



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208573771 U

(45)授权公告日 2019.03.05

(21)申请号 201721768861.X

(22)申请日 2017.12.18

(73)专利权人 上海交通大学医学院附属瑞金医院

地址 200025 上海市黄浦区瑞金二路197号

(72)发明人 刘文韬 于随然 王贵兴 汪灵泉

(74)专利代理机构 上海晓象知识产权代理有限公司 31315

代理人 赵俊寅

(51)Int.Cl.

A61B 17/02(2006.01)

A61B 90/00(2016.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

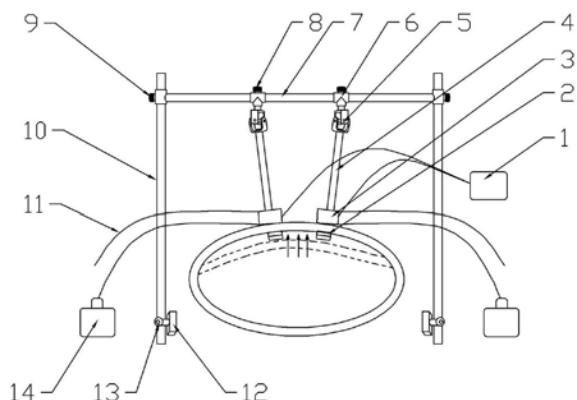
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)实用新型名称

带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,涉及医疗器械领域,由电磁控制装置、电磁铁、电磁铁冷却装置、软磁性材料和支撑架组成;电磁铁冷却装置用于对使用过程中的电磁铁进行冷却,包括水冷机构和隔热垫片,水冷机构绕设在电磁铁的外侧并连接冷却水泵,隔热垫片设置在电磁铁下侧的工作面上。本实用新型可以直接固定在手术台上,不占用手术室的空间;使用电磁铁和软磁性材料作为提拉腹壁所需拉力的来源,使得拉力的大小可以调节,避免吸力过大造成的组织损伤;皮肤及组织创伤极小,利于术后康复。此外此装置不仅可应用于腹腔内手术,其他以体腔内充气建腔为原理的腔镜手术如颈部腔镜甲状腺等手术也可采用。



1. 一种带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述系统由电磁控制装置、电磁铁、电磁铁冷却装置、软磁性材料和支撑架组成;所述软磁性材料用于置入患者腹腔内,与所述电磁铁相互作用产生提拉腹壁所需的磁吸力;所述支撑架连接电磁铁,为电磁铁提供支撑并用于提拉腹壁;

其中:

所述电磁控制装置包括供电模块、显示模块、调压模块和测温模块,供电模块为电磁铁供电,调压模块调节供电模块的电压,测温模块测量电磁铁的温度,显示模块显示供电模块的电压;

所述电磁铁冷却装置用于对使用过程中的电磁铁进行冷却,包括水冷机构和隔热垫片,水冷机构绕设在电磁铁的外侧并连接冷却水泵,隔热垫片设置在电磁铁下侧的工作面上。

2. 如权利要求1所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述软磁性材料的外侧由内至外依次设有白锌电镀层和环氧树脂层。

3. 如权利要求1所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述隔热垫片为硅酸铝高温隔热垫片。

4. 如权利要求1所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述软磁性材料有多个,每个软磁性材料由多个磁吸单元体组成;

所述磁吸单元体为方形,四个磁吸单元体田字形排列形成一个方形的软磁性材料,多个磁吸单元体的内侧角部通过连接线连接;

或者所述磁吸单元体为长方形,两个磁吸单元体上下叠加且转动连接构成一个软磁性材料。

5. 如权利要求1所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述软磁性材料有多个,每个软磁性材料均为折叠结构。

6. 如权利要求1所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述支撑架包括两个滑块、两根竖杆、一根横杆、两个三通管、两根伸长杆和两个万向节,其中两根竖杆下端插入滑块中并通过紧固螺钉固定;横杆上下移动地套在两根竖杆上并通过螺钉紧固;横杆上串有两个三通管,三通管通过紧固螺钉固定;三通管通过万向节与伸长杆的一端连接,伸长杆的另一端与电磁铁相连。

7. 如权利要求1所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述电磁铁的外侧设有不锈钢外壳,水冷机构绕设在不锈钢外壳的外侧。

8. 如权利要求7所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述不锈钢外壳的外侧设有螺旋状的散热翅片,水冷机构为绕设在散热翅片之间的硅胶换热管;

所述不锈钢外壳的外侧还设有一个塑料壳,塑料壳的为上下两端开口的圆筒形,散热翅片和硅胶换热管设置在塑料壳与不锈钢外壳之间,塑料壳的内侧设有与散热翅片连接的卡接机构。

9. 如权利要求8所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述卡接机构包括偏心设置在塑料壳内侧的多个卡接筋,卡接筋的一端与塑料壳内壁一体连接,另一端向径向内侧倾斜并设有轴向的卡接凸起,散热翅片上对应设有卡接凹槽。

10. 如权利要求8所述的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述电磁铁的直径为58mm,高度为33mm,硅胶换热管的内径为8mm,外径为11mm。

带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及医疗器械领域,具体涉及一种带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统。

背景技术

[0002] 腹腔镜手术是一门新发展起来的微创方法,是未来手术方法的一个必然趋势,目前临幊上最先进的机器人手术技术也是腔镜手术的一种类型。常规的腹腔镜手术是利用气体(CO_2)充入密闭的腹腔,制造手术空间以完成腹腔镜手术操作,整个手术过程中腹腔处于12-15mmHg的高压状态,可能造成人体,如皮下气肿、心肺功能异常、腹腔壁血管受压、高碳酸血症与酸中毒及肩部酸痛等诸多副作用。同时, CO_2 气腹必须使用价格昂贵的气腹机以及高纯度的 CO_2 气体,而且气腹必须采用全身麻醉进行手术,对有全麻禁忌症的病人无法实施气腹手术,这些条件均限制了腹腔镜手术的应用范围。鉴于 CO_2 气腹存在的诸多并发症及对人体的不良影响,上世纪90年代初人们开始探索各种免气腹技术,以克服 CO_2 气腹的缺陷。

