

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 7/14 (2006.01)

G01L 5/00 (2006.01)

F01D 17/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410078920.1

[45] 授权公告日 2008 年 3 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100376862C

[22] 申请日 2004.9.16

[21] 申请号 200410078920.1

[30] 优先权

[32] 2003.9.16 [33] US [31] 10/662321

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 P·J·埃森佐普夫

[56] 参考文献

US5509780A 1996.4.23

US6594555B 2003.7.15

审查员 金 波

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 周备麟 黄力行

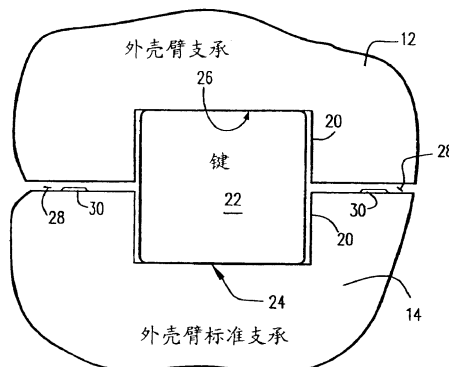
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

测量作用在涡轮壳体上的管道力的方法

[57] 摘要

说明一种通过下列说明的监视涡轮壳体(10)的偏移的方法: 将间隙传感器(30)安置在一个外壳标准支承(14)表面上, 和在该外壳臂支承(12)的相对表面下面; 监视该外壳标准支承表面和外壳臂支承之间的间隙(28)的每一个间隙传感器; 根据收集的数据, 确定在该时间段上的该外壳臂支承的平面斜率的变化(14), 其特征为, 该斜率的变化表示该壳体偏移。



1. 一种监测具有至少一个外壳臂部分(12)、一个支承键(22)和一个外壳标准支承(14)的涡轮壳体(10)的扭曲的方法,它包括:

a. 将多个灵敏的间隙传感器(30)安置在支承外壳臂部分(12)的外壳标准支承(14)的表面(24)上;

b. 使每一个间隙传感器(30)监测该外壳臂部分(12)和该外壳标准支承(14)之间的间隙(28),其中,该间隙(28)在该外壳臂部分(12)的表面(26)和相对的该外壳标准支承(14)表面(24)之间;

c. 在一段时间内收集有关该间隙尺寸的数据(42);

d. 根据所收集的数据(42),确定在该段时间内外壳臂斜率的改变(44),其中,该外壳臂斜率表明在一定的时间段内从该间隙传感器收集的数据;和

e. 报告在该段时间内该外壳臂斜率的改变。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征为,还包括将快速的该外壳臂斜率的改变(44)识别为表明在该壳体上管路负荷的明显改变。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征为,每一个间隙传感器(30)为非接触式电容测头。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征为,在一个外壳臂部分(12)和一个外壳标准支承(14)之间的一个间隙(28)中有至少三个间隙传感器(30),其中,该外壳臂部分(12)被固定在外壳上,并且该外壳标准支承被安装在涡轮基础上。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征为,该间隙传感器(30)被安置在外壳臂部分和外壳标准支承之间的键(22)的相对两侧上。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征为,该外壳臂斜率的改变(44)为该外壳臂斜率的平面改变。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征为,该外壳臂斜率的改变(44)为该涡轮壳体的外壳臂部分和外壳标准支承之间的一个平面的斜率改变。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征为,该多个间隙传感器(30)为至少三个非接触式探头(30),并且该外壳臂斜率的改变为由该三个间隙传感器确定的一个平面的斜率改变。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征为, 该三个探头 (30) 围绕着一个外壳臂部分和一个外壳标准支承之间的键 (22) 安置。

10. 一种监测具有至少一外壳臂部分 (12)、键 (22) 和外壳标准支承 (14) 的涡轮壳体 (10) 的扭曲的方法, 所述方法包括:

