

打造可靠的医疗机器人 ›
冗余系统的重要性

医疗

白皮书

目录

内容摘要	3
1. 医疗机器人冗余系统的重要性	3
2. 了解构件: 机器人的关键部件	4
3. PULSAR 机器人的冗余架构	6
4. 冗余系统如何提高路径可靠性	9
5. 与 PULSAR 机器人相关的法规	9
6. 结论	10
关于贸联	11

内容摘要

在快速发展的医疗机器人领域，精度、可靠性和安全性都至关重要。在医疗和辅助医疗过程中，机器人系统的任何故障都可能造成严重后果，因此，强大的冗余系统对医疗机器人是非常重要的。本白皮书探讨了冗余系统如何在确保操作安全方面发挥关键作用，尤其是在即使是轻微偏差也会影响患者治疗效果的环境中。

机器人技术中的冗余系统可作为多层备份，确保及早发现潜在问题。通过集成多个备份系统（如控制器和制动机制），冗余系统可确保机器人及早发现潜在问题，必要时停止运行，并保持预定路径。这些安全措施提高了可靠性和安全性，可以帮助医疗专业人士提供精确一致的操作。

尖端医疗机器人 PULSAR 机器人就是这种例子的典范：它集成了先进的冗余系统，不管是激光皮肤科到康复和诊断成像等各种应用，都能大大提高可靠性和安全性。通过将这些保护措施嵌入其核心设计中，PULSAR 机器人不仅最大限度地降低了出错风险，还让医疗人士有信心更为可靠地执行任务。

随着医疗机器人技术的不断进步，冗余系统的重要性将与日俱增。这些系统不仅能提高医疗机器人的可靠性和性能，还能帮助医疗服务提供商获得更好的患者治疗效果，是未来医疗不可或缺的一部分。

1. 冗余系统在医疗机器人技术中的重要性

在医疗领域，可靠性和安全性是确保患者福祉和治疗成功的基础。随着机器人技术的不断发展，它有可能彻底改变医疗任务的执行方式，这样就可以提高准确性、一致性和整体效率。从诊断成像到康复治疗，机器人系统可以在传统上容易出现人为错误或物理限制的程序中提供更高的精度和控制。然而，这些进步在带来令人兴奋的机遇的同时，也带来了在关键环境中确保系统可靠性的挑战。在关键时刻出现故障可能会对患者或医疗服务提供者造成伤害，因此安全性成为医用机器人设计的重中之重。

冗余系统在解决这些安全问题方面发挥着至关重要的作用。通过采用多层备份系统，机器人可以在发生错误之前检测到潜在故障。冗余系统不仅能防止故障，还能提高机器人的整体可靠性，确保在医疗环境中保持稳定的性能。PULSAR 机器人在设计的各个方面都采用了全面的冗余设计，充分体现了这一原则。从碰撞检测机制到双控制器和制动系统，PULSAR 机器人都能确保在系统的任何部分出现故障时，机器人会立即停止，以避免伤害。这种方法可确保患者和操作人员的安全永远不会受到威胁。

2. 了解构件： 机器人的关键部件



BizLink PULSAR 机器人臂

为了充分了解机器人系统的功能，让我们深入了解组成机器人的关键部件。这些组件中的每一个都在确保精确和安全运行方面发挥着至关重要的作用。

关节

关节是使机器人能够实现运动的关键部件。它们是不同的部件或连杆之间的可活动连接部位，能够实现旋转和灵活转动。关节可以有多种运动类型，例如，旋转运动（铰接关节）或平移运动（滑动关节）。关节的设计对机器人的运动范围和性能有着重大影响。例如，机械臂可能会使用铰接关节来进行弯曲和旋转动作，而移动机器人则可能会采用球窝关节来实现多方向的移动。

关节内部的组件

执行器：

什么是执行器？ 执行器是将电能转化为机械运动的装置。

工作原理： 执行器控制机器人关节的运动，实现精确定位和移动。它们依据电信号驱动关节和四肢来执行特定任务。常见的执行器类型，包括提供旋转或线性运动的电动马达和使用压缩空气产生运动的气动执行器。

齿轮： 作为执行器的关键部件，通过调节输出速度和扭矩，在关节功能方面发挥着至关重要的作用。根据齿轮比，电机的一个小转动可以转化为关节的一个高度受控的小运动，从而实现精确的运动。

