

用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统

相关申请的交叉引用

本公开要求于2021年6月28日申请的、申请号为202110719847.5、发明名称为“用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统”的中国专利申请的优先权。

技术领域

本发明属于激光治疗领域，尤其是指用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统。

背景技术

激光医疗技术是将由激光器发出的激光，通过医疗光纤照射在需要治疗的组织上，通过激光产生的热效应或冲击波进行碎石或软组织的热凝、汽化或切割治疗。由于激光医疗技术在细胞热损毁、碎石、软组织切割治疗中手术时间短且创口较小，而被广泛应用。近年来，受到国内外医学工作者关注的磁共振成像（MRI）引导的激光间质热疗（laser interstitial thermal therapy（LITT），中文译为“基于激光技术的间质内热疗”，简称激光热疗，以下简称为LITT）就是应用了激光的热效应原理。该激光间质热疗是立体定向磁共振成像引导下的一种经皮微创手术，激光通过光纤传输作用于靶点，从而选择性地消融病变组织。也就是说，术中通过光纤将光能传输到病灶组织进行精准照射，实现光热转换，使得病灶区域温度上升导致病灶组织热凝变性而达到治疗目的。

与传统开颅手术相比，LITT被认为是一种侵入性较小的技术，在治疗神经胶质瘤、脑转移瘤、放射坏死和癫痫等方面，显示出了令人鼓舞的结果，可以为那些无法通过手术切除病变，不是手术候选者或其他标准治疗方案均无效的患者提供更安全的替代治疗方案。但这项LITT技术具有其特定的适应症，目前其仅适用于小型、规则的病变。换句话说，在使用该LITT技术时，在病变大小和形状上仍然受到一些限制。比如，一般对于直径小于3cm的脑肿瘤可实施单次治疗；而对于直径大于等于3cm的病灶则需要通过多个轨迹消融整个脑肿瘤。

这种限制源于现有的LITT设备或系统中，激光消融设备大多仅包含能够发射单一波长的激光器以及一个与该激光器相匹配的光纤，也即现有LITT设备只能发出某一特定波长的激光、光源单一，且只能进行单通道的消融操作。在治疗直径大于等于3cm的病灶或形状不规则病灶时，则需要重复插拔光纤以达到多轨迹消融整个病灶的目的。比如，消融一个直径大于等于3cm且形状不规则的病灶，在术前规划阶段对其规划了2个消融轨迹，在使用现有的单波长单通道LITT设备对该组织进行消融时，需要先按照第一条消融轨迹进行颅骨打孔、光纤穿刺、激光消融等治疗操作步骤。然而在沿着第二条消融轨迹进行消融时，则必须先中断手术，待医护人员进入磁共振室内或把病人推回手术室将消融光纤按照新的消融轨迹插入患者颅内后再进行第二次的消融操作，这种中断手术、多次进入无菌手术环境的操作无疑会增加手术的时间和患者的感染风险，是手术中应该极力避免的操作。其次，单波长激光的消融范围十分固定，要想以多轨迹、多次消融的方式完成较大病灶的消融，势必会高度依赖于每一次光纤穿刺位置的精准度，如果光纤穿刺位置稍有偏差就有极大可

能造成消融不完全的情况，甚至还额外增加了不必要的补救穿刺和消融步骤。因此，单波长单通道LITT设备在病灶的选择上具有很大的局限性，在手术方案的规划上灵活性低，在较大病灶的消融规划上又过于依赖光纤穿刺的精准度，这些问题都极大的限制了LITT技术的发展与推广。

为了解决上述问题，我们研制出了一种多波长多通道的LITT装置或系统，借由不同波长对组织的热损失、消融范围的不同来一次性治疗多种规则的病灶组织。然而由于各种实际应用技术条件的限制，多波长激光器很少有出现。为适应医疗应用的需要，特别是在医疗激光的应用领域中，高功率多波长的激光治疗仪几乎没有厂商可以提供。

因此，亟待提供一种新的技术方案解决上述问题。

发明内容

本发明的目的即在于提供一种可适用于病灶组织的神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其包含有至少两个消融用光纤导管，且每一所述光纤导管分别对应连接有激光发生器，每一所述激光发生器可发射出不同或相同波长的激光。如此，本发明既可以采用多波长多通道的治疗方案，又可以使用高功率单波长以单通道方案对规则或非规则肿瘤的精准适形消融，大大增加了LITT的适用范围和使用灵活性。

本发明所采用的技术手段如下所述。

本发明的所述多波长多通道激光系统包含有：①磁共振引导单元：其包含MRI设备和MRI控制中心；所述MRI控制中心用于进行以下至少之一的处理：数据采集、数据处理、图像重建、图像显示、图像存储。

②，激光消融单元：其与所述磁共振引导单元连接，所述激光消融单元包含一控制主机；所述控制主机根据患者的数字影像信息完成以下至少之一：所述患者的建档、3D建模、生成手术方案；所述控制主机通过MRI温度成像技术将所述数字影像信息融合生成实时温度图像，并将所述实时温度图像显示于人机交互模块。所述激光消融单元还包含有与所述控制主机相连的激光模块，所述激光模块设有N个激光装置；所述控制主机根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控N个所述激光装置中的部分或全部的激光工作参数；以及。

③，光纤导管单元：其与所述激光消融单元连接，所述光纤导管单元具有用于消融的M个光纤导管。

进一步的，N大于等于2。

进一步的，M大于等于1。

进一步的，N大于等于2，且M等于N时，每个所述光纤导管与每个所述激光装置一一对应连接，形成N个消融通道；和/或，所述激光模块设有N个激光装置，N至少为2个；所述光纤导管单元设有M个所述光纤导管，M至少为1个；N个所述激光装置分别与每个所述光纤导管连接；和/或，所述激光模块设有N个激光装置，N至少为1个；所述光纤导管单元设有M个所述光纤导管，M至少为2个；M个所述光纤导管分别与每个

所述激光装置连接。

进一步的，每个所述激光装置发射出至少一种波长的激光；和/或，N个所述激光装置均发射出相同波长的激光；和/或，N个所述激光装置的一部分所述激光装置发射出第一波长的激光，另一部分所述激光装置发射出第二波长的激光，所述第二波长与所述第一波长不同。

进一步的，当N等于2时，所述激光模块包含激光装置一和激光装置二；所述控制主机根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控所述激光装置一和所述激光装置二的激光工作参数。同时，所述光纤导管单元包含光纤导管一和光纤导管二；所述光纤导管一与所述激光装置一连接，所述光纤导管二与所述激光装置二连接。

进一步的，所述光纤导管一和所述光纤导管二中的至少之一上设置有测温光纤，所述测温光纤用于检测所在的光纤导管单元以及该光纤导管单元周边组织的实时温度；所述测温光纤与所述激光消融单元内的光纤测温模块连接；所述光纤测温模块与所述控制主机内的温度校正模块连接，所述温度校正模块用于对温度进行校正。

