

(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
2020 年 10 月 8 日 (08.10.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/199497 A1

(51) 国际专利分类号:
G01M 13/04 (2019.01) **G01M 13/045** (2019.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/104309

(22) 国际申请日: 2019 年 9 月 4 日 (04.09.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910257598.5 2019 年 4 月 1 日 (01.04.2019) CN

(71) 申请人: 中车青岛四方机车车辆股份有限公司(CRRC QINGDAO SIFANG CO., LTD.) [CN/CN]; 中国山东省青岛市城阳区锦宏东路 88 号, Shandong 266111 (CN)。

(72) 发明人: 侯建文(HOU, Jianwen); 中国山东省青岛市城阳区锦宏东路 88 号, Shandong 266111 (CN)。董晓红(DONG, Xiaohong); 中国山东省青岛市城阳区锦宏东路 88 号, Shandong 266111 (CN)。张

月军(ZHANG, Yuejun); 中国山东省青岛市城阳区锦宏东路 88 号, Shandong 266111 (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)。

(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, 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,

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING SERVICE LIFE OF BEARING

(54) 发明名称: 一种确定轴承寿命方法和装置

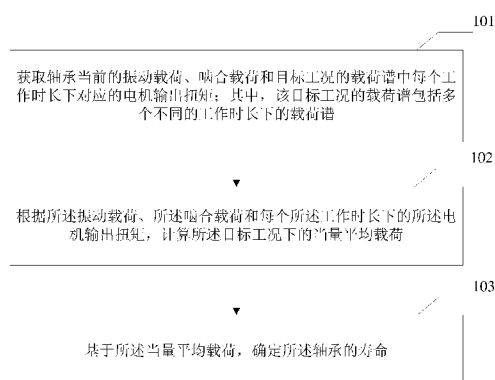


图 1

- 101 Acquire the current vibration load and mesh load of a bearing and the electric motor output torques corresponding to each work duration in the load spectrum of a target work condition, where the load spectrum of the target work condition comprises the load spectrum under multiple different work durations
- 102 Calculate the equivalent average load under the target work condition on the basis of the vibration load, of the mesh load, and of the electric motor output torques under each of the work durations
- 103 Determine the service life of the bearing on the basis of the equivalent average load

(57) Abstract: A method and apparatus for determining the service life of a bearing. By means of the load spectrum of electric motor output torques under various work conditions comprising different work durations, with respect to a target work condition, utilizing the electric motor output torque corresponding to each work duration, combined with the current vibration load and mesh load of a bearing, the equivalent average load under the target work condition is calculated; thus, the service life of the bearing is determined on the basis of the equivalent average load. As such, because the electric motor output torques of different work durations under each work condition are introduced, not only is the vibration load brought forth by random wheel-rail irregularities taken into consideration for the equivalent average load acquired, but the feature of a variable torque load transmitted by the electric motor is also implemented, the calculated service life of the bearing is of increased accuracy, thereby allowing an improved determination to be made on an operating state of a transmission system, thus increasing the operational reliability of the transmission system.

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))。

(57) 摘要：一种确定轴承寿命的方法和装置，通过各个工况下包括多个不同的工作时长下电机输出扭矩的载荷谱，针对目标工况，利用每个工作时长对应的电机输出扭矩，结合轴承当前的振动载荷、啮合载荷，计算该目标工况下的当量平均载荷；从而基于当量平均载荷，确定轴承的寿命。这样，由于引入每个工况下不同工作时长下的电机输出扭矩，使得获得的当量平均载荷不仅考虑了轮轨随机不平顺等带来的振动载荷，还体现了电机传来的变扭矩载荷这一特征，从而使计算出的轴承寿命更加准确，以便更好地确定出该传动系统的运行状况，从而提高了传动系统运行的可靠性。

一种确定轴承寿命方法和装置

本申请要求于 2019 年 4 月 1 日提交中国国家知识产权局、申请号为 201910257598.5、发明名称为“一种确定轴承寿命方法和装置”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

本发明涉及轴承技术领域，特别是涉及一种确定轴承寿命方法和装置。

背景技术

10 轴承，作为机械设备中传动系统的一种重要零部件，主要用于支撑机械旋转体，降低机械旋转体在运动过程中的摩擦系数，并保证该机械旋转体的回转精度。对于整个传动系统，甚至整个机械设备（例如：轨道交通列车），轴承的寿命长短关系着整个传动系统和机械设备的使用效率和运行可靠性，所以，如果可以准确的确定轴承的寿命，将有利于对传动系统和机械设备的使用状况进行有效的评估。需要说明的是，轴
15 承寿命可以是指轴承内外套圈或滚动体首次出现疲劳扩展时的累计运转时间。

但是，对于传动系统中轴承，目前，其寿命的计算都比较笼统，计算出的寿命值与轴承的实际寿命存在一定的偏差，导致对包括该轴承的传动系统的运行状况的判断不够准确。例如：对于一些特殊的传动系统，如：转向架齿轮箱的轴承，由于其特殊的服役特点——既要承受电机传来的变扭矩载荷，又要承受轮轨随机不平顺等带来的
20 振动载荷，因此，准确计算转向架齿轮箱中轴承的寿命十分困难。

发明内容

为了解决上述技术问题，本发明提供了一种确定轴承寿命的方法和装置，以使得即使对于工况复杂的一些特殊传动系统中的轴承，也能够准确的确定出该轴承的寿命，从而能够更好的确定出该传动系统的运行状况，提高了传动系统运行的可靠性。
25

本发明可应用于轨道交通几乎所有电传动牵引列车（如：动车组、城际列车、市域车）的转向架齿轮箱轴承疲劳寿命的精确计算，同时也适用于牵引电机轴承寿命的计算，对动车轮对轴箱轴承寿命的计算也有很大的适用性。

第一方面，提供了一种确定轴承寿命的方法，包括：

30 获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩；所述目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱；

