

(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



(10) 国际公布号
WO 2023/130686 A1

(43) 国际公布日
2023年7月13日 (13.07.2023)

- (51) 国际专利分类号:
F03D 7/00 (2006.01) F03D 7/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/102746
- (22) 国际申请日: 2022年6月30日 (30.06.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202210023305.9 2022年1月10日 (10.01.2022) CN
- (71) 申请人: 江苏金风科技有限公司 (JIANGSU GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省盐城

市大丰区经济开发区金海路5号, Jiangsu 224100 (CN)。

(72) 发明人: 周经纬 (ZHOU, Jingwei); 中国江苏省盐城市大丰区经济开发区金海路5号, Jiangsu 224100 (CN)。 翟恩地 (ZHAI, Endi); 中国江苏省盐城市大丰区经济开发区金海路5号, Jiangsu 224100 (CN)。 田萌 (TIAN, Meng); 中国江苏省盐城市大丰区经济开发区金海路5号, Jiangsu 224100 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街22号赛特广场7层, Beijing 100004 (CN)。

(54) Title: CONTROL METHOD AND APPARATUS FOR WIND TURBINE GENERATOR SET, AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种风力发电机组控制方法、装置及设备

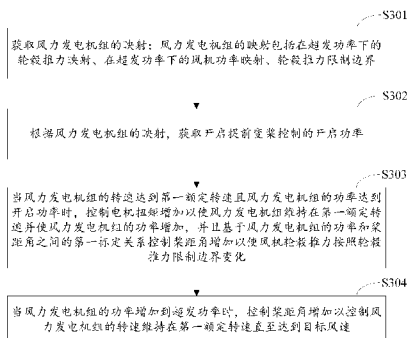


图3

- S301 Obtain mapping of a wind turbine generator set, the mapping of the wind turbine generator set comprising hub thrust mapping at overpower, fan power mapping at the overpower, and a hub thrust limiting boundary
- S302 According to the mapping of the wind turbine generator set, obtain starting power for starting advanced variable-pitch control
- S303 When the rotating speed of the wind turbine generator set reaches a first rated rotating speed and the power of the wind turbine generator set reaches the starting power, control a motor torque to increase such that the wind turbine generator set is maintained at the first rated rotating speed and the power of the wind turbine generator set increases, and control a pitch angle to increase according to a first calibration relation between the power of the wind turbine generator set and the pitch angle such that the fan hub thrust changes according to the hub thrust limiting boundary
- S304 When the power of the wind turbine generator set increases to the overpower, control the pitch angle to increase so as to control the rotating speed of the wind turbine generator set to be maintained at the first rated rotating speed until a target wind speed is reached

(57) Abstract: A control method and control apparatus for a wind turbine generator set, a computer-readable storage medium, and a computing apparatus. A method for optimizing a power curve of the wind turbine generator set comprises: defining to map as a hub thrust obtained by operating at overpower on the basis that the set operates at a standard rated power, and formulating a thrust limiting boundary of the rated power and the overpower of the set; obtaining starting power of advanced variable-pitch control according to a relationship of the boundary with power and a pitch angle; and when the rotating speed is a first rated rotating speed and the power of the wind turbine generator set reaches the starting power, controlling a motor torque to increase so as to control the wind turbine generator set to be maintained at the first rated rotating speed and increase the power of the wind turbine generator set, and controlling the pitch angle to increase according to a first calibration relation between the power and the pitch angle, such that the fan hub thrust changes according to the fan hub thrust limiting boundary. Therefore, the fan hub thrust can be reduced, and the power loss caused by the advanced variable-pitch control at the rated power can be compensated.

(57) 摘要: 一种风力发电机组控制方法、控制装置、计算机可读存储介质以及计算装置, 优化风力发电机组功率曲线的方法, 定义映射为机组在标准额定功率下运行的基础上, 按照超发功率运行所获得的轮毂推力, 并制定机组额定功率、超发功率的推力限制边界; 根据该边界和功率、桨距角的关系, 获取提前变桨控制的开启功率; 当转速为第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时, 控制电机扭矩增加以控制风力发电机组维持第一额定转速且使风力发电机组的功率增加, 并且按照功率和桨距角的第一标定关系控制桨距角增加以使风机轮毂推力按照风机轮毂推力限制边界变化, 能够降低风机轮毂推力且能够补偿在额定功率下提前变桨控制造成的功率损失。

(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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))。

一种风力发电机组控制方法、装置及设备

本申请要求于2022年1月10日提交中国国家知识产权局、申请号为202210023305.9、发明名称为“一种风力发电机组控制方法、装置及设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本发明属于风电技术领域，具体涉及一种风力发电机组控制方法、装置及设备。

10 背景技术

桨距角调节型风机是一种通过调整桨距角来使风机的输出功率保持在额定功率的风机。当风机在运行过程中的输出功率小于额定功率，使桨距角保持在零度位置不变。当风机在运行过程中的输出功率达到额定功率以后，控制系统会根据风机输出功率的变化调整桨距角的大小，使风机的输出功率保持在额定功率。在桨距角调节型风机到达额定功率后，电机扭矩控制使得风机叶轮的转速恒定。同时，随着风速的增大，风机叶片的攻角会加大，风机轮毂中心处的轴向推力载荷会达到最大值，塔架的净空达到最小值，机组存在扫塔和叶片失速的风险。

为了解决桨距角调节型风机运行在额定功率附近时存在的风机轮毂中心处的轴向推力载荷过大问题，可采用提前变桨的控制方法。但是，提前变桨控制方法会使功率曲线在额定风速处附近下降，造成发电量损失。

发明内容

为了解决上述技术问题，本申请提供了一种风力发电机组控制方法、装置及设备，不仅能够降低风力发电机轮毂中心处的轴向推力载荷，还能减少发电量损失。

为了实现上述目的，本申请实施例提供的技术方案如下：

本申请实施例提供了一种风力发电机组控制方法，所述方法包括：

获取风力发电机组的映射；所述风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界；

根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率；

5 当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时，

控制电机扭矩增加以使所述风力发电机组维持在所述第一额定转速并使所述风力发电机组的功率增加，并且

基于所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制所述桨距角增加以使风机轮毂推力按照所述轮毂推力限制边界变化；

10 当所述风力发电机组的功率增加到超发功率时，

控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速直至达到目标风速。

本申请实施例还提供了一种风力发电机组控制装置，所述装置包括：

15 第一获取单元，用于获取风力发电机组的映射；所述风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界；

第二获取单元，用于根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率；

20 第一控制单元，用于当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时，控制电机扭矩增加以控制所述风力发电机组维持在所述第一额定转速并使所述风力发电机组的功率增加，并且基于所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制所述桨距角增加以使所述风机轮毂推力按照所述轮毂推力限制边界变化；

25 第二控制单元，用于当所述风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速直至达到目标风速。

本申请实施例还提供了一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，其中，当所述计算机程序被处理器执行时，实现上述任一项所述的风力发电机组控制方法。

本申请实施例还提供了一种计算装置，包括：

5 至少一个处理器；

至少一个存储器，存储有计算机程序，当所述计算机程序被所述至少一个处理器执行时，实现上述任一项所述的风力发电机组控制方法。

通过上述技术方案可知，本申请具有以下有益效果：

本申请实施例提供了一种风力发电机组控制方法、装置及设备，获取
10 风力发电机组的映射。映射包括风力发电机组在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射和轮毂推力限制边界。根据风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率。当风力发电机组的转速达到第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时，控制电机扭矩增加以使风力发电机组维持在第一额定转速并使风力发电机组的功率增加，
15 并且基于风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制桨距角增加以使风机轮毂推力按照轮毂推力限制边界变化。如此，利用设置的轮毂推力限制边界，能够削除轮毂推力映射中的尖峰。进而，当风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速直至达到目标风速。由于风力发电机组的转速维持在第一额定转速以及在达到超发功率后电机扭矩维持在第一扭矩不变而使得风力发电机组的功率维持在超发功率。如此，由于超发功率高于额定功率，
20 通过将风力发电机组的功率增加到超发功率并维持一段时间直至风速到达目标风速，补偿了在额定功率下提前变桨控制策略造成的功率损失，降低了发电量损失。

25 附图说明

附图用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本发明实施例一起用于解释本发明，并不构成对本发明的限制。在附图中：

图 1a 为本申请实施例提供的一种提前变桨控制前后的桨距角对比示意图；

图 1b 为本申请实施例提供的一种提前变桨控制前后的风机轮毂推力对比示意图;

图 1c 为本申请实施例提供的一种提前变桨控制前后的风机发电机组功率的对比示意图;

- 5 图 2 为本申请实施例提供的一种示例性应用场景的示意图;
图 3 为本申请实施例提供的一种风力发电机组控制方法的流程图;
图 4 为本申请实施例提供的一种设计参数的示意图;
图 5a 为本申请实施例提供的一种风力发电机组功率曲线的示意图;
图 5b 为本申请实施例提供的一种风机轮毂推力曲线的示意图;
10 图 5c 为本申请实施例提供的一种桨距角曲线和转速曲线的示意图;
图 6a 为本申请实施例提供的一种功率变化示意图;
图 6b 为本申请实施例提供的一种风机轮毂推力变化示意图;
图 6c 为本申请实施例提供的一种桨距角变化示意图;
图 7 为本申请实施例提供的另一种风力发电机组控制方法的流程图;
15 图 8a 为本申请实施例提供的另一种风力发电机组功率曲线示意图;
图 8b 为本申请实施例提供的另一种风机轮毂推力曲线的示意图;
图 8c 为本申请实施例提供的另一种桨距角曲线和转速曲线的示意图;
图 9a 为本申请实施例提供的另一种功率变化示意图;
图 9b 为本申请实施例提供的另一种风机轮毂推力变化示意图;
20 图 9c 为本申请实施例提供的另一种桨距角变化示意图;
图 10 为本申请实施例提供的另一种风力发电机组控制装置的结构示意图;
图 11 为本申请实施例提供的计算装置的示意图。

具体实施方式

- 25 为使本申请的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本申请实施例作进一步详细的说明。

为了便于理解和解释本申请实施例提供的技术方案,先对本申请实施例中所涉及到的背景技术进行介绍。

参见图 1a、1b 和 1c,图 1a 为本申请实施例提供的一种提前变桨控制前后

的桨距角对比示意图。图 1b 为本申请实施例提供的一种提前变桨控制前后的风机轮毂推力对比示意图。图 1c 为本申请实施例提供的一种提前变桨控制前后的风机发电机组功率的对比示意图。

5 在一个或多个实施例中，本申请的风力发电机组指的是桨距角调节型风机，如图 1a 和 1c 中未施加提前变桨控制的实线所示。通常，桨距角调节型风机的基础控制策略为在风机运行过程中，当风机的输出功率小于额定功率时，对风机的桨距角不作任何调节，保持桨距角在零度位置不变，即风机叶片维持在开桨状态。当风速到达额定风速，风机的输出功率也达到额定功率。在风机的输出功率达到额定功率以后，控制系统参与闭环控制，通过调整桨距角随风
10 速非线性增大，使得风机叶片攻角随之改变，来维持转速/功率在额定功率不变。其中，桨距角可以是指风机叶片顶端翼型弦线与旋转平面的夹角。攻角可以是指气流速度矢量与翼型弦线的夹角。

但是，当桨距角调节型风机的功率达到额定功率时，电机扭矩控制使得叶轮的转速恒定，随着风速的增大，叶片的攻角加大，导致轮毂推力达到最大，
15 可参见图 1b 中未施加提前变桨控制的实线中所示的尖峰推力。与此同时，会造成风机叶片和塔架的净空最小，风力发电机组有扫塔和叶片失速的风险。

其中，轮毂推力可以是指风机的三支叶片吸收气动力，产生垂直于叶轮平面的力的总和。塔架净空指的是当叶片转动经过塔架时，叶片表面和塔架表面之间最近的距离。通常风力发电机组的功率达到额定功率时，塔架净空最小。
20 叶片失速可以是指气流的分离点向前移动，叶背的涡流区从尾端扩大到叶背部，脱离现象更为严重，甚至出现部分流道阻塞的情况。对于二维翼型来说，指升力系数随着叶片攻角增大，呈下降趋势的工作段为叶片失速。对于三维叶片来说，具有相当一部分的翼型流动状态从层流到湍流，从而叶轮无法从空气中获得足够升力的现象称为叶片失速。

25 基于此，目前可采用提前变桨控制方法来解决风机轮毂推力过大所导致的风力发电机组部件寿命下降、风机叶片扫塔和风机叶片失速等问题。提前变桨控制方法为在额定风速前，即没有达到额定功率前，就进行提前变桨控制。具体地，先设定开启提前变桨控制的功率、目标桨距角、功率和桨距角之间的对应关系。可以理解的是，开启提前变桨控制的功率对应的桨距角为 0° ，额定

功率对应的桨距角为目标桨距角。在到达开启变桨控制的功率时，便开始根据设定的功率和桨距角之间的对应关系来改变桨距角（通常也称为“最小桨距角”）的值。通过桨距角的调节，实现风力发电机组功率的增加。当达到目标桨距角时，风力发电机组的功率达到额定功率。此时再通过闭环控制调节桨距角，来维持风力发电机组的额定功率。作为一种可选示例，开启提前变桨控制的功率为额定功率的 70%-90%，目标桨距角为 1° - 3° 。

