



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103303834 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 18

(21) 申请号 201210057974. 4

(22) 申请日 2012. 03. 07

(71) 申请人 中科华核电技术研究院有限公司

地址 518000 广东省深圳市福田区益田路江

苏大厦 A 座 13 楼整层 A1301-1320

申请人 中国广东核电集团有限公司

(72) 发明人 吴凤岐 陆秀生 赵阿朋 张美玲

黄海华 方郁 陈少南

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

有限公司 44217

代理人 林俭良

(51) Int. Cl.

B66D 1/54 (2006. 01)

B66D 5/24 (2006. 01)

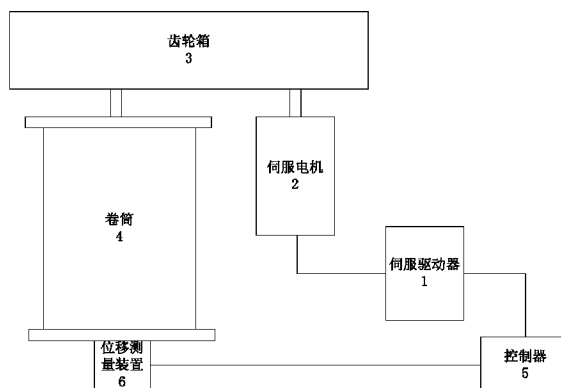
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种起重机驱动机构的转轴保护系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及起重机械领域,公开了一种起重机驱动机构的转轴保护系统和方法。该转轴保护系统和方法不同于现有技术中需在电机和卷筒分别安装位编码器的检测技术,只需在卷筒上安装位移测量装置,并从伺服电机的伺服驱动器获得电机转速信息,换算得到卷筒的转轴的转速,在固定时间间隔内根据卷筒的转轴的转速进行积分得到卷筒的转轴的理论运行行程,与位移测量装置记录的实际运行行程进行比较,当理论运行行程与实际运行行程差距超过预定的警戒值时,判断为出现断轴事故,控制刹车装置进行刹车。本发明提供的起重机驱动机构的转轴保护系统和方法具有成本低、可靠性高、检测准确度高的优点,可适用于与核安全相关的核级设备中。



1. 一种起重机驱动机构的转轴保护系统,所述起重机驱动机构包括伺服驱动器(1)、受所述伺服驱动器(1)控制的伺服电机(2)、由所述伺服电机(2)驱动的齿轮箱(3)和卷筒(4),所述齿轮箱(3)将所述伺服电机(2)提供的动力传递至所述卷筒(4)带动所述卷筒(4)转动,其特征在于,所述转轴保护系统包括与所述伺服驱动器(1)通讯连接并设定有警戒值C的控制器(5)、与所述控制器(5)通讯连接的位移测量装置(6)、以及与所述控制器(5)连接并由所述控制器(5)控制对所述卷筒(4)进行制动的刹车装置;其中,

所述控制器(5)从所述伺服驱动器(1)获得所述伺服电机(2)的转动速度信息,根据该转动速度信息和所述齿轮箱(3)的传动比计算得到所述卷筒(4)的转轴的转动速度,根据所述卷筒(4)的转轴的转动速度计算所述卷筒(4)的转轴在一个时间间隔 t_1 内的理论运行行程A;

所述位移测量装置(6)用于记录所述卷筒(4)的转轴的行程,所述控制器(5)采集所述位移测量装置(6)在所述时间间隔 t_1 开始时刻和结束时刻的行程输出差值作为所述卷筒(4)的转轴的 actual 运行行程B;

所述控制器(5)比较所述理论运行行程A与实际运行行程B,当其差值的绝对值 Δ 偏离预设定的所述警戒值C时,所述控制器(5)判断设备出现事故,并控制刹车装置制动。

2. 根据权利要求1所述的起重机驱动的机构转轴保护系统,其特征在于,所述刹车装置安装在所述卷筒(4)上。

3. 根据权利要求1所述的起重机驱动机构的转轴保护系统,其特征在于,所述位移测量装置(6)是编码器。

4. 根据权利要求1所述的起重机驱动机构的转轴保护系统,其特征在于,所述控制器(5)为可编程控制器。

5. 根据权利要求1所述的起重机驱动机构的转轴保护系统,其特征在于,还包括至少一个受所述控制器(5)控制的指示灯,当出现断轴事故时,所述控制器(5)点亮该指示灯。

6. 根据权利要求1所述的起重机驱动机构的转轴保护系统,其特征在于,还包括受所述控制器(5)控制的警报器,当出现断轴事故时,所述控制器(5)控制该警报器发出警报音。