根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷；

基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。

35 可选地，所述根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷，包括：

针对所述目标工况载荷谱上的每个工作时长，根据所述振动载荷、所述啮合载荷和该

工作时长下的所述电机输出扭矩，计算该工作时长下的当量动载荷；

基于所述目标工况下每个工作时长下的所述当量动载荷、工作时长和该工作时长下的电机转速，计算所述目标工况下的所述当量平均载荷。

可选地，所述目标工况包括下述工况下的至少一种：空车载客左行工况、空车载客右行工况、额定载客左行工况、额定载客右行工况、超员载客左行工况和超员载客右行工况。

可选地，该方法还包括：

若为空车载客，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长；

基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第一右行寿命和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一轴承寿命；

若为额定载客，则，获取所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长；

基于所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第二右行寿命和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第二轴承寿命；

若为超员载客，则，获取所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长、所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

基于所述第三左行寿命、所述第三左行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第三轴承寿命。

可选地，该方法还包括：

若为左行，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、以及所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长；

基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第三左行寿命和所述第三左行时长，计算所述左行的第四轴承寿命；

若为右行，则，获取所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长、以及所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

基于所述第一右行寿命、所述第一右行时长、所述第二右行寿命、所述第二右行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述右行的第五轴承寿命。

可选地，该方法还包括：

基于所述空车载客对应的所述第一左行时长和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一总时长；基于所述额定载客对应的所述第二左行时长和所述第二右行时长，计算所述额定载客的总时长；基于所述超员载客对应的所述第三左行时长和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第三总时长；

基于所述第一总时长、所述第二总时长、所述第三总时长、所述第一轴承寿命、所述第二轴承寿命和所述第三轴承寿命，确定所述轴承的全工况寿命。

第二方面，还提供了一种确定轴承寿命的装置，包括：

第一获取单元，用于获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩；所述目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱；

第一计算单元，用于根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷；

第一确定单元，用于基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。

可选地，所述第一计算单元，包括：

第一计算子单元，用于针对所述目标工况载荷谱上的每个工作时长，根据所述振动载荷、所述啮合载荷和该工作时长下的所述电机输出扭矩，计算该工作时长下的当量动载荷；

第二计算子单元，用于基于所述目标工况下每个工作时长下的所述当量动载荷、工作时长和该工作时长下的电机转速，计算所述目标工况下的所述当量平均载荷。

可选地，所述目标工况包括下述工况下的至少一种：空车载客左行工况、空车载客右行工况、额定载客左行工况、额定载客右行工况、超员载客左行工况和超员载客右行工况。

可选地，该装置还包括：

第二获取单元，用于若为空车载客，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长；

第二计算单元，用于基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第一右行寿命和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一轴承寿命；

第三获取单元，用于若为额定载客，则，获取所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长；

第三计算单元，用于基于所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第二右行寿命和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第三轴承寿命；

第四获取单元，用于若为超员载客，则，获取所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长、所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

第四计算单元，用于基于所述第三左行寿命、所述第三左行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第四轴承寿命。

可选地，该装置还包括：

第五获取单元，用于若为左行，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、以及所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长；

第五计算单元，用于基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第三左行寿命和所述第三左行时长，计算所述左行的第五轴承寿命；

第六获取单元，用于若为右行，则，获取所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长、以及所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

第六计算单元，用于基于所述第一右行寿命、所述第一右行时长、所述第二右行寿命、所述第二右行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述右行的第六轴承寿命。

命。

可选地，该装置还包括：

第七计算单元，用于基于所述空车载客对应的所述第一左行时长和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一总时长；基于所述额定载客对应的所述第二左行时长和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第三总时长；基于所述超员载客对应的所述第三左行时长和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第三总时长；

第二确定单元，用于基于所述第一总时长、所述第二总时长、所述第三总时长、所述第一轴承寿命、所述第二轴承寿命和所述第三轴承寿命，确定所述轴承的全工况寿命。

在本发明实施例中，通过各个工况下包括多个不同的工作时长下电机输出扭矩的载荷谱，针对目标工况，利用每个工作时长对应的电机输出扭矩，结合轴承当前的振动载荷、啮合载荷，计算该目标工况下的当量平均载荷；从而基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。这样，由于引入每个工况下不同工作时长下的电机输出扭矩，使得获得的当量平均载荷不仅考虑了轮轨随机不平顺等带来的振动载荷，还体现了电机传来的变扭矩载荷这一特征，从而使计算出的轴承寿命更加准确，以便更好的确定出该传动系统的运行状况，从而提高了传动系统运行的可靠性。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明实施例中一种确定轴承寿命的方法的流程示意图；

图 2 为本发明实施例中步骤 102 的一示例的流程示意图；

图 3 为本发明实施例中一种确定轴承寿命的装置的结构示意图。

具体实施方式

目前，轨道交通工具包括：火车、地铁、有轨电车等，给人们的出行带来了极大的便利。其中，转向架作为轨道交通工具的重要结果之一，其上齿轮箱中轴承的寿命，直接决定整个传动系统乃至整个轨道交通工具的使用效率和运用可靠性。通常，轴承寿命是指轴承寿命可以是指轴承内外套圈或滚动体首次出现疲劳扩展时的累计运转时间。可以理解的是，轴承寿命一般与其承受的当量动载荷之间呈指数关系，那么，要想准确计算轴承寿命，需要尽可能精确的计算轴承所承受的当量动载荷。

但是，经过发明人的研究发现，转向架齿轮箱由于其特殊的工作状况，即，既要承受电机传来的变扭矩载荷，又要承受轮轨随机不平顺等带来的振动载荷，因此，准确计算齿轮箱轴承所承受的当量动载荷是比较困难的。一些实现方式中，面对各种工况，均采用一个通过固定不变的电机输出扭矩值，计算齿轮箱轴承承受的当量动载荷，这样，由于没有考虑不同工况下电机输出扭矩的差异，导致计算出的轴承的当量动载荷不够准确的，从而

造成计算出的轴承寿命也不准确。

基于此，在本发明实施例中，由于列车牵引供货商在施工设计时，综合考虑列车按照实际站间距运行时的牵引、制动、网压波动、机械部件传动效率、左右行等因素仿真计算牵引系统的性能，并计算出牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱，利用列车牵引供货商提供的该牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱，结合轴承承受不稳定变应力时的疲劳损伤累计理论，可以较为精确的计算轴承寿命。具体的计算方式可以包括：获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩；所述目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱；根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷；基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。

