

国机医疗

SINOMACH MEDICAL

资讯

INFORMATION

创刊号

良药报天下

今辰为人民

中国海洋航空集团有限公司所属上海海虹实业（集团）巢湖今辰药业有限公司（简称今辰药业）始建于1970年，原为军办企业，目前已发展成为集医药研发、生产与销售为一体的综合性现代化医药企业。

今辰药业为国家重点支持的高新技术企业，拥有省级企业技术中心和博士后科研工作站。公司为安徽省“专精特新”冠军企业、安徽省创新型企业、安徽省技术创新示范企业、安徽省医药行业经济效益与管理“双优”企业，安徽省两化融合示范企业、安徽省重合同守信用单位、安徽省“AAA”级标准化良好行为企业等，公司多次荣获“安徽省质量奖”、“安

徽省卓越绩效奖”，连续多年被评为“巢湖市工业十强企业”，“今辰”商标为中国驰名商标、安徽省“老字号”、安徽省医疗医药行业十大重点推广品牌、安徽制造业企业亩均效益领跑者。

展望今辰药业未来发展，公司将秉承“良药报天下，今辰为人民”的宗旨，恪守“诚信务实，互惠共赢”的经营原则，历练诚信，坚持“诚”文化精髓，创建企业诚信文化。以诚治企、以诚做药、以诚经营，矢志成为中国医药行业的优秀企业，为中国健康产业做出更大的贡献。

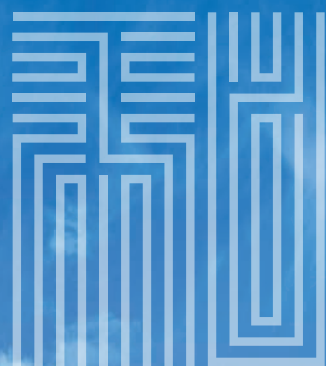


国机医疗资讯

锻造国机所长
服务国家所需

主办：中国机械工业集团有限公司科学技术协会
承办：中国海洋航空集团有限公司

2025创



合力同行
创新共赢

成为具有全球竞争力的世界一流企业



中国机械工业集团有限公司（简称国机集团）是中央直接管理的国有重要骨干企业，发源于第一机械工业部，由原机械工业部 70 多家科研设计院所、装备制造和工程贸易等企业重组整合发展而来。

国机集团拥有 12 万从业人员、11 家上市公司，在全球 100 多个国家和地区设有 350 多个驻外机构，业务覆盖面广、研发能力强、产业链优势突出，连续多年位居中国机械工业百强企业首位。

国机集团聚焦先进装备制造、产业基础研制与服务、工程承包与供应链三大主业，担当新型工业化建设主力军，努力锻造先进装备产业链安全的保障力量、机械工业的战略科技力量、国际产能合作和供应链融通的支撑力量。国机集团涉及医药医疗业务的二级公司共 12 家，全集团医药医疗业务具备中药、化学药品及医疗产品研发生产制造、医疗设备和耗材供应保障、医疗物资生产设备制造、生产线组装、医疗建筑工程咨询与设计、医疗建筑设计标准、医疗物资制造标准制定等医药医疗全产业链服务能力。

国机集团坚持“锻造国机所长，服务国家所需”，以“引领机械工业发展、推动人类社会进步”为使命，秉承“合力同行，创新共赢”的核心价值观，致力于成为世界一流的综合性机械工业集团。



中国机械工业集团有限公司



全面推进新型工业化，加快制造强国、健康中国建设，是以习近平同志为核心的党中央统筹“两个大局”，着眼全面建成社会主义现代化强国作出的重大战略部署。推动医疗装备产业高质量发展是全面推进新型工业化和建设制造强国的重要任务，是实施健康中国战略的重要支撑。习近平总书记指出，要加快关键核心技术攻关，突破技术装备瓶颈，实现高端医疗装备自主可控。2023 年 8 月，国务院常务会议审议通过《医疗装备产业高质量发展行动计划（2023-2025 年）》。习近平总书记重要指示，党中央、国务院决策部署，为医疗装备产业高质量发展，指明了前进方向、提供了根本遵循。

通过长期发展积累，国机集团在医疗产品研发生产、医疗装备和耗材供应保障、医疗建筑工程规划与设计等领域，形成了全产业链能力，为我国医疗装备产业发展作出了重要贡献。当前，健康中国、制造强国建设加快推进，人民群众对医疗装备高质量发展提出了更高要求。国机集团作为机械工业行业“国家队”，进一步挖掘内部资源优势，努力解决高端医疗器械、高端制药装备等领域“卡脖子”问题，既是贯彻落实习近平总书记重要指示精神和党中央、国务院决策部署的重要体现，也是“锻造国机所长，服务国家所需”、服务国家重大战略的务实行动。

《国机医疗资讯》创刊，是集团进一步谋划发展医疗装备产业的举措之一。希望《国机医疗资讯》为医疗健康领域的专家学者和广大科技工作者开展技术交流搭建平台。希望《国机医疗资讯》的编辑、作者团队，深刻领会推进医疗装备产业高质量发展的战略意义，始终牢记“国之大者”，践行使命责任，坚持站在创新前沿，紧跟医疗装备产业发展动态、技术突破、模式创新，传递权威、专业、实用的医疗信息，为推进集团高质量发展，为全面推进新型工业化，加快制造强国、健康中国建设，作出新的更大的贡献！

张曙命

2025 年 8 月 8 日

+

目录

CONTENTS

01

国机医疗巡礼

SINOMACH MEDICAL TOUR

02

榜样引航

GUIDING BY EXAMPLE

03

国机医疗动态

SINOMACH MEDICAL NEWS

04

产业聚焦

FOCUS ON INDUSTRY

04

释药技术破茧成蝶 匠人匠心筑梦前行

——今辰药业荣获安徽省科技进步一等奖的攻关之路

12

当工业基因遇上岐黄智慧

——天津工程机械研究院有限公司勇拓智能中医新赛道

14



如何发挥国机集团资源禀赋和比较优势推动医药工业高质量发展的几点思考

24

眼科医疗的发展与趋势

29

基于人体肌肉力分析的下肢外骨骼仿真分析设计

36

05

专家视野

EXPERT PERSPECTIVE

关于我国医疗高质量发展的深度思考与战略建议

42

基于 3D 打印的康复辅具智能制造平台研究

44

06

合力同行

WORK TOGETHER

国机集团与中国中医科学院联合研发中医药智能装备

47

中国海航与国机研究院开展医疗装备业务合作交流

48

中国海航与轴研所开展医养机器人业务合作交流

49

07

法律与合规

LAW AND COMPLIANCE

反商业贿赂：

国家市监总局颁布《医药企业防范商业贿赂风险合规指引》

50

医保基金监管：

医保骗保专项新规与行动深入推进

51

对企业的建议

52



主办单位
中国机械工业集团有限公司科学技术协会

承办单位
中国海洋航空集团有限公司

协办单位（排名不分先后）
国机集团产业投资有限公司
中国农业机械化科学研究院集团有限公司
国机集团科学技术研究院有限公司
机械工业规划研究院有限公司
苏美达股份有限公司
中国联合工程有限公司
合肥通用机械研究院有限公司
国机精工集团股份有限公司
中国电器科学研究院股份有限公司
国机智能科技有限公司
中国机械工业仪器仪表集团有限公司
机械工业第六设计研究院有限公司
中国中元国际工程有限公司

编辑委员会
主任：陈学东
副主任：王 博 李良寿 余小元
委员（按姓氏笔划排序）：
马敬春 王乾廷 纪学成 许海涛 孙 巍
李赐犁 杨永清 陈晓红 范 弋 赵建国
秦汉军 顾晓山 郭 晔 徐昭曦 章晓斌
蒋 蔚 薛吉林

编辑部
主编：余小元
执行主编：徐昭曦
编辑部成员（按姓氏笔划排序）：
王云峰 艾 婧 刘 岩 刘 曙 师 歌
许佳音 吕 超 李海燕 吴著群 杨 路
严 飞 郝胜伟 郭芳慧 龚志勇 蒋 烨
谢艳丽 曾维春 谭雅秋
责任编辑：吕 超
学术编辑：郭芳慧 师 歌 许佳音

编辑部地址
北京市丰台区南四环西路 128 号诺德中心 2 号楼 9 层
邮编：100070
电话：010-83921910 83921899
传真：010-83921898
邮箱：gjylzx@coagi.com.cn

内部资料，免费交流
文章及照片版权所有，未经允许不得翻印或转载！



国机集团产业投资有限公司

国机集团产业投资有限公司（简称国机产投）是国机集团的全资子公司和产投协同平台，2025 年 1 月 24 日揭牌，由国机资产管理有限公司、国机资本控股有限公司战略性改革重组而成，包括产业投资、产业金融和产业服务三大业务板块。

中国农业机械化科学研究院集团有限公司

中国农业机械化科学研究院集团有限公司（简称中国农机院），成立于 1956 年，前身为第一机械工业部农业机械化研究所和中国农业科学院农业机械化研究所，1962 年，在周恩来总理的关怀下，两家院所合并，更名为“中国农业机械化科学研究院”。1999 年由科研事业单位整体转制为中央直属科技型企业，2009 年重组进入国机集团，2021 年完成公司制改制。

中国农机院始终秉承“推动中国农业机械技术进步及产业升级”的使命，以“求实、求新、求变”的企业精神，立足农业、矢志科研，持续打造农业机械行业“战略策源中心、技术创新中心、数字赋能中心、产品孵化中心和国际交流中心”，为我国农业机械化事业发展作出重要贡献。中国农机院所属中机十院国际工程有限公司的业务领域包括医疗策划、可研报告、医院及医养类项目全过程设计总承包，业务特点主要有独特的医疗设计方法（止损法）、医疗设计与医疗工艺无缝衔接、数字化效率计算公式、独创的第三代医院模式（解放医疗造型）。中国农机院所属北京金轮坤天特种机械有限公司，在新型人工膝、髌关节假体的摩擦界面及假体手术器械的表面进行耐磨涂层和其他先进生物涂层的开发上都有成熟的研发产品。

中国海洋航空集团有限公司

中国海洋航空集团有限公司（简称中国海航）发源于人民海军，是经国务院批准，由原海军管理的 7 家局级单位及其所属企业共 68 户法人单位共同组建而成，现为中央直接管理的国有重点骨干企业——中国机械工业集团旗下唯一一家以医药医疗健康为核心主业的子集团。

中国海航坚持以医药医疗健康产业为主体、以特色领域制造与专业化投资运营为两翼的“一体两翼”战略布局，以建设国内一流医药医疗健康相关产业发展服务商为目标，持续锻造医药医疗特色制造及相关产业服务能力，成为服务健康中国战略的国机力量。

国机集团科学技术研究院有限公司

国机集团科学技术研究院有限公司（简称国机研究院），作为国机集团的中央研究院，与中医药科研“国家队”中国中医科学院合作，承担了国家中医药多学科交叉创新团队建设项目，汇聚并将培育一批中医药装备专业人才。

近年来，国机研究院发挥先进传感器与仪器仪表、机器视觉等领域的基础和优势，牵头承担国家中医药多学科交叉创新团队建设项目、集团重大科技专项“中医诊疗与中药材生产过程监测关键仪器设备开发”项目，参研国家重点研发计划“中医药现代化”重点专项“基于多维信息采集与智能处理技术的中医诊疗研究”青年科学家项目，开发了舌面诊采集、穿戴式柔性脉诊设备、中医智慧诊疗系统等创新产品，部分成果已实现应用。

机械工业规划研究院有限公司

机械工业规划研究院有限公司（简称机械规划院）连续 30 多年被评为国家甲级咨询单位，先后入选国家发展改革委、工业和信息化部委托投资咨询评估单位。聚焦机械工业高质量发展，打造国机集团和行业高端智库。业务涵盖国家专项规划、产业政策研究、投资项目评估评审、区域及企业战略咨询等，累计获省部级以上奖项 62 项。

机械规划院深度参与生物医药、医疗装备及科研设施咨询，代表性项目包括：产业规划：安徽省阜阳市生物医药产业集群建设方案；贵安新区高端装备制造业之高端医疗器械重点产业发展研究报告。重大科研设施：华中科技大学高端生物医学成像省部共建重大科技基础设施可研；四川大学转化医学国家重大科技基础设施项目可研；中国科学院大连化物所本草装置项目可研；农业农村部厌氧微生物系统科学与工程装置研究设施项目可研；中国科学院广州生物医药与健康研究院细胞谱系大科学设施项目可研；中国科学院广州生物医药与健康研究院“一带一路”智能化动物实验平台项目可研。医疗项目：晋江市肿瘤先进粒子治疗示范中心项目可研；华南理工大学 14T 超高场强磁共振仪项目建议书；中国科学院近代物理研究所基于加速器的医用同位素药物研发平台设计咨询；深圳赛智造科技有限公司放射性项目咨询。医药创新：湖北马应龙药业中药创新药、经典名方攻关项目咨询；天津大学合成生物前沿研究院小试中试平台项目可研；深圳市工信局新型生物药供应和 CT 探测器验收项目等。

苏美达股份有限公司

苏美达股份有限公司（简称苏美达）成立于 1978 年，是国机集团的重要成员企业。经过四十余年的发展，苏美达已成长为一家人在产业链拓展与供应链运营领域具有国际影响力的多元化、国际化企业集团。2016 年，苏美达（600710）成功整体上市，集团现拥有 13 家二级子公司、37 家海外成员企业、28 家实业工厂，员工超 1.6 万人，业务覆盖 160 多个国家和地区。2024 年实现营业收入 1171.7 亿元，进出口总额 129 亿美元，位列《财富》中国上市公司 500 强第 97 位，连续多年蝉联江苏省重点外贸集团进出口总额第一。“十四五”期间，苏美达始终坚持高质量发展，融入国家重大战略，聚焦供应链运营、大消费与先进制造、生态环保与清洁能源三大业务板块，重点培育孵化医疗健康和数字经济新兴业务，致力于打造数字化驱动的国际化产业链和供应链企业，建设国内国际双循环的标杆企业。

面向医疗健康领域，苏美达秉承“专业化发展、产业化协同、全球化布局”理念，充分发挥供应链整合优势，联合旗下多家业务公司，协同构建覆盖设备集成、贸易服务、供应链管理与医疗服饰的多元医疗产业布局，形成了具有国际竞争力的业务集群。

在高端医疗设备服务领域，苏美达依托国际技术贸易平台，聚焦医疗设备招标代理、代理进口与自主销售三大业务板块，为国内医疗机构、高校和科研平台提供涵盖设备选型、商务谈判、国际开证、通关报检等全流程供应链服务，助力高端医疗设备的引进与应用。苏美达已与飞利浦、西门子、迈瑞、联影等国际知名品牌建立合作，构建起以高端医疗设备为核心的服务体系，深度参与终端用户招投标与渠道建设。

在国际医疗设备工程与服务领域，苏美达紧抓“走出去”机遇，重点拓展拉美市场。以秘鲁市场为代表，集团旗下成套公司为 12 所医院与 1 所医科大学提供涵盖诊断、治疗、监护、生命支持与信息化等超 600 类设备的供货、安装与维保服务，业务涵盖医疗设备成套供应、医用实验室设备、专项系统安装及核医学设备销售，累计获得超 200 项医疗许可，代理品牌超过 17 个，已成为秘鲁市场知名的医疗设备服务商。凭借卓越的专业能力，苏美达荣获中国驻秘鲁使馆认可，获邀担任 2024 利马 APEC 峰会医疗保障牵头单位，负责医疗机构遴选及会期医疗对接，彰显中国医疗装备与服务的国际影响力。

在医疗健康供应链服务领域，苏美达深度响应“健康中国”战略，持续提升全国性供应链服务网络的韧性与安全性。通过旗下仪器设备公司，业务已覆盖全国 20 多个省市，累计合作医院超过 700 家，产品种类超 2000 种，与国内主流医疗品牌建立战略合作关系，业务模式成熟，供应链服务已成为推动医疗健康产业高效运行的重要力量。

在医疗纺织品与医疗服饰领域，苏美达充分发挥纺织产业优势，深度融合国际国内双循环发展格局。通过整合全球资源，与国内多家医院合作开发护士服，积极拓展美洲及其他海外市场，合作开发护士服、病号服等多种医用服饰，持续开拓细分赛道，探索多元化业务合作，助力医疗行业人性化服务与产品创新。

未来，苏美达将继续秉承全球化运营理念，强化产业协同，提升创新能力，携手产业链各方深度融入全球医疗产业生态，服务“健康中国”战略，为全球医疗健康事业贡献央企担当与中国力量。



中国联合工程有限公司

中国联合工程有限公司（简称中国联合）始建于 1953 年，是以原机械工业第二设计研究院为核心，联合机械工业第三设计研究院、机械工业第十一设计研究院等多家国家甲级勘察设计院单位组建的大型科技型工程公司，是隶属于中央大型企业集团中国机械工业集团有限公司的二级央企，总部设在杭州。公司连续多年稳居住建部近 3 万家勘察设计院单位百强榜前十，最高排名位列第 4 位。

公司深入贯彻“人才是第一资源”重要理念，集聚高层次人才发展优势，现有员工 7000 多人，孕育出 7 位中国工程院、中国科学院院士，8 位全国勘察设计大师，109 位享受国务院政府特殊津贴专家，国家一级注册工程技术人员 3199 人次，为公司一站式综合服务能力的集成提供了人才支撑。

公司牢牢遵循“创新是第一动力”重要指示，坚持走科技创新驱动发展之路。依托公司工程科学研究院，不断培育新质生产力发展沃土。已主编、参编国家、地方和行业标准、规范 230 余项，获得国家科技进步奖 28 项、国家级各类工程技术奖 100 多项、各类省部级奖 1000 多项。

公司紧紧围绕“增强核心功能、提高核心竞争力”发展要求，发挥全国首批工程设计综合甲级资质单位、全国首批工程总承包试点企业、全国首批全过程工程咨询试点企业的引领优势，依托在新型工业化、城镇化建设、绿色能源、乡村振兴等领域完成的近 30000 个工程项目，持续为推动城市现代化进程输出中联技术和中联产品。当前，公司业务已涵盖投资建设全领域和项目建设全环节，形成了顶层设计与落地实施相统一、运营先行与资源导入相协同、科研创新与先进技术相支撑的“策产投建营研”业务模式，提供以策划咨询为核心竞争力、贯穿工程建设全生命周期的城市建设“交钥匙”一体化服务。

迈上新征程，中国联合将始终以“践行国家战略，引领行业发展”为使命，赓续央企精神血脉，扛起责任使命担当，矢志成为现代化新型城市的规划者，行业规范标准的制定者，新型工业化、城市现代化、乡村振兴建设的引领者，中国标准“走出去”和“一带一路”倡议的践行者。



合肥通用机械研究院有限公司

合肥通用机械研究院有限公司（简称合肥通用院）1956 年成立于北京，1969 年搬迁至合肥，1999 年转制为科技型企业，是原机械部直属的多专业综合性国家一类科研院所。截止目前，拥有 17 家全资及控股子公司和 1 家托管公司，其中上市公司“国机通用”（股票代码：600444）1 家。全院占地 600 余亩，拥有各类大型高精尖设备 360 台余套。合肥通用院主要从事石化、燃气、冶金、电力、环保和国防军工等领域通用机械及化工设备的设计、开发、研制、检验检测、设备监理、工程承包、设备成套等工作，产品与技术服务覆盖压力容器与管道、流体机械、包装食品机械、石油装备等 12 个专业。

合肥通用院是国家创新型企业、国家高新技术企业、国家技术创新示范企业、国家企业技术中心，是我国压力容器、压缩机、容积泵、阀门、填料与静密封、机械密封等多个专业的行业技术归口单位，是国家压力容器与管道安全工程技术研究中心、高端压缩机及系统技术全国重点实验室、国家压力容器与管道安全国际联合研究中心、工业产品质量控制与评价实验室等国家级研发平台的依托单位，是“国家极端环境重大承压设备设计制造与维护技术创新战略联盟”的理事长单位，是国家重大装备关键基础零部件创新联合体与原创技术策源地的牵头单位；是科技部认定的科技服务业行业试点、工信部认定的产业技术基础公共服务平台、服务型制造示范平台、国家中小企业公共服务示范平台；设有压缩机制冷设备、泵阀和密封件产品 3 个国家质量监督检验中心；拥有 20 余个安徽省、中机联、中国石化等机构和单位批准建立的省部级科研检测平台，是 1 个国际标委会、10 个全国标委会、4 个全国标委会分会以及中国机械工程学会压力容器分会、流体工程分会等 10 余个行业学会、协会的挂靠单位，是美国机械工程师协会锅炉及压力容器规范第 VIII 卷中国国际工作组秘书处单位，拥有院士工作站、博士后科研工作站（可独立招生）、国家创新人才培养示范基地、研究生联合培养点、职业技术学院等人才培养平台。

合肥通用院作为转制科研院所，始终以国家战略、行业与市场需求为导向，坚持“锻造国机所长、服务国家所需”，聚焦“国家重大工程建设与国防军工重大技术装备国产化研制”“在役设备安全可靠性与节能技术研究”两大领域，通过应用基础研究、关



键共性技术开发、成果转化应用，推动“创新链”与“产业链”加速融合，打造通用机械的“原创技术策源地”和“关键共性技术研发和成果扩散转化策源地”，服务和支撑更多行业企业成为“产业链链长”和“专精特新”隐形冠军，引领和带动行业实现转型升级，系统构建通用机械行业的战略科技力量，积极担当新型工业化建设的主力军，努力建成国际著名、国内领先的现代科技型上市企业。建院 69 年来，解决了一大批重大装备国产化以及长周期运行技术难题，累计取得科技成果 3000 余项，获国家级科技奖励 51 项（特等奖 2 项、一等奖 3 项）、省部级科技奖励 500 余项，在我国通用机械及承压特种设备行业发展进程中发挥着不可替代的作用。



国机精工集团股份有限公司

国机精工集团股份有限公司（简称国机精工）成立于 2001 年，股票代码 002046。公司隶属于世界 500 强中国机械工业集团有限公司（国机集团），是国机集团精工业务的拓展平台、精工人才的聚合平台和精工品牌的承载平台。公司核心企业有三家，分别是成立于 1958 年的洛阳轴承研究所有限公司、成立于 1958 年的郑州磨料磨具磨削研究所有限公司以及成立于 1981 年的中国机械工业国际合作有限公司。另外，公司目前还托管白鸽磨料磨具有限公司和成都工具研究所有限公司两家企业。