进一步的，所述温度校正模块将用于至少完成以下处理：将所述光纤测温模块实时采集到的组织的实时温度数值作为所述磁共振引导单元的基准测温数值，向所述控制主机反馈校正温度图像。其中，所述校正温度图像由所述磁共振引导单元基于所述基准测温数值生成，向所述控制主机反馈的所述校正温度图像用于替换所述实时温度图像。

进一步的，所述控制主机用于根据所述校正温度图像来对所述激光模块进行实时调控。

进一步的，所述激光装置一产生具有第一波长的激光，所述激光装置二产生具有第二波长的激光；所述第一波长和所述第二波长相同或不同；所述激光模块具有产生所述第一波长的激光的所述激光装置一和产生所述第二波长的激光的所述激光装置二。

进一步的，所述第一波长是980nm，并且所述第二波长是1064nm。

进一步的，所述激光工作参数包括以下至少之一：激光输出功率、激光的出光时间、激光的出光模式。

进一步的，所述激光模块还配置有冷却模块，所述冷却模块与所述控制主机和所述光纤导管单元相连接；所述控制主机控制所述冷却模块的运行，所述冷却模块通过驱动并控制冷却介质的流动来对所述光纤导管单元以及所述光纤导管单元周边组织进行冷却。

进一步的，所述光纤导管单元具有结构相同的所述光纤导管一和所述光纤导管二；其中，所述光纤导管一包含有光纤、冷却内管和冷却外管。

进一步的，所述激光消融单元包含控制主机、人机交互模块、激光模块、冷却模块、电源模块、光纤测温模块和效果评估模块。

进一步的，所述电源模块具有至少一UPS设备和至少一电源分配控制板；其中，所述激光消融单元的电输入端连接一电源线；所述电源线的一端连接市电端，另一端与所述UPS设备的电输入端连接。

进一步的,所述电源分配控制板包含若干连接端子、内置独立开关电源和门锁继电器;所述门锁继电器电性连接 PCS-1 通道,所述 PCS-1 通道用来与紧急停止开关和钥匙开关电性连接;所述电源分配控制板还包含与所述冷却模块连接的 PCS-2 通道。

进一步的,所述效果评估模块在术中使用阿伦尼乌斯模型或 CEM43 模型对组织的消融情况进行实时预估;

所述控制主机根据所述效果评估模块反馈的消融进展来实时生成以下至少之一的调控指令:激光输出功率、出光时间、出光模式、冷却液流动速率。

进一步的,所述人机交互模块包含触摸屏一、触摸屏二、触摸屏三、紧急停止开关、脚踏板控制器、实体按键以及指示灯。

进一步的,所述触摸屏一和触摸屏二与所述控制主机的工控机连接,所述触摸屏三与所述控制主机的主板连接。且,所述触摸屏一包含 MRI 实时温度监测界面和消融面积评估界面;所述触摸屏二包含激光装置一参数界面、激光装置二参数界面及冷却模块参数界面;所述触摸屏三与所述触摸屏二显示的界面内容相同或不同。

进一步的,所述控制主机实时监控所述激光模块、所述光纤测温模块、所述冷却模块的安全运行参数;当所述运行参数超出安全运行阈值时,所述控制主机将使所述激光模块和/或所述冷却模块停止出光。

进一步的,所述多波长多通道激光系统还包括:软件,其中,所述软件执行以下功能的至少之一:生成手术方案,其中,所述手术方案包含所述 N 个激光装置中的每个激光装置对应的信息,其中,所述信息包括以下至少之一:计划消融面积或体积、达到预定消融结果所使用的激光功率、出光时间、出光模式、所需消融通道的数量、冷却流动速率。

实时控制,在所述磁共振引导单元的引导下,根据所述 N 个激光装置中的每个激光装置分别依据对应的所述手术方案和所述校正温度图像,实时调控每个处于工作状态的激光装置和所述冷却模块的工作参数,并实时进行消融监测。

比对分析,将所述每个激光装置对应的手术方案中的信息与该激光装置在术后的信息进行比对,根据比对结果生成消融结果信息并显示于所述人机交互模块;其中,比对的内容包括以下:计划消融面积或体积、以及术后的实际消融面积或体积;所述消融结果信息至少包含以下其中之一:消融面积百分比、消融体积百分比、消融区域百分比消融前后对比图。

相比于现有技术,本发明借由巧妙的结构设计达到了如下有益效果:

(1) 本发明适用于规则或非规则肿瘤的精准适形消融,对病灶的直径大小和形状无限制,设备适用率高,适用范围广,可同时进行多个消融手术。

(2) 手术方案的灵活性高,既可以采用多波长多通道的消融方案,又可以采用高功率的单波长单通道的消融方案;采用不同消融方案的同时又可以组合出数种工作模式,可以实现对不同激光通道的任意组合。

(3) 本发明可针对病灶的不同特点,通过多通道输出实现同时治疗多个靶点;多通

道的工作模式可以是同步的或异步的。再者，输出波长也可以自行选择，可以是单波长输出，也可以是双波长交替输出、同时输出。

(4) 独特的冷却系统，可以直接适配生理盐水瓶，并有加热装置和回流检测，能知晓冷却系统是否正常运行。

(5) 多重控制系统，可以通过触摸屏二上的术中软件控制，也可通过触摸屏三上的下位机系统控制激光模块和冷却模块，更加稳定。同时配置了键盘鼠标和实体操作按键，规避了触摸屏失效的风险。

(6) 光纤导管系统分为消融用的光纤导管组件以及光纤导管固定组件，能实现精准导向和定位。集成的控制主机系统，可以进行术前规划和术中控制操作。

(7) 本发明所述测温光纤的材料属性满足核磁兼容的要求，与现有的温度检测器，如热电偶，相比具有更高的测温精度和稳定性。

附图说明

- 图 1 为本发明的多波长多通道激光系统结构框架图。
- 图 2 为本发明的多波长多通道激光系统结构示例一框架图。
- 图 3 为本发明的多波长多通道激光系统结构示例二框架图。
- 图 4 为本发明的多波长多通道激光系统结构示例三框架图。
- 图 5 为控制主机与人机交互模块的连接关系示意图。
- 图 6 为冷却模块结构示意图。
- 图 7 为激光模块、冷却模块以及光纤导管的连接关系示意图示意图。
- 图 8 为本发明的多波长多通道激光系统示意图。
- 图 9 为激光消融单元中电源模块供电分配示意图。
- 图 10A~图 10H 为激光模块与光纤导管的对应关系示意图。
- 图 11A~图 11C 为环形光纤、侧射光纤和弥散光纤示意图。