[0003] 免气腹腹腔镜技术又称为非气腹腹腔镜技术,其原理是利用外力将前腹壁提拉或悬吊来制造手术空间,对腹腔的密闭性没有要求。现有的一些免气腹腹腔成腔装置,绝大多数采用机械提拉或悬吊方式,即:在患者腹部切若干个切口,将拉钩或钢丝绳置入腹内,外部通过一个可调节高度的机构将腹壁提拉起来,创造手术空间。这种方式看似简单,实则对患者腹壁损伤不小,容易导致皮肤撕裂伤,存在皮下出血、血肿、穿刺点感染等术后并发症,此外其提拉力大小不易调节。如:中国专利ZL99250043.5,专利名称:腹壁提升器。该装置采用可开合扇形拉钩伸入患者腹腔内,通过手摇机构将腹壁提升以创造手术空间,虽然可以实现提拉患者的腹壁,但是其会对患者的腹腔内壁造成创伤,不利于患者的术后恢复,且其提拉力大小不易调节。因此,已有的人体免气腹腹腔成腔装置还无法完全满足腹腔镜手术要求。此外绝大多数免气腹设备装置存在原理缺陷如皮肤真空吸引提拉等等方案,因其无法调控腹壁拉力,可能会导致皮肤及腹壁巨大创伤;还有部分免气腹设计原理因其提拉力较小且较固定,无法根据需要增加其拉力值,因此无法达到提拉腹壁建腔的实际效果。所以目前其他免气腹腹壁提拉装置研发仅停留在理论及图纸阶段,它们无法调控拉力的提拉方案和设备尚未实际在临幊上得以应用。

[0004] 应该注意,上面对技术背景的介绍只是为了方便对本申请的技术方案进行清楚、完整的说明,并方便本领域技术人员的理解而阐述的。不能仅仅因为这些方案在本申请的背景技术部分进行了阐述而认为上述技术方案为本领域技术人员所公知。

实用新型内容

[0005] 有鉴于现有技术的上述缺陷,本实用新型所要解决的技术问题是提供一种带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,在实现免气腹腹腔成腔的基础上,避免了对患者造成额外伤害,有利于患者的术后康复。

[0006] 本实用新型针对免气腹腹腔成腔的功能需求,提出了一种基于磁力牵引的免气腹

腹腔成腔的技术原理方案:通过腹壁上的手术切口,将软磁性材料置入患者腹腔内并排布好,外部采用电压可调的电磁铁来吸引腹腔内的磁吸体,通过调节电磁铁的电压与改变腹腔内磁吸体的数量,达到改变电磁铁吸力大小的目的,并利用外部电磁铁与软磁性材料的磁吸力将腹壁提拉起来创造手术空间,从而降低手术对患者腹壁造成的损伤,避免传统气腹成腔方法的并发症。

[0007] 为实现上述目的,本实用新型提供了一种带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统,其特征是:所述系统由电磁控制装置、电磁铁、电磁铁冷却装置、软磁性材料和支撑架组成;所述软磁性材料用于置入患者腹腔内,与所述电磁铁相互作用产生提拉腹壁所需的磁吸力;所述支撑架连接电磁铁,为电磁铁提供支撑并用于提拉腹壁;

[0008] 其中:

[0009] 所述电磁控制装置包括供电模块、显示模块、调压模块和测温模块,供电模块为电磁铁供电,调压模块调节供电模块的电压,测温模块测量电磁铁的温度,显示模块显示供电模块的电压;

[0010] 所述电磁铁冷却装置用于对使用过程中的电磁铁进行冷却,包括水冷机构和隔热垫片,水冷机构绕设在电磁铁的外侧并连接冷却水泵,隔热垫片设置在电磁铁下侧的工作面上。

[0011] 所述软磁性材料的外侧由内至外依次设有白锌电镀层和环氧树脂层。若腹内采用的是永磁体,则改变电磁铁的电压对磁吸力的影响不大,所以本实用新型采用了软磁性材料,更容易控制其磁吸力。

[0012] 所述隔热垫片为硅酸铝高温隔热垫片。

[0013] 所述软磁性材料有多个,每个软磁性材料由多个磁吸单元体组成;

[0014] 所述磁吸单元体可以为长方形,四个磁吸单元体田字形排列形成一个方形的软磁性材料,多个磁吸单元体的内侧角部通过连接线连接;

[0015] 或者所述磁吸单元体为长方形,两个磁吸单元体上下叠加且转动连接构成一个软磁性材料。

[0016] 所述软磁性材料有多个,每个软磁性材料均为折叠结构。

[0017] 软磁性材料也和根据需要制成其他形状。

[0018] 所述支撑架包括两个滑块、两根竖杆、一根横杆、两个三通管、两根伸长杆和两个万向节,其中两根竖杆下端插入滑块中并通过紧固螺钉固定;横杆上下移动地套在两根竖杆上并通过螺钉紧固;横杆上串有两个三通管,三通管通过紧固螺钉固定;三通管通过万向节与伸长杆的一端连接,伸长杆的另一端与电磁铁相连。此支撑架也可采用手术室已有的腹腔拉钩架杆装置。

[0019] 所述电磁铁的外侧设有不锈钢外壳,水冷机构绕设在不锈钢外壳的外侧。

[0020] 所述不锈钢外壳的外侧设有螺旋状的散热翅片,水冷机构为绕设在散热翅片之间的硅胶换热管;

[0021] 所述不锈钢外壳的外侧还设有一个塑料壳,塑料壳的为上下两端开口的圆筒形,散热翅片和硅胶换热管设置在塑料壳与不锈钢外壳之间,塑料壳的内侧设有与散热翅片连接的卡接机构。