7. 一种起重机驱动机构的转轴保护方法,所述起重机驱动机构包括伺服驱动器、受伺服驱动器控制的伺服电机、伺服电机驱动的齿轮箱和卷筒,齿轮箱将电机提供的动力传递至卷筒带动卷筒转动,其特征在于,所述方法包括下列步骤:

S1:根据所述伺服电机的速度信息和所述齿轮箱的传动比,处理得到在一个时间间隔 t_1 内所述卷筒的转轴的理論运行行程A;

S2:采集并处理在所述时间间隔 t_1 的开始时刻和结束时刻,所述卷筒的转轴行程数据之差,得到所述时间间隔 t_1 内卷筒的转轴的 actual 运行行程B;

S3:判断理论运行行程A和实际运行行程B差值的绝对值是否偏离预设定的警戒值C,如果偏离则发出刹车指令,否则返回步骤S1。

8. 根据权利要求7所述的转轴保护方法,其特征在于,在所述步骤S1中,从所述伺服驱动器中获得所述伺服电机的转速信息;并将所述转速信息乘以传动比得到所述卷筒的转轴转速,并对该转轴转速在所述时间间隔 t_1 内进行积分,得到所述时间间隔 t_1 内所述卷筒的转轴的所述理論运行行程A。

9. 根据权利要求8所述的转轴保护方法,其特征在于,在所述步骤S2中,通过位移测量装置记录所述卷筒的转轴的行程,计算在所述时间间隔 t_1 开始时刻和结束时刻所述卷筒的转轴行程数据之差,得到在所述时间间隔 t_1 内,所述卷筒的转轴的实际运行行程 B。

10. 根据权利要求7-9任一项所述的起重机驱动机构的转轴保护方法,其特征在于,在所述步骤S3中,当判断所述理论运行行程 A 和实际运行行程 B 差值的绝对值大于所述警戒值 C 时,判断为断轴,发出刹车指令;

在步骤 S1 之前还包括 :S0、预设所述时间间隔 t_1 、所述传动比和所述警戒值 C。

一种起重机驱动机构的转轴保护系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及起重机械领域,尤其涉及一种起重机驱动机构的转轴保护系统及方法。

背景技术

[0002] 核燃料装卸贮存系统在核电站大修期间负责核燃料组件的起吊、转运,其中起重机是其必不可少的作业设备,在起重机的安全防护方面需要有驱动机构的断轴事故防护以防发生断轴事故,断轴事故主要是指高速运行的转子,在轴的薄弱环节因裂纹扩展或过载塑性失稳,使轴突然折断或转子飞逸的严重事故,一旦发生断轴事故将直接影响核安全,因此断轴检测技术在预防核燃料事故、保证核安全方面起着十分重要的作用。

[0003] 如图 1 所示,现有技术中起重机驱动机构采用的转轴保护系统一般是在驱动机构的高速端(电机)和低速端(卷筒)均安装了一个编码器,在驱动机构工作过程中,高速端编码器检测得到电机转速,低速端编码器检测得到卷筒转速,将卷筒转速除以电机转速的比值与齿轮箱的固定传动比进行比较,若该比值与传动比差距超过一定限额,即判断为出现了断轴事故,立即控制刹车装置进行刹车,以避免出现更严重的事故。现有技术中在实际应用过程中,存在下列诸多缺点:

- 1、成本高,现有技术中需要两套编码器分别安装在驱动机构高速端和低速端;
- 2、可靠性差,由于电机转速非常高,高速端编码器损坏的几率较高;
- 3、准确度较低,由于是比对转速,受瞬间状态影响较大,有时会出现误判。

[0004] 现有技术中的断轴保护系统由于存在诸多缺点,特别是不能适用于与核安全直接相关而对安全级别有着严格要求的核相关设备中,因此需要开发一种更为先进的断轴检测技术。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于提高断轴事故检测和保护的可靠性及准确度,提供一种起重机驱动机构的转轴保护系统及方法。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

本发明提供一种起重机驱动机构的转轴保护系统,所述起重机驱动机构包括伺服驱动器、受所述伺服驱动器控制的伺服电机、由所述伺服电机驱动的齿轮箱和卷筒,所述齿轮箱将所述伺服电机提供的动力传递至所述卷筒带动所述卷筒转动,其特征在于,所述转轴保护系统包括与所述伺服驱动器通讯连接并设定有警戒值 C 的控制器、与所述控制器通讯连接的位移测量装置、以及与所述控制器连接并由所述控制器控制对所述卷筒进行制动的刹车装置;其中,

所述控制器从所述伺服驱动器获得伺服电机的转动速度信息,根据该转动速度信息和所述齿轮箱的传动比计算得到所述卷筒的转轴的转动速度,根据所述卷筒的转轴的转动速度计算所述卷筒的转轴在一个时间间隔 t_1 内的理论运行行程 A;