国机精工是一家多元化、国际化的科技型、创新型企业，业务聚焦精密制造领域，在高精度、高可靠性轴承与高速高效超硬材料制品及相关零部件研发与制造、检测与试验方面具有雄厚的实力，居国内领先地位。业务涉及航空航天、汽车与轨道交通、能源环保、船舶兵器、机床工具、石油化工、电子、冶金、建筑等国民经济重要产业，市场遍布全球 80 多个国家和地区。

公司秉承国机集团“引领机械工业发展，推动人类社会进步”的发展理念，践行“精工致远，利器善事”的企业使命与产业抱负，公司以“精进坚韧，和合聚成”的企业精神，以“合力同行，创新共赢”的核心价值观，努力成为客户价值创造者，员工价值成就者，股东价值提升者，创新发展前行者。

近年来，面对康复医疗市场的快速兴起和高速发展，国家对康复基础建设的大力支持，康复医疗器械创新与发展迎来大好时机。国机精工下属洛阳轴承研究所有限公司在传统产业的基础上，



结合在机器人轴承、谐波减速器及圆弧导轨等关键零部件方面具有丰富的经验,开展“智能医疗”、“大健康”领域产品的研发。此外,还一直积极致力于医疗器械用精密轴承的研制,正在积极研制 CT 球管轴承组件、大型医疗器械用主旋转轴承等多款医用轴承产品系列。

中国电器科学研究院股份有限公司

中国电器科学研究院股份有限公司(简称中国电研)是一家 以共性基础技术研究为支撑、核心关键技术研发为驱动、技术标准创新为引领的国家级科技创新型企业,致力于为电器及其相关 衍生领域的产品质量提升提供整体解决方案。公司建有工业产品 环境适应性全国重点实验室、国家技术标准创新基地(家用电器 及电器附件国际标准化)、国家日用电器质量检验检测中心、国家 智能汽车零部件质量检验检测中心等多个国家级科技研发和服务 平台,16 个 IEC 国际标准对接平台和 11 个国家标准平台,依托 全国 10 余个产业基地和服务机构,通过“自主研发为主,产学研 合作为辅”的研发模式进行科技创新,取得了一系列核心技术 成果,并通过高质量科研成果转化,形成了质量技术服务、电气 装备、成套装备、环保涂料及树脂等四大业务领域。

中国电研下属威凯检测技术有限公司(简称:CVC 威凯), 具有医疗器械领域的国家级 CMA 资质,能够依据产品技术要求开 展医疗器械的注册检验,包括安全与性能的验证,并依据委托开展 生物相容性、可用性、使用寿命、消毒工艺、软件及网络安全 的研究性测试验证,为企业产品取得国内医疗器械注册证和生产 许可证提供“注册+检验+动物实验+临床”的一站式服务; CVC 威凯与 SGS、UL 等国际机构建立了良好的合作关系,可以 为企业获得欧盟 CE 认证、美国 FDA 许可,提供完善的测试服务; 同时,CVC 威凯是国际电工委员会医用低温存储设备项目委员会 (IEC/PC130)秘书处承担单位,统筹协调国内国际标准化资源, 推动医用低温存储设备领域国际标准研制。

国机智能科技有限公司

国机智能科技有限公司(简称国机智能)隶属于中央直管国 有重要骨干企业、世界 500 强企业中国机械工业集团有限公司, 其下属广州机械科学研究院有限公司发源于 1958 年的第一机械 工业部广州热带机床研究所(原机械工业部直属综合性一类研究 机构),下属苏州电加工机床研究所有限公司为成立于 1958 年的 原机械工业部直属的电加工行业归口管理单位。

公司秉承“工业强基报国,智能引领未来”的使命,聚焦“工 业三基”、检验检测、智能制造三大业务领域,主要从事密封(密 封件、密封胶)、润滑(润滑油、润滑脂)、液压(机电液压系统)、 油品检测、机器人及汽车零部件检测,智能装备(特种加工机床)、 智能远程运维(重大装备在线健康监测)、智能工厂及系统集成等 业务。公司具有国家企业技术中心、国家创新型企业、国家高新 技术企业、国家技术创新示范企业等资质。近年来,承担多项“卡 脖子”技术攻关项目,科研创新成果突出。拥有国家橡塑密封工 程技术研究中心、工业摩擦润滑技术国家地方联合工程研究中心 等 11 个国家级平台,28 个省部级平台,取得了 1000 余项科研成果, 多项成果处于国际先进或领先水平,获国家、部省、市级科技奖 励 200 余项,授权专利 400 余项,制修订国家标准 80 余项、行 业标准 90 余项。

国机智能在 2020 年疫情大考中彰显央企担当,10 天研制出 平面口罩机,总产量位居央企第一,受到党中央、国务院、中央 军委的隆重表彰,荣获“国家抗击新冠疫情先进集体”和“全国 优秀基层党组织”的崇高荣誉。国机智能下属子公司中汽检测技 术有限公司依托国家机器人检测评定中心(广州)近年来进一步 完善了康养机器人、医疗机器人的检测验证服务,检测能力涵盖 机器人核心部件末端控制精确度、穿刺定位误差、力反馈误差等, 以检测认证推动医疗机器人行业的技术标准化与高质量发展。



中国机械工业仪器仪表集团有限公司

为深入学习贯彻习近平总书记关于打好科技仪器设备国产化 攻坚战的重要指示精神,认真贯彻落实党的二十届三中全会提出 的健全强化仪器仪表等产业链发展体制机制的决策部署,深入践 行“锻造国机所长,服务国家所需”理念,国机集团将自身在仪 器仪表行业的科技研发优势与重庆市的生产制造优势相结合,在 重庆成立了中国机械工业仪器仪表集团(简称国机仪器仪表集团), 2025 年 4 月 1 日正式揭牌。国机仪器仪表集团致力于实现我国 仪器仪表产业链自主可控,打造创新链与产业链深度融合的仪器 仪表产业“国家队”,更好地服务国家战略需要。正式组建后将下 辖六家成员企业:

1. 杭州照相机械研究所有限公司

杭照所在光学成像检测和光学镜头设计研制等方面具有较强 的技术优势,拥有国家照相机质量检验检测中心、全国照相机械 标准化技术委员会、中国文办协会照相机机械分会、中国仪器仪表 行业协会机器视觉专业委员会等民用、工业成像及机器视觉领域 的行业组织和传感器国家工程研究中心光学图像工程技术分中心、 电气传动国家工程中心分中心、特色镜头工程中心等研发平台, 在照相机机械行业享有较高的影响力和行业地位。

2. 秦皇岛视听机械研究所有限公司

视听所 1964 年始建于上海,是综合应用光机电算技术,致 力于影像光学系统和半导体生产检测设备研发及影视文化科技服 务的国家级高新技术企业。视听所作为全国电影和电教设备行业 归口单位,设有机械工业电影和电教机械标准化技术委员会、机 械工业电影机械与电化教育设备产品质量监督检测中心(国家级)、 中国文化办公设备制造行业协会电影电教设备专业分会、影视设 备行业中小企业公共服务示范平台。

3. 中国自控系统工程有限公司

中自控前身是成立于 1980 年的国家仪器仪表工业总局物资 供应公司,是以工程承包为核心业务,集研发以及技术服务为一 体的国家高新技术企业、专精特新企业、中国智能制造标准化委 员会成员。业务范围涵盖自动化工程、输变电工程、可再生能源 电力工程、智能建筑工程、安防工程及信息系统集成等。已完成 工程承包、设备成套、软件开发、技术服务等国内外项目数千项, 多次荣获国家及省市级各类奖项。

4. 重庆材料研究院有限公司

重材院是原机械工业部直属一类研究所,是中国仪表功能材 料行业归口单位,成立于 1961 年,1999 年转制为科技型企业, 长期从事特种功能材料、元器件、传感器及仪器仪表的研发、制 造与服务。建有国家仪表功能材料工程技术研究中心、全国仪表 功能材料标准化技术委员会等创新平台,是国家级制造业单项冠 军企业、国家科改示范企业,努力建设成为高端仪器仪表用特种 功能材料及元器件原创技术策源地。

5. 沈阳仪表科学研究院有限公司

沈仪院始建于 1961 年,是中国机械工业仪器仪表行业创新 型领军企业,拥有传感器国家工程研究中心、国家仪器仪表元器 件质量监督检验中心等国家级科研与行业技术服务平台。企业聚 焦仪器仪表与传感器、高端装备与关键零部件两大技术领域,主 导产品涵盖敏感芯片、传感器、弹性元件、光学元件、智能仪器仪表、 油气管道无损检测及智能清洗装备。

6. 重庆川仪自动化股份有限公司

川仪股份前身是 1965 年从上海、江苏、辽宁等地内迁重庆 的四川仪表总厂,是上世纪六十年代国家重点布局的三大仪器仪 表制造基地之一,中国仪器仪表行业协会理事长单位。主要业务 包括“五大集群”——测量与分析集群(M&A)、执行与控制集群 (A&C)、控制系统集群(CS)、工业软件及解决方案集群(NS)、





电子信息材料及器件集群 (ITM&C)。主营工业自动控制系统装置及工程成套, 包括: 智能执行机构、智能变送器、智能调节阀、智能流量仪表、温度仪表、物位仪表、控制设备及装置、分析仪器等各大类单项产品, 以及系统集成及总包服务。

国机仪器仪表集团及成员企业已初步形成覆盖“工业测量与分析、控制与执行、控制系统及工业软件”的完整研发制造体系和“技术+产业+服务”全链条优势, 研发的产品和技术广泛应用于航空航天等高端装备, 芯片及半导体装备等战略新兴产业, 为我国仪器仪表在全球市场竞争环境中, 提供了大量的先进技术和优质产品。智能压力变送器、智能电磁流量计、智能电动执行机构、智能阀门定位器等 4 个产品具备世界先进水平, 30 余项产品在石油化工、冶金、新能源、新材料等领域实现替代进口, 在流程工业中发挥着重要作用。正式组建完成后将成为国内规模最大、产品门类最全、系统集成能力最强的综合性仪器仪表制造企业之一。

面向未来, 国机仪器仪表集团将聚焦“打造我国仪器仪表产业自主可控战略支撑力量”主线, 联动推进“国家战略科技力量建设工程、仪器仪表产业链创新链建设工程、产业支撑保障能力建设工程、运营能力提升与价值创造工程”四大工程, 围绕高性能材料 (Materials)、先进传感器与元器件 (Sensors)、高端仪器仪表 (Instruments)、智控系统 & 解决方案 (Digital Solutions) 四个产品线, 智能运维与工程 (AI Operations)、新

质新域业务孵化 (Innovations)、国际化 (Overseas) 三条业务线, 大力开展关键核心技术攻关, 努力突破行业“卡脖子”和短板技术, 积极推进科技成果转化与产业化, 在特种功能材料、元器件、高端仪器仪表的研发、制造与服务方面发挥行业引领作用, 着力提升重大装备关键仪器仪表自主保障水平。

机械工业第六设计研究院有限公司

机械工业第六设计研究院有限公司 (简称中机六院) 成立于 1951 年, 主要从事规划咨询、工程设计、工程监理、项目管理、工程总承包等业务, 为全国勘察设计行业首批质量管理体系升级认证“卓越”级单位、全国勘察设计行业创新型优秀企业, 位列中国工程设计企业 60 强。

公司拥有全国工程设计综合甲级资质、城乡规划编制甲级资质、工程监理综合资质、工程造价咨询甲级、建筑工程施工总承包一级资质和电子与智能化工程专业承包一级资质等资质, 具有商务部对外援助成套项目管理、项目咨询等资格。公司业务遍布全国各省、自治区、直辖市和世界 70 多个国家与地区, 业务涵盖工业、民用、市政与物流工程等领域。

公司是国内机床工具与无机非金属行业专业设计院, 是国内烟草、铸造、电子信息、煤炭机械、重型机械、风电机械、工程机械、农业机械、石油化工装备、轨道交通装备、军工、新能源、资源再生利用、农产品冷链物流及加工等行业和领域的设计强院。依

托绿色建筑信息模型化国家地方联合工程实验室、博士后科研工作站、河南省绿色与智能工程技术诊断院士工作站、河南省工厂数字化建造工程技术研究中心、河南省制造业大数据应用产业技术研究院等 10 个科研平台, 在智能与信息化、高难度结构、暖通空调、工业除尘、大型公用建筑、市政热力、市政给排水等方面具有国内一流技术水平, 在绿色与智能工厂设计与系统集成、绿色智能制造、工艺流程再造、非标产线研制及恒温恒湿厂房、绿色建筑、BIM 技术应用等方面处于行业领先水平。

医疗建筑设计是中机六院民用建筑领域的一张名片。医卫建筑工程院坚持走专业化、精品化道路, 提供全生命周期的医疗建筑工程一体化服务, 智慧医院技术研究院依托中机六院智能化和信息化技术优势, 开展基于场景化的智慧医院关键技术研究。近年来, 公司先后承接了河南中医药大学第一附属医院国家医学中心、国家中医临床研究基地、国家区域医疗中心阜外华中心血管病医院、西南医科大学附属医院康健城院区及郑州大学第一附属医院惠济院区等一批有代表性的精品工程。

中国中元国际工程有限公司

中国中元国际工程有限公司 (简称中国中元), 在医疗建筑领域累计为 15 个国家医学中心及近 30 所国家区域医疗中心提供技术服务, 获 300 余项国家和省部级奖项, 主编、参编 30 余项国家及行业标准, 可提供医疗建筑项目策划、总体规划、工程设计、工程承包、项目管理及运维等全生命周期的专业化服务。中国最佳医院综合排名 TOP30 中的 16 个为中元客户。

中国中元是中国首批开展康养建筑研究与实践的工程企业之一, 凭借以医促养、以养助医的综合技术优势, 服务“医、康、养、护”一体化的现代康养设施建设, 是全国首个高端会员制养老社区的设计实践者, 领衔康养设施领域国家及行业标准体系建设, 为全国 30 多个地方民政部门、大型国央企和知名民营企业提供技术服务。



2025年5月12日,安徽省科技创新大会现场气氛热烈,掌声雷动。在这场科技盛宴中,今辰药业“新型释药关键技术突破及产业化”项目脱颖而出,一举斩获安徽省科技进步一等奖。这份沉甸甸的荣誉,是对今辰药业多年来深耕医药科技领域的高度认可,是企业迈向高质量发展新征程的有力见证,更是对全体今辰人用智慧与汗水、坚守与担当共同谱写企业新篇章的赞许。

回望技术攻关之路,荆棘丛生却充满希望。新型释药技术研究

及产业化面临的诸多关键难题,如同横亘在今辰人面前的“高山”。氯化钾新型释药技术则是今辰科研攻关的关键领域,如何让药物在人体内精准释放,持续稳定地发挥药效,同时规避血钾过高风险,提升疗效并降低不良反应率——这一系列从“药物可用性”到“临床适用性”的跨越,成为了亟待攻克的技术难题。然而,今辰人没有退缩,他们以实验室为战场、以生产线为阵地,同舟共济,坚定地走上了协同攻关之路。

THE DRUG RELEASE TECHNOLOGY BREAKS THE COCOON INTO A BUTTERFLY, AND THE CRAFTSMAN BUILDS A DREAM WITH INGENUITY

释药技术破茧成蝶 匠人匠心筑梦前行

——今辰药业荣获安徽省科技进步一等奖的攻关之路

◎ 作者: 上海海虹实业(集团)巢湖今辰药业有限公司 李芳芳

一、实验室里的“追光者”：从“黑暗”到“黎明”

新型释药关键技术的突破对于保证药物疗效、提升患者顺应性、保障患者健康意义重大。研发环节是新型释药技术突破的核心阵地,研发带头人金玉无疑是这支攻关队伍中的“主心骨”,在氯化钾缓释片的处方设计与释药机制研究上肩负重任。

氯化钾的强吸湿性和高水溶性,使得寻找合适的缓释骨架、包衣材料成为一大难题,常规的缓释材料在遇到氯化钾时,要么释药速率失控,要么自身性能大打折扣。扎根今辰,从事技术工作20余年的金玉,始终保持着对研发的无限热情与执着,为攻克材料瓶颈难题,他带领团队昼夜奋战,饿了以泡面充饥,困了在折叠椅上轮流休息,研发大楼的实验室里,永远亮着最晚的灯,金玉回忆道:“那段时间,我们像在黑暗中摸索”。凭着一股钻研的劲,金玉带领团队一头扎进材料研究里,他们尝试了各种高分子材料,设计多因素、多水平的研究方案,在无数次的实验中,金玉发现一种蜡质高分子材料作为骨架时,能在低占比的情况下,有效控制药物的释放速率;同时,发现一种大分子聚合物的水分散体,作为包衣成膜材料时,可进一步平衡释药速率,避免“突释”发生,这一成功发现,终于突破了材料瓶颈。

“每一次失败都让我们离真相又近了一步。”金玉时常把这句话挂在嘴边,为了实现释药速率的精准控制,避免“突释”发生,评价工艺可行性的溶出曲线测定,也是最关键最耗时的一个环节。2020年深冬的一个凌晨,实验室里的自动取样和检测系统突然报警,正在打盹的金玉一个激灵站起来,撞翻了身后的实验凳,他顾不上膝盖的疼痛,立刻冲进实验室,他知道实验又一次前功尽弃。耐心的他,重新调整参数,继续带着团队在实验室守了整整8个小时,直到数据曲线重新趋于平稳。这样的“突发状况”,在他20多年的研发生涯中已是家常便饭。“有时候,为了微调一个参数,要在实验室里连续奋战几天几夜”,面对一次次失败,金玉总说:“研发就像拼图,差一块都拼不出完整的药效”,在他的钻研和指导下,团队不断调整药物配

方,优化工艺,对每一个参数都进行细致入微地分析和验证。经过上千次的处方调整和实验测试,团队终于叩开了理想缓释技术的大门。当监测数据显示药物正以预设的精准速率匀速释放,当每一组曲线波动都印证着理论模型的完美落地,团队知道实验室里的黑夜终于迎来了光明的晨曦。

二、生产线上的“雕刻师”：用心雕琢品质细节

当新型缓释技术的研发成果从实验室走上生产线,生产环节的挑战丝毫不减,生产环节是将研发成果转化为实际产品的关键,药物的每一个细微变化都可能引发连锁反应,生产工艺负责人梁延波则成了生产攻关的“定海神针”,带领团队在生产车间披荆斩棘。

生产初期,首当其冲的便是工艺转化难题。实验室中的小规模制备方法,难以直接应用于大规模生产。生产线上的设备参数与实验室的小型仪器差异巨大,如何在保证药物质量和释药效果的前提下,实现工艺的放大生产,成了横亘在团队面前的又一座大山。梁延波深知,这不仅需要对生产设备和工艺有透彻的了解,更要凭借丰富的经验和敏锐的洞察力,找到最佳解决方案。他带领团队一头扎进生产车间,时时观察设备运行情况,记录每一个参数的变化对产品质量的影响。在尝试将实验室的多层骨架制备工艺转化到生产线上时,包衣片的外观均匀性始终无法达标,导致部分产品的外观性状不理想。面对技术人员“先出厂部分合格产品”的提议,梁延波拧紧眉头,将数据记录本往桌上重重一放:“患者不会因为‘部分合格’就少受病痛折磨,再试”。从包衣浆液的黏度调配、每层浆液量的确定,到进风温度控制、片心干燥时间测算,他带领团队连续多日驻守包衣锅旁,功夫不负有心人,最终发现包衣片外观均匀度的关键在于进风温度、进风频率、包衣锅转速、每层浆液量、排风温度等参数的动态匹配,他通过建立三维参数调控模型,终于成功解决了糖衣片片面不均的难题。

然而,问题接踵而至。氯化钾原料的强吸湿性如同潜伏的“质



量隐患”,原料库和生产车间的相对湿度稍有变化,氯化钾原料就容易吸潮结块,影响后续的制粒、压片、包衣等工序,甚至导致产品质量不合格。梁延波果断组织工艺复盘,像绘制作战地图般重新规划生产流程,通过封闭中转环节、压缩暴露时间,将原本8小时的工序链缩短至4.5小时,有效降低了原料吸潮风险。在新厂区规划设计阶段,他主导推动公司部署智能温湿度自控系统,用传感器矩阵替代人工巡检,使原辅料仓储环境与生产车间的温湿度控制精度达到 $\pm 1\%RH$,彻底消除了温湿度波动给产品质量带来的隐患。梁延波常说:“做药就像给生命织网,每个工艺节点都要经得起放大镜检验。”他用执着与专业,在生产线上雕琢着品质细节,诠释着药品工艺研究的匠心内涵。

三、质检台上的“检察官”：用数据守护生命的质量

创新决定企业飞得有多高,而质量决定企业走得多远。药品检测环节是保障产品质量的最后一道防线,而检测中心承担了这一重任。这里没有流水线的喧嚣,没有产品成型的壮观景象,只有精密仪器低沉的嗡鸣、试剂瓶轻微的碰撞声,以及一双双专注精研数据的目光。每天,检测中心如同精密运转的“雷达站”,时刻守护着每一粒药品的品质安全。从药品性状的细微甄别,到各项指标的严苛检查,再到含量测定的精准把控,他们以责任为尺,以严谨为戒,不放过任何一个可能影响疗效与安全的细节。

刘寅,作为检测中心的资深QC工程师、技术骨干,在他的白大褂口袋里永远装着一副眼镜:放大镜、近视镜、护目镜。每天清晨,他都会对着实验室的白墙发一会儿呆——这是他独创的“视觉校准法”,为的是让眼睛在高强度检测前保持最佳状态。有次,在检测氯化钾缓释片时,刘寅发现某一样品的释放度数据,与其他样品存在细微差异。虽然这一差异仍在标准范围内,但刘寅凭借着多年积累的经验和高度的责任心,敏锐地察觉到这背后可能隐藏着严重问题。他没有丝毫犹豫,立即向公司汇报并申请对该样品展开全面复查。从检测仪器的校准情况,到操作流程的每一个步骤,他逐一进行细致排查。经过深入追溯,最终发现是新型包衣材料在高温过程中,其溶出速率发生了细微变化。为了彻底解决这个问题,刘寅牵头强化了“三阶段检测法”。在药品生产前,对原材料进行多层次的严格筛查,确保其符合新型释药技术的特殊要求;生产过程中,增加对关键工序的检测频次,实时监控产品质量;成品检测阶段,实时观察产品的溶出状态,以便更精准地捕捉药品释放过程中的细微差异。通过这一系列举措,最终保证氯化钾缓释片的体内外释放一致性达到原研水平。