可见，本发明实施例中确定的轴承寿命，由于引入每个工况下不同工作时长下的电机输出扭矩，使得获得的当量平均载荷不仅考虑了轮轨随机不平顺等带来的振动载荷，还体现了电机传来的变扭矩载荷这一特征，从而使计算出的轴承寿命更加准确，以便更好的确定出该传动系统的运行状况，从而提高了传动系统运行的可靠性。

下面结合附图，通过实施例来详细说明本发明实施例中确定轴承寿命的方法的具体实现方式。

图1示出了本发明实施例提供的确定轴承寿命的方法的流程示意图。参见图1，本发明实施例具体可以包括：

步骤101，获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩；其中，该目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱。

可以理解的是，列车的目标工况可以包括下述工况下的至少一种：空车载客左行工况、空车载客右行工况、额定载客左行工况、额定载客右行工况、超员载客左行工况和超员载客右行工况。

列车牵引供货商会针对各种工况，分别提供对应的牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱，例如：具体的牵引电机的载荷谱的形式如下表1所示：

其中，表1中的每一行是该工况下一个工作时长对应的相关参数，具体包括该工况的该工作时长下的车速、锁动力（Loco effort）、每个电机的锁动力（Loco effort per motor）、电机转速和电机输出扭矩。

具体实现时，可以通过读取如表1所示的载荷谱，获得目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩。

可以理解的是，对于轴承当前的振动载荷，可以通过实测当前轴承的振动加速度，然后根据该轴承的质量、重心以及当前的振动加速度，计算得到轴承当前的振动载荷。需要说明的是，轴承当前的振动载荷可以参考国际电工委员会制订的IEC61373：“铁路应用-机车车辆设备-冲击和振动试验”标准。

可以理解的是，对于啮合载荷，根据齿轮箱的设计确定，具体可以根据扭矩、传动比以及其他的几何参数，共同计算出齿轮箱中齿轮副的啮合载荷。

按照步骤 101 获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩，为后续准确的确定目标工况下的当量平均载荷以及轴承的寿命提供了数据基础。

5 表 1 某工况下牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱

序号	仿真时间 步长	车速	Loco effort	Loco effort per motor	电机转速	电机输出 扭矩
	[s]	[km/h]	[kN]	[kN]	[RPM]	[N/m]
1	0	0	410	17.08333	0	1364.042
2	1	3.9153	410	17.08333	130.1365	1364.042
3	2	7.8298	410	17.08333	260.2463	1364.042
4	3	11.7434	410	17.08333	390.3263	1364.042
5	4	15.6558	410	17.08333	520.3663	1364.042
6	5	19.5668	410	17.08333	650.3599	1364.042
7	6	23.4762	410	17.08333	780.3002	1364.042
8	7	27.3839	410	17.08333	910.1841	1364.042
9	8	31.2896	410	17.08333	1040.001	1364.042
10	9	35.1931	410	17.08333	1169.746	1364.042
11	10	39.0942	410	17.08333	1299.41	1364.042
12	11	42.9928	410	17.08333	1428.992	1364.042
13	12	46.8886	410	17.08333	1558.48	1364.042
14	13	50.7815	410	17.08333	1687.872	1364.042
15	14	54.6712	410	17.08333	1817.157	1364.042
16	15	58.5575	401	16.70833	1946.33	1334.1
17	16	62.3533	379.7	15.82083	2072.494	1263.236
18	17	65.94	359.5	14.97917	2191.709	1196.032
19	18	69.3291	340.5	14.1875	2304.356	1132.82
20	19	72.5313	323.5	13.47917	2410.79	1076.263
21	20	75.5662	312	13	2511.664	1038.003
22	21	78.4867	300.9	12.5375	2608.735	1001.074

步骤 102，根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷。

10 可以理解的是，当量动载荷是指：轴承在同时承受径向和轴向的联合载荷时，将实际载荷转换为与确定的基本额定动载荷的载荷条件相一致的当量动载荷。也就是说，利用当量动载荷计算出的轴承寿命，具有相同的衡量标准，可以在相同条件下进行比较。

具体实现时，步骤 102 的实现具体参见图 2 所示的实现方式，可以包括：

步骤 201，针对所述目标工况载荷谱上的每个工作时长，根据所述振动载荷、所述啮合载荷和该工作时长下的所述电机输出扭矩，计算该工作时长下的当量动载荷。

15 可以理解的是，针对目标公开载荷谱上的每个工作时长，振动载荷、所述啮合载荷和该工作时长下的所述电机输出扭矩，可以按照预设的计算公式计算出该工作时长下的当量动载荷。例如：针对表 1 对应的每一行，均根据振动载荷、所述啮合载荷和该行中的电机输出扭矩，计算出该行对应的当量动载荷。

具体实现时，如果该工况下提供了 N (N 为正整数) 个工作时长的载荷谱，那么，可以针对这 N 个工作时长，根据每个工作时长对应的电机输出扭矩，计算出对应的 N 个当量动载荷 F_i ($i=1,2, \dots, N$)。

“根据所述振动载荷、所述啮合载荷和所述电机输出扭矩，计算当量动载荷”的计算公式，可以是技术人员根据理论和经验积累，预先进行设置，只要可以计算出较为合理的当量动载荷均可以作为该计算公式，在本实施例中不作具体限定。

步骤 202，基于所述目标工况下每个工作时长下的所述当量动载荷、工作时长和该工作时长下的电机转速，计算所述目标工况下的所述当量平均载荷。

可以理解的是，对于同一目标工况，可以针对该目标工况下每个工作时长对应的当前当量动载荷 F_i ，计算出该目标工况下的当量平均载荷 F_m 。

作为一个示例，步骤 202 具体可以根据下述公式 (1) 计算目标工况下的当量平均载荷：

$$F_m = \left[\frac{\sum (F_i^\varepsilon \times n_i \times u_i)}{\sum (n_i \times u_i)} \right]^{1/\varepsilon} \quad \dots\dots \text{公式 (1)}$$