图号说明：

- 磁共振引导单元 100
 - MRI 设备 101
 - MRI 控制中心 102
- 激光消融单元 200
 - 控制主机 201
 - 温度校正模块 2011
 - 工控机 2012
 - 主机 2013
 - 激光模块 202
 - 激光装置一 2021
 - 激光装置二 2022

冷却模块一 2023
冷却模块二 2024
人机交互模块 203
 触摸屏一 2031
 触摸屏二 2032
 触摸屏三 2033
 紧急停止开关 2034
 脚踏板控制器 2035
 实体按键 2036
 指示灯 2037
电源模块 204
钥匙开关 205
光纤测温模块 206
效果评估模块 207
光纤导管单元 300
 光纤导管一 301
 光纤导管二 302
光纤 1
内管 2
外管 3
冷液进口 4
冷液出口 5
回流腔 6
所述紧固组件 7
测温光纤 8
出光部 9
冷却液箱 10
 加热器 101
 温度传感器 102
 液位传感器 103
蠕动泵 20
进水管 30
回水管 40
废液箱 50
 流量传感器 501。

具体实施方式

本发明提供了一种用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，该多波长多通道激光系统可以实现同时对病灶多部位的治疗，且不同部位可以采用不同的激光参数。这种多波长且多通道的热消融激光系统，解决了现有技术中对肿瘤大小及形状的限制，真正实现任意规则或非规则肿瘤的精准适形消融。同时，所述多波长多通道激光系统还提供了光纤测温模块，所述光纤测温模块可以对组织温度进行实时监控，填补了MRI设备扫描间隔而造成的测温空白，所述光纤测温模块测温迅速且精准，甚至在没有冷却模块的情况下，所述多波长多通道激光系统就可以实现对组织的精准测温和消融。

下面结合附图以及具体实施例来详细说明本发明，其中的示意性实施例以及说明仅用来解释本发明，但并不作为对本发明的限定。另，为了更好的解释本发明创作，本发明中所述的近端为光纤出光部靠近病灶组织的一端，而远离病灶组织的一端即为远端。

请参阅图1和图8，为本发明的多波长多通道激光系统结构框架图。本发明提供了一种用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，所述多波长多通道激光系统主要包含磁共振引导单元100、激光消融单元200以及光纤导管单元300。

【磁共振引导单元100】：所述磁共振引导单元100设置有MRI设备101以及MRI控制中心102，所述MRI设备101与所述MRI控制中心102连接。所述MRI设备101用于对患者及其组织的医学信息进行监测，并将所述医学信息传送至所述MRI控制中心102。所述MRI控制中心102用于进行以下至少之一的处理：数据采集、数据处理、图像重建、图像显示、图像存储。

【激光消融单元200】：所述激光消融单元200与所述磁共振引导单元100连接，所述激光消融单元200包含一控制主机201。所述控制主机201根据患者的数字影像信息完成以下至少之一：所述患者的建档、3D建模、生成手术方案；所述控制主机201通过MRI温度成像技术将所述数字影像信息融合生成实时温度图像，并将所述实时温度图像显示于人机交互模块203；所述数字影像信息包含但不限于CT影像、磁共振影像。所述激光消融单元200还包含有与所述控制主机201相连的激光模块202，所述激光模块202设有N个激光装置；所述控制主机201根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控N个所述激光装置的激光工作参数。

【光纤导管单元300】：其与所述激光消融单元200连接，所述光纤导管单元300具有用于消融的N个光纤导管，每个所述光纤导管与每个所述激光装置一一对应连接，形成N个消融通道。

进一步的，在本发明的其一较佳实施例中，N大于等于2。

当N等于2时，所述激光模块202包含激光装置一2021和激光装置二2022；所述控制主机201根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控所述激光装置一2021和所述激光装置二2022的激光工作参数。同时，所述光纤导管单元300包含光纤导管一301和光纤导管二302；所述光纤导管一301与所述激光装置一2021连接，所述光

纤导管二 302 与所述激光装置二 2022 连接。

所述激光工作参数至少包括以下一种：激光输出功率或出光时间或出光模式或所述激光输出功率、所述出光时间及所述出光模式三者的任一组合。

进一步的，所述激光消融单元 200 的核心在于，所述激光装置一 2021 产生具有第一波长的激光，所述激光装置二 2022 产生具有第二波长的激光；所述第一波长和所述第二波长相同或不同。

优选的，所述第一波长是 980nm，并且所述第二波长是 1064nm。

综上，所述多波长多通道激光系统具有可同步或异步的发射 980nm 激光和 1064nm 激光的多波长激光模块，同时，与激光模块对应地还匹配有用于传输光能和消融的光纤导管一和光纤导管二。基于此，本发明所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，以多波长、多消融通道的技术方案实现了对任意肿瘤的精准消融，避免了现有技术针对较大或形状不规则肿瘤必须进行多次重新插入光纤的问题，提高了设备的实用性，给医学工作者提供了灵活多样的消融方案。

基于上述基本实施方案，本发明优选的另一较佳实施例中，所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统包含有磁共振引导单元 100、激光消融单元 200 以及光纤导管单元 300。其中，所述磁共振引导单元 100：其包含 MRI 设备 101 和 MRI 控制中心 102；所述 MRI 控制中心 102 用于进行以下至少之一的处理：数据采集、数据处理、图像重建、图像显示、图像存储。

激光消融单元 200：其与所述磁共振引导单元 100 连接，所述激光消融单元 200 包含一控制主机 201；所述控制主机 201 根据患者的数字影像信息完成以下至少之一：所述患者的建档、3D 建模、生成手术方案；所述控制主机 201 通过 MRI 温度成像技术将所述数字影像信息融合生成实时温度图像，并将所述实时温度图像显示于人机交互模块 203。所述激光消融单元 200 还包含有与所述控制主机 201 相连的激光模块 202，所述激光模块 202 设有 N 个激光装置；所述控制主机 201 根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控 N 个所述激光装置中的部分或全部的激光工作参数。

光纤导管单元 300：其与所述激光消融单元 200 连接，所述光纤导管单元 300 具有 M 个用于消融的光纤导管。进一步的，N 大于等于 2，和/或 M 大于等于 1。

为了达到一次性消融较大病灶组织的目的，或者一次性完成在病灶区域内的多点消融，在该较佳实施例中，又提出了一种多通道的消融方法。多种消融通道的产生后者消融通道的数量的灵活选择性是基于所述激光模块 202 和所述光纤导管单元 300 之间的对应连接关系实现的，所述对应连接关系包含但不限于所述激光模块 202 和所述光纤导管单元 300 之间是一一对应连接的，即一对一的连接形式；还可以是多个所述激光模块 202 和一个所述光纤导管单元 300 之间的连接，即多对一的连接形式；又或者是一个所述激光模块 202 和多个所述光纤导管单元 300 之间的连接，即一对多的连接形式；还可以多个所述激光模块 202 和多个所述光纤导管单元 300 之间的连接，即多对多的连接形式。当然，还可

