

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101706612 A

(43) 申请公布日 2010. 05. 12

(21) 申请号 200910233343. 1

(22) 申请日 2009. 10. 20

(71) 申请人 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 王国民 张坤 杨世海 汪达兴

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 栗仲平

(51) Int. Cl.

G02B 23/00 (2006. 01)

F16H 13/00 (2006. 01)

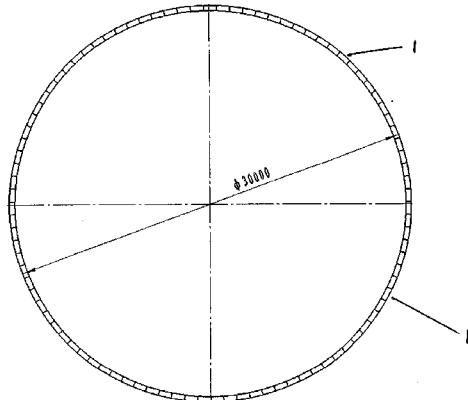
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统

(57) 摘要

适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系
统,设有摩擦盘与小摩擦轮,并设有正压力的实
时补偿机构,特征是,摩擦盘采用模块式的拼装结
构,组成该摩擦盘的模块数量设为 N,则每个模块
的外围长度为摩擦盘的周长除以 N;其中 N 的取值
是使每个模块的外围长度在 1 米左右;每个模块
的径向尺寸与摩擦盘的径向尺寸相同;每个模块
的厚度与摩擦盘的厚度相同;每个模块通过顶拉
螺钉组固定于安装底座上。本发明解决了外圆滚
动摩擦传动在极大天文望远镜上应用的两个关键
技术问题:超大直径摩擦盘的加工、安装调试以
及更换维修问题,与随负载波动实时补偿的超大
正压力的施加问题。提高了观测效率。电磁加力
机构容易控制,精度较高,能够满足观测时控制的
需要。



1. 一种适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,设有摩擦盘与小摩擦轮,并设有正压力的实时补偿机构,其特征在于,所述的摩擦盘采用模块式的拼装结构,组成该摩擦盘的模块数量设为 N,则每个模块的外围长度为摩擦盘的周长除以 N;其中 N 的取值是使每个模块的外围长度在 1 米左右;每个模块的径向尺寸与摩擦盘的径向尺寸相同;每个模块的厚度与摩擦盘的厚度相同;每个模块通过顶拉螺钉组固定于安装底座上。

2. 根据权利要求 1 所述的适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,其特征在于,所述的顶拉螺钉组的具体结构,由顶螺钉、拉螺钉和球面垫圈组成,顶螺钉通过螺纹与拼接模块相连,用来调节模块的相对位置;顶螺钉中间有通孔,拉螺钉通过顶螺钉的中孔连接于安装底座。

3. 根据权利要求 1 所述的适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,其特征在于,所述的模块与模块之间的拼接接缝成 45° 倾斜。

4. 根据权利要求 1 所述的适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,其特征在于,顶螺钉和拉螺钉之间留有数毫米的间隙。

5. 根据权利要求 1 ~ 4 之一所述的适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,其特征在于,所述的正压力的实时补偿机构采用电磁加力机构,该机构由铁芯、衔铁和二个空气隙组成;衔铁直接为驱动摩擦轮传动箱的侧板;铁芯上绕有线圈。

6. 根据权利要求 5 所述的适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,其特征在于,所述的电磁加力机构上设有降温和隔热装置。

适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统。通过本发明的这套滚动摩擦传动系统，能够解决滚动摩擦传动在极大天文望远镜上应用的两大难题：一是超大直径摩擦盘的加工、安装、调试、以及日后更换维修问题；二是随负载波动的超大正压力的动态补偿问题。与电机直接驱动相比，极大望远镜上如能采用摩擦传动，将会大大降低造价。对我国未来极大天文望远镜的研制有着重要的现实意义。

背景技术

[0002] 30米左右的极大望远镜是下一代地基天文望远镜的研制目标。目前国际上已有三个研究团组开展这方面的工作：美国的30米TMT项目；欧洲的42米E-ELT项目；以及以美国为主的25米的GMT项目。这些极大天文望远镜项目的传动系统考虑的主要是电机直接驱动方案。直接驱动方案在欧南台8米VLT望远镜和日本8.2米Subaru天文望远镜上得到应用。与摩擦传动相比，直接驱动没有中间传动环节，传动系统刚性好。但直接驱动方案成本较高，约为摩擦传动方案的10倍（10米级系统）。8米VLT望远镜驱动电机系统的造价约为300万欧元。可想而知，对于30米左右的极大望远镜，如用直接驱动系统，其造价将是非常的高。另外，直接驱动传动比只是1：1，而且属于超大惯量系统，控制系统要比摩擦传动困难。

