

# 大功率高转速摆线针轮减速机 用于安静型潜艇的可行性研究

傅毓维

(哈尔滨船舶工程学院)

潜艇,尤其是核潜艇在海军兵力中占有举足轻重的地位。潜艇的主要优点是隐蔽性好,能够对敌实施突然袭击。隐蔽性是潜艇的威力所在。要提高并实现潜艇的隐蔽性,就要降低其噪音,要研究“安静型”潜艇的实施方案,而大功率高转速摆线针轮减速机(以下简称针摆机)的采用,则是最佳选择之一。

降低潜艇的噪音,主要是减少机械和系统本身的噪音,其次是采用噪声的防护措施(如采用吸声和隔声材料附在舱壁上)或采用隔音罩,隔绝噪声传播途径等等。降低噪声源的噪声是最合理的,但费用昂贵。目前西方国家降低潜艇噪声源的主要措施有二,一是采用电力推进系统,去掉齿轮减速器,二是采用超导电机。这两种措施,我国在一个时期内,由于技术条件不具备而无法采用。目前现实解决降低潜艇噪声的措施是用针摆机取代普通渐开线二级齿轮减速器。

针摆机是一种应用行星传动原理(属于 $K-H-V$ 行星传动),采用摆线针齿啮合的减速机构。其特点是:运转平稳,噪音小;结构紧凑,体积小,重量轻;输入与输出轴在同一轴线上,具有同轴性;传动比大;传动效率高;寿命长;装拆维修简便;过载承受能力强但转臂轴承受力大是个薄弱环节。

由于针摆机的上述特点,该机被广泛应用于纺织印染、矿山冶金、石油化工、机械制造、造船航空等军用民用工业部门,作为传动装置和减速装置。在许多情况下,针摆机可作为渐开线齿轮减速器和涡轮减速器的更新换代产品而引起各国重视,发展很快。

本文所指大功率是输入功率 $N \geq 20000HP$ ,高转速是输入转速 $n \geq 60000rpm$ ,用于潜艇(含核潜艇)主推进装置,作为减速使用量级的针摆机。

## 一、大功率高转速针摆机用于潜艇的好处

1. **降低潜艇噪音** 这是由于该机具有运转平稳低噪性的特点决定的。现在我国生产的针摆机,据现有测试设备测量大致在70分贝左右。用于潜艇上的大功率高转速针摆机的噪声,预计不超过100分贝。

2. **减小潜艇的体积** 这是因为针摆机结构紧凑。目前生产的针摆机与同功率同速比的普通渐开线齿轮减速器比较,其体积可减少 $1/2 \sim 2/3$ 。仅按 $1/2$ 计算,某型潜艇主机齿轮减速器的外形尺寸长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $3707 \times 4050 \times 3785mm$ ,改由针摆机后,其尺寸约为 $1900 \times 2000 \times 1900mm$ 。这对减小潜艇体积,降低其排水量,提高其航速无疑是很有

利的。

**3. 减轻潜艇的重量** 目前生产的针摆机与同功率同速比的普通渐开线齿轮减速器相比,其重量可减轻 $1/2\sim 1/3$ 。仅按 $1/3$ 计算,某型潜艇主减速器重量为35吨多,改用大功率高转速针摆机后,其重量在23吨左右。所减轻的重量占该艇主机重量(110吨)的11%左右。这对解决潜艇高速、远距离航行有利。

**4. 针摆机输入与输出轴的同轴性** 可使潜艇主机与螺旋桨同轴,便于主推进装置的布置和安装。虽然这种同轴性会打破潜艇传统的主机布置方式,会带来新的问题,然而这种布置方式的改变,对提高潜艇性能有利无害。

## 二、国内外针摆机技术发展、生产使用情况及大功率 高转速针摆机国内制造可能性分析

### 1. 国外情况

国外十分重视针摆机的发展,它广泛应用于军用民用工业部门。技术上以日本住友重机械株式会社生产的“新型80系列”针摆机为世界最高水平。

西方国家早在六十年代开始就研究安静型潜艇。美国在1974年对“利普特科姆”核潜艇的动力装置某些部件采取了消声技术措施,建成了低噪音核潜艇(又称“安静型”核潜艇)。

大功率高转速针摆机用于潜艇试验已有实践先例。据资料介绍<sup>[1]</sup>,美国海军在1972年3月至次年6月,对大功率高转速针摆机传动研究获得成功。该试验研究的目的是,要找到用于蒸汽轮机和燃气轮机为主动力的主推进装置中,大功率高转速针摆机在速比 $1:10\sim 1:100$ ,输入转速 $500\sim 12\ 500\text{rpm}$ ,运行寿命为3万小时条件下,传递最大马力的设计准则。试验中的最大功率超过10万马力。该试验研究的结论是“从优化分析的结果可以得出结论,摆线针轮传动装置可以用于船舶汽轮机动力装置。它比现有的齿轮减速器能提供较高的单级速比,结构紧凑,重量轻,噪音小。”该装置1973年试验成功,而“利普特科姆”号核潜艇是1974年下水的,从时间上看,前者是后者的试验装置(有待进一步考证)。

此外,在近期又有一种外摆线齿轮箱,功率为 $N=48\ 000\text{HP}$ ,输入转速 $n=8000\text{rpm}$ ,速比 $1:400$ 大功率高转速针摆机作为船用动力装置的商业广告而出现。由此可见,在国外,大功率高转速针摆机在研制、实践方面均有极大进展,无论在功率、转速、速比上都达到了新水平。

