

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019年12月26日(26.12.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/242011 A1

(51) 国际专利分类号:
H05H 13/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/092448

(22) 国际申请日: 2018年6月22日(22.06.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 新瑞阳光粒子医疗装备(无锡)有限公司(NEWRT MEDICAL SYSTEMS (WUXI) CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省无锡市梁溪区太湖广场钟书路99号国金中心62层, Jiangsu 214000 (CN)。

(72) 发明人: 郑志鸿(ZHENG, Zhihong); 中国江苏省无锡市梁溪区太湖广场钟书路99号国金中心62层, Jiangsu 214000 (CN)。 刘铮铮(LIU, Zhengzheng); 中国江苏省无锡市梁溪区太湖广场钟书路99号国金中心62层, Jiangsu 214000 (CN)。 李凯若(LEE,

Carol); 中国江苏省无锡市梁溪区太湖广场钟书路99号国金中心62层, Jiangsu 214000 (CN)。

(74) 代理人: 无锡华源专利商标事务所(普通合伙)(WUXI HUAYUAN PATENT AND TRADEMARK AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国江苏省无锡市梁溪区清扬路228号地铁大厦1108室(联系人: 聂启新), Jiangsu 214023 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: SYNCHROTRON CONTROL METHOD, APPARATUS, DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 同步加速器控制方法、装置、设备及存储介质

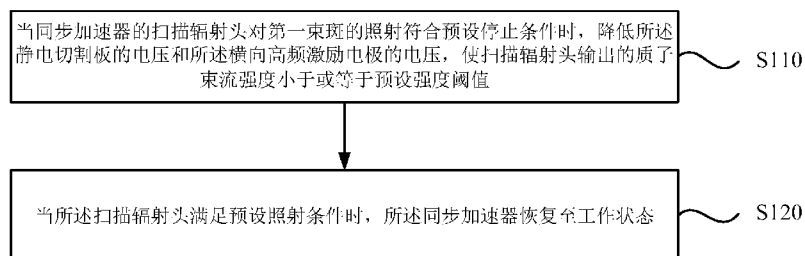


图 2a

S110 When irradiation of first beam spot by scanning radiation head of synchrotron meets preset stop condition, reduce voltage of electrostatic cutting plate and voltage of lateral high-frequency excitation electrode, such that proton beam intensity outputted by scanning radiation head is less than or equal to preset intensity threshold

S120 When scanning radiation head meets preset irradiation condition, synchrotron returns to operating state

(57) Abstract: Provided are a synchrotron control method, control apparatus, device, and storage medium, said control method comprising: when the irradiation of a first beam spot by a scanning radiation head of a synchrotron meets a preset stop condition, reducing the voltage of an electrostatic cutting plate and the voltage of a lateral high-frequency excitation electrode, such that the proton beam intensity outputted by said scanning radiation head is less than or equal to a preset intensity threshold; when the scanning radiation head meets a preset irradiation condition, the synchrotron returns to an operating state.

(57) 摘要: 一种同步加速器控制方法、控制装置、设备以及存储介质, 该控制方法包括: 当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时, 降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压, 使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值; 当所述扫描辐射头满足预设照射条件, 所述同步加速器恢复至工作状态。



WO 2019/242011 A1

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

同步加速器控制方法、装置、设备及存储介质

技术领域

本公开涉及同步加速器技术领域，例如，涉及一种同步加速器控制方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

医用同步加速器通常使用慢引出配合笔形束扫描的方法来输出 70-230 兆电子伏特 (MeV) 的质子束对肿瘤进行放射性治疗。为了使患者实际接收的放疗剂量与放疗计划的剂量一致，通常通过扫描辐射头里的双电离室来测量每一个束斑的位置和接收的剂量。若当前束斑的剂量达到预设剂量，则扫描辐射头移动至下一个待照射束斑。扫描辐射头从当前束斑位置转移至下一个待照射束斑位置的时间约为 1ms，在此时间间隔内，扫描辐射头输出的剂量称为计划外剂量。为了提高放疗剂量控制的准确性，需要尽可能地降低该计划外剂量对放疗效果的影响。

相关技术通常采用连续出束的方式进行放射治疗，为了降低计划外剂量对放疗效果的影响，通常采用降低放射治疗的剂量率的方式，来降低扫描辐射头在不同束斑之间的移动过程中输出的计划外剂量，这就导致了放射治疗时间较长，而较长时间的放射治疗一方面需要准确性较高的放疗摆位，另一方面也会增加病人接收放射治疗过程中的心理恐惧。

发明内容

本申请实施例提供一种同步加速器控制方法、装置、设备及存储介质，以解决相关技术中同步加速器的扫描辐射头在不同束斑之间的移动过程中输出的计划外剂量较高的问题。

本申请实施例提供了一种同步加速器控制方法，包括：

当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使束流强度小于或等于预设强度阈值；

当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；

其中，所述同步加速器包括：设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。

可选的，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值，包括：

将所述静电切割板的电压降低到第一预设电压，同时将所述横向高频激励电极的电压降低到第二预设电压，以使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于所述预设强度阈值，其中，所述第一预设电压高于所述第二预设电压。

可选的，所述预设停止条件包括下述至少之一：

所述扫描辐射头照射至所述第一束斑所在位置的剂量达到预设剂量；

所述第一束斑的位置移动至预设位置范围外。

可选的，所述当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值，包括：

当所述扫描辐射头对所述第一束斑的照射符合预设停止条件时，在预设降压时间内，降低所述静电切割板的电压和所述横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值。

