

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F28D 5/02 (2006.01)

F28F 3/04 (2006.01)

F28F 25/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99124340.4

[45] 授权公告日 2007 年 7 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1327182C

[22] 申请日 1999.11.24 [21] 申请号 99124340.4

[30] 优先权

[32] 1999. 9. 1 [33] US [31] 09/388, 498

[73] 专利权人 巴尔的摩汽圈公司

地址 美国马里兰

[72] 发明人 理查德·H·哈里森

托马斯·P·卡特

萨拉·L·费拉里

布赖恩·F·加里施

[56] 参考文献

US4543108A 1985.9.24

WO80/01046A1 1980.5.29

US4361426A 1982.11.30

BE1006482A 1994.9.13

审查员 高 阳

[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 赵培训

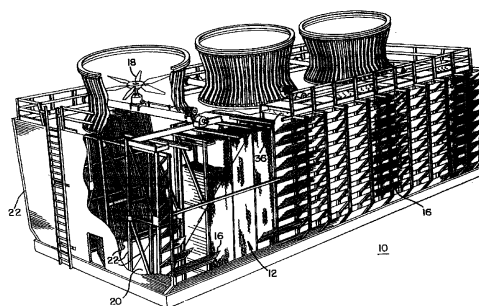
权利要求书 2 页 说明书 34 页 附图 18 页

[54] 发明名称

具有冷却流体的热交换和物质交换装置的流
体吸收栅板

[57] 摘要

一种软片包包括多个设有有序排列的隆起和沟槽的充填薄片，隆起和沟槽在充填薄片正面和反面上的一平面型表面上延伸，充填薄片还包括一以最小薄片与薄片间位移在至少两个边缘上形成相邻薄片的紧凑套装的间隔装置，同时在软片包的装配过程中形成相邻充填薄片的自动间隔。本发明这种栅板在倾斜度、高度和长度上具有特定的关系，软片包在空气出口处设置有除湿器，可通过包括微型沟槽以及通过控制除湿器沟槽的角度和沟槽结构的截面而使排出的冷却剂最少。



1. 一种用于具有冷却流体的热交换和物质交换装置的流体吸收栅板部件，所述栅板部件包括多个栅板结构，每个所述的栅板结构包括：

一上边缘，一下边缘，一内边缘，一外边缘，一前面对表面和一后面对表面；

所述内边缘和外边缘大体平行，并限定所述内边缘与外边缘之间的一基准面；

多个流体吸收栅板叶片，设置于所述前面对表面和后面对表面上，每个栅板的叶片都包括一靠近所述内边缘的第一接触臂和一靠近所述外边缘的面对臂，第一接触臂具有第一臂长度，而面对臂具有一面对臂长度，每个所述的第一接触臂和所述的面对臂都包括一上端和一下端；

一第一栅板部分，其具有一第一栅板段和一第二栅板段，至少所述第一栅板段与第二栅板段之一在一对所述接触臂和所述面对臂上端与接触臂和面对臂下端之间延伸；

所述接触臂、面对臂和第一栅板部分从所述基准面以垂直基准面的距离在所述前面对表面和后面对表面之一上移动；

具有第一壁长的第一壁，从所述第一栅板部分以一第一角朝向所述基准面倾斜，具有第二壁长的第二壁，从所述第一栅板部分以一第二角朝向所述基准面倾斜，其中所述第二角与所述第一角相对，

一第二栅板部分和一第三栅板部分，从所述基准面以一第二垂直距离沿一与所述第一栅板部分相对的方向移动，

倾斜的所述第一壁与所述第二和第三栅板部分之一相交，

倾斜的所述第二壁与所述第二和第三栅板部分中的另一个相交，

倾斜的所述第一和第二壁与所述第一栅板部分相互配合以在所述前面对表面和后面对表面中的另一个上形成波谷，

倾斜的第一壁的第一壁长和第二壁的第二壁长大于所述面对臂长度和所述第一臂长度，

所述多个栅板叶片以交替的阵列形式被设置，而所述的波谷在栅板接触表面的相邻对之间，

所述栅板部分、栅板叶片和波谷以一角度从所述外边缘向下倾斜，以吸收并保持所述热交换和物质交换设备内的流体的液滴；

每个所述栅板结构都能够与相邻的栅板结构相互配合，以形成接触长度和所述栅板结构的前面对表面和后面对表面之一的接触栅板部分，从而接触所述相邻栅板结构的前面对表面和后面对表面中的另一个的栅板部分和接触长度，以在所述栅板部件中在相邻的接触栅板叶片与所述栅板结构的栅板部分之间限定非等边形的栅格基体。