“在质量控制的精密世界里,没有无法攻克的难题,只有未曾发现的细节和永不停歇的探索之心。”凭着这种严谨细致的工作态度和钻研精神,团队尊称刘寅为“刘老师”。2022年,在刘寅的指导和带领下,公司检测团队在安徽省药品生产企业质量检验能力竞赛中斩获团体一等奖,被安徽省总工会授予“安徽省工人先锋号”称号;刘寅荣获竞赛个人一等奖,被授予安徽省“五一劳动奖章”;团队成员李伟、胡曹勇分别荣获竞赛二、三等奖,被授予“安徽省药品检验能手”称号。这一支“质量先锋号”,为今辰产品的质量安全筑牢了一道坚不可摧的防线。

四、以匠人匠心追寻今晨之光

无论是实验室里的日夜坚守,还是生产线上精雕细琢,亦或是质检台上的严格把关,每一个岗位的今辰人都在以最诚的方式,诠释着对医药事业的热爱与担当,他们用实际行动证明,科技创新并非遥不可及,只要怀揣梦想、勇于探索、持之以恒,就能在医药领域开辟出一片崭新的天地。这些在实验室、生产线、质检台穿梭的身影,用指纹里的药粉、白大褂上的试剂渍、笔记本里的公式,编织着今辰药业的科技年轮,书写着科技赋能的答案。当“新型释药关键技术”捧回省级大奖,当氯化钾缓释片成为患者口中的“放心药”,他们依然重复着每天的日常:调试设备、记录数据、翻阅文献……今辰药业的实验室里,永远有新的课题在等待;生产线上,永远有更精密的工艺在召唤;质检台上,总有更细微的发现……这群把青春献给医药事业的今辰人,早已把“良药报天下”的誓言,刻进了每一个专注的眼神、每一次精准的操作、每一滴饱含心血的药液里。他们是科技进步的基石,更是企业高质量发展的灵魂,是他们看似平凡的坚守,让科技有了温度,让创新有了筋骨,让企业发展有了根基。

荣誉镌刻过往,奋斗铺展新程。在未来的发展征途上,今辰药业将以研发投入为基石筑牢创新根基,以人才引进为引擎激活发展动能,持续深化与科研机构的产学研协同合作。今辰人会始终恪守“良药报天下”的初心使命,把对品质的极致追求,化作研发实验室里的数据精研、生产线上的工艺打磨、质检环节的严苛校验,让科技创新与匠心精神双轮驱动,争取在国机医疗事业的版图上镌刻属于今辰的担当印记,在守护人类健康的伟大征程中,以更铿锵的步履书写行业华章,为中国生物医药领域的高质量发展贡献更多的智慧和力量。

WHEN INDUSTRIAL GENES MEET QIHUANG WISDOM

当工业基因遇上岐黄智慧

——天津工程机械研究院有限公司勇拓智能中医新赛道

◎ 作者：天津工程机械研究院有限公司 许佳音 阎相伊 张 蕾

近年来，全球医生资源短缺问题突出，基层医疗压力过大问题显著。伴随着人工智能技术的快速发展，国家出台了一系列帮扶政策支持，加快智能化医疗设备的研发投入。与此同时，随着人们生活水平的提高和健康观念的转变，越来越多的人注重个人健康管理和疾病预防，人们对治未病和个性化健康管理需求激增。中医体质辨识服务成为健康管理新趋势，中医 AI 检测仪产品应运而生。

作为原国家机械工业部直属的一类综合性研究院所，天津工程机械研究院有限公司（简称天工院）在 1999 年转制为科技型企业。成立六十余年来，天工院先后完成 600 余项国家部委重点课题，获得包括国家科技进步特等奖在内的国家和省部级科技奖项 200 余项，其中 95 项科技成果填补国内空白。近年来，天工院以前瞻视野突破行业壁垒，精准把握 AI 时代发展机遇，与国内顶尖中医药科研机构达成深度战略合作。通过跨界融合创新，公司勇拓智能中医新赛道，成功研发中医智能诊疗设备，开辟出传统医学与人工智能深度融合的创新发展空间。



中医 AI 检测仪由天工院专业技术团队和中国中医科学院医师团队紧密合作，根据市场和国内多家大型医药企业客户的实际需求开发而成。中医 AI 检测仪由舌诊、脉诊、问诊三部分组成，基于中医理论实现人体体质辨识、健康状态评估，为辅助诊断、健康管理提供高效、精准的便捷帮助。目前已完成了第一代产品的量产和第二代产品的升级，以及其他相关产品的研发。



天津工程机械研究院有限公司厂区

基于 AI 自定位的双臂中医脉诊仪落地式



II 破壁攻坚研发，数智跨界焕新

中医 AI 检测仪基于中医理论，充分利用机器视觉、深度学习、边缘计算、大模型等先进人工智能技术，设计并集成了先进的光学成像系统、高精度数据采集控制系统、高速嵌入式处理系统，以及 AI 算法模型，开发了一套集中舌诊、脉诊、问诊于一体的智能中医 AI 检测仪，为客户提供一站式中医诊断服务。同时，搭建了用户健康网络管理平台，为用户提供全面的中医健康管理服务。通过中医多维诊断与体质辨识相结合，形成个性化的全面体检报告，构成一个全面的健康管理方案，旨在全面评估个人健康情况，提供针对性诊疗方案。

设备的总体架构分为场景层、应用层、算法层、数据层和设备层开发技术路线。首先进行需求分析与概念设计，然后构建专业的中医知识库，接着进行 AI 算法模型开发和数据收集与标注。完成系统的整体开发与集成，通过测试优化后形成最终产品并进行市场推广与应用。

II 多维中医数据采集平台搭建

舌诊部分光学成像系统的设计基于团队大量积累的机器视觉工程实践经验，采用了工业级嵌入式光学成像方案，对光学成像进行了小型化高度集成。对比市场上现有的产品，具有更强的场景温度适应能力、更强的抗电磁干扰能力，长达 10 年以上的高强度使用保障。全方位防护更加易于保养，设计小巧更易于安装部署，采用全局快门拍照无残影，图像采集更可靠。

脉诊部分采用了仿生三指全按设计，真实还原中医大脉。秉持中医寸口三部脉候脏腑的脉诊思路，利用三台高精度静电机驱动三枚传感器，分别在人体的寸关尺位置动态精确施压，模拟中医经典的三指搭脉技法获取高精度的数据反馈。相比市场上现有的脉诊设备，检测仪采用的三指按压方式，对中医诊脉过程更加还原，数据更加真实。此外，传感器的长条形设计使定位更加准确，感应面柔性设计，灵敏度分布更加均匀。

检测仪整体外观结构和功能的设计充分考虑了使用场景和人体工学。舌诊采用暗箱设计，确保各光照条件下采集的图像可靠且一致。下颌托架以软胶精致巧妙的结构设计，引导拍摄最佳姿态。测试窗口依据测试者身高可调节升降，照顾更大范围的使用人群。

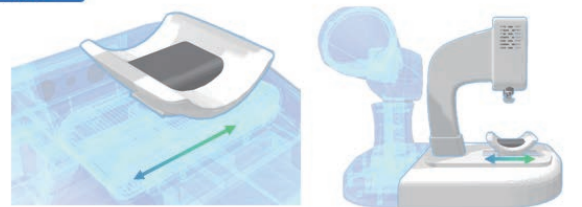
舌诊



舌诊结构设计

脉诊腕托贴合手腕弧度，软硅胶垫承托手臂，手腕随托垫弧度顺势而下，自然悬垂成脉诊适宜姿势，精准复刻中医传统诊脉情境。此外，腕托设计为移动式，便于测试者微调手臂位置，切换手臂后亦能快速精准调节定位。

脉诊



脉诊结构设计

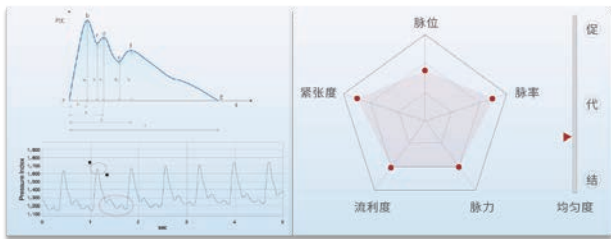
II 舌脉检测及问诊引导算法开发及模型构建

本项目与北京多家临床医院合作，采集 3 万余张舌象图像数据。经临床医生的精准标注形成了全面的舌象数据集。研发了基于深度学习的图像分割模型、图像检测模型、图像分类模型等 20 余个。同时，开发了一套基于机器视觉的舌苔、舌质分离算法，可以对舌面、舌底 16 种舌象特征进行快速检测，最终的舌象检测准确率超 95%，运算时长仅需 600 毫秒，成为市场同类产品中检测功能最全、速度最快的一款产品，处于国内领先水平。



舌象人工智能模型及算法

在脉诊部分，开发了基于中医脉学理论与临床实践机电研发设计脉象特征分析算法，实现对脉位、脉率、脉力、流利度、紧张度的测量与计算。可视化、直观化地展现脉诊采集过程，并运用机器学习算法分析 28 种脉象结果。



脉象人工智能算法

在问诊环节，开发了基于大模型加小模型的多轮引导式问诊技术。大模型负责提供全面的中医知识和丰富的临床经验，小模型则根据用户的实际反馈进行动态调整和优化，从而实现对用户病情的精准把握和个性化问诊。



智能问诊模型

II 中医AI辨证施治大模型构建

通过多维度数据采集、多模态数据处理与融合，开发中医 AI 辨证施治大模型，覆盖了 200 余种疾病、600 余种证候和 15 种体质，为患者提供全方位的治疗方案。

在研发过程中，团队突破了基于 CPU 处理器的 AI 模型加速推理与部署技术，实现利用中低端 CPU 在 1 秒内完成 20 个 AI 模型的全部计算。提出了基于边缘 AI 语音计算的实时处理与人机交互技术，避免了高并发量时云端处理瓶颈问题，极大降低了云计算中心的负担，提升整体系统响应速度。开发了基于大模型加小模型的多轮引导式问诊技术，采用大模型加小模型模拟中医专家的问诊流程，给客户带来更加友好的问诊体验。这些关键技术也为该产品的大规模推广提供了技术支撑和重要保障。

II 技术、场景、服务、模式的四维创新

在技术方面，创新性的引入了边缘 AI 加云计算技术，实现中医舌脉问诊的人机交互和实时结果输出，通过将大量数据处理和分析任务下沉到设备端，加速推理，提取关键数据到云端进行分析。这种创新技术提高了数据的处理速度，降低了系统运行成本和维护难度。

在场景方面，中医 AI 检测仪可实现多应用场景模型迁移，以

中医 AI 辨证施治模型为基础，围绕中医细分领域，针对不同场景需求进行模型迁移微调，高效构建细分领域辨识模型，输出场景相应辨识内容。如，在疼痛理疗馆场景输出疼痛辨识及调养方案，在中药房输出体质辨识及药物推荐等相关内容等。

在服务方面，团队开发了智能化用户健康管理系统，自动记录诊疗历史、体质特征及推荐方案，形成个性化健康管理档案。测试者可在电脑和手机等设备中查看和更新健康档案，实现健康管理的无缝衔接。通过培养客户的健康管理意识增加其到访门店频次，实现客户与门店的深度绑定。

在模式方面，将深度学习大语言模型等人工智能技术深度融入中医诊疗及运营流程中，实现从复杂临床症状到治疗建议和健康管理的智能映射，为中医临床提供了新的诊疗模式，也为中医数字大健康产业提供了新的运营模式。

II 立足实际需求，聚力合作共赢

中医 AI 检测仪主要落地于中医诊所、中药药房、中医理疗馆、康养中心、社区医疗等中医药大健康产业机构，为解决三大运营难题，主要包括：中医专业人才匮乏，服务质量难以满足对效率和专业性的需求，导致产业机构的服务效率低、质量欠佳；宣传推广方式相对传统，缺乏创新性和吸引力，难以有效引流；客户健康管理意识薄弱，无法与门店形成较强的粘性。中医 AI 检测仪以其智能高效的中医检测和全面的健康管理，完美的解决了中医药大健康产业机构的运营问题。

中医 AI 检测仪在市场应用中具有大量的可落地场景，包括了医院、连锁药店、大健康康养机构、高校或科研机构、基层医疗机构、工会或商会组织、中医养生馆、国际合作机构等，更有大型企业计划未来面向全国范围门店进行铺设，足以证明检测仪在推动产业发展的重要性和必要性。截至目前，中医 AI 检测仪在至少 3 个以上的场景中得到应用，范围遍布北京、天津、山东、河南、广州、湖南、山西、江西、福建、新疆等多个省市的中医大健康产业机构。

在疼痛理疗馆场景下，天工院与国内某大型医药企业签订了年供应量 1000 套的订单，该企业为支持旗下疼痛调理馆业务引入了中医 AI 检测仪，旨在提升门店服务效率和客户体验，帮助客户从根本上改善体质，缓解疼痛，提升生活质量。该大型医药企业已将中医 AI 检测仪推广至旗下北京、天津、山东、河南、广州、湖南、山西、江西、福建、新疆等全国多个省市的疼痛理疗馆，并获得了连锁店铺及理疗患者的一致好评。据该医药企业统计，其旗下疼痛理疗馆单台设备的日均使用人次为 39.3 次，用户体验后复用率超 70%，实现了深度捆绑，极大提升了机构的吸引力和服务水平。店内产品疼痛药膏和口服药的销售总额较未使用中医 AI 检测仪前增长了超 20%，获得了门店及理疗患者的广泛好评。该医药企业后续计划全国铺设台数 2000 家，在中医科研机构与中医医院场景中。

在医疗机构场景下，天工院团队与中国中医科学院中医药智能科学与工程技術研究中心，以及中国中医科学院所属多家医院联合，采用中医 AI 检测仪进行临床数据采集和应用，不仅为科研提供重要中医诊断数据采集手段，还能辅助培育临床年轻医师迅速成长。中医 AI 检测仪目前已在中国中医科学院所属中医医院进行多点试用，得到了很多年轻医师的充分肯定和喜爱，也成为了

科研人员的重要科研工具，多家试用单位开始对接后续的采购计划。中医 AI 检测仪为医院中 10 名以上的临床医生和科研人员提供了舌脉问诊过程数据，为糖尿病、心血管病的中医诊疗康复提供了大量的数据支撑。

半年内，相关研究成果已形成超 13 篇已发表或正在撰写的科研论文，加快了该领域的科研进展。在临床应用过程中，有效助力相关疾病的早期筛查。年轻医师在使用过程中诊断准确性显著提升。

在社区卫生服务中心场景下，团队在广州某社区卫生服务中心进行了诊疗仪试用，验证了检测仪在社区卫生服务中心的可行性和有效性。该中心利用检测仪为社区居民提供了便捷的中医体质辨识服务，提升了社区居民的健康意识。社区医生根据检测结果为居民制定精准健康管理方案，提升社区卫生服务质量和效率。



场景应用情况

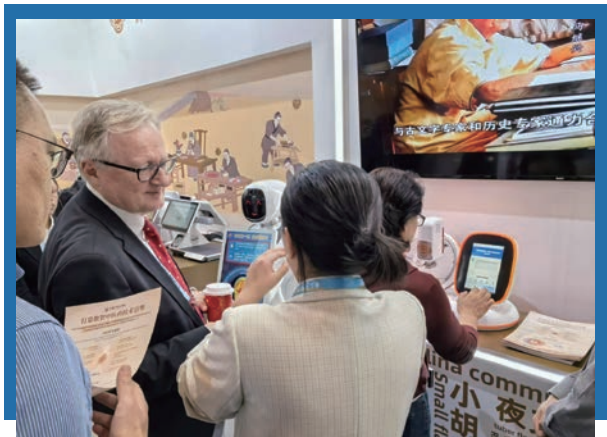


团队瞄准中国中医药大健康产业，据调查，国内亚健康及非健康人群高达 85%，中老年人口也即将超过 5 亿，患慢性病人数高达 3 亿，这些皆为潜在服务人群。同时，医疗资源的紧缺使得国家推出了一系列帮扶政策，为中医 AI 检测仪的推广带来了更大的机遇。根据市场调研数据，预计未来几年市场规模将以每年 10% 以上的增速持续扩大。在国内市场中，本类产品在慢性病管理和术后康复监测中作用显著，其市场需求不断增长，未来市场前景乐观。在产品推广方面，团队面向医疗机构、健康管理公司及大型企业，组建专业营销团队，利用数字化渠道布局电商平台，提升产品声誉与影响力。同时，将中医 AI 检测仪部署于商场、机场、车站等公共场所，扫码支付即可进行体验。通过多元化营销策略，团队制定两年关键节点计划，预计盈利 1200 万以上，实现市场份额的快速增长。除产品本身外，随着大量的数据积累可以深入挖掘数据商业价值，如精准医疗和药物配伍等，优化开发增值服务，拓宽盈利渠道。

2024 年底，中医 AI 检测仪在 2024 世界传统医药大会上亮相，在展会现场引发观展人群热烈反响。参观者纷纷驻足体验区，争



相感受中医 AI 技术的创新魅力。检测仪的精彩展示不仅收获现场观众的高度关注，更获得央视新闻以及地方媒体的报道与肯定。2025 年 5 月，检测仪与众多前沿智能中医药产品同台亮相中医药交叉学科和智能科学大会，再度引发行业内外高度关注，为拓展更广泛的合作机遇奠定了坚实基础。



2024 世界传统医药大会展会上亮相



中央电视台新闻报导

未来，天工院将以技术突破为导向，聚焦智能中医领域持续开展创新研发，通过快速迭代升级产品矩阵，在智能中医新赛道上实现行业引领。同时，将深度整合产学研资源，推动中医药与数字技术的深度融合，为中医药产业的高质量发展提供创新引擎和核心动能。

一、陈学东院士出席中医药交叉学科和智能科学大会

5月10日,中国中医科学院在北京举办“中医药交叉学科和智能科学大会”,国机集团党委常委、副总经理、总工程师陈学东院士受邀参加会议并参观了医工交叉科研成果展。

近年来,国机集团下属国机研究院与中医科学院持续开展医工交叉科研项目合作,开发了系列中医四诊智能检测装备,并在本次会议展出了AI脉诊仪、移动智能检测车、舌脉问一体机等系列成果与产品。

国机研究院、中国海航主要负责人,集团科技发展部有关人员参加会议。

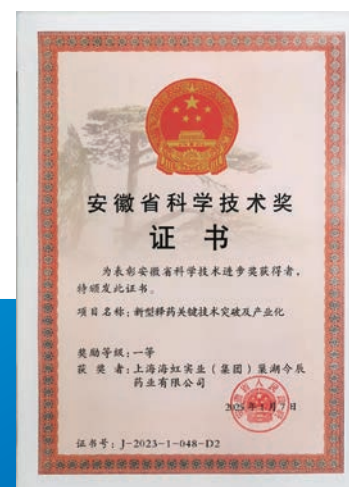


二、中国海航所属今辰药业荣获安徽省科学技术进步奖一等奖

2025年5月12日上午,安徽省科技创新大会在合肥召开,中国海航所属今辰药业“新型释药关键技术突破及产业化”项目荣获安徽省科学技术进步奖一等奖。

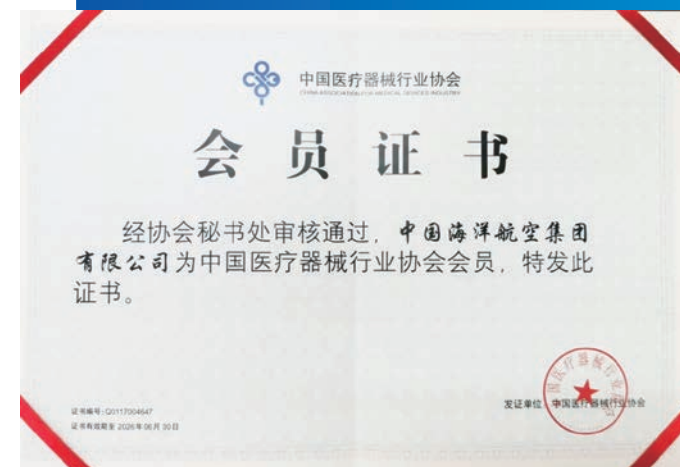
该项目围绕新型释药技术研究及产业化关键共性难题,持续加强产学研协同攻关,系统开展了缓释技术、包衣制备、评价技术及产业化研究,突破了调释制剂系列产品研发关键技术,显著提高公司氯化钾缓释片药品的质量和疗效,成功实现产业化并产生了显著的经济效益和社会效益。

氯化钾缓释片通过新型释药关键技术的重大突破及产业化,提升了公司高端制剂研发、生产与评价水平,增强了公司核心竞争力,必将推动企业产品结构升级和战略性新兴产业发展。公司将持续深耕新型释药关键技术,加大产品研发和技术创新,为我国生物医药产业高质量发展做出积极贡献。



三、中国海航正式加入中国医疗器械行业协会

为了更好地发展医疗器械与装备主业,深化和行业的交流互动,近日,中国海航正式加入中国医疗器械行业协会(CAMDI),成为会员企业。



未来,中国海航将携手协会,加强与行业优秀单位合作,共同推动医疗器械与装备产业高质量发展。

四、苏州乐珠制药斩获 2025 乌镇健康大会多项殊荣

2025年 4月8-12日,以“致春天·变局中的内生与外源”为主题的2025乌镇健康大会隆重举行,中国海航下属乐珠制药携眼科全系产品矩阵及创新研发成果亮相。乐珠®珍珠明目滴眼液(胶体溶液)凭借良好的市场表现与消费者口碑,连续三年荣获“西湖奖·最受药店欢迎的明星单品”;乐珠制药凭借“精准营销 让眼睛更健康 让营销更美好”的创新营销案例,再次获得“西湖奖·创新营销案例”大奖。

