



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91102758.0

[51]Int.Cl⁵

F01D 5/14

[45]授权公告日 1994 年 9 月 7 日

[24]颁证日 94.6.29

[21]申请号 91102758.0

[22]申请日 91.4.29

[30]优先权

[32]90.5.2 [33]US[31]517,861

[73]专利权人 西屋电气公司

地址 美国宾夕法尼亚

[72]发明人 阿斯霍克·特·帕特尔

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商

标事务所

代理人 郑中军

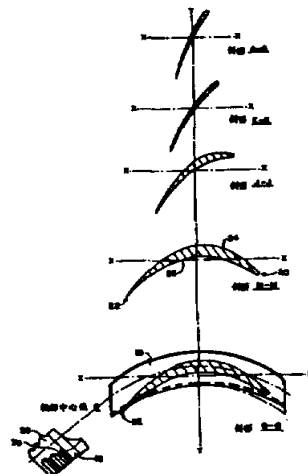
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 一种涡轮转子叶片

[57]摘要

一种涡轮转子叶片，其基部的翼部后缘在垂直方向非常接近于最外根颈，从而使导致叶片根部断裂的后缘外伸量减至最小。



权利要求书

1.一种涡轮转子叶片,包括:

一个翼部,它具有一个前缘、一个后缘、一个负压侧表面、一个压力侧表面、一个位于一端的顶部,以及一个位于另一相对端的基部;

一个平台部分,翼部从此处向外伸出;

一个根部,它从平台部分朝着与翼部相对的方向伸出,并具有多个根颈,其中包括一个最外根颈;

其特征为,基部处的翼部后缘在垂直方向非常接近于最外根颈,从而使后缘外伸量减至最小。

2.根据权利要求1所述的涡轮叶片,其特征为,所述后缘覆盖在所述最外根颈上面。

3.根据权利要求1所述的涡轮叶片,其特征为,所述翼部的负压侧表面具有一个从后缘延伸出的平背部分。

4.根据权利要求3所述的涡轮叶片,其特征为,所述平背部分的相应长度从所述基部到顶部不断增加。

5.根据权利要求4所述的涡轮叶片,其特征为,在所述顶部,平背部分相对于一个垂直于转子轴线的平面的角度约为 4° 。

6.根据权利要求1所述的涡轮叶片,其特征为,最外根颈的直径约为4cm。

本发明涉及涡轮机叶片的设计,尤其是涉及一种经过改进的具有良好机械可靠性的独立式涡轮叶片。

一台汽轮机包括低压、中压和(或)高压汽轮构件,这些构件组合在一起,产生单一的功率输出。每台汽轮机都具有一个转子,转子上有许多安装在沟槽中的转子叶片。通常,在一排上的叶片彼此相同。每排转动叶片从转子外表面向外沿径向伸出,各排叶片互相隔开一排上的转动叶片与其它排叶片的形状各不相同。最明显的是每排或者说每级转动叶片的长度随着在转子上的位置不同而改变。

每个转动叶片,不管它是在哪一排上,都具有一个翼部和一个基部,所述翼部从转子向外径向延伸,而所述基部用来将叶片安装在转子上。基部又包括一个根部和一个平台,所述根部固紧在为一排

中每个叶片提供的一个安装沟槽中,所述平台是在翼部的贴近端整体地做出的。在翼部的末端具有一个顶部,翼部从所述贴近端到末端呈现一个扭曲的外形,其侧壁也可以是平行的。有时,在顶部还具有围带,此围带可以是单独加上去的,也可以是做成整体的。

在转子周围同轴地安装着一个静止的缸,缸内壁装有许多静止叶片。这些叶片排列成行,当缸与转子组装之后,成排静止叶片与成排转动叶片交替放置。尽管所有静止叶片均有一个翼部,但是在一排上的静止叶片与其它排的静止叶片的形状是不同的。一些静止叶片上具有一个由根部和平台组成的基部,而其它静止叶片的翼部直接焊在叶片环上,没有根部或者平台。

每个静止叶片的根部可能具有一个侧槽口,当根部装入沟槽中之后,所述槽口与一个环状凹槽匹配。侧槽口与环状凹槽形成缸和根部的共有间隙,用填隙材料充满这个间隙之后,缸和根部就互相连接在一起。

在转子上做出的安装转子叶片的沟槽,其几何形状通常要比静止叶片安装沟槽复杂。此外,转动叶片根部和转子与静止叶片的相应根部比较,所承受的应力要大得多。

一些涡轮机的涡轮转子叶片安装在轴子的“侧进”沟槽中。安装之后,转子叶片从转子向外沿径向排伸出,围绕着转子环形排列。在这里,不再用一个单独的环形沟槽来安装一排中的多个转子叶片,用于一排转子叶片的侧进沟槽是一系列等距离隔开的侧进沟槽,此系列中的每个侧进沟槽供此排中的每个转子叶片所用。通常,这些侧进沟槽是等距离隔开的,但有时为了便于安装转子叶片,间距是变化的。