- a. 将至少三个间隙传感器 (30) 安置在该外壳标准支承的表面 (24) 上和该外壳臂部分下面;
- b. 使每一个间隙传感器监测该外壳臂部分和该外壳标准支承之间的一个间隙 (28);
- c. 在一段时间内收集有关外壳臂斜率的改变 (44) 的数据;
- d. 在该一定的时间段内, 检测该外壳臂斜率的改变; 和
- e. 根据该外壳臂斜率的改变, 确定该壳体是否过度挠曲。

测量作用在涡轮壳体上的管道力的方法

技术领域

本发明涉及在涡轮装配过程中和起动与停止的瞬间作用在蒸汽涡轮壳体上的管路负载改变的检测。

背景技术

在涡轮起动过程中，因为通过连接管路的蒸汽流动使该管路产生热膨胀或收缩，因此，作用在该壳体上的反作用负荷改变。这种负荷改变可使该壳体偏转和移动（集中地称为“偏移”）。该涡轮壳体的偏移可造成密封损坏，因为径向蒸汽流动对密封的摩擦增加蒸汽的泄漏流量和降低涡轮的效率。

蒸汽涡轮内的密封一般包括在静止零件上的许多齿，这些静止零件与转子孔和涡轮叶片盖上的接合区交错排列。为了减少蒸汽泄漏，该静止和回转密封件之间的径向间隙设计得尽可能窄。该壳体的偏移可造成回转零件与该静止密封接触。回转零件和静止密封之间的接触会损坏密封，造成蒸汽泄漏增加。

在装配或涡轮工作过程中，由于管路连接，在该壳体上可能产生过大的力。如果在装配蒸汽涡轮过程中，不遵循推荐的安装过程，则可能在该涡轮壳体上产生过大的冷力。在涡轮起动和停止的瞬态过程中，由于管路系统和该蒸汽涡轮的热膨胀，在该涡轮壳体上可以产生过大的和变化的力。管路和壳体之间的膨胀差异将力，力矩和扭矩加在该壳体上，这会使该壳体的外壳偏转和移动。

在涡轮瞬态工作过程中，过大的管路负荷也可使该涡轮壳体偏转和移动。在瞬态过程中足够大的管路负荷可造成回转零件（例如涡轮叶片盖）和静止密封之间的径向可控制的间隙消失。径向可控制间隙的消失的后果是该回转室和静止密封之间可能产生摩擦。径向摩擦将增加通过该密封的蒸汽泄漏。因此，过大的管路负荷可以损坏回转和静止零件之间的密封，使涡轮的性能变坏。

测量内互相连接的管路加在涡轮壳体上的力、力矩和扭矩的当前的方法不精确，而且实行起来成本昂贵。例如，安装在与壳体连接的

单个-管路上的应变仪系统的精度和精确性有限。未经处理的应变仪信号一般需要温度、湿度、压力改变，管路横截面不均匀，扭转和其他因素的修正因子。另外应变仪测量由单个管路加在涡轮壳体上的力，并且不能直接测量壳体的偏移。该壳体的偏移是由于使该壳体作非线性变形的多根管路的力引起的。要从单个应变仪测量中推导该涡轮壳体的偏移必需进行复杂的分析。

长期以来就需要能精确测量由互相连接的管路作用在该壳体上的力、力矩和扭矩产生的涡轮壳体的偏移的技术。需要这种技术来确认在涡轮装配以及起动和停止瞬态过程中，管路不将过大的力、力矩和扭矩作用在该涡轮壳体上。为了辨识过大的管路力的出现，也需要这种技术。一旦辨识出这些过大的管路力，则必需采取校正动作。该所希望的技术应检测何时将过大的管路力和扭矩加在该涡轮壳体上，从而可造成涡轮中的回转零件和静止密封之间的径向可控制的间隙消失。