乐珠制药将坚持“技术研发+模式创新”双轮驱动,持续为医药行业高质量发展注入动能。



五、乐珠制药两款滴眼液获批上市

近日,乐珠制药收到国家药品监督管理局核准签发的《药品注册批件》,公司研发的复方托吡卡胺滴眼液(10ml:托吡卡胺50mg与盐酸去氧肾上腺素50mg)和玻璃酸钠滴眼液0.3%(5ml:15mg)获批注册上市。

复方托吡卡胺滴眼液用于诊断及治疗为目的的散瞳和调节麻痹。

玻璃酸钠滴眼液是一种人工泪液,可在眼睛表面形成一种规则、稳定、长效的水分膜,不易被洗去,可长时间保护眼睛。该药物主要用于治疗干眼综合症及角膜上皮损伤修复等。



六、

中工国际承建的圭亚那六所地区医院中的Diamond医院已正式移交,并获圭亚那总统穆罕默德·伊尔凡·阿里出席仪式。该项目采用中国标准建设,配备CT、Digital X-Ray等先进设备。



七、

中工国际签署埃塞俄比亚托海洛赫医院设计咨询合同,该项目建筑面积15.1万平方米,床位1280张,将打造现代化医疗综合体。

八、

中设集团承建的安哥拉松贝(宽扎南)医院正式落成,安哥拉总统若昂·洛伦索出席落成典礼,该医院是安哥拉南部最大的综合医院。



九、

国机精工与航天科工合作研发智能上肢康复机器人和智能牵引治疗康复器,计划推进产品注册及市场化。

十、

中国中元参与修订《社区卫生服务中心、站建设标准》,推动分级诊疗体系建设。

十一、

中国中元参与团体标准编制《医院建筑环境技术规程》,提升医院建筑环境品质。



十二、中机六院中标新疆昌吉州中医院中药制剂研发中心设计项目

近日，中机六院中标新疆昌吉州中医院中药制剂研发中心设计项目。

该项目主要建设昌吉州中医院中药制剂车间、综合楼业务楼等，是当地推动中医药传承创新发展的重要举措。

项目建成后将打造集中药制剂研发、生产、质控于一体的现代化科研平台，对提升医院中药制剂研发能力，推广中医药特色技术，更好为边疆地区群众提供优质便捷的中医药健康服务具有重要意义。



十三、中联西北院中标类脑-机接口产品MST体外可穿戴帕金森治疗装备产业化项目设计

近日，中国联合中联西北院中标类脑-机接口产品MST体外可穿戴帕金森治疗装备产业化项目设计。

该项目位于甘肃高台工业园，占地面积约50亩，总建筑面积约5.7万平方米，主要建设医疗器械生产车间及配套的仓储、宿舍、辅助动力设施。

项目建成后，将成为国内领先的脑机接口技术研发与产业化基地，推动神经科学领域创新成果转化，为帕金森病、阿尔茨海默病等神经系统疾病治疗提供全新解决方案。同时，项目预计年产值超10亿元，带动就业500人以上，并推动人工智能、精密制造等产业链协同发展，为河西走廊科技创新注入新动能。

十四、中机六院中标贵州遵义市第一人民医院门急诊综合楼设计项目



近日，中机六院中标贵州遵义市第一人民医院门急诊综合楼设计项目。

该项目总建筑面积约 8.1 万平方米，将新建门急诊综合楼，涵盖急诊、门诊、医技以及相关配套功能区域。项目发挥中机六院在智慧医卫领域技术优势，致力打造现代化、智能化的医疗服务平台。

项目完成后，将有力提升医院应急救治能力，提升区域整体医疗基础实施水平，进一步满足群众医疗需求。

十五、“1536 头医用中空纤维膜生产成套设备及工艺”项目通过科技成果鉴定



2025年7月2日，郑纺机所属企业邯郸宏大化纤机械有限公司自主研发的“1536头医用中空纤维膜生产成套设备及工艺”项目在广州顺利通过科技成果鉴定，一举打破了国外企业在该领域的技术垄断。

该设备生产的医用中空纤维膜广泛应用于血液透析、腹膜透析等高端医疗场景，其成功国产化将显著降低我国医疗成本，提高生产效率和产品质量，为保障人民群众生命健康提供坚实的技术保障。

THOUGHTS ON HOW TO LEVERAGE THE RESOURCE ENDOWMENTS AND COMPARATIVE ADVANTAGES OF SINOMACH GROUP TO PROMOTE HIGH-QUALITY DEVELOPMENT OF THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY

如何发挥国机集团资源禀赋和比较优势 推动医药工业高质量发展的几点思考

◎ 作者：中国海洋航空集团有限公司 龚志勇

医药工业包括化学药制剂、原料药、中成药、医疗器械、医疗装备等，是关系千家万户、国计民生、经济发展的战略性产业，是“健康中国”战略的重要支撑产业。在健康中国战略的大背景下，作为中央直接管理的国有重要骨干企业，中国机械工业集团有限公司（以下简称“国机集团”）肩负践行这一国家战略的重要使命。国机集团旗下有众多业务单元涉及到医药医疗领域，结合国机集团已有的产业基础和优势，在建立医药产业核心投资平台、提升产业基础能力、促进中医药传承创新发展、加快补齐医疗器械和装备短板、加快数字化转型以及加快走出去步伐中，国机集团应该也能够担当重任。因此，发挥国机集团资源禀赋和产业基础，推动医药工业高质量发展既符合健康中国战略的需要、符合国际国内市场对医药医疗产品不断增长的需要，也符合国机集团自身发展的现实需要。

一、国机集团医药医疗产业发展情况

（一）国机集团的相关产业背景

多年来，国机集团一直是健康中国战略的积极践行者和探索者，在医药、医疗等大健康领域精耕细作，从公共医疗健康基础设施的设计、建造到医药产品的研发制造、医疗器械的生产经营等各个领域均有建树。国机集团始终坚持“锻造国机所长，服务国家所需”，讲政治，讲大局。在医药研发制造、物资储备和应急保供方面发挥了重要作用，尤其是在 2020 年初防疫医疗物资紧缺的危急关头，保供形势迫切的关键时刻，国机集团作为国务院国资委确定的医疗物资设备生产和医疗物资保障供应的中央企业之一，采用“多家企业、多个方案、多种路径”同步推进开展攻关，旗下各相关单位以战时状态转产扩产，短时间形成了以口罩机、防护服压条机、熔喷布生产设备、医用口罩、医用防护服、熔喷布“三机三品”为标志的医疗物资产业链；承接了多项应急传染病医院设计咨询和建设管理任务；研发了核酸检测仪器所需光学核心器件……等等。在疫情开始的第一年，国机集团累计生产的医用平面口罩、口罩机、防护服压条机、熔喷布、熔喷布生产设备等 5 类产品产量均位列央企第一，为抗疫应急保供做出了重要贡献。此外，国机集团高度重视中医药“走出去”工作，在集团层面成立了中医药“走出去”工作组，协同国药集团等产业合作伙伴，助力中医药产业的海外发展。

（二）国机集团医药医疗业务基本情况

国机集团涉及医药医疗业务的二级公司共 12 家，全集团医药医疗业务具备中药、化学药品及医疗产品研发生产制造、医疗设备和耗材供应保障、医疗物资生产设备制造、生产线组装、医疗建筑工程咨询与设计、医疗建筑设计标准、医疗物资制造标准制定等医药医疗全产业链服务能力。

国机集团所属中国海洋航空集团有限公司（简称“中国海航”）原来属于海军企业，2003 年 -2008 年是国资委直管企业，目前是国机集团旗下唯一一家以医药工业为核心主业的子集团，中国海航在海军期间，从 1970 年开始生产保障类药品，1993 年开始为部队医院引进高端医疗设备，多年从事医药医疗业务，积累了丰

富的行业经验和产业基础。中国海航旗下拥有两家药厂（巢湖今辰药业、苏州乐珠制药），一家医药医经营公司（巢湖今辰医药），一家医疗器械生产企业（海虹医疗），一家医疗器械经营企业（总部医工供应链事业部），一家海外医疗服务企业（海虹白俄）。中国海航深耕现代中药、化学药缓控释剂、眼科用药及新型递药系统，拥有发明专利 25 项，有超过 20 条 GMP 生产线，生产近百种中西药，在若干细分领域具有行业领先地位。旗下今辰药业是国家高新技术企业、安徽省创新型企业、安徽省“专精特新”冠军企业，企业经营管理高质高效，过去五年年均净资产收益率 28.62%，利润总额复合增长率 23.08%，至 2024 年末，资产总额 44038 万元，所有者权益 40048 万元，资产负债率 9.06%，无银行负债。

今辰药业 2020-2024 年营收、利润表（单位：万元）

年份	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
营业收入	30185	33686	38168	40848	32714
利润总额	3568	5369	6148	7617	8190

乐珠制药是国家高新技术企业、江苏省“专精特新”中小企业、苏州市瞪羚企业，过去五年年均净资产收益率 35.77%，利润总额复合增长率 18.26%，至 2024 年末，资产总额 20500 万元，所有者权益 13171 万元，资产负债率 35.75%，企业经营管理优异，在同行业中也属于佼佼者。

乐珠制药 2020-2024 年营收、利润表（单位：万元）

年份	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
营业收入	11263	11657	13375	15034	13603
利润总额	2300	3105	4338	5003	4499

中国海航药品主导产品珍珠明目滴眼液 2023 年销售超 1.4 亿元，国内市场占有率超过 50%，市场排名多年稳居第一位；战略核心品种氯化钾缓释片 2023 年销售额超 2 亿元，国内市场占有率达到 45%，还有若干中西药品种近年也得到了高速发展，全

集团医药医疗年销售收入在 12 亿元左右，近几年均保持两位数增长。

国机集团所属中工国际工程有限公司（简称“中工国际”）医疗团队由国家勘察设计大师黄锡璆博士领衔，拥有代表中国医疗建筑最高水平的全国最大的服务团队，拥有集医疗、养老咨询规划、医疗养老建筑设计、洁净、生物安全实验专项工程、工程总承包、工程与医疗设备成套为一体的业务链条。该公司所属企业中国中元是在医院设计建设领域专业的设计院，医疗建筑专业发展 30 年来，已经建设了 1000 多所医院，包括 301 医院、协和医院、北大第一医院、北医三医院、安贞医院等。中国中元医疗建筑项目业绩覆盖我国所有地区及全世界十余个国家，主编参编 20 余项我国医养建筑设计行业标准规范，是行业标准的制定者和技术引领者，编制了传染病医院建筑设计规范 GB50849-2014（主编，国标，已发布），精神专科医院建筑设计规范 GB51058-2014（主编，国标，已发布），综合医院建筑设计规范 GB51039-2014（参编，国标，已发布），和绿色医院建筑评价标准 GB/T51153-2015（参编，国标，已发布）等 11 部医疗建筑国家设计标准。先后规划设计了中国人民解放军总医院海南分院、中国人民解放军武警总医院、北京协和医院、北京安贞医院、河北省人民医院等众多重点三甲

医院，多次荣获优秀工程设计奖一等奖。中国中元拥有国内最强的传染病医院设计能力，2003 年非典期间设计了小汤山医院，2020 年新冠肺炎期间为雷神山、火神山医院等数十家应急医疗设施提供技术支持和方案支持同时，在境外，也为赞比亚，老挝、安哥拉等几十个国别市场设计建造了很多医院。中国中元在医疗领域的年销售收入超过 11 亿元。

国机集团所属苏美达集团有限公司（简称“苏美达”）是江苏省进出口行业的标杆企业，年进出口总额超 70 亿美元，长期深耕医疗器械领域。在 2020 年医用防护物资紧缺牵动人心的时刻，按照党中央、国务院的总体部署和国资委、国机集团的工作要求，苏美达紧急转产医用防护服，10 天时间实现了从 0 到日产 1 万件的奇迹，充分体现了其专业能力、产业链整合优势和团队战斗，以实际行动诠释央企使命。苏美达公司医疗物资的进出口近年也取得了飞速发展，2023 年医疗物资供应链年销售额突破了 10 亿元。

此外，国机集团其他相关企业在医疗器械的进出口、医疗器械检验检测、医疗装备的研发生产方面也做了大量的工作，积累了一定的产业基础和市场能力。近几年，全集团涉及医药医疗的企业年均营业收入将近 60 亿元。

龙头，一方面国内市场快速增长将成为国产龙头崛起的重要支撑，另一方面国内医疗装备龙头的全球化布局有望持续扩大在国际市场的份额。在此背景下，国机集团利用长期以来在基础制造领域积累的优势，加速突破药品和医疗装备、制药装备的关键原辅料、关键零部件、先进工艺、工业软件等产业基础短板、供应链缺项和卡脖子问题。以产业链小切口解决产业发展大问题，通过供给创造需求，利用国内外市场渠道优势，不断提高优质医疗产品的供给，满足不断增长的市场需求。

（三）符合国机集团自身发展的现实需求

面向未来，战略性新兴产业是破解经济社会发展不平衡、不充分难题的关键产业，国机集团高度重视战略性新兴产业的发展布局，把加快布局发展战略性新兴产业作为积极落实国家战略、服务构建新发展格局必须突出抓好的一项重大而紧迫的任务。国机集团是中国机械工业规模大、覆盖面广、业务链完善、综合研发能力强的中央企业，拥有原机械工业部 28 家国家一类研究院所和 11 家设计院，技术领域涉及智能制造及设备、农林机械、重型装备、工程与地质装备、物流装备、节能环保装备、关键基础零部件、特种材料及制品、工程咨询与设计技术等众多行业，

具备深厚的科技创新底蕴。目前，国机集团拥有 130 余家国家级研发与服务平台，拥有 120 余家省部级科研与服务平台。其中国国家工程（技术）研究中心 9 家，国家重点实验室 6 家，国家工程实验室 5 家，国家企业技术中心 8 家，国家级产业技术创新联盟盟主单位 7 家，国际科技合作基地 4 家，省部级工程（技术）研究中心 53 家，博士后工作站 17 家，国家生产力促进中心 6 家，质检中心 58 家（其中国家级 22 个），全国标准化委员会 58 家。拥有包括院士在内的专业技术人员近 3 万人。多年来，国机集团为各行业提供了一大批重大技术装备及产品，许多技术、装备和产品达到国际先进水平，填补国内空白，为国民经济建设做出了重要贡献。

医疗装备产业是一个包含机械、电子、生物、医药等多学科交叉、知识密集、资金密集的高技术产业，国内高端医疗装备基本被欧美主流厂商（如 GPS——指 GE 医疗、飞利浦、西门子医疗）所垄断和“卡脖子”，而 GPS 也都是从机械、电子起家转型做医疗装备的。目前医疗装备领域是中国所有的工业领域里最大的短板，也是和美西方差距最大的领域。从近些年国内医药工业的情况来看，整个中央企业在医疗装备领域非常薄弱，2023 年全球医

二、国机集团大力发展医药工业的必要性和可行性

医药工业是关系国计民生、经济发展和国家安全的战略性新兴产业，是健康中国建设的重要基础。为落实习近平总书记关于人民健康和医药产业发展的重要指示精神，坚持人民至上、生命至上，完整、准确、全面贯彻新发展理念，国机集团作为我国医药医疗产业发展的“国家队”，依托本身的资源禀赋和比较优势，在医药研发制造、高端医疗装备研发制造、制药装备研发制造等方面需要发挥重要作用，加快补齐医疗器械和装备短板，积极转研转产高性能、高需求、高对外依存度的高端医疗器械产品，解决“卡脖子”问题。在此形势下，国机集团肩负历史使命，充分利用集团自身丰富的产品资源和市场资源，加快培育专业化公司，推进科技交流合作与成果转化，满足国际国内市场不断增长的现实需要。

（一）符合推动“健康中国”国家战略的需要

党的十九大提出的“实施健康中国战略”，是以习近平同志为核心的党中央从长远发展和时代前沿出发，作出的一项重要战略安排。它基于人民对美好生活的需求，旨在全面提高人民健康水平、促进人民健康发展，为新时代建设健康中国明确了具体实施方案。它要求完善国民健康政策，为人民群众提供全方位全周期健康服务，积极应对人口老龄化，构建养老、孝老、敬老政策体系和社会环境，推进医养结合，加快老龄事业和产业发展。国机集团的医药医疗全产业链服务能力能够从多方面协助推动健康中国战略的落地实施，保障优质的医疗产品供应，提供合理高效的医疗康养产品设计、规划。把医药医疗业务尤其是医疗装备业务作为战略新兴产业重点发展将赋予国机集团更强的资源整合能力与推动

医疗项目落地的执行能力，有效提高国机集团服务健康中国战略的能力。

（二）符合国际国内市场需求不断增长的需要

根据医疗器械蓝皮书数据，2017—2023 年全球医疗器械市场规模从 4050 亿美元增长至 6160 亿美元，年复合增长率约为 7.2%。预计 2024-2030 年，全球医疗装备市场规模符合增长率为 5.7%，在 2030 年突破 9000 亿美元。2017 年-2023 年中国医疗器械市场规模从 6500 亿元增至 1.27 万亿元人民币，年复合增长率约为 13%，远高于全球平均水平以及我国制造业 6% 的年符合增长率。尤其是 2020 年新冠疫情暴发以来，中央及各部委加大了对医疗器械产业重视，工信部发布《“十四五”医疗装备产业发展规划》，加大了对医疗器械进口替代的支持力度。2022 年 9 月，财政贴息支持医院贷款更新医疗设备政策，在对设备更新改造专项再贷款项目重点审核条件中，“优先国产自主品牌”、“优先首台（套）重大技术装备”成为央行审核贷款项目的着重点。2022 年 10 月，工信部、国家药监局公布人工智能医疗器械创新任务揭榜入围单位名单，将加大对揭榜任务攻关的政策和资金支持力度。医疗器械产业正处于持续升级，向纵深发展阶段。2022 年以来，体外膜肺氧合机（ECMO）、质子治疗系统、人工血管等国产创新产品陆续获批，医疗器械进口替代进程加快。随着全球老龄化进程不断加速，人民对健康关注水平不断提升，高端医疗器械市场需求将保持快速扩张。

大市场成就大企业，未来国内有望培育出一批全球医疗装备



疗装备企业百强榜，中国入围企业只有 17 家，其中，国有企业上榜仅有两家，分别是山东省国企山东新华医疗器械股份有限公司（65 位）和中国船舶参股的乐普（北京）医疗器械股份有限公司（75 位），中央医药工业企业如国药、华润、通用等无一户企业上榜。可见，中央企业在医疗装备尤其是高端医疗装备领域是缺位的，在保障人民生命健康安全方面是不足的。目前，我国高端医疗装备目前仍然主要依赖进口，在医疗器械的产业链中，上游为电子器件供应、材料供应等基础设备支撑，中游为医疗器械的制造和检测，下游为医疗机构、实验室等其他终端市场，从

国机集团的产业积累和资源禀赋来看，具备研发生产高端医疗装备的条件和基础。

从医药工业的产品销售渠道来看，国机集团具备天然的优势，医药工业的下游是医疗卫生机构、康养机构、生物实验室等，国机集团承接了国内 80% 左右的三甲医院的设计和建造，具备和终端客户的天然粘性。此外，国机集团还拥有强大的海外渠道和优势资源，能为医药工业走出去，尤其是中医药走出去提供通畅的渠道。国机集团是中国企业“走出去”的先行者和引领者，拥有 180 多家海外服务机构，海外市场成熟，基础牢固，市场开发经

验丰富，在全球具有强大的市场竞争力。历年的整体销售收入中海外销售收入大约占三分之一，利润占比为整体利润的一半。尤其是在一带一路沿线国家，国机集团是国家走出去和一带一路建设的重要力量，全系统共有 300 多家海外派驻机构，分布在 100 多个国家和地区。常驻海外人员超过 1 万人，常驻人员和临时出国人员合计近 4 万人。国机集团通过众多的大型工程项目建设(含

援建医院项目)，一方面与项目所在国高层建立了良好的关系，另一方面也通过项目的开展培养了大批精通国际市场规则和具备强大市场开发能力的人才队伍，积累了丰富的国际化经营管理经验。凭借广泛的海外销售网络、丰富的海外项目经验及市场开发能力，国机集团将充分利用海外资源，继续开拓和扩展市场，为国内医药医疗产品尤其是中医药“走出去”提供市场支撑。



三、几点思考

综上所述，医疗装备产业是关系国计民生的重要产业，国家高度重视医疗装备产业的自主可控和高质量发展，国机集团具有医药工业发展的天然优势，尤其是在医疗装备领域的资源禀赋和比较优势非常明显，发展医疗装备产业具有高度的合规性、可行性和必要性。因此，建议：

一是国机集团作为推动医药工业高质量发展的中央企业之一，应该充分发挥集团在基础制造领域的科技创新平台优势，以科技创新为核心驱动力，带动公司和行业高质量发展，为高端医疗装备的国产化进程提供先进科技力量保障；“锻造国机所长、服务国家所需”为逐步解决医疗装备领域“卡脖子”问题，为人民生命健康产业自主可控提供安全支撑。

二是国机集团的研发制造能力对突破医疗装备的关键原辅料、关键零部件、先进工艺、工业软件等产业基础短板、供应链缺口

和卡脖子问题具备先天优势，应该充分发挥自身的比较优势，布局发展医疗装备战新产业，既能丰富和完善集团的产业布局，降低对传统机械装备等产业的依赖，提升产业的附加值，增强集团的抗风险能力和可持续发展能力，也能助力集团“十五五”期间实现“第二增长曲线”，成为壮大集团装备制造核心业务的重要抓手。

三是国机集团在“十五五”期间将医疗装备产业作为未来集团重要产业转型方向，成立工作专班，设立科技专项，整合资源、加强内部协调，充分发挥自身的技术实力、生产能力和供应链优势，在医疗装备产业领域取得更大的成就。为集团的转型升级注入新的动力，为我国医药医疗产品走出去做出更大的贡献，为实现“健康中国”和“一带一路”国家战略贡献更大的力量。



DEVELOPMENT AND TRENDS OF OPHTHALMIC MEDICINE

眼科医疗的发展与趋势

◎ 作者：苏州乐珠制药有限公司 丁斌

眼睛，是人类感知世界的精妙窗户，眼科疾病类别广泛，涉及全年龄段人群全生命周期。纵观历史，眼科医疗技术的进步始终牵动着人类福祉，眼科医疗的发展更是一部融合技术突破、科学探索与人文关怀的壮丽史诗。