可选的，所述当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值，包括下述至少一项：

当所述扫描辐射头对所述第一束斑的照射符合所述预设停止条件时，保持所述扫描辐射头当前所在位置不变，并在预设降压时间内，降低所述静电切割板的电压和所述横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于所述预设强度阈值；

当所述扫描辐射头对所述第一束斑的照射符合所述预设停止条件时，将所述扫描辐射头向第二束斑的位置移动，并在移动过程中，降低所述静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于所述预设强度阈值。

可选的，所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态，包括以下至少之一：

当所述扫描辐射头移动至第二束斑的位置时，在预设升压时间内，恢复所述静电切割板的电压至所述静电切割板的工作电压，以及恢复所述横向高频激励电极的电压至所述横向高频激励电极的工作电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度达到工作强度；

在所述扫描辐射头照射至所述第一束斑的剂量小于预设剂量，且所述第一束斑的位置移动至预设位置范围内的情况下，在所述预设升压时间内，恢复所述静电切割板的电压至所述静电切割板的电压工作电压，以及恢复所述横向高频激励电极的电压至所述横向高频激励电极的工作电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度达到工作强度。

可选的，所述第一预设电压的取值范围为所述静电切割板的工作电压的50%-80%。

可选的，所述第一预设电压的取值范围为所述静电切割板的工作电压的60%-75%。

可选的，所述预设降压时间小于 70us。

本申请实施例还提供了一种同步加速器控制装置，包括：

停止出束模块，设置为当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值；

启动出束模块，设置为当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；

其中，所述同步加速器包括设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。

本申请实施例还提供了一种设备，所述设备包括：

一个或多个处理器；

存储装置，设置为存储一个或多个程序；

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行，使得所述一个或多个处理器实现上述的同步加速器控制方法。

本申请实施例还提供了一种包含计算机可执行指令的存储介质，所述计算机可执行指令在由计算机处理器执行时用于执行上述的同步加速器控制方法。

本申请实施例提供的同步加速器控制方法，通过降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压来降低束流强度，使束流强度迅速降低到预设强度阈值，进而当扫描辐射头在两束斑之间转移时使患者所接受的剂量所接受的剂量保持在一个极低值，相较于通过降低剂量率来降低计划外剂量，本实施例可以提高放疗剂量率，这样既能减少放疗时间，又能减少计划外剂量，进而可以显著提高放疗效果。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的质子束相空间示意图；

图 2a 是本申请实施例一提供的一种同步加速器控制方法的流程图；

图 2b 是本申请实施例一提供的另一种同步加速器控制方法的流程图；

图 3 是本申请实施例二提供的同步加速器控制方法的流程图；

图 4 是本申请实施例三提供的同步加速器控制装置的结构框图；

图 5 是本申请实施例四提供的同步加速器设备的结构框图。

具体实施方式

下面将结合附图对本申请实施例中的技术方案进行描述，所描述的实施例是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例，是为了阐述本申请的原理，而不是要将本申请限制于这些实施例。采用医用同步加速器对肿瘤进行质子束放射性治疗时，通常使用慢引出配合笔形束扫描的方法来输出 70-230 兆电子伏特 (MeV) 的质子束，而且通常选择 1/3 整数共振点慢引出机制做剥离。如图 1 所示，质子束在加速腔加速完毕后，同步加速器通过四级磁铁调整工作点至预设的 1/3 整数共振工作点附近，开启六级磁铁形成如图 1 所示的相空间三角型分布的第一质子束。在高频激励电极的激励作用下，质子从三角形的三个角缓慢逸出，作为第二质子束逐渐接近静电切割板从而被引出。被引出的质子束流被质子运输系统输送至扫描辐射头，然后由扫描辐射头输出至当前束斑（即第一束斑）。

束斑的位置以及束斑所接收的剂量均可通过扫描辐射头里的双电离室进行实时测量，用以确定第一束斑的剂量是否已达到预设剂量，以及是否需要将扫描辐射头移动至下一待照射的束斑（即第二束斑）的位置。扫描辐射头在两束斑之间的转移时间约为 1ms，在此时间间隔内，扫描辐射头所输出的剂量称为计划外剂量。

根据行业标准，计划外剂量要小于计划总剂量的 10%。因此对于连续出束的放疗方法，通常通过降低放射治疗的剂量率以及优化剂量统计方法的方式，来降低计划外剂量对放射治疗的影响。但是，这些解决方式仅能在一定程度上降低计划外剂量对放疗效果的影响，而且降低放射治疗的剂量率还意味着延长放射治疗的时间。基于此，本实施例提出一种同步加速器控制方法、装置、设

备及存储介质，下面对同步加速器控制方法进行介绍。

实施例一

图 2a 是本申请实施例一提供的一种同步加速器控制方法的流程图。本实施例的技术方案适用于降低放射治疗的计划外剂量的情况，本实施例以基于同步加速器的质子放疗为例进行说明。该方法可以由本申请实施例提供的同步加速器控制装置来执行，该装置可以采用下述至少一种方式实现：软件和硬件，该装置配置在处理器中应用。该方法包括如下步骤：

S110、当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低所述静电切割板的电压和所述横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值。

S120、当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；

其中，所述同步加速器包括：设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。

图 2b 是本申请实施例一提供的另一种同步加速器控制方法的流程图，如图 2b 所示，该方法包括：S101、当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，在预设降压时间内，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值。

在质子放疗过程中，通常将肿瘤划分为多个垂直于束流照射方向的能量层，并确定每一能量层的多个束斑位置和每一束斑的预设剂量。放疗开始后，同步加速器控制扫描辐射头按照预设顺序，依次照射每个束斑位置直至该束斑的剂量达到预设剂量。也就是说，本实施例的预设停止条件可以是预设剂量。

