

# 轴扭二分力传感器研究现状及趋势

李立建<sup>1,\*</sup>, 杨朋霖<sup>1</sup>, 付 翀<sup>2</sup>, 李 冰<sup>1</sup>, 唐守乾<sup>1</sup>

(1. 华北水利水电大学机械学院, 郑州 450045; 2. 河南省计量测试科学研究院, 郑州 450002)

**摘要:**轴扭二分力传感器能同时检测轴向力和扭矩分量信息,随着现代工程技术的进步以及对测量精度和动态响应能力要求的提高,传感器广泛应用于工业、国防科技和医疗等众多领域。介绍了基于电阻应变式、电容式、磁致伸缩效应等测量原理的轴扭二分力传感器,由于电阻应变式轴扭二分力传感器具有高精度、稳定性好、结构简单、抗电磁干扰能力强等优点,电阻应变式轴扭二分力传感器是应用最广泛且技术最为成熟的一类传感器。对组合式和整体式轴扭二分力传感器弹性体结构特点进行了总结,当前主要对轴扭二分力传感器弹性体结构进行研究与改进,目的是提高传感器的测量精度,减少维间耦合误差,以实现在实际应用中的精确测量;分析了轴扭二分力传感器在切削力检测、检测高强度螺栓连接副的扭矩系数、中医针灸手法定量分析等应用现状。最后结合轴扭二分力传感器的研究和应用现状,对轴扭二分力传感器的发展趋势进行了展望。

**关键词:**轴扭二分力传感器;二分力传感器;弹性体结构;轴向力;扭矩

**DOI:**10.48014/fcmet.20231123001

**引用格式:**李立建,杨朋霖,付翀,等. 轴扭二分力传感器研究现状及趋势[J]. 中国机械工程技术学报, 2023, 2(4): 23-29.

## 0 前言

轴扭二分力传感器是实时获取力学信息参数的重要元器件,广泛应用于工业、国防科技和医疗等领域<sup>[1]</sup>,例如用于切削力检测<sup>[2]</sup>、井底钻压扭矩参数的测量<sup>[3]</sup>和下肢康复检测<sup>[4]</sup>等。随着大数据和人工智能等信息技术的迅速发展,以及越来越多的领域都需要大量的数据收集和处理,传感器可以提供非常精确的力值数据,帮助实现对众多领域所需的精准力控制。同时,在一些大型设备和工程中,轴扭二分力传感器可以帮助预防安全事故的发生。

本文针对轴扭二分力传感器在测量原理、弹性体结构设计等方面研究现状进行了概述,并对轴扭二分力传感器的应用场景进行介绍,最后结合轴扭二分力传感器的研究现状,对轴扭二分力传感器的

未来发展趋势进行了展望。

## 1 轴扭二分力传感器测量原理

轴扭二分力传感器有电阻应变式、电容式、磁致伸缩效应等多种测量类型,其中基于电阻应变式的测量原理是发展最早、技术最成熟且目前应用最广泛的一种<sup>[5]</sup>。

### 1.1 电阻应变式

电阻应变式轴扭二分力传感器采用电阻应变效应来测量外力/力矩,其基本原理是:当外力/力矩作用在弹性体上时,电阻应变片阻值发生变化,采用惠斯通电桥将电阻信号转化为电压信号,输出的电量大小反映出外力/力矩的大小。成都信息工程大学伍瑾菲等<sup>[6]</sup>提出了一种基于电阻应变式原理

\* 通讯作者 Corresponding author: 李立建, [ljianzhu@126.com](mailto:ljianzhu@126.com)

收稿日期: 2023-11-23; 录用日期: 2023-12-01; 发表日期: 2023-12-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(52005181); 河南省高等学校重点科研项目计划支持(24A460016)

的钻头压力扭矩分离传感器,可用于在动载荷作用下评估钻头的工作状态。哈尔滨工业大学王靖翔<sup>[7]</sup>设计出一种基于电阻应变式原理的光杆扭矩和轴向力集成传感器,可用于对螺杆泵工况进行实时监测。深圳市鑫精诚科技有限公司吴神剑等<sup>[8]</sup>设计了一种新型应变式压扭二维力传感器,上法兰盘与中间法兰盘之间布置四个沿纵向圆周布置的扭矩应变梁,采用 T 型梁和双连孔结构经过组合作为检测压力的应变梁结构。