以是基于所述对应连接关系的各种灵活变通形式，又或者是以所述激光模块 202 内激光装置的数量和所述光纤导管单元 300 内光纤导管的数量来进行的对应关系的变通形式均属于本发明的保护范围。以下仅对众多对应连接关系中的个别进行阐述。

一、所述对应连接关系的其一形式。

请参阅图 10A，所述激光模块 202 设有 N 个激光装置，所述光纤导管单元 300 具有 M 个用于消融的光纤导管。优选的，所述 N 大于等于 2，所述 M 大于等于 2。更进一步的所述 M 等于 N 时，每个所述光纤导管与每个所述激光装置各自一一对应连接，形成 N 个（或者说 M 个）消融通道。

图 10B 中展示了另一种变通形式。如图 10B 所示，所述激光消融单元 200 至少设置有 2 个所述激光模块 202，每一个所述激光模块 202 内设置有至少一个激光装置。所述光纤导管单元 300 内设置有至少与所述激光装置数量对应的光纤导管数量，即所述光纤导管单元 300 内设置有至少 2 个所述光纤导管。请再次参阅图 10B，第一个所述激光模块 202 内的激光装置一与所述光纤导管一连接；第二个所述激光模块 202 内的激光装置二与所述光纤导管二连接。

二、所述对应连接关系的其二形式。

请参阅图 10C，所述激光模块 202 设有 N 个激光装置，N 至少为 2 个；所述光纤导管单元 300 设有 M 个所述光纤导管，M 至少为 1 个；N 个所述激光装置分别与每个所述光纤导管连接。进一步的，如图 10C 所示，N 等于 2（包含激光装置一和激光装置二），M 等于 3（包含光纤导管一、光纤导管二和光纤导管三）。也即所述激光装置一同时或不同时的连接有光纤导管一、光纤导管二和光纤导管三；所述激光装置二同时或不同时的连接有光纤导管一、光纤导管二和光纤导管三。

如图 10D 所示，另一种变通形式为：所述激光消融单元 200 至少设置有 2 个所述激光模块 202，每一个所述激光模块 202 内设置有至少一个激光装置。所述光纤导管单元 300 内设置有至少与所述激光装置数量相同或不同的光纤导管数量。图 10D 所示方案为所述光纤导管单元 300 内设置有至少 2 个所述光纤导管。故此时对应连接关系为，第一个所述激光模块 202 内的激光装置一即与所述光纤导管一连接又和所述光纤导管二连接；第二个所述激光模块 202 内的激光装置二即与所述光纤导管一连接又和所述光纤导管二连接。

更进一步的，所述对应连接关系还可以是图 10E 所示的连接方式，该方案中，光纤导管单元 300 设有两组光纤导管，每一组均包含光纤导管一、光纤导管二和光纤导管三。即第一个所述激光模块 202 内的激光装置一同时或不同时连接有第一组光纤导管内的光纤导管一、光纤导管二和光纤导管三；第二个所述激光模块 202 内的激光装置二同时或不同时连接有第二组光纤导管内的光纤导管一、光纤导管二和光纤导管三。

三、所述对应连接关系的其三形式。

请参阅图 10F，所述激光模块 202 设有 N 个激光装置，N 至少为 1 个；所述光纤导管单元 300 设有 M 个所述光纤导管，M 至少为 2 个；M 个所述光纤导管分别与每个所述激

光装置连接。请继续参阅图 10F, 所述激光装置一连接光纤导管一, 所述激光装置二连接光纤导管一。

另一种形式为如图 10G 所示, 即所述激光模块内设置有激光装置一、激光装置二和激光装置三, 所述光纤导管单元 300 设有光纤导管一、光纤导管二。所述激光模块和所述光纤导管单元的对应关系为: 激光装置一同时或不同时连接有光纤导管一和光纤导管二; 所述激光装置二同时或不同时连接有光纤导管一和光纤导管二; 所述激光装置三同时或不同时连接有光纤导管一和光纤导管二。

如图 10H 所示的为另一种的连接形式: 所述激光消融单元 200 至少设置有 2 个所述激光模块 202, 每一个所述激光模块 202 内设置有至少一个激光装置。所述光纤导管单元 300 内设置有至少与所述激光装置数量相同或不同的光纤导管数量。如图 10H 所示方案, 所述光纤导管单元 300 内设置有至少光纤导管一和光纤导管二。故此时对应连接关系为, 第一个所述激光模块 202 内的激光装置一即与所述光纤导管一连接又和所述光纤导管二连接; 第二个所述激光模块 202 内的激光装置二即与所述光纤导管一连接又和所述光纤导管二连接。

在上述实施例的基础上, 本发明所述的手术方案包含 N 个所述激光装置中的每个激光装置对应的信息, 其中, 所述信息包括以下至少之一: 计划消融面积和/或计划消融体积、达到预定消融结果所使用的激光功率、激光出光时间、出光模式、所需消融通道的数量(也是激光模块与光纤导管的连接方式的选取)、冷却液流动速率、光纤导管插入路径规划; 相较于现有技术, 具有更加灵活的选择性和广泛的适用范围。

更值得优化的, 每个所述激光装置发射出至少一种波长的激光, 也就是说一个激光装置可以被设置成至发射一种波长的激光, 也可以设置成一个激光装置可以发射 2 种或 2 种以上的相同或者不同范围的波长的激光。

优选的, 所述激光装置设有 N 个, 每个所述激光装置可以设置为仅能发射同一种波长的激光。和/或, N 个所述激光装置中的一部分所述激光装置被设置为仅能发射出第一波长的激光, 另一部分所述激光装置发射出第二波长的激光, 所述第二波长与所述第一波长不同。

更进一步优化的, 如图 11A 至图 11C 所示, 所述光纤导管内的光纤可以为环形光纤、弥散光纤和侧射光纤的其中之一。所述环形光纤为这样一种激光传输光纤, 其前端出光方式将为沿径向全周输出。弥散光纤为这样一种激光传输光纤, 其前端出光方式将为沿径向并且沿轴向按预先定义的长度全周输出。侧射光纤为这样一种激光传输光纤, 其前端出光方式将为沿径向侧面输出。所述光纤的近端(即靠近病灶组织的一端为近端)还可以被设置成斜角端头、半圆端头、球形端头、圆锥端头和凿形端头的其中之一。