[0003] 摩擦传动与直接驱动相比，除了在成本上有绝对的优势外，其实天文望远镜非常适合采用摩擦传动。国际上也有多架大型望远镜成功应用了摩擦传动，如美国10米Keck望远镜、8米Gemini望远镜、中国4米LAMOST望远镜等。摩擦传动与齿轮传动、蜗轮蜗杆传动相比，最大的弱点就是摩擦副表面容易打滑，为了避免这一问题，摩擦传动最理想的工作模式是：低速超低速、匀速或加速度很小、具有大尺度的摩擦盘能够实现足够大的传动比、驱动摩擦力矩和负载保持实时平衡。在这些要求中，前三项正是极大天文望远镜的工作特点。天文望远镜跟踪天上目标星的速度和加速度都很低，极大望远镜如果采用摩擦传动，其摩擦盘直径在30米左右，小摩擦轮直径取200毫米，则传动比高达150，而直接驱动的传动比只是1：1，这对控制系统的设计非常有好处。但天文望远镜在工作时，圆顶天窗是打开的，而极大望远镜的体积非常庞大，如30米TMT初步方案中，机架直径55.2米，总体高度50.56米，这么大的结构，在随机风载的作用下，引起的负载力矩波动也非常大。前面提及的Keck、Gemini、LAMOST等望远镜，摩擦传动系统中采用压缩弹簧施加正压力，这种方法对于极大望远镜而言，显然不再适用。因此，在极大天文望远镜中使用外圆滚动摩擦传动，存在两个关键问题需要解决：一是如何解决30米超大直径摩擦盘的加工、运输、安装调试以及更换维修？二是如何保证驱动摩擦力矩与波动负载的实时平衡，即如何施加随负载波动的超大正压力？都是现有技术没有解决的课题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术中存在的两个问题，提供一种适用于极大天文望远

镜的滚动摩擦传动系统,该系统使得摩擦传动能够在极大天文望远镜上得到应用,进而大大降低望远镜的造价,对极大天文望远镜的研制非常有意义。

[0005] 本发明专利要解决的技术问题主要有两个:

[0006] 一、超大直径摩擦盘的加工、安装调试以及更换维修问题

[0007] 以 30 米口径的极大天文望远镜为例,如果采用摩擦传动,望远镜方位摩擦盘的直径一般在 30 米左右。这么大的摩擦盘,如果采用整体结构,在加工、运输、安装以及现场调整方面都存在比较大的困难。更为重要的是,如果摩擦盘表面由于磨损等缺陷需要更换和维修,除了摩擦盘整体更换比较困难外,整个望远镜将不能继续工作,这对观测时间非常宝贵的天文望远镜而言,是一个非常大的问题。

[0008] 二、随负载波动实时补偿的超大正压力的施加问题

[0009] 滚动摩擦传动是主动轮通过由正压力产生的摩擦力矩带动从动轮旋转的。正压力过小,产生的摩擦力矩不足以很好的驱动负载,会引起宏观滑移,影响传动精度。正压力过大,会加速摩擦副表面和轴系支撑轴承的磨损,严重时会使接触副表面产生粘着磨损,降低传动性能。另外,正压力过大,在轴系刚性不够高的情况下会引起轴系的晃动,使得传动性能不稳定。因此,对于摩擦传动系统而言,驱动力矩和负载的平衡至关重要。但天文望远镜在工作时,圆顶的天窗是打开的,望远镜承受着风载的作用。风力的变化、风向的变化以及望远镜在跟踪过程中承风面积的变化都会使得作用在望远镜上的风载变化发生改变。另一方面,望远镜在跟踪过程中还有加速度的变化,也使得驱动负载发生变化。传统的弹簧加力法(如 Keck、Gemini、LAMOST 等望远镜上使用的)无法满足这种实时变化的要求。为了解决摩擦传动过程中负载波动的问题,本申请人 2007 年申请的中国 200710133241.3 号发明专利,采用的是一种实时修正系统。在那套系统中由补偿电机、滚珠丝杆、压缩弹簧和力传感器等元器件组成。这种结构对于中小型天文望远镜的摩擦传动系统比较适用,但对于 30 米口径的极大天文望远镜而言,存在两个问题,一是正压力的补偿量有限。10 米 Keck 望远镜方位驱动,被驱动负载重量约 180 吨,所施加的正压力为 1.27 吨。而 30 米极大望远镜方位转动部分的重量达 1670 吨,如果采用摩擦传动,正压力在 6.67 吨左右(摩擦盘直径以 30 米计算)。由于极大望远镜体积庞大,风载引起的变化也很大。且由于极大望远镜转动惯量非常大,虽然加速度不大,但由此产生的惯性力矩也很大。用上面的补偿机构难以实现。二是上面的补偿机构中由于采用了弹簧,使得系统的响应速度较慢。在需要很大补偿量的极大望远镜上无法满足响应速度要求。