一、中医眼科医疗

中医眼科医疗历史悠久，源远流长，传承千年而历久弥新，是中医学的一个重要分支。中医眼科医疗相关记载最早可追溯至秦汉时期的医书《黄帝内经》，该书介绍了眼部构造，如瞳子、瞳神、神水等，并初步探讨了眼部生理功能及眼疾发病机制论及眼部疾病 40 余种，记载了中医独有的眼病针刺疗法。中医眼科药物始见于汉代的药学著作《神农本草经》，记载相关中药共计 80 余种，很多经典药材如秦皮可治目中青翳、白膜，菊花主目欲胀、泪出等流传至今。汉代张仲景的《伤寒杂病论》问世，归纳了眼病与全身脉证合参辨证治疗疾病的原则，为后世中医眼科的整体辨治起到了示范效应。隋唐时期，中医眼科学无论是在基础理论还是临床实践均取得了很大发展，唐初武德年间设置太医署，此时耳、目、口、齿疾病已从内、外科中分离出来，组成“耳目口齿科”，中医眼科朝着专科方向发展迈进。明清时期中医眼科学发展达到历史高峰，呈现出学派林立，百家争鸣之势。这一时期，无论是眼科文献的数量和质量，还是眼科理论与临床知识研讨的深度和广度，均已大大超过了以往各代。主要的眼科典籍有《原机启微》《审视瑶函》《目经大成》《眼科阐微》《银海指南》《秘传眼科龙木论》等，这些眼科专著充实了中医眼科理论与临床，提高了眼科整体水平。

新中国成立后，中医眼科得到复兴，特别是自党的十八大以来，习近平主席对中医药工作做出重要指示，强调要遵循中医药发展规律，传承精华，守正创新，加快中医药现代化、产业化，坚持中西医并重，推动中医药和西医药相互补充、协调发展。

遵循这一理念，苏州乐珠制药有限公司守正创新，坚持中医药现代化，参考古籍选取珍珠与冰片两味中药材，制成现代化中成药珍珠明目滴眼液。古籍载：珍珠，具有安神定惊、明目去翳、解毒生肌等功效。冰片，辛、苦，微寒。归心、脾、肺经。主治开窍醒脑，清热止痛。苏州乐珠研发生产的珍珠明目滴眼液具有清热，明目，止痛作用。临床用于肝虚火旺所致的不能久视，干涩不舒，眼胀眼痛，慢性结膜炎，视力疲劳等症。优良的功效与产品力使之成为家喻户晓的全国知名品牌。

二、西医眼科医疗

西医眼科医疗发端于古希腊，公元前 5 世纪古希腊人最早开始用蜂蜜治疗眼部感染。希腊医学派代表人物希波克拉底提出“视觉流体说”，同期柏拉图从哲学角度推测“眼球发射说”。公元 2 世纪古罗马的盖伦通过解剖动物眼球，提出“晶状体视觉中心论”，将眼科归属到外科领域。1543 年维萨里发表了划时代著作《人体的构造》，系统阐述了眼球结构，推翻了影响学界一千余年的“晶状体视觉中心论”，明确了眼部构造以及角膜、虹膜、视网膜的功能。1623 年德国人谢讷提出“房水循环机制”揭示了青光眼病理基础，1708 年法国人布里斯索发表了人类首部眼科专著《眼科纲要》，开始系统性描述眼病。1857 年，英国成立全球首个眼科学会。20 世纪眼科医疗进入加速发展期，1935 年磺胺类药物首次用于治疗细菌性角膜炎。1948 年氯霉素成为首个广谱抗生素眼药。1949 年 Ridley 完成首枚硬质人工晶体植入手术，帮助白内障患者视力恢复。20 世纪 70 年代，人工泪液开始用于干眼症患者的症状缓解，长效噻吗洛尔滴眼液问世有效减少了青光眼患者用药

频次，而首例玻璃体切割临床手术的成功，则正式宣告了眼科手术曾经的禁区被征服。至此，西方眼科医疗已完全迈入了现代医学时代，临床研究证据逐渐替代古代的经验医学，成为医疗活动应用决策的主要依据，循证医学也发展为指导全球医疗活动的主流方法，深刻地影响了医学不同领域的发展与思维模式。

进入 21 世纪，随着经济发展，人民生活水平提升，对眼科疾病的诊断和治疗需求亦迅速增加，推动眼科医疗朝着生物靶向与精准医疗方向发展，抗体疗法，基因疗法、细胞疗法的出现颠覆了眼科医疗传统的发展规律。为方便理解，本文将以西医眼科医疗为视角，对眼科医疗行业进行简述，挖掘眼科治疗领域未满足的需求和技术发展脉络。

三、眼科疾病及治疗方式

眼睛是人类最重要、最复杂感觉器官之一，人类感知的外界信息超过 80% 来自于眼睛所构成的视觉系统。眼睛结构包括角膜、巩膜、前房、房水、虹膜、睫状体、晶状体、玻璃体、脉络膜、视网膜、视神经等，各结构共同组成人类的视觉系统。眼睛的周围还有一些附属器，它们具有保护、支持和运动眼球的作用，是眼睛发挥正常功能所必须的结构，包括眼睑、结膜、泪器、眼外肌和眼眶。眼科的全称是“眼病专科”，是一门独立的临床学科，其主要研究发生在视觉系统包括眼球及其相关联的组织有关疾病。眼部疾病涉及多种疾病，这些疾病影响到视觉系统的不同组成部分和视觉功能。由于眼疾的范围广，根据国际疾病分类可分为：眼附属器或眼眶疾病，眼球前段（眼前节）疾病，眼球后段（眼后节 / 眼底）疾病，眼球前段和后段均受影响的眼球疾病，视觉通路或中枢疾病，青光眼或疑似青光眼，斜视或眼球运动障碍，屈光或调节障碍，眼睛或眼附件的术后疾病，视觉功能受损，视力障碍，眼睛或眼附属器肿瘤等。临床上常见的眼科疾病包括：白内障、青光眼、老年性黄斑病变、糖尿病视网膜病变、屈光不正（近视 / 远视 / 散光等）以及干眼等等。

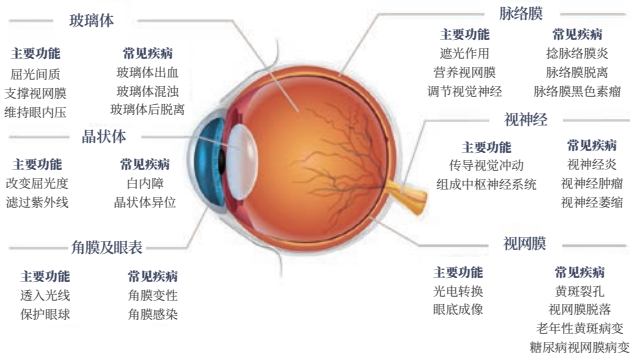


图 1 眼睛的主要结构、功能及常见眼科疾病

眼科疾病目前临床治疗方式包括药物治疗、手术治疗、激光治疗和器械矫正等。手术治疗是某些眼病的一线治疗方案，如白内障，目前尚无有效药物，需要通过人工晶体植入手术达到治疗效果；闭角型青光眼是伴有物理性前房角堵塞的一类青光眼，存在解剖学异常，需要通过手术建立眼外引流、降低眼压。其他大部分眼科疾病的主要治疗方式是通过药物治疗，随着眼科疾病的治疗策略不断丰富以及眼药研发技术的进步，未来新型的抗体疗法、基因疗法、细胞疗法能有望起到更长效的治疗效果，替代疗效欠佳的传统药物并拓展新的眼科适应症，为目前缺乏治疗药物的眼疾带来新的治疗手段。

表1 常见的眼科疾病的主要治疗方式

疾病类别	适应症	治疗方式
屈光不正	近视、远视	光学矫正、屈光手术、化学药物治疗
结膜炎	过敏性结膜炎、细菌性结膜炎	化学药物治疗
睑缘炎	睑缘炎	化学药物治疗
干眼症	水溶液缺乏型干眼、蒸发型干眼、混合型干眼	化学药物治疗
青光眼	开角型青光眼	化学药物治疗
	闭角型青光眼	激光手术治疗
白内障	先天性白内障、老年性白内障	人工晶体植入手术
葡萄膜炎	非感染性葡萄膜炎	化学药物治疗
视网膜疾病	湿性老年黄斑病变、糖尿病黄斑水肿、视网膜静脉阻塞	抗VEGF药物（抗体疗法）
	干性老年黄斑病变	基因疗法（潜在）
角膜损伤	中重度角膜损伤	角膜移植手术、干细胞疗法（潜在）
遗传性眼部疾病	单基因突变引起的罕见遗传性视网膜疾病和基因突变角膜疾病	基因疗法（潜在）

表2 美国上市的眼科植入剂

商品名称	活性成分	剂型/给药途径	规格	批准日期	申请机构
IDOSE TR	曲伏前列素	IMPLANT;INTRACAMERAL植入剂	75MCG	2023/12/13	GLAUKOS
DURYSTA	贝美前列素	IMPLANT;OPHTHALMIC植入剂;眼部给药	10MCG	2020/3/4	ABBVIE
DEXTENZA	地塞米松	INSERT;OPHTHALMIC植入剂;眼部给药	0.4MG	2018/11/30	OCULAR THERAPEUTIX
YUTIQ	醋酸氟轻松	IMPLANT;INTRAVITREAL植入剂;玻璃体内给药	0.18MG	2018/10/12	ALIMERA SCIENCES INC
ILUVIEN	醋酸氟轻松	IMPLANT;INTRAVITREAL植入剂;玻璃体内给药	0.19MG	2014/9/26	ALIMERA SCIENCES INC
OZURDEX	地塞米松	IMPLANT;INTRAVITREAL植入剂;玻璃体内给药	0.7MG	2009/6/17	ABBVIE
RETISERT	醋酸氟轻松	IMPLANT;INTRAVITREAL植入剂;玻璃体内给药	0.59MG	2005/4/8	BAUSCH AND LOMB
LACRISERT	羟丙基纤维素	INSERT;OPHTHALMIC植入剂;眼部给药	5MG	1982/1/1	BAUSCH AND LOMB INC

四、眼科药物给药递送技术

眼科药物治疗的主要给药方式是通过眼部给药，以达到治疗眼局部疾病目的，与全身给药相比，其更利于药物在靶部位富集并能减少全身不良反应。

眼给药途径的选择主要根据药物所需达到的靶部位，眼前段疾病最常规的治疗方式是局部给药，常见剂型以外用制剂为主，包括滴眼液、眼用乳膏、眼用凝胶等。眼后段疾病，主要采取局部的玻璃体内给药和眼周给药（视网膜下给药、脉络膜上给药等）为主的重复性的侵入性治疗手段。

眼前段疾病的局部滴眼剂由于受泪液清除、角膜屏障影响，导致生物利用度低、患者依从性差；眼后段疾病的玻璃体内注射治疗方式属于有创操作，存在视网膜脱离、眼内炎症等风险。

为解决上述问题，需在制剂处方和给药技术上进行创新，开发给药方便、患者用药负担小且能将药物递送到病变组织的新型递药系统成为了一个亟待解决的关键问题。立足于目前临床需求，各眼科药企加快了眼科药物给药技术的研发布局，包括长效药物递送平台、智能药物递送（如原位形成植入物）以及纳米颗粒、隐形眼镜、静电纺丝贴片和基于微针的药物递送系统等。

例如，采用纳米载药技术的眼用制剂纳米混悬液、纳米粒和纳米乳等能增加药物靶向作用，延缓释药，提高药物的眼部生物利用度，并且黏度低的特性使得药物能以滴眼液形式给药，给药方式简单方便。针对眼后部的用药难点，新的眼部注射装置也为减轻眼部注射创伤带来了可能，此外，眼内注射型缓释长效制剂也是当前研究的热点，主要包括注射用缓释微球、纳米粒、脂质体、可降解植入物等，延长药物释放周期，从而减少注射次数，提高患者依从性。逐步攻克传统给药技术的局限性后。未来有望有更多针对给药途径和剂型进行改善优化的改良型眼科新药上市，为国内患者带来更多元化、更理想的用药方式。

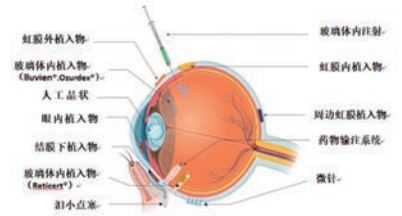


图 2 眼部新型药物递送系统

表3 创新型眼科药物递送系统技术

给药载体系统		技术原理	优势	临床应用
原位凝胶载药系统	水凝胶	在体外环境为液体形式，滴入眼部后由于温度、pH或离子强度改变而形成凝胶	延长药物滞留时间，提高生物利用度	治疗术后眼部疼痛的地塞米松眼用水凝胶植入剂
	脂质体	在体外环境为液体形式，滴入眼部后由于温度、pH或离子强度改变而形成凝胶	延长药物滞留时间，减少给药次数，包封率高	治疗由年龄相关性黄斑变性引起的脉络膜新生血管形成的光激活的脂质体静脉注射液
	纳米混悬剂	水不溶性药物以极小颗粒形式分散在合适介质中形成的胶态系统，并辅以表面活性剂增加稳定性	稳定，延长接触时间	治疗术后疼痛和炎症的氯替泼诺纳米混悬滴眼液（1%）
	纳米乳	由适当比例的水相、油相、表面活性剂、助表面活性剂混合而成的小于100nm外观澄清的热力学稳定体系	稳定，增加溶解度，提高生物利用度，减少给药次数	治疗重度干眼症的阳离子纳米乳剂滴眼液
	纳米粒	纳米粒在眼部的摄取和分布主要受粒径的影响，小于200nm的纳米粒能够分布到视网膜，更大的纳米粒仅在玻璃体、小梁网等组织分布	延长保质期，增加溶解度，提高生物利用度，减少给药次数	应用于成分为罗丹明和尼罗红的可注射纳米粒（PLGA）正处于临床前开发阶段
	纳米胶束	纳米胶束由两性分子形成，含有疏水核和亲水壳，适合跨越眼屏障递送疏水药物	提高生物利用度和理化稳定性，改善眼组织渗透性	治疗干眼症的环孢素A纳米胶束制剂（0.09%）
靶向前体药物		/	母体药物通过一定方法衍生成药理惰性化合物，在眼部经酶解获非酶途径释放出活性药物	应用于散瞳、降眼压的地匹福林滴眼液（0.1%）
眼嵌件	植入体	将药物与高分子材料混合制备成制剂或装入微形装置中，手术植入到眼部，从而使药物缓慢、持续的释放	稳定，延长药物左右时间，给药剂量准备	治疗非感染性葡萄膜炎的氟轻松醋酸酯玻璃体植入体Retisert
	载药角膜接触镜	将隐形眼镜浸泡在药水里或将治疗性药物整合到隐形眼镜的材料中，以及将包含药物的纳米颗粒植入到隐形眼镜中	延长药物滞留时间、提高渗透性，提高眼部生物利用度	治疗与过敏相关的眼痒的释放药物隐形眼镜Acuvue Theravision
眼部注射装置		微针的长度通常为25–2000 μ，可以穿透生物膜，使药物吸收进入靶部位的微创无痛的给药方式	减少注射频率，创伤性较小，可降低疼痛和感染的风险	采用微针注射，用于治疗黄斑水肿的曲安奈德注射剂进入临床III期研究

五、新型眼科医疗方向

5.1 基因疗法的突破

基因疗法是一种通过基因转移来治疗疾病的方法，基因疗法有望打开眼科遗传性疾病治疗的新时代。截至 2025 年，全球范围内有 300 多款以 AAV（腺相关病毒）作为病毒载体的基因治疗药物处于临床研发阶段，而眼科领域就有 80 多款。国内目前已超过 50 款 AAV（腺相关病毒）基因药物 IND 申报获批，其中眼科占比几乎超过四成，成为最热门的领域。

眼睛被认为是基因治疗的“理想器官”，这并非偶然，其独特的生理结构和特性赋予了它诸多优势（1）免疫豁免特权 (Immune Privilege)：眼内存在血 - 眼屏障(如血 - 视网膜屏障)，形成相对的免疫豁免区。这意味着引入的基因治疗载体和表达产物引发的免疫

反应相对较弱，有利于治疗效果的持久性和安全性；（2）结构封闭且易于给药 (Enclosed and Accessible Structure)：眼睛是一个相对封闭的球状结构，体积小，所需药量少，可以实现局部精准给药,如视网膜下注射、玻璃体内注射等，减少全身副作用。同时,眼部结构透明，便于直接观察和评估治疗效果；（3）明确的遗传靶点 (Well-defined Genetic Targets)：许多致盲性眼病是由单基因突变引起的，如 RPE65 基因突变导致的 Leber 先天性黑蒙症(LCA)，致病基因明确，为基因替代治疗提供了清晰的靶点；（4）存在有丝分裂后细胞 (Post-mitotic Cells)：视网膜中的光感受器细胞和神经节细胞等关键细胞多为有丝分裂后细胞，这意味着一旦基因成功导入并表达，理论上可以实现长期甚至永久的治疗效果，而无需担心因细胞分裂导致的基因稀释；（5）对照研究的便利性 (Convenient for Control Studies)：在临床试验中，患者的一只眼

可以作为治疗眼,另一只眼作为自身对照，便于评估疗效和安全性。这些优势使得眼科基因治疗成为整个基因治疗领域中进展最快、成果最显著的分支之一。

2017 年 12 月，由 Spark Therapeutics 公司开发的首个用于遗传性视网膜病的基因疗法 Luxturna® 获美国 FDA 批准用于靶向 RPE65 双等位基因突变导致的 Leber 先天性黑朦 (LCA)，拉开了眼科基因治疗的序幕，开启基因治疗新时代。

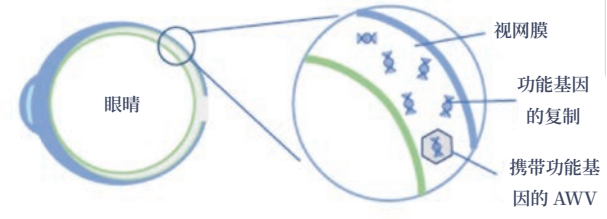


图 3 以腺相关病毒（AAV）作为递送手段的眼科基因疗法

5.2 干细胞治疗的思路

目前，基于干细胞的再生替代治疗的适应症领域主要有角膜损伤、视网膜变性等。受限于可供移植治疗的角膜数量少，角膜干细胞的治疗为中重度角膜损伤患者提供新的治疗方案，代表性药物 Holoclar® 为欧盟批准的首款干细胞眼药，经培养后的角膜缘上皮干细胞移植治疗成人患者因物理或化学灼烧而引起的角膜缘干细胞缺乏症（LSCD）。针对致盲风险高的视网膜变性，当前的治疗手段多数仅能延缓疾病进展，而利用干细胞的特性去修复和再生受损的视网膜有望达到长期、彻底的治疗效果。干细胞如胚胎干细胞（ESC）和人工诱导的多能干细胞（iPSC）具有增殖和多向分化的特性，干细胞疗法的临床前研究结果也展示其在临床治疗中的巨大潜力。

5.3 开发新靶点是眼病药物研究方向

新靶点的发现对于眼科疾病研究具有重大意义，为治疗疾病提供了全新的作用机制，成为一系列新药发现的突破口。具有代表性的靶点是血管内皮生长因子（VEGF 因子），研究发现其异常增高可引起黄斑区血管的高渗漏及新生血管的生成，抑制 VEGF 显示出显著的治疗有效性，抑制 VEGF 药物也成为了眼底新生血管疾病治疗的主要策略，目前作用于该靶点的药物有雷珠单抗、阿柏西普和康柏西普均已成功上市，并发展为成熟的抗体疗法。随着新的靶点研究的深入新的适应症范围也在不断拓展。

表4 眼科新靶点及疾病类别

疾病类型	靶点/调控机制
青光眼	腺苷受体配体、ROCK抑制剂、前列腺素和其他相关化合物的一氧化氮（NO）衍生物、LIM激酶、非甾体类EP2受体激动剂
干眼症	酪氨酸激酶、促粘液蛋白分泌
老年性黄斑变性	补体途径抑制剂、视觉周期抑制剂、mTOR

六、新型眼科疗法临床案例

6.1 抗体疗法临床案例

抗体疗法是目前最为成熟的新兴疗法，多款抗血管内皮生长因子（VEGF）新药已获得上市应用，适应症主要用于治疗新生血管性眼病，如湿性年龄相关性黄斑变性、糖尿病黄斑水肿等。代表性的产品是雷珠单抗，该产品由基因泰克和诺华联合开发，于 2006 年获批，是全球首个眼科专用 VEGF 单抗，产品通过玻璃体注射给药，可阻止视力恶化并部分恢复视力，缺陷是需每月注射，患者负担较重。

2011 年，再生元与拜耳推出了重磅产品阿柏西普，用于湿性年龄相关黄斑变性治疗。阿柏西普是一种全人类的重组融合蛋白，由 VEGF 受体 1 的第二免疫球蛋白（Ig）结合域和 VEGF 受体 2 的第三 Ig 结合域组成，与人类 IgG1 的 Fc 区融合。与其他的抗血管内皮生长因子疗法不同，它除了和所有 VEGF-A 异构体、VEGF-B 结合外，还能够与胎盘生长因子（PlGF）结合，亲和力为雷珠单抗的 100 倍。疗效更持久，注射频率降至每 2 个月一次，2023 年全球销售额超 65 亿美元，目前已成为眼底病一线药物。

国产的抗体药物主要集中在生物类似药的仿制开发，特别是随着原研药关键专利陆续到期，更是有众多药企参与其中。比如齐鲁制药生物类似药阿柏西普注射液 2023 年获批上市，雷珠单抗注射液 2024 年获得上市批准，成为国内首个成功获批的雷珠单抗生物类似药。

面对眼科抗体药物巨大市场，国内生物制药企业也开始逐步研发具备突破性价值的、拥有真正创新机制的产品。如康弘药业自主研发的新一代抗 VEGF 融合蛋白康柏西普于 2013 年获批上市。信达生物的替妥尤单抗 N01 注射液于 2025 年 3 月获批上市，该品是重组抗胰岛素样生长因子 1 受体（IGF-1R）抗体，用于治疗甲状腺眼病。