当然, 基于本发明的设计思路, 还可以继续优化得到多种形式的实施例, 以下结合附图将作进一步讲解。

实施例一: 关于精准测温设计的优化方案。

请一并参考图 2，在上文所述的多波长多通道激光系统的基础上，本实施例一的改进在于，所述多波长多通道激光系统既具有磁共振引导单元的测温功能，同时又具有实时检测组织温度的功能，可以实现双精准测温。具体讲，所述光纤导管一 301 和所述光纤导管二 302 结构相同，在此以所述光纤导管一 301 为例进行说明：所述光纤导管一 301 上设置有测温光纤，所述测温光纤 8 与所述光纤导管一 301 之间的连接关系包含但不限于粘连、嵌入设置等。优选的，所述测温光纤 8 的探温头靠近于所述光纤导管一 301 的出光部 9 附近，所述探温头可沿着所述光纤导管一 301 的长度方向设置多个。

所述测温光纤 8 用于检测、采集所述测温光纤 8 所在的所述光纤导管一 301 以及所述光纤导管一 301 周边组织的实时温度，并将所述实时温度的数据信息传送至光纤测温模块 206。所述测温光纤 8 与所述激光消融单元 200 内的光纤测温模块 206 连接；所述光纤测温模块 206 与所述控制主机 201 内的温度校正模块 2011 连接。即在所述光纤测温模块 206 中，将采集的光学信号实时反馈至光信号解码器，经过信号转换之后将温度数值反馈至所述控制主机 201 内的温度校正模块 2011。

在所述温度校正模块 2011 内将至少完成以下处理：①，直接将所述光纤测温模块 206 实时采集到的组织的实时温度数值作为所述磁共振引导单元 100 的基准测温数值；②，基于所述基准测温数值，所述磁共振引导单元 100 将生成校正温度图像；③，所述温度校正模块 2011 向所述控制主机 201 反馈图像校正信息，所述图像校正信息至少包含将所述实时温度图像替换为所述校正温度图像。所述控制主机 201 根据所述校正温度图像来对所述激光模块 202 进行实时调控。

进一步的，在该实施例一中，所述控制主机 201 是依据所述手术方案和所述校正温度图同步或异步的调控所述激光装置一 2021 和所述激光装置二 2022 的激光输出功率、出光时间、出光模式等工作参数。

进一步的，所述测温光纤 8 还可以向所述控制主机 201 反馈系统的安全参数情况，当所述测温光纤 8 测得的温度数据超过安全阈值时，则所述控制主机 201 将紧急停止所述激光模块的运行。

实施例二：关于系统控温设计的优化方案一。

如图 3 所示，为了进一步提高适形消融的精准性，在实施例一的基础上，所述激光模块 202 还配置有冷却模块，所述冷却模块既与所述控制主机 201 相连，又与所述光纤导管单元 300 相连接。所述控制主机 201 控制所述冷却模块的运行；所述冷却模块通过驱动并控制冷却介质的循环流动来对所述光纤导管单元 300 以及所述光纤导管单元 300 周边组织进行冷却。所述光纤导管单元 300 具有结构相同的所述光纤导管一 301 和所述光纤导管二 302，以所述光纤导管一 301 进行说明：所述光纤导管一 301 包含有光纤、冷却内管和冷却外管。所述光纤与所述激光装置一 2021 相连；所述光纤、所述冷却内管和所述冷却外管组成的冷却介质的循环进出通道与所述冷却模块一相连。

所述冷却模块包含结构相同的冷却模块一 2023 和冷却模块二 2024，其中所述冷却模

块一 2023 用于冷却所述光纤导管一 301，所述冷却模块二 2024 用于冷却所述光纤导管二 302。再请一并参阅图 6，所述冷却模块一 2023 包含冷却液箱 10、蠕动泵 20、进水管 30、回水管 40、废液箱 50；其中，所述冷却液箱 10 上还设置有加热器 101、温度传感器 102 和液位传感器 103，所述回水管 40 上还设有流量传感器 501。优选的，所述冷却模块一 2023 采用单流道循环系统（即废液箱 50 至冷却液箱 10 之间不再增设循环管路），防止循环回流污染情况的出现。

当所述冷却模块一 2023 工作时，所述加热器 101 会把所述冷却液箱 10 中的冷却液加热到适宜的温度，例如 37.2℃。所述冷却液箱 10 中的温度通过所述温度传感器 102 监测检测，之后所述蠕动泵 20 开始工作，把冷却液输送到所述光纤导管一 301 内形成冷却回路。然后通过回水管 40 进入废液箱 50，其中所述回水管 40 上增设有流量传感器 501。所述流量传感器 501 用于确认冷却液是否正常回流。此外，所述液位传感器 103 可以检测所述冷却液箱 10 内的冷却液的液位情况，当冷却液不足时，会发出报警信号要求更换或补充冷却液。优选的，所述冷却液优先采用水冷的的方式，冷源稳定，效果好、制备成本低。冷却液箱 10 可直接适配常规的生理盐水瓶，不需要额外的转接结构，更换冷却液时只需要把生理盐水瓶放在冷却液箱 10 内，并连接好输水管即可。

请一并参阅图 7，关于所述光纤导管一 301 的结构可大致为：所述光纤导管一 301 包含光纤 1、冷却内管 2 和冷却外管 3。其中，所述光纤 1 位于所述冷却内管 2 内，所述光纤 1 的外壁和所述冷却内管 2 的内壁之间的轴向间隙形成第一循环通道。所述冷却内管 2 设于所述冷却外管 3 内，所述冷却外管 3 内壁和所述冷却内管 2 外壁之间的轴向间隙形成第二循环通道。所述第一循环通道的近端和所述第二循环通道的近端于所述冷却外管 3 近端连通形成回流腔 6；所述第一循环通道的远端与所述进水管 30 连通，所述第二循环通道的远端与所述回水管 40 连通。

请再次参阅图 7，所述光纤导管一 301 还包含紧固组件 7，所述紧固组件 7 用于将所述光纤 1、内管 2 和外管 3 的紧固连接，同时所述紧固组件 7 具有与所述第一循环通道连通的冷液进口 4、与所述第二循环通道连通的冷液出口 5。所述冷液进口 4 与所述进水管 30 连通，所述冷液出口 5 与所述回水管 40 连通。

所述光纤导管以及所述紧固组件均为现有技术，其具体的结构特性再次将不做详细赘述。

在实施例二中，所述控制主机 201 在手术过程中收集并处理所述多波长多通道激光系统中各模块的反馈信息，并输出信号给各个模块。同时控制各功能模块一起协调工作。能完成实时温度检测，消融情况评估、人机交互操作，自动调节激光功率和冷却模块效率。例如，所述控制主机 201 将根据消融情况实时调控激光输出功率、激光输出时间、出光模式、冷却液的流动速率等工作参数。

进一步的，所述控制主机 201 实时监控所述激光模块 202、所述光纤测温模块 206、所述冷却模块的运行参数；当所述运行参数超出安全运行阈值时，所述控制主机 201 将使