其中， u_i 为第 i 个工作时长对应的工作时长，单位可以是：秒； F_i 为第 i 个工作时长下根据步骤 201 计算出的当量动载荷，单位可以是：牛； n_i 为该第 i 个工作时长下的电机转速，单位可以是：转/分钟； ε 为轴承寿命指数，为常数； F_m 为目标工况下的当量平均载荷。

可以理解的是，由于计算当量平均载荷引入了牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱中的各个工作时长下的具体数据，如：电机输出扭矩、工作时长以及电机转速，利用了疲劳累积理论，可以使得计算出的当量平均载荷更加准确的体现轴承的状况，从而为后续准确的确定轴承的寿命提供了数据基础。

步骤 103，基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。

具体实现时，可以利用下述公式 (2) 计算轴承寿命：

$$L_{10m} = \left(\frac{C}{F_m} \right)^\varepsilon \quad \dots\dots \text{公式 (2)}$$

其中，C 为轴承的额定载荷，为常数； ε 为轴承寿命指数，为常数； F_m 为目标工况下的当量平均载荷； L_{10m} 为该目标工况下的轴承寿命。

可见，在本发明实施例中，通过各个工况下包括多个不同的工作时长下电机输出扭矩的载荷谱，针对目标工况，利用每个工作时长对应的电机输出扭矩，结合轴承当前的振动载荷、啮合载荷，计算该目标工况下的当量平均载荷；从而基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。这样，由于引入每个工况下不同工作时长的电机输出扭矩，使得获得的当量平均载荷不仅考虑了轮轨随机不平顺等带来的振动载荷，还体现了电机传来的变扭矩载荷这一特征，从而使计算出的轴承寿命更加准确，以便更好的确定出该传动系统的运行

状况，从而提高了传动系统运行的可靠性。

另外，对于不同的目标工况，均可以采用上述实现方式准确的计算出对应的轴承寿命。下面对不同的目标工况、目标工况的组合以及全工况下，确定轴承寿命的方式进行分别的介绍：

情况一：

对于列车空车载客的情况，计算空车载客情况对应的第一轴承寿命的方式具体可以包括：

S11，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长；

S12，基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第一右行寿命和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一轴承寿命。

作为一个示例，将空车载客左行工况作为目标工况，根据图 1 对应的实施例，可以计算出轴承寿命，记作第一左行寿命；同理，将空车载客右行工况作为目标工况，根据图 1 对应的实施例，可以计算出轴承寿命，记作第一右行寿命。而且，可以根据各目标工况对应的牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱，查看空车载客左行工况对应的载荷谱的最大工作时长，确定为第一左行时长，同理，也可查看空车载客右行工况对应的载荷谱的最大工作时长，确定为第一右行时长。接着，可以利用预设的计算公式，计算该空车载客（包括空车载客左行和空车载客右行）工况下的第一轴承寿命，例如：可以根据下述公式（3）计算第一轴承寿命：

$$L_{10_1} = 1 / \left(\frac{a}{L_{10ma}} + \frac{b}{L_{10mb}} \right) \quad \dots\dots \text{公式 (3)}$$

其中，a 为第一左行时长，b 为第一右行时长， L_{10ma} 为第一左行寿命， L_{10mb} 为第一右行寿命， L_{10_1} 为空车载客下第一轴承寿命。

情况二：

对于列车额定载客的情况，计算额定载客情况对应的第二轴承寿命的方式具体可以包括：

S21，获取所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长；

S22, 基于所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第二右行寿命和所述第二右行时长, 计算所述额定载客的所述第二轴承寿命。

相关描述可以参见对于空车载情况的相关介绍。

例如: 可以根据下述公式(4)计算第二轴承寿命:

$$L_{10_2} = \frac{1}{\left(\frac{c}{L_{10mc}} + \frac{d}{L_{10md}} \right)} \quad \dots\dots \text{公式(4)}$$

其中, c 为第二左行时长, d 为第二右行时长, L_{10mc} 为第二左行寿命, L_{10md} 为第二右行寿命, L_{10_2} 为额定载客下第二轴承寿命。

情况三:

10 对于列车超员载客的情况, 计算超员载客情况对应的第三轴承寿命的方式具体可以包括:

S31, 获取所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长、所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长;

S32, 基于所述第三左行寿命、所述第三左行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长, 计算所述超员载客的第三轴承寿命。

15 相关描述可以参见对于空车载情况的相关介绍。

例如: 可以根据下述公式(5)计算第三轴承寿命:

$$L_{10_3} = \frac{1}{\left(\frac{e}{L_{10me}} + \frac{f}{L_{10mf}} \right)} \quad \dots\dots \text{公式(5)}$$

其中, e 为第三左行时长, f 为第三右行时长, L_{10me} 为第三左行寿命, L_{10mf} 为第三右行寿命, L_{10_3} 为额定载客下第三轴承寿命。

20 需要说明的是, 上述 L_{10ma} 、 L_{10mb} 、 L_{10mc} 、 L_{10md} 、 L_{10me} 和 L_{10mf} 均可以根据上述图 1 对应的实施例, 将对应的工况作为目标工况, 计算得到的。

情况四:

对于列车左行的情况, 计算左行情况对应的第四轴承寿命的方式具体可以包括:

S41, 获取所述空车左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述额定载客

左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、以及所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长；

S42，基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第三左行寿命和所述第三左行时长，计算所述左行的第四轴承寿命。

- 5 作为一个示例，将空车载客左行工况作为目标工况，根据图 1 对应的实施例，可以计算出轴承寿命，记作第一左行寿命；同理，将额定载客左行工况作为目标工况，根据图 1 对应的实施例，可以计算出轴承寿命，记作第二左行寿命；将超员载客左行工况作为目标工况，根据图 1 对应的实施例，可以计算出轴承寿命，记作第三左行寿命。而且，可以根据各目标工况对应的牵引电机的“扭矩-时间-转速”载荷谱，查看空车载客左行工况对应的
- 10 载荷谱的最大工作时长，确定为第一左行时长，同理，也可查看额定载客左行工况对应的载荷谱的最大工作时长，确定为第二左行时长；查看超员载客左行工况对应的载荷谱的最大工作时长，确定为第三左行时长。接着，可以利用预设的计算公式，计算该空车载客（包括空车载客左行和空车载客右行）工况下的第一轴承寿命，例如：可以根据下述公式（6）计算第四轴承寿命：

$$15 \quad L_{10_4} = \frac{1}{\left(\frac{a}{L_{10ma}} + \frac{c}{L_{10mc}} + \frac{e}{L_{10me}} \right)} \quad \dots\dots \text{公式 (6)}$$