同步加速器通过横向高频激励电极对加速腔内的质子束进行激励以对其进行扰动，在横向高频激励电极停止对同步加速器内的质子束进行激励后，将不会有质子束因扰动而达到稳定区外，但之前留存在同步加速器内处于稳定区外的质子束还是会被引出。也就是说，横向高频激励电极在降低电压的过程中仍

有质子束被引出，直至加速器内位于稳定区外的质子束全部被引出。因此，仅通过降低横向高频激励电极的电压来降低束流强度需要较长的时间，通常为几百微秒。虽然同步加速器在该过程中所输出的计划外剂量小于连续出束的放疗技术的计划外剂量，但这个计划外剂量仍然是一个不可忽视的高剂量值，尤其是对于使用大剂量率进行放射治疗的放疗计划。

对于同步加速器，当质子束被加速到预设能量后，通过质子偏转装置将达到预设能量的质子束引出。静电切割板是质子偏转装置中对质子束进行偏转的第一步。也就是说，质子束要偏转出同步加速器，首先经过静电切割板的偏转电场，在偏转电场的作用下偏离原有的运动轨迹，然后经过质子偏转装置的其他部分被引出以离开加速器。基于此，本实施例通过降低静电切割板的电压，来减弱或是去掉静电切割板的偏转电场，使静电切割板的偏转电场不能将质子束偏移至预设引出轨迹。此时，携带有预设能量的质子束会因为偏转电场较弱而不足以偏转至预设引出轨迹，进而不能被质子偏转装置的其他部分引出，或是被引出的质子数量非常的少。或者，携带有预设能量的质子束因为没有横向激励源和偏转电场的存在而不会产生扰动和偏转，继续留在加速腔内。

本实施例中的横向高频激励电极从工作电压降低至第二预设电压通常需要几百微秒，远远大于静电切割板的电压降低至第一预设电压的时间。第一预设电压的取值范围通常在静电切割板的工作电压的 50%-80%内，可选地，第一预设电压的取值范围在静电切割板工作电压的 60%-75%内。当静电切割板从工作电压降低到工作电压的 70%时，所需时间小于 70us。若静电切割板的电压控制装置的性能较好，第一预设时间可以低于 50 us。实际使用时，可以先获取质子束引出时第一次偏转所需的静电切割板的最低电压值，然后将第一预设电压值设置为小于该最低电压值。在一实施例中，为了延长同步加速器的使用寿命，以及加快同步加速器恢复横向高频激励电极的工作电压，通常不会使横向高频激励电极处于完全断电状态，横向高频激励电极的电压不能对加速腔内的质子束进行有效激励即可。

综上所述，通过降低静电切割板的电压至第一预设电压的同时，降低横向高频激励电极的电压至第二预设电压，可以使同步加速器的扫描辐射头在静电

切割板降压至第一预设电压的时间内停止出束或是以极低的剂量率出束，进而可以大幅缩短同步加速器所输出的束流强度降低至小于或等于预设强度阈值的时间。

在一实施例中，同步加速器可以保持扫描辐射头位于第一束斑位置不变，并在预设降压时间内，将静电切割板的电压降低至第一预设电压，并将横向高频激励电极的电压降低至第二预设电压。也可以在第一束斑符合预设停止条件时，将扫描辐射头向第二束斑位置移动，并在移动过程中，将静电切割板的电压降低至第一预设电压，并将横向高频激励电极的电压降低至第二预设电压。无论采用前述哪一种电压降低方式，当扫描辐射头移动至第二束斑位置时，控制同步加速器恢复至预设工作状态。

S102、当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态。

当同步加速器辐射头位于待照射的束斑位置时，同步加速器恢复至预设工作状态，并向第一束斑的位置输出束流，直至电离室检测到第一束斑的剂量达到预设剂量为止。此时，扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件，则降低静电切割板的工作电压至第一预设电压，降低横向高频激励电极的电压至第二预设电压，依次类推，直至最后一个束斑的剂量达到预设剂量为止。

本实施例中的预设照射条件为：电离室检测到扫描辐射头移动至待照射的束斑位置。

示例性的，计划外剂量占整个放疗计划总剂量的百分比由单层的扫描时间决定，对于连续放射治疗的技术方案来说，假设单层扫描时间为 1s，扫描点数是 200 个，扫描辐射头在两束斑之间的转移时间为 1ms，那么计划外剂量与剂量总剂量的百分比关系为： $1\text{ms}/2/(1\text{s}/200)=10\%$ 。所以为了降低这个百分比，普通机器就必须被迫延长单层扫描时间，也就相当于延长整个治疗时间。治疗时间太长的话，对于病人的舒适度，治疗摆位和病人吞吐率等都有影响。

对于本申请实施例，若单层扫描时间 1s 是，扫描点数 200 个，静电切割板的电压降低至工作电压的 70%所用时间为 50us，扫描辐射头在两束斑之间的转移时间为 1ms，则计划外剂量占整个计划总剂量的百分比小于

$50\mu\text{s}/1\text{ms} * 10\% = 0.5\%$ 。本实施例可以大幅降低计划外剂量所占计划总剂量的百分比，从而可以提高放射治疗的剂量率，减少单层扫描时间，进而降低每次放射治疗的总时间，降低治疗摆位的难度，以及降低患者放射治疗时的恐惧感。