所述位移测量用于记录所述卷筒的转轴的行程,所述控制器采集所述位移测量装置在所述时间间隔 t_1 开始时刻和结束时刻的行程输出差值作为所述卷筒的转轴的实际运行行程 B ;

所述控制器比较理论运行行程 A 与实际运行行程 B ,当其差值的绝对值 Δ 偏离预设定的所述警戒值 C 时,所述控制器判断设备出现事故,并控制刹车装置制动。

[0007] 具体地,所述刹车装置安装在所述卷筒上。

[0008] 具体地,所述位移测量装置是编码器。

[0009] 具体地,所述控制器为可编程控制器。

[0010] 进一步地,还包括至少一个受所述控制器控制的指示灯,当出现断轴事故时,所述控制器点亮该指示灯。

[0011] 进一步地,还包括受所述控制器控制的警报器,当出现断轴事故时,所述控制器控制该警报器发出警报警音。

[0012] 本发明还提供一种起重机驱动机构的转轴保护方法,所述起重机驱动机构包括伺服驱动器、受伺服驱动器控制的伺服电机、伺服电机驱动的齿轮箱和卷筒,齿轮箱将电机提供的动力传递至卷筒带动卷筒转动,其特征在于,所述方法包括下列步骤:

S1:根据所述伺服电机的速度信息和所述齿轮箱的传动比,处理得到在一个时间间隔 t_1 内所述卷筒的转轴的理论运行行程 A ;

S2:采集处理在时间间隔 t_1 的开始时刻和结束时刻,所述卷筒的转轴行程数据之差,得到所述时间间隔 t_1 内卷筒的转轴的实际运行行程 B ;

S3:判断理论运行行程 A 和实际运行行程 B 差值的绝对值是否偏离预设定的警戒值 C ,如果偏离则发出刹车指令,否则返回步骤 S1。

[0013] 具体地,在所述步骤 S1 中,从所述伺服驱动器中获得所述伺服电机的转速信息;并将所述转速信息乘以传动比得到所述卷筒的转轴转速,并对该转轴转速在所述时间间隔 t_1 内进行积分,得到时间间隔 t_1 内所述卷筒的转轴的所述理论运行行程 A 。

[0014] 具体地,在所述步骤 S2 中,通过位移测量装置记录所述卷筒的转轴的行程,计算在所述时间间隔 t_1 开始时刻和结束时刻所述卷筒的转轴行程数据之差,得到在所述时间间隔 t_1 内,所述卷筒的转轴的实际运行行程 B 。

[0015] 具体地,在所述步骤 S3 中,当判断所述理论运行行程 A 和实际运行行程 B 差值的绝对值大于所述警戒值 C 时,判断为断轴,发出刹车指令;

进一步地,在步骤 S1 之前还包括:S0、预设定所述时间间隔 t_1 、所述传动比和所述警戒值 C 。

[0016] 实施本发明的有益效果:本发明提供的起重机驱动机构的转轴保护系统及方法,只需在驱动机构低速端安装位移测量装置,相比现有技术省去了高速端安装的测量装置,节省了成本,提高了设备可靠性,且由于是比对一段时间间隔内的位移值,受设备瞬态影响小,提高了断轴事故检测的精确度,可及时准确地为起重设备提供断轴保护,尤其可应用于与核安全直接相关的核级设备中。

附图说明

[0017] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

- 图 1 是现有技术中转轴保护系统的结构示意图；
图 2 是本发明实施例中转轴保护系统连接示意框图；
图 3 是本发明实施例中 PLC 编程方法中方波波形图；
图 4 是本发明起重机驱动机构的转轴保护方法的流程示意图。

具体实施方式

[0018] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0019] 如图 2 所示，本发明提供一种起重机驱动机构的转轴保护系统，用于为起重机驱动机构提供断轴事故的检测和保护，所述起重机驱动机构包括伺服驱动器 1、受伺服驱动器 1 控制的伺服电机 2、由伺服电机 2 驱动的齿轮箱 3 和卷筒 4，齿轮箱 3 将伺服电机 2 提供的动力传递至卷筒 4 带动卷筒 4 转动；该转轴保护系统包括设定有警戒值 C 的控制器 5 和位移测量装置 6，控制器与位移测量装置 6 和伺服驱动器 1 通讯连接，该转轴保护系统还包括与控制器 5 连接并由控制器 5 控制对卷筒进行制动的刹车装置（图中未示出）；