## 1.2 电容式

电容式轴扭二分力传感器是一种利用电容效应来测量外力/力矩的传感器。其基本原理是:当外部施加的外力/力矩作用在弹性体上时,会引起电容的变化。通过测量电容的变化,就可以得到所受外力/力矩的大小<sup>[9]</sup>。广西大学陈琳等<sup>[4]</sup>设计了一种用于下肢康复检测肌肉痉挛的电容式力/扭矩传感器,采用双差动测量方式和内置交叉滚子轴承的解耦结构,该传感器的线性度为 1.04%,分辨率为 0.05 Nm,最大测量误差约为 2.07%。航天南洋(浙江)科技有限公司吴志文等<sup>[10]</sup>设计了一种电容式二维力传感器,如图 1 所示,可用于轴向力、扭矩的检测。

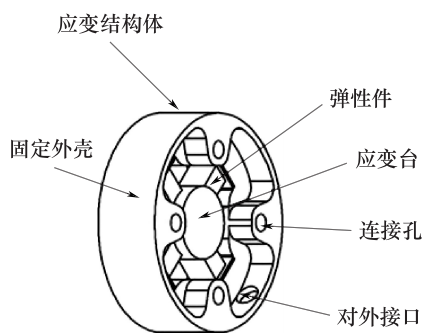


图 1 电容式二维力传感器<sup>[10]</sup>

Fig. 1 Capacitive two-dimensional force sensor<sup>[10]</sup>

## 1.3 磁致伸缩效应

磁致伸缩轴扭二分力传感器是一种利用磁致伸缩效应来测量力/力矩,其基本原理是:当外部施加的力/力矩作用在磁致伸缩材料上时,会产生一种微小的磁感应强度变化,从而可以测量出力/力矩的大小。东北电力大学朱建华<sup>[11]</sup>基于磁致伸缩

效应设计出二维力传感器的弹性体结构,如图 2 所示,用于轴扭二分力信息的检测与传输,实验表明传感器综合静态特性良好。伊朗学者 Mohammad Reza Karafi 等<sup>[12]</sup>基于磁致伸缩效应设计出用于测量扭矩和轴向力的混合传感器,轴向力和扭矩测量范围分别为 10kN 和 20Nm,该结构具有良好的综合性能。

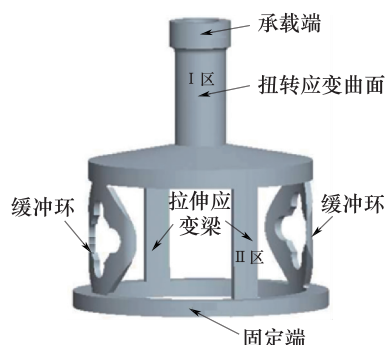


图 2 弹性体结构<sup>[11]</sup>

Fig. 2 Elastic structure<sup>[11]</sup>

电阻应变式轴扭二分力传感器与电容式、磁致伸缩效应传感器相比,电阻应变式轴扭二分力传感器的制造成本较低;与电容轴扭二分力传感器相比,电阻应变式传感器对电磁场的影响不敏感,因此在存在强磁场的环境中仍然可以正常工作。电容式轴扭二分力传感器与电阻应变式轴扭二分力传感器相比,电容式传感器的电容值一般不随温度显著变化,这使得它们在需要长期稳定性的应用中表现出色。磁致伸缩效应轴扭二分力传感器是通过磁场和材料的相互作用来测量力,不需要与被测物体直接接触,而电阻应变式轴扭二分力传感器通常需要与被测物体紧密接触,这可能导致磨损、机械干扰。磁致伸缩效应力传感器不依赖于电信号的变化,因此对外部电磁场的干扰具有更好的抵抗能力,而电容式传感器可能会受到周围环境中的寄生电容的影响,导致精度降低。

## 2 轴扭二分力传感器弹性体设计

轴扭二分力传感器的核心单元是弹性体设计,弹性体结构有组合式和整体式两种,其结构设计的好坏直接关系着传感器的灵敏度、动态性能、维间耦合、测量精度等关键性能参数<sup>[13]</sup>,所以研究人员