本申请实施例提供的同步加速器控制方法，当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，在预设降压时间内，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使束流强度小于或等于预设强度阈值，使当扫描辐射头在两束斑之间转移时使患者所接受的剂量保持在一个极低值，相较于通过降低剂量率来降低计划外剂量，本实施例可以提高放疗剂量率，这样既能减少放疗时间，又能减少计划外剂量，进而可以显著提高放疗效果。

实施例二

图 3 是本申请实施例二提供的同步加速器控制方法的流程图。本申请实施例在上述实施例的基础上引入实时位置检测，即公开一种结合实时位置检测的同步加速器控制方法。如图 3 所示，该方法包括：

S200、实时检测第一束斑的位置，以及所述第一束斑所接收的剂量。

通过实时位置检测装置实时检测第一束斑的位置是否在预设范围内，通过电离室检测第一束斑所接收的剂量是否已达到预设剂量。实时位置检测装置可以是呼吸门控、锥形束计算机断层扫描（Cone beam Computed Tomography, CBCT），或者其他能够实时检测肿瘤位置变化的装置，本实施例对此不予限定。

S210、当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，在预设降压时间内，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值。

若第一束斑的位置移动至预设位置范围外，即：在第一束斑的位置与束斑的预设位置之间的位置偏差大于预设位置偏差的情况下，降低静电切割板的电压至第一预设电压，将横向高频激励电极的电压降低至第二预设电压，使束流强度小于或等于预设强度阈值。当预设强度阈值为 0 时，则扫描辐射头停止出束。待到第一束斑移动至预设位置范围内时，控制同步加速器恢复工作状态，重新出束。

若第一束斑的剂量达到预设剂量，或者第一束斑的位置移动至预设位置范围外同时第一束斑的剂量达到预设剂量，则降低静电切割板的电压至第一预设电压，将横向高频激励电极的电压降低至第二预设电压，使束流强度小于或等于预设强度阈值。

S220、当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态。

当扫描辐射头移动至待照射的束斑（即第二束斑）的位置时；或者第一束斑的剂量小于预设剂量且移动至预设位置范围内时；或者扫描辐射头移动至第二束斑的位置，同时第一束斑的剂量小于预设剂量且移动至预设位置范围内时，在预设升压时间内，恢复静电切割板的电压至静电切割板的工作电压，以及恢复横向高频激励电极的电压至横向高频激励电极的工作电压，使同步加速器处于预设工作状态，重新输出束流。

本申请实施例提供的同步加速器控制方法，若发生下述至少一项：所述扫描辐射头照射至所述第一束斑所在位置的剂量达到预设剂量和所述第一束斑的位置移动至预设位置范围外，则在预设降压时间内，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值。若发生下述至少一项：待扫描辐射头移动至第二束斑的位置以及在所述扫描辐射头照射至所述第一束斑的剂量小于预设剂量且所述第一束斑的位置移动至预设位置范围内的情况下，则恢复静电切割板的电压至静电切割板的工作电压，以及恢复横向高频激励电极的电压至横向高频激励电极的工作电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度达到工作强度，使同步加速器处于预设工作状态。结合实时位置检测装置，通过控制静电切割板与横向高频激励电极的电压变化，减少扫描辐射头在两束斑之间转移时所输出的计划外剂量，由于可以降低或停止同步加速器在两束斑之间的剂量，因此无需通过降低放疗剂量率来降低计划外剂量，即可以提高放疗剂量率，缩短放疗时间。

实施例三

图 4 是本申请实施例三提供的同步加速器控制装置的结构框图。该装置设

置为执行上述任意实施例所提供的同步加速器控制方法，该装置可选为软件或硬件实现。该装置包括：

停止出束模块 11，设置为当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值；

启动出束模块 12，设置为当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；

其中，所述同步加速器包括设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。

本申请实施例提供的同步加速器控制装置，通过降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压来降低束流强度，使束流强度迅速降低到预设强度阈值，使当扫描辐射头在两束斑之间转移时使患者所接受的剂量保持在一个极低值，相较于通过降低剂量率来降低计划外剂量，本实施例可以提高放疗剂量率，这样既能减少放疗时间，又能减少计划外剂量，进而可以显著提高放疗效果。

本申请实施例所提供的同步加速器控制装置可执行本申请任意实施例所提供的同步加速器控制方法，具备执行方法相应的功能模块和有益效果。

实施例四

图 5 为本申请实施例四提供的同步加速器设备的结构示意图，如图 5 所示，该设备包括处理器 201、存储器 202、输入装置 203 以及输出装置 204；设备中处理器 201 的数量可以是一个或多个，图 5 中以一个处理器 201 为例；设备中的处理器 201、存储器 202、输入装置 203 以及输出装置 204 可以通过总线或其他方式连接，图 5 中以通过总线连接为例。

存储器 202 作为一种计算机可读存储介质，可设置为存储软件程序、计算机可执行程序以及模块，如本申请实施例中的同步加速器控制方法对应的程序指令/模块（例如，停止出束模块 11 和启动出束模块 12）。处理器 201 通过运行存储在存储器 202 中的软件程序、指令以及模块，从而执行设备的每种功能应

用以及数据处理，即实现上述的同步加速器控制方法。

存储器 202 可主要包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序；存储数据区可存储根据终端的使用所创建的数据等。此外，存储器 202 可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非易失性固态存储器件。在一些实例中，存储器 202 可以包括相对于处理器 201 远程设置的存储器，这些远程存储器可以通过网络连接至设备。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