所述激光模块 202 和/或所述冷却模块停止运行。

实施例三：关于系统控温设计的优化方案二。

请参阅图 4，与实施例二相比，实施例三的区别仅在于，所述光纤导管一 301 和所述光纤导管二 302 共用一个冷却模块，共用形式或方式本领域技术人员可根据现有技术得到，再次不做赘述。

实施例四：关于多波长多通道系统的整体优化设计方案。

请再次参阅图 3，本实施例四是在所述实施例一或实施例二或实施例三的基础上做出的优化，故在此仅对区别改进进行详细说明。

本发明所述的激光消融单元 200 主要包含：控制主机 201、人机交互模块 203、激光模块 202、冷却模块、电源模块 204、光纤测温模块 206 和效果评估模块 207。

(1) 所述控制主机 201 用于接收信号并输出控制信号，并实时监测消融进程。因此，所述控制主机 201 的功能及作用主要体现在术前和术中两个阶段。

术前阶段：配合术前软件，所述控制主机 201 根据根据患者的医学影像信息完成所述患者的建档、多模态 3D 建模、标记病灶和神经血管位置、规划合适的手术路径以及和手术方案的生成。所述手术方案包含光纤导管插入路径规划、预故消融区域情况、所使用的激光功率、出光时间、出光模式、所需消融通道数量等等。

术中阶段：所述控制主机 201 能及时的处理所述 MRI 控制中心 102 传输的数字影像信息，并通过 MRI 温度成像技术和多模态融合技术生成病灶区域的实时温度图像，并将所述实时温度图像显示于人机交互模块 203。在术中，所述控制主机 201 可以根据手术方案和所述实时温度图像来实时监测病灶区域的消融情况，并根据所述人机交互模块 203 所显示的消融数据，进行同步或异步的调控所述激光装置一 2021 和所述激光装置二 2022 的激光输出功率、激光输出时间及出光模式等。

(2) 所述人机交互模块 203 与所述控制主机 201 连接，用于接收激光消融工作参数的输入及实时信息的显示。请一并参阅图 5，所述人机交互模块 203 与控制主机配套使用，采用多个触摸屏、实体按键以及工作指示灯的多种方式配合显示。同时提供触屏、鼠标、键盘、实体旋钮等多种输入方式。如此，当有一处失效时，可以通过另外一部分来控制，提高了所述多波长多通道激光系统的稳定性和安全性。具体讲，所述人机交互模块 203 包含有触摸屏一 2031、触摸屏二 2032、触摸屏三 2033、紧急停止开关 2034、脚踏板控制器 2035、实体按键 2036 以及指示灯 2037。其中，所述触摸屏一 2031 和所述触摸屏二 2032 均与所述控制主机 201 的工控机 2012 连接，所述触摸屏三 2033 与所述控制主机 201 的主板 2013 连接。

进一步的，所述触摸屏一 2031 包含 MRI 实时温度监测界面和消融面积评估界面；所述触摸屏二 2032 包含激光装置一参数界面、激光装置二参数界面及冷却模块参数界面；所述触摸屏三与所述触摸屏二的界面显示内容相同或不同。因为所述主板 2013 的稳定性和安全性要高于所述工控机 2012，当所述触摸屏二 2032 发生故障时，仍可以根据所述触

模屏三 2033 的显示内容继续进行消融操作。

进一步的，所述紧急停止开关 2034 可紧急关停所述激光模块、所述光纤导管和所述冷却模块等，但不会关闭所述人机交互模块 203。所述脚踏板控制器 2035 控制所述激光模块 202 的激光发射和不同波长的激光之间的切换以及出光模式的切换。所述控制主机 201 实时监控所述激光模块 202、所述光纤测温模块 206、所述冷却模块的运行参数；当所述运行参数超出安全运行阈值时，所述控制主机 201 将使所述激光模块 202 和/或所述冷却模块紧急停止。

(3) 所述激光模块 202 可发射多个相同或不同能量的激光。在本实施例中，所述激光模块 202 包含激光装置一 2021 和激光装置二 2022。所述激光装置一 2021 能够产生具有第一波长的激光，所述激光装置二 2022 能够产生具有第二波长的激光。所述第一波长和所述第二波长可以是相同也可以是不同的。优选的，在本发明中，所述激光装置一 2021 将被配置为能产生具有第一波长是 980nm 的激光，所述激光装置二 2022 将被配置为能产生具有第二波长是 1064nm 的激光。在消融手术中，所述控制主机 201 将调控所述激光装置一 2021 和所述激光装置二 2022 同时发射激光或者只调控所述激光装置一 2021 和所述激光装置二 2022 的其中之一发射激光；还可以是根据手术需要做出使所述激光装置一 2021 和所述激光装置二 2022 按照某一特定顺序出光的调控指令。所述调控指令可以是激光出光功率、出光时间、出光模式、同步出光、异步出光、出光角度等。

进一步的，980nm 波长采用半导体激光，1064nm 波长采用半导体激光或 Nd:YAG 激光。980nm 波长的激光和 1064nm 波长的激光均是消融常用的大功率激光。1064nm 波长的激光比 980nm 波长的激光相比，1064nm 波长的激光具有更强的穿透力，因此可实现更大的消融体积。由此可见，本发明所述的多波长多通道激光系统，其既可以产生多个波段的激光，不同波段的激光又可以配合与其相应连接的光纤导管实现多通道出光消融，进而可以实现对规则或非规则肿瘤的精准适形消融。使用本发明所述的多波长多通道激光系统可以不用考虑肿瘤的直径大小或形状特性，真正实现不论大小、形状、位置，与现有技术相比本发明将大大提高 LITT 的适用症范围，消融方案更加灵活，值得在本领域推广。

当然，所述激光模块 202 还可以配置成仅有一个激光装置，但是该激光装置被配置为可以发射多种波长的激光，每一种波长又匹配有相应的光纤导管，进而可实现多波长出光和多通道消融。又或者所述激光模块 202 被配置成具有至少两个激光装置，此两个激光装置可以发出同一波段的激光，这些改进方案的实施可以根据现有技术来实现，在此将不做赘述。

(4) 所述冷却模块通过驱动并控制冷却介质的循环流动来对所述光纤导管单元 300 以及所述光纤导管单元 300 周边组织进行冷却。所述冷却模块具体实施方式请参阅本发明的实施例二的内容。

(5) 所述电源模块 204 为各个其他模块提供稳定的电源支持。请参阅图 9，激光消融单元中电源模块供电分配示意图。所述电源模块 204 为所述激光消融单元 200 中各个模