发明内容

根据本发明，提供了一种监测具有至少一个外壳臂部分、一个支承键和一个外壳标准支承的涡轮壳体的扭曲的方法，它包括：a. 将多个灵敏的间隙传感器安置在支承外壳臂部分的外壳标准支承的表面上；b. 使每一个间隙传感器监测该外壳臂部分和该外壳标准支承之间的间隙，其中，该间隙在该外壳臂部分的表面和相对的该外壳标准支承表面之间；c. 在一段时间内收集有关该间隙尺寸的数据；d. 根据所收集的数据，确定在该段时间内外壳臂斜率的改变，其中，该外壳臂斜率表明在一定的时间段内从该间隙传感器收集的数据；和 e. 报告在该段时间内该外壳臂斜率的改变。

根据本发明，还提供了一种监测具有至少一外壳臂部分、键和外壳标准支承的涡轮壳体的扭曲的方法，所述方法包括：a. 将至少三个间隙传感器安置在该外壳标准支承的表面上和该外壳臂部分下面；b. 使每一个间隙传感器监测该外壳臂部分和该外壳标准支承之间的一个间隙；c. 在一段时间内收集有关外壳臂斜率的改变的数据；d. 在该一定的时间段内，检测该外壳臂斜率的改变；和 e. 根据该外壳臂斜率的改变，确定该壳体是否过度挠曲。

附图说明

图 1 为蒸汽涡轮壳体的一半部分的图；

图 2 为由一个外壳臂、一个键和一个外壳标准支承组成的一个外壳臂支承结构的区域放大侧视图，在该标准支承上安装着用于监视在该键的每一侧上的外壳臂间隙变化的测头；

图 3 为安装在该键的二个侧面上，用于提供平面的斜率改变信息的外壳臂间隙改变监视工具放大的平面图；

图 4 为在涡轮工作过程中收集的、和与该涡轮壳体有关的示例性外壳臂偏移数据的图。

具体实施方式

开发了一种可以精确地、可靠地和以较低的成本测量涡轮壳体的偏移的方法。该方法对于监视由互相连接的管路加在该壳体上的力，力矩和扭矩引起的壳体偏移（例如壳体的扭转和移动）特别有用。由于管路和其他力源产生的反作用力引起的涡轮外壳的偏移可通过使用灵敏的间隙测量工具，测量每一个外壳臂支承的斜率改变，来监视。为了监视壳体偏移和加在该壳体上的管路负荷，监视和测量该外壳臂和外壳标准支承之间的间隙的改变是一种廉价和可靠的方法。

要被测量的该间隙的改变存在于安装在该外壳标准支承上的测头和每一个外壳臂支承的下侧之间。在该键的一个侧面上的二个位管和在与该键相对一侧的一个位置上测量的间隙改变，提供了该外壳臂支承的下侧的平面斜率的改变的信息。该外壳臂表面斜率的改变，表示管路力，力矩和扭矩如何使该壳体变形。

测量的外壳臂斜率的改变还提供了可用于辨识引起壳体偏移的特定的管。将外壳臂平面斜率的改变与时间的关系作成图形可显示由互相连接的管路产生的加在壳体上的力、力矩和扭矩随时间的改变的信息。

这里所述的方法不需要直接测量管路力或负荷。该方法可以测量在外壳臂上的该壳体外壳的最终偏移。该外壳臂的相对偏移表示由与该壳体连接的互相连接的管路所加的所有力，力矩和扭矩的总和。因此，通过监视该外壳臂和该外壳标准支承之间的间隙的改变，可以确

定在该涡轮外壳上的互相连接的管路的力，力矩和扭矩。

图 1 表示一个蒸汽涡轮壳体 10 的示例性设计的横截面。该壳体包括外壳臂支承 12（见图 2），它们每一个由一个键 22 和一个外壳标准支承性支承。每一个外壳包括 4 个支承臂 12（GER=发电机右端，GEL=发电机左端，TER=涡轮右端，TEL=涡轮左端）。键 22 分别通过表面 26 和 24 将垂直负荷从该外壳臂支承 12 传送至该外壳标准支承 14。该键还通过侧表面 20 将轴向负荷从该外壳臂支承 12 传送至该外壳标准支承 14。与该壳体连接的蒸汽管路包括的再热蒸汽管路 13，主要蒸汽管路 15，低压蒸汽进入管路 17 和冷的再热蒸汽管路 19。