输入装置 203 可以设置为接收输入的数字或字符信息，以及产生与设备的用户设置以及功能控制有关的键信号输入。

输出装置 204 可以包括显示屏等显示设备，例如，用户终端的显示屏。

实施例五

本申请实施例五还提供一种包含计算机可执行指令的存储介质，所述计算机可执行指令在由计算机处理器执行时用于执行一种同步加速器控制方法，该方法包括：

当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值；

当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；其中，所述同步加速器包括：设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。本申请实施例所提供的一种包含计算机可执行指令的存储介质，其计算机可执行指令不限于如上所述的方法操作，还可以执行本申请任意实施例所提供的同步加速器控制方法中的相关操作。

通过以上关于实施方式的描述，所属领域的技术人员可以清楚地了解到，本申请可借助软件和通用硬件来实现，当然也可以通过硬件实现，但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上可以以

软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中，如计算机的软盘、只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、闪存（FLASH）、硬盘或光盘等，包括多个指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备）执行本申请每个实施例所述的同步加速器控制方法。

在上述同步加速器控制装置的实施例中，所包括的，每个单元和模块是按照功能逻辑进行划分的，但并不局限于上述的划分，即能够实现相应的功能即可。另外，每个功能单元的名称是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种同步加速器控制方法，包括：

当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值；

当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；

其中，所述同步加速器包括：设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值，包括：

将所述静电切割板的电压降低到第一预设电压，同时将所述横向高频激励电极的电压降低到第二预设电压，以使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于所述预设强度阈值，其中，所述第一预设电压高于所述第二预设电压。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，所述预设停止条件包括下述至少之一：

所述扫描辐射头照射至所述第一束斑所在位置的剂量达到预设剂量；

所述第一束斑的位置移动至预设位置范围外。

4、根据权利要求 1、2 或 3 所述的方法，其中，所述当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值，包括：

当所述扫描辐射头对所述第一束斑的照射符合预设停止条件时，在预设降压时间内，降低所述静电切割板的电压和所述横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值。

5、根据权利要求 1、2 或 3 所述的方法，其中，所述当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向

高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值，包括下述至少一项：

当所述扫描辐射头对所述第一束斑的照射符合所述预设停止条件时，保持所述扫描辐射头当前所在位置不变，并在预设降压时间内，降低所述静电切割板的电压和所述横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于所述预设强度阈值；

当所述扫描辐射头对所述第一束斑的照射符合所述预设停止条件时，将所述扫描辐射头向第二束斑的位置移动，并在移动过程中，降低所述静电切割板的电压和所述横向高频激励电极的电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于所述预设强度阈值。

6、根据权利要求 1-5 任一项所述的方法，其中，所述当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态，包括以下至少之一：

当所述扫描辐射头移动至第二束斑的位置时，在预设升压时间内，恢复所述静电切割板的电压至所述静电切割板的工作电压，以及恢复所述横向高频激励电极的电压至所述横向高频激励电极的工作电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度达到工作强度；

在所述扫描辐射头照射至所述第一束斑的剂量小于预设剂量，且所述第一束斑的位置移动至预设位置范围内的情况下，在所述预设升压时间内，恢复所述静电切割板的电压至所述静电切割板的电压工作电压，以及恢复所述横向高频激励电极的电压至所述横向高频激励电极的工作电压，使所述扫描辐射头输出的质子束流强度达到工作强度。

7、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述第一预设电压的取值范围为所述静电切割板的工作电压的 50%-80%。

8、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述第一预设电压的取值范围为所述静电切割板的工作电压的 60%-75%。

9、根据权利要求 4 或 5 所述的方法，其中，所述预设降压时间小于 70us。

10、一种同步加速器控制装置，包括：

停止出束模块，设置为当同步加速器的扫描辐射头对第一束斑的照射符合

预设停止条件时，降低静电切割板的电压和横向高频激励电极的电压，使扫描辐射头输出的质子束流强度小于或等于预设强度阈值；

启动出束模块，设置为当所述扫描辐射头满足预设照射条件时，所述同步加速器恢复至工作状态；

其中，所述同步加速器包括：设置为对质子束流进行偏转的所述静电切割板、设置为对质子束流进行激励的所述横向高频激励电极、以及设置为将质子束流输出至束斑所在位置的所述扫描辐射头。

11、一种设备，所述设备包括：

一个或多个处理器；

存储装置，设置为存储一个或多个程序；

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行，使得所述一个或多个处理器实现如权利要求 1-9 中任一项所述的同步加速器控制方法。

