

盘形永磁涡流制动装置及轨道车辆

本申请要求 2023 年 07 月 11 日提交中国专利局、申请号为 202310849377.3、发明名称为“盘形永磁涡流制动装置及轨道车辆”的发明专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本发明涉及轨道车辆技术领域，尤其涉及轨道车辆的盘形永磁涡流制动装置。本发明还涉及设有所述盘形永磁涡流制动装置的轨道车辆。

10 背景技术

随着动车组速度的提高，制动装置面临严峻的挑战。传统的摩擦制动受制于摩擦材料的热性能，运营速度过高会造成制动盘与闸片的磨耗加剧，摩擦性能降低，甚至出现制动盘热裂纹或是紧固件失效等现象，因此使用非摩擦制动与摩擦制动技术结合是高速动车组合理的搭配。

15 非摩擦制动技术主要有：电阻制动、再生制动和涡流制动。电阻制动和再生制动不能在设有牵引电机的拖车转向架上使用，而涡流制动则不受此限制。

20 涡流制动分为盘形制动和线型涡流制动。涡流制动的原理是：导体在磁场中切割磁感线产生感应电流，根据楞次定律，导体上的感应电流受到的磁场力（安培力）总是反抗（或阻碍）导体的运动。即，磁场对导体有“来拒去留”的效果。

25 线性涡流类似于磁轨制动，是将电磁铁放下到离轨面几毫米处而不与钢轨接触。其利用电磁铁和钢轨的相对运动使钢轨感应出涡流，由此产生的制动力，把列车的动能转换为热能通过钢轨消散于大气中。线性涡流制动已应用在德国 ICE3 型动车组，但轨道温升对运行安全产生直接影响且影响轨道信号的传输。

盘形涡流制动是在车轴或是齿轮箱的输出轴上安装金属感应盘（制动盘）和磁场生成装置，在进行制动时，通过磁场在旋转的感应盘表面感应出

强大的涡流而产生制动力，并将列车的动能转化为热量消散于大气中。盘形涡流制动应用在日本 100 系和 300 系动车组。

5 既有的盘形涡流制动多数使用电磁铁励磁，磁场大小和开闭通过线圈电流的大小来调节，控制方便，但是，在实际研究和应用过程中发现采用电磁涡流制动有个严重的问题，那就是极大的励磁线圈，需要提供极大电流，因此制动装置的质量较大。例如日本 300 系动车组应用的一组涡流盘形制动装置的质量就有 1 吨左右。

综上，需研发不依赖电磁铁励磁的盘形涡流制动装置，即永磁盘形涡流制动装置。

10

发明内容

本发明的目的在于提供一种盘形永磁涡流制动装置。该装置使用永磁铁（定子）产生磁场来阻止制动盘（转子）的旋转，通过驱动电机控制定子旋转来启动和关闭涡流及制动力，可代替摩擦制动，减少摩擦副磨损。

15 为实现上述目的，本发明提供一种盘形永磁涡流制动装置，包括车轴、安装于车轴的制动盘以及位于所述制动盘一侧的永磁涡流制动装置；所述永磁涡流制动装置包括外圈永磁组件和内圈永磁组件，所述外圈永磁组件包括多组沿圆周方向均匀分布的外圈永磁体，所述外圈永磁体的 S 极和 N 极依次交替排列，所述内圈永磁组件包括多组沿圆周方向均匀分布的内圈
20 永磁体，所述内圈永磁体的 S 极和 N 极依次交替排列；所述内圈永磁组件能够相对于所述外圈永磁组件旋转，以通过改变所述内圈永磁体的相位控制制动力。