图 2 为该支承臂和键的一部分的示意性侧视图。图 3 为该外壳臂标准支承 14 的示意性从顶部向下看的视图。每一个外壳臂标准支承 14 具有一个键槽 20，当对准时，可允许插入一个矩形键 22。该键放在该外壳标准支承 14 的槽的下表面 24 上。该键 22 的上表面 26 形成该外壳臂 12 的一个支承。该键的高度设计成可在该外壳臂支承和该外壳标准支承之间形成一个子间隙 28。这个间隙大约为 0.20-0.45 英寸（0.508-0.635 cm）。

安置在该间隙 28 中的非接触式的测量测头 30（例如电容测头），可灵敏地连续测量该测头和该外壳臂支承的下侧之间的间隙改变。三个非接触式间隙测定测头 30 可以安置在该间隙 28 中，在该外壳标准支承 14 的表面上，其中二个测头在该键的一个侧面上，而一个测头在相对的侧面上。该间隙测量测头 30 以已知的距离彼此隔开安置，并围绕着该外壳臂键 22 排列。在该外壳臂之间的间隙中的三个测头提供足够的确定该平面斜率变化的数据。为此需要轴向斜率改变的数据时，可以使用安装在该键相互侧面上的测头中的二个测头装置。

在第一次起动涡轮之前，测量和记录涡轮装置周围的温度。另外，将三个标定的非接触式间隙测量测头 30 插入该间隙 28 中。二个测头可以安放在该键 22 的一个侧面，而另一个测头安放在该键的相对的侧面上。该三个测头形成与该间隙 28 相关的平面。利用从该三个测头的初始读数建立该外壳臂支承的基线斜率。这个基线斜率用作所有将来测量的基础，使得可以连续地监视斜率改变的大小和方向。

该测头与一个数据采集装置 32（例如蒸汽涡轮的计算机控制器）连接。在包括起动，稳态，负荷改变，停止和涡轮停止后的冷却的涡

轮工作过程中，每一个该间隙测量测头 30 检测该间隙 28 的宽度的变化。收集从传感器得出的数据，将时间标明和存储在该数据采集装置的电子存储器中。存储该时间和间隙数据，并送至该控制器，以便接着确定该间隙宽度的改变。该数据提供有关间隙 28 的尺寸（例如宽度）的精确的绝对信息。数据是从安置在每一个该涡轮外壳臂的标准支承 14 上的三个或多个间隙传感器上收集的。从该多个传感器收集的数据时间上是相关的。

利用从该三个测头给出的初始读数来建立该外壳臂支承的基线斜率。这个基线斜率用作所有将来测量的基础，使得可以连续地监视斜率改变的大小和方向。以后，该外壳臂支承的平面斜率改变表示该壳体的偏移。该外壳臂支承的平面斜率的突然改变表示在该壳体上存在改变的管路力，力矩和扭矩。

由于管路系统负荷造成该壳体的偏移改变在每一个涡轮支承上的反作用力，并且本身表示在每一个臂上的外壳臂斜率的改变。利用该三个传感器中的每一个传感器测量该间隙的变化，可以检测该外壳臂支承斜率的改变。与测头之间的已知间隔有联系的该数据形成确定该外壳臂的斜率改变的足够数据。该外壳臂支承斜率的改变表示该外壳臂偏移的大小和方向，因而也是由该管路系统所加的力、力矩和扭矩引起的涡轮壳体偏移的大小和方向。

图 4 为表示从一个涡轮随着时间推移和该涡轮工作上时收集的示例性数据的图形 40。该数据可以周期性地（例如每一秒或每一分钟）收集，并存储在该数据采集装置孔中。该数据采集装置的一个处理器可以连续地分析该数据，以确定每一个外壳臂支承的平面斜率的改变。通过监视在该涡轮工作过程中的这些斜率的改变，可以检测该壳体的偏移的改变。该壳体偏移的改变可以表示要加在该涡轮壳体上的过大的管路负荷。

