineering

LUO Hai-cheng¹, ZHOU Bai-lin¹

(1.School of River & Ocean Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: The Archimedes spiral is a kind of trajectory that both makes uniform rotation and uniform linear motion, and can be found in life, nature phenomena and mechanical engineering. This paper discusses the basic application of Archimedes spiral in the perspective from history, definition and mechanical engineering to explore the hidden knowledge of the spiral line, and applies the theory into engineering practice to make learning for application.

Key words: Archimedes spiral; practical application; nature phenomena; mechanical engineering