位移测量装置 6 用于记录卷筒 4 的转轴的行程数据（转动位移），本实施例中位移测量装置 6 安装在卷筒 4 的轴端；

控制器 5 从伺服驱动器 1 获得伺服电机 2 的转动速度信息，根据该转动速度信息计算和齿轮箱 3 的传动比计算得到卷筒 4 的转轴的转动速度，根据卷筒 4 的转轴的转动速度计算卷筒 4 的转轴在一个时间间隔 t_1 内的理论运行行程 A；同时采集位移测量装置 6 在时间间隔 t_1 开始时刻和结束时刻的输出差值作为卷筒 4 的转轴的实际运行行程 B；将卷筒 4 的转轴的理论运行行程 A 和实际运行行程 B 进行比较，当理论运行行程 A 与实际运行行程 B 的差值的绝对值 Δ 大于预设定的警戒值 C 时，判断认为发生断轴事故，控制器 5 控制刹车装置制动，以保护设备安全。

[0020] 需要说明的是，前述的理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的计算和判断方式有两种，本领域普通技术人员可选用其中任意一种：

方式一、控制器 5 从伺服驱动器获得伺服电机的转动角速度 ω ，将该角速度 ω 乘以齿轮箱 3 的传动比 n_1 计算得到卷筒 4 的转轴的转动角速度 $n_1\omega$ ，对卷筒 4 的转轴的转动角速度 $n_1\omega$ 在时间间隔 t_1 内进行积分得到卷筒 4 的转轴在时间间隔 t_1 内的理论运行行程 A；从位移测量装置 6 测量卷筒 4 的转轴的转过的角度，计算时间间隔 t_1 的开始时刻和结束时刻卷筒 4 的转轴转过的角度的差值，将该差值作为卷筒转轴的 actual 运行行程 B；比较卷筒 4 的转轴的理论运行行程 A 和实际运行行程 B，判断理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的差值的绝对值是否大于预设定的警戒值 C，如果是即判断为出现断轴事故，控制器 5 控制刹车装置制动。这种计算方式中，传动比 n_1 指的是卷筒 4 的转轴的转动角速度与伺服电机的转动角速度之比，而理论运行行程 A 和实际运行行程 B 指的是在时间间隔 t_1 内卷筒的转轴的理论上和实际上分别转过的角度，相应的警戒值 C 也是一个角度值。

[0021] 方式二、控制器 5 从伺服驱动器获得伺服电机的转动线速度 v ，将该线速度 v 乘以齿轮箱 3 的传动比 n_2 计算得到卷筒 4 的转轴的转动线速度 n_2v ，对卷筒 4 的转轴的转动线速度 n_2v 在时间间隔 t_1 内进行积分得到卷筒 4 的转轴在时间间隔 t_1 内的理论运行行程 A；

从位移测量装置 6 测量卷筒 4 的转轴的行程数据,计算时间间隔 t_1 的开始时刻和结束时刻卷筒 4 的转轴的行程数据的差值,将该差值作为卷筒转轴的的实际运行行程 B;比较卷筒 4 的转轴的的理论运行行程 A 和实际运行行程 B,判断理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的差值的绝对值是否大于预设定的警戒值 C,如果是即判断为出现断轴事故,控制器 5 控制刹车装置制动。这种计算方式中,传动比 n_2 指的是卷筒 4 的转轴的转动线速度与伺服电机的转动线速度之比,理论运行行程 A 和实际运行行程 B 指的是在时间间隔 t_1 内卷筒的转轴的理论和实际上分别转过的距离,相应的,警戒值 C 是一个距离值。

[0022] 优选地,在本实施例中,控制器 5 通过现场总线与位移测量装置 6 和伺服驱动器 1 通讯连接以从位移测量装置 6 和伺服驱动器 1 采集信息,当然也可以采用其他的连接方式。

[0023] 优选地,在本实施例中,刹车装置安装在卷筒 4 上,以在发生断轴事故及时制动,当然刹车装置也可以安装在起重机驱动机构其它合适的位置上。

[0024] 优选地,该转轴保护系统中还包括至少一个指示灯(图中未示出),该指示灯受控制器 5 控制,用于在出现断轴事故时,该指示灯被点亮或闪动以提醒相关设备的操作人员。

[0025] 优选地,该转轴保护系统中还包括警报器(图中未示出),该警报器受控制器 5 的控制,用于在发生断轴事故时,该警报器发出警报音以提醒相关设备的操作人员。

[0026] 优选地,本实施中使用可测量位移数据的编码器作为位移测量装置 6,当然也可以使用例如加速度传感器等装置作为位移测量装置 6。

[0027] 需要说明的是,编码器包括多种类型和用途,其中有些类型可以采集并输出转动位移数据,有些类型可以采集并输出转速数据,本实施例中,卷筒的转轴上安装的编码器输出的是卷筒 4 的转轴的转动位移数据(转过的角度或转过的距离),而在对照图 1 对现有技术中的说明中,其两个编码器输出的均是转速数据。