一个典型的侧进沟槽从转子外表面开始,呈开口状,然后向内朝着沟槽底部逐渐变窄。从开口到沟槽底部的沟槽的相对侧壁上对称地做出一系列起伏。一个相应涡轮叶片的典型的根部,其形状与所述沟槽的形状基本相符。所述起伏形成一系列相互锁紧的台阶。起伏状的侧壁使根部能插入转子的径向沟槽中。转子沟槽和叶片根部的最终形状很象一棵颠倒的枞树或者说尖塔。

在一个侧进沟槽中,根部被推入一个与涡轮转子轴线基本平行的沟槽中,因此能获得相互锁紧。

根部和沟槽的公差要求都很严格。根部的接触表面形状公差范围沿着其轮廓通常在万分之一到万分之五英寸范围内变化。而沟槽的接触表面形状公差范围沿着其轮廓约在 0.015~0.025mm 范围内变化。总之，由于根部和沟槽之间需要精确配合，两者之间的间隙很小。

即使有特殊要求，一般也不愿改变转子根部和沟槽形状。因为这要耗费几个月甚至几年的时间进行精确计算。有时，转子叶片根部和沟槽轮廓稍有变化，就会导致叶片或者转子性能的严重下降。可见，根部和沟槽之间的配合要求严格，改变它们（或其中之一）的外形是不明智的。

通常，一个侧进转子叶片的根部固定在一个形状与其基本相同的沟槽之中，这是为了使与运动流体泄漏有关的损失最小。在高温运行情况下有进出现例外，这时在根部底部和沟槽底部之间做出间隙，以便提供冷却介质通过的通道。

树状叶片根部以及它们相应的安装沟槽，分别在靠近翼部以及转子体处最宽，在相对端则最窄。这样做是为了最有效地利用将荷载从叶片传递到转子的材料，并提供较大的圆角半径，使应力集中效应最小。

动力发生装置需定期更换涡轮叶片。用户经常要求，通过改装具有高性能的叶片来使动力发生装置得到改进。当今市场十分强调，更换运动装置上的叶片，以便延长寿命、改善热性能和可靠性。此外，目前的涡轮机设计也需要可靠性和热性能良好的改进型式。

在 US-4, 919, 593 号的美国专利中公开了一种改进型涡轮转子叶片，其长度比用于涡轮机转子组件的普通叶片长，这种改进型叶片包括翼部，它有一个前缘，一个后缘，翼部有一个负压侧表面，一个压力侧表面。翼部的压力侧表面相对于翼部的负压侧表面，叶片还有一个根部，用来将叶片装入相应的转子槽中。叶片还有一个平台部分，形成在根部的上端。

业已发现，在脉冲载荷运行期间，目前所用的独立式叶片的根颈会发生断裂。这些根部断裂是由于反复的开动和停机循环而造成的。根部或者说尖端产生断裂的一个基本原因是后缘相对于根颈“外伸”在图 1 中用距离 A 表示出后缘的外伸量，所述 A 是一个叶片基部后缘 10 与由最上根颈确定的根

部区域轮廓 12 之间的距离。图 2 是一个包括剖面和侧立面图的综合图。其中也画出了所述区域。在图 2 中可以看出根部 14 和最上根颈 16。图 2 叶片与图 1 叶片的外形稍有不同，其后缘外伸更加明显。

图 3 是一张重迭式图，表示出叶片的剖面 A-A、E-E、J-J 和 M-M。还表示出基部剖面 Q-Q，所述剖面 Q-Q 反映出平台 18 与这个特殊剖面之间的关系。

图 3 中的各个剖面，表示出叶片从基部 (Q-Q)，到顶部 (A-A) 的轮廓。每个剖面中都包括该叶片的基本组分：前缘（进气边）20、后缘（出气边）22、凸出的负压侧表面 24 以及凹入的压力侧表面 26。在剖面 Q-Q 的左侧画出根部 28，为了便于说明起见，在根部 28 上画出一条根部中心线，此中心线所在的垂直对称面将根部 28 二等分。虽然图 3 中后缘 22 离平台 18 的边缘不远，但它相对于最外根颈 30 的位置仍被认为是危险的。

本发明的基本目的是提供一种热性能和可靠性均得到改进的涡轮叶片设计，当经受反复的起动和停机循环时，涡轮叶片根部的根颈中不会发生断裂。

为此，本发明的一个涡轮转子叶片包括一个翼部、一个平台部分以及一个根部，所述翼部具有一个前缘、一个后缘、一个负压侧表面、一个压力侧表面、一个位于一端的顶部以及一个位于另一相对端的基部；翼部从平台部分向外伸出；而所述根部从平台部分朝着与翼部相对的方向伸出，并具有多个根颈，其中包括一个最外根颈，其特征为，翼部的后缘基部在垂直方向非常接近于最外根颈，从而使后缘外伸量减至最小。

