

# 探索人形机器人的奥秘

丁汉 陶波

人形机器人企业,部分技术成果已接近国际领先水平。

## 对人体的高度复刻需要前沿科学、尖端技术深度融合

人形机器人的结构设计是对奇妙人体的重塑,不仅需要多学科交叉融合,更是尖端科技的集大成者。其设计原理主要包含以下几个方面。

仿生学与机械工程的有机融合。设计人形机器人,需要运用仿生学原理,通过模仿人类的身体结构和运动规律,为机器人创造类似骨骼、关节、肌肉和皮肤系统的机械结构。这不仅使其能够像人类一样自然地运动,还具备灵活性和适应性。机械工程理论的新发现,则保证了人形机器人结构的稳固。精确选择材料、巧妙设计结构,能够让机器人保持稳定高效的运行状态,从而胜任复杂任务。

传感技术与控制理论的集成突破。传感器扮演着人类感知器官的角色,能够像眼睛、耳朵和皮肤一样感知环境信息。视觉传感器通过摄像头捕捉环境图像,让人形机器人能够识别物体、区分颜色和形状;声音传感器接收并解析语音指令,使人形机器人能够听懂和回应人类的话语;力觉传感器仿效人体的力觉感受,使人形机器人能够精确感知与外界交互过程中的接触力;触觉传感器模仿人类触觉,帮助人形机器人精准感知物体的形状和硬度。控制系统是人形机器人的大脑,借助计算单元和智能算法,处理获取的数据并作出决策。在这个过程中,多种智能算法的应用让机器人越来越接近人类。比如,强化学习方法通过试错学习,调整行为策略;深度学习利用深度神经网络,处理视觉、语音识别等任务;自然语言处理方法使人形机器人能够理解人类语言并进行交互。人形机器人集成多种传感器与智能控制算法,突破了传统感知方法单一的局限性。

驱动方式与执行动作的精准协调。人形机器人的驱动器负责将能源转换为机械运动,根据能量转换方式的不同,驱动方式可分为电机、液压、气动等,如高效电动马达、精密液压系统、气动人工肌肉等。执行器则负责具体操作,可完成抓取、搬运或其他高精度动作。驱动方式与执行动作的精准协调就像是力量与动作的完美映射,通过驱动方式的选取与执行动作的调控,人形机器人甚至能复现人类的微笑、皱眉、惊讶等表情,从而更加亲切自然地与人类互动。

## 人形机器人面临四大技术挑战

虽然人形机器人的科学原理不断清晰明朗,但当前还有一些技术挑战需要戮力攻克。

健壮灵活的四肢。人形机器人需要具备强有力且活动范围大的四肢,以做出多样化动作。由于电驱动成本低、灵活度高、动力强劲,大部分人形机器人都采用基于电机、驱动器和电池的电动关节形式。当前,电池、印刷电路板等产业链较为完善,为实现电动关节的低成本制造提供便利,也为人的大规模生产奠定基础。然而,要实现更强劲力、更轻量化和更高控制精度,需要对关节进行电、磁、热、机械等多维度的物理优化设计。

敏锐强大的神经。人形机器人神经系统的主要任务是感知外部环境并对数据进行处理,以支持智能决策的制定。实现高效感知的关键在于先进传感器技术和强大数据处理能力。有的科技企业已将无人驾驶汽车的传感器系统应用于机器人研发,使人形机器人能够实时感知周围环境并精确处理数据。比如,激光雷达系统精确测量周围环境,有效提升人形机器人感知能力;深度相机捕捉的高精度三维图像,提供详细环境信息;柔性薄膜传感器像人形机器人的“皮肤”,感知压力和触碰。随着传感器数量增加,提升传感器数据的实时性和准确性,有效整合处理数据,成为新的研究方向。

流畅协调的小脑。类似于人类小脑,人形机器人需要依赖先进的运动学和动力学控制算法,实现复杂动作的协调控制和流畅完成。这需要精确的运动学建模和实时的运动规划控制。我国在这一领域取得进展,特别是在运动控制算法和传感器融合方面卓有成效。然而,与传统的工业机械臂和柔性机械臂相比,由于人形机器人自由度高、动作模型复杂,其高精度运动控制和实时响应速度仍有提升空间。

博学智能的大脑。人形机器人真正的“灵魂”在于智能行为和决策能力,这决定了其应用的广度和深度。要实现高度智能化的行为,人形机器人需要具备强大的计算能力和先进的人工智能算法。在人工智能领域,核心算法和系统集成是我们的努力方向。要不断增强人工智能的自主学习能力,提升系统集成度,开发更为智能和自主的决策系统,以实现人形机器人的真正智能化。