该图 40 包括二个 HP 入口外壳臂支承以及其他起动参数（例如速度（RPM），负荷（MW），输入蒸汽温度（F），HP 辊筒温度（F）和轴向外壳膨胀（密耳））的斜率改变的线图形 42。该线图表示与初始的基线值比较，斜率随时间而改变。斜率的快速改变（例如在右臂斜率增加，而左臂斜率减小的点 44）表示管路系统将一个扭转力加在该壳体上。该间隙平面的斜率的改变很好地说明管路连接负荷已经改

变，特别是当其他涡轮状态（例如，速度（RPM），负荷（MW），输入蒸汽温度（F），HP 转筒温度（F）和轴向外壳膨胀（密耳）改变时更如此。外壳臂斜率改变的原因可以不是由于管路负荷使该壳体偏移。外壳臂斜率改变可以由下列因素引起：（i）互相连接的管路力，力矩和扭矩的改变，（ii）由于通过该涡轮的蒸汽流动造成的在该外壳上的蒸汽流动反作用力，（iii）在涡轮外壳上的冷凝器真空负载力改变，（iv）由于涡轮温度改变和周围温度改变引起的外壳热扭曲，（v）当该臂的金属温度升高时，由弹性模量的减小造成的外壳臂软化；和（vi）轴向膨胀作用，为了定量分析主要由互相连接的管路所加的负荷引起的壳体偏移，必需从该间隙数据中除去其他因素的作用。用于隔离不是管路负荷的因素的作用的一个工艺过程在下面提出，但该过程还未在实际中使用。

在该外壳上的蒸汽反作用力与通过该涡轮的蒸汽流量成比例。蒸汽反作用力的方向也是可以预测的。一个函数（例如线性函数）可以作为对通过该涡轮的蒸汽流动体积的函数的响应，模拟蒸汽反作用力。可以利用这个函数来估计在该外壳上的蒸汽反作用力。另外，假设当蒸汽反作用力增加或减小时，该壳体外壳臂支承将线性地变形。通过假设蒸汽反作用力与蒸汽流量为线性关系，则可以计算该反作用力对外壳臂斜率的影响，并从该间隙测量测头 30 的原始数据集中减去该影响。

冷凝器真空负荷力与真空负荷成比例，该真空负荷可以连续测量。可以确定真空负荷力对该外壳臂斜率的影响，并从测头 30 的原始数据集中减去该影响。利用连续收集的外壳温度数据，计算外壳热扭曲和轴向膨胀对外壳臂斜率的影响。该外壳的计算机模拟可将该外壳扭曲对外壳臂斜率的影响从测头 30 的原始数据集中减去。

利用从外壳臂和建立的材料性质表得出的热电偶数据，考虑外壳臂热软化的影响，以预测由于臂软化引起的该外壳臂的偏移。连续地监视该涡轮外壳的轴向膨胀、利用这个数据和外壳的计算机模型，可以计算轴向膨胀对外壳臂斜率的影响，并从原始数据集中减去，只留下由于管路力，力矩和扭矩引起的斜率改变。利用计算机模型，可以建立传递函数，来定量分析产生外壳臂斜率改变变化程度所需要的力的大小。利用涡轮外壳的计算机模型和连续收集的外壳温度数据，可

以将热扭曲影响从该数据集中减去。

利用由热电偶连续收集的外壳温度数据和该涡轮外壳的计算机模型，可以将外壳热扭曲对外壳臂斜率的影响从该数据集中减去。利用由热电偶连续收集的排气压力数据和该涡轮外壳的计算机模型，可将真空负荷对外壳臂斜率的影响从该数据集中减去。利用由热电偶连续收集的外壳臂和外壳臂的键的温度数据，可以预测外壳臂的热软化（由于弹性模量改变造成），将该热软化预测（由于弹性模量改变引起）从该数据集中减去。