下面结合附图用举例的方法对本发明的一个最佳实施例进行解释，使本发明变得更加明显。附图中：

图 1 是一个现有技术涡轮叶片的基本部剖视图，表示出后缘外伸量；

图 2 是另一个现有技术涡轮叶片的基本部剖视图，以及该叶片根部的一个端视图；

图 3 是一个重迭式剖面图，表示出一个现有技术涡轮叶片的多个剖面图，还有该叶片根部的端视图；

5

图 4 是一个本发明涡轮叶片及其根部的侧立面图;

图 5 是图 4 涡轮叶片的端视图;

图 6 是图 4 涡轮叶片的剖面图;

图 7 是根部端视图, 从图 6 左侧向右看;

图 8 是沿图 4 的Ⅶ-Ⅶ线剖切的剖面图;

图 9 是一个基部剖视图, 表示出图 4 叶片后缘与根颈区域的相对位置;

图 10 是一张表格参照图, 画出图 4 涡轮叶片的一个典型剖面上的多个参考点。

参见图 4 至图 9, 一个本发明涡轮叶片 32 包括一个翼部 34, 此翼部含有一个前缘 36、一个后缘 38、一个负压侧表面 40、一个压力侧表面 42、一个顶部 A-A 和一个基部 Q-Q。在图 6 中还画出几个其它剖面 D-D、G-G、K-K、L-L 以及 N-N, 以便表示出翼部 34 沿径向的形状。

平台部分 44 具有一个基部, 一个翼部 34 从该处伸出。而一个根部 46 沿着与翼部 44 相对的方向从平台部分 44 伸出, 根部 46 具有多个根颈 48, 其中包括最外根颈 48。

如图 9 所示, 最外根颈形成一个弓形区域 50, 该区域 50 的弧形侧是由此根颈每侧的曲线顶点确定的, 而该区域 50 的直线一侧是由根部 46 的端面确定的。在基部剖面的 Q-Q 处翼部的后缘 38 在垂直方向非常接近于最上根颈 48a, 使后缘伸出量减至最小。特别是, 在图 9 中, 后缘 38 就覆盖在弓形区域 50 的弧形侧 50a 上面。因此, 图 9 与 1、2 大不相同, 在图 1、2 中后缘明显地超出区域 12 的弧形侧边。

图 4 至 9 中所述的涡轮叶片具有一个 32 英寸 (812.8mm) 长的翼部, 用来替代目前的 28.5 英寸 (723.9mm) 余隙式叶片, 根据本发明的叶片是独立式的, 也就是说没有余隙, 其根部比任何其它类似设计的叶片根部要宽, 因此可用来固定。最外根颈宽度约为 1.56 英寸 (39.624mm)。也就是说, 最外根颈的直径约为 4cm。叶片根部尺寸大能减少支承应力, 防止断裂。此外, 加长的长度、角度和几何形状大大地改善了热力性能。

对于所有非调谐状态的振动来说, 本发明叶片断面的计算强度高于图 3 所示的现有叶片的计算强度, 因此机械可靠性也得到改善。还有, 因为这种叶片是由又宽又深的根部支承的, 接合区支承表面

6

增大因此支承应力减小。脉冲运行中的高支承应力会损伤支承表面, 导致断裂。

由于本发明叶片比现有的 28.5 英寸 (723.9mm) 绑紧式叶片长出大约 3.545 英寸 (90.043mm), 因此能减少导向损失, 从而改善叶片性能。

从图中可以看出本发明的另一个特点, 图 6 中的各个叶片剖面具有平的或者说直的背部轮廓, 也就是说, 从后缘 38 开始沿着负压侧表面 40 延伸到 X 坐标处的表面较为平坦。这种平背几何形状能减少跨音速流工作期间的流动损失, 因此也是对原有弯背设计的改进。

图 10 是一张表格参照图, 画出本发明涡轮叶片翼部的一个典型剖面上的多个参考点。加号码的参考点表示沿着负压侧和压力侧表面的点, 以及相应于前缘和后缘的点。参考点是负压侧表面平坦部分的起点, 位于后缘处, 而参考点 2 是该平坦部分与参考点 1 相对的另一端。距离“LF REF”指的是参考点 1、2 之间平背部分的长度。从下面的表格中可以看出, 此长度从基部到顶部不断增加。