[0010] 完成上述发明任务的技术方案是:一种适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统,设有摩擦盘与小摩擦轮,并设有正压力的实时补偿机构,其特征在于,所述的摩擦盘采用模块式的拼装结构,组成该摩擦盘的模块数量设为 N,则每个模块的外围长度为摩擦盘的周长除以 N;其中 N 的取值是使每个模块的外围长度在 1 米左右;每个模块的径向尺寸与摩擦盘的径向尺寸相同;每个模块的厚度与摩擦盘的厚度相同;每个模块通过顶拉螺钉组固定于安装底座上。

[0011] 以上方案解决了超大直径摩擦盘的加工、安装调试以及更换维修问题:极大天文望远镜如果采用摩擦传动,其摩擦盘直径在 30 米左右,如果采用整体结构,加工、运输和现场安装非常困难,即使有办法加工,这么大尺寸的工件,要达到摩擦传动表面粗糙度和圆柱度要求非常难。更为重要的是,如果摩擦盘由于过渡磨损需要维修,则需要把整个摩擦盘拆

下来,望远镜将不能工作,这对于观测时间非常宝贵的天文学家而言,将是一件不能容忍的事情。因此,本发明的模块式的拼装结构,每个模块的尺寸在1米左右,可在数控机床上批量加工,很容易保证摩擦面的粗糙度和圆柱度的要求。更为重要的是:如果某个模块由于过渡磨损需要更换,只要用备用模块把这个磨损模块换掉即可,不影响望远镜的正常观测,大大提高了望远镜的观测效率,这一点对于天文望远镜而言,非常有意义。

[0012] 本发明的优化方案可以解决随负载波动实时补偿的超大正压力的施加问题。其特征在于,所述的正压力的实时补偿机构采用电磁加力机构,该机构由铁芯、衔铁和二个空气隙组成。衔铁直接为驱动摩擦轮传动箱的侧板。铁芯上绕有线圈,衔铁和铁芯端面之间的间隙为 δ 。当绕在铁芯上的线圈中通入电流时,铁芯对衔铁产生电磁力。

[0013] 望远镜系统中用扭矩传感器实时检测被驱动负载的变化,并把这个实时变化值反馈给控制系统。控制系统根据这个变化以及摩擦副的摩擦系数,可以得到所需正压力的变化,根据正压力的变化和前面电磁力与电流的定标关系,控制系统通过实时改变线圈中的励磁电流,从而达到实时补偿正压力波动的目的,使得驱动力矩与负载保持实时平衡。闭环控制系统的原理与专利ZL200710133241.3相同。

[0014] 根据上面的分析,本发明采用响应快的电磁加力来解决超大正压力的实时补偿问题。电磁加力结构如图5所示,由铁芯、衔铁和二个空气隙组成。衔铁直接为驱动摩擦轮传动箱的侧板。铁芯上绕有线圈,衔铁和铁芯端面之间的间隙为 δ 。当绕在铁芯上的线圈中通入电流时,铁芯对衔铁产生电磁力,电磁力的大小可用下面公式表示:

$$[0015] F = \frac{B_\delta^2 S}{2\mu_0}$$

[0016] 式中: B_δ -气隙中的磁感应强度

[0017] μ_0 -真空导磁系数

[0018] 根据极大望远镜的实际负载,确定电磁加力机构的结构参数,如铁芯截面积、衔铁截面积、空隙 δ 值等。当这些结构参数确定后,电磁力可由通入励磁线圈的电流强度确定,即一个I确定一个 B_δ 对应的F。实际应用之前需要对电磁加力机构进行精确的定标,即得出电流I和输出力F之间的对应关系。望远镜系统中用扭矩传感器实时检测被驱动负载的变化,并把这个实时变化值反馈给控制系统。控制系统根据这个变化以及摩擦副的摩擦系数,可以得到所需正压力的变化,根据正压力的变化和前面电磁力与电流的定标关系,控制系统通过实时改变线圈中的励磁电流,从而达到实时补偿正压力波动的目的,使得驱动力矩与负载保持实时平衡。闭环控制系统的原理与专利ZL200710133241.3相同。