### 2. 国内情况

我国针摆机生产始于六十年代。预测1986年的年产量在10万台左右,其中年产量在2万台以上的有天津减速机厂和上海减速机厂,还有20多家年产量在数千台以上。尽管我国各厂家生产针摆机功率范围较小( $N\leq 55\text{kW}$ ),但已有相当规模和能力。近几年来,随着生产的发展,国内不少用户要求订购功率 $N>100\text{kW}$ 的针摆机,但国内厂家

均不能生产,可见我国针摆机生产大大落后于世界先进水平。不少企业诸如宝钢、武钢和大庆等地都先后引进日本住友新80系列的针摆机。截至1984年不完全统计,从日本引进的针摆机有1750多台(价值人民币5000万元),近三年的累计数会更大。我国有关方面曾向日本提出引进上述系列的生产技术,但未能达成协议。现在,我国已有针摆机专门研究机构,有些高校也有这方面的研究课题和任务,这都是我们搞大功率高转速针摆机的有利条件。

鉴于我国目前针摆机功率较小,而用于潜艇上功率要求又很大,因此,首先研制生产大功率高转速针摆机的模拟设备就十分必要。据悉国内有关单位正在研制功率为100 kW的针摆机。

国内加工大功率高转速针摆机是有可能的。生产针摆机需要专门加工设备—摆线磨齿机。陕西秦川机床厂是摆线磨齿机生产专业厂,目前可生产的最大型号为“Y7600”,可加工摆线轮的最大直径 $\phi 1000\text{mm}$ ,而加工 $\phi 1800\text{mm}$ 的摆线磨齿机正在研制中,用于潜艇上的大功率高转速针摆机的关键零件摆线轮顶圆最大直径,经初步计算为 $\phi 1700\text{mm}$ ,这样用于针摆机的全部零件都有加工的可能。

转臂轴承受力大,历来是针摆机的关键技术。我国已有生产转臂轴承的专业厂—山西长治轴承厂。最近,又有报道低噪音轴承问世。据目前掌握的科学技术,对此关键项目若组织有关厂、所和高等院校联合攻关,也是不难解决的。

材料和热处理工艺的可能性亦存在。针摆机的主要零件摆线轮、针齿套、针齿销、销轴和销套等所用的材料都是轴承钢;输入和输出轴用优质碳素钢,这些材料供应可以解决。大摆轮的热处理是个难题,富拉尔基重型机器厂有大型热处理设备,这个问题也不难解决。至于热处理工艺,当然要做试验研究,也是可以解决的。

针摆机结构的改型设计问题。中小型针摆机通常用1~2个摆线轮,大功率高转速针摆机可采用4个摆线轮(国外的试验装置就是如此),其优点是减少摆线轮受力,使其结构紧凑。因此,结构的改型设计可以解决。

### 三、结 论

1. 从对我国针摆机生产、使用与实践分析看出,大功率高转速针摆机用于潜艇(包括核潜艇)的可行性是存在的。用于潜艇主推进装置的方向是正确的,符合中船总公司“七五”期间的规划精神,也符合不断开发新产品,应用新技术,以新技术装备各个工业部门的精神。

2. 以汽轮机和燃气轮机为主机的大型船舶动力装置(包括潜艇),其主机的功率在数千至数万马力的量级,转速一般在3000~9000rpm范围内,而推进系统的螺旋桨转速一般在几百转量级(大型船舶一般在200转左右),从而使中间传动装置的速比在1:10~1:30范围。这一速比范围,正是大功率高转速针摆机的比功率(单位重量的马力)最佳区域,从而使其优点得以充分发挥。

3. 大功率针摆机不但在船舶动力装置传动系统中有广泛发展前景,而且在交通和能源领域也有重大开发价值。目前我国铁路交通大量用的蒸汽机将被高速的内燃机和燃

气轮机或电力机车所代替。在机车中也同样需要占有空间小,设计紧凑的大功率针摆机。在能源领域中,火力发电和核能发电占有相当比例,电站大功率高速蒸汽轮机、燃气轮机和发电机的最优参数的选择,不但取决于原动机和发电机本身,而且也与中间传动系统的传动比有关。大功率针摆机可以在1:6~1:30范围内提供合理的选择。此外针摆机在低速比范围内,可以作为增速器之用,对水力发电站的成套设计将可提供一个有利的传动装置,从而改进现有水电站中低速发电机体积庞大的缺点,可见,大功率高转速针摆机的开发和生产,有广阔前景并有显著的社会经济效益。

### 参 考 文 献

- [1] AD报告<AD754822>
- [2] 王浣尘编 可行性研究和多目标决策 机械工业出版社 1986年11月
- [3] 王兰荣主编 技术经济学 哈尔滨工业大学出版社 1985年11月
- [4] 王子孟主编 实用技术经济 冶金工业出版社 1983年7月

### 编 者 按

[编者按] 科学技术现代化的一个重要内容是科学研究和设计手段的现代化。随着计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术的发展,研制产品的方法和手段正面临一场变革。近几年,在我国透平机械行业,正在开展CAD/CAM技术的应用研究工作,有些单位已取得成果,积累了经验。为了推动此项研究工作的蓬勃开展,本期刊登了两篇有关这方面内容的文章以期引起讨论,积思广益,为透平机械行业应用CAD/CAM技术寻求一条适合我国特点的最“优化”的途径。