[0022] 所述卡接机构包括偏心设置在塑料壳内侧的多个卡接筋,卡接筋的一端与塑料壳

内壁一体连接,另一端向径向内侧倾斜并设有轴向的卡接凸起,散热翅片上对应设有卡接凹槽。

[0023] 所述电磁铁的直径为58mm,高度为33mm,硅胶换热管的内径为8mm,外径为11mm。

[0024] 通过采用新颖的设计方法,本实用新型具有以下有益效果:结构简单,可以直接固定在手术台上,不占用手术室的空间,手术结束后可以方便的将其拆离手术台;使用电磁铁和软磁性材料作为提拉腹壁所需拉力的来源,使得拉力的大小可以调节;皮肤及腹壁组织创伤极小,利于术后康复。此外此装置不仅可应用于腹腔镜手术,其他体腔内充气建腔手术如颈部腔镜甲状腺等手术也可采用。

[0025] 具体的,本实用新型利用通过在病灶对应的内腹壁处安置软磁性材料(如铁片、镍片等),同时在病灶对应的外腹壁处安置电磁铁,利用电磁铁与磁性材料之间的吸引力来提拉腹壁,从而实现人体腹腔成腔,为腹腔镜手术提供操作空间,可以避免产生若使用气腹式人体腹腔成腔装置而可能引起的并发症(如高碳酸血症、皮下气肿、心律失常等)。除此之外,该方案不会像悬吊式人体腹腔成腔装置一样对患者的皮肤造成钩拉创伤,对于皮肤薄、腹壁松弛或肥厚的患者来说,仍可选择此方案,扩大了术式的适用范围。

[0026] 该方案中,外部电磁铁吸引力大小可以通过调节电流大小来控制。最终人体腹腔成腔空间将较为开阔,手术视野清晰,实际应用中吸引力的大小以及成腔空间的体积等参数,将通过进一步的实验来获取。此外,该方案中装置组件仅包括磁性材料、电磁铁与固定电磁铁的支架,整个装置简单、操作容易,且装置所占空间不大,不至于影响其他手术器械的布置。并且可根据需要增加或减少外部及内部磁吸设备,应用较为灵活。

[0027] 电磁铁通电后,时间一长,会存在明显的发热现象。而要想获得较好的提拉腹壁效果,电磁铁最好紧贴于患者的腹部表皮,以缩短与磁性材料间的距离,增大两者间的磁性吸引力。这就直接导致了电磁铁对患者腹部表皮造成热灼伤。关于这点问题,本实用新型设计隔热加水冷机构换热方案,解决电磁铁发热问题。

[0028] 参照后文的说明和附图,详细公开了本申请的特定实施方式,指明了本申请的原理可以被采用的方式。应该理解,本申请的实施方式在范围上并不因而受到限制。在所附权利要求的精神和条款的范围内,本申请的实施方式包括许多改变、修改和等同。

[0029] 针对一种实施方式描述和/或示出的特征可以以相同或类似的方式在一个或更多个其它实施方式中使用,与其它实施方式中的特征相组合,或替代其它实施方式中的特征。

[0030] 应该强调,术语“包括/包含”在本文使用时指特征、整件、步骤或组件的存在,但并不排除一个或更多个其它特征、整件、步骤或组件的存在或附加。

附图说明

[0031] 所包括的附图用来提供对本申请实施例的进一步的理解,其构成了说明书的一部分,用于例示本申请的实施方式,并与文字描述一起来阐释本申请的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中:

[0032] 图1是本实用新型实施例一的结构示意图。

[0033] 图2是电磁铁与硅胶换热管的结构示意图。

[0034] 图3是电磁铁与软磁性材料局部示意图。

- [0035] 图4和5为本实用新型实施例二中内置吸磁铁的结构示意图。
- [0036] 图6为本实用新型实施例三中电磁铁的示意图，
- [0037] 图7为实施例三种电磁铁的剖视图。
- [0038] 其中：1-电磁控制装置；2-软磁性材料；3-电磁铁；4-伸长杆；5-万向节；6-三通管；7-横杆；8-第一紧固螺钉；9-第二紧固螺钉；10-竖杆；11-硅胶换热管；12-滑块；13-第三紧固螺钉；14-冷却水泵；15-隔热；16-卡接筋；17-卡接凸起；18-不锈钢外壳；19-散热翅片；20-塑料壳；201-磁吸单元体。

具体实施方式

[0039] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都应当属于本申请保护的范围。

[0040] 参见图1～2，本实用新型的带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统由电磁控制装置1、电磁铁3、电磁铁冷却装置、软磁性材料2和支撑架组成；软磁性材料2用于置入患者腹腔内，与电磁铁3相互作用产生提拉腹壁所需的磁吸力；支撑架连接电磁铁3，为电磁铁3提供支撑并用于提拉腹壁。

[0041] 支撑架包括两个滑块12、两根竖杆10、一根横杆7、两个三通管6、两根伸长杆4和两个万向节5，其中两根竖杆10下端插入滑块12中并通过紧固螺钉固定；横杆7上下移动地套在两根竖杆10上并通过螺钉紧固；横杆7上串有两个三通管6，三通管6通过紧固螺钉固定；三通管6通过万向节5与伸长杆4的一端连接，伸长杆4的另一端与电磁铁3相连。

[0042] 电磁控制装置1包括供电模块、显示模块、调压模块和测温模块，供电模块为电磁铁3供电，调压模块调节供电模块的电压，测温模块测量电磁铁3的温度，显示模块显示供电模块的电压；电磁铁冷却装置用于对使用过程中的电磁铁3进行冷却，包括硅胶换热管和隔热垫片15，硅胶换热管绕设在电磁铁3的外侧并连接冷却水泵14，隔热垫片15设置在电磁铁3下侧的工作面上。

[0043] 电磁铁3的发热主要是由线圈的电阻损耗引起的。当电磁铁3处于闭合状态时，在线圈中产生焦耳热，线圈通过线圈骨架、电工胶带将热量传递到铁芯、极靴、永磁铁、轭铁，最后通过永磁铁和轭铁将热量散发到周围环境中去。