具有冷却流体的热交换和物质交换装置的流体吸收栅板

本发明是申请号为 09/200,546 的未审结美国专利申请的连续申请，该申请在本说明书中参考引用。

技术领域

本发明涉及用于热交换装置或物质交换装置的液体和气体接触装置。具体地说，本发明涉及一种用于冷却塔的热交换或物质交换介质或软片包，其中作为液体-气体接触装置的冷却塔用于冷却传热流体。热交换介质和物质交换介质，或软片包材料一般相对流过材料的流体垂直定位，而空气流则被横向导向通过松散叠置或隔开的充填包，以与热交换和物质交换流体相互作用。软片包材料一般设置有控制流体流在流体进给设备和贮液槽之间流量的结构装置，其中流体进给设备设置于冷却塔的顶部，而贮液槽设置于冷却塔的下部，所述被控制的流体流的流量增加了流体与横向流动的空气或气体的接触时间。控制或抑制流体流的流量以增加与流动气体或流体的接触时间只能作为流体控制的一种参考手段。

背景技术

为增加气体或空气与软片包材料中流体的接触表面，已经作出过各种不同的结构、材料和物理设置的尝试。这将提高热交换和物质交换的效率，从而提高热交换和物质交换设备（例如冷却塔）的效率。冷却塔的热效率与流过冷却塔的空气量、流过冷却塔的单位流体之流体-空气接触表面及靠近接触表面的空气流和水流的紊流程度有关。授权给 Takeda 的美国专利 3,286,999 公开了一种在空气和流体之间形成更大的接触表面以增加冷却塔效率的技术方案。在该结构中，示出了穿过软片包的带状交错排列的波纹形肋条，该结构包括或不包括空带，但这两种

设置都包括在波纹形表面之上延伸的中空的突出部分。这些薄片材料可以是具有特定带宽和沟槽倾角的聚氯乙烯。黏合剂将米粉(ricepowder)粘在软片包的表面上。该专利认为米粉或其它材料可充当湿润剂,以使水在薄片表面上扩散。此外,其还提出可通过向水中加入表面活性剂来提高表面润湿的程度。

授权给 Kinney 等人的美国专利 4,548,766 公开了一种用于横流水冷却塔的成型薄片,这种充填薄片具有重复的 V 形花纹,这种花纹在薄片的一个表面上为凸起,而在另一表面上则形成沟槽。热交换的改进是由突出部分之间的斜度、花纹的垂直高度、突出部分的横向斜度及相邻薄片之间的间隔产生的。W 形的隔板沿相对的方向从每个薄片上突出,这些 W 形隔板具有互补的凹槽,以容纳隔板的支脚部分,从而保持相邻薄片之间所需的水平隔离关系。这些隔板是倾斜的,以形成最小的空气流接触表面。V 形花纹以交变排列的倾斜凸起行和沟槽行的形式重复。但,也可以沿薄片相对两侧的铅直线设置环形沟槽,该环形沟槽可作为拆卸工具(knockout)使用,以容纳支承杆。相信 W 形隔板的使用将会通过消除充填材料所必需的粘接而有助于软片包在冷却塔内的装配。

授权给 Munters 的美国专利 3,599,943 公开了一种具有波纹形褶皱结构或折叠结构的接触充填材料制品。这种接触充填材料被垂直定位于薄层或薄片上,薄层或薄片是由在相邻层内相互交叉的褶皱形成的。所述的层可以用加强物质(例如树脂)浸渍过的纤维素或石棉。这种交叉的褶皱相互容纳,以形成其宽度可沿水平和垂直方向连续变化的通道。这样就可以增加空气与水的接触,从而更有效地冷却水。类似地,授权给 Norback 等人的美国专利 3,395,903 公开了一种粘接在一起的充填材料部分。这种材料的波纹形薄片具有一预定角度的波纹,薄片在其边缘连接在一起,并且在波纹形层之间形成通道。

美国专利 3,540,702 示出了一种具有锯齿形波纹的薄片充填材料,这种材料沿多条横向穿过波纹的直线朝向其平面弯曲。多个薄片背靠背连接在一起,以使相邻板的弯曲部分沿相对的两个方向延伸,从而形成

大流量的气体通道，并同时形成液体流动通道的槽纹。

授权给 Carter 等人的美国专利 4,361,426 公开了另一种倾斜沟槽状和波纹状的充填薄片。这种倾斜沟槽状的充填材料被隔开，并沿水平方向延伸，而且成波纹状垂直定位，同时通过模制倾斜的锯齿形沟槽而增加了其表面（强度）。这种材料增加了充填薄片露出的润湿表面面积，并在充填薄片之间的通道内产生空气的紊流。增加流量和表面面积的目的在于：增加空气与水的接触时间，从而增加充填材料的热性能。