6.2 基因疗法临床案例

基因疗法虽在其他领域有所退潮，但在眼底治疗中却异常火热，眼睛因其良好的解剖学和免疫学特性成为了理想的基因治疗靶器官。基因治疗对于缺少替代疗法的遗传性视网膜疾病（IRDs）具有巨大优势，可从根本上补充或修复缺陷基因，恢复视网膜的正常生物学功能。

美国食品药品监督管理局（FDA）和欧洲药品管理局（EMA）分别在 2017 年和 2018 年批准了眼科的第一款基因治疗药物 Voretigene Neparvovec（Luxturna®, Spark Therapeutics），用于针对由 RPE65 基因突变导致的雷柏氏先天性黑朦 2 型（LCA2）的遗传性视网膜疾病。RPE65 基因负责编码将全反式视黄酯转化为 11- 顺式视黄醇的酶，这一过程是视网膜色素上皮内的视觉周期的一部分，当 RPE65 基因发生突变时会逐步发展为失明。Luxturna® 通过视网膜下注射的方式递送腺相关病毒（AAV）载体中的人类 RPE65 基因的正确编码序列到视网膜色素上皮，注射后在视网膜下形成 1 个或多个充满液体的气泡。这些气泡在视网膜下给药后 24 - 48 小时内被吸收。药物由受体介导被靶细胞视网膜色素上皮细胞所摄取吸收进入细胞核，单链 DNA 被转录成双链 DNA，随后 mRNA 在细胞体中被翻译成功能性蛋白，使患者“重见光明”。

此外，比较有代表性的基因疗法还包括对 Leber 遗传性视神经病变 (LHON) 的治疗，该病是一种母系遗传的线粒体疾病，发病率约为 1/31000 至 1/54000，全球发病人数约为 70 万。该罕见疾病是一种可导致严重视力损伤以及盲症的退行性疾病，首款治疗产品来自于欧洲药品管理局批准的 Santhera 公司旗下产品 Raxone，用于青少年及成年患者的视觉障碍治疗。

随着更多遗传性眼部疾病的突变被精准识别，基因治疗开发有了更多的靶点选择，眼部基因疗法临床试验迅速增加，目前基因疗法主要集中在单基因突变引起的罕见遗传性视网膜疾病和基因突变角膜疾病，例如视网膜营养不良、无脉络膜症、Leber 遗传性视神经病变 (LHON) 和 X 连锁视网膜劈裂症 (XLRS) 等。

6.3 干细胞疗法临床案例

干细胞已经用于眼科疾病临床研究的疾病主要有：角膜缘干细胞、口腔黏膜上皮细胞、角膜上皮干细胞等移植治疗角膜损伤；胚胎来源的色素上皮细胞、间充质干细胞治疗视网膜病变、以及造血干细胞和间充质干细胞移植治疗于自身免疫引起的一些眼部病变。

2010 年，美国 ACT 公司获得 FDA 许可，利用胚胎干细胞衍生的视网膜色素上皮细胞 (RPE) 对治疗两种退行性眼疾病：干性年龄相关性黄斑变性和少年型黄斑营养不良 (Stargardt 病)。这是 FDA 批准的涉及到源自人类胚胎干 (hES) 细胞的第二项临床试验。2012 年，该研究机构在《柳叶刀》杂志发表了一篇文章《Embryonicstemcelltrialsformaculardegeneration:apreliminaryreport》，美国研究人员利用人类胚胎干细胞 (hESC) 治疗了两名患有不同退化性眼疾病的患者，初期数据表明 hESC 治疗不仅安全，且显示出了一些治疗效力。他们将 hESCs 诱导生成了早

期骨细胞和神经组织细胞，随后这些细胞分化形成了视网膜上皮细胞，其纯度超过 99%。研究人员将大约 5 万个分离出来的视网膜上皮细胞注入到两名患者的视网膜下，其中一名老年女患者在其 70 多岁时患上了干性年龄相关性黄斑变性，而另一名中年女患者则患有 Stargardt 病，二位患者均已失明。4 个月后，研究人员发现 RPE 已被注入的视网膜上皮细胞完全取代，数据证实注入的细胞存活了下来，并改善了她们的视力。

干细胞在体外培养、纯化、增殖，定向诱导，以及移植方面的研究进展，为一些常规医疗手段难以医治的眼科疾病带来了曙光。但是，干细胞有着其不可回避的缺点，尤其是如何分化为特异性的眼睛终末细胞为其共性问题，这些困难是目前细胞疗法治疗各组织眼科疾病的障碍。

七、总结

如今眼科医疗领域正处于技术革命与模式创新的交汇点，从“复明治疗”迈向“视觉质量优化”的新阶段。未来面对眼科医疗的新趋势和挑战，应更加关注疾病的本质和机制。从这个角度观察，中医眼科辨证施治“一人一方”对应基因疗法的精准医疗，在核心理念上存在深层次的共鸣。

此外，眼科与其他医学领域，如免疫学、神经科学和生物工程学的交叉合作也将为眼科医疗的研究和发展提供新的视角和机会。这些充满潜力的方向正勾勒出“精准化”、“预防性”、“可及性”的未来图景。

尽管挑战犹存，眼科医疗向着“让每个人，无论身处何地，都能享有看见清晰世界的权利”这一目标坚定前行，终将点亮更多生命的视界。

表5 国内临床在研阶段的眼科基因疗法药物

公司	药品管线	技术路线	适应症
中因科技	ZVS203e注射液	rAAV-CRISPR/Cas9	视网膜色素变性
金唯科	JWK001注射液	AAV-anti-VEGF	新生血管性年龄相关性黄斑变性
星眸生物	XMVAC注射液	AAKVEGFANG-2	湿性年龄相关性黄斑变性
			糖尿病性黄斑水肿
诺洁贝生物	NGGT0C1注射液	LAHV2-C1P4V2	结晶样视网膜变性
	NGGT007注射液	AAV双基因	新生血管性年龄相关性黄斑变性
成都康弘	KH658眼用注射液	AAV-VEGF	治疗新生血管性(显性)年龄相关性黄斑变性
因诺惟康	IME103注射液	AAV	新生血管性年龄相关性黄斑变性
			视网膜劈裂症
贝思贝生物	BN-1001眼用注射液	AAV-VEGF	新生血管性(湿性)年龄相关性黄斑变性
瑞风生物	RM-101	AAV-USH2A	用干治疗USH2A基因外显子13突变所致的Usher综合征2型相关视网膜色素变性或非综合征型视网膜色素变性
辉大基因	HG202 eMedc	CRISPR/Cas13 RNA	新生血管性年龄相关性黄斑变性

本文资料来源

- [1] 闫飞雪，梁丽娜．中医眼科源流史略与未来发展建议 [J]．中国中医眼科杂志，2021.31(11):838-840.
- [2] 殷伯伦，殷纳新．中医眼科发展简史 [J]．江西中医药，1994,25:4-6.
- [3] 珍珠明目滴眼液（胶体溶液）药品说明书．
- [4] 菅原颖，赵文静，常惟智．珍珠的药理作用及临床应用概述 [J]．中医药信息，2010,27(02):114-116.
- [5] Focused Insights (2025-2030) Featuring Alcon, Carl Zeiss, Bausch + Lomb, Johnson & Johnson and 20 Other Industry Leaders.[EB/OL].2025-7-21. <https://www.globenewswire.com/>
- [6] 高端眼科医疗设备行业现状与未来发展趋势蓝皮书．[EB/OL].2024-4-11.<https://www.frostchina.com/content/insight/detail/66174494a2aa84f5d8ac5c9d>
- [7] 眼科药物市场发展现状与未来趋势研究报告．[EB/OL]. 2022-7-14.https://mp.weixin.qq.com/s/l4N669QI_NsK1DdnX14Egw
- [8] 眼部药物递送：新兴方法与研究进展．[EB/OL]. 2025-6-16.<https://mp.weixin.qq.com/s/JSvEO6hRUxEDQkC6vquqcA>.
- [9] FDA 官网 <https://www.fda.gov/drugs/development-approval-process-drugs/drug-approvals-and-databases>.
- [10] 眼科基因治疗：点亮“视”界，洞见未来．[EB/OL]. 2025-6-13.https://mp.weixin.qq.com/s/xcrXmfIBHJkDq_lrjSCNCQ
- [11] Krajewska, J. B., & Waszczykowska, A. (2025). Gene therapy strategies in ophthalmology—an overview of current developments and future prospects. [J].Journal of Applied Genetics, 1-13.
- [12] 2024 年回顾：眼科治疗技术的 8 大突破性创新．[EB/OL]. 2025-2-6.https://mp.weixin.qq.com/s/mi3eyH9dJd6MckSVi_fVCA
- [13] 眼科再生医学新飞跃：细胞和基因疗法为眼病患者点亮希望之光．[EB/OL].2025-6-10. <https://mp.weixin.qq.com/s/XsViMV3xizHUQOHHNUN0wQ>
- [14] 干细胞在眼科疾病的研究和应用．[EB/OL]. 2024-10-7. <https://mp.weixin.qq.com/s/INvP19BjHoHuCqH7n3NM8A>
- [15] 阿柏西普开启抗 VEGF 治疗新时代．[EB/OL]. 2022-10-20. <https://mp.weixin.qq.com/s/gIzDaZfUvNnF13HxUqbckKQ>
- [16] 信达启动“新引擎”．[EB/OL]. 2025-3-18. <https://mp.weixin.qq.com/s/DoJC0xsFukT30BahgC8cdw>.
- [17] 要有光！第一款眼科基因治疗药物的前世今生．[EB/OL]. 2022-11-17.<https://mp.weixin.qq.com/s/2--wYcgUy-wD-ijPf5D--aA>
- [18] 23 家基因疗法公司获批 IND,AAV 和眼科疾病为关键词．[EB/OL].2025-1-23. <https://mp.weixin.qq.com/s/JFNBYIs8rsAdulfn53VAiA>

附录



乐珠制药专家观点：

未来，国内的眼科创新药一定是要与国际水平同台竞争，这已经是行业的共识。想要跟上全球创新的脚步，则一定要遵循“以患者为中心”的原则，其次是结合企业自身的研发领域以及市场需求。

差异化竞争优势的建立，不仅考验企业是否具备差异化选取项目的前瞻性战略目光，还考验临床试验推进的质量和效率。对于企业来说，要接受的考验不仅是临床试验的可靠性和准确性，还有临床试验的推进速度。两者都是决定眼科新药研发能否成功的关键因素。

眼科医疗行业的未来发展潜力巨大，尤其是在新兴疗法技术创新和市场扩展方面。然而，持续的创新需要稳定的资金支持和市场回报。企业需要通过有效的市场运作来确保资金投入的持续性。国家的支持应主要集中在初期阶段，为企业创造良好的研发环境。

眼科医疗的发展，是科技与人文光辉交相辉映的历程。中国眼科医疗如要做到国际领先，在生态产业链、市场引导、政策支持和支付端激励等方向上的发力缺一不可，均是推动眼科创新的关键。唯有通过持续深化改革，才能在螺旋式上升的过程中，穿越当前的短暂寒冬，重焕生机，步入新的发展规律之中。

DESIGN OF LOWER LIMB EXOSKELETON
ASSISTANCE BASED ON HUMAN MUSCLE FORCE ANALYSIS

基于人体肌肉力分析的下肢外骨骼仿真分析设计

◎ 作者：洛阳轴承研究所有限公司 李子浩 师 歌 唐晓璐

Li zihao, Shi ge, Tang xiao lu
Luoyang Bearing Research Institute Co., Ltd., Luoyang 471039



近年来随着人口老龄化现象加剧和特殊场合需求，助力外骨骼技术在辅助医疗领域、重劳力工作场合 [1,2]、军事作战装备等 [3,4] 方向快速发展。根据需求的不同，助力对象可分为行走、跑步、搬运等方向。其中行走是人类日常运动的主要形式。据统计显示现代人每日平均行走约一万步一生行走约上亿步 [5]，期间花费的代谢量十分巨大，占据身体日常能量消耗的绝大部分，过量行走也是造成人下肢耗损的主要原因。综上所述，从降低能耗、减少肌肉疲劳、提高行走耐力等方面考虑还有大量挖掘潜力。

外骨骼技术作为人体运动学、机械工程学的交叉学科，应在人体运动学的基础上对外骨骼设计。尽管众多研究人员针对下肢在行走过程中开发了众多助力外骨骼，但在初始设计阶段普遍缺乏科学且合理的方法论、在人体运动生物力学与机械系统的融合理论的缺乏，导致很少有能实现运动过程中代谢量的降低。

摘要：针对传统外骨骼设计中将人体刚体化分析的局限性，提出基于肌肉力学分析的优化设计方法，以提升助力效果验证及内在机理分析。通过实验数据获取人体运动数据，结合 ANYBODY 软件建立肌肉参数模型；构建髋关节肌肉 Hill 简化模型，藉此对穿戴外骨骼步行过程的人机交互力及穿戴者肌 - 骨系统的肌肉激活情况等特征进行量化分析，以最小代谢量为优化目标，开展主被动混合结构设计与控制策略仿真分析。优化后方案使髋关节代谢消耗降低。该方法突破了刚体动力学框架，为外骨骼的设计与生物力学结合提供了新思路。

Abstract: Aiming at the limitations of rigid body treatment in traditional exoskeleton design, an optimization design method based on muscle mechanics characteristics is proposed to enhance the verification of assistive effect and internal mechanism analysis. Obtain human motion data through experimental data and establish muscle parameter models using ANYBODY software; Construct a simplified hip joint muscle Hill model to quantitatively analyze the characteristics of human-machine interaction force and muscle activation of the wearer's musculoskeletal system during walking wearing exoskeletons. With the minimum metabolic rate as the optimization objective, carry out active passive hybrid structure design and control strategy simulation analysis. The optimized plan reduces the metabolic consumption of the hip joint. This method breaks through the rigid body dynamics framework and provides new ideas for the design of exoskeletons combined with biomechanics.

关键词：助力外骨骼；人体肌肉力学；Hill 模型；髋关节；主被动助力

Key Words: assistive exoskeleton; Human muscle mechanics; Human body modeling; Hip joint; Active and passive assistance

中图分类号：TP242 **文献标识码：**A

从国内外现有成果来看，大多数学者在外骨骼助力效果上，只考虑关节处力矩而忽视肌肉肌腱运动对代谢能的影响，而代谢能消耗很难以传统的运动学、动力学做出解释。原因如下，首先人体运动由肌肉 - 肌腱共同作用，生物系统的复杂性导致运动过程中机械功与代谢能之间的转化并不是一一对应；其次由于跨关节肌肉以及弹性肌腱的存在，使得能量可在关节之间进行转移。因此，通过逆向动力学所求解出来的关节机械功可能会出现关节处做功与关节处的肌肉做功并不对等现象 [6]。本文研究基于 Anybody 仿真数据与 Hill 三元素模型建立髋关节简化模型，对人体行走过程中髋关节肌肉力学、能耗分析，在基于人体 - 外骨骼模型理的基础上，设计一种髋关节主被动助力装置，为运动助力外骨骼的开发提供一种基于人体运肌肉力分析和代谢量优化的研究方法。

1. 人体髋关节步态模型

1.1 步态生物力学分析

首先，受试者以 1.5m 步速行走，对行走数据采集。把实验采集的 C3D 数据 [7] 导入 Anybody 中进行肌肉运动学、动力学逆求解。步态周期如图 1 所示。

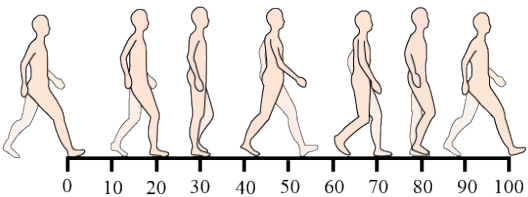
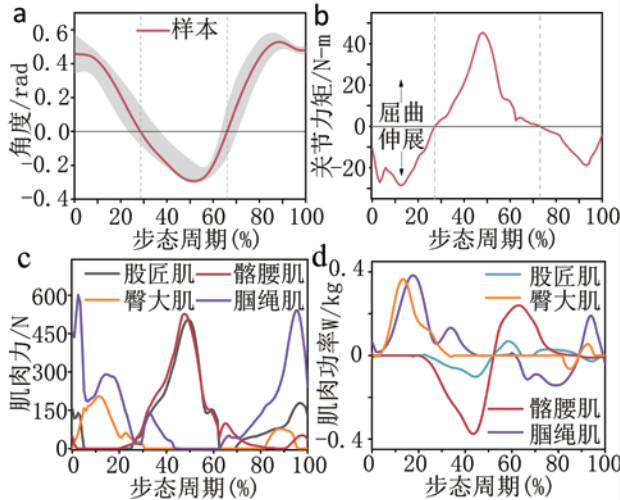


图 1 步态周期
Figure 1 Gait cycle

由 Anybody 仿真可得一个完整步态周期中髋关节主要肌群发力和功率变化情况，仿真结果如图 2 所示。按对关节功能作用区分，可分为伸展、屈曲肌群。在步态周期中，髋关节伸肌群（腘绳肌和臀大肌）在起始阶段产生峰值收缩力，其中腘绳肌在 0%-43% 阶段做正功加速髋伸展，63%-88% 阶段做负功减速屈曲惯性力，94% 时达峰值；臀大肌作用曲线稍滞后。屈肌群（髂腰肌和股直肌）主要作用于 20%-80% 阶段，50% 达峰值力，20%-50% 做负功减速伸展，50%-80% 做正功加速屈曲。

通过对比髋关节伸肌（腘绳肌群）和屈肌（髂腰肌群）的生物力学特性，选择助力目标肌群的依据如下：腘绳肌群在步态周期中作为髋关节伸肌和膝关节屈肌发挥重要作用，其肌腱具有高刚性（低顺应性）的力学特性，能够有效实现被动式能量存储与释放的弹性助力功能。同时，该肌群通过跨关节作用（髋伸展 + 膝屈曲）维持下肢动态稳定，助力时可同步降低膝踝关节肌肉激

活度；髂腰肌群（由腰大肌与髂肌组成）作为髋关节核心屈肌，在步态摆动期通过向心收缩实现髋关节屈曲，是下肢摆动相的主要动力来源，与股直肌协同构成主动屈髋系统，因此选作主动助力对象。



a 髋关节角度 b 髋关节力矩 c 髋关节各肌群总力 d 髋关节肌肉功率
图 2 一个步态周期的动力学仿真曲线
a Hip joint angle b Hip joint moment c Hip joint total force of each muscle group d Hip joint muscle power
Fig.2 Dynamic simulation curve of one gait cycle

1.2 助力对象的确定

下肢运动关节包括髋关节、膝关节与踝关节，本文以髋关节作为助力目标有以下几点原因。首先，髋关节作为躯干和下肢连接的重要关节，在人类跑步、走路、跳跃等动作都有着决定性的作用；其次，髋关节肌群多为双关节肌肉的大肌群，由于胯关节肌群的工作特性，对此关节助力能大幅度降低临近关节膝关节肌群的代谢量，例如膝关节中双关节肌群的腓肠肌。这种间接影响解释了多关节同时助力小于对各关节助力效果数值的累加；最后，与踝关节肌群相反，髋关节肌群顺应性较低，即短且硬的肌腱与相对较长的肌纤维组成，这导致了髋关节肌群的工作效率低于踝关节，由 Umberger[8] 和 Weinhandl J T [9] 的研究可知，髋关节肌肉的代谢成本远高于踝关节肌肉，占人类步行消耗的总代谢能量的近一半；综上所述对髋关节助力显得尤为重要。

2. 髋关节肌肉 - 肌腱 - 骨骼建模

2.1 Hill 肌肉模型

图 3 是经典的 Hill 肌肉模型 [10]，如图 3 所示。模型将肌肉描述为与多个弹性元素相结合的收缩单元 [11]，每个单元又按功能特性分成三部分，分别为串联主动收缩单元（CE）、并联被动弹性单元（PEE）、串联弹性收缩单元（SEE），虽然模型没有直接模拟肌肉收缩的微观机制，但可以很好地再现了肌肉的许多特性。Anybody 基于此模型搭建，本文也利用 Hill 模型对髋关节进行简化分析。

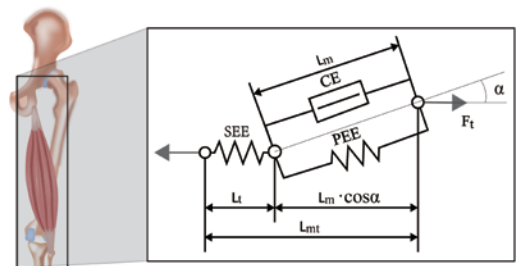


图 3 Hill 肌肉模型
Figure 3 Hill muscle model

每个 Hill 模型均包含一个串联主动收缩单元（CE）、串联弹性收缩单元（SEE）以及并联被动弹性单元（PEE）分别对肌纤维、肌腱与肌肉周围的结缔组织。 L_{mt} 为肌肉肌腱单元总体长度， L_t 为肌腱单元长度， L_m 为肌肉单元长度， $\tilde{l}_{CE}$ 、 $\tilde{V}_{CE}$ 、 $\tilde{l}_t$ 分别为串联主动收缩单元（CE）、串联被动收缩（SEE）单元标准化长度，计算公式为 $\tilde{l}_{CE} = l_{CE} / l_{CE0}$ 、 $\tilde{V}_{CE} = V_{CE} / V_{max}$ 、 $\tilde{l}_t = (l_t - l_{t0}) / l_{t0}$ ，其中 l_{CE0} 为肌肉在达到最大等长收缩时 F_{max} 肌肉长度，称为最佳肌肉长度、 v_{max} 为肌肉的最大收缩速度、 l_{t0} 为肌腱松弛长度，数据为表 1 所示。

由图可知，肌肉总单元长度 L_{mt} 为串联收缩单元长度 L_t 与串联主动收缩单元 L_{CE} 长度之和，关系如公式 1 所示， α 为羽状角，其大小决定了肌肉经肌腱作用于骨骼上力的大小：

$$L_{mt} = L_t + L_m = L_t + L_{CE} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