[0028] 优选地,控制器 5 选用可编程控制器,当然也可以选用例如微处理器之类的装置作为控制器 5,在本实施例中,在可编程控制器应用下面的算法计算理论运行行程 A 与实际运行行程 B,及进行断轴事故的判断和处理,当然也可以应用其它合适的算法来实现:

采用 PLC 编程方法得到一组连续的以 100ms (t_1)、10ms 为间隔的方波,即是将固定时间间隔 t_1 设为 100ms,如图 3 所示;

根据伺服电机 2 的转动线速度 v 和齿轮箱 3 的传动比 n 换算得到卷筒 4 的转轴转速 nv ,在每个 100ms 间隔内(高电平),执行以卷筒的转轴转速 nv 为函数的积分,得到卷筒 4 的转轴在固定时间间隔(100ms)内的理论运行行程 A;在同一个 100ms 方波的上升沿、下降沿,记录编码器的输出值,两者差值即为卷筒 4 的转轴在固定时间间隔(100ms)内的实际运行行程 B;

在接下来的 10ms 低电平期间,停止运算,将 A 减去 B 的差值取绝对值得到 Δ ,接下来根据 Δ 判断是否出现断轴事故,可以使用以下两种方法来判断:

1、判断 Δ 是否大于预设定的警戒值 C,若 Δ 大于 C,则认为出现了断轴事故,可编程控制器立即控制刹车装置进行制动,保护设备安全;

2、当然也可以设定一个警戒比例 r ,当 Δ/A 或 Δ/B 大于警戒比例 r (如 1%) 时,认为出现了断轴事故,可编程控制器立即控制刹车装置进行制动,保护设备安全。

[0029] 上述算法中将固定时间间隔 t_1 设定为 100ms,但需要说明的是,固定时间间隔 t_1 也可以根据实际情况设为其他数值,当然 t_1 的长度不能过长,过长则不能起到及时进行断

轴事故判断和保护的作用,但 t_1 的长度也不能过短,如果过短理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的计算精确度都会降低,导致判断断轴事故准确度降低。

[0030] 上述算法中以前述的第二种计算方式为例,当然也可以采用第一种计算方式,鉴于两种计算方式在步骤上基本相同,不予赘述。

[0031] 本发明还提供一种起重机驱动机构的转轴保护方法,用于为起重机的驱动机构提供断轴事故的检测和保护,所述驱动机构包括伺服驱动器、受伺服驱动器控制的伺服电机、伺服电机驱动的齿轮箱和卷筒,齿轮箱将电机提供的动力传递至卷筒带动卷筒转动,参考图 4,所述转轴保护方法包括如下步骤:

步骤 S0、设置该方法需要用到参数,包括设定时间间隔 t_1 、驱动机构高速端和低速端的传动比 n 、警戒值 C ;

步骤 S1、控制器从伺服驱动器中获得伺服电机的转速信息,将转速信息乘以传动比得到卷筒的转轴的转速,对该转轴的转速在固定时间间隔 t_1 内进行积分,得到时间间隔 t_1 内卷筒的转轴的理论运行行程 A;

步骤 S2、通过位移测量装置记录卷筒的转轴的行程(即转动位移数据),计算在时间间隔 t_1 开始时刻和结束时刻卷筒转轴的行程之差,得到在时间间隔 t_1 内,卷筒转轴的实际运行行程 B;

步骤 S3、判断理论运行行程 A 和实际运行行程 B 差值的绝对值是否大于警戒值 C ,如果大于,判断为出现断轴事故,控制器向刹车装置发出刹车指令,控制刹车装置制动,否则返回步骤 S1,以持续的对是否发生断轴事故进行检测。

[0032] 需要说明的是,上述理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的计算和判断方式有两种,本领域普通技术人员可选用其中任意一种,分别介绍如下:

方式一、控制器 5 从伺服驱动器获得伺服电机的转动角速度 ω ,将该角速度 ω 乘以齿轮箱 3 的传动比 n_1 计算得到卷筒 4 的转轴的转动角速度 $n_1\omega$,对卷筒 4 的转轴的转动角速度 $n_1\omega$ 在时间间隔 t_1 内进行积分得到卷筒 4 的转轴在时间间隔 t_1 内的理论运行行程 A;从位移测量装置 6 测量卷筒 4 的转轴的转过的角度,计算时间间隔 t_1 的开始时刻和结束时刻卷筒 4 的转轴转过的角度的差值,将该差值作为卷筒转轴的实际运行行程 B;比较卷筒 4 的转轴的理论运行行程 A 和实际运行行程 B,判断理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的差值的绝对值是否大于预设定的警戒值 C ,如果是即判断为出现断轴事故,控制器 5 控制刹车装置制动。这种计算方式中,传动比 n_1 指的是卷筒 4 的转轴的转动角速度与伺服电机的转动角速度之比,而理论运行行程 A 和实际运行行程 B 指的是在时间间隔 t_1 内卷筒的转轴的理论上和实际上分别转过的角度,相应的警戒值 C 也是一个角度值。