如图 1a 中的虚线所示，采用提前变桨控制使得桨距角曲线的形状发生了改变。同时，如图 1b 中的虚线所示，避免了叶片的攻角过大所产生的过大的尖峰轮毂推力，降低了风力发电机组的轮毂推力。但是，如图 1c 中的虚线和阴影部分所示，采用提前变桨控制使得风力机的功率曲线在额定风速附近下降，造成了一定的发电量损失。即，其是以牺牲机组性能为代价降低了风机轮毂推力，这会造成一定的经济损失。其中，年发电量为风力机组在一年内产生的发电量和，年发电量的值为功率 \times 威布尔分布 \times 发电小时数的积分。如图 1c 所示，威布尔分布为连续性的概率分布，通常用来描述某一地区的风速发生概率，其概率密度函数受到形状因子和尺度因子调节。另外，如图 1b 中的虚线所示，虽然降低了风力发电机组的轮毂推力，但是仍然存在轮毂推力尖峰。

基于此，本申请实施例提供了一种风力发电机组控制方法、装置、计算机可读存储介质和计算装置。为了便于理解本申请实施例提供的一种风力发电机组控制方法，下面结合图 2 对其示例性应用场景进行说明。图 2 为本申请实施例提供的一种示例性应用场景的示意图。

在实际应用中，先获取风力发电机组的映射。其中，映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界。再基于获取的风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率。其中，开启功率为开启提前变桨控制的功率，开启功率小于风力发电机组的额定功率。超发功率大于风力发电机组的额定功率。

当风力发电机组的转速达到第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时，通过控制电机扭矩增加以控制风力发电机组维持在第一额定转速并使风力发电机组的功率增加。而且，基于风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制桨距角增加以使风机轮毂推力按照轮毂推力限制边界变化。

当风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速直至达到目标风速。在该阶段，当风力发电机组的功率增加到超发功率时，电机扭矩达到第一扭矩，且后续电机扭矩维持第一扭矩不变。由于风力发电机组的转速维持在第一额定转速以及电机扭矩维持在第一扭矩，使得风力发电机组的功率维持在超发功率。

本领域技术人员可以理解，图2所示的框架示意图仅是本申请的实施方式可以在其中得以实现的一个示例。本申请实施方式的适用范围不受到该框架任何方面的限制。

基于上述说明，下面将结合附图对本申请提供的风力发电机组控制方法进行详细说明。

参见图3，该图为本申请实施例提供的一种风力发电机组控制方法的流程图。在一个或多个实施例中，本申请中的风力发电机组指的是桨距角调节型风机。如图3所示，该方法可以包括S301-S304：

S301：获取风力发电机组的映射；风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界。

在一个或多个实施例中，本申请的风力发电机组指的是桨距角调节型风机。目前，采用提前变桨控制才能降低桨距角调节型风机的风机轮毂推力。但是轮毂推力映射仍存在较大的尖峰，且使得风力发电机组的功率减少。为了进一步降低风机轮毂推力且补偿在额定功率下采用提前变桨控制所损失的风力发电机组功率，本申请实施例中在采用提前变桨控制的基础上，设置了轮毂推力限制边界来降低风机轮毂推力，且在到达额定功率后，采用功率超发的方式来补偿风力发电机组由于提前变桨控制所损失的功率。

可以理解的是，映射表征两个变量之间的映射关系。映射的表现形式多种多样，例如，曲线、离散点、拟合的线段。在一个或多个实施例中，以曲线为例进行描述，但不限于此。在映射为曲线的情况下，轮毂推力映射为风机轮毂推力曲线。

基于此，先获取风力发电机组的映射，包括超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界。其中，轮毂推力限制边界也属于一种映射。

在获取超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射之前，先确定超发功率。一般情况下，风力发电机组会在额定功率下运行。功率超发指的是风力发电机在部分风速段，超出额定功率而在超发功率下运行的状态。超发功率指的是风力发电机功率超发时的功率。即，超发功率大于风力发电机组的额定功率。一般情况下，增大功率使得风力发电机组运行在更高的最大扭矩，扭矩的增加导致电机中的电流增大，变流器的元器件会承受更大的电流，还会增加散热系统的成本。此外，电机也要加强支撑结构件的强度以满足运行在超发功率时的扭矩，故超发功率的设置受到风力发电机组的变流器和发电机等部件成本的限制。基于此，可以根据变流器等元器件的成本和设计裕量来确定风力发电机组是否有超发至超发功率的能力以及确定超发功率的大小。在本申请实施例中，设定的风力发电机组超发功率要满足机组超发至超发功率的要求。作为一种可选示例，超发功率的可选值为风力发电机组额定功率的1.02-1.2倍，超发功率的优选值为风力发电机组额定功率的1.04-1.07倍。

由此，确定超发功率后，按照桨距角调节型风机的基础控制策略，根据叶素动量理论即可获取风力发电机组（即桨距角调节型风机）在超发功率下的轮毂推力映射（其可为图4中的曲线2）以及在超发功率下的风机功率映射。其中，图4为本申请实施例提供的一种设计参数的示意图，具体为展示轮毂推力映射的示意图。轮毂推力映射的横坐标为风速，纵坐标为风机轮毂推力。风机功率映射的横坐标为风速，纵坐标为风力发电机组的功率。可以理解的是，图4中的曲线2和图1a、1c中的基础控制策略的区别为图4中的曲线2最后维持稳定的功率是超发功率，而图1a、1c中维持稳定的功率是风力发电机组的额定功率。

另外，参见图4，图4中曲线1为风力发电机组采用基础控制策略在额定功率下运行得到的轮毂推力映射（在一个或多个实施例中，轮毂推力映射可以是轮毂中心轴向推力映射）。图4中曲线2为风力发电机组采用基础控制策略在超发功率下运行得到的轮毂推力映射。图4中曲线3为风力发电机组采用本申请实施例提供的风力发电机组控制方法所得到的轮毂推力映射。在实际应用中，无论是曲线1中在额定功率下运行风力发电机组，还是曲线2中在超发功率下运行风力发电机组，在到达额定功率或超发功率时，都会产生风机轮毂尖峰推力。可见，采用提前变桨控制，虽然降低了风机轮毂尖峰推力，但是仍存在尖峰。

基于此，在提前变桨控制的基础上，本申请实施例设置了轮毂推力限制边界，来限制风机轮毂推力，使得在控制风力发电机组运行过程中能够削去过大的风机轮毂尖峰推力，有效降低风力发电机组的轮毂推力。风力发电机组轮毂中心的极限载荷可以是根据塔架、叶片等部件所能承受的强度决定的。在本申请实施例中，可以根据风力发电机组轮毂中心的极限载荷设定本申请实施例中的轮毂推力限制边界。

在一些可能的实现方式中，轮毂推力限制边界可以为平行于横轴的直线，可以是带有一定斜率的斜线，或者是通过多项式拟合的曲线族。在本申请实施例中，由于到达额定功率后还要使功率超发来达到超发功率，则维持超发功率运行时，产生的推力尖峰为超发功率带来的尖峰。因此，以削去图4曲线2中的尖峰推力为目标。如图4所示，当轮毂推力限制边界为平行于横轴的直线（如图4中的曲线41）时，曲线2和曲线41的交点为A点和C点。A点和C点之间曲线2的曲线段包括的尖峰推力为要削去的尖峰推力，A点为开启提前变桨控制的起始点。若轮毂推力限制边界为曲线41中A点和C点之间的线段（也可以理解为曲线41），则可以达到削去曲线2中的尖峰，并限制风机轮毂推力的目的。此时，作为一种可选示例，轮毂推力限制边界对应的推力优选值为风力发电机组轮毂中心极限载荷的85%，推力可选范围为风力发电机组轮毂中心极限载荷的80%-95%。即可以设定曲线41中A点和C点之间的线段对应的推力值（即图4中纵坐标）满足推力优选值或推力可选范围。

如图4所示，当轮毂推力限制边界为带有一定斜率的斜线时（如图4中的曲线42）时，曲线2和曲线42的交点为A点和C'点。A点和C'点之间曲线2的曲线段包括的尖峰推力为要削去的尖峰推力。若风机轮毂推力为曲线42中A点和C'点之间的线段，也能达到削去曲线2中的过大的尖峰，并限制风机轮毂推力的目的。此时，轮毂推力限制边界（即图4中的曲线42）与横轴的夹角为图4中的 φ 。作为一种可选示例， φ 的可选值为 $\varphi \in [-20^\circ, 20^\circ]$ ，优选值为 0° 。可以理解的是，当 φ 为 0° 时，轮毂推力限制边界是平行于横轴的直线的情况。在一个或多个实施例中，在 φ 非 0° 时，可以使A点和C'点分别对应的推力值（即图4中纵坐标）均满足上述的推力优选值或推力可选范围。在根据风力发电机组轮毂中心的极限载荷设置轮毂推力限制边界时，只要合理即可，不设定具体的

轮毂推力限制边界。但是为了叙述方便，后续本申请实施例会以平行于横轴的轮毂推力限制边界为例进行说明。

另外，在一个或多个实施例中，设计的轮毂推力限制边界还需要满足一个条件，详情请见S302中叙述的内容。

5 S302：根据风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率。

在实际应用中，风力发电机组启动运行后，风力发电机组的功率会先随着风速的增加而增加。本申请实施例中，还采用提前变桨控制策略进行提前变桨控制。则可以设定开启提前变桨控制的开启功率。在风力发电机组的功率到达开启功率之前，调节电机扭矩以使风力发电机组的转速增加，并使风力发电机的功率增加。当风力发电机组的功率到达开启功率后，开启提前变桨控制。在本申请实施例中，根据风力发电机组的映射，设置开启功率。在一个或多个实施例中，开启功率小于风力发电机组的额定功率。

为了便于理解确定开启功率的过程，下面先对确定开启功率的原理进行说明。

15 以图5a、5b和5c为例进行说明。参见图5a、5b和5c，图5a为本申请实施例提供的一种风力发电机组功率曲线的示意图，图5b为本申请实施例提供的一种风机轮毂推力曲线的示意图，图5c为本申请实施例提供的一种桨距角曲线和转速曲线的示意图。

在实际应用中，在S301中确定超发功率和轮毂推力限制边界后，根据叶素动量理论计算出在超发功率下的风机功率映射（如图5a中的曲线2）、在超发功率下的轮毂推力映射（如图5b中的曲线2）以及在超发功率下的桨距角曲线（如图5c中的曲线2）。确定轮毂推力限制边界（如图5b中的曲线4）后，获取图5b中曲线2和曲线4的第一推力交点为A点，第二推力交点为C点。根据以上获得的曲线，来确定本申请实施例中用于指导控制风机发电机组运行的图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图c中的曲线3。在一个或多个实施例中，图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3为在本申请实施例提供的风机发电机组控制方法下所实现的曲线。从另一个角度来看，图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3可以为本申请实施例中用于指导控制风机发电机

组运行的曲线。根据这些曲线可以获取一些用于指导控制风机发电机组运行的控制参数，并通过这些控制参数来指导控制风机发电机组运行。

具体实施时，可以按照A点之前、A点和C点之间、C点之后等三段来获取图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3。首先，设置图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3中A点之前的曲线段分别和图5a中的曲线2、图5b中的曲线2和图5b中的曲线2中A点之前的曲线段相同。由此获得了图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3中A点之前的曲线段。

其次，设置图5b曲线3中A和C之间的推力曲线段为曲线4中A点和C点之间的线段，由此确定了图5b中曲线3中A和C之间的推力曲线段。并基于图5b中曲线3中A和C之间的推力曲线段（即曲线4中A点和C点之间的线段）和叶素动量理论，获得图5a和图5c中曲线3的A点和C点之间的功率曲线段和桨距角曲线段。可以理解的是，图5a中的C点对应的功率已经达到了超发功率。

最后，设置图5a中曲线3的C点之后的功率曲线段为曲线2的C点之后的功率曲线段，由此确定了图5a中曲线3的C点之后的功率曲线段。并基于图5a中曲线3的C点之后的功率曲线段（即曲线2的C点之后的功率曲线）和叶素动量理论，获得图5b和图5c中曲线3的C点之后的推力曲线段和桨距角曲线段。由此，获取了本申请实施例可以用于指导控制风机发电机组运行的图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3。

进而，图5a中的曲线3可以为用于指导控制风机发电机组运行的风机功率曲线，图5b中的曲线3（即实线）可以为用于指导控制风机发电机组运行的轮毂推力映射，图5c中的曲线3（即实线）可以为用于指导控制风机发电机组运行的桨距角曲线。在进行风力发电机组控制之前，可以先根据图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3获取一些控制参数，获得的控制参数用于实际中风力发电机组的控制。而开启功率便为其中一个控制参数。

基于上述说明，在一种可能的实现方式中，本申请实施例提供了一种根据风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率的具体实施方式，包括：