可选地，所述外圈永磁体和内圈永磁体的磁极均垂直于所述制动盘的盘面。

25 可选地，所述外圈永磁体和内圈永磁体朝向所述制动盘的一端分别设有磁轭。

可选地，进一步包括对应于所述外圈永磁体和内圈永磁体的极片，所述极片与所述外圈永磁体的相位相同。

可选地，所述外圈永磁体和内圈永磁体远离所述制动盘的一端设有弹

簧，以通过弹力使所述外圈永磁体和内圈永磁体与对应的磁轭和极片保持充分接触。

可选地，所述外圈永磁组件和内圈永磁组件安装在支撑箱体内，所述支撑箱体与构架通过连杆相连接，并通过轴承与所述车轴转动配合。

5 可选地，所述外圈永磁组件和内圈永磁组件通过两道平行的安装盘安装在所述支撑箱体的内部，所述安装盘上设有若干外圈固定座，所述外圈永磁体和磁轭和位于所述外圈固定座的内部，所述内圈永磁体和磁轭位于内圈转盘的插槽内，所述内圈转盘能够相对于安装盘旋转。

可选地，所述极片固定在所述支撑箱体邻近所述制动盘的一侧。

10 可选地，所述支撑箱体内部设有驱动电机，所述内圈转盘设有齿圈，所述驱动电机通过齿轮与所述齿圈啮合传动，以驱动所述内圈转盘旋转。

为实现上述另一目的，本发明提供一种轨道车辆，包括车体、构架和制动装置，其特征在于，所述制动装置为上述任一项技术方案所述的盘形永磁涡流制动装置。

15 本发明所提供的盘形永磁涡流制动装置使用永磁技术，解决了盘形涡流制动装置定子线圈过重的问题，能够更好的满足实际应用的要求。由于属于非摩擦制动技术，因此不会产生摩擦副磨损、制动粉尘和噪声污染，而且，采用永磁铁产生磁场，不需外加励磁电源和励磁绕组，可大大节省了制动用电和用铜，降低涡流制动装置重量，实现了涡流制动装置的轻量化和小型化，可保持制动力的稳定性和持久性，避免断电时制动失效的风险，具有更高的可靠性，与空气制动相比，制动力施加更为线性，可减少列车制动时的纵向冲击，提高乘坐的舒适性。

20 本发明所提供的轨道车辆设有所述盘形永磁涡流制动装置，由于所述盘形永磁涡流制动装置具有上述技术效果，则设有该盘形永磁涡流制动装置
25 的轨道车辆也应具有相应的技术效果。

附图说明

图1为本发明实施例所提供的一种盘形永磁涡流制动装置的制动原理图；

图 2 为图 1 中所示制动盘产生涡流的示意图；

图 3 为无制动力时同相位的内圈永磁体与外圈永磁体的磁极相反的局部示意图；

图 4 为图 3 的纵向剖视图；

5 图 5 为有制动力时同相位的内圈永磁体与外圈永磁体的磁极相一致的局部示意图；

图 6 为图 5 的纵向剖视图；

图 7 为本发明实施例所提供的一种盘形永磁涡流制动装置的结构示意图；

10 图 8 为图 7 所示盘形永磁涡流制动装置处于制动状态时的磁极分布示意图；

图 9 为图 7 所示盘形永磁涡流制动装置处于运动状态时的磁极分布示意图。

图中：

15 10. 制动盘 20. 涡流 30. 外圈永磁组件 31. 外圈永磁体 32. 外圈固定座 33. 外圈磁轭 40. 内圈永磁组件 41. 内圈永磁体 42. 内圈转盘 43. 内圈磁轭 50. 弹簧 60. 极片 70. 车轴 80. 支撑箱体 90. 轴承 110. 第一安装盘 120. 第二安装盘 130. 驱动电机 140. 齿轮 150. 定位销。

20

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

25 在本文中，“上、下、内、外”等用语是基于附图所示的位置关系而确立的，根据附图的不同，相应的位置关系也有可能随之发生变化，因此，并不能将其理解为对保护范围的绝对限定；而且，诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个与另一个具有相同名称的部件区分开来，而不一定要求或者暗示这些部件之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