其中，a 为第一左行时长，c 为第二左行时长，e 为第三左行时长， L_{10ma} 为第一左行寿命， L_{10mc} 为第二左行寿命， L_{10me} 为第三左行寿命， L_{10_4} 为左行下第四轴承寿命。

情况五：

对于列车右行的情况，计算右行情况对应的第五轴承寿命的方式具体可以包括：

- 20 S51，获取所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长、以及所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

S52，基于所述第一右行寿命、所述第一右行时长、所述第二右行寿命、所述第二右行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述右行的第五轴承寿命。

- 25 相关描述可以参见对于空车载情况的相关介绍。

例如：可以根据下述公式（7）计算第五轴承寿命：

$$L_{10s} = 1 / \left(\frac{b}{L_{10mb}} + \frac{d}{L_{10md}} + \frac{f}{L_{10mf}} \right) \quad \dots\dots \text{公式 (7)}$$

其中, b 为第一右行时长, d 为第二右行时长, f 为第三右行时长, L_{10mb} 为第一右行寿命, L_{10md} 为第二右行寿命, L_{10mf} 为第三右行寿命, L_{10s} 为右行下第五轴承寿命。

情况六:

- 5 对于列车的全工况, 计算全工况下的轴承全工况寿命, 具体可以包括下述两者实现方式。实现方式一可以具体包括:

S611, 基于所述空车载客对应的所述第一左行时长和所述第一右行时长, 计算所述空车载客的第一总时长; 基于所述额定载客对应的所述第二左行时长和所述第二右行时长, 计算所述额定载客的第三总时长; 基于所述超员载客对应的所述第三左行时长和所述第三右行时长, 计算所述超员载客的第三总时长;

S612, 基于所述第一总时长、所述第二总时长、所述第三总时长、所述第一轴承寿命、所述第二轴承寿命和所述第三轴承寿命, 确定所述轴承的全工况寿命。

例如: 可以根据下述公式 (8) 计算全工况轴承寿命:

$$L_{10} = 1 / \left(\frac{o}{L_{10_1}} + \frac{p}{L_{10_2}} + \frac{q}{L_{10_3}} \right) \quad \dots\dots \text{公式 (8)}$$

- 15 其中, o 为第一左行时长 a 和第一右行时长 b 的和 (即, 第一总时长), p 为第二左行时长 c 和第二右行时长 d 的和 (即, 第二总时长), q 为第三左行时长 e 和第三右行时长 f 的和 (即, 第三总时长), L_{10} 为全工况轴承寿命。

实现方式二可以具体包括:

- 20 S621, 基于所述左行对应的所述第一左行时长、所述第二左行时长和所述第三左行时长, 计算所述左行的第四总时长; 基于所述右行对应的所述第一右行时长、所述第二右行时长和所述第三右行时长, 计算所述右行的第五总时长;

S622, 基于所述第四总时长、所述第五总时长、所述第一轴承寿命、所述第四轴承寿命和所述第五轴承寿命, 确定所述轴承的全工况寿命。

例如: 可以根据下述公式 (9) 计算全工况轴承寿命:

25
$$L_{10} = 1 / \left(\frac{k}{L_{10_4}} + \frac{k}{L_{10_5}} \right) \quad \dots\dots \text{公式 (9)}$$

其中, h 为第一左行时长 a 、第二左行时长 c 和第三左行时长 e 的和 (即, 第四总时长), k 为第一右行时长 b 、第二右行时长 d 和第三右行时长 f 的和 (即, 第五总时长), L_{10mb} 为第一右行寿命, L_{10} 为全工况轴承寿命。

需要说明的是, 对于同一列车上的同一转向架齿轮箱中的一个轴承, 根据上述 S611~S612 计算出的全工况轴承寿命, 和根据上述 S621~S622 计算出的全工况轴承寿命是一致的。

这样, 由于引入每个工况下不同工作时长 5 的电机输出扭矩, 使得获得的当量平均载荷不仅考虑了轮轨随机不平顺等带来的振动载荷, 还体现了电机传来的变扭矩载荷这一特征, 从而使计算出的轴承寿命更加准确, 以便更好的确定出该传动系统的运行状况, 从而提高了传动系统运行的可靠性。

此外, 本发明实施例还提供了一种确定轴承寿命的装置, 参见图 3 示出的一种确定轴承寿命的装置的结构示意图, 该装置包括:

第一获取单元 301, 用于获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩; 所述目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱;

第一计算单元 302, 用于根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩, 计算所述目标工况下的当量平均载荷;

第一确定单元 303, 用于基于所述当量平均载荷, 确定所述轴承的寿命。

可选地, 所述第一计算单元 302, 包括:

第一计算子单元, 用于针对所述目标工况载荷谱上的每个工作时长, 根据所述振动载荷、所述啮合载荷和该工作时长下的所述电机输出扭矩, 计算该工作时长下的当量动载荷;

第二计算子单元, 用于基于所述目标工况下每个工作时长下的所述当量动载荷、工作时长和该工作时长下的电机转速, 计算所述目标工况下的所述当量平均载荷。

可选地, 所述目标工况包括下述工况下的至少一种: 空车载客左行工况、空车载客右行工况、额定载客左行工况、额定载客右行工况、超员载客左行工况和超员载客右行工况。

可选地, 该装置还包括:

第二获取单元, 用于若为空车载客, 则, 获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长;

第二计算单元, 用于基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第一右行寿命

和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一轴承寿命；

第三获取单元，用于若为额定载客，则，获取所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长；

5 第三计算单元，用于基于所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第二右行寿命和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第三轴承寿命；

第四获取单元，用于若为超员载客，则，获取所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长、所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

第四计算单元，用于基于所述第三左行寿命、所述第三左行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第三轴承寿命。

10 可选地，该装置还包括：

第五获取单元，用于若为左行，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、以及所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长；

