



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107202693 B

(45)授权公告日 2019.11.26

(21)申请号 201710426597.X

(22)申请日 2017.06.08

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107202693 A

(43)申请公布日 2017.09.26

(73)专利权人 中国科学院国家天文台南京天文  
光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街188号

(72)发明人 杨世海 李运 许丹丹 顾伯忠  
高浩淳 苏皖 王一帆

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230  
代理人 栗仲平

(51)Int.Cl.  
G01M 13/021(2019.01)

(56)对比文件

- CN 106402279 A, 2017.02.15,
- CN 104819259 A, 2015.08.05,
- CN 201708749 U, 2011.01.12,
- CN 205780711 U, 2016.12.07,
- CN 102878919 A, 2013.01.16,
- CN 102735445 A, 2012.10.17,
- RU 159148 U1, 2016.02.10,

审查员 冯玮

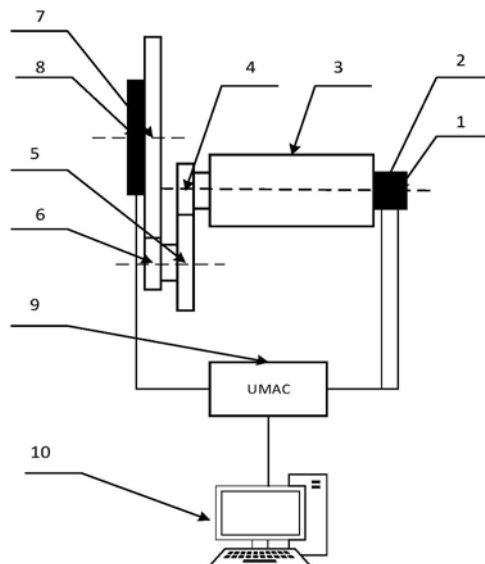
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障  
的设备及其方法

(57)摘要

检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备及其方法,两个输入轴与两个传递齿轮啮合,两个传递齿轮同轴小齿轮与输出轴上大齿轮啮合;消隙齿轮与两个输入轴啮合,机械消隙结构上设有检测消隙失效故障设备:电机转子轴上设有旋转式变压器,受变压器转子绕组交流电压激励从定子绕组输出对应角度正余弦信号,读取到UMAC多轴运动控制器中;多轴运动控制器通过以太网连接上位机;望远镜的赤纬轴和赤经轴的端面安装增量式编码器,增量式编码器正余弦信号输出;该输出接读数头,其接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器。本发明能准确诊断出南极望远镜机械消隙失效的故障,为后期南极望远镜故障诊断解的决方案提供依据,提高系统的稳定性。



1. 一种检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备,电机转子轴为齿轮传动结构的两个输入轴,该两个输入轴与两个传递齿轮啮合,该两个传递齿轮的同轴小齿轮与输出轴上的大齿轮啮合;同时,一个消隙齿轮与该两个输入轴啮合,以上机械消隙结构上设有检测消隙失效故障的设备,其特征在于,所述检测消隙失效故障的设备组成如下:在电机转子轴上安装有多摩川旋转式变压器;该多摩川旋转式变压器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;该多摩川旋转变压器受转子绕组的交流电压所激励,从定子绕组输出对应角度的正余弦信号;该正余弦信号读取到UMAC多轴运动控制器中;该多轴运动控制器通过以太网连接上位机;在望远镜的赤纬轴和赤经轴的端面安装增量式编码器,读数头均匀安装在增量式编码器的周围,该增量式编码器正余弦信号输出;增量式编码器的输出接读数头读出;所述读数头的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

将多摩川旋转式变压器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

将增量式编码器安装在输出轴的端面处,增量式编码器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

多轴运动控制器通过以太网连接上位机;读数头均匀安装在增量式编码器的周围,各读数头的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

多轴运动控制器实时读取旋转变压器和增量式编码器的位置信息;

经数学运算即可精确求得该齿轮传动系统的传动角度比;

若实时采集的输入轴和输出轴的位置信息经计算得出的望远镜在指向和跟踪状态下的传动角度比均相同,即可说明该齿轮传动结构机械消隙没有失效;