对传感器的弹性体设计进行了大量研究。

## 2.1 组合式结构设计

组合式传感器弹性体结构是指由多个独立的弹性体元件组成的结构,每个弹性体元件可以独立地感应到力值信息。组合式弹性体采用分开加工再组装的方式来完成,由于它的弹性体部分是可以拆卸的,所以零部件的加工更具有灵活性,并且还能够产生更多样的结构形式。南京航空航天大学沈辉等<sup>[14]</sup>设计了组合式二维力/扭矩传感器,一板两杆式结构用于测量扭矩,双连孔结构用于测量轴向力,能测量量程为 2Nm 的扭矩和 200N 的法向力,分辨力分别为 0.002Nm 和 0.2N。可应用于测试超声电机在工作时定子、转子摩擦力/力矩。上海尚测科技有限公司朱成平等<sup>[15]</sup>设计了一种组合式力/扭矩传感器,如图 3 所示,这种组合式力/扭矩传感器设计简洁,易于使用,并且可以根据不同的应用环境有效转化为压力传感器、扭矩传感器或压扭二维力传感器以满足各种需求。

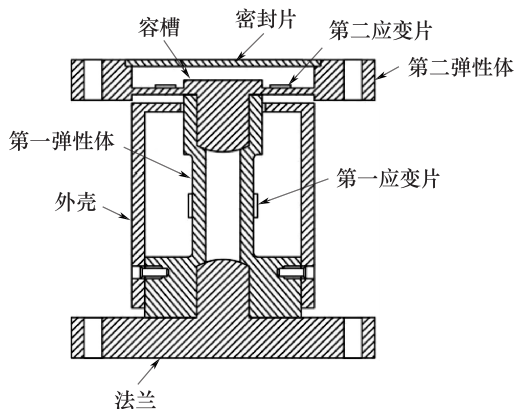


图 3 组合式力传感器<sup>[15]</sup>

Fig. 3 Combined force sensor<sup>[15]</sup>

## 2.2 整体式结构设计

整体式弹性体结构是由整块材料经去除材料加工而成的,该类弹性体具有综合性能高、无需装配及无摩擦间隙等优点<sup>[16]</sup>。蚌埠学院罗少轩等<sup>[17]</sup>设计了用于高速旋转设备的磁耦合旋转复合力传感器,如图 4 所示,在扭转应变区安装应变片,形成惠斯通电桥用于扭矩测量;在拉应变区安装应变片,形成惠斯通电桥用于拉力测量。该传感器能够

准确检测设备高速旋转时末端执行器的扭转和拉力,传感器综合测量精度 $\leq 0.5\%F.S$ 。重庆大学唐亮等<sup>[18]</sup>研制了一种高拉扭载荷比复合式传感器,如图 5 所示,该传感器具有拉扭耦合小、重复性好等优点。中航电测仪器股份有限公司石荣武等<sup>[19]</sup>研制出一种用于纵横向操纵力测量的轴扭二分力传感器,经过测试,直线度为  $0.29\%F.S$ ,交叉干扰为  $1.92\%F.S$ ,准确度为  $1.92\%F.S$ 。表明该传感器能够测量驾驶员操纵力,以便指导驾驶员调节纵横向操纵力。