[0033] 方式二、控制器 5 从伺服驱动器获得伺服电机的转动线速度 v ,将该线速度 v 乘以齿轮箱 3 的传动比 n_2 计算得到卷筒 4 的转轴的转动线速度 n_2v ,对卷筒 4 的转轴的转动线速度 n_2v 在时间间隔 t_1 内进行积分得到卷筒 4 的转轴在时间间隔 t_1 内的理论运行行程 A;从位移测量装置 6 测量卷筒 4 的转轴的行程数据,计算时间间隔 t_1 的开始时刻和结束时刻卷筒 4 的转轴的行程数据的差值,将该差值作为卷筒转轴的实际运行行程 B;比较卷筒 4 的转轴的理论运行行程 A 和实际运行行程 B,判断理论运行行程 A 和实际运行行程 B 的差值的绝对值是否大于预设定的警戒值 C ,如果是即判断为出现断轴事故,控制器 5 控制刹车装置制动。这种计算方式中,传动比 n_2 指的是卷筒 4 的转轴的转动线速度与伺服电机的转动线

速度之比,理论运行行程 A 和实际运行行程 B 指的是在时间间隔 t_1 内卷筒的转轴理论和实际上分别转过的距离,相应的,警戒值 C 是一个距离值。

[0034] 本发明提供的起重机驱动机构转轴保护系统及方法,适用于为各种起重机的驱动机构提供断轴事故的检测和保护,并具有成本低、可靠性高、检测准确度高的优点,尤其是当应用于核燃料装卸贮存系统中用到的起重机,能进一步预防核燃料事故,提高核安全。