通过望远镜轴系工作过程中实时记录的增量式编码器和旋变位置信息,将读取的输入轴和输出轴的位置信息经过数学运算即可精确求出齿轮传动装置的传动角度比;

所述多摩川旋转式变压器安装有两个;

所述多轴运动控制器采用UMAC多轴运动控制器;

所述读数头均匀安装在光栅码盘的周围,且需要在读数头上包裹加热片,以抵御南极极低的气温。

2. 根据权利要求1所述的检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备,其特征在于,所述增量式编码器采用海德汉ERA 4280C光栅鼓。

3. 根据权利要求1所述的检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备,其特征在于,所述的两个旋转变压器与电机转子之间必须安装牢固,不能出现相对滑移现象。

4. 根据权利要求1-3之一所述的检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备,其特征在于,所述的位置信息采集都以正余弦信号的形式。

5. 权利要求1所述的检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备的工作方法,其特征在于,步骤如下:

在电机的转子轴上安装多摩川旋转式变压器;

将多摩川旋转式变压器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

将增量式编码器安装在输出轴的端面处,增量式编码器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

多轴运动控制器通过以太网连接上位机;读数头均匀安装在增量式编码器的周围,各读数头的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

多轴运动控制器实时读取旋转变压器和增量式编码器的位置信息；

经数学运算即可精确求得该齿轮传动系统的传动角度比；

若实时采集的输入轴和输出轴的位置信息经计算得出的望远镜在指向和跟踪状态下的传动角度比均相同,即可说明该齿轮传动结构机械消隙没有失效；

通过望远镜轴系工作过程中实时记录的增量式编码器和旋变位置信息,将读取的输入轴和输出轴的位置信息经过数学运算即可精确求出齿轮传动装置的传动角度比。

## 检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备及其工作方法，具体涉及一种验证南极大口径望远镜主轴齿轮传动系统机械消隙是否失效的设备，以及这种设备的工作方法，该设备和方法可以准确检测出南极天文望远镜齿轮传动系统机械消隙是否失效，有利于实现望远镜的精密控制和机械消隙失效故障的检测。

[0002] 本发明是国家自然科学基金面上项目“南极大口径望远镜潜隐故障预警及无缝智能自愈策略的研究”(11373052)的成果。

### 背景技术

[0003] 受直驱电机成本、南极恶劣天气以及电力资源短缺的限制，南极大口径天文望远镜主轴驱动系统通常采用伺服电机加齿轮传动结构。以南极巡天望远镜AST3-3为例，该望远镜主轴传动系统采用双电机多级齿轮消隙传动结构。

[0004] 天文望远镜属于高精度设备，齿轮传动结构的消隙直接影响望远镜的指向和跟踪精度。天文观测可谓差之毫厘谬以千里，消隙一旦失效则会影响传动装置输入轴与输出轴的传动角度，进而影响望远镜的指向和跟踪精度，对天文观测造成严重影响。

[0005] 目前还没有精确检测齿轮传动装置机械消隙失效的方法。传动角度的精确计算很大程度上取决于输入轴和输出轴相对位置的精确度，实际传动角度比与设计比之间往往存在误差，且该误差会随着时间的推移因磨损等原因而增大。南极望远镜常年工作在极端恶劣的环境下，气温最低可以达到-80摄氏度，暴风雪是常有的情况，所以对所选元器件的性能提出了巨大的考验。

[0006] 南极望远镜的故障诊断一直是个技术难题，无人值守和极端环境更是加大了故障诊断的难度。如何实现望远镜精确跟踪天体，实时有效的检测机械消隙失效故障也是亟待解决的问题之一。

[0007] 对于齿轮间隙，常用的检测方法有：

[0008] 一是咬铅法测量分析。但是铅丝的直径和硬度以及测量过程中的操作都会对测量结果产生影响，导致该方法的测量结果会出现很大的误差，以至严重影响测量结果的准确性。

[0009] 二是打表法测量分析。该方法测量时必须有一定的空间保证百分表的架设，否则无法用该方法测量。故该方法有一定的局限性，不适用于南极望远镜齿轮传动的间隙测量上。