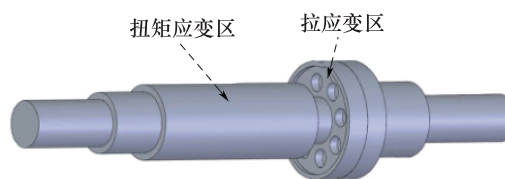


图 4 旋转轴弹性体<sup>[17]</sup>

Fig. 4 Rotating axis elastomer<sup>[17]</sup>



图 5 高拉扭比复合式传感器<sup>[18]</sup>

Fig. 5 High tension-torsion ratio composite sensor<sup>[18]</sup>

从上述文献分析可得出,学者对轴扭二分力传感器弹性体结构进行研究与改进,目的是提高传感器的测量精度,减少维间耦合误差,以实现在实际应用中的精确测量。

## 3 轴扭二分力传感器场景应用

轴扭二分力传感器不仅能够应用在切削力检测、检测高强度螺栓连接副的扭矩系数等工业环境下的操作中,还能够应用到中医针灸手法定量分析等特殊环境下的精细化检测上。

### 3.1 切削力检测

切削力检测是指通过对切削过程中的切削力



进行测量,以获得有关切削状态的信息,从而评估切削效果和效率的过程。切削力的测量有助于更好地理解切削过程,并据此调整切削参数,从而提高切削质量和精度,降低生产成本。西安交通大学秦亚飞等<sup>[2]</sup>基于电阻应变式原理研制了一种用于监测铣削过程的新型测力计,测力计结构如图 6(a)所示,可以测量轴向和扭转方向的切削力,该测力计独特的设计为一个灯笼形状的感应元件,其表面应变与轴向力和扭矩成正比相关,标定结果表明,轴向力和扭矩的灵敏度约为  $3.87 \times 10^{-2}$  和  $4.40 \text{ mV/Nm}$ ,交叉灵敏度误差分别低于 1.90 和 2.36%。东北电力大学张文强<sup>[20]</sup>研制出一种基于磁致伸缩逆效应的新型主轴式机械自解耦力/扭矩传感器,传感器整体结构如图 6(b)所示,轴向力和扭矩的量程为 300N 和 4.5Nm,灵敏度分别为 0.0021mV/N 和 0.045 mV/Nm 最大交叉干扰为 0.44%,具有很好的解耦性能。该传感器可以安装在机床主轴上,并通过机械结构自解耦的分离方式和无线无源检测方式来检测切削力信息。

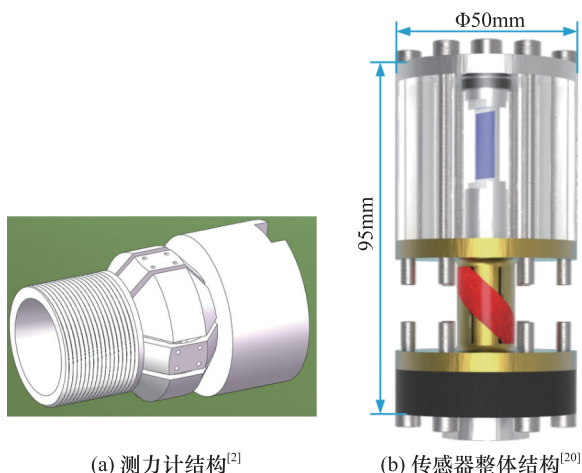
(a) 测力计结构<sup>[2]</sup>(b) 传感器整体结构<sup>[20]</sup>

图 6 传感器在切削力检测上的应用

Fig. 6 Application of sensor in cutting force detection

### 3.2 检测高强度螺栓连接副的扭矩系数

高强度螺栓连接副的扭矩系数是指当拧紧螺母时,使螺栓产生一个单位预紧力所需要的扭矩,是确定螺栓预紧力的关键因素之一。若预紧力过高,高强度螺栓可能会出现断裂的风险;反之,若预紧力过低,高强度螺栓在进行连接时强度将会降低。福建省计量科学研究院王秀荣<sup>[21]</sup>提出了一种

基于电阻应变式原理的轴扭二维力传感器,如图 7(a)所示,传感器弹性体由圆柱式和十字梁两种结构组合而成,其中圆柱式部分负责测量轴向力,而十字梁结构部分则用于测定扭矩,所设计传感器最大轴向力值为 500kN,最大扭矩为 2000Nm。通过进行测试,结果表明在进行力值测量和扭矩测量时,相互耦合影响较小。福建肯特计量科技有限公司李海根<sup>[22,23]</sup>提出了一种可同时检测轴向力和扭矩的传感器结构,如图 7(b)所示,力值测量范围为 50kN 至 500kN 之间,而扭矩测试范围则为 100Nm 至 2kNm,实验结果表明传感器测量重复性较好。