[0019] 电磁加力机构在工作过程中,由于所需的正压力非常大,所以,由此产生的热量也会很大。需要根据实际情况,考虑是否需要对电磁加力机构进行降温和隔热处理。这一部分通常安装在望远镜的底座上,隔热处理相对比较容易。可以采用现有技术中的降温和隔热装置。

[0020] 本发明解决了外圆滚动摩擦传动在极大天文望远镜上应用的两个关键技术问题,即,超大直径摩擦盘的加工、安装调试以及更换维修问题,与随负载波动实时补偿的超大正压力的施加问题。本发明的模块式拼装结构中的模块,可在数控机床上批量加工,很容易保证摩擦面的粗糙度和圆柱度的要求。模块很容易更换,不影响望远镜的正常观测,大大提高了望远镜的观测效率。电磁加力机构容易控制,精度较高,能够满足望远镜观测时控制的需

要。

附图说明

- [0021] 图 1 为本发明结构示意图；
- [0022] 图 2 中的 a、b、c 分别为顶拉螺钉组的剖视图、俯视图及调整方向示意图；
- [0023] 图 3 为顶拉螺钉组的局部放大图；
- [0024] 图 4 为模块的拼装方式示意图；
- [0025] 图 5 为电磁加力机构结构示意图。

具体实施方式

[0026] 适用于极大天文望远镜的滚动摩擦传动系统，拼装式摩擦盘结构如图 1 所示。以摩擦盘直径 30 米为例，整圈摩擦盘由 95 个模块 1 拼接而成。

[0027] 模块外围长度为 980 毫米，径向尺寸为 400 毫米，摩擦盘厚度 150 毫米，每个模块 1 通过 6 个特殊的顶拉螺钉组 2 固定于安装底座 3 上，如图 2 所示。这种顶拉螺钉组 2 的具体结构如图 3 所示。它是由顶螺钉、拉螺钉和球面垫圈组成，顶螺钉通过螺纹与拼接模块相连，用来调节模块的相对位置。顶螺钉中间有通孔，拉螺钉通过顶螺钉的中孔连接于安装底座。模块通过顶螺钉调整到位后，再用拉螺钉拉紧固定。

[0028] 通过图 2 中左右顶螺钉的调节，可以实现拼接模块在 Y 方向的平移和绕 Z 轴的倾斜调整。在顶螺钉和拉螺钉之间有几毫米的间隙，此间隙量的大小取决于模块实际所需的调整量。上面的球面垫圈用于补偿顶螺钉和拉螺钉之间的相对倾斜。同样，通过这些调整螺钉的组合调整也能实现模块绕图 2 中 X 轴的倾斜调节。模块在 XZ 平面内的平移和绕 Y 轴转动调整可通过顶螺钉和拉螺钉之间的间隙来实现。至此，完成了模块的六个自由度的调节。调整过程中，用仪表进行检测，保证 95 个模块拼接后共圆，从而形成一个完整的直径 30 米的摩擦盘。

[0029] 为了避免过接缝时的“突跳”，各个模块的接缝成 45° 倾斜，如图 4 所示。为了防止相邻模块发生干涉，模块在圆周长度方向的尺寸取负偏差，偏差的大小可根据主动摩擦轮的直径而定。如主动摩擦轮直径 200 毫米，则负偏差取 5 微米左右。

[0030] 本发明采用响应快的电磁加力来解决超大正压力的实时补偿问题。电磁加力结构如图 5 所示，由铁芯、衔铁和二个空气隙组成。衔铁直接为驱动摩擦轮传动箱的侧板。铁芯上绕有线圈，衔铁和铁芯端面之间的间隙为 δ 。当绕在铁芯上的线圈中通入电流时，铁芯对衔铁产生电磁力。