三元素之间的力关系为公式 2 所示：

$$F_{MTU} = F_m \cdot \cos \alpha = (F_{CE} + F_{PEE}) \cdot \cos \alpha = F_t \quad (2)$$

串联主动收缩单元（CE）与被动并联收缩单元（PEE）肌肉收缩力 - 长度关系如公式 3 与公式 4 所示，其中 $\tilde{f}_{CE}(\tilde{V}_{CE})$ 、 $\tilde{f}_{CE}(\tilde{l}_{CE})$ 为肌肉收缩速度影响因子和肌肉长度影响因子。

$$F_{CE} = F_{max} \cdot a \cdot \tilde{f}_{CE}(\tilde{V}_{CE}) \cdot \tilde{f}_{CE}(\tilde{l}_{CE}) \quad (3)$$

$$F_{PEE} = F_{max} \cdot e^{s(\tilde{l}_{CE}-1)} \quad (4)$$

将上述计算结果代入公式 5，可求得肌肉收缩运动的代谢功率：

$$P_{Met} = F_{max} \cdot a \cdot v_{max} \cdot f_{Met}(\tilde{V}_{CE}) \quad (5)$$

2.2 髋关节动力建模的建立原则

在步态分析的矢状面肌肉骨骼建模中，髋关节屈肌群简化为髂腰肌（腰大肌 + 髂肌）、股直肌和缝匠肌，伸肌群简化为臀大肌和腓肠肌群（半膜肌 + 半腱肌 + 股二头肌长头）；其中股二头肌长头和股直肌作为跨髋膝的双关节肌，其助力设计可同步影响膝关节活动，而臀中肌、内收大肌和阔筋膜张肌等对髋关节力矩贡献较小的肌群被合理忽略以简化模型，简化模型如图 4 所示。

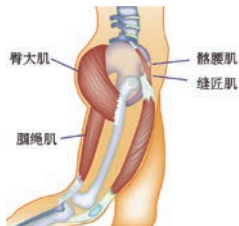


图 4
髋关节肌肉 - 肌腱 - 骨骼简化模型
Figure 4
Simplified model of hip muscle-tendon-bone

3. 髋关节助力系统建模与分析

3.1 人机耦合模型力学分析

在计算髋关节生物力矩时，各肌肉力臂随关节角度变化，其中腓肠肌（股二头肌长头）因起止点（坐骨结节至腓骨小头）呈近似直线，需动态计算其步态周期内的实时力臂，而髂腰肌群、股直肌与缝匠肌群、臀大肌群则视为固定力臂。基于已知肌群收缩力曲线、髋关节总力矩及股二头肌力臂数据，通过粒子群算法优化其余肌群力臂，图中以绿、红、黑、蓝框分别标注已知、求解、过程及优化目标数据，简化计算流程如图 5 所示。

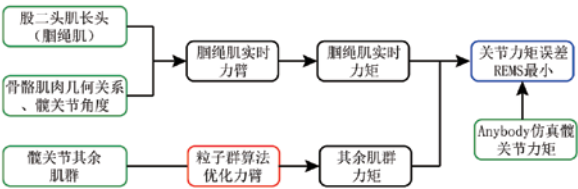
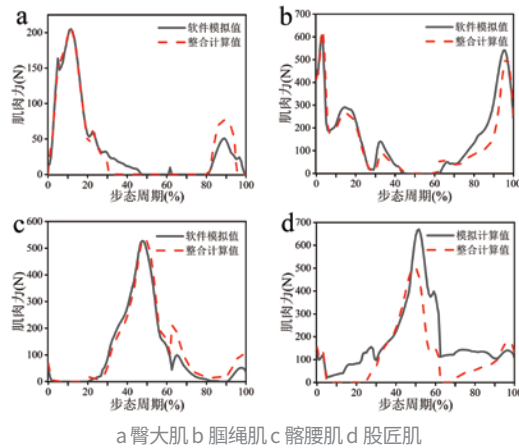


图 5 髋关节各肌群作用力臂求解流程示意图
Figure 5 Schematic diagram of the solution process for the force arm of each muscle group in the hip joint

由于仿真软件对人体肌肉细分过于细化，本文采取在不影响整体分析的基础上对其简化处理，所选肌肉数据参见表 1。采用粒子群算法优化肌群等效肌束放大系数 [7]，使均方误差最小化，放大系数分别为 6.56、1.75、5.24、1.40。除缝匠肌群因全局优化导致股直肌相位差异产生误差外，仿真曲线与计算曲线整体吻合良好，结果如图 6 所示。



a 臀大肌 b 腓肠肌 c 髂腰肌 d 股直肌
图 6 髋关节各肌肉群力与等效力曲线对比
a.gluteus maximus b.hamstrings c.ilioasoas d.sartorius
Figure 6 Comparison of the force and the equivalent force curve of each muscle group of the hip joint

表 1 肌肉基本参数

肌肉	$F_{max}(N)$	$l_{f_0}(cm)$	$L_{t_0}(cm)$	$PCSA(cm^2)$	$v_{max}(m/s)$
股直肌	1385.452	8.9737	33.2920	15.3939	0.8973
臀大肌	716.4193	17.3294	6.9453	7.9602	1.7329
股二头长头	2607.6225	9.7753	35.1742	28.9735	9.7752
髂腰肌	565.5563	5.2780	9.7429	6.28395	5.2780

根据 VICON 采集的 Marker 点和 Anybody 的模型结合，根据几何关系计算肌肉在步态中各时刻起始点坐标。在计算肌肉作用与关节力臂时，需得知步态周期内各时刻肌肉与骨骼之间的起始点坐标，其后根据直线距点关系计算时刻力臂大小，如图 7 所示。

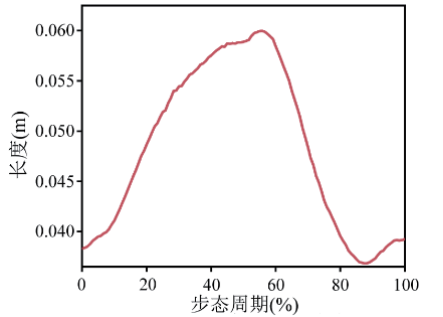


图 7 股二头肌长头力臂长度
Figure 7 Length of the long head arm of the biceps femoris muscle

在已知髋关节肌群收缩力和腓肠肌力臂的基础上，结合 Anybody 仿真软件获取的步态周期髋关节屈伸力矩数据，以髋关节力矩与各肌肉作用力矩矢量和均方根（REMS）最小化为优化目标，采用 MATLAB 粒子群算法对髂腰肌群 x1、股直肌和缝匠肌群 x2、臀大肌群 x3 的力臂进行约束优化（约束范围：0.020<x1<0.050、0.050<x2<0.065、0.065<x3<0.090，最终得到优化力臂值 D=[0.0249, 0.0624, 0.0836]，其中力矩方向规定顺时针为负、逆时针为正。

以上文优化计算得到的各肌束收缩后的肌群收缩力结合肌群作用力臂，可计算两种模型髋关节力矩的均方根误差为 6.84928 Nm、相关度 r2=0.95，对计算得到的均方根标准化为 0.103777 Nm/kg，如图 8 所示。根据以往文章中规定的肌 - 骨模型判定标准 [12]，满足人体简化模型准确度判断条件范围 RMSE<0.2 Nm/kg 且 r2>0.8 则认为简化模型力矩可以反应真实情况。

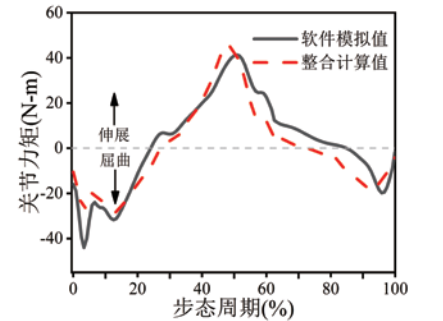


图 8 髋关节力矩对比
Figure 8 Comparison of Hip Joint Moment

3.2 主、被动外骨骼方案设计

从肌肉力量、功率输出、结构特性和功能四个层面分析,腓绳肌群(髌伸肌)在步态周期中力量更强、正功更多,其肌腱刚性大、顺应度低的特点更适合被动助力(能量吸收/释放),且对拮抗肌影响较小;同时作为跨关节肌群,它不仅能驱动髌伸和膝屈曲,还能维持膝关节稳定性(防止胫骨过度前移)。相比之下,髂腰肌(屈髌肌)功率贡献较小,主要作用于支撑相到摆动相的过渡阶段完成屈髌抬腿动作。因此综合考量,选择髌伸肌作为被动助力对象,屈肌作为主动助力对象,如图9所示。

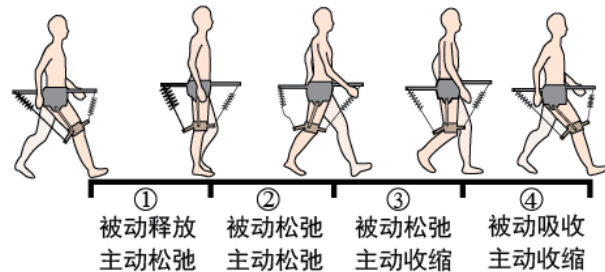


图9 髌伸肌外骨骼作用示意图
Figure 9 Schematic diagram of the role of the hip exoskeleton

现有文章在助力机构的设计存在以下问题:肌电信号只能采集表层肌肉激活程度,无法对目标肌群中深层肌肉分析;主动助力外骨骼作用区间和作用大小无法在设计阶段进行理论分析以达到最佳效果;被动外骨骼的弹簧刚度选择和刚度变化难以达到理想效果;外部助力结构储存和释放的能量均由自身的拮抗肌群产生,所以肌肉代谢量最低必然会存在助力作用的最优解。

因此,在设计阶段模拟髌伸肌被动外骨骼的助力效果,以此优化助力区间、弹簧刚度等参数,并以运动代谢最低为目标生成最优助力曲线,为后续机构设计与控制提供理论依据,被动助力简化模型如图10所示。该方法可避免传统依赖实验的试错过程,实现从机理层面精准匹配生物力学需求。

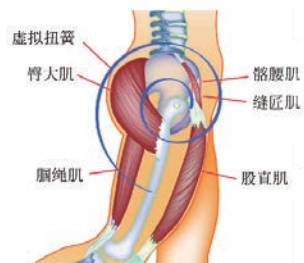


图10 加入虚拟弹簧的髌伸肌动力模型
Figure 10 Dynamic model of hip joint with virtual spring

以扭簧等效外骨骼,规定顺时针为正角度,逆时针为负角度,当髌伸肌角度小于零扭簧作用效果等同于屈髌肌群做负功储存能量,髌伸肌角度大于零等同于伸髌肌群做正功释放能量,角度为零时为临界点不做功。设扭簧弹性系数为 K ,表示每变化一单位角度时输出扭矩 k 。通过改变扭簧的弹性系数 k 模拟阻力机构的作用效果,计算在该机构作用下髌伸肌周围肌群肌肉的长度、速度、激活变化来计算代谢量的变化。扭簧提供的辅助力矩可抽象为数学表达式, α 表示髌伸肌角度大小,计算公式为

$$\begin{cases} M_k = K \times \alpha & \alpha \geq 0 \\ M_k = 0 & \alpha < 0 \end{cases} \quad (6)$$

极端情况下目标肌肉群所提供的关节力矩和辅助力矩的均方差根误差值为零,也就是肌肉仅通过外部机构助力,因被动助力时拮抗肌是助力机构的能量来源,同时扭簧储存与释放能量在髌伸肌伸和屈曲相同角度是有对称的特性,所以并不是辅助力越大越好。因此,以辅助力矩 M_k 和伸髌肌群力矩 M 方差根最小为目标即公式(4.2)所示,利用优化算法寻找最佳扭簧刚度 K ,这样在满足最大助力的同时考虑了拮抗肌为储存能量而额外做功的最小。优化得到 $K=39.5001 \text{ Nm/rad}$, $\text{REMS}=6.0011 \text{ Nm}$

$$\text{REMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_k - M)^2}{n}} \quad (7)$$

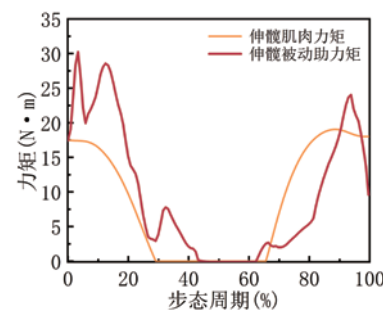


图11 伸髌肌肉力矩和虚拟弹簧助力矩
Figure 11 Hip extensor torque and virtual passive spring assisted torque

4. 助力外骨骼优化设计

考虑到在行走过程中腰部在矢状面和冠状面的相对平稳这一特性,该部位为助力外骨骼的固定位。根据髌-膝-踝生理结构,建立人体-助力外骨骼并联机构,助力机构的设计原理如图12所示。

被动机构优化已做文章表述[7],本文在此基础上对主动助力机构给与说明。髌关节角度、大腿、髌关节回转中心数据均为已知数据,设置主动助力装置上端悬臂梁相对于回转中心横纵坐标偏移量分别位 -0.2m 、 -0.12m ,下固定点在髌关节垂直角度偏移 0.025m ,弹性元件弹性系数 k_1 为 1 KN/M 。规定大腿与躯干共线时为 0 角度、助力装置长度为初始值 l_{EF_0} ,可求解助力屈髌肌群两固定点相对初始值变化量 Δl 。

$$\Delta l = l_{EF} - l_{EF_0} \quad (8)$$

理想情况下目标肌肉群所提供的关节力矩和辅助力矩相等,也就是肌肉不发力,仅通过外部机构助力,但考虑到在髌伸肌被动助力设计中,能量的吸收主要来自拮抗肌群即髌伸肌。由图11可知在步态的后段,存在屈肌代偿。因此,主动助力矩大小为代偿力矩和屈肌原始力矩总和。

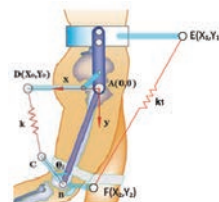


图12 助力系统一体化建模和外骨骼设计原理
Figure 12 The integrated modelling of the power assist system and the design principle of the exoskeleton

考虑到肌肉发力模式的不确定性,选用鲍登线和弹簧串联的柔性助力,助力矩大小在考虑弹性元件随角度变化的情况,通过鲍登线来调整最终作用与髌伸肌力矩大小,作用曲线如图13所示。伸髌助力矩 M_s 、弹性元件弹性系数已知,可求解助力区间内弹性元件所需伸缩量 l_t ,进而求解主动调节长度 l_{tb} 。

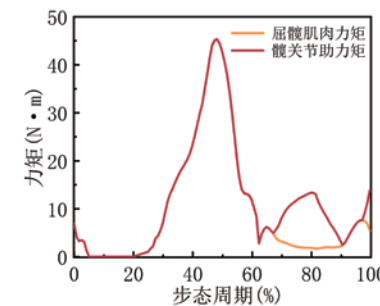


图13 髌伸肌助力矩与肌肉力矩对比
Figure 13 Comparison of hip joint assist torque and muscle torque

$$l_t = M_s / (d_{EF-A} \cdot k_1) \quad (9)$$

$$l_{tb} = l_t - \Delta l \quad (10)$$

长度调节如图14所示,正值表示需要鲍登线收紧,弹性元件加载;负值表示鲍登线放松,弹性元件卸载。由此,达到屈髌肌群的主动助力。

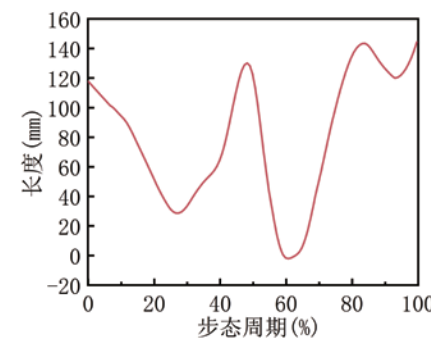


图14 鲍登线所需调节长度
Figure 14 Comparison of simplified assist torque and optimized parameter assist torque

5. 结论

本论文以人体步态运动的生物力学作为出发点,对人体髌伸肌群进化肌肉-肌腱简化建模,并对其功能与运动特性进行分析,提出了一种基于Hill肌肉模型的“人-机”一体化建模的优化设计方法,在此基础上,设计出一款协调于人体运动、轻便的被动式行走助力外骨骼原理方案,为后续外骨骼实验验证、开发做出铺垫。

未来需要进一步开展的工作包括:①外骨骼实物设计验证,以采集耗氧量的方式,计算外骨骼助力下新陈代谢降低的效能分析;②精进模型,由于各关节中髌伸肌群的相互耦合作用,对单一关节助力同时会对其余关节造成连锁反应影响最终整体的代谢能消耗,需建立下肢各关节肌肉-肌腱模型,以找到全局最佳助力方式。

参考文献

- [1] Siviyy, C., Baker, L.M., Quinlivan, B.T. et al. Opportunities and challenges in the development of exoskeletons for locomotor assistance. Nat. Biomed. Eng 7, 456-472 (2023).
- [2] 唐历华, 吕海峰, 王忠旭, 等. 民航手工搬举作业人员下背痛现状与预防 [J]. 中国工业医学杂志, 2017, 30 (2): 152-155
- [3] Bryan, G. M., Franks, P. W., Klein, S. C., Peuchen, R. J. & Collins, S. H. A hip-knee-ankle exoskeleton emulator for studying gait assistance. Int. J. Robot. Res. 40, 722-746 (2021).
- [4] Grimmer, M. et al. Comparison of the human-exosuit interaction using ankle moment and ankle positive power inspired walking assistance. J. Biomech. 83, 76-84 (2019).
- [5] TUDOR-L C, Johnson W D, KATZMARZYK P T. Accelerometer-determined steps per day in US adults[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2009,41(7): 1384-1391.
- [6] Taketomi T, Sankai Y. Stair ascent assistance for cerebral palsy with robot suit HAL[C]. IEEE/SICE International Symposium on System Integration, IEEE, Japan: 2012(2): 16-18.
- [7] 陈贵亮, 李子浩, 蔡超, 等. 基于人体动力学分析的下肢外骨骼助力设计及机构优化 [J]. 工程设计学报, 2023,30(03):362-371
- [8] Umberger B R, Rubenson J. Understanding muscle energetics in locomotion: new modeling and experimental approaches[J]. Exercise & Sport Sciences Reviews, 2011, 39(2): 59-67.
- [9] Weinhandl J T, Bennett H J. Musculoskeletal model choice influences hip joint load estimations during gait[J]. Journal of biomechanics, 2019, 91(21): 124-132.
- [10] ZAJAC F E. Muscle and tendon: properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control[J]. Critical Reviews in Biomedical Engineering, 1989, 17(4):359-411.
- [11] 邵明旭, 王斐, 殷腾龙, 等. 人体下肢生物力学建模研究进展 [J]. 智能系统学报, 2015, 10(4): 518-527.
- [12] Lloyd D G, Besier T F. An EMG-driven musculoskeletal model to estimate muscle forces and knee joint moments in vivo[J]. Journal of Biomechanics, 2003, 36(6): 765-776.