A1: 获取在超发功率下的轮毂推力映射与轮毂推力限制边界的第一推力交点、第二推力交点、第一推力交点对应的第一风速以及第二推力交点对应的第二风速；第一推力交点对应的第一风速小于第二推力交点对应的第二风速。

其中，风力发电机组在超发功率下的轮毂推力映射即为图5b中的曲线2，
5 轮毂推力限制边界即为图5b中的曲线4。第一推力交点、第二推力交点分别为图5b中的A点和C点。第一推力交点对应的第一风速为V1，第二推力交点对应的第二风速为V2，V1小于V2。由图5a中的曲线3可知，V2为风力发电机组的功率到达超发功率时的风速，即额定风速。

A2: 根据第一风速确定在超发功率下的风机功率映射中第一风速对应的
10 开启功率，其中开启功率为开启提前变桨控制的功率。

确定第一风速后，根据第一风速确定在超发功率下的风机功率映射（即图5a中的曲线2）中第一风速对应的开启功率，即图5a中A点对应的功率。

由于在图5a中的曲线2和图5a中的曲线3中，在A点（包括A点）之前的曲线是相同的，则在实际应用中，图5a中曲线3中第一风速对应的功率也为开启
15 功率。

另外，A点为开启提前变桨控制的起始点。在一个或多个实施例中，A点对应的风速比额定转速对应的风速大，以使在到达开启功率时，风力发电机组的功率能够到达第一额定转速（即风力发电机组通常的额定转速）。在一个或多个实施例中，由于A点为S301中设置的轮毂推力限制边界与风力发电机组在
20 超发功率下的轮毂推力映射的交点，则设置的轮毂推力限制边界还需要满足一个条件。该条件可以为轮毂推力限制边界与风力发电机组在超发功率下的轮毂推力映射的交点对应的风速比额定转速对应的风速大。

在一个或多个实施例中，在S302之后，S303之前，当风力发电机组的功率小于开启功率时，调节电机扭矩以使风力发电机组的转速增加，并使风力发电
25 机组的功率增加。

作为一种可选示例，基于最优增益控制来调节电机扭矩来使风力发电机组的转速增加。具体地，确定开启功率。风力发电机组启动时，风力发电机组的功率小于开启功率。此时，基于最优增益控制，调节电机扭矩以使风力发电机组的转速增加，并使风力发电机组的功率增加。在最优增益控制下，风力发电

机组运行在最优功率系数状态。其中，功率系数可以为风力发电机组功率/(0.5×扫风面积×空气密度×风速的三次方)。在最优增益控制下，风力发电机组的桨距角可以为0°。最优增益控制为风力发电机组（桨距角调节型风机）在到达第一额定转速前常用的策略，在此不再详述。

5 基于上述内容可知，一般情况下能够获取在额定功率下的风机功率映射、轮毂推力映射以及桨距角映射，还能获取在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力映射以及桨距角映射。而这些映射均为不满足要求的映射，但是可以在这些映射的基础上，获取指示风力发电机组运行的映射，如各个附图中的曲线3。则风力发电机组运行后的映射结果会和用于指示风机控制的映射大致相似。由此，也可将本申请实施例的风力发电机组控制方法看作是优化风力发电机组功率曲线的方法。其中，S302即为在机组标准额定功率下运行的基础上，按照超发功率运行获得轮毂推力。基于此，制定机组额定功率、超发功率的推力限制边界。根据该边界和功率、桨距角的关系，获取提前变桨控制的开启功率。

15 S303:当风力发电机组的转速达到第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时，控制电机扭矩增加以控制风力发电机组维持在第一额定转速并使风力发电机组的功率增加，并且基于风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制桨距角增加以使风机轮毂推力按照轮毂推力限制边界变化。

20 当风力发电机组的转速达到第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时，为了使得转速不能过快，维持风力发电机组在第一额定转速。具体地，通过控制电机扭矩增加以控制风力发电机组维持在第一额定转速。由于电机扭矩增加，且风力发电机组维持在第一额定转速，使得风力发电机组的功率增加。在一个或多个实施例中，通过闭环反馈控制过程来控制电机扭矩增加以控制风力发电机组维持在第一额定转速。

25 同时，当风力发电机组的转速达到第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时，开启提前变桨控制。此时，确定风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系。根据当前风力发电机组的功率以及第一标定关系，获取对应的桨距角，进而，通过变桨电机控制桨距角增加以使风机轮毂推力按照轮毂推力限制边界变化。由此实现了精确控制轮毂中心载荷在一定的范围内，降低了机组的极限载荷，降低了部件的设计成本，提高了使用寿命。

在一种可能的实现方式中，本申请实施例还提供了另一种风力发电机组控制方法，除了S301-S304之外，该方法还包括获取风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系。基于此，在一种可能的实现方式中，本申请实施例还提供了一种获取风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系的具体实施方式，具体请见下文B1-B3。

S304: 当风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速直至达到目标风速。

可以理解的是，在风力发电机组的功率增加到超发功率之前，会经过风力发电机组的额定功率。此时继续通过控制电机扭矩来增加功率，使风力发电机组的功率增加到超发功率。

当风力发电机组的功率增加到超发功率时，风速为额定风速，即图5a、图5b或图5c中的V2。此时，风力发电机组以超发功率满发。同时，电机扭矩达到第一扭矩。风力发电机组的功率增加到超发功率后，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速直至达到目标风速，同时电机扭矩保持第一扭矩不变。如此，风力发电机组的功率由于风力发电机组的转速维持在第一额定转速以及电机扭矩维持在第一扭矩而维持在超发功率。在一个或多个实施例中，通过控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速的过程是闭环反馈控制过程。

作为一种可选示例，目标风速为切出风速。即，直至风力发电机组停机前，均在超发功率下运行风力发电机组。

在目标风速为切出风速下，参见图6a、图6b和图6c，图6a为本申请实施例提供的一种功率变化示意图，图6b为本申请实施例提供的一种风机轮毂推力变化示意图，图6c为本申请实施例提供的一种桨距角变化示意图。图6a和图5a相对应，图6b和图5b相对应，图6c和图5c相对应。可以理解的是，从图5a、图5b和图5c中可以得到控制风机发电机组运行的一些参数。同时，利用这些参数控制风力发电机组运行后，得到的风力发电机组的功率、轮毂推力映射和桨距角曲线和图5a、图5b、图5c中所示曲线大致相同。以图6a、图6b和图6c作为控制风机发电机组的结果图为例进行说明。

由图6a可知，在额定功率下进行提前变桨控制会导致功率损失。而在本申请实施中，在到达风力发电机组的额定功率后，会对机组进行一定的功率超发，以此来补偿损失的发电量，提高风力发电机组创造的经济效益。由图6b可知，在本申请实施中，由于设置了轮毂推力限制边界，能够在提前变桨控制阶段（即 S303）通过桨距角的控制将风机轮毂推力限制在一定范围内，削减推力载荷尖峰，使得风机运行过程中不会引起过大推力载荷。另外，虽然如图6b所示，在功率超发控制下，后期的风机轮毂推力载荷较原控制算法有所增加，但仍控制风机轮毂推力在轮毂推力限制边界之下。由图6c可知，桨距角随风速变化的曲线如曲线3所示，其中，三角形面积为提前变桨控制区域，在此之后的长条状面积为风力发电机组的功率超发控制区域。

可以理解的是，图5和图6中出现的曲线1均是在额定功率下得到的曲线。

基于 S301-S304 的内容可知，本申请实施例提供了一种风力发电机组控制方法，获取风力发电机组的映射。根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率。其中，开启功率根据风力发电机组在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射和轮毂推力限制边界获得，且超发功率大于风力发电机组的额定功率，开启功率小于风力发电机组的额定功率。当风力发电机组的转速达到第一额定转速且风力发电机组的功率达到开启功率时，控制电机扭矩增加以控制风力发电机组维持在第一额定转速，并使风力发电机组的功率增加，并且按照风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制桨距角增加以使风机轮毂推力按照轮毂推力限制边界变化。如此，利用设置的轮毂推力限制边界，能够消除轮毂推力映射中的尖峰。进而，当风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速直至达到目标风速。由于风力发电机组的转速维持在第一额定转速以及在达到超发功率后电机扭矩维持在第一扭矩不变而使得风力发电机组的功率维持在超发功率。如此，由于超发功率高于额定功率，通过将风力发电机组的功率增加到超发功率并维持一段时间直至风速到达目标风速，补偿了由于提前变桨控制造成的功率损失，降低了发电量损失。

在一种可能的实现方式中，本申请实施例提供了一种S303中获取风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系的具体实施方式，包括：

B1: 获取轮毂推力限制边界中第一推力交点和第二推力交点之间的目标区间; 目标区间的横坐标为风速, 纵坐标为风机轮毂推力。

例如, 根据叶素动量理论获取指导控制风机发电机组运行的图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3之后, 第一推力交点和第二推力交点之间的目标区间即为图5b中曲线4上A点和C点之间的目标线段。

B2: 获取目标区间对应的风力发电机组的优化功率映射区间和目标区间对应的优化桨距角映射区间; 风力发电机组优化功率映射区间用于表征风速和风力发电机组的功率之间的关系; 优化桨距角映射区间用于表征风速和桨距角之间的关系。

10 例如, 根据叶素动量理论获取指导控制风机发电机组运行的图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3之后, 目标区间对应的风力发电机组的优化功率映射区间即为图5a中曲线3中A点和C点之间的曲线段。目标区间对应的优化桨距角映射区间即为图5c中曲线3中A点和C点之间的曲线段。

15 B3: 根据优化功率映射区间和优化桨距角映射区间, 获取风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系。

获取优化功率映射区间和优化桨距角映射区间后, 根据优化功率映射区间中风速和功率的关系, 以及优化桨距角映射区间中风速和桨距角的关系, 能够对应获取功率和桨距角的关系, 该关系即为第一标定关系。作为一种可选示例, 第一标定关系可用表格的形式记录。在实际应用中, 获取到风力发电机组的功率后, 可通过查表的方式, 获取期望的桨距角, 并通过变桨电机来调节桨距角达到期望的桨距角。

优化功率映射区间和优化桨距角映射区间中的功率和桨距角可看作是根据图5a中的曲线3、图5b中的曲线3和图5c中的曲线3得到的控制参数。

25 另外, 由于功率超发可能会引起风力发电机组部件的负担, 为了提高风力发电机组部件的寿命, 在进行一定时间的功率超发后, 可以将风力发电机组的功率降低到额定功率, 使风力发电机组在额定功率运行。将超发功率降低到额定功率的节点为目标功率变化阶段。

基于此, 可以预先确定超发功率维持阶段对应的风速段以及目标功率变化阶段对应的风速段, 具体地, 包括:

C1: 获取超发功率维持阶段对应的前风速范围和目标功率变化阶段对应的后风速范围。

风力发电机组的功率到达超发功率时对应的风速为第二风速，即V2。超发功率维持阶段对应的前风速范围L1为第二风速V2和第三风速V3之间的宽度，即 $L1=V3-V2$ 。在第三风速时，开始降低风力发电机组的功率。作为一种可选示例，L1的可选值范围为 $L1 \in [0.5 \text{ m/s}, 8 \text{ m/s}]$ ，优选值为1-3m/s。可参见图4所示L1。

风力发电机组的功率降低到额定功率时，对应的风速为第四风速，即V4。目标功率变化阶段对应的后风速范围L2为第三风速V3和第四风速V4之间的宽度，即 $L2=V4-V3$ 。作为一种可选示例，L2的可选值范围 $L2 \in [0.5 \text{ m/s}, 15 \text{ m/s}]$ ，L2的优选值为1-3m/s。可参见图4所示L2。

在一个或多个实施例中，前风速范围和后风速范围为提前预设的控制参数。前风速范围内，机组功率维持在超发功率。设置前风速范围是为了补偿由于在额定功率下提前变桨控制导致的功率损失。前风速范围的距离越长，超发功率补偿的发电量越多。设置后风速范围是为了让风力发电机组由超发功率平滑过渡到额定功率。同时，后风速范围内，也在进行功率补偿。在风速较大的情况下，在后风速范围内使风力机在较低的功率下运行，有利于叶片等部件的降载。

C2: 根据风力发电机组的功率增加到超发功率时对应的第二风速，以及超发功率维持阶段对应的前风速范围，获取第三风速；在第三风速下，风力发电机组的功率为超发功率。

获取前风速范围、后风速范围以及第二风速之后，便可根据第二风速和前风速范围，获取第三风速。

C3: 根据第三风速以及目标功率变化阶段对应的后风速宽度，获取第四风速，其中在第四风速时，风力发电机组的功率为额定功率。

在获取第三风速之后，基于第三风速和后风速范围，获取第四风速。

在一个或多个实施例中，在目标功率变化阶段，通过风速和风力发电机组的功率之间的关系，来调节风力发电机组的功率。因此，可以预先获得风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系，具体为：

根据第三风速、第三风速对应的超发功率、第四风速以及第四风速对应的额定功率，构建风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系。

具体实施时，风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系可为线性关系或非线性关系。即，第二标定关系的表现形式可以是带有一定斜率的斜线，或者是通过多项式拟合的曲线族。作为一种可选示例，风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系可通过表格的形式展示，表格中记录风力发电机组的功率和风速的对应关系。可以理解的是，本申请实施例不限定风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系，可根据实际需要进行确定。