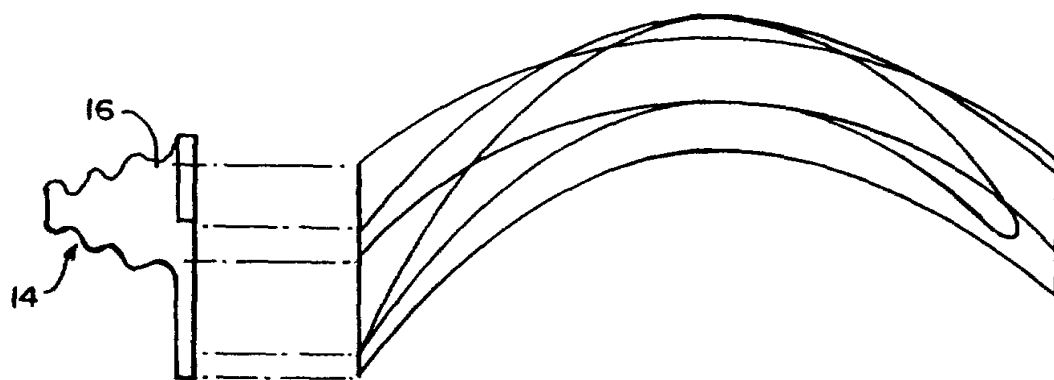
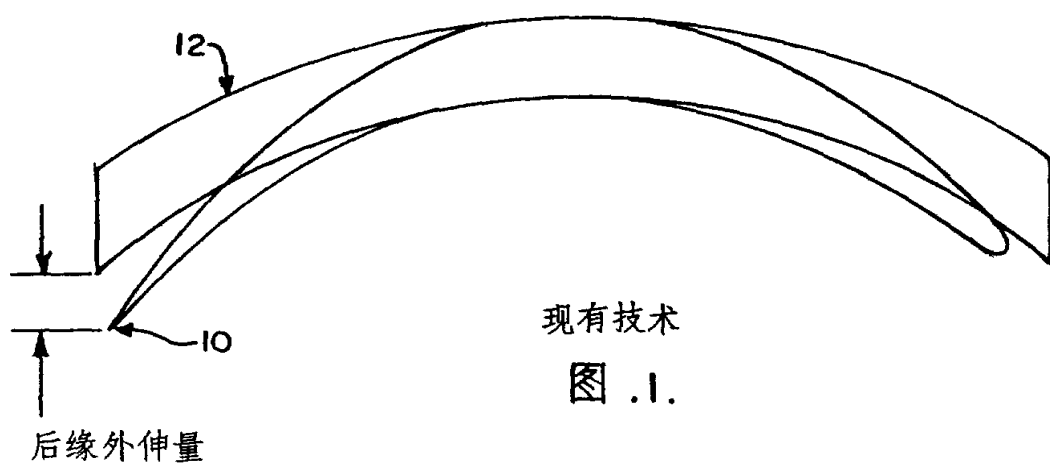
“NA ANGLE REF”是指负压侧表面的平背部分与一条垂直线之间的角度, 所述垂直线与后缘相切并平行于 Y 轴。可以看出, NA 角度值从基部到顶部不断减小, 顶部只有大约 4° 的很小角度。

标记“PA (MAX THKS)”是指每个叶片剖面的最大厚度。从表格中可以看出, 该最大厚度从基部到其次的相邻剖面是增加的, 但从该剖面到顶部则是逐渐减小的。

标记“TE DIA”及“LE DIA”分别指后缘直径和前缘直径。从表格可以看出, 后缘直径从基部到顶部逐渐减小。前缘直径也是如此。

还可以看出, “SA GAUGING”量测尺寸从基部到 L-L 剖面逐渐增大, 然后从 L-L 剖面到顶部逐渐减小。

剖面 符号	SA GAUGING (mm)	NA ANGLE (REF)	PA (MAX.THKS.) (mm)	TE DIA. (mm)	LE DIA. (mm)	平背部分 终点标号	LF (REF) (mm)
A-A	12.192	4 ° 00'57"	8.6106	3.0226	8.382	2	155.676
B-B	14.7574	5 ° 42'54"	8.6614	3.0226	8.4074	2	152.450
C-C	25.0698	9 ° 15'14"	10.4648	3.302	8.7122	2	143.5354
D-D	31.496	12 ° 05'58"	11.4554	3.4544	8.9662	2	136.9822
E-E	37.3888	14 ° 51'14"	12.9286	3.5814	9.0932	2	130.5052
F-F	40.8178	16 ° 35'48"	15.367	3.5814	9.0678	2	125.73
G-G	44.2468	19 ° 39'15"	18.923	4.102	9.7282	2	125.1966
H-H	46.5328	21 ° 55'44"	21.844	4.574	10.4394	2	123.9774
J-J	48.133	23 ° 28'13"	25.0698	4.99	10.541	2	118.8212
K-K	50.3174	26 ° 09'05"	29.1084	4.9784	11.2776	2	110.236
L-L	54.6354	31 ° 47'00"	31.6992	5.4356	18.8214	2	95.25
M-M	51.0286	32 ° 39'52"	33.5534	5.928	12.8524	2	87.8332
N-N	50.7746	35 ° 39'52"	34.0868	6.0706	13.6398	2	78.1558
P-P	46.8376	39 ° 04'13"	35.179	8.8646	13.843	2	59.309
Q-Q	44.0182	43 ° 38'54"	33.7058	12.5222	15.0368	2	59.309