授权给 Carter 等人的美国专利 4,518,544 公开了一种螺旋形的充填材料，这种材料由单个并列的薄片组成，这些薄片为具有突出部分的正弦形或螺旋形。相邻的薄片在相对的路径中为正弦形。薄片通过设置于任一薄片上的间隔开的球形突出定位装置和设置于任一薄片上的间隔开的窝状凹入的定位装置而保持或支承在适当位置上。该槽的宽度从底部边缘到顶部边缘在凸起部分上恒定变化。沟槽相对垂直薄片的平面之侧壁角度在充填沟槽的薄片高度内的任一位置上都是一个恒定的角度。

授权给 Kinney, Jr. 等人的美国专利 4,801,410 公开了一种真空成型的充填薄片，这种薄片设置有隔离部件，以在充填薄片包的周边和内部保持一定的间隔。这些独立的薄片以波纹形的花纹被制成，波纹形的花纹包括相邻薄片沿相对方向倾斜的波峰和波谷，从而保持薄片的间隔。沿相邻薄片的正面边缘和侧边缘形成的蜂窝状间隔有利于保持薄片的间隔。

授权给 Aitken 的美国专利 5,722,258 公开了一种具有波纹状金属部件的充填包，而且在相邻的金属部件之间还设置有垂直通道。在充填材料的波纹状部分上设置有钻孔。各部分的波纹以一预定角度向水平方向延伸。在该发明中，波纹起到散热片的作用，从而增加传热面积。

发明内容

本发明的导热介质或充填薄片可通过以下的设置而使充填薄片的热效率得以大大提高：一种特殊的结构将相邻的多排褶皱或 V 形从多余部分上移开；相邻充填薄片上的隆起自动对中，以清楚形成空气流通

道,该通道用于在每个通道内形成空气流的涡旋,同时使相邻通道的空气流沿相反的方向旋转;用于紧凑储存、运输和易于在冷却塔内装配的充填薄片表面;清洁而特殊的孔,用于在冷却塔内装配和支承多个杆,而且不需要其它的部件或结构;用于在相邻薄片之间保持间隔距离的间隔部件,而且不需要单独校准每个充填薄片;通过热成形塑料的真空成形而易于连续充填薄片的制造。充填薄片表面上的波纹或褶皱的位移角度以具体的褶皱相对垂线移动的形式被示出。可将制造过程中充填薄片的相对角位移和形成垂直位移的方法容易地结合到充填薄片的制造中去。

一除湿器部件和吸水栅部件被设置于相应的出口和入口处,或者与充填薄片成一体,或者独立于充填薄片,以防止冷却流体被空气夹带或随冷却流体流失。本发明所公开的吸水栅通过降低穿过栅板表面的压降而使操作效率得以提高。这种除湿器部件在每个除湿器元件上都具有对称的横截面,即既具有较大的S形沟槽,又在相邻的S形沟槽之间设置有微型沟槽,其用于将被吸收的流体输送到充填薄片和冷却塔的贮液槽内。两种沟槽以一向上的角度从内边缘运输到外边缘和出口边缘。

所述的制造方法为制造具有连续重复花纹的充填薄片提供了正确的顺序或板块的正确数量。充填薄片在模具内的相邻部分之间有一密封线,但也可设置单个的模具,以形成多板块的充填薄片或单板块的充填薄片,或者模具可形成单个加长的薄片。这些设置都结合有装配通道和支承杆通道。特定的模具构造和成形的充填薄片尺寸或使用多个板块制造多板薄片都是设计中可选择的方案。

附图说明

在附图中,相同的附图标记代表相同的部件,其中附图:

图1为现有的横流冷却塔和软片包的局部剖视图;

图1A为图1之横流冷却塔的剖视图;

图2为图1之横流冷却塔中的软片包的放大剖视图;

图3A为成型时(as-formed)充填薄片的平面视图,该薄片包括

多个成型板块和设置于前边缘上的吸水栅，其中成型板块上设置有椭圆形的装配和支承通道；

图 3B 为相同于图 3A 之成型时的充填薄片之平面视图，该充填薄片上设置有椭圆形的装配和支承通道，在后边缘上设置有除湿器；

图 3C 为相同于图 3A 之成型时的充填薄片之平面视图，该充填薄片上设置有圆形的装配和支承通道，在前边缘上设置有吸水栅；

图 3D 为相同于图 3B 之成型时的充填薄片之平面视图，该薄片在其前边缘上设置有一除湿器；

图 3E 为成型时的充填薄片的平面视图，该充填薄片在其前边缘设置有一吸水栅，在其后边缘上设置有一除湿器；

图 3F 为根据本发明之除湿器的顶视图；

图 3G 为现有的除湿器之顶视图；

图 4A 为由两个板块组成的充填薄片模具的外形图，成型时的除湿器侧边缘平行于垂直方向或纵向，上边缘和下边缘按照一定角度移离水平轴线，而且该图还示出了将成型时的两板部分与相邻的两板部分隔开的分离线；