[0035] 以上所述实施例仅表达了本发明的较佳实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

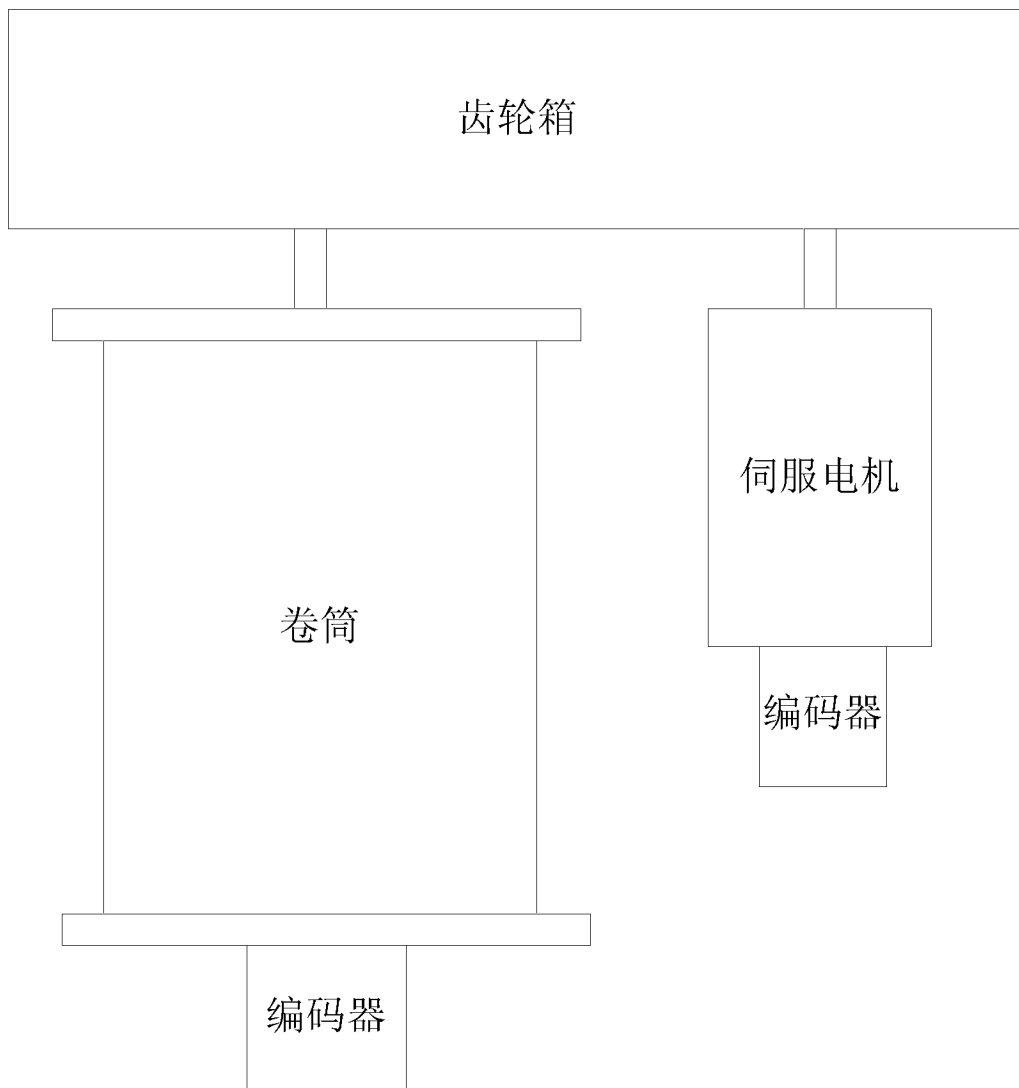


图 1