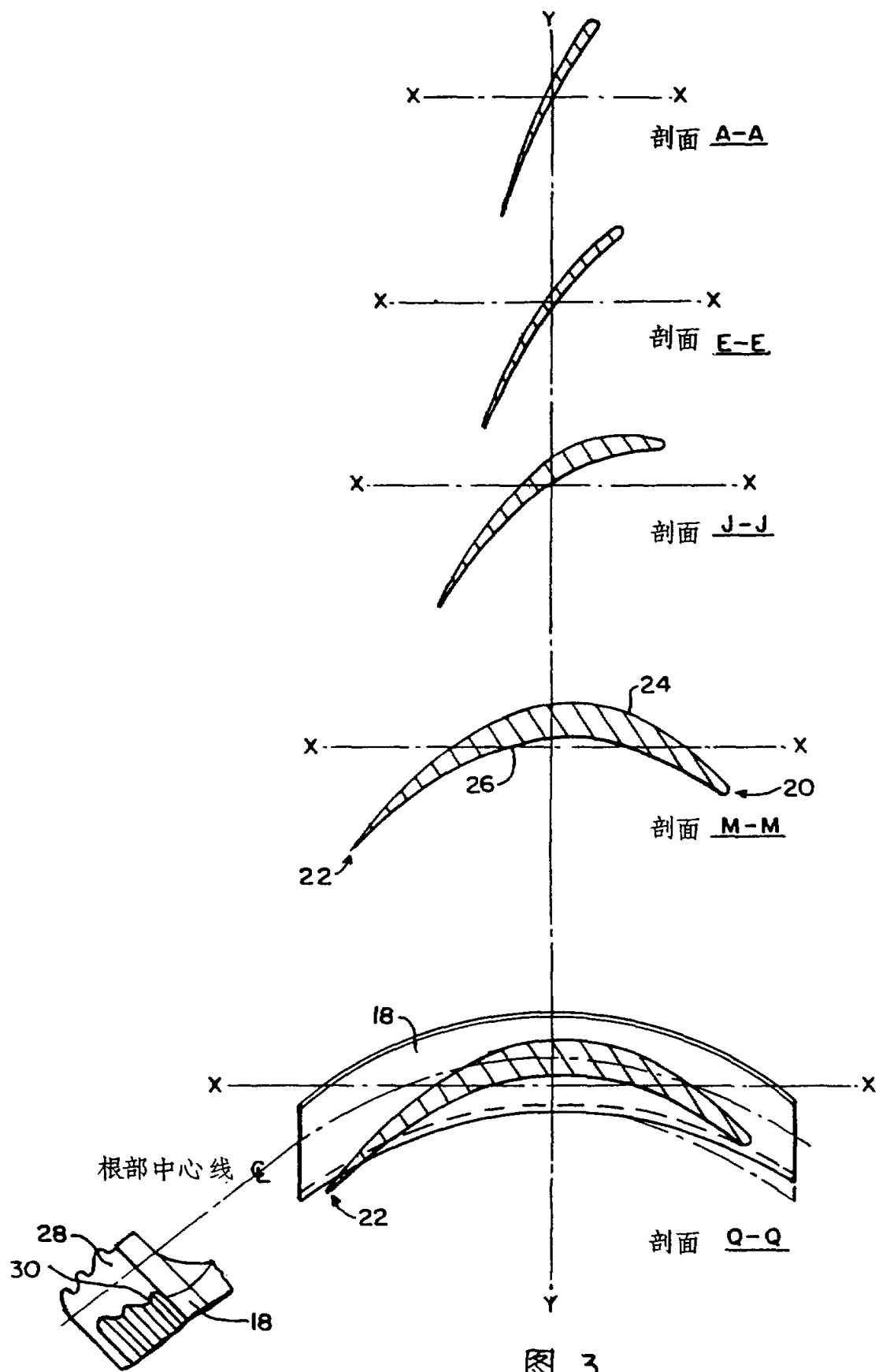


图 .3.