15 第五计算单元，用于基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第三左行寿命和所述第三左行时长，计算所述左行的第四轴承寿命；

第六获取单元，用于若为右行，则，获取所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长、以及所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

20 第六计算单元，用于基于所述第一右行寿命、所述第一右行时长、所述第二右行寿命、所述第二右行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述右行的第五轴承寿命。

可选地，该装置还包括：

25 第七计算单元，用于基于所述空车载客对应的所述第一左行时长和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一总时长；基于所述额定载客对应的所述第二左行时长和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第三总时长；基于所述超员载客对应的所述第三左行时长和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第三总时长；

第二确定单元，用于基于所述第一总时长、所述第二总时长、所述第三总时长、所述第一轴承寿命、所述第二轴承寿命和所述第三轴承寿命，确定所述轴承的全工况寿命。

30 需要说明的是，上述描述为一种确定轴承寿命的装置的相关描述，其中，具体实现方

式以及达到的效果，可以参见上述确定轴承寿命的方法实施例的描述，这里不再赘述。

本发明实施例中提到的“第一左行时长”、“第一左行寿命”等名称中的“第一”只是用来做名字标识，并不代表顺序上的第一。该规则同样适用于“第二”等。

- 5 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通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解，本发明的技术方案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，如只读存储器（英文：read-only memory，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，或者诸如路由器等网络通信设备）
- 10 执行本发明各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

- 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于装置实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述得比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，其中作为分离部件说明的模
- 15 块可以是或者也可以不是物理上分开的，作为模块显示的部件可以是或者也可以不是物理模块，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下，即可以理解并实施。

20

25

30

权 利 要 求

1、一种确定轴承寿命的方法，其特征在于，包括：

获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩；所述目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱；

5 根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷；

基于所述当量平均载荷，确定所述轴承的寿命。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩，计算所述目标工况下的当量平均载荷，包括：

10 针对所述目标工况载荷谱上的每个工作时长，根据所述振动载荷、所述啮合载荷和该工作时长下的所述电机输出扭矩，计算该工作时长下的当量动载荷；

基于所述目标工况下每个工作时长下的所述当量动载荷、工作时长和该工作时长下的电机转速，计算所述目标工况下的所述当量平均载荷。

3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述目标工况包括下述工况下的至少一种：空车载客左行工况、空车载客右行工况、额定载客左行工况、额定载客右行工况、超员载客左行工况和超员载客右行工况。

4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，还包括：

若为空车载客，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长；

20 基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第一右行寿命和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一轴承寿命；

若为额定载客，则，获取所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长；

25 基于所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第二右行寿命和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第三轴承寿命；

若为超员载客，则，获取所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长、所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

30 基于所述第三左行寿命、所述第三左行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述超员载客的第三轴承寿命。

5、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，还包括：

若为左行，则，获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、以及所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长；

35 基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第三左行寿命和所述第三左行时长，计算所述左行的第四轴承寿命；

若为右行，则，获取所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长、以及所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长；

40 基于所述第一右行寿命、所述第一右行时长、所述第二右行寿命、所述第二右行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长，计算所述右行的第五轴承寿命。

6、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，还包括：

基于所述空车载客对应的所述第一左行时长和所述第一右行时长，计算所述空车载客的第一总时长；基于所述额定载客对应的所述第二左行时长和所述第二右行时长，计算所述额定载客的第三总时长；基于所述超员载客对应的所述第三左行时长和所述第三右行时

长, 计算所述超员载客的第三总时长;

基于所述第一总时长、所述第二总时长、所述第三总时长、所述第一轴承寿命、所述第二轴承寿命和所述第三轴承寿命, 确定所述轴承的全工况寿命。

7、一种确定轴承寿命的装置, 其特征在于, 包括:

5 第一获取单元, 用于获取轴承当前的振动载荷、啮合载荷和目标工况的载荷谱中每个工作时长下对应的电机输出扭矩; 所述目标工况的载荷谱包括多个不同的工作时长下的载荷谱;

第一计算单元, 用于根据所述振动载荷、所述啮合载荷和每个所述工作时长下的所述电机输出扭矩, 计算所述目标工况下的当量平均载荷;

10 第一确定单元, 用于基于所述当量平均载荷, 确定所述轴承的寿命。

8、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述第一计算单元, 包括:

第一计算子单元, 用于针对所述目标工况载荷谱上的每个工作时长, 根据所述振动载荷、所述啮合载荷和该工作时长下的所述电机输出扭矩, 计算该工作时长下的当量动载荷;

15 第二计算子单元, 用于基于所述目标工况下每个工作时长下的所述当量动载荷、工作时长和该工作时长下的电机转速, 计算所述目标工况下的所述当量平均载荷。

9、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述目标工况包括下述工况下的至少一种: 空车载客左行工况、空车载客右行工况、额定载客左行工况、额定载客右行工况、超员载客左行工况和超员载客右行工况。

10、根据权利要求9所述的装置, 其特征在于, 还包括:

20 第二获取单元, 用于若为空车载客, 则, 获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长;

第二计算单元, 用于基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第一右行寿命和所述第一右行时长, 计算所述空车载客的第一轴承寿命;

25 第三获取单元, 用于若为额定载客, 则, 获取所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长;

第三计算单元, 用于基于所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第二右行寿命和所述第二右行时长, 计算所述额定载客的所述第二轴承寿命;

第四获取单元, 用于若为超员载客, 则, 获取所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长、所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长;

30 第四计算单元, 用于基于所述第三左行寿命、所述第三左行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长, 计算所述超员载客的第三轴承寿命。

11、根据权利要求9所述的装置, 其特征在于, 还包括:

35 第五获取单元, 用于若为左行, 则, 获取所述空车载客左行工况对应的第一左行寿命和第一左行时长、所述额定载客左行工况对应的第二左行寿命和第二左行时长、以及所述超员载客左行工况对应的第三左行寿命和第三左行时长;

第五计算单元, 用于基于所述第一左行寿命、所述第一左行时长、所述第二左行寿命、所述第二左行时长、所述第三左行寿命和所述第三左行时长, 计算所述左行的第四轴承寿命;