虽然已结合目前认为是最实际和优选的实施例说明了本发明，但本发明不仅限于所述的实施例，相对，在所附权利要求书的精神和范围内，涵盖各种改进和等同的变化。

零件清单

- 10 蒸汽涡轮壳体,
- 12 外壳臂支承,
- 13 热的再热蒸汽管路,
- 14 标准支承,
- 15 主要蒸汽管路,
- 17 低压蒸汽进入管路,
- 19 冷的再现蒸气管路,
- 20 键槽,
- 22 矩形键,
- 24 支承中的槽的下表面,
- 26 键的上表面,
- 28 该上部和下部外部的臂之间的小间隙,
- 30 间隙测量测头,
- 32 数据采集装置,
- 40 间隙平面数据图,
- 42 斜率改变的曲图,
- 44 线斜率的快速改变。

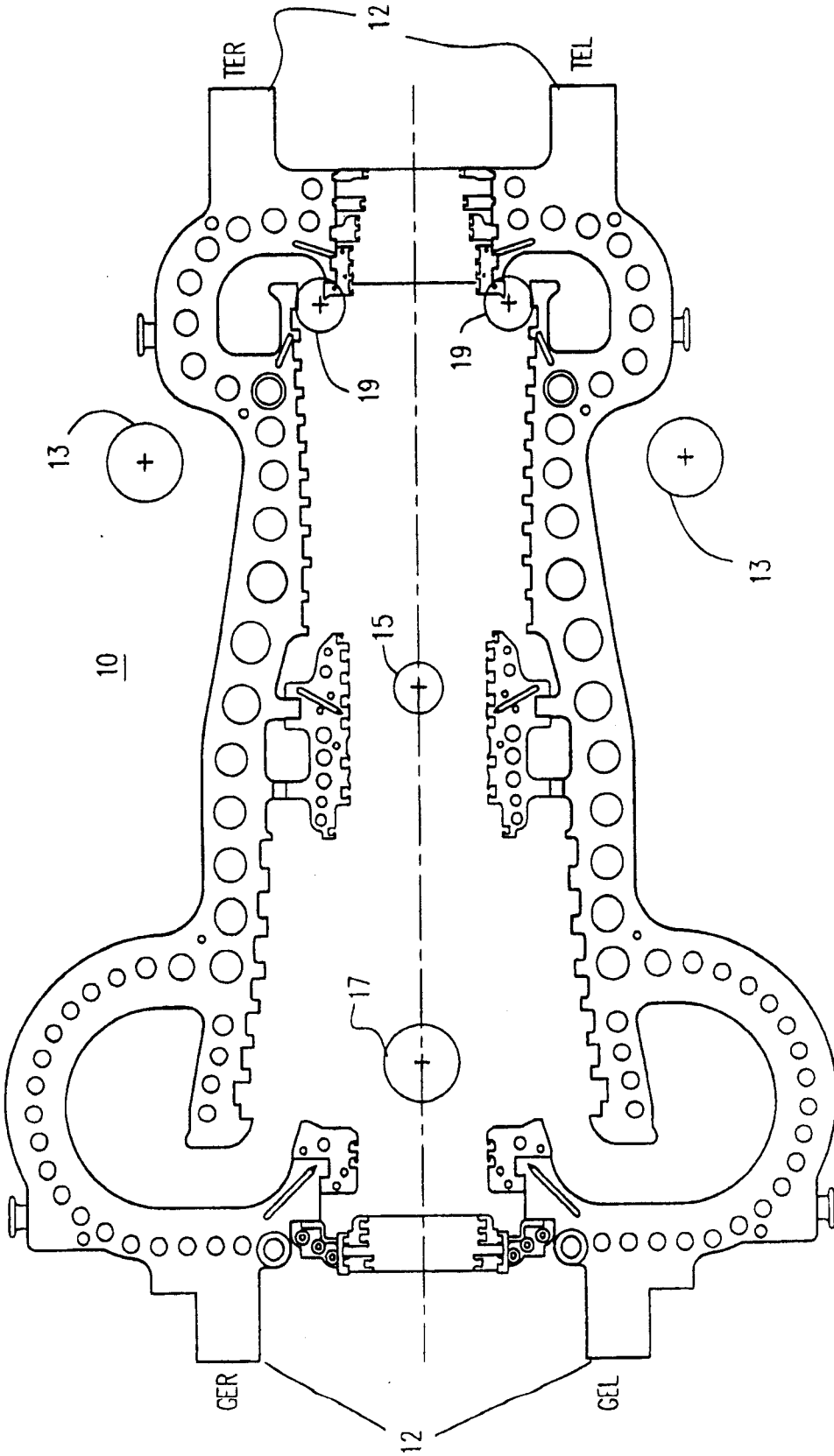


图 1

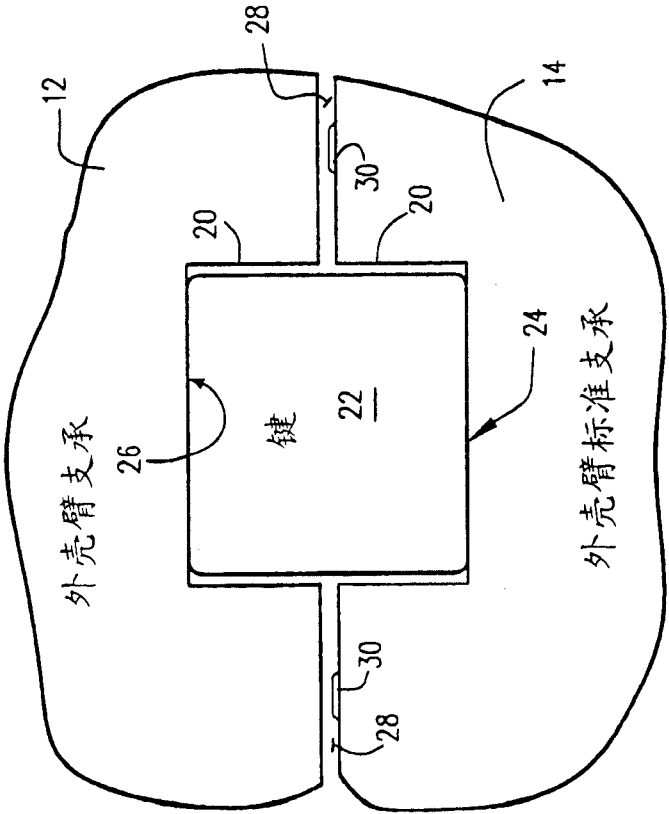


图 2

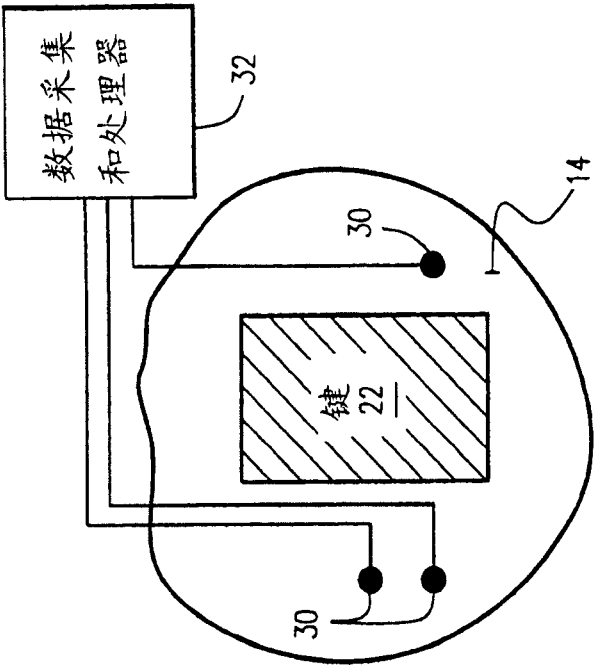


图 3