块提供用电,例如,所述控制主机 201、人机交互模块 203、激光模块 202、光纤测温模块 206、效果评估模块 207 等。所述电源模块 204 主要包含有至少一个 UPS 设备和至少一个电源分配控制板。其中,所述激光消融单元 200 的电输入端连接一电源线。所述电源线的一端连接市电端,另一端与所述 UPS 设备连接,也即所述电源线的输出端与所述 UPS 设备的电输入端相连。所述 UPS 设备在所述市电端正常供电时处于充电状态,一旦所述市电端或所述电源线出现故障、中断时,所述 UPS 设备将立即将储存的电输出给所述激光消融单元 200,保证了所述激光消融单元 200 的各个模块的供电连续性和正常使用。优选的,所述 UPS 设备可维持的供电时间为 15min 左右。

此外,所述激光消融单元 200 中各个模块的电路连接线均集中布置于所述电源分配控制板上。这样做的优势在于,使所述激光消融单元 200 中各模块的电路管理得到合理分配、接线清晰明确,便于检修,有助于进一步减小所述激光消融单元 200 的空间占有面积。进一步的,所述电源分配控制板上设有若干连接端子、内置独立开关电源和门继电器。所述连接端子分别电性连接有至少 5 路电输出通道,所述电输出通道包含 SP1 通道、SP2 通道、SP3 通道、SP4 通道和 SP5 通道。所述 SP1 通道、所述 SP2 通道、所述 SP3 通道、所述 SP4 通道和 SP5 通道可分别与所述激光消融单元 200 中各个模块电性连接。例如,所述 SP1 通道与所述 UPS 设备电性连接,作为整个板材电源总输入,所述 SP2 通道与所述触摸屏一 2031 连接,所述 SP3 通道与所述触摸屏二 2032 连接,所述 SP4 通道与所述控制主机 201 连接,所述 SP5 通道与 4 合 1 开关电源连接等。

更优选的,所述 4 合 1 开关电源至少有 4 路电输出通道,所述 4 路电输出通道包含有 Power-1 通道、Power-2 通道、Power-3 通道和 Power-4 通道。所述 4 路电输出通道可以输出相同或不同的直流电源,且所述 Power-1 通道、所述 Power-2 通道、所述 Power-3 通道和所述 Power-4 通道之间相互独立运行,各不干扰,保证了用电安全。

在本发明的其一较佳实施例中,所述内置独立开关电源和所述门继电器电性连接。优选的,所述门继电器与所述 SP5 通道电性连接。同时,所述门继电器又与 PCS-1 通道连接,所述 PCS-1 通道用来与急停控制开关 2034 和钥匙开关 205 电性连接。所述电源分配控制板还包含与所述冷却模块连接的 PCS-2 通道。这样布线的优势在于,可以实现弱电控制强电,在保证设备功能可靠性的前提下,提高了设备用电安全性,且所述门继电器还可以保持设备的上一次工作状态,这样当设备从急停恢复正常作业状态需要重新操作开启按钮,避免因急停误恢复带来电气安全问题。

(6) 所述光纤测温模块 206 用于收集、处理所述测温光纤 8 传来的所述光纤导管单元 300 以及所述光纤导管单元 300 周边组织的实时温度;并辅助所述控制主机 201 生成精准的所述校正温度图像,进而可在术中实现实时温度反馈和更精准的消融操作。具体请参阅本发明的实施例一。

(7) 效果评估模块 207。所述效果评估模块 207 在术中使用阿伦尼乌斯模型或 CEM43 模型对组织的消融情况进行实时预估;所述控制主机 201 根据所述效果评估模块 207 反馈

的消融进展来实时生成以下至少之一的调控指令：激光输出功率、出光时间、出光模式、冷却流动速率。

进一步的，所述多波长多通道激光系统还包含其他外设接口，例如 USB 接口、安全开关接口、网线和光驱等，以保证系统的正常运行。

进一步的，所述多波长多通道激光系统还包括软件，其中，所述软件执行以下功能的至少之一。

①，生成手术方案，其中，所述手术方案包含所述 N 个激光装置中的每个激光装置对应的信息，其中，所述信息包括以下至少之一：计划消融面积和/或计划消融体积、达到预定消融结果所使用的激光功率、出光时间、出光模式、所需消融通道的数量、冷却流动速率；

②，实时控制，在所述磁共振引导单元 100 的引导下，根据所述 N 个激光装置中的每个激光装置分别依据对应的所述手术方案和所述校正温度图像，实时调控每个处于工作状态的激光装置和所述冷却模块的工作参数，并实时进行消融监测；

③，比对分析，将所述每个激光装置对应的手术方案中的信息与该激光装置在术后的信息进行比对分析，分析可采用如布尔运算，根据比对结果生成消融结果信息并显示于所述人机交互模块 203；其中，比对的内容包括以下：计划消融面积和/或计划消融体积、以及术后的实际消融面积和/或实际消融体积；所述消融结果信息至少包含以下其中之一：消融面积百分比、消融体积百分比、消融区域百分比、消融前后对比图。

以上所述仅为本发明的实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

权利要求书

1. 用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，多波长多通道激光系统包含有：

磁共振引导单元（100）：其包含 MRI 设备（101）和 MRI 控制中心（102）；所述 MRI 控制中心（102）用于进行以下至少之一的处理：数据采集、数据处理、图像重建、图像显示、图像存储；

激光消融单元（200）：其与所述磁共振引导单元（100）连接，所述激光消融单元（200）包含一控制主机（201）；所述控制主机（201）根据患者的数字影像信息完成以下至少之一：所述患者的建档、3D 建模、生成手术方案；所述控制主机（201）通过 MRI 温度成像技术将所述数字影像信息融合生成实时温度图像，并将所述实时温度图像显示于人机交互模块（203）；

所述激光消融单元（200）还包含有与所述控制主机（201）相连的激光模块（202），所述激光模块（202）设有 N 个激光装置；所述控制主机（201）根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控 N 个所述激光装置中的部分或全部的激光工作参数；以及，

光纤导管单元（300）：其与所述激光消融单元（200）连接，所述光纤导管单元（300）具有 M 个用于消融的光纤导管。

2. 如权利要求 1 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，N 大于等于 2。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，M 大于等于 1。

4. 如权利要求 1 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，N 大于等于 2，且 M 等于 N 时，每个所述光纤导管与每个所述激光装置一一对应连接，形成 N 个消融通道；和/或，

所述激光模块（202）设有 N 个激光装置，N 至少为 2 个；所述光纤导管单元（300）设有 M 个所述光纤导管，M 至少为 1 个；N 个所述激光装置分别与每个所述光纤导管连接；和/或，

所述激光模块（202）设有 N 个激光装置，N 至少为 1 个；所述光纤导管单元（300）设有 M 个所述光纤导管，M 至少为 2 个；M 个所述光纤导管分别与每个所述激光装置连接。

5. 如权利要求 2 或 4 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，每个所述激光装置发射出至少一种波长的激光；和/或，N 个所述激光装置均发射出相同波长的激光；和/或，N 个所述激光装置的一部分所述激光装置发射出第一波长的激光，另一部分所述激光装置发射出第二波长的激光，所述第二波长与所述第一波长不同。