基于上述内容可知，在一个或多个实施例中，目标风速可为第三风速，即以超发功率控制风力发电机组运行直至到达第三风速。当目标风速为第三风速时，本申请实施例除S301-S304之外，还包括S701-S704：

S701：当风速到达第三风速时，调整桨距角以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速，同时根据风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系获取实时风速对应的目标功率，调整电机扭矩以使风力发电机组到达目标功率。

当风速到达第三风速时，调整桨距角以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速。在一个或多个实施例中，调整桨距角以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速的过程通过闭环反馈控制来实现。即，闭环调节系统输入风力发电机组的转速，将输入的转速和第一额定转速相对比，根据两者的差值控制变桨电机调节桨距角来使风力发电机组的转速维持在第一额定转速，消除转速偏差。

同时，根据风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系，获取实时风速对应的目标功率，调整电机扭矩以使风力发电机组到达目标功率。目标功率变化阶段的风力发电机组的功率在降低。其中，实时风速为风速到达第三风速后，实时采集的当前风速。

为了使获取的实时风速更加准确且降低调节功率的次数，可每隔第一预设时间监测第二预设时间内的风速，并计算第二预设时间内的风速平均值，将第二预设时间内的风速作为调节风速。例如，第一预设时间为1min，第二预设时间为30s-2min中的一个时间，如50s。则每隔1min调节一次功率，在到达1min

时，监测50s的风速，获取50s内的平均风速，将该平均风速作为调节风速。再根据风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系获取调节风速对应的目标功率，调整电机扭矩以使风力发电机组到达目标功率。

5 当风力发电机组的功率降低到额定功率且风速达到第四风速时，确定是否调整风力发电机组的转速。若调整风力发电机组的转速，可降低风力发电机组的转速，以此来提高风力发电机组部件的寿命。基于此，分为S702-S703和S704两种情况。

10 S702: 当风力发电机组的功率降低到额定功率且风速达到第四风速时，获取第二额定转速，以及根据额定功率和第二额定转速的关系（例如，商）确定第二扭矩。

若确定调整所述风力发电机的转速，则获取第二额定转速。第二额定转速小于第一额定转速，将风力发电机组的额定转速从第一额定转速降低到第二额定转速，可调高风力发电机组部件的寿命。

作为一种可选示例，第一额定转速与第二额定转速的比值 $\in [1, 1.1]$ 。

15 S703: 将第一额定转速更改为第二额定转速，将电机扭矩调整为第二扭矩，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第二额定转速；风力发电机组的功率由于风力发电机组的转速维持在第二额定转速以及电机扭矩维持在第二扭矩而维持在额定功率。

20 确定调整风力发电机组的转速且获取调整后的第二额定转速后，当风力发电机组的功率降低到额定功率且风速达到第四风速时，将第一额定转速更改为第二额定转速，并将电机扭矩调整为第二扭矩并维持第二扭矩。其中，第二扭矩可以为额定功率和第二额定转速的商。

25 同时，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第二额定转速。如此，风力发电机组的功率由于风力发电机组的转速维持在第二额定转速以及电机扭矩维持在第二扭矩而维持在额定功率。

在一个或多个实施例中，控制桨距角以控制风力发电机组的转速维持在第二额定转速的过程通过闭环反馈控制来实现。

可以理解的是，通过将功率从超发功率降低为额定功率，通过将第一额定转速降低到第二额定转速，能够有效降低机组在高风速下的疲劳载荷，保护变流器，提高部件可靠性。

5 S704: 当风力发电机组的功率降低到额定功率且风速达到第四风速时，电机扭矩达到第三扭矩，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速，风力发电机组的功率由于风力发电机组的转速维持在第一额定转速以及电机扭矩维持在第三扭矩而维持在额定功率。

10 若确定不调整风力发电机组的转速，当风力发电机组的功率降低到额定功率且风速达到第四风速时，电机扭矩达到第三扭矩。此时，控制桨距角增加以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速即可。在一个或多个实施例

15 中，控制桨距角以控制风力发电机组的转速维持在第一额定转速的过程可以通过闭环反馈控制来实现。如此，风力发电机组的功率由于风力发电机组的转速维持在第一额定转速以及电机扭矩维持在第三扭矩而维持在额定功率。

可以理解的是，S702-S703与S704为当风力发电机组的功率降低到额定功率且风速达到第四风速时的控制风力发电机组运行的并列方案。

20 基于上述内容，在目标风速为第三风速下，参见图 8a、图 8b 和图 8c，图 8a 为本申请实施例提供的另一种风力发电机组功率曲线示意图，图 8b 为本申请实施例提供的另一种风机轮毂推力曲线的示意图，图 8c 为本申请实施例提供的另一种桨距角曲线和转速曲线的示意图。图 8a、图 8b 和图 8c 中的曲线 3 可作为指导控制风力发电机组运行的曲线。而实际中，风力发电机组的功率曲线、轮毂推力映射和桨距角曲线也和图 8a、图 8b 和图 8c 类似。

25 如图 8a、图 8b 和图 8c 中的曲线 3 所示，C 点对应的风速和 D 点对应的风速之间为前风速范围，D 点对应的风速和 E 点对应的风速之间为后风速范围。在图 8a 的曲线 3 中，C 点和 D 点之间的功率为超发功率，D 点和 E 点之间为功率下降阶段，E 点对应的功率为额定功率，E 点之后风力发电机组以额定功率运行直至切出风速。如图 8c 所示，在该图中展示了 E 点（即到达第四风速时）降低第一额定转速到第二额定转速的情况。另外，在实际应用中，如 S704 所述，还可以选择到达第四风速时，仍然维持第一额定转速，此时的扭矩可以为额定功率和第一额定转速的商。在一个或多个实施例中，在图 5c 中，

在超发功率维持阶段没有降低第一额定转速，风力发电机组为一直维持在第一额定转速的状态。

在一个或多个实施例中，附图中出现的 I 区、II 区、III 区、IV 区、V 区分别对应了 S302 之后且 S303 之前的未到达开启功率的控制阶段、S303 中的控制阶段、S304 中目标风速为第三风速情况下的控制阶段、S701 中的控制阶段、S702-S703 中的控制阶段。其中，V 区还可以为 S704 中的控制阶段。

参见图 9a、图 9b 和图 9c，图 9a 为本申请实施例提供的另一种功率变化示意图，图 9b 为本申请实施例提供的另一种风机轮毂推力变化示意图，图 9c 为本申请实施例提供的另一种桨距角变化示意图。图 9a、图 9b、图 9c 分别和图 8a、图 8b、图 8c 相对应。

由图 9a 可知，在额定功率下进行提前变桨控制会导致功率损失。而在本申请实施中，在到达风力发电机组的额定功率后，会对机组进行一定的功率超发，以此来补偿损失的发电量，提高风力发电机组创造的经济效益。由图 9b 可知，在本申请实施中，由于设置了轮毂推力限制边界，能够在提前变桨控制阶段（见 S303）通过桨距角的控制能够将风机轮毂推力限制在一定范围内，削减推力载荷尖峰，使得风机运行过程中不会引起过大推力载荷。另外，虽然在功率超发控制下，风机轮毂中心后期的轴向推力载荷较原控制算法有所增加，但仍控制风机轮毂推力在轮毂推力限制边界之下。由图 9c 可知，桨距角随风速变化的曲线如曲线 3 所示。其中，三角形面积为提前变桨控制区域，在此之后的长条状面积为机组的功率超发控制区域。

其中，图 8 和图 9 中出现的曲线 1 均可以是在额定功率下得到的曲线。

在目标风速为第三风速的情况下，即会控制超发功率降低到额定功率的情况下，风力发电机组的功率补偿的大小取决于图 8a 中点 C、D、E 位置，即取决于前风速范围和后风速范围的总宽度。如果 D 点和 E 点之间的横轴距离很小（即后风速范围小），那么 C 点和 D 点决定了功率超发的风速范围。

基于 S701-S704 内容可知，利用设置的轮毂推力限制边界，能够削除轮毂推力映射中的尖峰。由于存在超发功率风速段且超发功率高于额定功率，则通过将风力发电机组的功率增加到超发功率并维持一段时间直至风速到达第三风速，能够补偿在额定功率下提前变桨控制造成的功率损失。此外，在到达第

三风速时，降低风力发电机组的功率，能够提高风力发电机组部件的寿命，在第四风速时，若降低风力发电机组的转速，也能提高风力发电机组部件的寿命。

基于上述方法实施例提供的风力发电机组控制方法，本申请实施例还提供了一种风力发电机组控制装置，下面将结合附图对该风力发电机组控制装置进行说明，该装置的技术详情请参见上述方法实施例。

参见图 10，该图 10 为本申请实施例提供的一种风力发电机组控制装置的结构示意图。如图 10 所示，该风力发电机组控制装置包括：

第一获取单元 1001，用于获取风力发电机组的映射；所述风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界；

第二获取单元 1002，用于根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率；

第一控制单元 1003，用于当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时，控制电机扭矩增加以控制所述风力发电机组维持在所述第一额定转速并使所述风力发电机组的功率增加，并且基于所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制所述桨距角增加以使所述风机轮毂推力按照所述轮毂推力限制边界变化；

第二控制单元 1004，用于当所述风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速直至达到目标风速。

在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

调节单元，用于在根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率之后，在当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时之前，当所述风力发电机组的功率小于所述开启功率时，调节电机扭矩以使所述风力发电机组的转速增加，并使所述风力发电机组的功率增加。

在一种可能的实现方式中，所述第二获取单元 1002，包括：

第一获取子单元，用于获取所述在超发功率下的轮毂推力映射与所述轮毂推力限制边界的第一推力交点、第二推力交点、所述第一推力交点对应的第一

风速以及所述第二推力交点对应的第二风速；所述第一推力交点对应的第一风速小于所述第二推力交点对应的第二风速；

5 确定子单元，用于根据所述第一风速确定所述在超发功率下的风机功率映射中所述第一风速对应的开启功率，其中所述开启功率为开启提前变桨控制的功率。

在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

第三获取单元，用于获取所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系；

所述第三获取单元，包括：

10 第二获取子单元，用于获取所述轮毂推力限制边界中所述第一推力交点和所述第二推力交点之间的目标区间；所述目标区间的横坐标为风速，纵坐标为风机轮毂推力；

15 第三获取子单元，用于获取所述目标区间对应的风力发电机组的优化功率映射区间和所述目标区间对应的优化桨距角映射区间；所述风力发电机组优化功率映射区间用于表征风速和所述风力发电机组的功率之间的关系；所述优化桨距角映射区间用于表征风速和所述桨距角之间的关系；

第四获取子单元，用于根据所述优化功率映射区间和所述优化桨距角映射区间，获取所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系。

在一种可能的实现方式中，所述目标风速为切出风速。

20 在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

第四获取单元，用于获取超发功率维持阶段对应的前风速范围和目标功率变化阶段对应的后风速范围；

25 第五获取单元，用于根据所述风力发电机组的功率增加到超发功率时对应的第二风速，以及所述超发功率维持阶段对应的前风速范围，获取第三风速；在所述第三风速下，所述风力发电机组的功率为超发功率；

第六获取单元，用于根据所述第三风速以及所述目标功率变化阶段对应的后风速范围，获取第四风速，其中在所述第四风速时，所述风力发电机组的功率为所述额定功率。

在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

构建单元，用于根据所述第三风速、所述第三风速对应的超发功率、所述第四风速以及所述第四风速对应的额定功率，构建所述风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系。

5 在一种可能的实现方式中，当所述目标风速为所述第三风速时，所述装置还包括：

调整单元，用于当所述风速到达所述第三风速时，调整所述桨距角以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速，同时根据风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系获取实时风速对应的目标功率，调整所述电机

10 在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

第七获取单元，用于当所述风力发电机组的功率降低到所述额定功率且所述风速达到所述第四风速时，获取第二额定转速，以及根据所述额定功率和所述第二额定转速的关系确定第二扭矩；

15 更改单元，用于将所述第一额定转速更改为所述第二额定转速，将所述电机扭矩调整为所述第二扭矩，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第二额定转速；所述风力发电机组的功率由于所述风力发电机组的转速维持在所述第二额定转速以及所述电机扭矩维持在第二扭矩而维持在额定功率。

在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

20 第三控制单元，用于当所述风力发电机组的功率降低到所述额定功率且所述风速达到所述第四风速时，所述电机扭矩达到第三扭矩，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速，所述风力发电机组的功率由于所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速以及所述电机扭矩维持在第三扭矩而维持在额定功率。

25 本申请实施例还提供了一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，其中，当所述计算机程序被处理器执行时，实现如上述任一项实施例所述的风力发电机组控制方法。

参见图11，图11示出根据本公开的示例性实施例的计算装置的示意图。

参照图11，根据本公开的示例性实施例的计算装置，包括存储器111和处

理器112, 所述存储器111上存储有计算机程序, 当所述计算机程序被处理器112执行时, 实现根据本公开的示例性实施例的风力发电机组控制方法。

在本公开的示例性实施例中, 当所述计算机程序被处理器112执行时, 可实现以下步骤:

5 获取风力发电机组的映射; 所述风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界;

根据所述风力发电机组的映射, 获取开启提前变桨控制的开启功率;

10 当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时, 控制电机扭矩增加以控制所述风力发电机组维持在所述第一额定转速, 并使所述风力发电机组的功率增加, 并且按照所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制所述桨距角增加以使所述风机轮毂推力按照所述轮毂推力限制边界变化;

当所述风力发电机组的功率增加到超发功率时, 控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速直至达到目标风速。

15 通过以上的实施方式的描述可知, 本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法中的全部或部分步骤可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解, 本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分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存储介质中, 如ROM/RAM、磁碟、光盘等, 包括若干指令用以使得一台计算机设备 (可以是个人计算机, 服务器, 或者诸如媒体网关等网络通信设备, 等等) 20 执行本申请各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

25 在一个或多个实施例中, 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述, 每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处, 各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的方法而言, 由于其与实施例公开的系统相对应, 所以描述的比较简单, 相关之处参见系统部分说明即可。

在一个或多个实施例中, 在本文中, 术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含, 从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素, 而且还包括没有明确列出的其他要素, 或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的

情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，5 本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权 利 要 求

1、一种风力发电机组控制方法，其中，所述方法包括：

获取风力发电机组的映射；所述风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界；

5 根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率；

当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时，控制电机扭矩增加以使所述风力发电机组维持在所述第一额定转速并使所述风力发电机组的功率增加，并且基于所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制所述桨距角增加以使风机轮毂推力
10 按照所述轮毂推力限制边界变化；

当所述风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速直至达到目标风速。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，在根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率之后，在当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时之前，所述方法还
15 包括：

当所述风力发电机组的功率小于所述开启功率时，调节所述电机扭矩以使所述风力发电机组的转速增加，并使所述风力发电机组的功率增加。

3、根据权利要求1所述的方法，其中，所述根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率，包括：
20

获取所述在超发功率下的轮毂推力映射与所述轮毂推力限制边界的第一推力交点、第二推力交点、所述第一推力交点对应的第一风速以及所述第二推力交点对应的第二风速；所述第一推力交点对应的第一风速小于所述第二推力交点对应的第二风速；

25 根据所述第一风速确定所述在超发功率下的风机功率映射中所述第一风速对应的开启功率，其中所述开启功率为开启提前变桨控制的功率。

4、根据权利要求3所述的方法，其中，所述方法还包括：

获取所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系；

所述获取所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系，包括：

获取所述轮毂推力限制边界中所述第一推力交点和所述第二推力交点之间的目标区间；所述目标区间的横坐标为风速，纵坐标为风机轮毂推力；

5 获取所述目标区间对应的风力发电机组的优化功率映射区间和所述目标区间对应的优化桨距角映射区间；所述风力发电机组优化功率映射区间用于表征风速和所述风力发电机组的功率之间的关系；所述优化桨距角映射区间用于表征风速和所述桨距角之间的关系；

根据所述优化功率映射区间和所述优化桨距角映射区间，获取所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述目标风速为切出风速。

10 6、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述方法还包括：

获取超发功率维持阶段对应的前风速范围和目标功率变化阶段对应的后风速范围；

15 根据所述风力发电机组的功率增加到超发功率时对应的第二风速，以及所述超发功率维持阶段对应的前风速范围，获取第三风速；在所述第三风速下，所述风力发电机组的功率为超发功率；

根据所述第三风速以及所述目标功率变化阶段对应的后风速范围，获取第四风速，其中在所述第四风速时，所述风力发电机组的功率为所述额定功率。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述方法还包括：

20 根据所述第三风速、所述第三风速对应的超发功率、所述第四风速以及所述第四风速对应的额定功率，构建所述风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系。

8、根据权利要求 6 或 7 所述的方法，其中，当所述目标风速为所述第三风速时，所述方法还包括：

25 当所述风速到达所述第三风速时，调整所述桨距角以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速，同时根据风力发电机组的功率和风速之间的第二标定关系获取实时风速对应的目标功率，调整所述电机扭矩以使所述风力发电机组到达所述目标功率。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其中，所述方法还包括：

当所述风力发电机组的功率降低到所述额定功率且所述风速达到所述第

四风速时，获取第二额定转速，以及根据所述额定功率和所述第二额定转速的关系确定第二扭矩；

5 将所述第一额定转速更改为所述第二额定转速，将所述电机扭矩调整为所述第二扭矩，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第二额定转速；所述风力发电机组的功率由于所述风力发电机组的转速维持在所述第二额定转速以及所述电机扭矩维持在第二扭矩而维持在额定功率。

10、根据权利要求 8 所述的方法，其中，所述方法还包括：

10 当所述风力发电机组的功率降低到所述额定功率且所述风速达到所述第四风速时，所述电机扭矩达到第三扭矩，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速，所述风力发电机组的功率由于所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速以及所述电机扭矩维持在第三扭矩而维持在额定功率。

11、一种风力发电机组控制装置，其中，所述装置包括：

15 第一获取单元，用于获取风力发电机组的映射；所述风力发电机组的映射包括在超发功率下的轮毂推力映射、在超发功率下的风机功率映射、轮毂推力限制边界；

第二获取单元，用于根据所述风力发电机组的映射，获取开启提前变桨控制的开启功率；

20 第一控制单元，用于当所述风力发电机组的转速达到第一额定转速且所述风力发电机组的功率达到所述开启功率时，控制电机扭矩增加以使所述风力发电机组维持在所述第一额定转速并使所述风力发电机组的功率增加，并且基于所述风力发电机组的功率和桨距角之间的第一标定关系控制所述桨距角增加以使所述风机轮毂推力按照所述轮毂推力限制边界变化；

25 第二控制单元，用于当所述风力发电机组的功率增加到超发功率时，控制所述桨距角增加以控制所述风力发电机组的转速维持在所述第一额定转速直至达到目标风速。

12、一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，其中，当所述计算机程序被处理器执行时，实现权利要求 1 至 10 中任一项所述的风力发电机组控制方法。