请参考图 1、图 2，图 1 为本发明实施例所提供的一种盘形永磁涡流制动装置的制动原理图；图 2 为图 1 中所示制动盘产生涡流的示意图。

本发明所提供的盘形永磁涡流制动装置，其制动原理为：

在制动盘的一侧，沿旋转方向按 S 极、N 极（或 N 极、S 极）的顺序交替排列永磁铁，如果使磁铁靠近制动盘 10，会在制动盘 10 表面会产生涡流 20。由于该涡流 20 产生磁场，因此，在阻碍制动盘 10 旋转的方向上作用了劳伦兹力，表现在制动盘 10 上就是制动力。由于制动盘 10 的电阻值很小，因此产生的涡流 20 强度很大，而强大的电流在磁场中切割磁力线产生的劳伦兹力也很强大，所以利用旋转型永磁涡流制动装置，能够获得较大的制动力。

请参考图 3 至图 6，图 3 为无制动力时同相位的内圈永磁体与外圈永磁体的磁极相反的局部示意图；图 4 为图 3 的纵向剖视图；图 5 为有制动力时同相位的内圈永磁体与外圈永磁体的磁极相一致的局部示意图；图 6 为图 5 的纵向剖视图。

本发明所提供的盘形永磁涡流制动装置，其永磁铁分两组布置：外圈永磁组件 30 和内圈永磁组件 40，外圈永磁组件 30 具有多组沿圆周方向均匀分布的外圈永磁体 31，外圈永磁体 31 的 S 极和 N 极依次交替排列，内圈永磁组件 40 具有多组沿圆周方向均匀分布的内圈永磁体 41，内圈永磁体 41 的 S 极和 N 极依次交替排列；外圈永磁组件 30 是固定的，内圈永磁组件 40 能够相对于外圈永磁组件 30 旋转（沿圆周方向）至少一对磁极的距离，以改变内圈永磁体 41 与外圈永磁体 31 的磁极对应关系，使同相位的内圈永磁体 41 与外圈永磁体 31 的磁极相一致或相反，并在相一致或相反两种状态之间进行变换和过渡。

列车在正常运行时，同相位的外圈永磁体 31 与内圈永磁体 41 的磁极相反，磁场通过极片 60 构成闭合回路，磁场不通过制动盘 10，因此制动盘 10 内就不会产生涡流，从而制动盘 10 上也就不会产生制动力。

列车制动过程中，利用动力驱动装置（如电机）旋转内圈永磁体 41，使同相位的外圈永磁体 31 与内圈永磁体 31 的磁极相一致，磁场穿过极片 60 在制动盘 10 内形成闭合回路，此时在制动盘 10 存在磁场，随着制动盘 10 的旋转会产生涡流，进而产生制动力，即此时的制动力为 100%。

在图 3、图 4 所示的状态下，的制动力为 0%，在图 5、图 6 所示的状态下，制动力为 100%，内圈永磁体 41 连续转动，在理论上制动力可连续增减，实现无极调节，也就是说，制动力可以在 0%~100% 进行调节。

5 请继续参考图 7，图 7 为本发明实施例所提供的一种盘形永磁涡流制动装置的结构示意图。

在一种具体实施例中，本发明所提供的盘形永磁涡流制动装置，主要由制动盘 10、车轴 70、以及永磁涡流制动装置等部分组成，制动盘 10 安装于车轴 70，永磁涡流制动装置位于制动盘 10 的一侧，其中，永磁涡流制动装置设有外圈永磁组件 30 和内圈永磁组件 40。

10 外圈永磁组件 30 和内圈永磁组件 40 安装在支撑箱体 80 内，支撑箱体 80 与构架通过连杆相连接，并通过轴承 90 与车轴 70 转动配合，使支撑箱体 80 在车辆运行时保持相对静止。