[0010] 三是塞规法测量分析。该方法在实际操作过程中，一方面受到结构的限制，另一方面耗时比较长，并不适用于所有齿轮传动设备上。

### 发明内容

[0011] 本发明的目的是提供一种检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备，以及这种设备的工作方法。本发明通过对比实时检测的齿轮传动结传动角度比进而检测齿轮消

隙结构消隙失效的故障,该方法能将齿轮传动装置的传动角度比精确到小数点后三位。为设备的精确测量提供技术支持,同时也为望远镜设备的故障诊断提供技术支持。借助于该方法还能够提高设备的运转精度,特别适合高精度齿轮传动的装备。

[0012] 完成上述发明任务的技术方案是:一种检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备,电机转子轴(电机驱动轴)为齿轮传动结构的两个输入轴,该两个输入轴与两个传递齿轮啮合,该两个传递齿轮的同轴小齿轮与输出轴上的大齿轮啮合;同时,一个消隙齿轮与该两个输入轴啮合,以上机械消隙结构上设有检测消隙失效故障的设备,其特征在于,所述检测消隙失效故障的设备组成如下:在电机转子轴上安装有多摩川旋转式变压器;该多摩川旋转变压器受转子绕组的交流电压所激励,从定子绕组输出对应角度的正余弦信号;该正余弦信号读取到UMAC多轴运动控制器中;该多轴运动控制器通过以太网连接上位机;在望远镜的赤纬轴和赤经轴的端面安装增量式编码器,该增量式编码器正余弦信号输出;增量式编码器的输出接读数头读出;所述读数头的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上。

[0013] 所述多摩川旋转式变压器安装有两个。两个的设计意图是其到备份作用。

[0014] 所述多轴运动控制器可以采用UMAC多轴运动控制器。

[0015] 所述增量式编码器可以采用海德汉ERA 4280C光栅鼓。

[0016] 所述读数头均匀安装在光栅码盘的周围,且需要在读数头上包裹加热片,以抵御南极极低的气温。

[0017] 旋转变压器2和3与电机转子之间必须安装牢固,不能出现相对滑移现象,否则将导致输入轴位置信息不准确。

[0018] 位置信息采集都以正余弦信号的形式,外界环境会造成一定程度的影响,测量需实时进行并经对比得出结论。

[0019] 完成本申请第二个发明任务的技术方案是,上述检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的设备的工作方法,其特征在于,步骤如下:

[0020] 在电机3的转子轴上安装多摩川旋转式变压器;

[0021] 将多摩川旋转式变压器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

[0022] 将增量式编码器安装在输出轴的端面处,增量式编码器的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

[0023] 多轴运动控制器通过以太网连接上位机;读数头均匀安装在增量式编码器的周围,各读数头的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器上;

[0024] 多轴运动控制器实时读取旋变和增量式编码器的位置信息;

[0025] 经数学运算即可精确求得该齿轮传动系统的传动角度比;

[0026] 若实时采集的输入轴和输出轴的位置信息经计算得出的望远镜在指向和跟踪状态下的传动角度比均相同,即可说明该齿轮传动结构机械消隙没有失效。

[0027] 通过望远镜轴系工作过程中实时记录的增量式编码器和旋变位置信息,将读取的输入轴和输出轴的位置信息经过数学运算即可精确求出齿轮传动装置的传动角度比。

[0028] 换言之,本发明的方案是:

[0029] 对于输入轴位置的检测我们采用的方法是在电机转子轴上安装两个型号TS2660N21E64的多摩川旋转式变压器(下文简称旋变)。两个的设计用以是其到备份作用。