13、一种计算装置，包括：

至少一个处理器；

至少一个存储器，存储有计算机程序，当所述计算机程序被所述至少一个处理器执行时，实现权利要求 1 至 10 中任一项所述的风力发电机组控制方法。

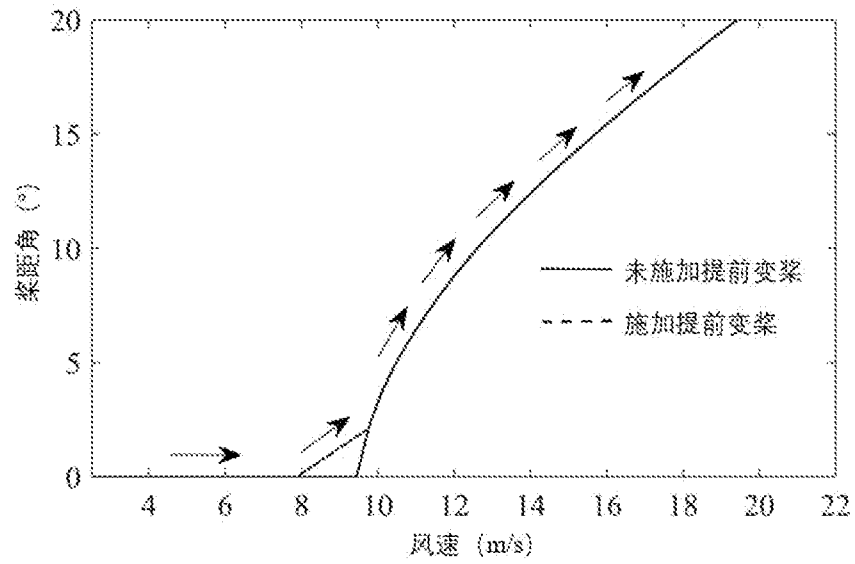


图 1a

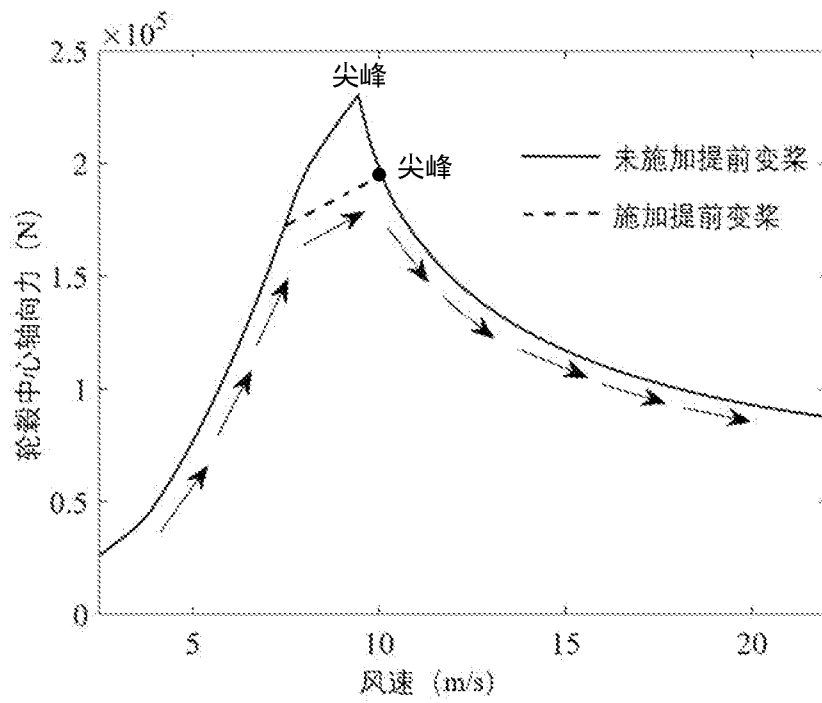


图 1b

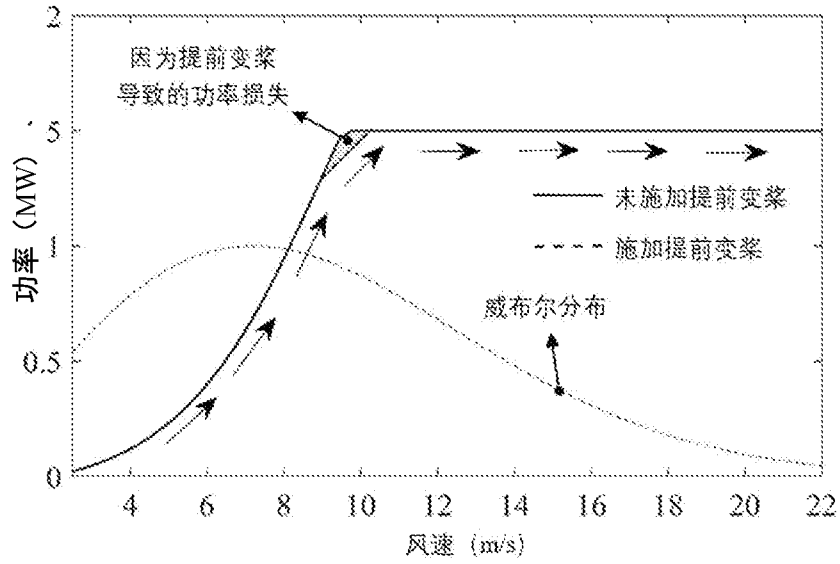


图 1c

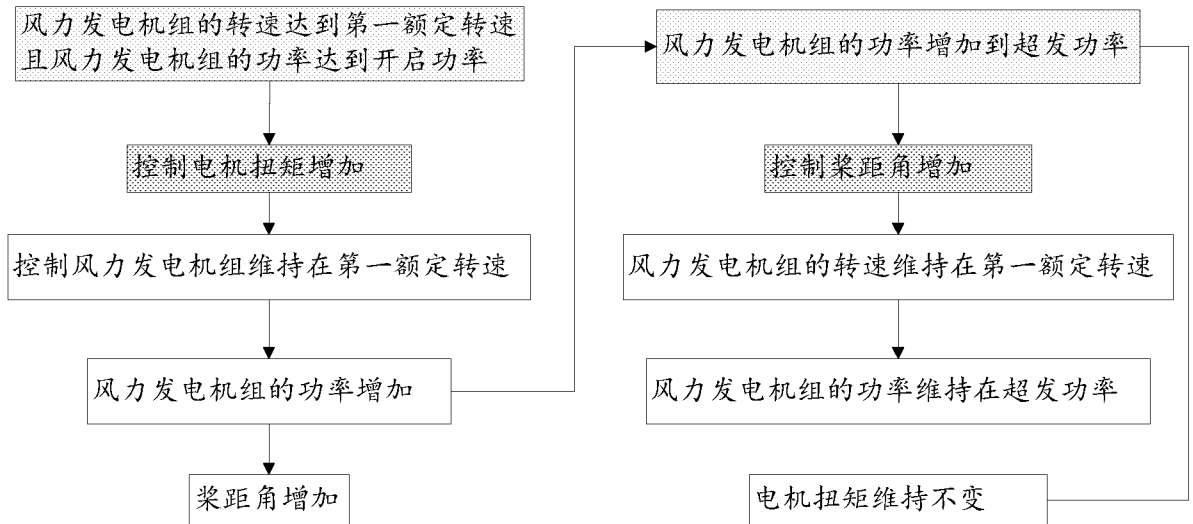


图 2

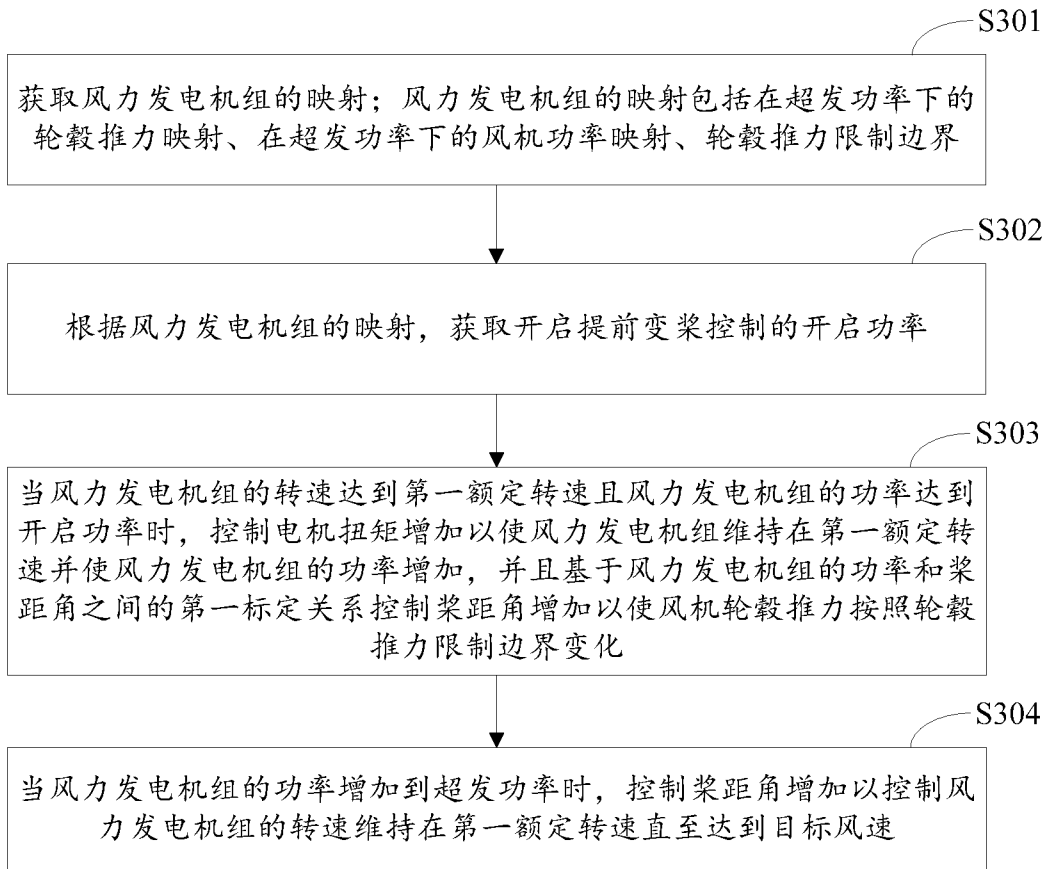


图 3

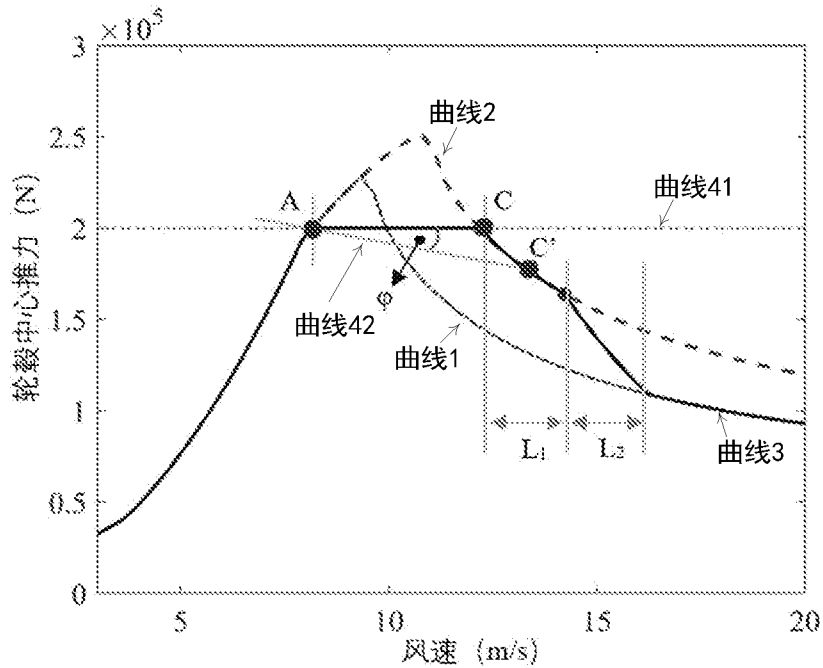


图 4

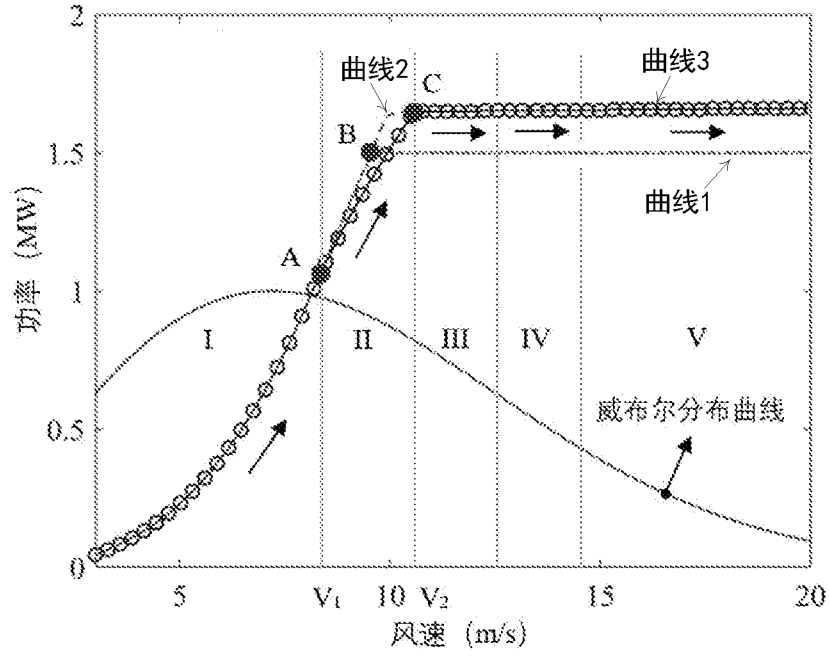


图 5a

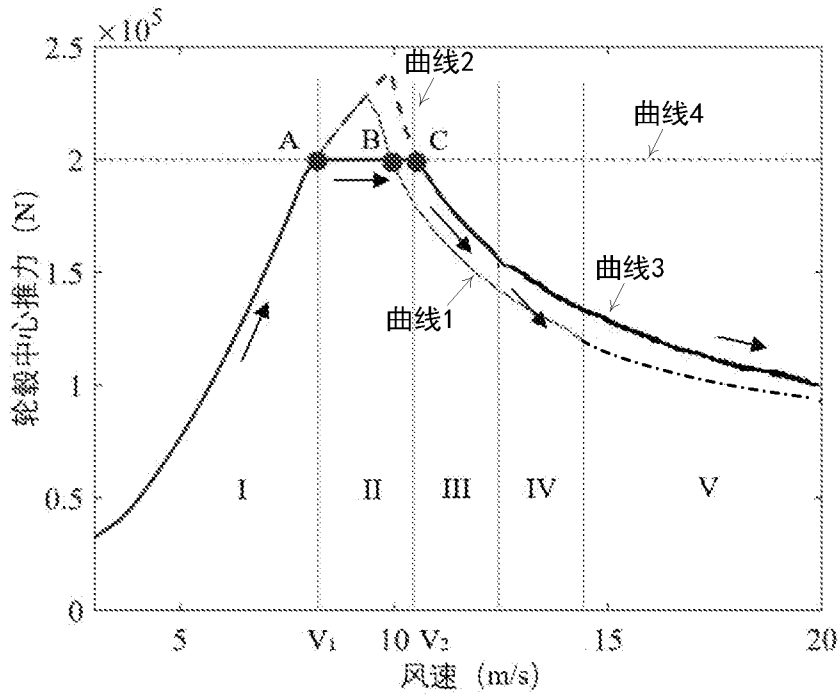


图 5b

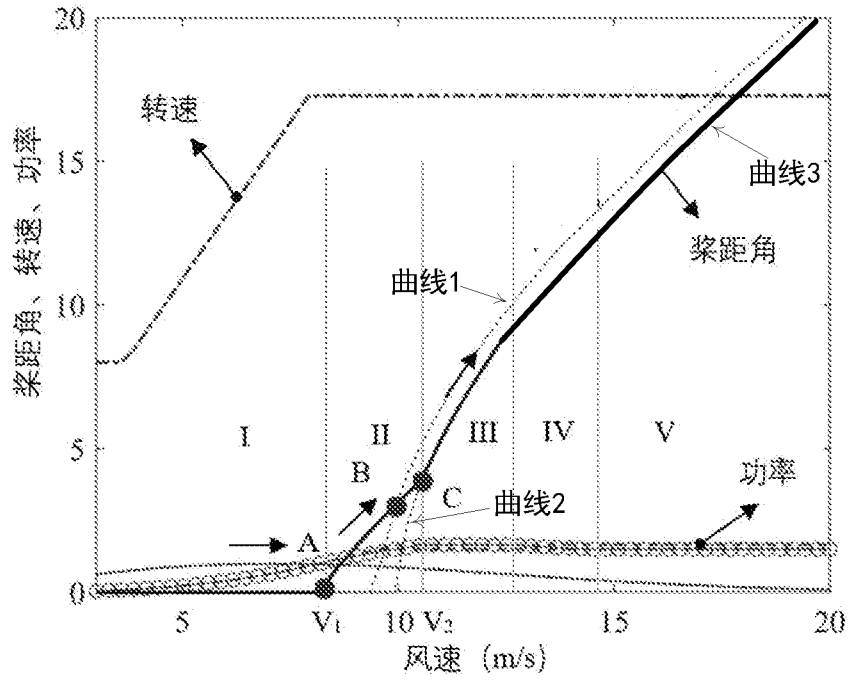


图 5c

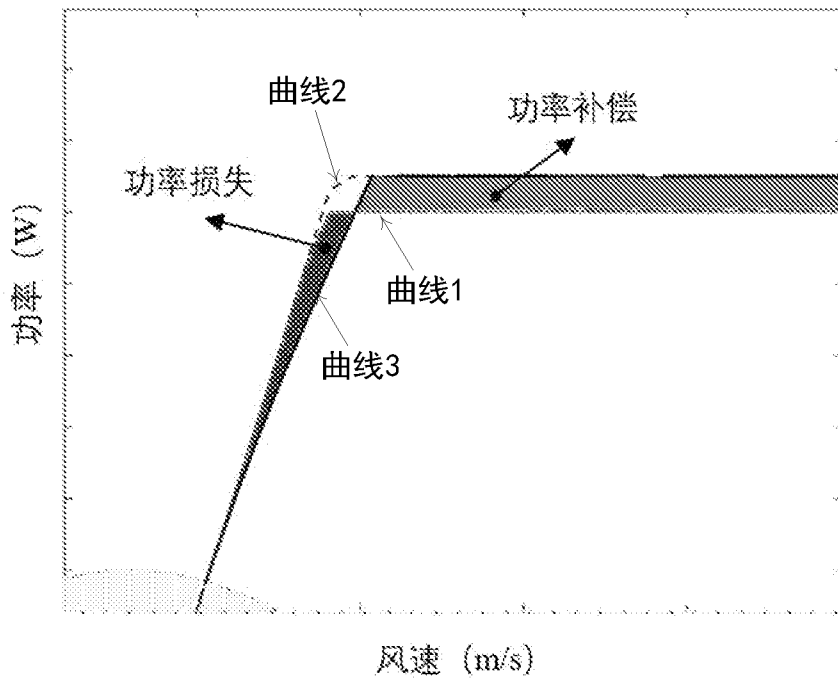


图 6a

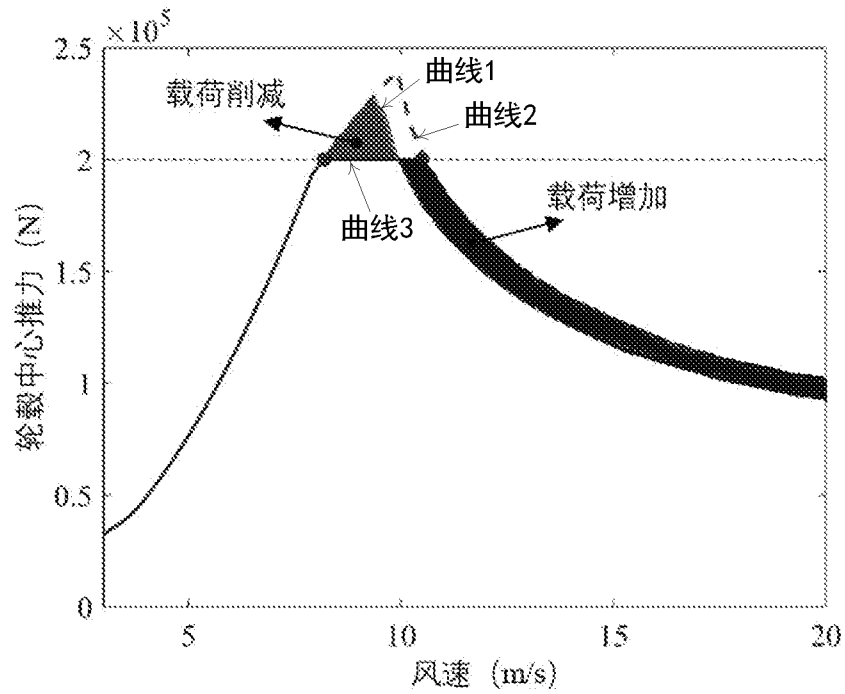


图 6b

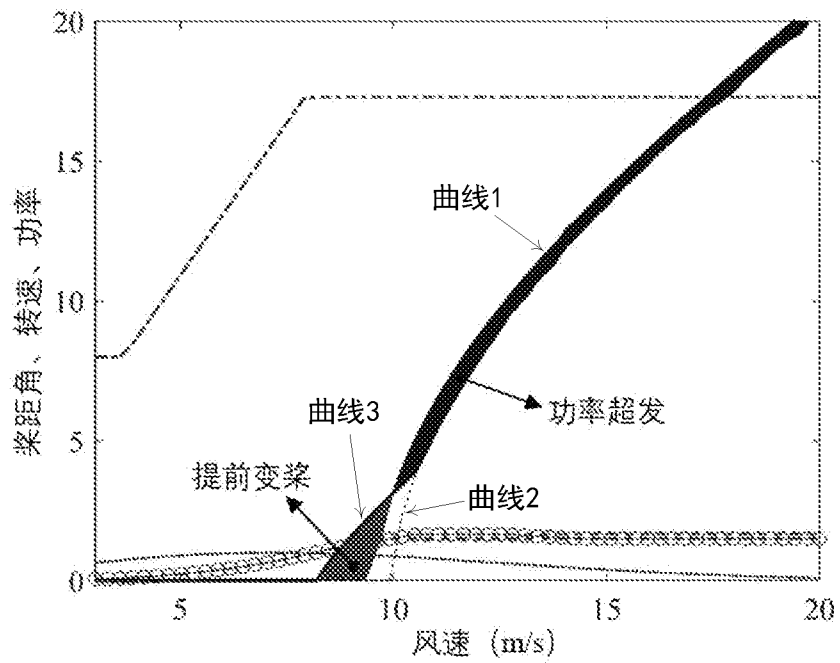


图 6c

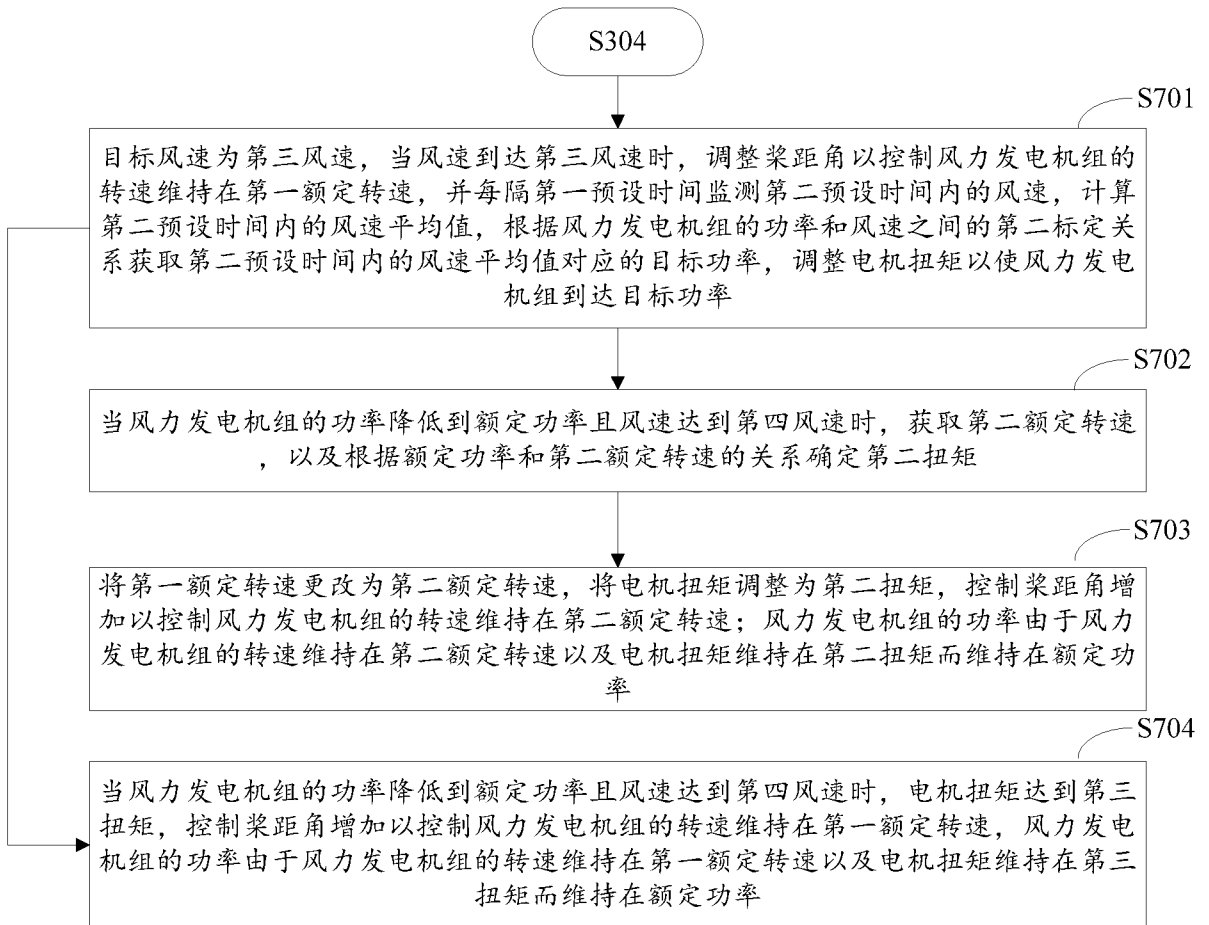


图 7

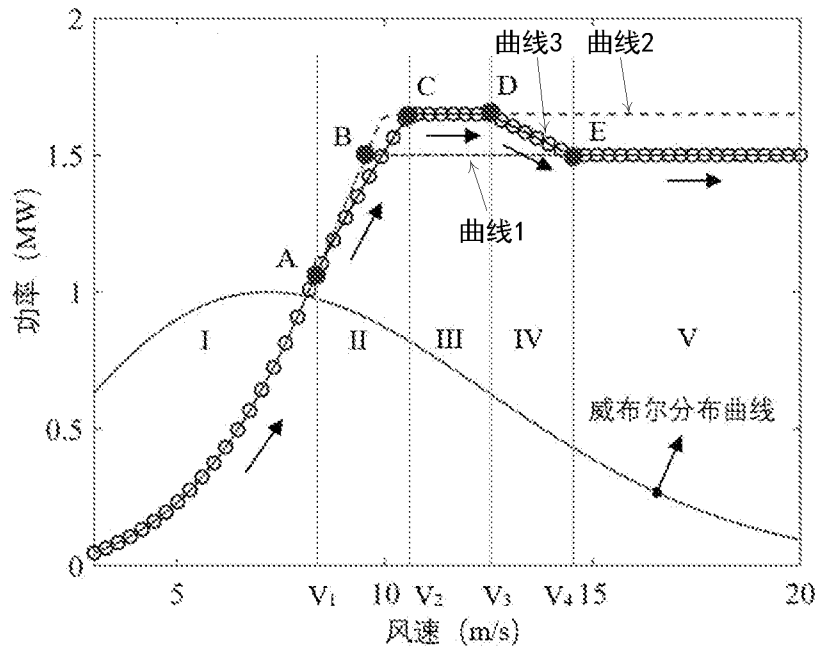


图 8a

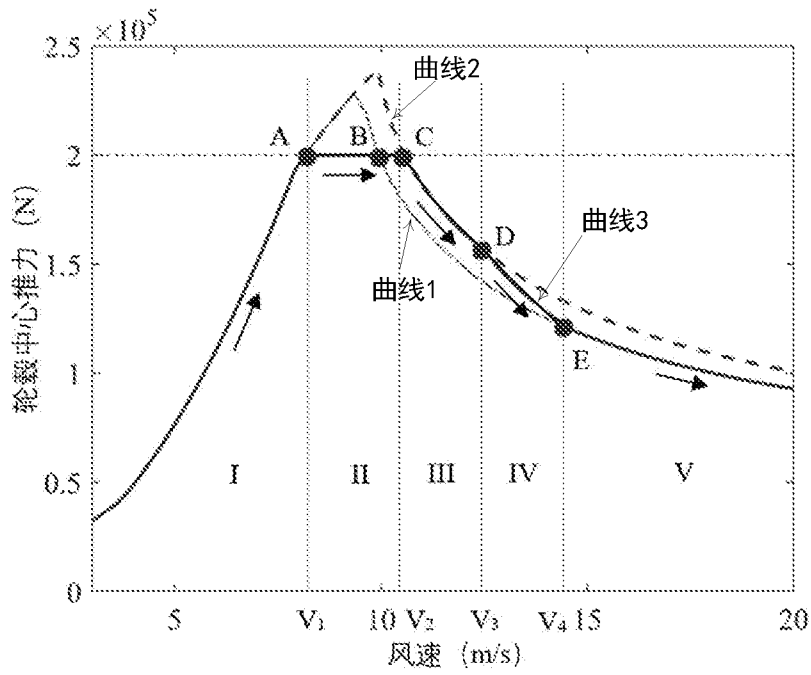


图 8b

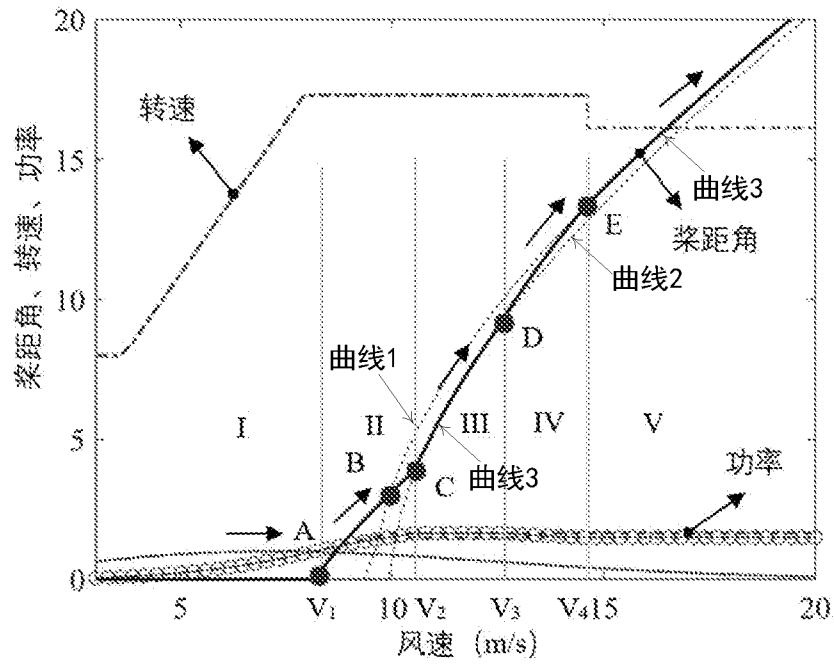


图 8c

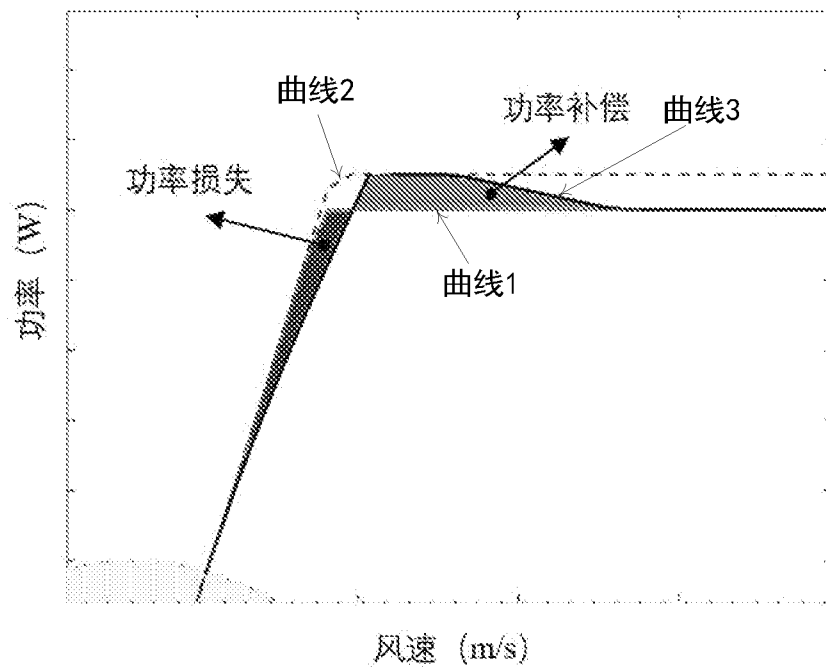


图 9a

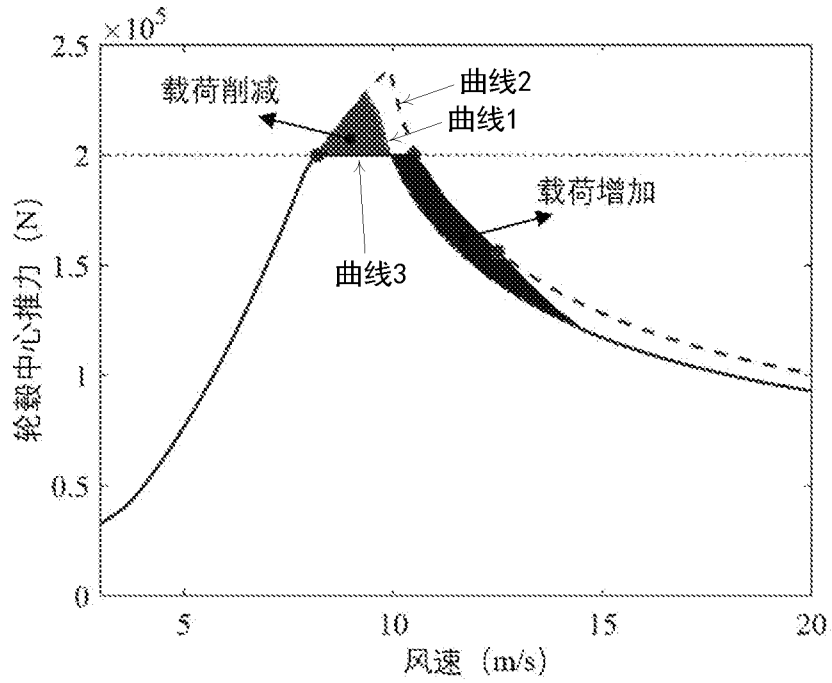


图 9b

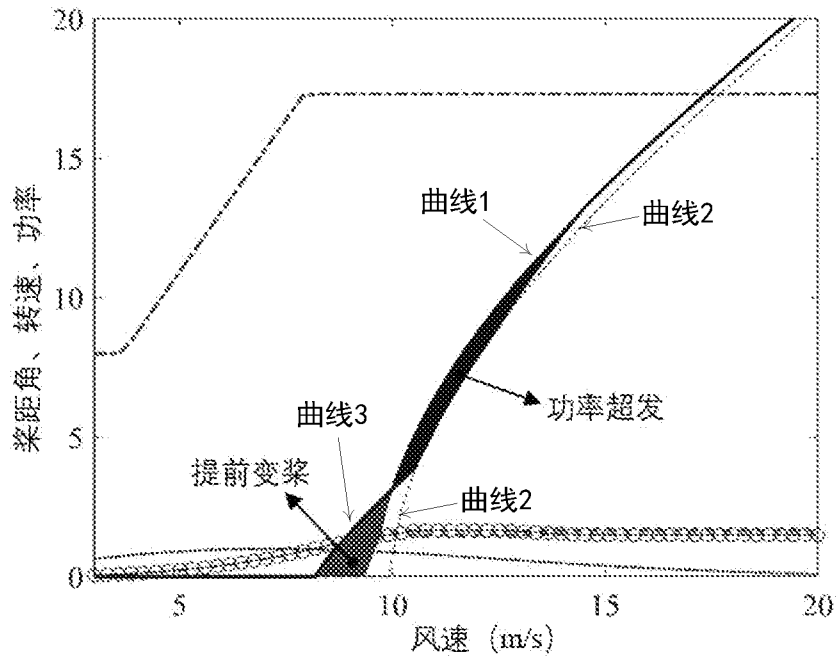


图 9c

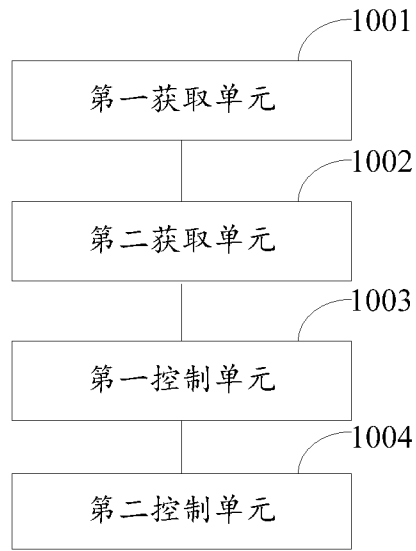


图 10

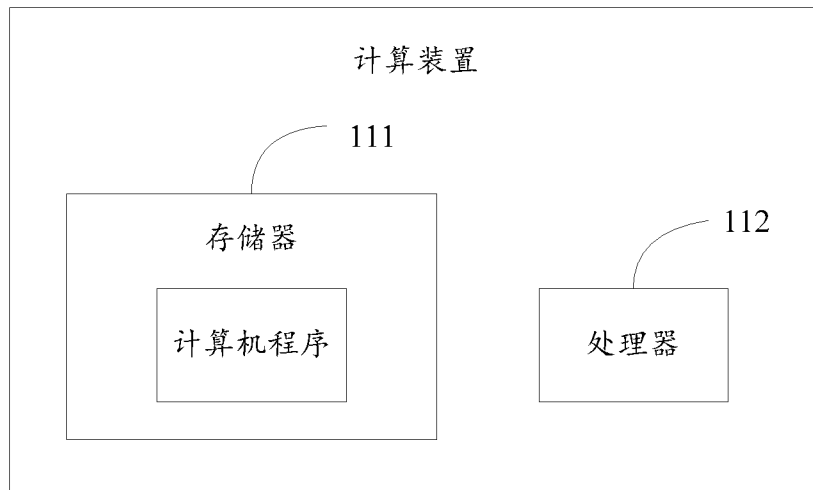


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/102746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
F03D 7/00(2006.01)i; F03D 7/02(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) F03D7/-		
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) CNTXT, CNABS, CNKI, ENTXT, VEN: 开启功率, 提前变桨, 轮毂推力, 映射, 边界, 限制, 超发功率, 桨距角, 风力, 发电; 金风, 周经纬; power, adanc+, feather, limit, boundar+, thrust, speed, revolv+, RPM, wind, generator		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114294153 A (JIANGSU GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 April 2022 (2022-04-08) description, paragraphs [0074]-[0214], and figures 1-11	1-13
A	CN 104088753 A (XUJI GROUP CO., LTD.; XUCHANG XUJI WIND POWER TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 October 2014 (2014-10-08) entire document	1-13
A	CN 102562453 A (GUODIAN UNITED POWER TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 July 2012 (2012-07-11) entire document	1-13
A	CN 102900611 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 30 January 2013 (2013-01-30) entire document	1-13
A	CN 203420825 U (BEIJING GOLDWIND SCIENCE & CREATION WINDPOWER EQUIPMENT CO., LTD.) 05 February 2014 (2014-02-05) entire document	1-13