图 4B 为单板块的充填薄片模具的外形图，其前边缘设置有成型时的吸水栅；

图 4C 为吸水栅沿图 4B 之剖面线 6A - 6A 的剖视图；

图 4D 为一吸水栅的端部视图；

图 4E 为图 4D 之吸水栅部件的端部视图，并示出了具有正六边形栅格的最终蜂窝形的结构；

图 5 为充填部分沿图 4A 和 4B 之剖面线 5 - 5 的剖视图；

图 5A 为如图 4D 所示的吸水栅之立面图；

图 6A 为除湿器部分沿图 4A 之剖面线 6 - 6 的剖视图；

图 6B 为部分除湿器的放大平面视图；

图 6C 为除湿器沿图 6B 之剖面线 6C - 6C 的放大剖视图；

图 6D 为除湿器栅板之间的微型槽沿图 6B 之剖面线 6D - 6D 的剖视图；

图 6E 为根据本发明的单个吸水栅的端部视图；

图 6F 为图 6B 之吸水栅的前部立面图；

图 6G 根据本发明之吸水栅组件的端部视图，该吸水栅部件装配有非正六边形栅格的蜂窝状结构；

图 7 为图 3A 和 3B 中成型时的椭圆形和圆形组合支承通道外形的放大平面图；

图 7A 为图 7 之椭圆形和圆形支承通道之外形的放大立体视图；

图 7B 为图 7 之椭圆形和圆形支承通道之外形的剖视图；

图 8 为现有的 V 形充填薄片的平面视图；

图 8A 为图 8 所示之现有充填薄片的侧视图；

图 9 为三个装配到一起的充填薄片沿图 4A 和 4B 之剖面线 5-5 的放大端部视图，这些充填薄片波峰对准波峰地装配在一起，以在对准的波谷之间形成通道；

图 9A 为图 9 的放大端部视图，在该图中，在充填薄片所面对表面上具有多个表面中断；

图 10 为一通道的放大视图，其中所示的通道内设置有空气流螺旋线；

图 11A 为具有三个循环表面的图 9 之充填薄片之一的放大平面视图；

图 11B 为具有两个循环表面的图 9 之另一充填薄片的放大平面视图；

图 11C 为部分充填薄片的立体视图；

图 11D 为充填薄片表面沿平行于图 11A 之剖面线 13-13 的直线的端部视图；

图 11E 为图 11C 中所示的表面间隔装置和球结节 (nodules) 的放大剖视图；

图 12 为相邻槽的波谷和凸起波峰沿图 11A 之剖面线 12-12 的剖视图，剖面线 12-12 的平面位置也已在图 9 中示出；

图 13 为波峰之间的薄片表面沿图 11A 之剖面线 13-13 的放大视

图，剖面线 13-13 的平面位置已在图 9 中示出；

图 14 示出了设置于每个薄片的每个板块的椭圆形或加长形的外形，其也已在图 7 至图 7B 中示出；

图 14A 示出了另一实施例中每个薄片的每个板块的矩形外形；

图 15 为图 14 之椭圆内的圆形轮廓；

图 15A 为图 14A 之矩形轮廓内的正方形部分，并设置有一重叠交变的支承杆结构；

图 16 示出了加工过程中充填薄片之间以波峰叠置在波谷内的形式紧密结合的情形；

图 17 为图 16 中处于加工过程中的充填薄片的放大的部件分解图；

图 18 示出了装配好的充填薄片与悬挂在吊管上的薄片对准的情形；

图 19 为加工过程中的充填薄片按图 18 之方式对准的放大的部件分解图；

图 20 为根据图 9 之在充填薄片的通道内空气流的另一视图，该图示出了通道流型混乱的情形；

图 21 为根据图 9 之在充填薄片的通道内空气流的再一视图，该图示出了通道流型混乱的情形；

图 22 为逆流冷却塔的软片包之放大的立体剖视图；

图 23 为根据图 22 的逆流冷却塔的剖视图。

具体实施方式

热交换介质和物质交换介质可被用于多种热交换和物质交换设备，这些设备包括：冷却塔，催化转化塔，涤气塔，蒸发冷却塔及其它装置。在图 1 和 2 中，以局部剖视图的形式示出了现有的横流冷却塔 10，并示出了冷却塔 10 的几个组成部分。具体而言，软片包 12 包括多个单个的热和物质的交换介质或充填薄片 14，吸水栅 16，冷却塔风扇 18，贮液槽 20 和几个结构支承件 22。在图 1 中以断开线示出的冷却塔 10 部分在图 2 中以放大视图的形式被示出。充填包 12 包括多个平行的

充填薄片 14，这些薄片垂直悬挂在冷却塔 10 内。充填包 12 的外表面或前表面靠近独立的吸水栅 16，而其内表面或后表面则靠近风扇 18。图 4B 中充填薄片的下边缘 130 靠近图 1、1A 和 2 中的贮液槽。