编码器：

- **什么是编码器？** 编码器是测量机器人关节位置和速度的装置。

- **工作原理：** 编码器提供持续反馈，确保机器人动作准确无误。

编码器主要有两种类型：

增量式编码器： 这类编码器可跟踪关节移动的距离和速度，但只能测量上次位置的变化。这意味着机器人需要知道其起始位置才能执行运动计算。

绝对值编码器： 这类编码器在任何时候都能为每个关节提供唯一的固定位置，因此机器人即使在关机后也能准确知道自己的位置。

制动器：

- **什么是制动器？** 制动器是在必要时将机器人运动停止和/或将关节保持在规定位置的装置。

- **工作原理：** 制动器可确保机器人能安全、精确地停止。电磁制动器通过电流产生磁场，使制动器啮合，从而实现快速停止。

电子卡：

- **什么是电子卡？** 安装在工业机器人每个关节处的印刷电路板。

- **工作原理：** 位于每个关节处的印刷电路板 (PCB)，负责数据处理和控制功能。这些电子卡监测关节部件的运行状况，管理传感器与执行器之间的通讯，并确保机器人的运动能够顺畅执行。

机器人基座的组件

控制器：

- **什么是控制器？** 控制器是机器人的中央单元，负责管理机器人运动和系统操作。

- **工作原理：** 控制器接收来自各传感器和编码器的信息，以确定机器人的位置和速度，并对这些信息进行处理，计算出运动所需的必要动作。控制器对运动路径和运动控制进行规划，确保机器人在保持稳定性和精确性的同时，有效地根据环境进行导航。

通讯系统

- **什么是通讯系统？** 通讯系统是允许机器人不同部分进行通讯和共享信息的系统。

- **工作原理：** 通讯系统使用各种通道和协议，在机器人各部件之间传输数据，确保传感器、控制器和执行器协同工作。

主要通讯方式：

以太网：一种高速通讯方式，用于组件之间中短距离的可靠数据传输。

RS485：一种长距离通讯标准，通常用于连接需要在机器人内部进行长距离通讯的组件。

SPI（串行外设接口）：一种快速的短距离协议，用于在机器人内的传感器和控制器等设备之间快速交换数据。

3. PULSAR 机器人的冗余架构

PULSAR 机器人的冗余架构旨在确保医疗环境中的最大安全性和运行可靠性，在这些环境中，精度和安全性尤为重要。该架构包括局部冗余（嵌入到关节中）和全局冗余（确保所有关节一起受控，并正确执行用户指令）。这些冗余共同创造了一个安全的故障环境，可防止故障发生，并在需要时允许系统安全停止。

局部冗余

内部碰撞检测

PULSAR 机器人的关节配备了双编码器系统，可持续监控关节运动。每个编码器独立运行，提供实时数据并进行比较，以检测任何差异。如果一个编码器记录了运动，而另一个编码器没有，系统就会识别出潜在的错位或障碍。此外，电机的电流消耗也会受到监控；电流的任何异常增加都体现在信号源电阻上，可能预示着发生了碰撞。这种双重方法可确保立即检测到内部异常，并使系统安全停止，以防止对病人或操作人员造成伤害。

外部碰撞检测

PULSAR 可以选择配备外部传感器，以监控周围环境并检测障碍物。根据特定治疗室的需求，这个额外的安全层与内部安全机制一起工作。若外部物体进入规定范围，机器人就会停止工作。

双关节状态验证和本地监控系统

作为安全功能的一部分，PULSAR 的双编码器系统可持续监控关节位置、速度和加速度。任何差异都会触发系统立即停止，从而确保运动精度。此外，两块电子卡可独立监控每个关节的性能。如果其中一个卡检测到错误，系统就会停止运行。两块卡还可以独立启动制动器，确保在发生故障时安全停止。

双制动系统

PULSAR 配备了两个制动系统（电磁制动器和由弹簧驱动的机械制动器）。任何一个制动系统都完全能够单独使系统停止，但双制动系统提供了额外的安全保障。两个制动器均可由监控系统独立触发，以确保在任何紧急情况下都能安全停止，并在其中一个制动器出现问题时提供冗余。