A	KR 20120110685 A (DMS CO., LTD.) 10 October 2012 (2012-10-10) entire document	1-13
<input checked="" 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 23 September 2022		Date of mailing of the international search report 09 October 2022
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/102746

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114294153	A	08 April 2022	None			
CN	104088753	A	08 October 2014	WO	2015196739	A1	30 December 2015
				CN	104088753	B	28 September 2016
CN	102562453	A	11 July 2012	CN	102562453	B	04 September 2013
CN	102900611	A	30 January 2013	ES	2657395	T3	05 March 2018
				US	2012027587	A1	02 February 2012
				EP	2522853	A2	14 November 2012
				DK	2522853	T3	05 February 2018
				CN	102900611	B	24 August 2016
				US	8858174	B2	14 October 2014
				EP	2522853	A3	08 April 2015
				EP	2522853	B1	03 January 2018
CN	203420825	U	05 February 2014	CN	103244349	A	14 August 2013
				CN	103244349	B	01 April 2015
KR	20120110685	A	10 October 2012	KR	101251285	B1	10 April 2013
US	2018034394	A1	01 February 2018	TW	201809460	A	16 March 2018
				EP	3276166	A1	31 January 2018
				JP	2018017198	A	01 February 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/102746

<p>A. 主题的分类</p> <p>F03D 7/00(2006.01)i; F03D 7/02(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>F03D7/-</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>CNXTX, CNABS, CNKI, ENTXT, VEN:开启功率, 提前变桨, 轮毂推力, 映射, 边界, 限制, 超发功率, 桨距角, 风力, 发电; 金风, 周经纬; power, adanc+, feather, limit, boundar+, thrust, speed, revolv+, RPM, wind, generator</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>PX</td> <td>CN 114294153 A (江苏金风科技有限公司) 2022年4月8日 (2022 - 04 - 08) 说明书第[0074]-[0214]段, 图1-11</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104088753 A (许继集团有限公司 许昌许继风电科技有限公司) 2014年10月8日 (2014 - 10 - 08) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102562453 A (国电联合动力技术有限公司) 2012年7月11日 (2012 - 07 - 11) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102900611 A (通用电气公司) 2013年1月30日 (2013 - 01 - 30) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 203420825 U (北京金风科创风电设备有限公司) 2014年2月5日 (2014 - 02 - 05) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 20120110685 A (DMS CO LTD) 2012年10月10日 (2012 - 10 - 10) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018034394 A1 (HITACHI LTD) 2018年2月1日 (2018 - 02 - 01) 全文</td> <td>1-13</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	