

口腔种植机器人口腔辅助系统与应用的相关策略分析

纪妍¹ 邹欣欣² 佟云霞²

1. 佳木斯大学附属口腔医院 黑龙江佳木斯 154002

2. 佳木斯大学附属第一医院 黑龙江佳木斯 154003

摘要：在数字化口腔种植行业，种植机器人已经成为医生手脑的延伸，数字化种植团队医生和护士相互配合，机器人在拯救人类生命方面也发挥着重要作用。口腔种植牙机器人是机器人领域和医学界各种前沿技术和思维融合的新成果。种植牙是社会老龄化最常见的问题之一。解决种植牙外科医生短缺的问题，直接关系到老龄化社会的需求和医疗资源的均等化。研究借助实际案例，探索医疗行业机器人的创新点，聚焦种植牙机器人的新价值，以期取得一些成果。加入口腔种植机器人机械臂，完善口腔种植技术。

关键词：机器人；创新设计；学科融合；口腔医学；种植牙

Analysis of the Related Strategies of Oral Cavity Assist System and Application of Dental Implant Robot

Ji Yan¹, ZOU Xinxin², TONG Yunxia²

1. Affiliated Stomatological Hospital of Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjia 154002

2. The First Affiliated Hospital of Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154003

Abstract: In the digital dental implant industry, implant robots have become an extension of doctors' hands and brains. Doctors and nurses in the digital implant team cooperate with each other. Robots also play an important role in saving human lives. Dental implant robot is a new achievement of the fusion of various cutting-edge technologies and ideas in the field of robotics and medicine. Dental implant is one of the most common problems in the aging society. Solving the shortage of dental implant surgeons is directly related to the needs of an aging society and the equalization of medical resources. With the help of practical cases, this study explores the innovation of robots in the medical industry, focuses on the new value of dental implant robots, and expects to achieve some results. Add the mechanical arm of dental implant robot to improve the dental implant technology.

Keywords: Robot; Innovative design; Discipline integration; Stomatology; Dental implant

引言：

随着口腔种植机器人在医疗行业的应用和推广，口腔医学研究人员开始使用机械设备代替传统的人工处理^[1]，在机械设备的帮助下，口腔辅助护理的效果有了很大的提高。在智能技术的支持下，简单的机械设备即可解决常见病^[2]。然而，在日常的口腔护理过程中，如何以简单的流程方法论处理复杂的口腔辅助护理工作，已成为当前研究的热点。根据该研究，口腔辅助护理系统的研究和设计已经取得了一些进展，但经过一段时间的临床验证，可以看出现有的辅助护理系统还有时间优化的空间。本世纪初以来，我国开始研究口腔机器人的设计，模仿口腔科医生的操作和处理过程，设置多层次的操作

自由度，实现辅助护理。

1 “机器人”在医疗行业的应用优势

1.1 降低医疗事故发生率

约翰霍普金斯大学的一项研究发现，医疗事故可能是继癌症和心脏病之后的第三大死亡原因，估计每年有250,000名患者死于医疗事故。一个人再细心，再准确，也难免会犯错，尤其是人脑的力量达到极限，出现疲劳时，犯错在所难免。综合各种因素，“机器人”比人类医生更强大^[3]。“机器人”拥有超人的视觉，“看”到物体在三维空间中的位置；“机器人”还具有人类手臂无法达到的微米级控制力，使开放性伤口可以储存到条件允许的最小尺寸；“机器人”也不累。经过数千次手术或数万

次X光检查后，它仍然不需要数小时的休息和睡眠。借助人工智能的大数据智能分析，“机器人”也可以与全球医疗数据资源达成“共识”，进行更有效的分析和预测。

1.2 提高医院工作效率

1.2.1 提高分诊效率

在分诊环节，“机器人”可以帮助医院提升效率和体验。以Pepper机器人为例。它识别20种人类语言。除了理解语言，Pepper机器人还可以检测物体是男性、女性还是儿童。并根据性别、年龄和目标诉求提供更有效、更准确的反馈，为患者保驾护航。像Pepper的机器人这样的“社交机器人”更像是治疗或康复的辅助工具，帮助孩子克服对手术的恐惧。Pepper机器人可以代替人类接待员单调重复的工作。