全局冗余

局部冗余可确保关节的安全, 而全局冗余则可提供全面的保障, 即使在出现更广泛的系统问题时, 也能保持机器人运行的完整性和可靠性。

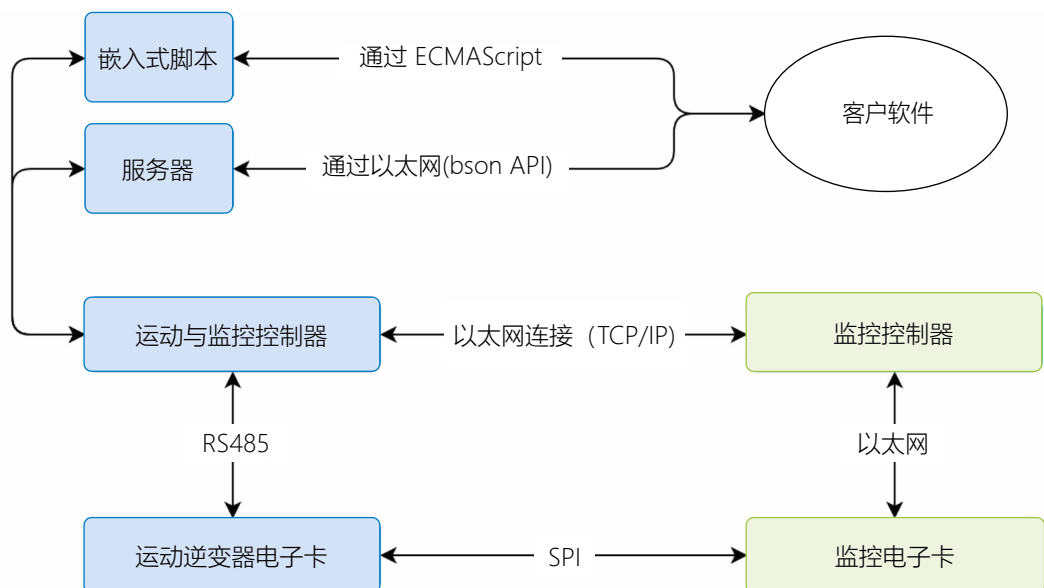
冗余控制器

机器人有两个控制器: 一个用于管理机器人运动和监控性能, 另一个专门用于监控。控制器不断检查彼此的输出, 以确保一切正常运行。如果两个独立的控制器之间出现任何差异, 例如命令或输出不同, 即使没有检测到故障, 机器人也会自动停止, 以防止意外动作。这层冗余可确保机器人只执行指令中的确切任务。

冗余通信系统

PULSAR 使用两个独立的通信通道 (以太网 TCP/IP 和 RS485) 在其组件之间传输数据, 并接收来自操作人员系统的命令。操作人员的命令通过这两个通道发送到 PULSAR 的两个独立控制器, 确保通信冗余。