南极天气极端恶劣,元器件的寿命会大大缩减,元器件的备份相当重要。另一个重要原因即每年只有一次南极科考的机会,元器件更换不易,人力、时间成本太大。旋转变压器受转子绕组的交流电压所激励,从定子绕组输出对应角度的正余弦信号。旋转一周可输出4096个正弦波信号,将其位置信号读取到UMAC多轴运动控制器中。多摩川旋变属于智能绝对式编码器,通过读取其位置信息即可确定电机转子的相对准确位置。即旋变的分辨率为:

$$\frac{360 \times 3600''}{4096} = 316.40625'' = 5.2734375' \text{ } ^\circ$$

是

[0030] 起到电机定相的作用。

[0031] 输入轴经齿轮传动机械消隙结构将速度传递给输出轴,输出轴即为望远镜的赤纬和赤经轴。对于输出轴位置检测我们采用的方法是在望远镜的赤纬轴和赤经轴的端面安装海德汉ERA 4280C光栅鼓:增量式编码器,正余弦信号输出,1Vpp。该型号编码器被分为40000刻线,UMAC接收均匀安装在编码器周围4个读数头读取的望远镜位置信号,并进行

4096细分。码盘的分辨率分别为:  $\frac{360 \times 3600''}{40000 \times 4096} = 0.00791015625'' \text{ } ^\circ$  四个读数头工作相互独立,任何

一个出故障并不影响编码器位置的读取。

[0032] 通过望远镜轴系工作过程中实时记录的增量式编码器和旋变位置信息,将读取的输入轴和输出轴的位置信息经过数学运算即可精确求出齿轮传动装置的传动角度比。若经实时测量传动角度比在任意角度范围内均相同或保持在与设计比的误差百分比不超过 $\pm 0.1\%$  (该结果经AST3-3实际测量计算得出) 的范围之内即可说明该机械消隙系统消隙没有失效,否则说明齿轮传动系统出现机械消隙失效故障。

[0033] 本发明是用来检测该齿轮传动结构机械消隙是否失效。且该方法具有通用性,同样适用于其他类似结构的设备上。

[0034] 本发明通过精确计算齿轮传动装置的传动角度比来检测机械消隙是否失效;该检测齿轮消隙结构消隙失效的方法是在现有望远镜闭环控制系统的基础之上进行的,无需增加额外成本。检测也是在望远镜进行天文观测时同时进行,无需专门花费时间和精力,在无人值守的情况下,在多轴控制器中写入程序后台自动运行。

[0035] 本发明的优点是能够精确计算出齿轮传动机构的传动角度,并检测机械消隙是否失效。能够准确诊断出南极望远镜机械消隙失效的故障,为后期南极望远镜故障诊断解的决方案提供充足依据,提高系统的稳定性。对南极大口径望远镜控制系统的故障诊断有较好的应用价值。相比于传统的齿轮间隙检测方法,本发明的优势在于:

[0036] 一、可以在南极-80摄氏度的极端环境下工作。

[0037] 二、实时检测齿轮消隙结构消隙失效故障。

[0038] 三、远程控制进行检测。

[0039] 四、写入程序,在无人值守情况下实现全自动检测。

## 附图说明

[0040] 图1本发明所检测的齿轮传动结构原理图;

[0041] 图2本发明检测结构连接原理图;

[0042] 图3编码器与读数头安装示意图；

[0043] 图4程序流程图。

### 具体实施方式

[0044] 天文望远镜为了精确跟踪天体，齿轮传动装置需要做消隙设计。消隙一旦失效，将直接影响天文观测的顺利进行。为了避免机械消隙失效故障的发生，实时检测齿轮传动结构的消隙功能是否失效不失为一种好方法。

[0045] 实施例1，检测南极大口径望远镜机械消隙失效故障的方法。参照图1-图4：齿轮传动结构的输入轴1-3和1-5，即为电机驱动轴，消隙齿轮1-2连接两个驱动轴，1-4和1-6分别为两个驱动轴的传递齿轮，1-1即为输出轴。在电机3的转子轴上并排安装旋变1和旋变2，两个的设计意图是其到备份作用。将旋变1和旋变2的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器9上，齿轮4和齿轮7分别为输入轴和输出轴齿轮，齿轮5和齿轮6为传递齿轮。将增量式编码器8安装在输出轴的端面处，增量式编码器8的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器9上，多轴运动控制器9通过以太网连接上位机10。读数头11、12、13、14均匀安装在增量式编码器7的周围，读数头11、12、13、14的接线端子经航空接头连接在多轴运动控制器9上。