PX	CN 114294153 A (江苏金风科技有限公司) 2022年4月8日 (2022 - 04 - 08) 说明书第[0074]-[0214]段, 图1-11	1-13	A	CN 104088753 A (许继集团有限公司 许昌许继风电科技有限公司) 2014年10月8日 (2014 - 10 - 08) 全文	1-13	A	CN 102562453 A (国电联合动力技术有限公司) 2012年7月11日 (2012 - 07 - 11) 全文	1-13	A	CN 102900611 A (通用电气公司) 2013年1月30日 (2013 - 01 - 30) 全文	1-13	A	CN 203420825 U (北京金风科创风电设备有限公司) 2014年2月5日 (2014 - 02 - 05) 全文	1-13	A	KR 20120110685 A (DMS CO LTD) 2012年10月10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-13	A	US 2018034394 A1 (HITACHI LTD) 2018年2月1日 (2018 - 02 - 01) 全文	1-13
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 114294153 A (江苏金风科技有限公司) 2022年4月8日 (2022 - 04 - 08) 说明书第[0074]-[0214]段, 图1-11	1-13																								
A	CN 104088753 A (许继集团有限公司 许昌许继风电科技有限公司) 2014年10月8日 (2014 - 10 - 08) 全文	1-13																								
A	CN 102562453 A (国电联合动力技术有限公司) 2012年7月11日 (2012 - 07 - 11) 全文	1-13																								
A	CN 102900611 A (通用电气公司) 2013年1月30日 (2013 - 01 - 30) 全文	1-13																								
A	CN 203420825 U (北京金风科创风电设备有限公司) 2014年2月5日 (2014 - 02 - 05) 全文	1-13																								
A	KR 20120110685 A (DMS CO LTD) 2012年10月10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-13																								
A	US 2018034394 A1 (HITACHI LTD) 2018年2月1日 (2018 - 02 - 01) 全文	1-13																								
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <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>2022年9月23日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2022年10月9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>冯季</p> <p>电话号码 (86-28) 62967313</p>																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/102746

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	114294153	A	2022年4月8日	无			
CN	104088753	A	2014年10月8日	WO	2015196739	A1	2015年12月30日
				CN	104088753	B	2016年9月28日
CN	102562453	A	2012年7月11日	CN	102562453	B	2013年9月4日
CN	102900611	A	2013年1月30日	ES	2657395	T3	2018年3月5日
				US	2012027587	A1	2012年2月2日
				EP	2522853	A2	2012年11月14日
				DK	2522853	T3	2018年2月5日
				CN	102900611	B	2016年8月24日
				US	8858174	B2	2014年10月14日
				EP	2522853	A3	2015年4月8日
				EP	2522853	B1	2018年1月3日
CN	203420825	U	2014年2月5日	CN	103244349	A	2013年8月14日
				CN	103244349	B	2015年4月1日
KR	20120110685	A	2012年10月10日	KR	101251285	B1	2013年4月10日
US	2018034394	A1	2018年2月1日	TW	201809460	A	2018年3月16日
				EP	3276166	A1	2018年1月31日
				JP	2018017198	A	2018年2月1日