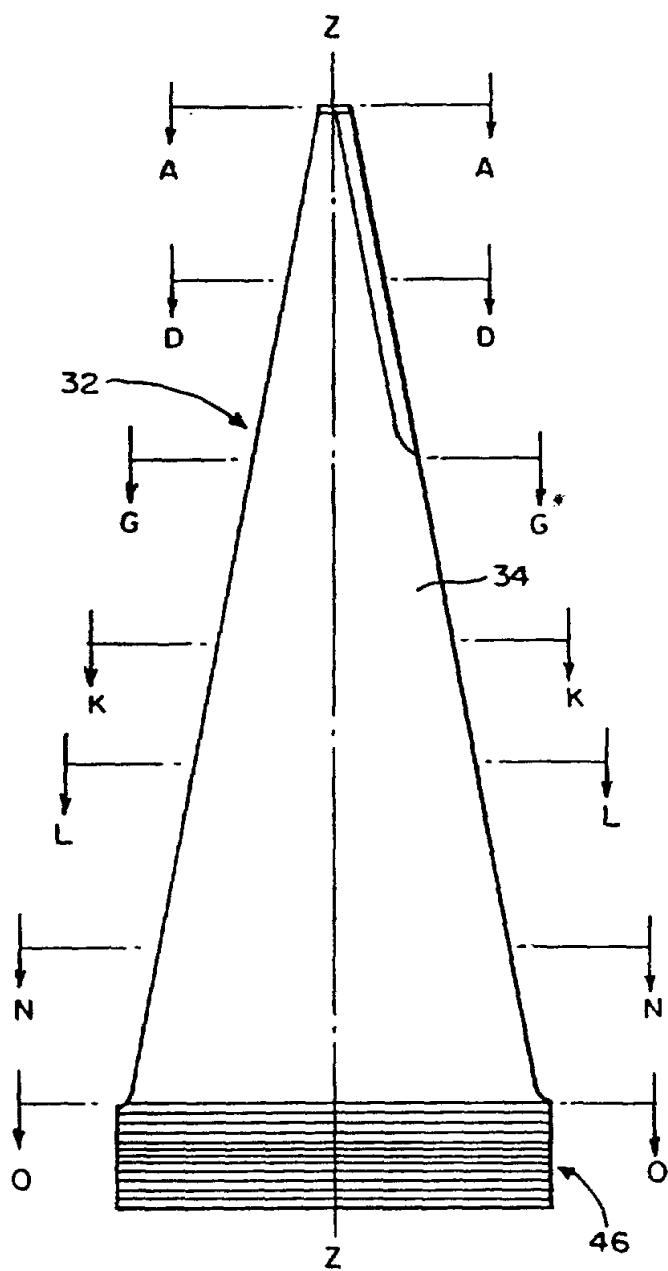


图. 4.

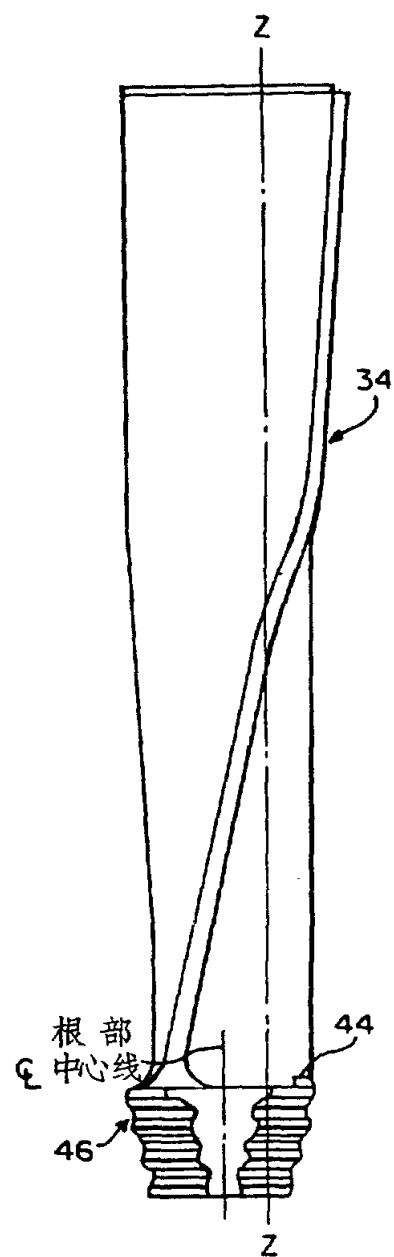


图. 5.

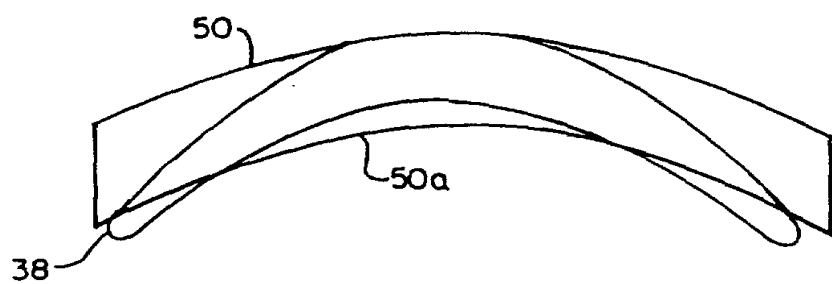


图. 9.