关于我国医疗高质量发展的深度思考与战略建议

IN-DEPTH THINKING AND STRATEGIC SUGGESTIONS ON
THE HIGH-QUALITY DEVELOPMENT OF CHINA'S MEDICAL CARE

◎ 作者：中国海航战新产业特聘专家、清华大学教授 马丛光



当前，我国医疗体系正站在转型升级的关键节点。人口老龄化加速、慢性病负担攀升、医疗资源分布失衡，叠加公众对健康服务的需求升级与全球医疗技术的快速迭代，传统“以量补质”的发展模式已难以为继。医疗高质量发展需突破结构性矛盾、创新瓶颈与技术壁垒，以“资源优化、创新驱动、技术赋能”为核心，构建公平、高效、可持续的医疗服务生态。

以下为具体思考与建议：



一、 破解医疗资源结构性矛盾， 需以基层医疗为突破口

我国医疗资源长期呈现“三甲医院超负荷、基层机构空心化”的失衡格局。这一矛盾的根源在于基层医疗能力薄弱，患者对其信任度不足，导致“大医院人满为患、小机构门可罗雀”的恶性循环。破解这一困局，需从人才、技术、政策三方面协同发力：

首先，人才是基层医疗的核心支撑。当前基层医生待遇低、晋升渠道窄，导致优秀人才“留不住、引不来”。建议通过制度设计打破这一僵局，例如推行“县管乡用”模式，由县级医院统一管理基层医生编制，提供职称晋升绿色通道；同时，鼓励三甲医院专家通过“远程带教+定期驻点”形式，提升基层诊疗水平。

其次，技术是基层医疗的能力倍增器。AI 辅助诊断、远程医疗等技术可大幅缩小基层与三甲医院的差距。例如，在基层推广

AI 影像诊断系统，可覆盖胸痛、卒中、创伤等急诊场景，降低误诊率；同时，建立“区域影像中心”“区域检验中心”，实现基层检查、上级诊断的服务模式，让患者在家门口享受优质医疗资源。

最后，政策是基层医疗的保障基石。需完善医保支付政策，对基层首诊、双向转诊患者给予更高报销比例，引导患者合理就医；同时，将家庭医生签约服务费与服务质量挂钩，激励基层医生主动服务，真正成为居民健康的“守门人”。

二、 突破创新药械研发瓶颈， 需打通商业化路径

我国创新药械研发虽已取得长足进步，但与发达国家相比，仍存在“原始创新不足、临床转化效率低、商业化落地难”三大痛点。创新药械从实验室到病床的“最后一公里”，需以生态构建、流程

优化、支付保障为突破口：

其一，构建创新生态是根本。我国基础研究投入与发达国家相比仍有差距，需鼓励高校、科研院所与企业联合攻关，针对肿瘤、罕见病等临床急需领域开展“揭榜挂帅”项目；同时，设立国家转化医学中心，提供从概念验证到中试放大的全链条服务，降低创新药械研发风险。

其二，优化审批流程是关键。当前创新药械审批周期长，导致产品上市滞后。建议借鉴国际经验，建立创新药械临床研究“绿色通道”，将审批周期缩短至国际先进水平；同时，推动临床研究机构（GCP）认证改革，简化伦理审查流程，加速创新产品上市。

其三，完善支付体系是保障。创新药械价格高昂，患者可及性低。需扩大商业健康保险覆盖面，鼓励保险公司开发针对创新药械的专项保险产品；同时，建立医保谈判动态调整机制，对疗效显著、成本可控的创新产品及时纳入医保目录，并探索“风险分担”支付模式，降低企业商业化风险，让患者用得上、用得起创新药械。

三、 加速医疗数字化与智能化转型， 需警惕“数据孤岛”与“应用浅层化”

医疗数字化与智能化是提升服务效率、优化资源配置的必由之路，但当前仍面临“数据不互通、应用场景单一、患者体验不佳”三大挑战。数字化转型需以数据为基、以场景为核、以患者为中心：

一方面，数据是数字化的基础。当前医疗数据分散在各医疗机构，形成“数据孤岛”，导致资源浪费与效率低下。建议构建全国统一的医疗大数据平台，整合电子病历、检查检验、医保结算等数据，并制定数据标准与安全规范；同时，推广区块链技术，确保数据不可篡改、可追溯，为精准医疗、临床研究提供数据支撑。另一方面，场景是智能化的核心。AI 技术在医疗领域的应用不能停留在“辅助诊断”层面，需向“全流程管理”延伸。例如，开发多模态 AI 诊断系统，覆盖影像、病理、基因检测等多领域，辅助医生制定精准治疗方案；同时，推广“互联网 + 医疗健康”服务，允许复诊、慢病管理、药品配送等线上服务，提升患者就医便利性，尤其是为偏远地区患者提供“足不出户”的医疗服务。

此外，患者体验是数字化的最终目标。当前部分数字化平台存在界面复杂、操作不便等问题，导致患者尤其是老年群体“不会用、不愿用”。建议以患者需求为导向，开发“一站式”健康管理平台，集成预约挂号、检查报告查询、健康咨询等功能；同时，针对老年群体，优化界面设计，提供语音交互、大字版等适老化服务，让数字化真正惠及全民。

医疗高质量发展是一场关乎国计民生的深刻变革，需以“钉钉子精神”持续推进。唯有坚持资源优化、创新驱动、技术赋能，方能破解当前医疗体系的结构性矛盾，构建覆盖全生命周期、公平可及、高效优质的医疗体系，为“健康中国 2030”目标提供坚实支撑，让人民群众享有更高质量的健康服务。



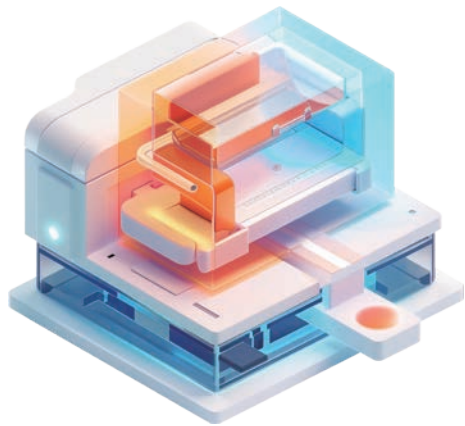
ABSTRACT OF RESEARCH ON SMART MANUFACTURING PLATFORM
FOR REHABILITATION AIDS BASED ON 3D PRINTING

基于3D打印的康复辅具智能制造平台研究

作者：中国海航战新产业特聘专家、上海交通大学教授 王金武

摘要：随着 3D 打印、人工智能、大数据等先进技术的迅速发展，康复辅具的智能制造正在成为康复治疗的重要方向。上海交通大学医学院附属第九人民医院发挥自身优势，搭建了 3D 打印康复辅具智能制造平台。该平台以患者需求为核心，为康复患者提供基于个性化治疗方案的精准设计与制造服务。本文将探讨该平台如何通过现代数字化技术提升康复辅具的个性化设计、制造、装配及后续治疗效果的监测，分析该平台在康复医疗中的应用，并展望其未来发展前景。

关键词：3D 打印, 智能制造, 康复辅具, 个性化设计, 治疗效果, 人工智能, 国家战略, 长三角战略调研



1. 引言

随着全球人口老龄化的加剧，康复医疗行业面临着日益严峻的挑战。传统的康复治疗手段和康复辅具难以满足不同患者日益增长的个性化需求，亟需通过新技术手段进行突破。在此背景下，3D 打印技术与智能制造在康复医疗中的应用显得尤为重要。

上海交通大学医学院附属第九人民医院的 3D 打印康复辅具智能制造平台正是在这一背景下应运而生。通过该平台，医院能够为患者提供个性化、精准的康复辅具设计和定制生产。这一平台不仅依托现代制造技术，还积极响应国家战略部署，推动长三角地区及全国的康复医疗产业发展，推动技术创新与产业化。

2. 国家战略背景与长三角战略调研

在国家层面，“健康中国战略”为我国的康复医疗行业发展提供了坚实的政策基础。近年来，国家对医疗健康领域的关注不断加深，康复医疗作为改善人民健康水平的重要组成部分，受到了越来越多的支持。特别是在“十四五”规划中，国家提出要推动智能医疗和智能制造的深度融合，明确要求加快建设“智慧健康”产业，推动大数据、云计算、人工智能等技术在医疗行业的应用。

长三角地区作为我国经济最发达、创新最活跃的区域之一，已经把“智慧健康”与“智能制造”作为未来发展重点。推动区域性健康产业协同发展、促进技术创新是长三角地区未来医疗产业的核心战略之一。长三角智慧康复产业技术创新战略联盟的建设，便是这一战略的具体体现。该联盟旨在通过整合区域内的创新资源，促进康复医疗产品的智能化和产业化，推动医疗器械领域的技术创新，提升行业整体竞争力。

另外，根据江苏省智慧康复体系建设与跨区域应用示范研究报告中提出的相关政策，江苏省已明确把智慧康复作为未来五年内的重要发展方向，并积极推动各类智能康复技术的研发与产业化应用。同时，报告强调了应当依托大数据、云计算等技术平台，实现医疗服务数据的共享与互联互通，推动康复医疗设备的智能化发展，以更好地满足人口老龄化和慢性病患者的需求。

3. 3D 打印康复辅具智能制造平台概述

3D 打印康复辅具智能制造平台结合了 3D 打印技术、人工智能、大数据等先进技术，为患者提供个性化的康复辅具解决方案。与传统的康复辅具制造方式不同，平台能够精准采集患者的身体数据，设计并制造出符合其个性化需求的康复设备。平台的技术流程如下：

数据采集与预处理	通过3D扫描技术、传感器采集患者的身体数据，如体型、关节活动范围等，为后续设计和制造提供精确数据。
智能设计与仿真	利用人工智能算法对患者的身体数据进行处理，生成多种个性化设计方案，并通过仿真技术验证每个方案的效果。
3D打印制造	平台通过3D打印技术快速、精确地制造出定制化的康复辅具，满足患者特定的治疗需求。
治疗效果监控与反馈	平台通过嵌入传感器来实时监控患者使用辅具后的效果，根据实时数据反馈调整设计，确保治疗效果。

4. 个性化治疗与 3D 打印技术

3D 打印技术的核心优势之一是它能够根据患者的具体需求，定制出符合个体差异的康复辅具。传统的康复辅具往往难以完全符合每个患者的特定需求，尤其是在患者有特定体型、特殊疾病或术后恢复需求时，个性化治疗显得尤为重要。

基于数据的个性化设计：平台通过 3D 扫描技术准确采集患者的身体数据，结合患者的治疗需求，生成多种康复辅具设计方案。每个设计方案不仅考虑患者的身体尺寸，还结合患者的活动范围、舒适度需求等因素，确保个性化治疗的实现。

快速调整与迭代：在康复过程中，患者的需求可能会随治疗进展而发生变化，3D 打印技术的快速响应能力使得平台能够及时根据反馈调整设计，重新打印出新的康复辅具，避免了传统制造方式中的漫长等待时间。

提高治疗效果：通过定制化的康复辅具，患者可以得到量身定制的支持，不仅能够更有效地进行治疗，还能提高康复过程中的舒适感和耐用性。这种个性化的治疗方案能够显著提高患者的依从性和治疗效果。

5. 3D 打印技术的优势与应用

3D 打印技术在康复辅具制造中具有显著的优势：

高精度与快速制造：与传统的手工制作或大规模生产方式相比，3D 打印能够在短时间内制造出高精度、符合个性化要求的康复辅具，大大缩短了生产周期。

灵活性与适应性：3D 打印技术能够根据患者的具体需求制造出复杂形状的辅具，尤其适用于需要特殊支持或定制的患者。

低成本与高效益：通过 3D 打印，平台能够减少材料浪费，降低生产成本。而且，患者可以根据实时的治疗需求进行调整，避免了传统康复辅具生产中频繁的修改和返工。

6. 政策支持与行业建议

根据技术成果报告：江苏省智慧康复产品临床应用指南报告中的建议，江苏省正在积极推动智慧康复产业的健康发展，特别是利用 3D 打印技术和智能制造提升康复产品的功能性和适应性。该报告还建议，应该加大对智能康复辅具的研发投入，特别是在人机交互、人工智能与机器人技术的结合方面，以推动市场化应用。

此外，长三角智慧康复产业技术创新战略联盟的建议中提到，为了促进区域健康产业的协同发展，应该加强跨行业的技术合作与标准化建设，推动技术创新与产业应用的融合，建立公共技术平台以促进知识产权的共享和保护。这为未来智能康复设备的推广与应用提供了有力的政策支持。

长三角区域内的协同创新体系强调要整合医疗机构、科研机构、企业及社会资源，通过平台化的合作模式提升整体行业的技术水平和市场竞争力。在国家政策支持下，康复医疗产品的智能化、个性化定制将成为未来发展的核心方向，3D 打印康复辅具将为各类患者提供更为精准的治疗方案。

7. 结论与展望

3D 打印康复辅具智能制造平台的推出，代表了康复医疗领域的一次重要技术突破。通过智能化、个性化的康复辅具设计和制造，平台能够为患者提供更精确、舒适的治疗支持，同时推动康复医疗设备产业的数字化转型。平台的应用不仅提高了治疗效率，还为患者提供了更好的治疗体验。

随着国家“十四五”规划对智能医疗与健康产业的高度重视，特别是长三角地区在智能制造和康复医疗技术上的战略布局，预计未来几年，智能康复医疗设备将迎来更广泛的应用和发展。智能制造将成为康复医疗行业的主流趋势，推动整个行业向更加精准化、智能化、个性化的方向发展。



RESULTANT FORCE MOVING FORWARD TOGETHER

SINOMACH AND CHINA ACADEMY OF CHINESE MEDICAL SCIENCES
JOINTLY DEVELOP INTELLIGENT EQUIPMENT FOR TRADITIONAL CHINESE MEDICINE

国机集团与中国中医科学院 联合研发中医药智能装备

国机集团与中国中医科学院联合研发的中医药智能装备——中医诊疗仪目前已上市。该项目由国机集团党委常委、副总经理、总工程师陈学东院士和中国中医科学院院长黄璐琦院士牵头，来自国机集团和中国中医科学院两个研发团队的专家和研发人员历时近三年研发成功。

目前，国机集团和中国中医科学院在中医药智能装备领域的声呐传感脉诊设备、中药材检测设备、中医智能评估技术、中医治疗机器人等项目的研发上进行了合作。

黄璐琦院士对国机集团积极参与中医药智能装备研究表示肯定与赞赏。他指出，医工结合在中医药发展中具有重要价值和广阔前景，希望与国机集团共同搭建最好的平台，凝聚最强的力量，围绕市场实际需求，大力推动中医药科技创新和医药装备研发，为中医药人才培养与中医药产业高质量发展提供支撑。

陈学东院士感谢中国中医科学院对集团的信任和支持。他指出，发展中医药是党中央的要求，习近平总书记多次在重要场合强调要发展中医药，中医药在我国抗疫中发挥了重要作用。国机集团高度重视中医药发展，积极发挥自身技术优势助力中医药装备开发。双方意向合作项目，符合国家战略，是落实“四个面向”的具体实践，集团将积极对接中国中医科学院，以医为主，医工深入融合开展联合研发，通过内部揭榜挂帅等方式推动合作项目有效落实，助力中医药现代化、产业化发展。

为进一步提升中医药诊疗设备智能化水平，推动中医药领域智能化发展，中国中医科学院与国机集团建立共赢、可持续发展的战略合作伙伴关系，双方通过医工结合、药工结合，产学研用结合，力争在中医药领域智能制造、产品工程化、产业化等方面取得重大突破。此前，双方联合申报的国家中医药管理局中医药多学科交叉创新团队“中医药智能设备开发创新团队”已成功立项。





中国海航与国机研究院开展医疗装备业务合作交流

近期，中国海航党委书记、董事长、总经理余小元带队前往国机集团科学技术研究院有限公司拜访交流，与国机研究院党委书记、董事长章晓斌进行了座谈交流。

章晓斌介绍了公司的基本情况，国机研究院立足院所行业定位，结合国家重大战略需求、行业发展趋势，开展技术预见研究，布局行业顶层设计，推进原创技术策源地、创新联合体建设，积极培育战略性新兴产业和“专精特新”产业发展。希望和中国海航开展全方位、多层次、多领域的合作。

余小元介绍了中国海航的基本情况以及在医药医疗健康领域

的竞争优势。中国海航积极服务国机集团总体战略，聚焦主责主业，致力于向医药制造、医疗装备及制药装备转型发展，希望双方加强沟通交流，发挥各自优势，广泛开展合作，共同推动企业高质量发展。

双方团队就医疗装备的研发制造、中医诊疗设备应用场景开发、智慧医疗等领域的合作方向进行了深入探讨。双方表示，后续将进一步加强沟通，建立合作机制，共享平台资源，拓展合作领域，实现优势互补、互利共赢，打造国机集团内部协同合作典范，成为服务健康中国战略的国机力量。



中国海航与轴研所开展医养机器人业务合作交流

近期，中国海航与轴研所就开展医养机器人业务合作进行了多次交流。2月份，中国海航党委书记、董事长、总经理余小元带队前往轴研所拜访交流，了解轴研所的历史沿革、经营发展、科技创新、战略规划等方面情况。6月份，轴研所党委书记、董事长陈恩厚带队前往中国海航拜访交流，了解中国海航的历史沿革、战略规划、业务布局等情况，以及在医药医疗健康领域的竞争优势。双方团队就医疗康养机器人项目情况、高端医疗装备研

发制造和注册推广医疗器械智能制造、战新产业培育等方面的合作进行了深入探讨。

双方表示，后续将进一步加强业务交流和沟通，在医疗健康、医工交叉领域发挥各自优势，围绕高端医疗装备研发制造和注册推广、医疗器械智能制造、战新产业培育等方面加快建立合作模式和工作机制，共同打造集团内部协同合作典范。





一、反商业贿赂：国家市监总局颁布《医药企业防范商业贿赂风险合规指引》

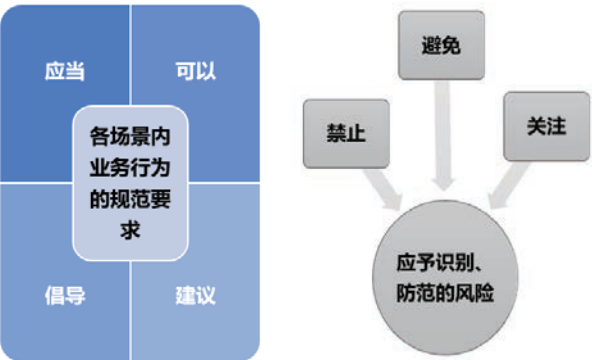
2025 年 1 月 14 日，继征求意见稿发布 3 个月后，国家市监局正式发布了《医药企业防范商业贿赂风险合规指引》（“《指引》”）。作为中国首部由政府监管部门发布的全国性医药行业防范商业贿赂的合规指导意见，《指引》系统地梳理并汇总了医药企业在研发、生产、流通、推广等活动中的风险活动场景，将专业性强、概括度高的法律法规予以场景化、具象化，帮助医药企业更好地理解 and 执行相关法律法规，对医药行业合规管理与实践将产生重大影响，为医药企业及相关第三方提供了操作性强的合规参考。

（一）场景化描述兼具实操性指导



（二）风险分级列举引导企业识别与防范

《指引》对于各场景内业务行为的规范要求和医药企业应予识别、防范的风险，进行了分档提示与分类规制：



（三）覆盖医药领域的全领域和全链条的主体类型



二、医保基金监管：医保骗保专项新规与行动深入推进

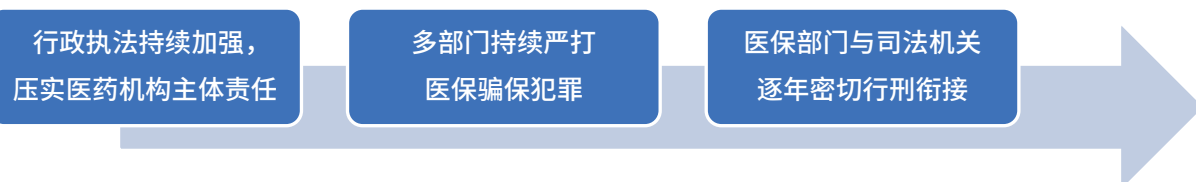
医保基金是人民群众的“看病钱”、“救命钱”，事关人民群众的切身利益，事关医疗保障制度健康持续发展。为维护医保基金的安全和医疗保障体系的可持续发展，近期以来，最高人民法院、最高人民检察院、公安部、国家医保局、国家卫健委等部门从立法与执法层面深入推进医保骗保专项新规与行动，防范与规制医保骗保行为。

（一）医保骗保专项新规概要介绍及解读

新规文件	与医保骗保相关要点
《关于办理医保骗保刑事案件若干问题的指导意见》（“《指导意见》”）	明确医保骗保定罪处罚、法律适用、政策把握、办案要求及有关工作制度机制等相关问题，重点打击幕后组织者、职业骗保人等，明确从严从重处罚和从宽处罚的情形，强化全链条惩治医保骗保相关犯罪，加大财产刑的力度，规范罚金刑适用，从严掌握缓刑适用。
《2024年医保基金违法违规问题专项整治工作方案》（“《2024整治方案》”）	聚焦虚假诊疗、虚假购药、倒卖医保药品等欺诈骗保违法犯罪行为，开展严厉打击；聚焦医保基金使用金额大、存在异常变化的重点药品耗材，动态监测基金使用情况，重点查处欺诈骗保行为；聚焦纠治一体，对骨科、血透、心内、检查、检验、康复理疗等重点领域，全面开展自查自纠，持续推进问题整改。
《关于开展2024年医疗保障基金飞行检查工作的通知》（“《2024飞检通知》”）	针对定点医疗机构，重点查处欺诈骗保、以前年度已经重点检查并自查自纠的领域、药品耗材网采情况等五个方面；针对定点零售药店，重点查处虚假购药、参与倒卖医保药品、串换药品等三个方面。
《2024年纠正医药购销领域和医疗服务中不正之风工作要点》（“《2024纠风要点》”）	强化医保基金监管，保持打击欺诈骗保高压态势；完善价格治理，持续推动医保支付方式改革。
《关于规范医保药品外配处方管理的通知》（2024年10月16日颁布并实施）	进一步在全国范围针对金额高、费用大、欺诈骗保风险高的开方药品开展专门检查，要求做到“五个必查”。



（二）医保执法动态



对企业的建议

鉴于合规监管趋严，建议企业结合自身实际情况，不仅需要做好相关合规风险的排查与预防工作，而且应及时开展自查自纠，为企业巩固合规经营基本面：

开展重点岗位人员合规体检。

对重点部门、重要岗位、高风险人员等进行全面合规体检，结合本行业、本企业高发的合规风险和典型违纪违法案例，着重排查商业贿赂、医保诈骗等内外部合规风险，以点面结合、以点带面等方式，全面完善对相关部门和人员的常态化合规管理。

完善重要合规制度与体系建设。

进一步完善企业的合规制度与体系，防范因员工个人行为对企业合法权益造成侵害。例如在行贿犯罪中，若企业无法提出证据证明该员工行为仅代表其个人，则可能被追究单位行贿的刑事责任。

加强对全体员工的合规培训。

针对合规管理领域的新法新规，有必要针对不同员工更新知识，提高其对商业贿赂、医保诈骗等违法犯罪行为的识别与防范意识。

开展自查自纠，保障企业行稳致远。

若企业或其相关人员涉案，将对企业的正常经营、产品商誉等造成重大负面影响。因此，企业应当在全面构筑并运行合规体系的基础之上，针对违纪违法的个案线索，积极应对，正确处置。企业可畅通内部举报，开展内部调查。内部举报是企业合规经营中应当认真把握的风险控制的重要契机，其对排查风险，避免更大损失的重要性不言而喻。针对个案线索，企业可在内外部专业人员的帮助下，采用合法的合规调查方法开展内部调查，从而识别风险、亡羊补牢。如果识别出行政违法和刑事犯罪的风险，也可以及早与有关部门开展沟通，从而获得减轻和宽大的处置结果。



中国海洋航空集团有限公司（简称中国海航）发源于人民海军，是经国务院批准，由原海军管理的 7 家属级单位及其所属企业共 68 户法人单位共同组建而成，现为中央直接管理的国有重点骨干企业——中国机械工业集团旗下唯一一家以医药医疗健康为核心主业的子集团。中国海航在北京和上海设立“双总部”，全级次法人企业 29 家，主要分布在上海、苏州、合肥、大连、青岛、广州、海口等沿海地区，业务领域涉及医药医疗健康、特色领域制造和供应链服务、专业化投资与资产运营三大板块。



在医药医疗健康领域，中国海航深耕现代中药、化学药缓控释制剂、眼科用药及新型递药系统，生产中西药产品 100 余种，拥有 25 项发明专利，氯化钾缓释片、珍珠明目滴眼液销量全国领先。中国海航积极延伸医疗装备产业链，探索制药装备制造，布局医疗器械智能制造、生物 3D 打印医疗器械等业务。

中国海航的高端医疗装备供应链业务覆盖国内 200 余家大型医院、军队医疗机构，并在“一带一路”沿线重点国家和地区推动中国先进医疗器械成果产业化。

中国海航坚持以医药医疗健康产业为主体、以特色领域制造与专业化投资运营为两翼的“一体两翼”战略布局，以建设国内一流医药医疗健康相关产业发展服务商为目标，持续锻造医药医疗特色制造及相关产业服务能力，成为服务健康中国战略的国机力量。