40 第六获取单元, 用于若为右行, 则, 获取所述空车载客右行工况对应的第一右行寿命和第一右行时长、所述额定载客右行工况对应的第二右行寿命和第二右行时长、以及所述超员载客右行工况对应的第三右行寿命和第三右行时长;

第六计算单元, 用于基于所述第一右行寿命、所述第一右行时长、所述第二右行寿命、所述第二右行时长、所述第三右行寿命和所述第三右行时长, 计算所述右行的第五轴承寿命。

12、根据权利要求 10 所述的装置，其特征在于，还包括：

5 第七计算单元，用于基于所述空车乘客对应的所述第一左行时长和所述第一右行时长，计算所述空车乘客的第一总时长；基于所述额定乘客对应的所述第二左行时长和所述第二右行时长，计算所述额定乘客的第二总时长；基于所述超员乘客对应的所述第三左行时长和所述第三右行时长，计算所述超员乘客的第三总时长；

第二确定单元，用于基于所述第一总时长、所述第二总时长、所述第三总时长、所述第一轴承寿命、所述第二轴承寿命和所述第三轴承寿命，确定所述轴承的全工况寿命。

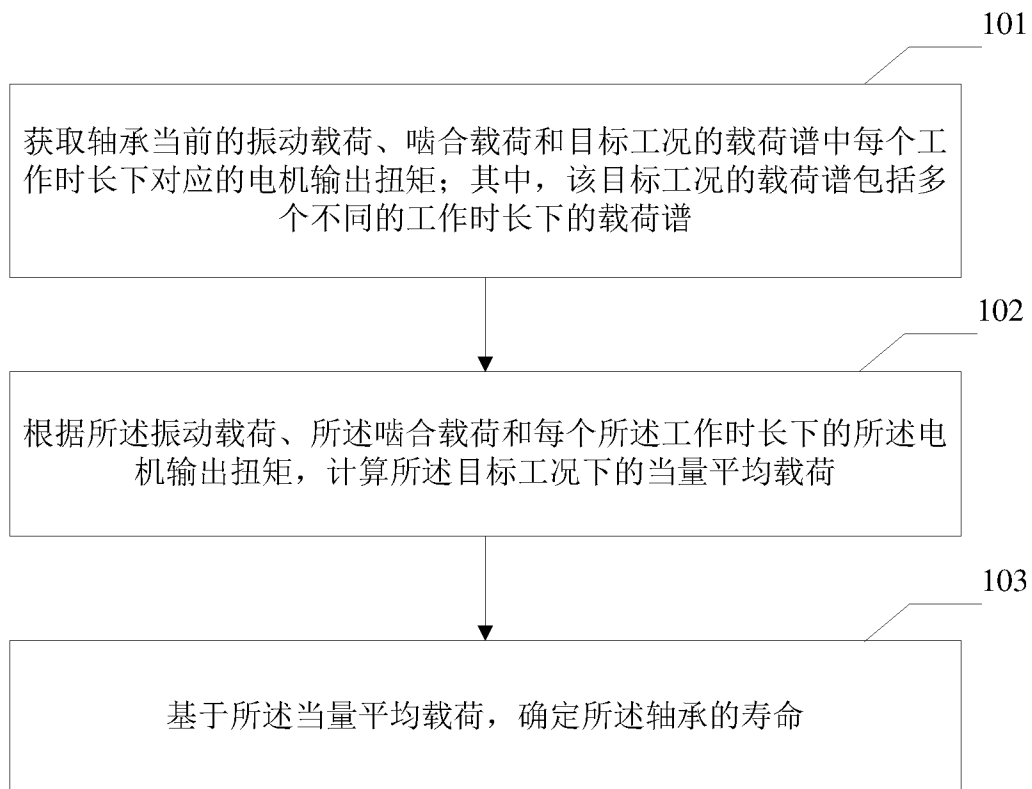


图 1

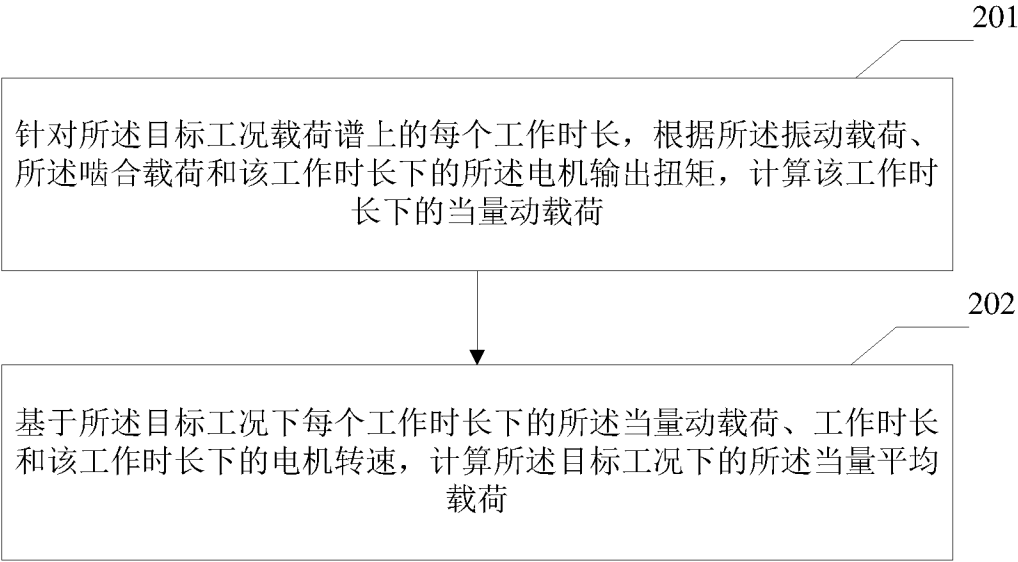


图 2

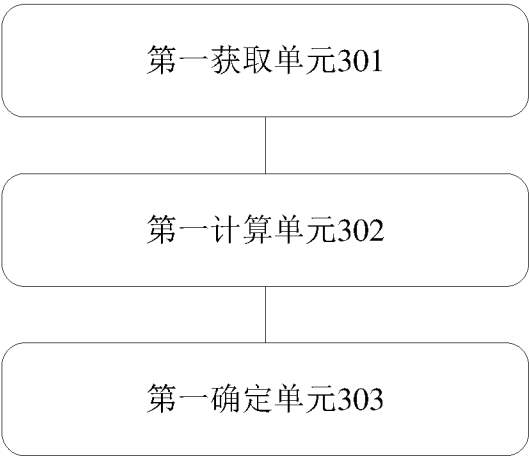


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/104309

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M 13/04(2019.01)i; G01M 13/045(2019.01)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)