[0044] 从电磁铁3开始处于闭合状态时到线圈达到稳定温升，根据温度场分析可知，线圈的电阻所产生的热量通过4条路径向外传递：

[0045] 路径1：热量通过靠近铁芯的线圈骨架内侧到达铁芯与骨架之间的空气隙，到达铁芯后又分为两路，一路经过铁芯上半部传递到极靴，再到达永磁铁，最后通过永磁铁传递到周围空气；另一路经过铁芯下半部到达轭铁底部，再通过轭铁底部传递到周围空气。

[0046] 路径2：热量通过线圈骨架上部，经过永磁铁与线圈骨架上部之间的空气到达永磁铁，再通过永磁铁传递到周围空气。

[0047] 路径3：热量先通过垫片，然后经过线圈骨架下部，再通过线圈骨架与轭铁底部之间的空气，到达轭铁底部，最后通过轭铁底部传递到周围空气。

[0048] 路径4:热量先通过线圈外包电工胶带,再经过线圈与轭铁侧面及附加板间的空气,最后经过轭铁侧面和附加板传递出去。

[0049] 由于电磁铁3通电时,回路中的电阻通过电流会产生热量,其计算公式是 $Q=I^2R$ 。电磁铁3产生的热量会以热传导、热对流的形式传递到人体皮肤上,当温度在35℃左右,人体皮肤产生温觉;温度超过45℃时,产生热甚至烫的感觉;温度达到47℃时,有烫伤痛感;温度大于50℃时就会烫伤形成水疱;如果60℃接触人体皮肤一分钟,就会造成Ⅲ度烫伤。在利用电磁铁3辅助气腹成腔的过程中,手术时需一直保持电磁铁3电流接通,持续性的热量使得温度不断升高,会对手术中的患者造成烫伤甚至组织坏死。

[0050] 找出一种方法,能够降低电磁铁3传递至人体皮肤的热量,确保人体皮肤不会在手术过程中受到损害成为实现磁力牵引所必须的问题。如果降低回路中的电流,可以直接降低电磁铁3产生的热量,但降低电流会导致线圈产生的磁力不够,使电磁铁3不足以牵引人体腹腔壁提升,达不到手术要求的功能。如果降低线圈的匝数可以减小线圈的内阻,降低发热,但匝数减小会降低磁通量,从而减小磁力,同样会影响手术操作的可靠性。实验中的电磁铁3的线圈必须同时具有较高的安匝值,同时又有较小的热功率,而且还需要有较小的质量便于手术操作。

[0051] 根据“中介”原则,一般的解决方案是采用流体换热器的方法进行散热,即主动散热方法。主动散热采用的散热方式分为风冷散热、水冷散热、液冷散热、热管散热器散热、半导体致冷片散热、压缩机辅助散热和液氮散热等几种,通过进行热传导与热对流的方式带走磁铁上聚集的热量。

[0052] 在实际的手术操作中,不应有与手术无关的物体干扰手术的进行。风冷散热一般是通过外接风扇进行辅助散热,风冷散热器的电机中的磁芯在电磁铁3工作时会受到干扰,可能导致风扇失效或减弱磁性。而水冷液冷散热利用液体来代替空气,通过水的运动在散热片之间通过热对流来带走多余的热量,但由于手术过程中需要用到一些手术器械,使用液体进行换热容易有泄露隐患而影响手术的进行,所以也不应采用液体冷却。最终我们提出了通过在发热的电磁铁3四周围一圈硅胶换热管11,管内通以清水,通过不断的循环,将热量带走,在理论上可以达到较好的散热效果。

[0053] 电磁铁3的直径为58mm,高度为33mm,硅胶换热管11的内径为8mm,外径为11mm。硅胶换热管11外壁的温度为 t_{wo} ,硅胶换热管11内壁的温度为 t_{wi} ,水的温度为 t_f ,硅胶换热管11的壁厚为 δ (单位mm),由传热学原理有:

$$[0054] \Phi = qA = A\lambda \cdot \frac{dt}{dx} = A\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta} = Ah \cdot \Delta t$$

$$[0055] t_{wi} - t_f = \frac{\Phi}{h_i A}$$

$$[0056] t_{wo} - t_{wi} = \frac{\Phi \delta}{A \lambda}$$

[0057] 上述两式相加,可得:

$$[0058] t_{wo} - t_f = \frac{\Phi}{A} \left(\frac{1}{h_i} + \frac{\delta}{\lambda} \right)$$

$$[0059] \quad \Phi = \frac{A \cdot \Delta t}{\left(\frac{1}{h_i} + \frac{\delta}{\lambda} \right)}$$

[0060] 而管内的热对流可看作流体外掠平板传热情况,由于胶管长度较长,在其充分发展段可看作湍流条件,假设管内流动速度为 $u=3\text{m/s}$, $l=0.72\text{m}$,设初始水温 20°C ,胶管内壁温 40°C ,取平均值 30°C , 30°C 时水的物性参数动力粘度 $\nu=0.805 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$,普朗特数 $Pr=5.42$,导热系数 $\lambda=61.2 \times 10^{-2}\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,验证雷诺数:

$$[0061] \quad Re = \frac{ul}{\nu} = 2.683 \times 10^6 > 5 \times 10^5$$

[0062] 雷诺数大于 5×10^5 ,满足湍流情况条件。

[0063] 根据 $Re_x=5 \times 10^5$ 可求得层流段长度 x_c :

$$[0064] \quad x_c = \frac{5 \times 10^5 \times \nu}{u} = 0.134\text{m}$$

[0065] 综合层流段($x < x_c$)与湍流段($x > x_c$),有综合公式:

$$[0066] \quad h_m = \frac{\lambda}{l} \left[0.332 \left(\frac{u_{\infty}}{\nu} \right)^{1/2} \int_0^{x_c} \frac{dx}{x^{1/2}} + 0.0296 \left(\frac{u_{\infty}}{\nu} \right)^{4/5} \int_{x_c}^l \frac{dx}{x^{1/5}} \right] Pr^{1/3}$$