12、一种包含计算机可执行指令的存储介质，所述计算机可执行指令在由计算机处理器执行时用于执行如权利要求 1-9 中任一项所述的同步加速器控制方法。

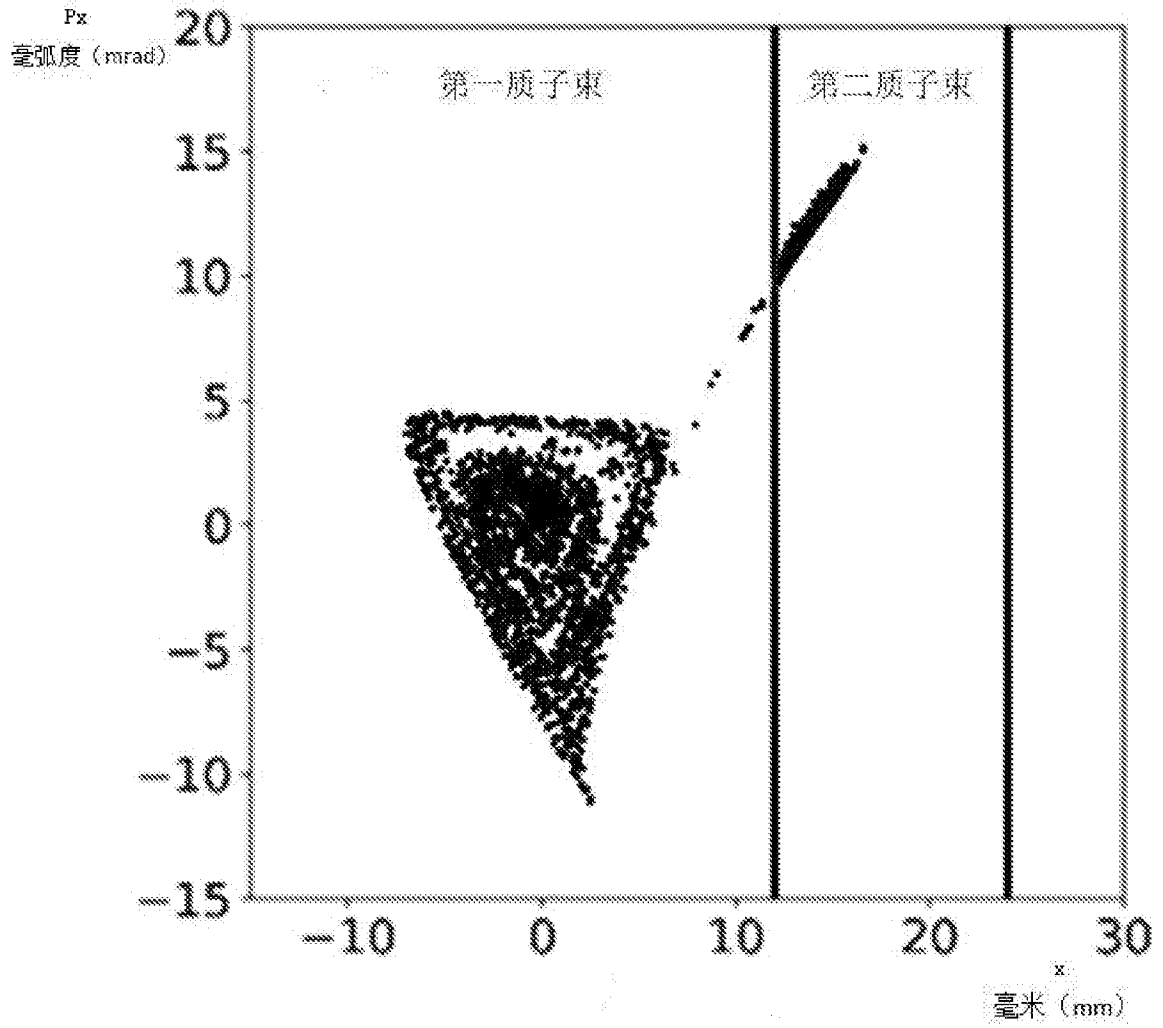


图 1

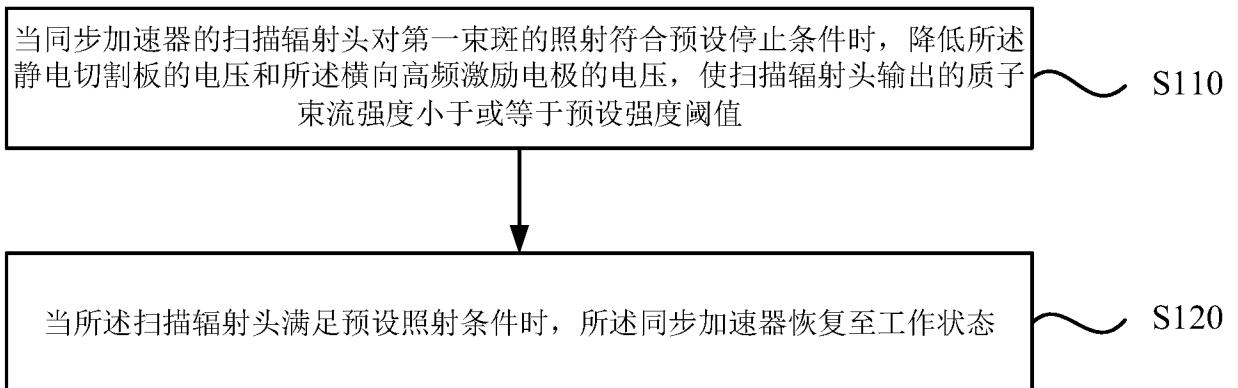


图 2a

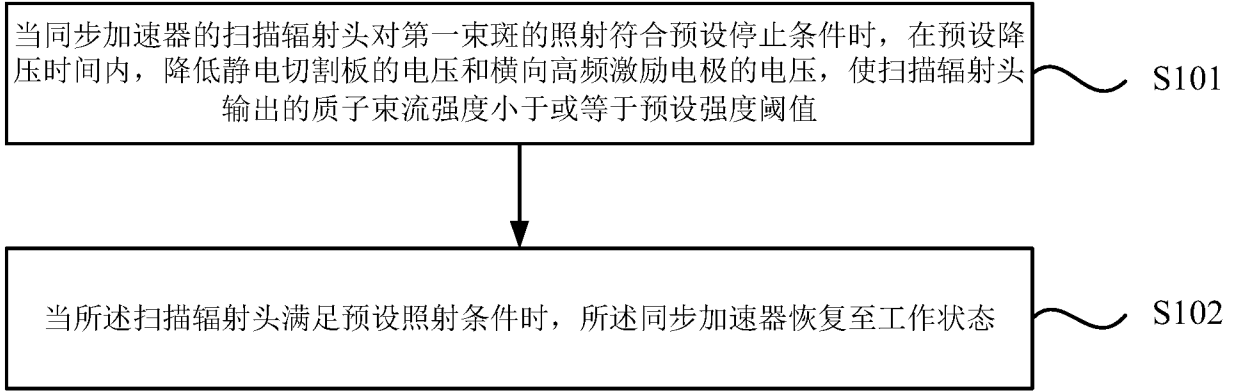


图 2b

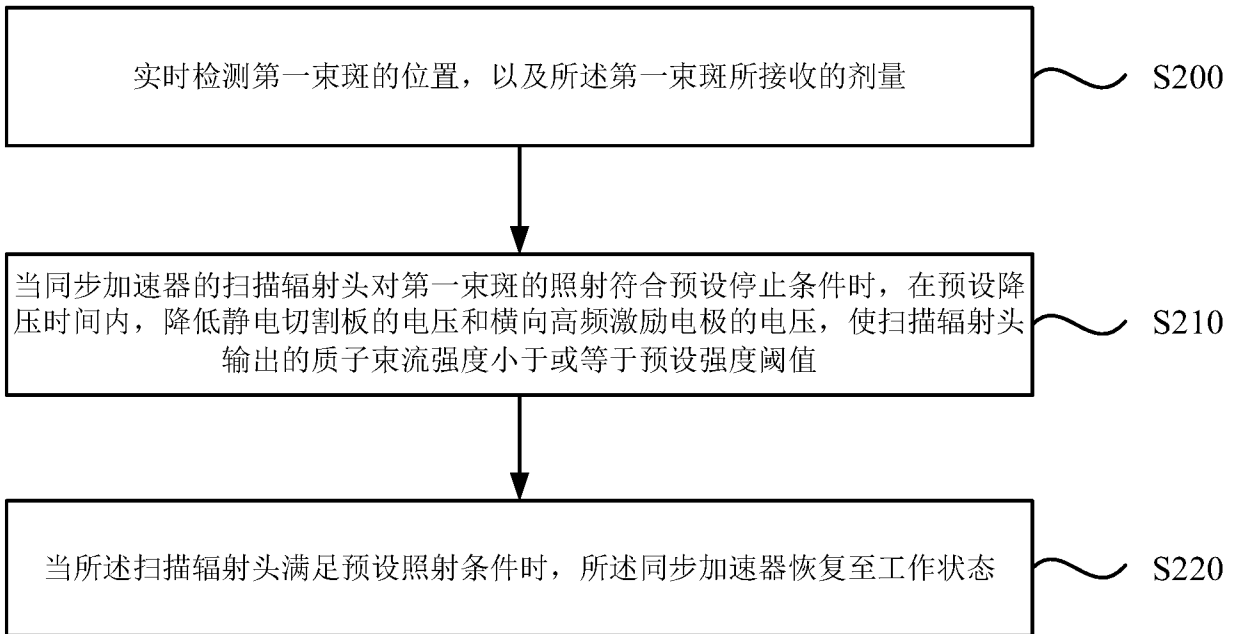


图 3

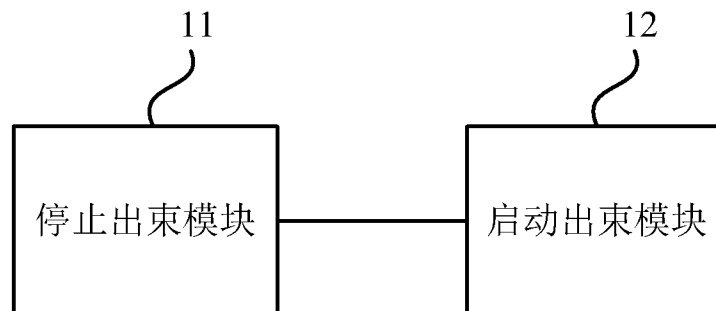


图 4

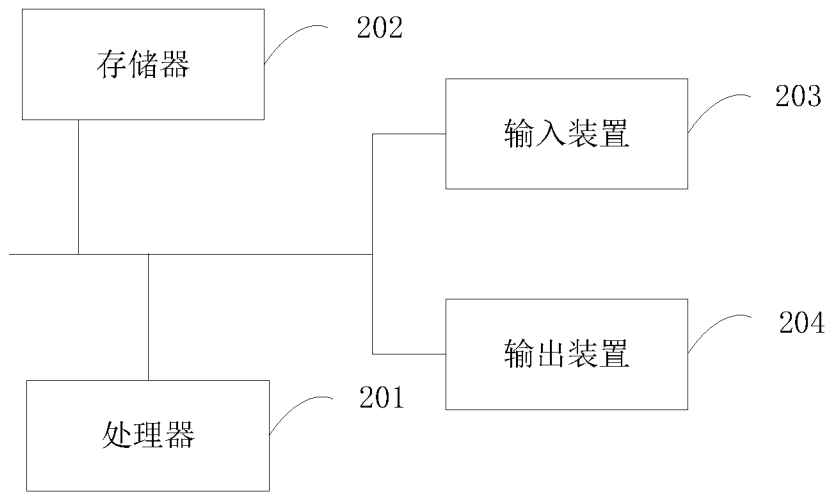


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/092448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H05H 13/04(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H05H		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, Web of Knowledge: 同步, 加速器, 扫描, 束斑, 剂量, 过量, 计划外, 切割板, 偏转, 高频激励, 强度, synclotron, accelerator, scan, target, spot, dose, over, deflect		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106163616 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 23 November 2016 (2016-11-23) description, paragraphs 14-16 and 20-30, and figures 1 and 2	1-12
Y	CN 106793449 A (SHANGHAI INSTITUTE OF APPLIED PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs 61-69, and figure 1	1-12
A	CN 104271503 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 07 January 2015 (2015-01-07) entire document	1-12
A	CN 107846770 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 27 March 2018 (2018-03-27) entire document	1-12
A	CN 1631061 A (ACCELERATORS FOR INDUSTRIAL & MEDICAL APPLICATIONS. ENGINEERING PROMOTION SOCIETY. AIMA. EPS) 22 June 2005 (2005-06-22) entire document	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
20 March 2019		26 March 2019
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/092448