G01M

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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 转向架, 齿轮箱, 轴承, 寿命, 疲劳, 振动, 震动, 振动加速度, 啮合, 齿轮, 载荷, 负载, 负荷, 电机, 电动机, 扭矩, 转矩, 转速, 当量, 平均, 空车, 空载, 满载, 额定, 超员, 超载, 工况, bogie, gearbox, gear, roll+, bear+, life +, fatigue, rotat+, equivalent, dynamic+, load+, calculat+, estimat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	贾亚洲 (JIA, Yazhou). "机床轴承平均当量动负荷和寿命的计算 (Non-official translation: Properties of Lead-Free Conductive Silver Paste with Different Morphology and Particle Size of Silver)" 轴承 (Bearing), No. 3, 31 March 1987 (1987-03-31), ISSN: 1000-3762, pages 2-6 and 12	1-3, 7-9
Y	吴成攀 等 (WU, Chengpan et al.). "典型动车组齿轮箱轴承的计算 (Non-official translation: Calculation of Gearbox Bearings of Typical EMUs)" 机车车辆工艺 (Locomotive & Rolling Stock Technology), No. 5, 31 October 2017 (2017-10-31), ISSN: 1007-6034, pages 37-39	1-3, 7-9
A	CN 105973597 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 28 September 2016 (2016-09-28) entire document	1-12
A	CN 101751498 A (THE 711TH RESEARCH INSTITUTE OF CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORPORATION) 23 June 2010 (2010-06-23) entire document	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

09 December 2019

Date of mailing of the international search report

27 December 2019

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

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/104309

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102103035 A (WAFANGDIAN BEARING GROUP CO., LTD. et al.) 22 June 2011 (2011-06-22) entire document	1-12
A	US 2002046012 A1 (NSK LTD.) 18 April 2002 (2002-04-18) entire document	1-12
A	任济生 等 (REN, Jisheng et al.). "轴承寿命计算 (校核) 中应注意的几个细节问题 (Non-official translation: Several Detail Problems in Calculating (Calibrating) Bearing Life)" 制造业自动化 (Manufacturing Automation), Vol. 34., No. 8, 31 August 2012 (2012-08-31), ISSN: 1009-0134, pages 8, 9, and 13	1-12
PX	CN 110006651 A (CRRC QINGDAO SIFANG CO., LTD.) 12 July 2019 (2019-07-12) claims 1-12, description, paragraphs [0005]-[0050], and figures 1-3	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/104309

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105973597	A	28 September 2016	CN	105973597	B	09 April 2019
CN	101751498	A	23 June 2010	CN	101751498	B	08 August 2012
CN	102103035	A	22 June 2011	CN	102103035	B	12 June 2013
US	2002046012	A1	18 April 2002	JP	2002148148	A	22 May 2002
				US	7006953	B2	28 February 2006
				EP	1184813	A2	06 March 2002
				JP	3855651	B2	13 December 2006
CN	110006651	A	12 July 2019	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/104309

A. 主题的分类

G01M 13/04(2019.01)i; G01M 13/045(2019.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNKI, CNPAT, WPI, EPDOC: 转向架, 齿轮箱, 轴承, 寿命, 疲劳, 振动, 震动, 振动加速度, 啮合, 齿轮, 载荷, 负载, 负荷, 电机, 电动机, 扭矩, 转矩, 转速, 当量, 平均, 空车, 空载, 满载, 额定, 超员, 超载, 工况, bogie, gearbox, gear, roll+, bear+, life+, fatigue, rotat+, equivalent, dynamic+, load+, calculat+, estimat+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	贾亚洲. “机床轴承平均当量动负荷和寿命的计算” 轴承, 第3期, 1987年 3月 31日 (1987 - 03 - 31), ISSN: 1000-3762, 第2-6, 12页	1-3、7-9
Y	吴成攀 等. “典型动车组齿轮箱轴承的计算” 机车车辆工艺, 第5期, 2017年 10月 31日 (2017 - 10 - 31), ISSN: 1007-6034, 第37-39页	1-3、7-9
A	CN 105973597 A (北京交通大学) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28) 全文	1-12
A	CN 101751498 A (中国船舶重工集团公司第七一一研究所) 2010年 6月 23日 (2010 - 06 - 23) 全文	1-12
A	CN 102103035 A (瓦房店轴承集团有限责任公司 等) 2011年 6月 22日 (2011 - 06 - 22) 全文	1-12

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 12月 9日

国际检索报告邮寄日期

2019年 12月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

授权官员

陈优

电话号码 86-(10)-53962457

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2002046012 A1 (NSK LTD.) 2002年 4月 18日 (2002 - 04 - 18) 全文	1-12
A	任济生 等. “轴承寿命计算 (校核) 中应注意的几个细节问题” 制造业自动化, 第34卷, 第8期, 2012年 8月 31日 (2012 - 08 - 31), ISSN: 1009-0134, 第8-9, 13页	1-12
PX	CN 110006651 A (中车青岛四方机车车辆股份有限公司) 2019年 7月 12日 (2019 - 07 - 12) 权利要求1-12, 说明书第[0005]-[0050]段, 附图1-3	1-12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/104309

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	105973597	A	2016年 9月 28日	CN	105973597	B	2019年 4月 9日
CN	101751498	A	2010年 6月 23日	CN	101751498	B	2012年 8月 8日
CN	102103035	A	2011年 6月 22日	CN	102103035	B	2013年 6月 12日
US	2002046012	A1	2002年 4月 18日	JP	2002148148	A	2002年 5月 22日
				US	7006953	B2	2006年 2月 28日
				EP	1184813	A2	2002年 3月 6日
				JP	3855651	B2	2006年 12月 13日
CN	110006651	A	2019年 7月 12日	无			