[0067] 积分后可得

$$[0068] \quad Nu_m = \left[0.664 Re_c^{1/2} + 0.037 (Re^{4/5} - Re_c^{4/5}) \right] Pr^{1/3}$$

[0069] 其中 Re_c 为临界雷诺数,若采用 $Re_c=5 \times 10^5$,则上式化为:

$$[0070] \quad Nu_m = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$$

[0071] 式中 Re 是以平板全长 l 为特征长度的雷诺数。

$$[0072] \quad Re_l = 2.683 \times 10^6$$

$$[0073] \quad Nu_m = (0.037 \times (2.683 \times 10^6)^{4/5} - 871) (5.42)^{1/3} = 7501.624$$

$$[0074] \quad h_m = \frac{\lambda}{l} Nu = 6376.38 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

[0075] 则硅胶换热器11的换热量为

$$[0076] \quad \Phi = \frac{A \cdot \Delta t}{\left(\frac{1}{h_m} + \frac{\delta}{\lambda} \right)}$$

[0077] 由于胶管的 h 较大,可理解为硅胶管内部的对流传热性能较好,在计算热阻时可忽略其热对流,于是公式被改写成:

$$[0078] \quad \Phi = \frac{A \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = \frac{l \cdot d \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = \frac{S \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta}$$

[0079] 在有一定的圆柱侧面积时,可以粗略地估计换热面积为圆柱的侧面积,此时单位时间内的换热量取决于胶管的壁厚,在胶管选型时应尽量选择壁厚较薄的,而为了避免计算误差,在选择直接时应选择直径较小的胶管。

[0080] 最终我们选择的是内径8mm,外径11mm的硅胶管,于是可估算出理论的换热量:

$$[0081] \quad \Phi = \frac{A \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = \frac{l \cdot d \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = \frac{S \cdot \Delta t \cdot \lambda}{\delta} = \frac{6 \times 10^{-3} \text{m}^2 \cdot 50^\circ\text{C} \cdot 1.3 \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}}{3 \text{mm}} = 130\text{W}$$

[0082] 一般来说,电磁铁在满载时的功率在100W左右,除去其机械能做功,转换成热能的热功率应大致上小于100W,在理论上,这样的散热方案是能够解决电磁铁发热问题的。在实际操作中,我们也留出了足够的设计余量,可以达到较好的散热效果。

[0083] 参见图3,软磁性材料2包括环形的永磁体,在保持磁场面积不变的情况下,使磁场力大小变化很小,同时增大了换热面积,提高了散热效率。采用铷铁硼原理烧结而成,进行机械加工后,再用白锌电镀,表面喷涂环氧树脂,再进行磁化而制成,在永磁体的外侧由内至外依次形成白锌电镀层和环氧树脂层,拥有磁性强、抗腐蚀、散热性能好的特点。

[0084] 创造手术空间是利用电磁铁3与软磁性材料2之间的磁吸力提拉腹壁实现的,虚线为腹壁初始位置,实线为提拉后的腹壁位置。手术前,先将该装置安装在病床上,可根据不同手术类型和不同患者的要求,调整支撑架的位置,使其移动到满足手术要求的地方,然后通过第三紧固螺钉13将滑块12固定,并通过调节横杆7和三通管6来初步调节电磁铁3与患者的位置关系,使用第一紧固螺钉8固定三通管6;手术过程中,利用电磁控制装置1给电磁铁3通电并将其放置在腹腔外侧的指定位置(具体位置依据手术要求而定),然后将一块软磁性材料2通过手术切口置入患者腹腔内,利用电磁铁3对软磁性材料2的吸引力,将其固定在腹腔内壁与电磁铁3对应的位置上,通过电磁控制系统调节电磁铁3的电压可以改变电磁铁3和软磁性材料2之间的磁吸力大小,从而为创造手术空间提供腹壁拉力;若将电磁铁3的电压调到最高仍然无法达到手术所要求的磁吸力大小,手术时可以在同一位置置入多块软磁性材料2,让多块软磁性材料2通过电磁铁3磁化而重叠在一起以强化磁场(参见图1),这样就能够产生手术所需要的足够大的磁吸力;同时,手术过程中,通过调节横杆7和三通管6以调节外部电磁铁3带动腹腔内的软磁性材料2移动,调节到位后分别将第一紧固螺钉8和第二紧固螺钉9拧紧,实现提拉腹壁(参见图1)的目的,从而为手术创造良好的空间和视野;而手术结束后,可以先将电磁铁3断电,此时,腹腔内的软磁性材料2由于失去磁性就会自动分离,然后可以利用手术器械将腹腔内的软磁性材料2从手术切口取出。

[0085] 由于电磁铁3通电过程中会产生大量的热量,而且电磁铁3散热效果不佳,会导致电磁铁3自身温度的上升,为防止电磁铁3温度过高烫伤患者皮肤,采用硅胶换热管11环绕电磁铁3并通过冷却水泵14通以循环水对使用过程中的电磁铁3进行冷却,并且在电磁铁3的工作面覆盖一层隔热垫片15。在实际过程中,可以增加或减少装置的数量,以达到增加或减少电磁铁3的数量,从而适应不同手术对磁吸力的需求。

[0086] 通过单元热通量分布有限元分析可以看出在没有散热方案的自然条件下,电磁铁发热较严重,温度基本在84.2°C-84.5°C,整体温度分布较均匀,温度最高的部分是铜质线圈。在加入了胶管散热后,侧壁由自然对流变成了热传导与强制对流,其传热学条件可借用理论分析的结果:

$$Nu_m = (0.037 \times (2.683 \times 10^6)^{4/5} - 871) (5.42)^{1/3} = 7501.624$$

$$h_m = \frac{\lambda}{l} Nu = 6376.38 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K})$$

[0089] 从结果中可以看出加入了散热方案后,降温效果非常明显,整体温度被冷却到20.3°C-20.5°C,基本与环境温度相差不大。经过有限元分析,可以确认以下几点:

[0090] 1) 电磁铁的导热性较好,不论是无散热方案还是有散热方案的条件下,电磁铁整体的温度差异不大。

[0091] 2) 电磁铁发热现象较严重,在进行传热稳态分析后,原始条件下发热稳态温度达到了80℃以上,这样的温度若用于实践情况会造成严重的伤害。

[0092] 3) 散热方案的效果较好,在加入硅胶换热管11进行散热之后,温度显著下降,水流带走了大部分的热量。

[0093] 阻隔性隔热是通过对热传递的显著阻抗性实现隔热,采用低导热系数的组合物或在涂膜中引入导热系数极低的空气可获得良好的隔热效果。在工业中,投入应用的隔热垫片15主要有石棉橡胶垫片与硅酸铝垫片。石棉橡胶垫片以石棉纤维、橡胶为主要原料再辅以橡胶配合剂和填充料,经过混合搅拌、热辊成型、硫化等工序制成。石棉橡胶垫片根据其配方、工艺性能及用途的不同,可分为普通石棉橡胶垫片和耐油石棉橡胶垫,可用于450℃以下绝热环境。硅酸铝高温隔热垫片15是根据客户需求而制成的高强度纤维纸,该产品具有优良的隔热性能和很好的施工性能。且有极好的抗熔融渗透能力,常被用于仪器设备、电热元件的绝缘和隔热,可用于1400℃以下环境。综上,硅酸铝高温隔热垫片15是符合本实用新型隔热要求的。

[0094] 实施例二

[0095] 参见图4,本实施例中的软磁性材料2有多个,每个软磁性材料2由多个磁吸单元体201组成;磁吸单元体201为方形,四个磁吸单元体201田字形排列形成一个方形的软磁性材料2,多个磁吸单元体201的内侧角部通过连接线连接。

[0096] 参见图5,磁吸单元体201为长方形,两个磁吸单元体201上下叠加且转动连接构成一个软磁性材料2。

[0097] 本实用新型中的磁吸单元体201还可以选用圆铁片,厚度至少为5mm,直径为8mm的圆铁片直接在体内布置,如果圆铁片的厚度小于5mm,那么想要产生足够的磁吸力就需要放入较多的圆铁片,不利于手术操作。可同时进行多片为一个单位布置,取出选择使用一个有磁性的头将铁片吸出。

[0098] 本实用新型中的软磁性材料2还可以采用折叠结构。扩展面积较大,布置方便。具体可以选用以下方案:

[0099] 1、圆形的软磁性材料2通过旋转折叠成扇形,选择半径为8mm的圆形的软磁性材料2,进行旋转折叠成扇形,进入宽度为8mm。进入后通过手工布置,扩展面积较大。

[0100] 2、矩形的软磁性材料2通过折叠变成小的矩形,选择16x16mm的矩形折叠成16x8mm的矩形,进入宽度为8mm,进入后通过手工布置,扩展面积较大。

[0101] 3、圆形的软磁性材料2通过折叠变成小的半圆形,选择16mm半径的圆形折叠成半圆形,进入宽度为8mm,进入后通过手工布置,扩展面积较大。

[0102] 实施例三

[0103] 参见图6~7,在电磁铁3的外侧设有不锈钢外壳18,硅胶换热管11绕设在不锈钢外壳18的外侧。采用导热性较好的不锈钢外壳18,可以增强工作面以外的各面的散热性能。为了进一步的提高散热性能,不锈钢外壳18的外侧设有螺旋状的散热翅片19,硅胶换热管11绕设在散热翅片19之间;散热翅片19进一步的将电磁铁3产生热量向外散发,加大与硅胶换热管11的接触面积,提高冷却效果。

[0104] 不锈钢外壳18的外侧还设有一个塑料壳20,塑料壳20的为上下两端开口的圆筒形,散热翅片19和硅胶换热管11设置在塑料壳20与不锈钢外壳18之间,塑料壳20的内侧设

有与散热翅片19连接的卡接机构。卡接机构包括偏心设置在塑料壳20内侧的多个卡接筋16，卡接筋16的一端与塑料壳20内壁一体连接，另一端向径向内侧倾斜并设有轴向的卡接凸起17，散热翅片19上对应设有卡接凹槽。卡接筋16自身的弹性可以使得卡接凸起17自动卡入卡接凹槽中，结构简单，安装方便，利用卡接筋16可以保持硅胶换热管11稳定固定在散热翅片19之间，安装方便，而且塑料壳20可以进一步的提供隔磁效果，防止手术过程中器械被电磁铁3吸引，保证手术的正常进行。

[0105] 以上详细描述了本实用新型的较佳具体实施例。应当理解，本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本实用新型的构思作出诸多修改和变化。因此，凡本技术领域中技术人员依本实用新型的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案，皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