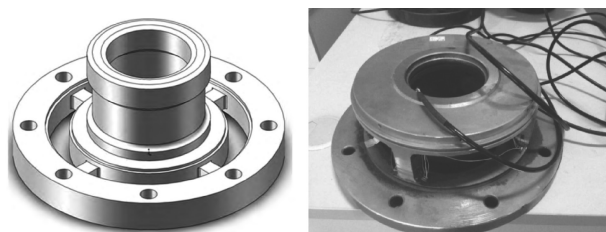
(a) 力、扭矩传感器弹性体<sup>[21]</sup>(b) 双分量力传感器<sup>[22]</sup>

图 7 传感器在检测高强度螺栓连接副扭矩系数上的应用

Fig. 7 Application of sensors in detecting torque coefficient of high-strength bolt joints

### 3.3 中医针灸手法定量分析

中医针灸手法量化分析是指将传统中医针灸手法转化为科学化的定量参数,并进行系统性的分析和研究,但进行量化研究的前提则是针刺力信息的采集。复旦大学丁光宏等<sup>[24,25]</sup>研制了一种检测探针,如图 8(a)所示,利用应变片和压电陶瓷分别实现扭转力矩和拉压力的测量,结合相应的软硬件系统实现针刺手法扭转力矩和拉压力实时检测。西北工业大学李庆华等<sup>[26]</sup>研制了一种医用传感针,在两组等截面悬臂梁上粘贴应变片分别测量提插力和捻转扭矩,扭矩测量范围为  $\pm 4.8 \times 10^{-2} \text{ Nm}$ ,拉压力测量范围为  $\pm 1.2 \text{ N}$ ,扭矩和压力测量精度分别为  $4.0 \times 10^{-6} \text{ Nm}$ 、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ N}$ 。东南大学宋爱国等<sup>[1,27]</sup>设计出基于中空薄壁十字梁结构的应变式二维力传感器,弹性体结构如图 8(b)所示,设计了传感器的硬件系统和针刺力测量系统并完成了针刺手法实验,扭矩检测范围为  $\pm 3 \text{ Nm}$ ,拉压力检测范围为  $\pm 3 \text{ N}$ ,实现提插力和捻转力矩实时监测。

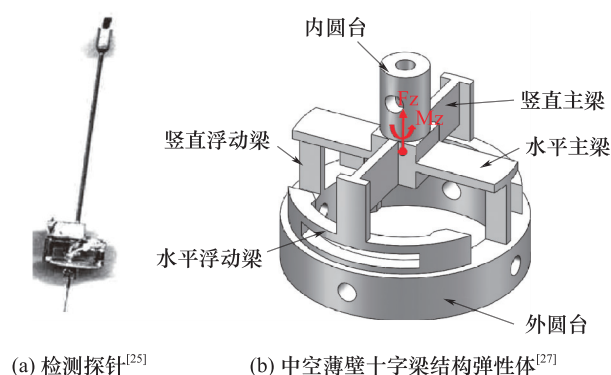


图 8 传感器在中医针灸手法上的应用

Fig. 8 Application of sensor in acupuncture manipulation of traditional Chinese medicine

## 4 轴扭二分力传感器发展趋势

### 4.1 小型化

随着应用领域的多样化,传感器安装空间会受到限制,所以需要配置小型化的传感器。在不牺牲精度的前提下实现更高的集成度和便携性,小型化的力/力矩传感器更容易集成到其他设备中,有利于提高整个系统的整体性能,而且小型化的传感器由于制造成本低,在大规模批量化生产和使用时更具经济效益。

### 4.2 智能化

传感器具有智能化,能够更有效地检测外部环境中的力/力矩信息,从而更好地帮助实现众多领域所需的精准力控制,传感器在实时获取大量数据后,通过智能分析来支持下一步的决策制定。传感器具备自我校准功能,即使应用于复杂的外部环境如高真空度、高低温交错等,也能维持传感器高精度测量。

### 4.3 错误诊断

传感器进行错误诊断是为了确保测量结果的准确性,当发现传感器出现问题后,则将故障传感器输出信号剔除,以防止出现误报或漏报等问题。另外,通过诊断还可以及时发现潜在的问题,及时排除隐患,降低设备损坏的风险。通过进行传感器错误诊断,减少设备停机时间和维修工作量,因此