具体地，外圈永磁组件 30 和内圈永磁组件 40 通过两道平行的第一安装盘 110 和第二安装盘 120 安装在支撑箱体 80 的内部，第一安装盘 110 15 和第二安装盘 120 上设有外圈固定座 32，外圈永磁组件 30 的外圈永磁体 31 和外圈磁轭 33 和放置于外圈固定座 32 的内部，内圈永磁组件 40 的内圈永磁体 41 和内圈磁轭 43 位于内圈转盘 42 的插槽内，内圈转盘 42 能够相对于第一安装盘 110 和第二安装盘 120 旋转。

内圈转盘 42 具有类似于外圈固定座 32 的截面形状，不同之处在于，20 外圈固定座 32 为若干周向分布的单独个体，而内圈转盘 42 可以是周向转动的整体式构件。

外圈永磁体 31 和内圈永磁体 41 的磁极均垂直于制动盘 10 的盘面，可选用具有高磁能积、高矫顽力等特性的 Nd-Fe-B 的稀土永磁体，可以不通过电流励磁而持续产生较强的磁场。

25 外圈永磁体 31 和内圈永磁体 41 朝向制动盘的一端分别设有外圈磁轭 33 和内圈磁轭 43，外圈磁轭 33 和内圈磁轭 43 本身不产生磁场，在磁路中只起磁力线传输和约束的作用，防止磁力线向外散放，使磁力线束集中，以提高该机构的效率。

在本实施例中，外圈永磁体 31 和外圈磁轭 33 共十二组，放置在十二30 个外圈固定座 32 内，沿圆周方向每 30° 均匀排布，外圈固定座 32 通过第

一安装盘 110 和第二安装盘 120 固定在支撑箱体 80 的内部。内圈永磁体 41 和内圈磁轭 43 共十二组，放置在内圈转盘 42 的十二个插槽内，沿圆周方向每 30° 均匀排布。

当然，内圈永磁体 41 和内圈磁轭 42 也可以通过另外单独设置的第三安装盘和第四安装盘安装在支撑箱体 80 的内部。

极片 60 对应于外圈永磁体 31 和内圈永磁体 41，其相位与外圈永磁体 31 相同，共十二组，沿圆周方向每 30° 均匀排布，极片 60 固定在支撑箱体 80 邻近制动盘 10 的一侧，与制动盘 10 之间保持较小的间隙，极片 60 可采用导磁性能良好的材料制成，以较好的传递磁力线。

外圈永磁体 31 和内圈永磁体 41 在远离制动盘 10 的一端分别设有预压缩的弹簧 50，以通过弹力使外圈永磁体 31 和内圈永磁体 41 与对应的磁轭和极片 60 保持充分接触，安装到位后，外圈磁轭 33 与外圈固定座 32 通过定位销 150 进行定位，使外圈磁轭 33 的位置保持固定。

支撑箱体 80 内部设有驱动电机 130，内圈转盘 42 设有齿圈，驱动电机通过齿轮 140 与齿圈啮合传动，以驱动内圈转盘 42 旋转，从而使内圈永磁体 41 的相位发生变化，实现对制动力进行控制的目的。

请一并参考图 8、图 9，图 8 为图 7 所示盘形永磁涡流制动装置处于制动状态时的磁极分布示意图；图 9 为图 7 所示盘形永磁涡流制动装置处于运动状态时的磁极分布示意图。

在制动状态下，电机 130 驱动内圈转盘 42 旋转，当同相位的内圈永磁体 41 和外圈永磁体 31 的磁极相一致时，磁场穿过极片 60 在制动盘 10 内通过形成闭合回路产生磁场，随着制动盘 10 的旋转，制动盘 10 内部会产生涡流，进而产生制动力。

在正常运行状态下，电机 130 再次驱动内圈转盘 42 旋转，使同相位的内圈永磁体 41 和外圈永磁体 31 的磁极相反，磁场穿过极片 60 形成闭合回路，磁场不通过制动盘 10，制动力减小为零。

上述实施例仅是本发明的优选方案，具体并不局限于此，在此基础上可根据实际需要作出具有针对性的调整，从而得到不同的实施方式。例如，外圈永磁组件 30 和内圈永磁组件 40 通过其他方式安装在支撑箱体 80 的内部，或者，通过其他方式驱动内圈转盘 42 旋转，等等。由于可能实现的方