## 人形机器人发展重要时期即将来临

人形机器人作为人工智能、高端制造、新材料等尖端技术的集大成者,其应用前景无比广阔。未来3—5年,将是人形机器人发展的重要时期。在此期间,我们有见证关键技术突破,如高性能核心零部件的研制、人工智能算法的深度应用等,为产业化发展奠定坚实基础。同时,随着技术日益成熟,成本逐渐降低,人形机器人有望突破成本瓶颈,实现规模化量产,从而应用于更广泛领域。

让我们设想一组未来场景:在工厂中,人形机器人与技术工人并肩劳动、互为补充,极大提升生产效率;在家庭中,人形机器人化身贴心的管家,照顾老人、陪伴孩子,甚至可以处理繁琐的家务;在医疗领域,人形机器人可执行高精度的手术、拯救生命;在应急处置中,它们勇往直前、深入险境、开展救援。此外,在国家重大工程、科研探索等诸多领域,人形机器人也将发挥重要作用。

人形机器人是机器人技术的制高点,也是科技竞争的新高地、未来产业的新赛道、经济发展的新动能,将深刻影响人类生产生活方式和全球产业发展。当前,中国人形机器人产业正面临前所未有的发展机遇,政府大力支持,科研院校聚焦技术攻关,科技企业百舸争流,共同建立完善产业生态。置身其中,我们深感科技的新新力量,更见证了人类智慧的璀璨光芒。相信在多方共同努力下,人形机器人将帮助人类迈向更加智能、便捷、高效的生活。

(作者丁汉为中国科学院院士、华中科技大学教授,陶波为华中科技大学教授)

版式设计:张芳曼

### 推荐读物

《仿人机器人理论与技术》:陈基、付成龙著;清华大学出版社出版。

《人与机器人:创造机器人的终极目标是什么》:本尼·莫尔斯等著,严笑译;贵州人民出版社出版。

《机器人革命:即将到来的机器人时代》:约瑟夫·巴科恩、大卫·汉森著,潘俊译;机械工业出版社出版。

虽然阅读浅深各异、目的有别,但图书始终是人类精神的浓缩,每一次阅读,都会迈向更好的自己。书香弥漫的全民阅读,更是增强文化自信、提升文化软实力的重要途径。

# 让馥郁书香萦绕大地

徐剑

古人发明纸张制作书籍,然而它需直面蠹鱼、风化与时间。古人又发现了芸草,用其长久而清冽的香气为书籍抵抗蛀蚀与腐烂。由纸香、墨香、芸香共同组成的书香,贯穿了中国人跨越千年的阅读历程。近年来,全民阅读活动火热开展,在中华大地上滋养出一批“有书香的的地方”。为记录各地书香,作家聂震宁遍行天南海北,于“高高山顶立”,于“深深海底行”,在1年多的实地考察、悉心寻访基础上,捧出这部散发着书香与泥土芳香的《有书香的的地方:中国全民阅读纪实》(以下简称《有书香的的地方》)。

阅读牵系着知识的再生产,无论是人类文化的传承,还是精神财富的积累,都离不开阅读。自古先民仰观象于天、俯则观法于地起,体察万象、览阅群籍就成为中华文化的重要传统。全民阅读既是对这一脉络的绵延承续,又彰显出鲜明的时代特色。如今,全民阅读吸纳海量图书,泽被亿万读者,以一本书的容量非非开山见山直奔全民阅读相关内容,而是首先探本穷源考察“书香”的本身,揭示其由来有自。接着放眼寰宇,娓娓讲述世界性的阅读危机与各国应对方法,之后落脚于营造阅读氛围的中国方案和全民阅读。在书写过程中,无论是得来艰辛的数据,还是独出机杼的重要结论,作者均以一种流畅自然的文学方式表达出来,读来生动。视野的宏阔,叙述的从容,给人一种润物无声之感,文字风格与全民阅读的书香意境有机统一,形象诠释了全民阅读的“静水流深”。

本书视野开阔,同时尽量避免抽象化与概念化。作者既是作家,也是出版工作者,他与书结缘半生、互相成就,对于书籍和读者一直持有热切的眷念之心。于是,《有书香的的地方》关注书籍,更关注在全民阅读活动中涌现出的众多推广人、阅读者和因书而改变命运的人。在对全民阅读进行简练的整体俯览后,作品并未驻足于鸟瞰位置,而是和缓地降落于坚实大地,以北京、深圳、江阴3座城市为起点,引领读者逶迤前行,探访各地书香特色。

从城市书房到农家书屋,从偏远地区阅读到青少年阅读,从出版业务到媒体联盟推广,《有书香的的地方》以事为线、以人为珠。跟随作者行走的脚步,读者与众多阅读推广人、爱好者陆续相遇,逐渐熟稔,“有书香的的地方”也从一个略觉遥远的概念,渐渐显现为山东济南、西藏林芝等地的生动实践,显现为胡洪侠、季丰、李翠利等众多形象鲜活的爱书之人。为了避免叙述浅尝辄止,作者的“书香中国万里行”深入全民阅读具体场景,对以往较少受到关注的乡村阅读、残障阅读等也格外留心,深入考察、悉心记录,将全民阅读的普及性体现得淋漓尽致。