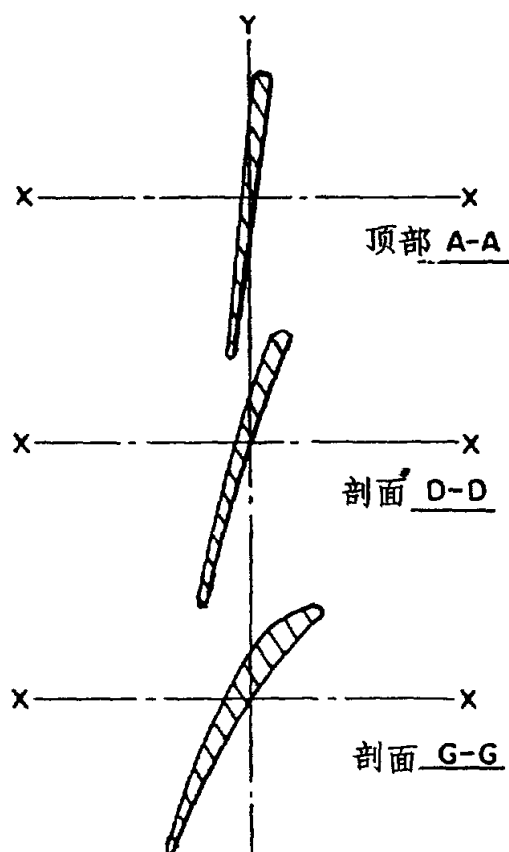


图 .6.

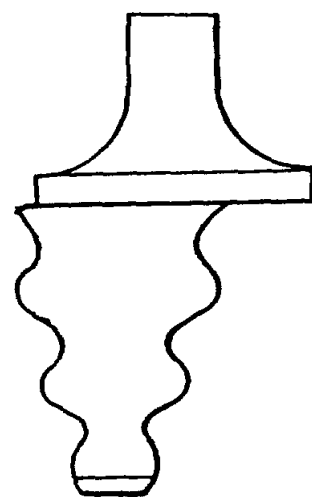
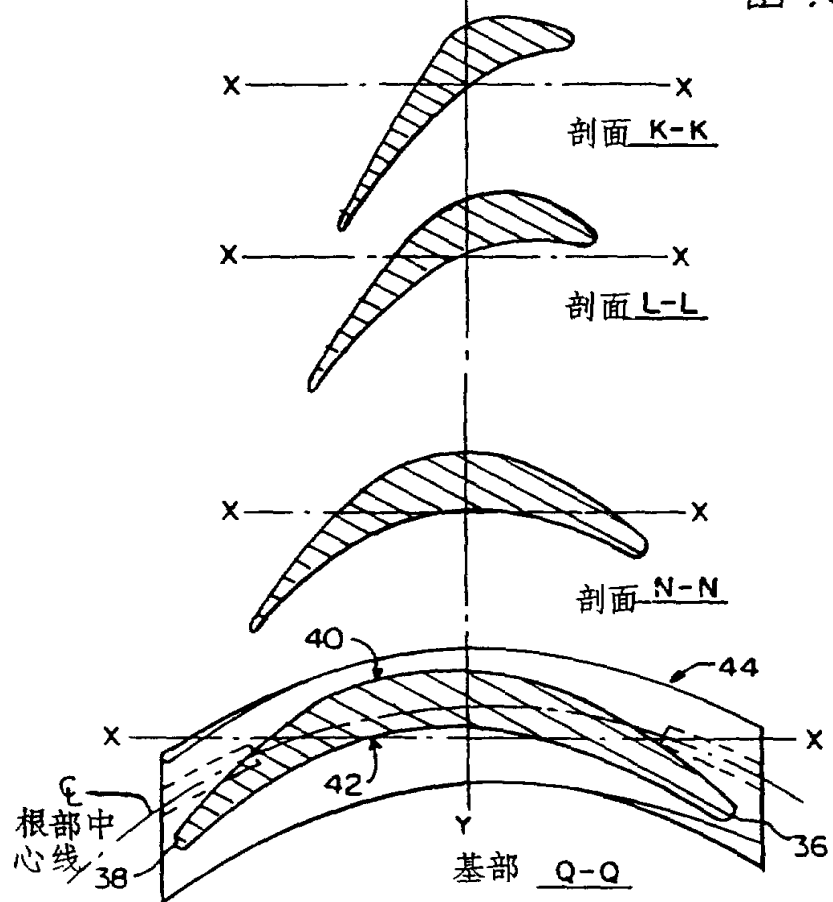


图 .7.