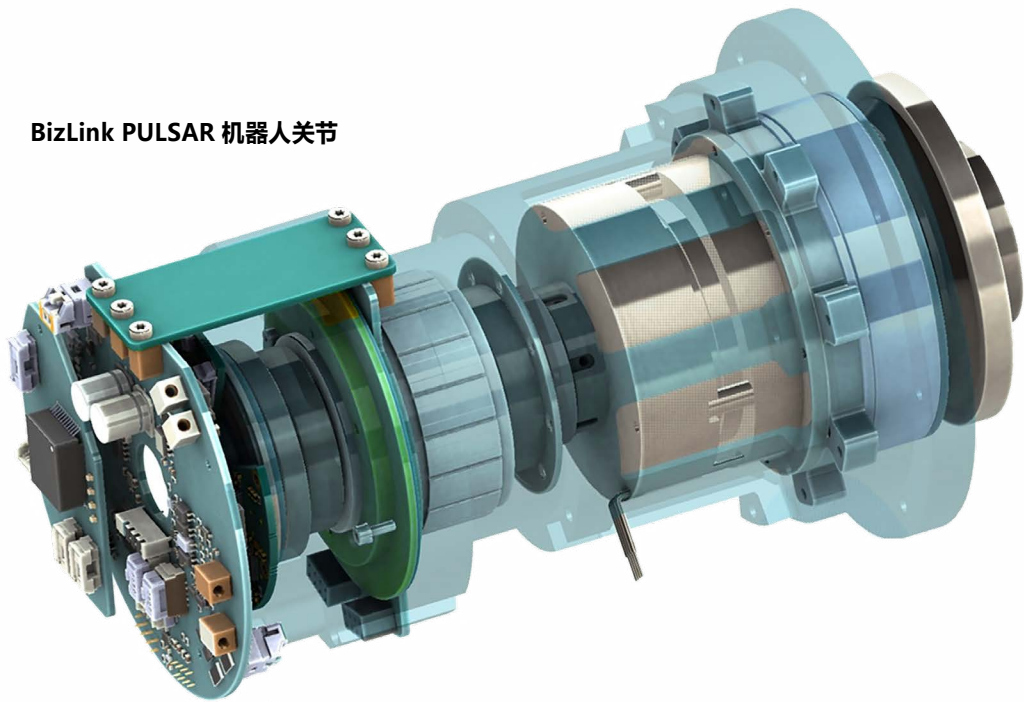
BizLink PULSAR 软件架构



支持冗余系统的关键技术特点概览

组件	描述	关键优势
编码器	每个关节配置双编码器（光学+电磁），用于位置和速度监控	确保持续的实时监控，探测错误，保证精度
制动系统	双制动系统：电磁+机械（弹簧动力）制动	在紧急情况下立即停止运行，即使其中一个系统出现问题，也能确保安全
控制器	冗余控制器：一个用于运动控制，一个用于监控	确保持续监控运行，在发生故障时保持可靠性
电子卡	每个关节配置两个电子卡，用于独立监测和控制	对组件进行独立控制，若出现潜在问题时则确保系统关闭
电流测量	监控电机电流，以检测异常电阻或过载情况，提示潜在碰撞	通过检测电阻和在必要时停止系统，防止损坏或错位
通信系统	双通信通道（以太网 TCP/IP 和 RS485）	保持组件之间的可靠通信，防止单点故障
外部碰撞传感器（可选）	传感器可监控机器人周围的潜在障碍物	在检测到外部物体时停止机器人，提供额外的安全保护

BizLink PULSAR 机器人关节



总之，通过集成本地和全局冗余，PULSAR 机器人的架构确保了可靠的性能和持续的安全性。这种稳健的设计不仅最大限度地降低了风险，还提高了可靠性，确保医疗服务提供商能够满怀信心地提供更好的效果。

4. 冗余系统如何提高路径可靠性

机器人的冗余系统就像一张安全网，可确保机器人准确无误地执行任务，并在每项任务中为操作人员提供必要的支持。即使是最微小的偏差，也能被这些内置机制及早发现，这使得操作人员能够保持精准可靠地控制机器人运动。此外，冗余系统还能确保机器人完全按照指示执行任务，使每个动作都符合操作人员的预期，提高要求苛刻的医疗环境中的可靠性。

实时捕捉偏差

可以把机器人的双编码器想象成两双眼睛，时刻注视着它的每一个动作。一旦出现哪怕是最细微的偏差，系统都会立即检测到。

偏离轨道前停止

当检测到两个控制器之间出现偏差时，机器人的冗余系统会立即介入（停止一切）。这种停止可防止机器人继续沿着错误的轨迹运行。通过暂停、重新校准和恢复，机器人可以最大限度地降低出错风险，确保整个手术过程中的可靠运动。

举例说明：激光皮肤科

试想一下，在激光皮肤病治疗过程中，机器人正在协助医生治疗病人皮肤的微小部位。精确度至关重要，因为即使是轻微的偏差也可能导致激光错过目标，从而可能导致意外的激光照射或皮肤损伤。手术进行到一半时，机器人检测到手臂运动出现了一个小问题。在医生察觉到之前，机器人的冗余系统就已开始工作，立即停止激光的移动，避免造成任何伤害。

系统暂停，医生评估情况并重新校准机器人的定位。一旦机器人重新调整到位，手术就能完全精确地继续进行。机器人可以在问题出现之前就发现它，从而确保手术的安全性和准确性，最终增强医生和病人对系统可靠性的信心。