1.2.2 提高康复效率

使用ReWalk机器人外骨骼，这是一种动力髋关节和膝关节外骨骼，使行动不便或坐轮椅的用户能够再次站立和行走。这套外骨骼包括两个子部件，ReWalkPersonal和ReWalk。ReWalkPersonal专为人们日常使用而设计，可以由每个用户定制；ReWalkRehabilitation专为临床康复环境而设计，可提供有价值的锻炼和治疗，并使个人能够评估他们未来对ReWalk个人能力的使用。这种医疗机器人外骨骼设备的整个系统包括一组支撑组件，在臀部和膝盖处有四个独立的直流电机，一个带有可充电电池的背包，以及一个基于计算机的控制系统。ReWalk控制步进模式和节奏，包括获得专利的倾斜传感器技术、板载计算机和用于触发运动的运动传感器。传感器可以检测各种参数，包括上身和躯干的当前姿势或腿部的预期前进，并能够辅助坐姿、站立、静态站立和行走水平。这套外骨骼通常用在两个前臂拐杖上。在机器人外骨骼的帮助下，不同身体状态的患者都能得到不同程度的康复改善和自理能力的提升。

2 机器人已经应用到口腔种植

口腔机器人可用于口腔医学中大量类似的日常重复性任务，如各种牙齿准备、牙周刮治、根管准备、口腔修复、正畸托槽粘接、弓丝增强等。工作、内容、流程相同，临床上是重复性强、劳动强度大、效率低的工作。从理论上讲，牙科机器人技术实现了一些口腔医疗过程的全自动化，如义齿制作、牙齿准备、肿瘤定位和穿刺手术、牙种植体定位和种植。此外，机器人技术在教学和科研方面也发挥着重要作用和影响^[4]。

3 口腔辅助护理系统硬件和软件设计

3.1 硬件设计

3.1.1 设计口腔种植机械人控制板

控制板结构采用主控板与驱动板独立的方式，并在两个控制板之间放置一个六角铜柱螺钉，形成的控制板结构如图1所示：

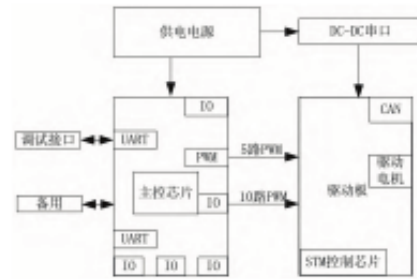


图1 设计的控制板结构

在上图所示的控制板结构下，主控板内的芯片采用TM4C123G型号，串联一个SK24的二极管后，控制芯片的工作频段为2.4GHz，连接芯片内部的IO串口，采用增强型的微控制器控制主控板的各组成元件，集成为控制器内的RAM。利用UART接口连接备用串口与微控制器的调试接口。在驱动板内部以CAN收发器作为处理核心，内部集成一个三极管的结构形式，并控制三极管与STM控制芯片串联，组建形成一个稳定收发结构。驱动电机选定JFET型号，控制高电平接入低电平输出后，控制控制板的稳定运行。控制板结构组装完毕后，设计机器人接口电路^[5]。

3.1.2 机器人接口电路设计

使用微控制器内的模数转换器，在设计机器人的接口电路时，在机器人接口与控制板之间设定一个调理电路，调理电路以OPA2343芯片作为电路阻抗，直接转换电源电压至3.3V，并将该电压作为接口电路的标准电压。为了平衡硬件结构中的荷载，在芯片外部串联一个数值为0.1F的阻抗，平衡电路内部冗余的电压，形成的接口电路结构如图2所示：

在上图所示的接口电路结构下，调用芯片的INA引脚对应输出以太网接口后，控制输出引脚OUTA直接连接一个2.0kΩ的

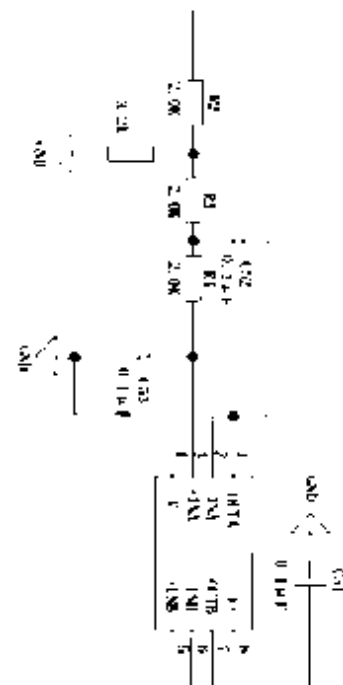


图2 组建形成的接口电路结构

电阻，OUTB引脚接地。在V+引脚上与AGND之间构建一个ESD作用，拓展硬件结构产生的输出。在微控制器的IO串口串联一个保护二极管，控制微控制器的电压在0.6V~1.2V左右。辅助护理系统硬件结构设计完毕后，设计口腔辅助护理系统软件。