冷却塔各个组件之间的相对位置、冷却塔 10 内空气流的方向和水流的方向如图 1A 所示。在该图中，空气流动方向由箭头 30 表示，水流或液体流方向由充填包 12 内的箭头 32 表示，热空气或废气的流动方向由箭头 34 表示。除湿器 28 与充填薄片 14 一体形成并通常设置于后边缘 26 上。位于塔顶 38 上的配水槽 36 包括一分配喷嘴 40，该喷嘴用于在整个充填包 12 上均匀分配热水，该配水槽或配水管 36 也已在图 1 中示出。冷却塔 10 降低了冷却系统中的水的温度，而且这种温度降低通常是通过以下方式实现的：将第一温度的空气与流过整个充填薄片 14 的水进行热交换，其中水的温度为较高的第二温度。较冷的空气通过明显的热交换和潜在的热交换来降低水的温度，潜在的热交换是通过在充填薄片表面上蒸发掉一小部分水而得以实现。通过充填薄片 14 的水被回收得到贮液槽 20 中，用于循环到所述的冷却系统中。一般认为在贮液槽 20 中水的温度越低，冷却系统的工作也就越有效、越经济。

图 8 以平面视图示出了现有技术的充填薄片 270，这种充填薄片在其表面上形成有多排交替对中排列的 V 形肋或波纹。在图中示出的垂直的青鱼骨状排列的充填薄片 270 中，较黑较重的直线表示隆起部分 163，而交替较浅较轻的直线表示水平行的隆起 167 的相邻凸起部分 163 之间的凹槽或波谷 165。每行 167 中的带状隆起沿交变的方向倾斜，以使水流从充填薄片 270 的表面向下流动。现有技术的充填薄片 270 之正面 271 和反面 273 已在图 8A 的侧视图中示出，其正面和反面表现为平面型的表面。尽管这两个表面可以起到一定作用，但其并不与相邻的充填薄片表面协同动作，以形成清楚限定的空气通道，从而增加空气流并促进空气流产生螺旋运动。现有技术的充填薄片 270 之表面 271 和 273 在平面视图中包括位于平面型表面 271 和 273 内的线性波谷 275 和直线形波峰 277。在一个未示出的实施例中，可设置一些突出部分以隔离相邻的薄片。

横流冷却塔 10 仅作为参考结构被用于包括介质或软片包 12 的充填薄片 14 之最佳实施例的说明,除非另有说明。充填薄片 14 通常被用作热交换和物质交换设备的介质 12。本发明之充填薄片 14 的另一种设置如图 3A 至 3E 所示,具体而言,图 3A 和 3B 及 3C、3D 所示的充填薄片 14 可并排成对地装配在一起。最后形成的并排装配而成的充填薄片结构,即充填薄片 50、52 和 58、60 将形成一种与图 3E 所示的单个连续的充填薄片 14 类似的充填薄片结构。这些并列的充填薄片结构可沿图 3A 和 3B 中的下边缘 154 形成更大的宽度。最终形成的充填薄片 50、52 或 58、60 在功能和结构上保持与单板块充填薄片 14 类似。

图 3A 至图 3E 中的充填薄片 14 之特定结构仅是加工过程中的充填薄片 14 的示例,其仅是说明性的而不是限制性的。在图 3A 和 3B 中,示出的充填薄片对 50 和 52 分别具有六个充填薄片板块 54 和 56,薄片 50、52 相互配合以形成软片包 12 的第一薄片 14 或薄片 A。类似地,具有图 3C 和 3D 所示的板块 54 和 56 之充填薄片对 58、60 可被装配到一起以形成同一软片包 12 的第二薄片 14 或薄片 B。上述并列的充填薄片 50、52 和 58、60 包括在前侧或空气入口侧 24 处一体形成的吸水栅 16,及在后侧或空气出口侧 26 处一体形成的除湿器 28。

每个板块 54 和 56,或图 3E 中的充填薄片 14 都设置有一安装通道 70 和 72,通道 70 和 72 已在基本薄片或板块 54、56 及 14 上画出轮廓,而且已在图 7、7A、7B、14 和 15 中示出。在这些附图中,仅对通道 70 作出了说明,但这些说明也可适用于通道 72。图 14 中的通道 70 为大体的椭圆形,其包括长轴 82,第一短轴 84 和第二短轴 86。长轴 82 以一角度 88 偏离纵轴或垂直轴线 80,如图 1A、3A 和 3B 所示。在图 3A 至 3D 中,通道 70 和 72 具有一平行侧边缘 24 和 26 的长轴 82,该轴也相对垂直轴线 80 偏移一角度 88。在图 14 中,椭圆形外形的通道 70 包括被一间隙距离 96 隔开的第一中心 90 和第二中心 92。图 15 中的圆沿长轴有一垂直直径,沿短轴有一横向直径,如图所示,其中心位于通道 70 的中心 92 处。图 14 中对通道 70 之更具几何学的精确说明显示出中心位于中心 90 处的第一圆形轮廓和中心位于中心 92 处的第二圆形轮