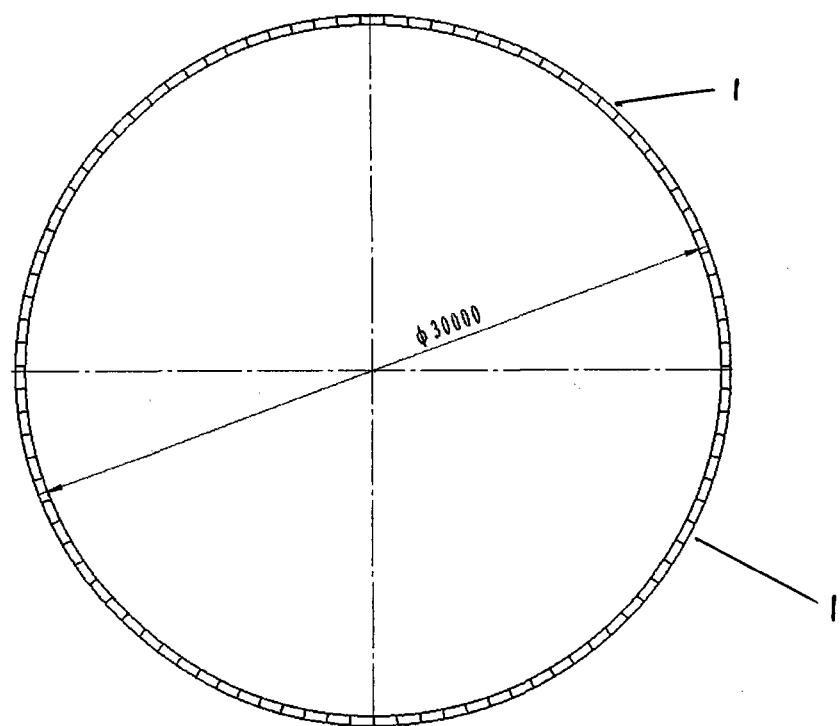


图 1

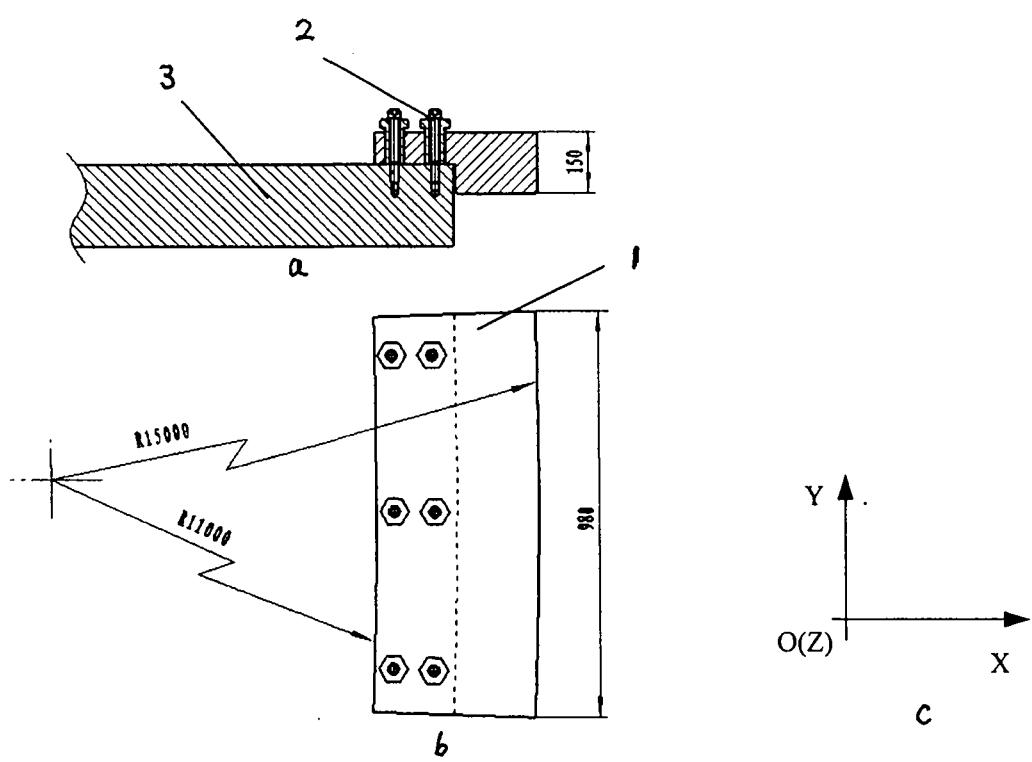


图 2

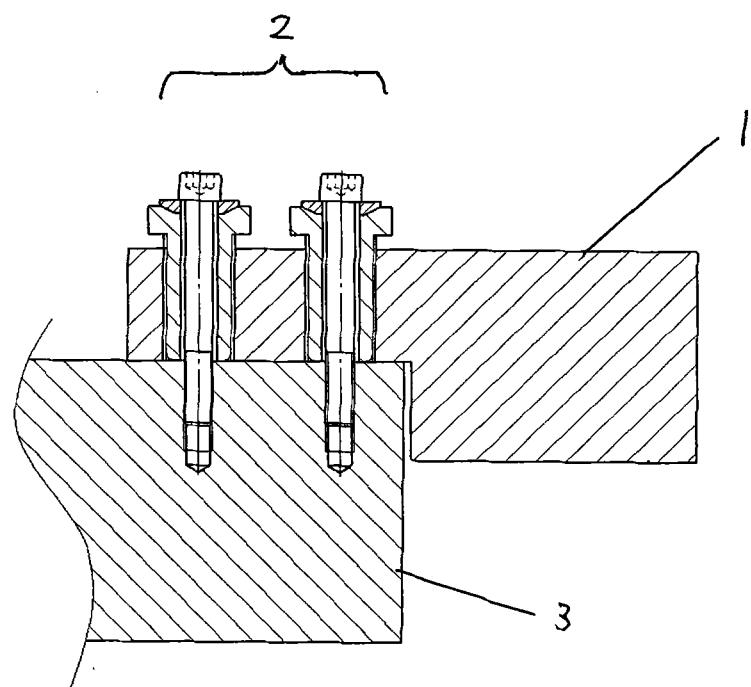