正如书中所说,有人阅读是为了工作技能的学习,有人阅读是为了精神世界的充实,有人阅读是为了生命意义的开掘。虽然阅读浅深各异、目的有别,但图书始终是人类精神的浓缩,每一次阅读,都会迈向更好的自己。书香弥漫的全民阅读,更是增强文化自信、提升文化软实力的重要途径。文明传承不息,文化蒸蒸日上,全民阅读的推广也将持续深化,向广袤更深处漫溯,于书香馥郁里放歌。

(作者为中国报告文学学会会长)



《有书香的的地方:中国全民阅读纪实》:聂震宁著;安徽教育出版社



富、学识广博,讲故事也是好手,用简练的文字和近乎白描的技法,把复杂事件的前因后果、琐碎纸片的历史内涵、纠葛学史的来龙去脉讲得明明白白。与此同时,本书富有学术含量,想要真正读透并不容易。单是书中所举敦煌吐鲁番文献中的精华便多达500余件。每一件都是理解古代历史乃至近现代历史的重要文献,有着丰富的学术研究价值。书中涉及的学术研究领域也不只是敦煌学、吐鲁番学、于阗史,还包括中外关系史、唐史、宗教史、美术史等,很有阅读价值。

作者在书中不仅追忆过去40年的行脚,更站在新的起点上提出研究规划。其中既有专题研究、个人短期规划,也有需学界集体推进的工作。后者大致有三方面内容:已公布的文献需要重新整理,比如推进敦煌文献系统性保护整理出版工程,出版适应现代学术需要的《敦煌文献全集》等;未公布的文献需要推进馆藏单位公布;历史上丢失的文献和文物需要继续追寻。

学问如薪传,代代相传。120年间中国人前赴后继,满世界寻找敦煌,这是一段坎坷但又充满激情的岁月。道阻且长,行则将至。《满世界寻找敦煌》已画上句号,但“满世界寻找敦煌”仍在继续。借助此书,回首历史,展望未来,让人感慨,更催人奋进。

(作者为山东大学历史学院副教授)

# 跨越时空寻找敦煌

武绍卫



《满世界寻找敦煌》:荣新江著;中华书局出版。

砺。从最初撰写和发表学术文章,到勇闯欧陆、行旅英伦、东渡扶桑,几乎每至一处,作者都有巨大收获,这背后师友的帮助至关重要。投之以桃,报之以李。很多次出国寻访前,都会有师友托其代查事宜,他每次都慨然允诺。

将重要的材料交给最专业的人研究,是作者的学术信条。正是这种以学术为公器的品格,才使作者满世界寻找敦煌之路越走越宽,越走越快,越走越成功。

本书基于面向公众的讲座整理而成,这奠定了其通俗性和通识性的基调。作者经历丰

1900年6月22日,封藏近900年的藏经洞再次被开启,这是敦煌文献流散世界的开始,也是敦煌学成为世界学问的开始,更是我国学者满世界寻找敦煌的开始。荣新江的《满世界寻找敦煌》展现了近代以来敦煌文献的流散史,以及中国学人百余年间对敦煌的艰苦追寻,读来给人以启迪。

作者自大学阶段起便在学界前辈的培养下走上了以寻找敦煌、研究敦煌为志业的学术之路,数十年成绩斐然。但敦煌之于他,不仅是个人兴趣,更是时代赋予的使命。虽然上世纪五六十年代,敦煌文献主要收藏国陆续以缩微胶卷的方式向世界公布了收藏,但受限于馆藏机构的技术能力和整理研究能力,各国公布的都是部分而不是所有。如不亲自到收藏单位探查,根本不知道还有哪些珍贵文献未被公布。从这个角度来看,作者满世界寻找敦煌之路并不比前辈轻松。为节约时间,他经常整天坐在图书馆、博物馆中奋笔疾书,有时甚至在别人下班休息的时间,还在库房里查阅。艰苦的追寻,最终写就了《海外敦煌吐鲁番文献知见录》(G.6981—13624)等敦煌学研究者几乎人手必备的著作。

作者寻找敦煌的学术之旅并不孤独。书中提到的师友有150多位,这种师友情谊不只是人际关系上的礼节,更是学术追求上的砥

## 新书架



《生活中的情绪心理学:来自内心深处的福流》:彭凯平著;清华大学出版社出版。

本书通过解析生活中的常见案例,展示如何认知自我并保持积极情绪。



《养犬历险记》:丘克军著;花城出版社出版。

小说讲述小动物与小主人共同成长的励志故事,展现万物有灵、和谐共生的生态画卷。