[0046] 多轴运动控制器实时读取旋变和增量式编码器的位置信息，经数学运算即可精确求得该齿轮传动系统的传动角度比，若实时采集的输入轴和输出轴的位置信息经计算得出的望远镜在指向和跟踪状态下的传动角度比均相同，即可说明该齿轮传动结构机械消隙没有失效。

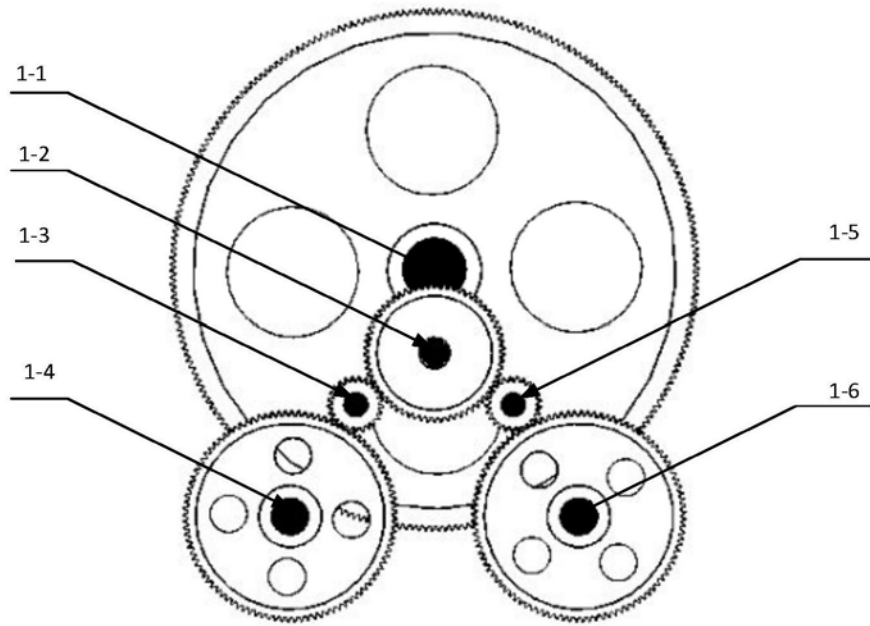