图 3

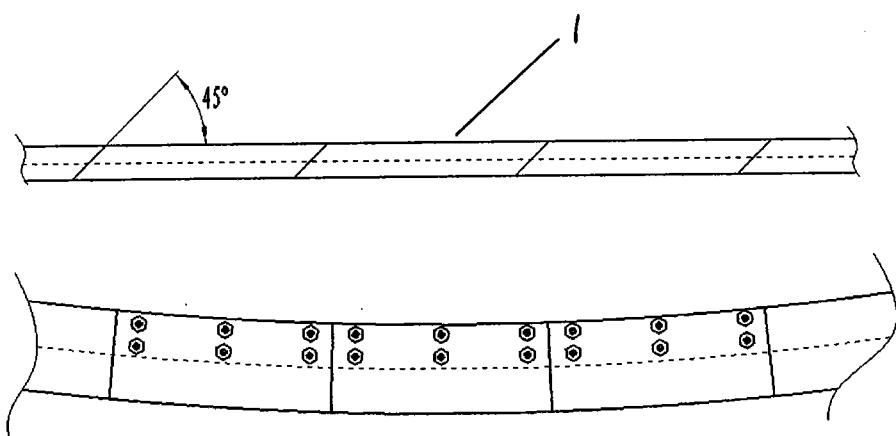


图 4

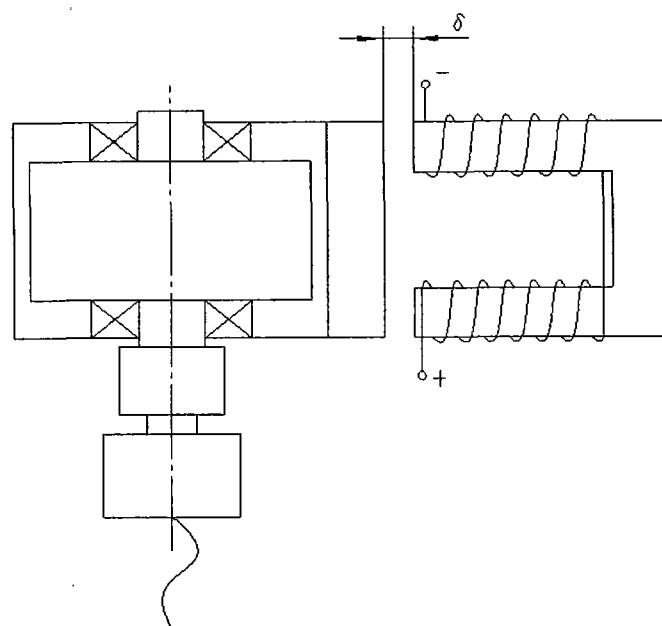


图 5