5. 与 PULSAR 机器人相关的法规

在医疗机器人领域，遵守标准和法规不仅仅是一种形式，更是信任、可靠性和安全性的基石。这些标准确保设备符合严格的要求，以保护患者、操作人员以及更广泛的医疗系统。PULSAR 遵循这些原则进行设计，其核心部件符合关键的国际和区域标准。

ISO 60601: 医疗电气设备的安全性和性能标准

ISO 60601 是适用于医疗设备的重要标准，重点关注电气安全和基本性能的要求。该标准要求采用严格的设计规范，以确保设备在临床环境中安全运行。

PULSAR 机器人如何与法规保持一致：

- PULSAR 采用双控制器和独立制动系统，确保操作安全，直接满足 ISO 60601 对故障安全和风险缓解的要求。
- 该机器人的内置冗余系统（包括双编码器和通信通道）进一步满足了该标准对关键操作期间可靠性的要求。

IEC 62304: 医疗设备软件生命周期过程

该规范监督医疗设备软件的开发，强调风险管理和验证。它要求制造商开发的软件能够在不影响安全性的前提下处理意外故障。

● PULSAR 机器人如何进行调整：

- PULSAR 机器人的软件架构在设计时考虑到了冗余问题，使系统能够实时检测故障，并在出现差异时停止运行。
- 定期测试和验证过程可确保软件达到 IEC 62304 所要求的性能和安全基准。

质量体系法规

在某些地区，医疗器械必须遵守现行的质量体系法规（如美国的 FDA 或欧洲的 CE）。这些法规概述了全面设计控制、风险管理和验证流程的必要性。

● PULSAR 机器人如何与之保持一致：

- PULSAR 稳健的设计流程包括对冗余系统的详细验证，确保每个安全机制都能在实际条件下按预期运行。

通过与这些标准保持一致，PULSAR 机器人证明其不仅能够满足而且能够超越对医疗环境安全、可靠的承诺。每个冗余系统，无论是编码器、控制器还是通信通道，都经过精心设计，符合最高标准，确保医疗提供商可以信赖 PULSAR 机器人，一贯精准地执行任务。

6. 结论

在医疗机器人技术中，精确性和安全性不仅是优先项，也是必要条件。在机器人中集成冗余系统可提供重要的保护层，确保任何潜在错误在影响手术之前就被检测到并得到缓冲。在本文中，我们展示了冗余如何在保持路径可靠性、增强安全性，以及辅助医疗人士自信地执行任务等方面发挥关键作用。

通过采用双编码器、冗余控制器和实时监控等多层防故障措施，机器人成为提供一致、精确结果的可靠伙伴。无论是辅助激光手术、康复治疗，还是诊断成像，冗余系统都能确保及早发现任何偏离预定路径的情况，使操作人员能够做出明智的调整，继续精确地工作。

冗余不仅仅是一种技术规范，它还是一种重要的安全机制，可在要求苛刻的医疗场景中提高机器人的可靠性。PULSAR 在设计中嵌入了强大的冗余系统，为医疗人士提供了兼具最高精度和安全性的工具，是这一方法的典范。随着医疗机器人技术的不断进步，此类系统的重要性将与日俱增，提振专业人员信心，使他们能够接受这些技术并改善患者的治疗效果。

关于 BizLink 贸联

BizLink医疗隶属于BizLink贸联集团。我们将客户的想法变成创新的解决方案,并落到实处。我们关注可持续性,与合作伙伴通力协作,在全球范围内传播我们的专业知识。作为系统合作伙伴,我们以开发支持者的角色与客户紧密合作,根据定制规格创建最佳解决方案。我们在机器人领域的技术专长可确保治疗最大程度的安全性、高效性和精确的患者定位。BizLink PULSAR 平台可提供定制化和模块化的医疗机器人解决方案,我们坚信机器人定能满足您的需求。BizLink ORION患者定位系统便于直观管理,集我们丰富的医疗应用知识与数十年的工业机器人技术经验于一体,是贸联创新解决方案的典范。

联系人



Nicolas Valbuena

International Sales & Business Development
M +49 (0)1514 380 7748
Nicolas_Valbuena@bizlinktech.com



Vincent Besnard

Project Manager | Robotics Innovation
M+33 (0)6 80 71 33 83
T +33 (0)2 37 91 21 85
Vincent_Besnard@bizlinktech.com