廓。各个圆的直径 84 和 86 在周边或圆周上的交点被切线连接起来。这些通道结构在附图中被广义地暗示为一大体的椭圆形，而且在说明书中也是这样说明的。

在图 7 中，椭圆形的周边 98 具有隆起的外形轮廓 100。图 7 和 7B 中的充填薄片 14 在靠近突出部分 100 处设置有一未成型的平面型表面 104 和向上倾斜的侧壁 106。隆起部分 100 和侧壁 106 一起形成轮廓 70 的周边 98。类似地，在直径 82 的交点处与侧壁 106 沿切线相交的内部成型侧壁 108 为具有内部隆起部分 110 的弧形轮廓的圆 94。隆起部分 100 和 110 及其各个侧壁 106、108 充当加强部件，以容纳如图 16、17、18、19 所示穿过椭圆形通道 70 和圆 94 的支承杆 112。图 7B 中的椭圆形通道 70 和圆 94 的剖视图示出了隆起部分 100 和 110，以及侧壁 106 和 108。

装配通道 70 和 72 以曲线的形式在几个附图中被示出，但这仅是说明性的，而并非限制性的。通道 470 和 472 在图 14A 和 15A 中以矩形的形式被示出。具体而言，通道 470 表现为相互连接在一起的正方形外形。各个正方形的对角线 474 分别在中心 476 和 478 处相交，两个交点之间间隔一个间隙 96。在这种可替换的结构中，矩形或 C 形的通道 482 可被用作支承杆。

图 4A 和 4B 中的模具 120、122 在薄片 150 上形成一个区域或一个波纹或 V 形组 158，该区域 158 具有由多排 V 形组成的重复外形。在图 9 中，平面型薄片 150 的波纹状或 V 形区域 158 的剖视图示出了正面 151 和反面 153 的波峰和波谷阵列。图 9 和 11A 中示出的区域 158 为三个循环的充填薄片，该波纹形区域 158 一般具有一组相对垂直轴线 160 倾斜的平面之形状。在图 9 中以光滑连续的曲线示出了区域 158，同时还示出了倾斜表面或隆起部分 163 及波峰对波峰的外形深度 200，该深度为平面薄片 150 两侧上的波峰之间的距离。在图 9 中，相邻充填薄片 14 的表面被标记为正面 151 和反面 153。但是，V 形区域 158 在薄片 150 的两侧重复，而且针对区域 158 的说明也与表面 151 或表面 153 有关。阵列或区域 158 与波峰 163A 和线性的波谷 164 一起表现为绕中性轴 160

的循环，中性轴 160 与平面型表面 150 共面而与水平轴线 126 垂直。

在上述的几个附图中，充填薄片 14 或 50、52 及 58、60 已被广义地描述为具有波纹形或 V 形顶面或正面 151 和底面或反面 153 的薄片。这种 V 形结构形成了一个波浪形表面，该表面在每个充填薄片 14 或 50、52 及 58、60 的正面或顶面 151 及反面或底面 153 上都具有重复的波峰和波谷。这种花纹一般在正面 151 和反面 153 上都是相同的，因此，可只对正面 151 进行说明，但这种说明一般也适合于反面 153 的区域 158。其它附图标记将仅适用于充填薄片 50、52 及 58、60，但这种说明也适用于单个的充填薄片 14。图 3A 和 3B 所示的并列装配的薄片结构称之为第一结构或 A 结构。类似地，图 3C 和 3D 所示的并列装配的薄片结构则被称为第二结构或 B 结构。A 结构与 B 结构的区别特征在于：穿过通道 70 和 72 的特定装配通道。具体而言，A 薄片的装配通道为由周边隆起 100 包围而成的椭圆形，该通道可被贯穿，以形成图 3A、3B、17 和 19 所示的孔 194。B 薄片的装配通道为圆形，其可被贯穿，以形成如图 3C、3D、17 和 19 所示的圆形开口 196。另外，A 薄片结构可通过沿一条剪切线 152 的剪切而被加工成预定长度，而 B 薄片结构可通过沿一条剪切线 154 的剪切而形成。特定的剪切线 152 或 154 可用于充填薄片的连续薄片 50、52 或 58、60 和 14 序列的加工过程，其决定于形成充填薄片 50、52 及 58、60 和 14 的设计长度所需板块 54 和 56 的数量。可为 A 结构和 B 结构的充填薄片准备相同数量的板块。