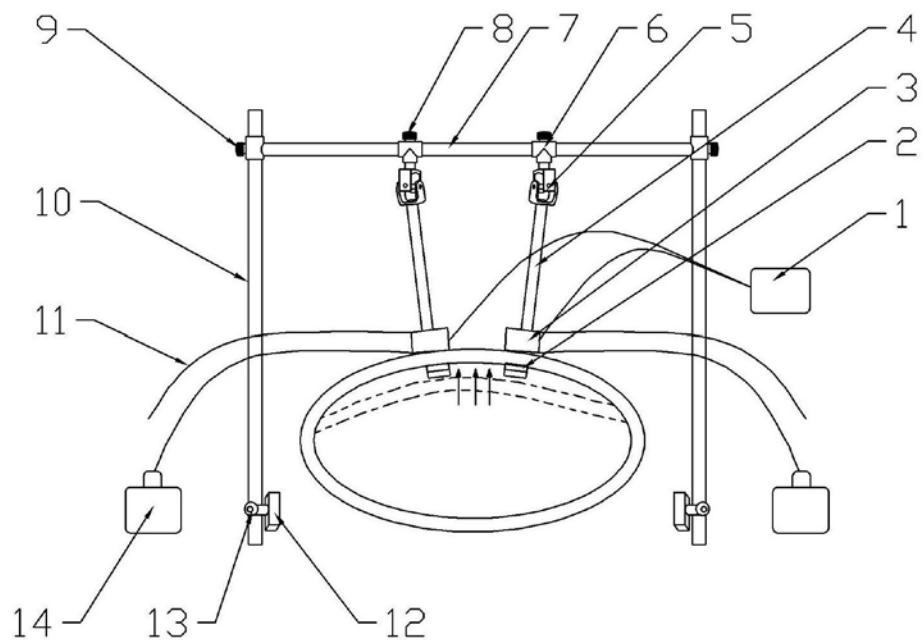


图1

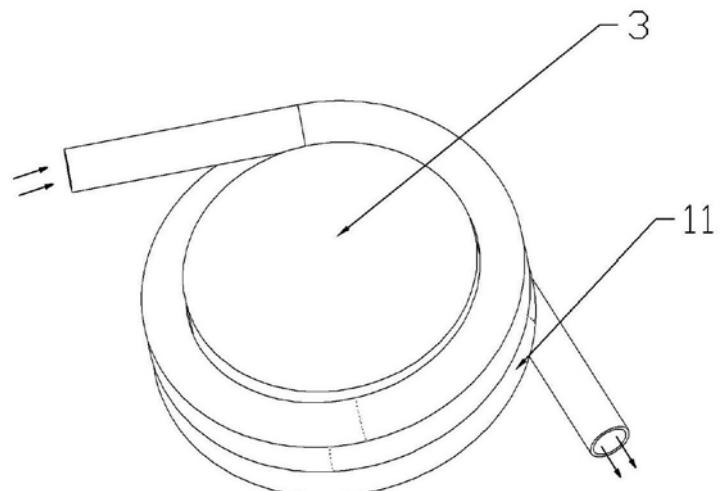


图2

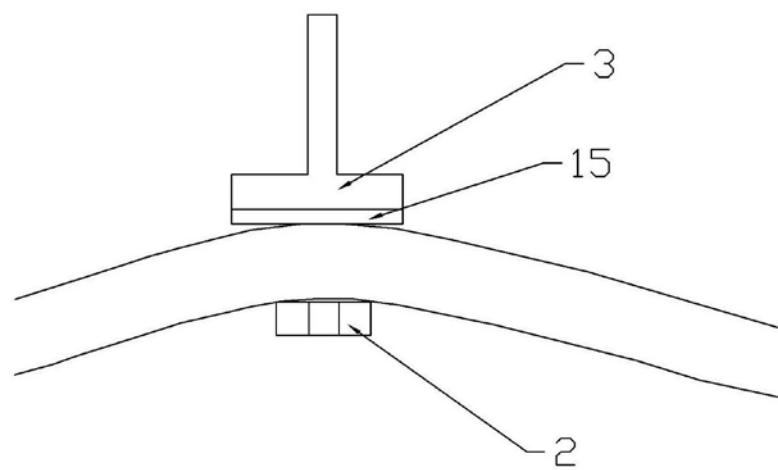


图3

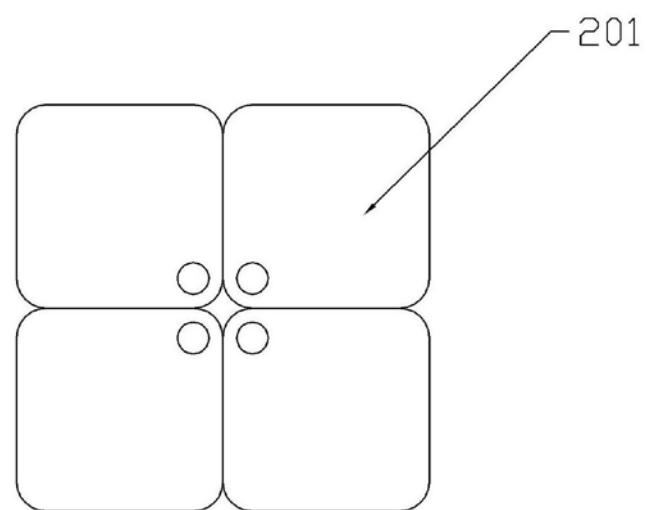


图4

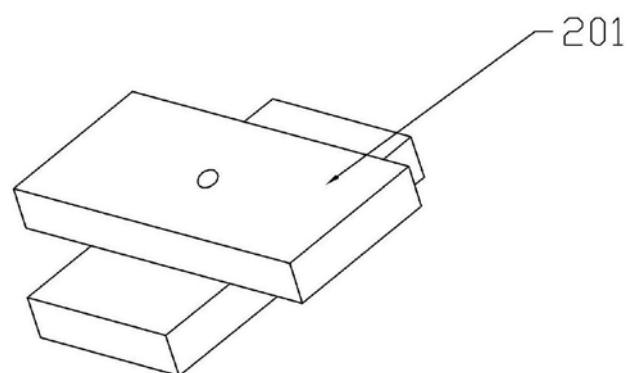


图5

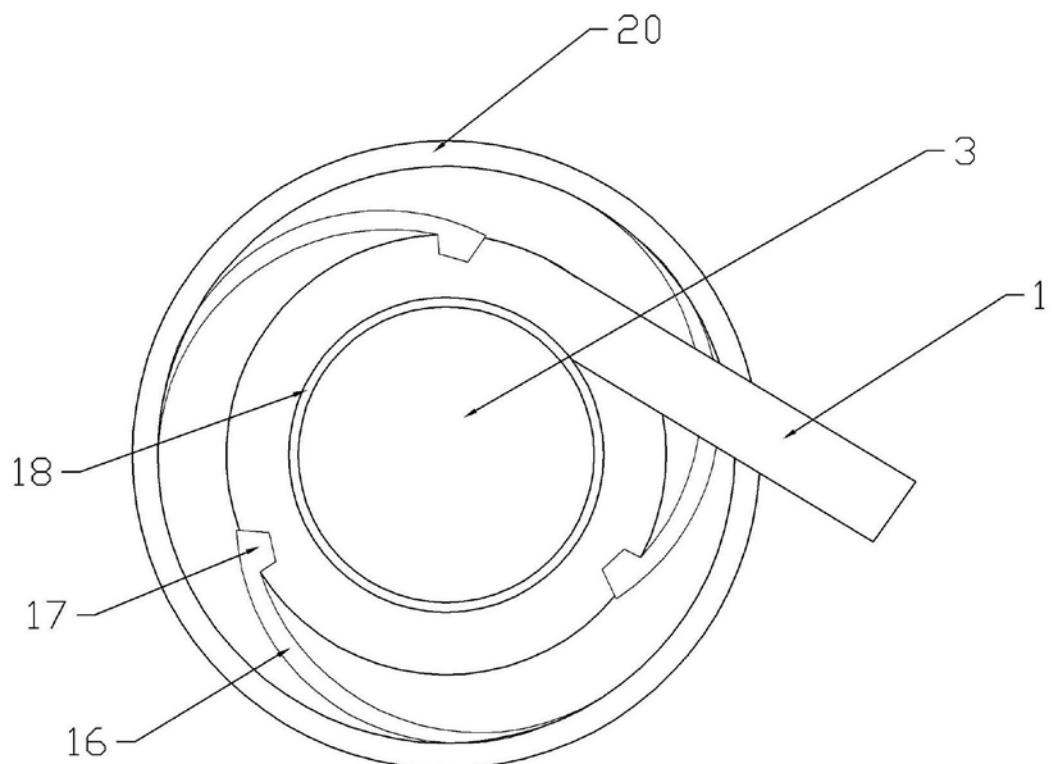


图6

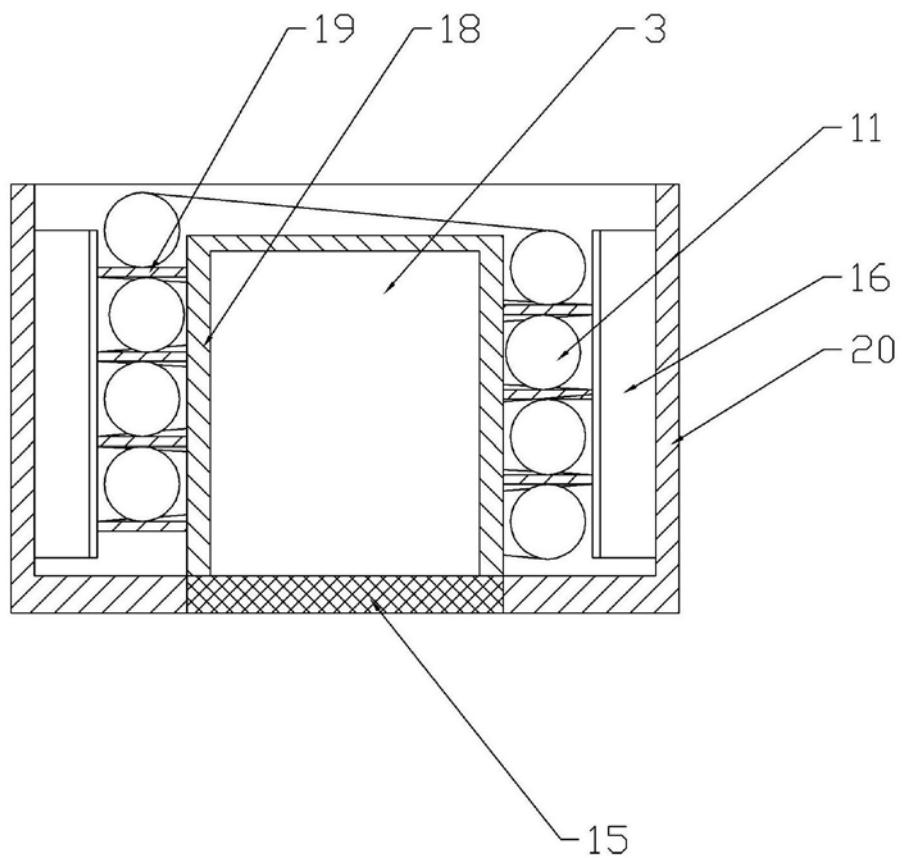


图7

专利名称(译)	带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统		
公开(公告)号	CN208573771U	公开(公告)日	2019-03-05
申请号	CN201721768861.X	申请日	2017-12-18