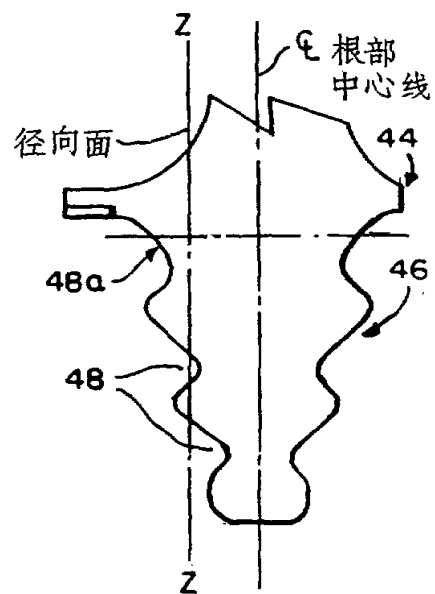


图 .8

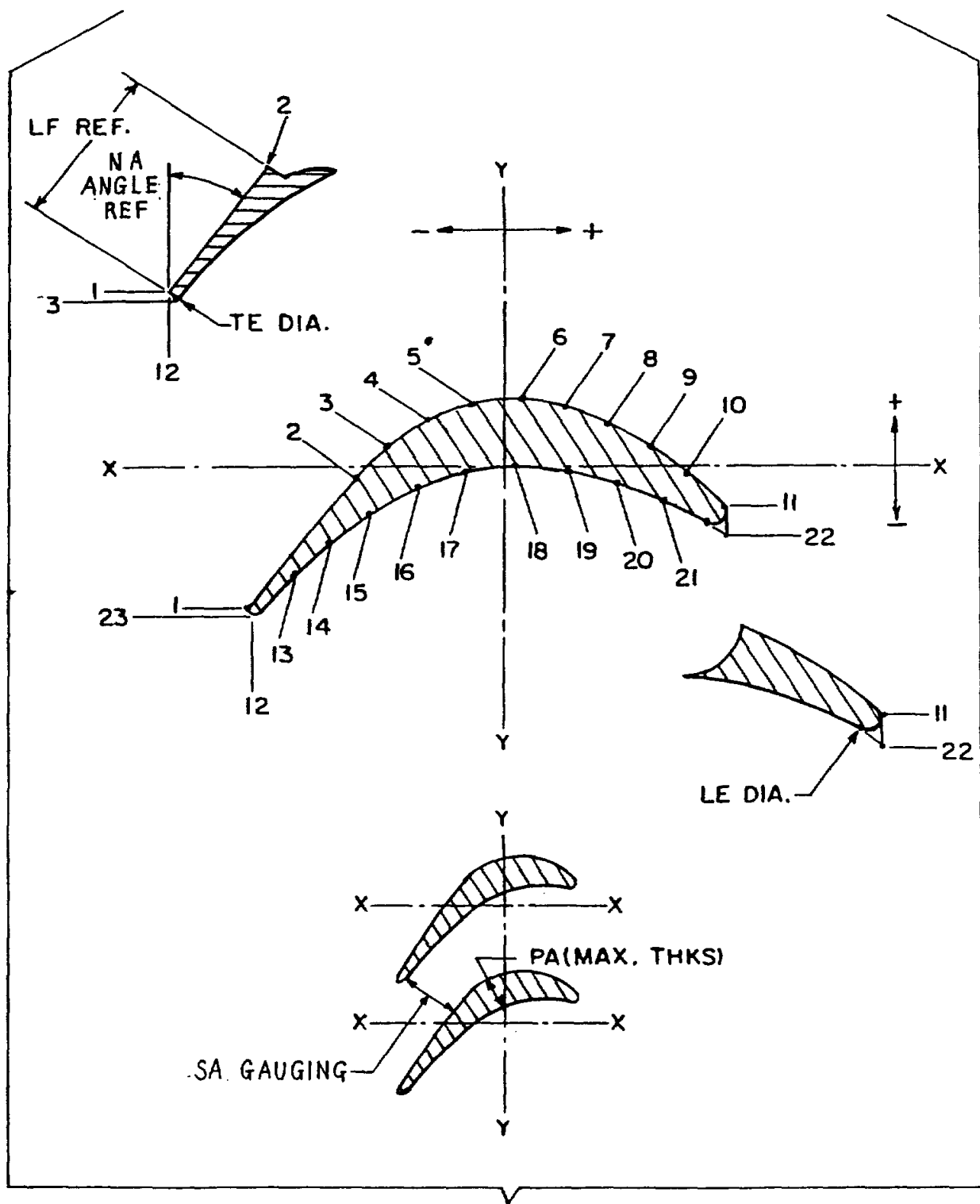


图 .10.