图1

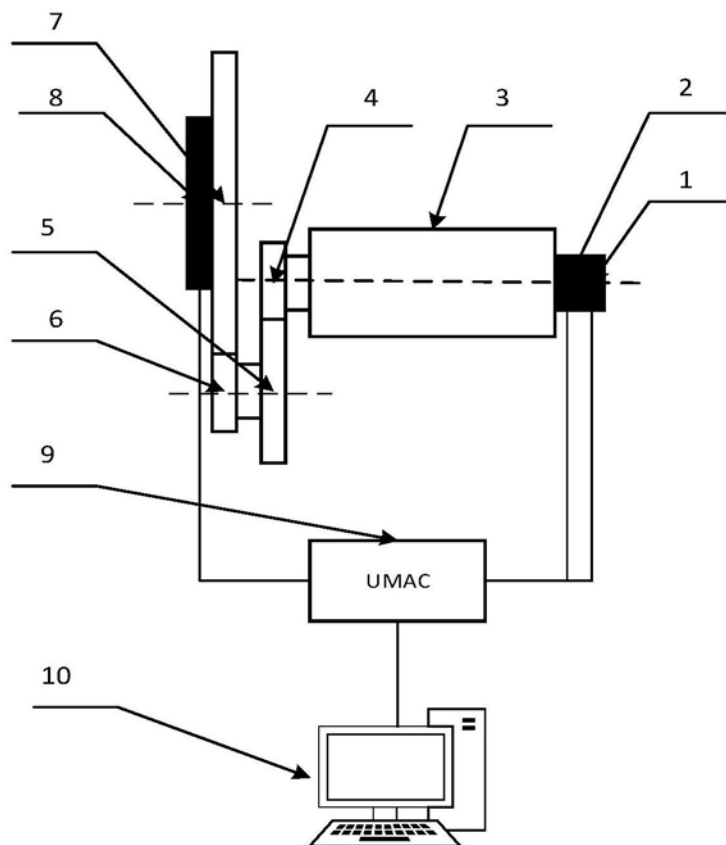


图2



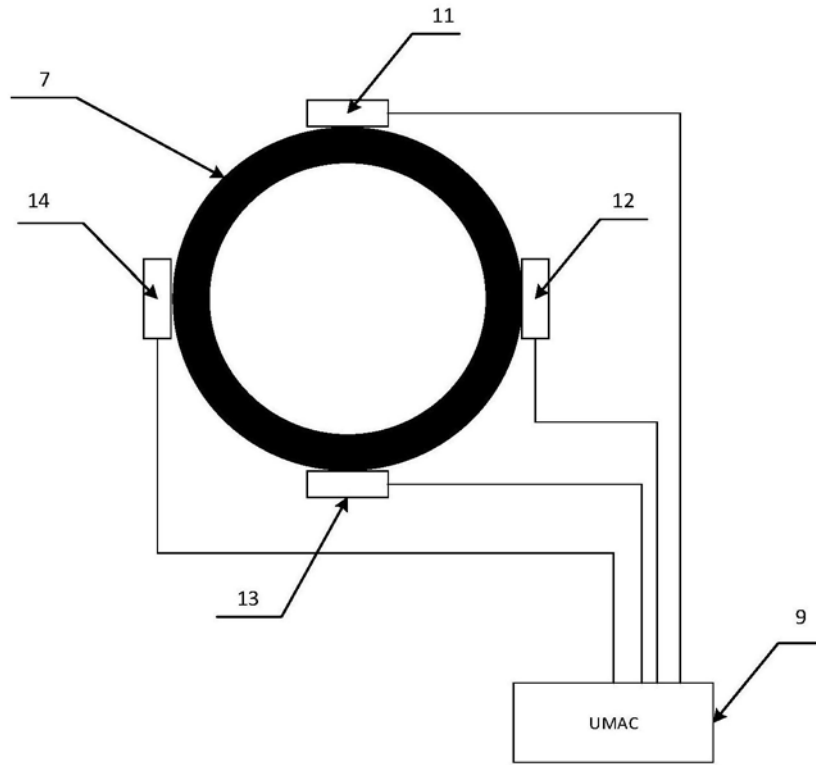


图3

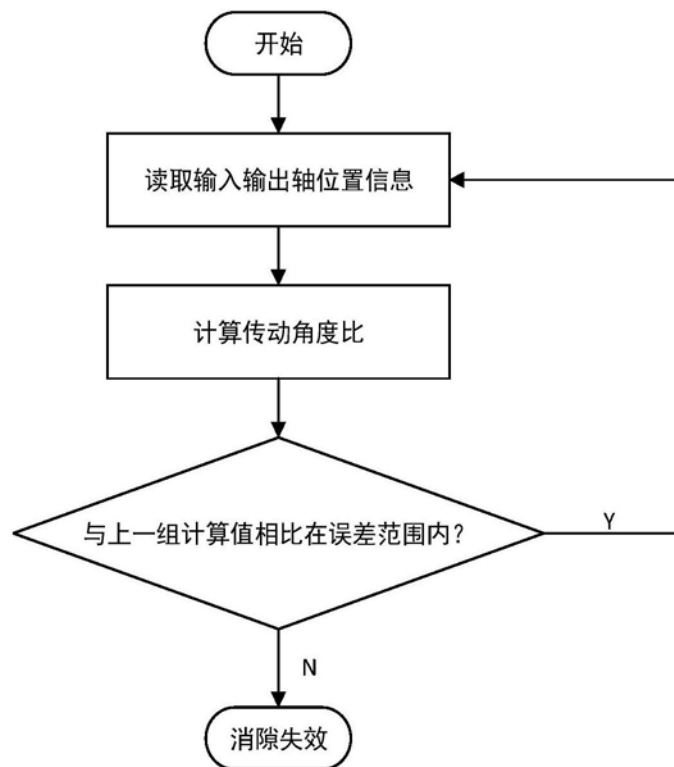


图4