装配通道 70 和 72 可被贯穿，以容纳装配杆 112。但是，贯穿时孔 194 的轮廓或形状为椭圆形的，而开口 94 的形状则是圆形的。在图 17 和 19 中，A 薄片结构 50、52 和 B 薄片结构 58、60 包括多个装配杆 112，装配杆 112 通过多个平行交替的充填薄片延伸。在图 16 和 17 中，并列的薄片结构 50、52 被定位于沿各个孔 194 之中心 92 延伸的杆 112 上。在沿中心 92 的这些位置上，各个充填薄片的 V 形花纹表面 151、153 可与相邻的充填薄片表面 151 或 153 连接，或与其叠置，以利于加工成型后的包装和运输。充填薄片 50、52 和 58、60 或 14 的这种紧密成型的设置如图 16 所示，同时，并列的薄片 50、52 和 58、60 还设置有紧

密套装在一起的相应的波纹表面 151 和 153。充填薄片 50、52 的上边缘 128 从充填薄片 58、60 的下边缘向上移动一间隙距离 96。在图 16 中,还在紧密包装的薄片之下边缘 130 处示出了一个相同的边缘位移间隙 96,该间隙距离 96 与原始剪切位置及被贯穿的孔 194 和开口 96 有关。这种小的偏移或间隙 96 仅是模具长度的 3%,这明显小于目前为储存和运输而将充填薄片 14 套装或装配在一起所需约 50%的模具长度。这样,充填薄片 14 仅需要非常小的储存空间,而且其缩短的长度可改善多个薄片堆垛的装卸。

当充填薄片 50、52 和 58、60 紧密包装或套装在一起时,由第一充填薄片正面 151 的波峰 163A 所形成的直线 210 可套装在相邻第二充填薄片反面 153 之线性的波谷 164 内,从而减少充填薄片 50、52 和 58、60 或 14 集中到一起所占用的整体体积。应该理解:直线 210 为图 11A 中的一个连续体,但波峰 163A 可以是不连续的,如图 11D 所示。套装的充填薄片 50、52 和 58、60 增强了单个充填薄片的稳定性和强度,同时改善了装卸并减少了现场装配之前的运输体积。这种紧密成型的薄片装置还可提高充填薄片 50、52 和 58、60 的强度,从而避免在储存和运输过程中的损坏。

在将软片包 12 装配到冷却塔 10 内的过程中,软片包 12 被垂直悬挂,具有 A 型结构的充填薄片 50、52 向下移动,以沿各个孔 194 的中心 90 形成支承杆 112。薄片 58、60 沿中心 92 被装配在杆 112 上,并保持套装和在薄片 50、52 和 58、60 装配状态下的位置,从而分别与交变的 A 和 B 型充填薄片 50、52 和 58、60 之中心 90 和 92 对中。交变的 A 和 B 型充填薄片 50、52 和 58、60,孔 194 和开口 196,及其相应的中心 90、92 的最终对准在图 19 中以几个具有代表性的充填薄片 50、52 和 58、60 被示出。

现场装配在图 18 的轮廓对准中形成了交变薄片,而且在这种软片包的结构中,所有充填薄片 50、52 和 58、60 的上边缘 12 都大体对准。类似地,充填薄片的下边缘也要对准,这种对准是通过向下移动孔 194 而实现的,因为间隙距离 96 等于剪切线 152 和 154 之间的隔离间隙 149。

间隙 96 和隔离间隙 149 的几何形状在 A 或 B 型的第一充填薄片 50、52 和 58、60 的正面 151 上形成波峰 163A，该波峰位于在相邻并且相对的 A 或 B 充填薄片 50、52 和 58、60 的反面上的波峰 163A 附近。充填薄片的关系，波峰对波峰的靠近和对准如图 9 和 18 所示。

在图 18 中，软片包 12 已被垂直悬挂，以允许充填薄片 50、52 和 58、60 位于其装配位置并处于装配关系。如上所述，将软片包 12 垂直悬挂于冷却塔 10 内使得 A 型薄片 50、52 沿垂直方向向下移动到吊杆 112 整体沿孔 194 的中心 90 延伸而 B 型薄片间隔沿中心 92 延伸的位置上，其中 A 型薄片 50、52 上设置有穿过椭圆形孔 194 的吊杆 112。A 型薄片 50、52 和 B 型薄片 58、60 的定位使充填薄片 14 的上边缘 128 和下边缘 130 水平对中，同时边缘 24 处的外观与图 1 和 1A 所示的软片包 12 的结构基本类似。下边缘 130 对中的情形如图 18 所示，但另一种制造方法可使所述的 A 型薄片和 B 型薄片具有不同的长度，这样就会在上边缘 128 形成对中，而不是使下边缘 130 对中。

上述并列的薄片结构 50、52 及 58、60 与图 3A 至图 3D 所示的充填薄片有关，这种充填薄片具有独立的板块和必需的并列接合，以调整由这种结构形成的充填薄片。本人再次声明：充填薄片 14 可以是一个单独的薄片结构，如图 3E 所示，其上设置有多个垂直的板块以形成所需薄片长度。选择单独一个薄片或并列的板式结构仅是一种技术方案和应用选择，并非功能性限定。因此下面对表面 151 和 153、波峰 163A 与线性波谷 164 的最终关系也适用于由如图 3E 所示的单片充填薄片装配而成的充填薄片结构。