6. 如权利要求 2 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，

当 N 等于 2 时, 所述激光模块 (202) 包含激光装置一 (2021) 和激光装置二 (2022); 所述控制主机 (201) 根据所述手术方案和所述实时温度图像同步或异步的调控所述激光装置一 (2021) 和所述激光装置二 (2022) 的激光工作参数;

同时, 所述光纤导管单元 (300) 包含光纤导管一 (301) 和光纤导管二 (302); 所述光纤导管一 (301) 与所述激光装置一 (2021) 连接, 所述光纤导管二 (302) 与所述激光装置二 (2022) 连接。

7. 如权利要求 6 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述光纤导管一 (301) 和所述光纤导管二 (302) 中的至少之一上设置有测温光纤 (8), 所述测温光纤 (8) 用于检测所在的光纤导管单元 (300) 以及该光纤导管单元 (300) 周边组织的实时温度; 所述测温光纤 (8) 与所述激光消融单元 (200) 内的光纤测温模块 (206) 连接; 所述光纤测温模块 (206) 与所述控制主机 (201) 内的温度校正模块 (2011) 连接, 所述温度校正模块 (2011) 用于对温度进行矫正。

8. 如权利要求 7 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述温度校正模块 (2011) 将用于至少完成以下处理: 将所述光纤测温模块 (206) 实时采集到的组织的实时温度数值作为所述磁共振引导单元 (100) 的基准测温数值、向所述控制主机 (201) 反馈校正温度图像;

其中, 所述校正温度图像由所述磁共振引导单元 (100) 基于所述基准测温数值生成; 向所述控制主机 (201) 反馈的所述校正温度图像用于替换所述实时温度图像。

9. 如权利要求 8 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述控制主机 (201) 用于根据所述校正温度图像来对所述激光模块 (202) 进行实时调控。

10. 如权利要求 6 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述激光装置一 (2021) 产生具有第一波长的激光, 所述激光装置二 (2022) 产生具有第二波长的激光; 所述第一波长和所述第二波长相同或不同; 所述激光模块 (202) 具有产生所述第一波长的激光的所述激光装置一 (2021) 和产生所述第二波长的激光的所述激光装置二 (2022)。

11. 如权利要求 10 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述第一波长是 980nm, 并且所述第二波长是 1064nm。

12. 如权利要求 6 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述激光工作参数包括以下至少之一: 激光输出功率、激光的出光时间、激光的出光模式。

13. 如权利要求 9 至 12 任一所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统, 其特征在于, 所述激光模块 (202) 还配置有冷却模块, 所述冷却模块与所述控制主机 (201) 和所述光纤导管单元 (300) 相连接;

所述控制主机 (201) 控制所述冷却模块的运行, 所述冷却模块通过驱动并控制冷却介质的流动来对所述光纤导管单元 (300) 以及所述光纤导管单元 (300) 周边组织进行冷却。

14. 如权利要求 13 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述光纤导管单元（300）具有结构相同的所述光纤导管一（301）和所述光纤导管二（302）；其中，所述光纤导管一（301）包含有光纤、冷却内管和冷却外管；和/或所述光纤为环形光纤、弥散光纤和侧射光纤的其中之一；和/或所述光纤的近端端头为斜角端头、半圆端头、球形端头、圆锥端头和凿形端头的其中之一。

15. 如权利要求 13 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述激光消融单元（200）包含控制主机（201）、人机交互模块（203）、激光模块（202）、冷却模块、电源模块（204）、光纤测温模块（206）和效果评估模块（207）。

16. 如权利要求 15 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述电源模块（204）具有至少一 UPS 设备和至少一电源分配控制板；其中，所述激光消融单元（200）的电输入端连接一电源线；所述电源线的一端连接市电端，另一端与所述 UPS 设备的电输入端连接。

17. 如权利要求 16 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述电源分配控制板包含若干连接端子、内置独立开关电源和门锁继电器；所述门锁继电器电性连接 PCS-1 通道，所述 PCS-1 通道用来与紧急停止开关（2034）和钥匙开关（205）电性连接；所述电源分配控制板还包含与所述冷却模块连接的 PCS-2 通道。

18. 如权利要求 15 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述效果评估模块（207）在术中使用阿伦尼乌斯模型或 CEM43 模型对组织的消融情况进行实时预估；

所述控制主机（201）根据所述效果评估模块（207）反馈的消融进展来实时生成以下至少之一的调控指令：激光输出功率、出光时间、出光模式、冷却液流动速率。

19. 如权利要求 15 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述人机交互模块（203）包含触摸屏一（2031）、触摸屏二（2032）、触摸屏三（2033）、紧急停止开关（2034）、脚踏板控制器（2035）、实体按键（2036）以及指示灯（2037）。

20. 如权利要求 19 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述触摸屏一（2031）和触摸屏二（2032）与所述控制主机的工控机（2012）连接，所述触摸屏三（2033）与所述控制主机的主板（2013）连接；

且，所述触摸屏一（2031）包含 MRI 实时温度监测界面和消融面积评估界面；所述触摸屏二（2032）包含激光装置一参数界面、激光装置二参数界面及冷却模块参数界面；所述触摸屏三与所述触摸屏二显示的界面内容相同或不同。

21. 如权利要求 15 所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，其特征在于，所述控制主机（201）实时监控所述激光模块（202）、所述光纤测温模块（206）、所述冷却模块的安全运行参数；当所述运行参数超出安全运行阈值时，所述控制主机（201）将使所述激光模块（202）和/或所述冷却模块停止出光。

22. 如权利要求 14 至 20 任一所述的用于神经外科热消融的多波长多通道激光系统，

其特征在于，还包括：软件，其中，所述软件执行以下功能的至少之一：

生成手术方案，其中，所述手术方案包含所述N个激光装置中的每个激光装置对应的信息，其中，所述信息包括以下至少之一：计划消融面积和/或计划消融体积、达到预定消融结果所使用的激光功率、出光时间、出光模式、所需消融通道的数量、冷却液流动速率、光纤导管插入路径规划；

实时控制，在所述磁共振引导单元（100）的引导下，根据所述N个激光装置中的每个激光装置分别依据对应的所述手术方案和所述校正温度图像，实时调控每个处于工作状态的激光装置和所述冷却模块的工作参数，并实时进行消融监测；

比对分析，将所述每个激光装置对应的手术方案中的信息与该激光装置在术后的信息进行比对，根据比对结果生成消融结果信息并显示于所述人机交互模块（203）；其中，比对的内容包括以下：计划消融面积或体积、以及术后的实际消融面积或体积；所述消融结果信息至少包含以下其中之一：消融面积百分比、消融体积百分比、消融前后对比图。