式较多，这里就不再一一举例说明。

该盘形永磁涡流制动装置采用永磁铁、磁轭和极片的组合进行磁场的产生和传递，外圈永磁体 31 固定，内圈永磁体 41 使用电机 130 驱动进行旋转，从而控制制动力的开闭，永磁铁产生磁场，可避免励磁线圈的使用，
5 实现了制动装置的轻量化和小型化，而且，采用旋转型涡流制动方式，避免了线性涡流制动对轨道的影响，与空气制动相比，不会产生纵向冲击。

除了上述盘形永磁涡流制动装置，本发明还提供轨道车辆，其具有车体、构架和制动装置，其中，制动装置为上文所描述的盘形永磁涡流制动装置，关于轨道车辆的其余结构，请参考现有技术，本文不再赘述。

10 以上对本发明所提供的盘形永磁涡流制动装置进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

权 利 要 求

- 1、盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，包括车轴（70）、安装于车轴（70）的制动盘（10）以及位于所述制动盘（10）一侧的永磁涡流制动装置；所述永磁涡流制动装置包括外圈永磁组件（30）和内圈永磁组件（40），
- 5 所述外圈永磁组件（30）包括多组沿圆周方向均匀分布的外圈永磁体（31），所述外圈永磁体（31）的S极和N极依次交替排列，所述内圈永磁组件（40）包括多组沿圆周方向均匀分布的内圈永磁体（41），所述内圈永磁体（41）的S极和N极依次交替排列；所述内圈永磁组件（40）能够相对于所述外圈永磁组件（30）旋转，以通过改变所述内圈永磁体（41）的相位控制制
- 10 动力。
- 2、根据权利要求1所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述外圈永磁体（31）和内圈永磁体（41）的磁极均垂直于所述制动盘（10）的盘面。
- 3、根据权利要求2所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述
- 15 外圈永磁体（31）和内圈永磁体（41）朝向所述制动盘（10）的一端分别设有磁轭。
- 4、根据权利要求3所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，进一步包括对应于所述外圈永磁体（31）和内圈永磁体（41）的极片（60），所述极片（60）与所述外圈永磁体（31）的相位相同。
- 20 5、根据权利要求4所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述外圈永磁体（31）和内圈永磁体（41）远离所述制动盘（10）的一端设有弹簧（50），以通过弹力使所述外圈永磁体（31）和内圈永磁体（41）与对应的磁轭和极片（60）保持充分接触。
- 6、根据权利要求5所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述
- 25 外圈永磁组件（30）和内圈永磁组件（40）安装在支撑箱体（80）的内部，所述支撑箱体（80）与构架通过连杆相连接，并通过轴承（90）与所述车轴（70）转动配合。
- 7、根据权利要求6所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述外圈永磁组件（30）和内圈永磁组件（40）通过两道平行的安装盘安装在
- 30 所述支撑箱体（80）的内部，所述安装盘上设有若干外圈固定座（32），所

述外圈永磁体（31）和磁轭和位于所述外圈固定座（32）的内部，所述内圈永磁体（41）和磁轭位于内圈转盘（42）的插槽内，所述内圈转盘（42）能够相对于安装盘旋转。

8、根据权利要求7所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述
5 极片（60）固定在所述支撑箱体（80）邻近所述制动盘（10）的一侧。

9、根据权利要求7或8所述的盘形永磁涡流制动装置，其特征在于，所述支撑箱体（80）内部设有驱动电机（130），所述内圈转盘（42）设有齿圈，所述驱动电机（130）通过齿轮（140）与所述齿圈啮合传动，以驱动所述内圈转盘（42）旋转。

10 10、轨道车辆，包括车体、构架和制动装置，其特征在于，所述制动装置为上述权利要求1至9中任一项所述的盘形永磁涡流制动装置。