可以提高生产效率和生产力。

## 5 结束语

本文介绍了基于电阻应变式、电容式、磁致伸缩效应等测量原理的轴扭二分力传感器,目前电阻应变式轴扭二分力传感器是应用最广泛且技术最为成熟的一类传感器。对轴扭二分力传感器组合式和整体式弹性体结构特点进行了总结,介绍了轴扭二分力传感器应用在切削力检测、检测高强度螺栓连接副的扭矩系数等工业环境,还能够应用到中医针灸手法进行定量分析,对研制用于特殊环境下的轴扭二分力传感器具有重要的参考意义。最后结合轴扭二分力传感器的应用现状,对轴扭二分力传感器的发展趋势进行了展望。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

## 参考文献(References)

- [1] XU J J, SONG A G. A miniature multiaxis force/torque sensor for acupuncture[J]. IEEE Sensors Journal, 2023, 23(7): 6660-6671.  
<https://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2023.3248640>
- [2] Qin Y F, Zhao Y L, Li Y X, et al. A novel dynamometer for monitoring milling process [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017, 92(3): 2535-2543.  
<https://dx.doi.org/10.1007/s00170-017-0292-3>
- [3] 孙召红, 房军, 盛利民, 等. 井底钻压扭矩传感器设计与分析[J]. 石油矿场机械, 2010, 39(04): 65-68.  
<https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-3482.2010.04.015>
- [4] Chen L, Yang S C, Zhang X T, et al. Development of a Capacitive Force/Torque Sensor for Lower Limb Rehabilitation Robots for Spasm Detection[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2023 72: 7506312.  
<https://dx.doi.org/10.1109/TIM.2023.3309370>
- [5] 孙永军. 空间机械臂六分力传感器及其在线标定的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.  
<https://dx.doi.org/CNKI:CDMD:1.1016.739472>
- [6] WU J F, LI G X, QIN D X. Preliminary Design of Pressure Torque Separation Sensor for Drilling Bit [J]. Shanghai Jiaotong Univ. (Sci.), 2016, 21(5): 629-634.  
<https://dx.doi.org/10.1007/s12204-016-1774-4>

- [7] 王靖翔. 采油螺杆泵光杆扭矩和轴向力集成传感器的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.  
<https://dx.doi.org/10.7666/d.D261936>
- [8] 吴神剑, 孙建龙, 吴美贞. 一种新型应变式压扭二维力传感器: CN201921617727.9[P]. 2020-04-28.
- [9] 钟晓玲, 张晓霞. 面向机器人的多分力传感器综述[J]. 传感器与微系统, 2015, 34(5): 1-4.  
[https://dx.doi.org/10.13873/J.1000-9787\(2015\)05-0001-04](https://dx.doi.org/10.13873/J.1000-9787(2015)05-0001-04)
- [10] 吴志文, 嵇治刚, 张冬, 等. 一种电容式二维力传感器: CN202111639958.1[P]. 2022-04-12.
- [11] 朱建华. 基于磁致伸缩效应的二维无线无源力传感器研制[D]. 吉林: 东北电力大学, 2019.
- [12] Karafi, Mohammad, Reza, et al. Introduction of a hybrid sensor to measure the torque and axial force using a magnetostrictive hollow rod[J]. Sensors and Actuators, A, Physical, 2018, 276: 91-102.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2018.03.033>
- [13] 曹会彬, 葛运建, 孙玉香, 等. 六维力/力矩传感器研究发展综述[J]. 测控技术, 2020, 39(5): 15-20+58.  
<https://dx.doi.org/10.19708/j.ckjs.2020.03.210>
- [14] 沈辉, 吉爱红, 颜化冰, 等. 一种二维力/扭矩传感器的设计[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(1): 63-65.  
<https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1000-9787.2006.01.023>
- [15] 朱成平, 易宁, 吉淳. 一种组合式力传感器: 202222397982[P]. 2022-09-09.
- [16] 李立建. 柔顺并联多维力传感器机理建模与应变解析研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.  
<https://dx.doi.org/10.26944/d.cnki.gbfju.2020.000247>
- [17] Luo S X, Qiao A M, Tang Q G. A Magnetic Coupled Rotary Composite Force Sensor [J]. IEEE Sensors Journal, 2020, 20(2): 745-751.  
<https://dx.doi.org/10.1109/jsen.2019.2944642>
- [18] 唐亮, 杨昌祺, 龙血松, 等. 高拉扭比的复合式传感器研究[J]. 传感技术学报, 2011, 24(04): 508-512.  
<https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1004-1699.2011.04.008>
- [19] 石荣武, 白新玉, 王晓东, 等. 一种二维测力传感器的设计[J]. 衡器, 2020, 49(06): 39-47.  
<https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1003-5729.2020.06.015>
- [20] 张文强. 主轴式机械自解耦力/扭矩传感器研制及实验研究[D]. 吉林: 东北电力大学, 2023.  
<https://dx.doi.org/10.27008/d.cnki.gdbdc.2023.000276>
- [21] 王秀荣. 一种应变式双分量(力, 扭矩)传感器的研制[J]. 质量技术监督研究, 2015(3): 27-31+60.  
<https://dx.doi.org/10.15902/j.cnki.zljsdyj.2015.03.008>
- [22] 李海根. 力, 扭矩复合式双分量传感器实验研究[J]. 质量与市场, 2021(04): 141-143.
- [23] 李海根. 基于有限元模拟的双分量传感器设计研究[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(30): 80-83.  
<https://dx.doi.org/10.19981/j.CN23-1581/G3.2021.30.019>
- [24] 丁光宏, 沈雪勇, 陶岳辉, 等. 针刺手法与针体受力参数的对比研究[J]. 中国生物医学工程学报, 2004, 23(4): 334-341.  
<https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.0258-8021.2004.04.009>
- [25] 丁光宏, 沈雪勇, 戴建华, 等. 中医针刺过程中针体受力的动态监测系统研制[J]. 生物医学工程学杂志, 2003, 20(1): 121-124.  
<https://dx.doi.org/10.3321/j.issn:1001-5515.2003.01.033>
- [26] 李庆华, 李付国, 艾炳蔚. 中医针刺手法用传感针的研制[J]. 传感技术学报, 2006, 19(2): 285-288.  
<https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1004-1699.2006.02.004>
- [27] 杨述焱. 小型医用多维力传感器设计[D]. 南京: 东南大学, 2022.  
<https://dx.doi.org/10.27014/d.cnki.gdnau.2022.003415>