[标]申请(专利权)人(译)	上海交通大学医学院附属瑞金医院		
申请(专利权)人(译)	上海交通大学医学院附属瑞金医院		
当前申请(专利权)人(译)	上海交通大学医学院附属瑞金医院		
[标]发明人	刘文韬 于随然 王贵兴 汪灵泉		
发明人	刘文韬 于随然 王贵兴 汪灵泉		
IPC分类号	A61B17/02 A61B90/00		
外部链接	Espacenet	Sipo	

摘要(译)

本实用新型公开了一种带冷却装置的可调节强电磁腹腔内可控微创系统，涉及医疗器械领域，由电磁控制装置、电磁铁、电磁铁冷却装置、软磁性材料和支撑架组成；电磁铁冷却装置用于对使用过程中的电磁铁进行冷却，包括水冷机构和隔热垫片，水冷机构绕设在电磁铁的外侧并连接冷却水泵，隔热垫片设置在电磁铁下侧的工作面上。本实用新型可以直接固定在手术台上，不占用手术室的空间；使用电磁铁和软磁性材料作为提拉腹壁所需拉力的来源，使得拉力的大小可以调节，避免吸力过大造成的组织损伤；皮肤及组织创伤极小，利于术后康复。此外此装置不仅可应用于腹腔内手术，其他以体腔内充气建腔为原理的腔镜手术如颈部腔镜甲状腺等手术也可采用。