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	106163616	A	23 November 2016	JP 6257751	B2 10 January 2018
				US 2017021197	A1 26 January 2017
				TW 1561278	B 11 December 2016
				US 9889319	B2 13 February 2018
				WO 2015155868	A1 15 October 2015
				TW 201538201	A 16 October 2015
				EP 3130374	A1 15 February 2017
				EP 3130374	A4 17 January 2018
				<hr/>	
CN	106793449	A	31 May 2017	CN 106793449	B 14 December 2018
<hr/>					
CN	104271503	A	07 January 2015	WO 2013135305	A1 19 September 2013
				CN 104271503	B 25 August 2017
				US 2015050207	A1 19 February 2015
				JP 2015509904	A 02 April 2015
				EP 2825505	A1 21 January 2015
				US 9745197	B2 29 August 2017
				JP 6273218	B2 31 January 2018
				<hr/>	
CN	107846770	A	27 March 2018	None	
<hr/>					
CN	1631061	A	22 June 2005	WO 03092340	A1 06 November 2003
				AU 2002258016	A1 10 November 2003
				EP 1500313	A1 26 January 2005
				CN 1310576	C 11 April 2007
				CN 1631062	A 22 June 2005
				RU 2297735	C2 20 April 2007
<hr/>					

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/092448

<p>A. 主题的分类</p> <p>H05H 13/04 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H05H</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, Web of Knowledge: 同步, 加速器, 扫描, 束斑, 剂量, 过量, 计划外, 切割板, 偏转, 高频激励, 强度, synclotron, accelerator, scan, target, spot, dose, over, deflect</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106163616 A (三菱电机株式会社) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23) 说明书第14-16、20-30段, 图1、2</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106793449 A (中国科学院上海应用物理研究所) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第61-69段, 图1</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104271503 A (三菱电机株式会社) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107846770 A (华中科技大学) 2018年 3月 27日 (2018 - 03 - 27) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1631061 A (EPS 爱玛 工程促进会 工程及医学应用加速器会) 2005年 6月 22日 (2005 - 06 - 22) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 106163616 A (三菱电机株式会社) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23) 说明书第14-16、20-30段, 图1、2	1-12	Y	CN 106793449 A (中国科学院上海应用物理研究所) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第61-69段, 图1	1-12	A	CN 104271503 A (三菱电机株式会社) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 全文	1-12	A	CN 107846770 A (华中科技大学) 2018年 3月 27日 (2018 - 03 - 27) 全文	1-12	A	CN 1631061 A (EPS 爱玛 工程促进会 工程及医学应用加速器会) 2005年 6月 22日 (2005 - 06 - 22) 全文	1-12
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
Y	CN 106163616 A (三菱电机株式会社) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23) 说明书第14-16、20-30段, 图1、2	1-12																		
Y	CN 106793449 A (中国科学院上海应用物理研究所) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第61-69段, 图1	1-12																		
A	CN 104271503 A (三菱电机株式会社) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 全文	1-12																		
A	CN 107846770 A (华中科技大学) 2018年 3月 27日 (2018 - 03 - 27) 全文	1-12																		
A	CN 1631061 A (EPS 爱玛 工程促进会 工程及医学应用加速器会) 2005年 6月 22日 (2005 - 06 - 22) 全文	1-12																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2019年 3月 20日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 3月 26日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>汪磊</p> <p>电话号码 86-010-62084134</p>																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/092448

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106163616	A	2016年 11月 23日	JP	6257751	B2	2018年 1月 10日
				US	2017021197	A1	2017年 1月 26日
				TW	1561278	B	2016年 12月 11日
				US	9889319	B2	2018年 2月 13日
				WO	2015155868	A1	2015年 10月 15日
				TW	201538201	A	2015年 10月 16日
				EP	3130374	A1	2017年 2月 15日
				EP	3130374	A4	2018年 1月 17日
CN	106793449	A	2017年 5月 31日	CN	106793449	B	2018年 12月 14日
CN	104271503	A	2015年 1月 7日	WO	2013135305	A1	2013年 9月 19日
				CN	104271503	B	2017年 8月 25日
				US	2015050207	A1	2015年 2月 19日
				JP	2015509904	A	2015年 4月 2日
				EP	2825505	A1	2015年 1月 21日
				US	9745197	B2	2017年 8月 29日
				JP	6273218	B2	2018年 1月 31日
CN	107846770	A	2018年 3月 27日	无			
CN	1631061	A	2005年 6月 22日	WO	03092340	A1	2003年 11月 6日
				AU	2002258016	A1	2003年 11月 10日
				EP	1500313	A1	2005年 1月 26日
				CN	1310576	C	2007年 4月 11日
				CN	1631062	A	2005年 6月 22日
				RU	2297735	C2	2007年 4月 20日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)