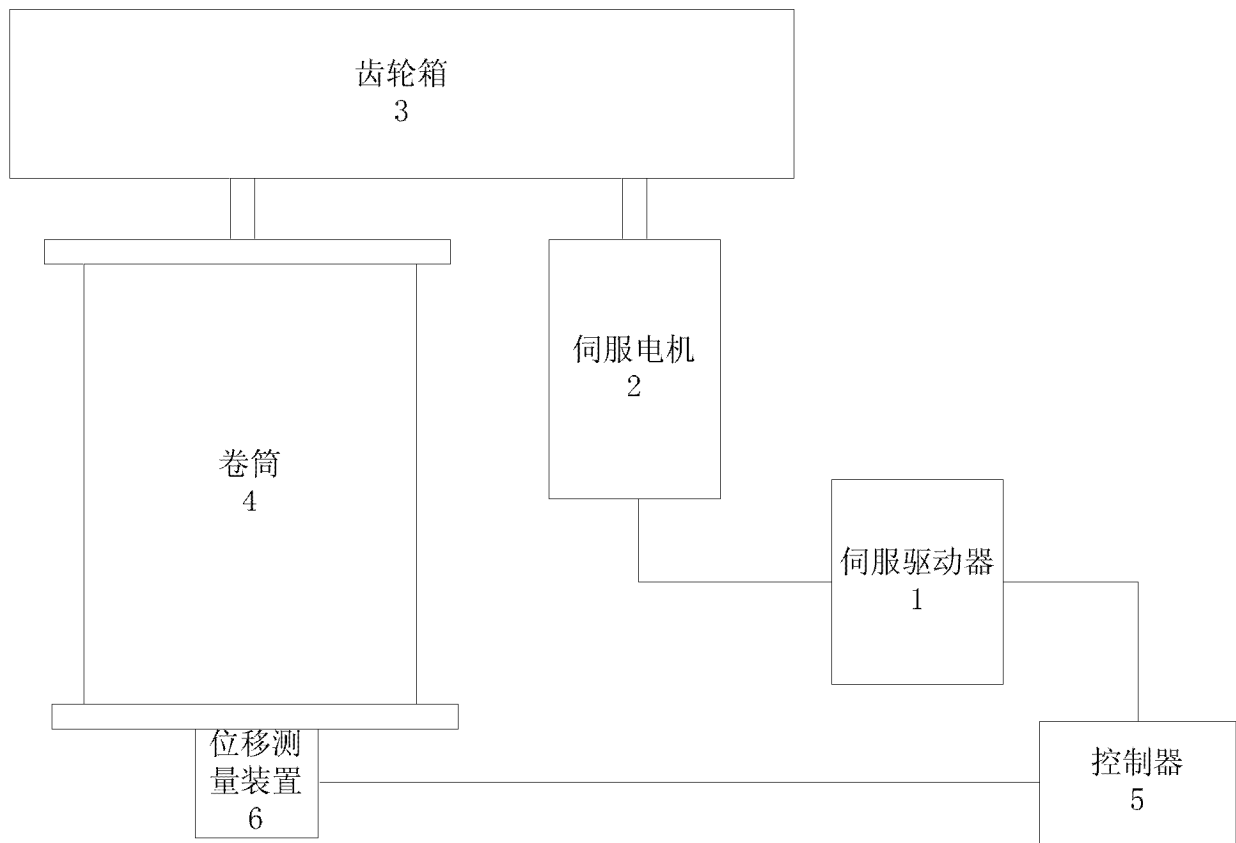


图 2

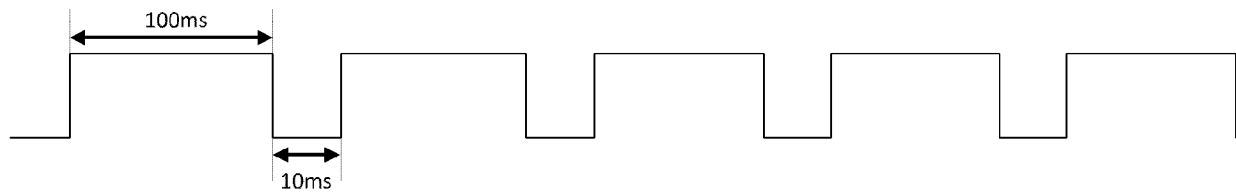


图 3

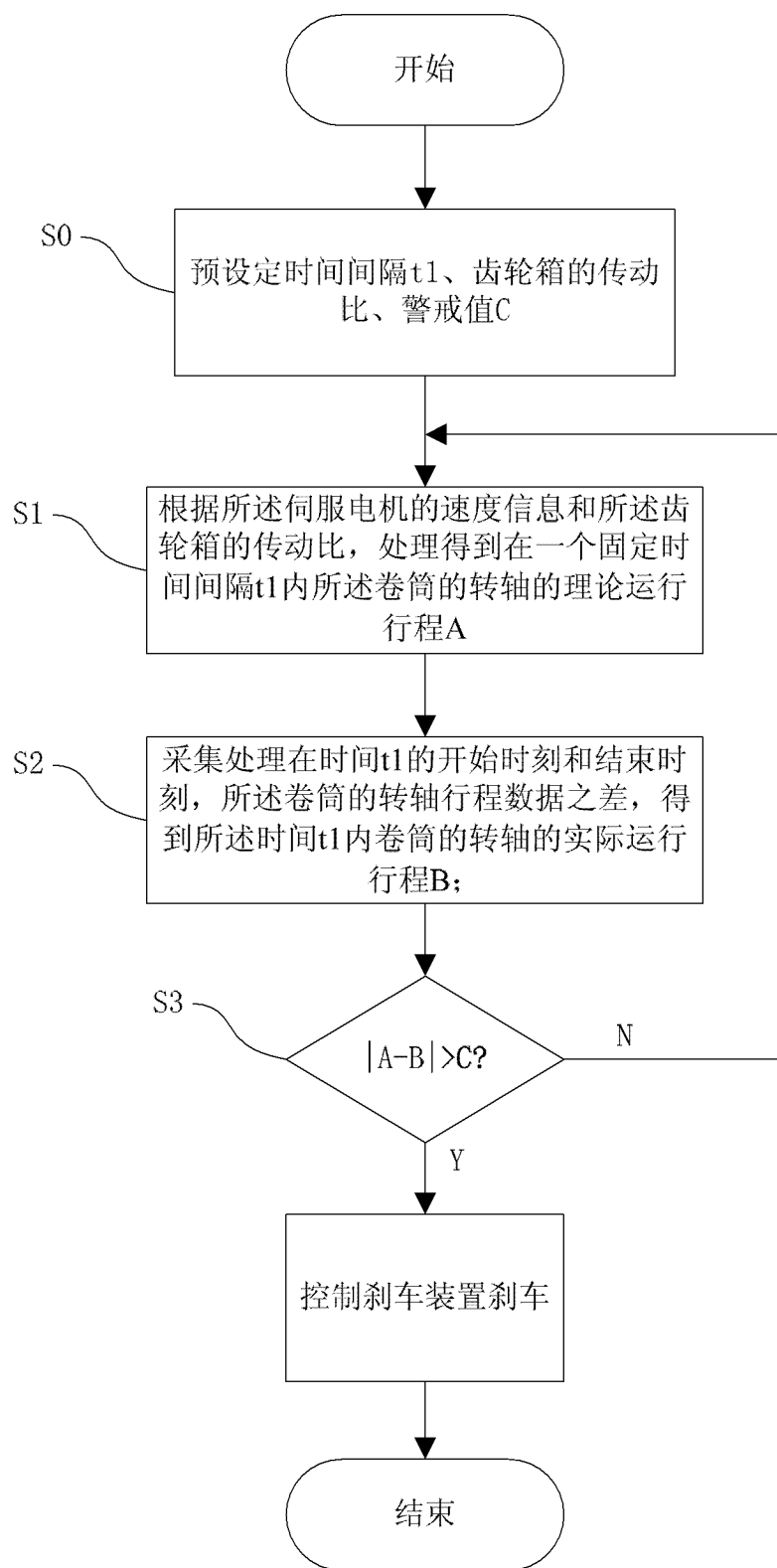


图 4