3.2 软件设计

3.2.1 设定辅助护理动作运动空间变量

在设定辅助护理动作运动空间变量时，采用D-H参数法标记机械臂的坐标系，设定关节的空间变量为 $[\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4]^T$ ，此时，辅助护理动作产生的位姿数值关系可表示为：

$$T^i = \begin{bmatrix} \sin\theta_i & \cos\theta_i & -\cos\alpha_i & \alpha_i \cos\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中， T^i 表示位姿数值函数关系， α 、 θ 均表示不同辅助护理动作形成的夹角， i 表示实际产生的位姿点。重复变换不同的辅助护理动作，当上述数值关系(1)中的变换矩阵出现齐次项时，采用MATLAB软件依次相乘齐次项参数。为合理化地控制期望参数，设定一个三角恒等变换过程，引入一个 m 参数，构建形成的变换过程可表示为：

$$m = \frac{\cos\theta - n}{d} \quad (2)$$

其中， n 表示恒变参数， d 表示解量参数， n 表示标准值域参数。将引入处理的参数整理为循环处理过程后，不断替换变量中的随机参数，替换处理过程可表示为：

$$c = \frac{u + a_1}{a_2 + a_3} \quad (3)$$

其中， u 表示变换参数， a_1 、 a_2 、 a_3 分别表示循环处理产生的参数。当重复处理变换参数为数值1时，对应计算得到的运动空间变量作为处理对象，利用软件编程处理实现辅助护理软件功能。

3.2.2 软件功能实现

对应上述构建的空间变量数值关系，采用示教器编程处理上述辅助护理动作的运动空间变量设定过程，采用在线编程的形式，利用URScript脚本语言编程处理为多个组合变量，控制口腔辅助护理处理过程，为控制口腔种植机器人定位的精度，设定多个变量设定过程，最终形成的脚本编程函数处理过程如图3所示：

在图3所示脚本编程函数的控制下，处理载体系统的上位机通过调用RPC进行扩展。该功能实现软件扩展后，建立软件编写的护理开关场项目，在多源开发环境中嵌入各类软件，支持协议。为消除多方协议造成的一致，相当于不同的辅助护理指令，在辅助护理指令中

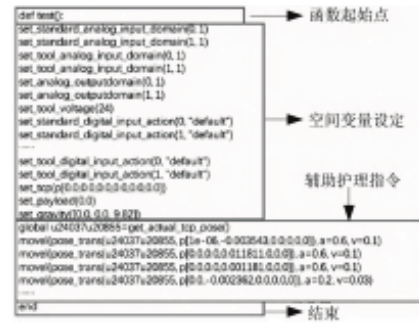


图3

设置确认指令，以可控的方式控制辅助护理系统的状态，并设置开放文本，文本内置程序结构树，不断规划和控制指令的执行，最终实现系统的软件功能^[6]。

4 结论

数字化种植所具有的优势使得种植手术从传统的经验形式向直观可视、精确可控、系统科学方向发展，将术前术后的设计方案以数字化的形式呈现在患者面前，便于医生与患者直接面对面的交流，既提高了种植手术的精确度和成功率，又节约了手术时间，减少对患者的手术创伤，降低术后并发症，提升种植成功率，数字化种植符合未来发展的趋势。随着数字化种植在临床运用日益广泛，但是其也存在一定的局限性，种植精确度尚未到达临床理想程度，不可控因素始终存在于整个手术过程中，如何更好地规避误差进一步提高导板临床应用的精确性尚需进一步研究。

参考文献：

- [1]邓紫薇, 李金勇.基于口腔种植机器人的口腔辅助护理系统设计与应用[J].自动化与仪器仪表, 2021(12): 181-184.DOI: 10.14016/j.cnki.1001-9227.2021.12.181.
- [2]李文龙.医疗机器人的应用优势及其在口腔领域的设计创新[J].工业设计, 2021(10): 54-56.
- [3]吴煜, 邹士琦, 王霄.口腔种植机器人在口腔种植手术中的初步应用[J].中国微创外科杂志, 2021, 21(09): 787-791.
- [4]柯怡芳, 张耀鹏, 王勇, 孙玉春.机器人在口腔修复领域的研发及应用现状[J].中华口腔医学杂志, 2021, 56(09): 939-944.
- [5]白石柱, 任楠, 冯志宏, 谢瑞, 董岩, 李志文, 赵钦民.自主式口腔种植机器人手术系统动物体内种植精度的研究[J].中华口腔医学杂志, 2021, 56(02): 170-174.
- [6]阚天舒.口腔种植机器人的人机协作技术研究[D].浙江工业大学, 2020.DOI: 10.27463/d.cnki.gzgyu.2020.000842.