## Research Status and Trend of Axis-torsion Two-Component Force Sensor

LI Lijian<sup>1,\*</sup>, YANG Penglin<sup>1</sup>, FU Chong<sup>2</sup>,  
LI Bing<sup>1</sup>, TANG Shouqian<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China; 2. Henan Institute of Metrology and Testing, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Axis-torsion two-component force sensor can simultaneously detect axial force and torque component information. With the progress of modern engineering technology and the improvement of the requirements for measurement accuracy and dynamic response ability, the sensor is widely used in many fields such as industry, national defense science and technology, and medical treatment. The axis-torsion two-component force sensor based on the measurement principles of resistance strain type, capacitance type and magnetostrictive effect is introduced. Because the resistance strain type axis-torsion two-component force sensor has a high degree of accuracy, good stability, simple structure and strong anti-electromagnetic interference ability, the resistance strain type axis-torsion two-component force sensor is the most widely used and the most technologically mature class of sensor. The structural characteristics of the elastic body of the combined and integral axis-torsion two-component force sensor are summarized. At present, the elastic body structure of the axis-torsion two-component force sensor is mainly studied and improved. The purpose is to improve the sensor's measurement accuracy and reduce the inter-dimensional coupling error, so as to achieve accurate measurement in practical applications. The application status of the axis-torsion two-component force sensor in the cutting force detection, torque coefficient detection of high-strength bolted joints, and quantitative analysis of traditional Chinese medicine acupuncture techniques were analyzed. Finally, combined with the research and application status of the axis-torsion two-component force sensor, the development trend of the axis-torsion two-component force sensor is prospected.

**Keywords:** Axis-torsion two-component force sensor; two-component force sensor; elastic structure; axial force; torque

**DOI:** 10.48014/fcmet.20231123001

**Citation:** LI Lijian, YANG Penglin, FU Chong, et al. Research status and trend of axis-torsion two-component force sensor[J]. Frontiers of Chinese Mechanical Engineering and Technology, 2023, 2(4): 23-29.

Copyright © 2023 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