下面的说明总的涉及相邻充填薄片的正面和反面。但是，应该知道：充填薄片 50、52 和 58、60 之外侧相对的表面 151 或 153，即单个软片包 12 的外表面不必是邻接薄片 58、60 或 50、52 的相对表面，如图 18 所示。软片包 12 的宽度不只局限于充填薄片的具体数量，而可以是任意可接受的宽度和数量的充填薄片 50、52 和 58、60 或 14，以适应具体的应用或用于冷却塔。但是，相邻的充填薄片 50、52 和 58、60 是平行的，而且 A 或 B 型第一薄片之内部充填薄片波峰 163A，正面 151

靠近相邻的 A 或 B 型第二薄片的反面 153 之波峰 162 并相对该波峰对中。类似地, 相邻的 A 和 B 型充填薄片 50、52 和 58、60 之相对表面的线性波谷 164 与波峰 163A 的直线 210 对中, 其中线性波谷 164 产生于对中并邻接的波峰线 210 之间。这些对中已在图 9 和 11A 中清楚地示出。当 A 和 B 型充填薄片 50、52 和 58、60 及相关的波峰 163A 和线性波谷 164 之间的关系相同时, 仅需要对一对薄片 50、52 和 58、60 进行说明, 但这种说明也可应用于其它的 A 或 B 型的充填薄片 50、52 和 58、60。

在图 9 和 18 中, 对中的波峰 163A 和线性波谷 164 相互配合, 以形成多个水平的通道 220、222。应该知道: 孔 194、开口 94 及隔离间隙 149 在花纹状的通道 220、222 内产生断续。但是, 这种常用花纹的通道 220、222 将存在于相邻充填薄片 50、52 和 58、60 或 14 的相对表面 151 和 153 之间。另外, 上述的断续可能形成断续的通道 220、222, 该通道仅部分越过相邻充填薄片 50、52 和 58、60 的宽度延伸。如图 9A 所示, 充填包的最终端部视图将在波峰 163A 与波谷 164 之间形成通道 220、222, 但是位于充填包主体内的通道 220、222 将会偏离充填包之空气入口边缘处的通道 220、222。如果在波峰和波谷的阵列中存在多个偏离的波峰 163A 和波谷 164 越过薄片 50、52 和 58、60 之相邻表面 151、153 的薄片宽度, 那么就会有多个通道偏离充填包之入口边缘处的线性邻接的通道。这些偏离的作用在于: 至少使一些空气流移离充填包之入口边缘处的线性通道。

表面 151 和 153 不是平面型的表面, 具体而言, 图 11A 中的正面 15 包括多个连续的隆起 163, 隆起 163 从充填薄片上边缘 179 沿垂直方向向下延伸到线性波谷 164。隆起 163 从平面 150 向外突出到直线 210 上的波峰 163A。隆起 163 以相对水平直线 164 和 210 的旋转角 278 和 378 在表面 151 上向下倾斜, 而且在波峰 163A 的直线 210 之间延伸为一个平面 150, 并在线性波谷 164 处延伸为隆起的底部 163B。从隆起的底部 163B 和线性波谷 164 处继续向上延伸为连续波峰线 210 上的另一波峰 163A。每个隆起 163 之波浪形的移动在平面薄片 150 内外继续进

行,但在图 11A 中,当移动通过三行或半个循环 167 的隆起 163 之后,隆起部分 163 以约 90 度的角度转向。角度 278 和 378 最好约为 49°,但已经发现:旋转角 278 和 378 可在 25°至 75°之间变化,从而为流过通道 220 和 222 的气流提供容许的旋转角。

旋转角是通过沿垂直方向观看表面 151 或 153 的平面而形成的,如图 9 中的双箭头线 15-15 所示。旋转角 278 和 378 可为作螺旋线运动的空气流提供正确的旋转,因为过度的旋转将会产生通过通道 220 或 222 的过压液滴,而不充分的旋转又不会在通道 220 或 222 内产生必需的螺旋空气。此外,已经发现:过度的旋转将会产生通道 220 或 222 之间的空气流动,这种空气流动将会阻碍平稳的操作及通过充填包 12 的空气交换。应该知道:旋转角 278 和 378 不必具有相同的值。

图 11A 中的沟槽 165 位于相邻的隆起 163 之间,沟槽 165 向下朝通常平行于隆起 163 之突出直线的正面 151 延伸。在该图中,沟槽 165 为从波峰线 210 向下延伸为平面 150 并在线性波谷之下延伸为原波谷(primary valley) 165B 的连续直线。沟槽 165 沿垂直方向继续向下延伸为图 11A 的表面 151,同时离开平面 150 延伸到相邻隆起波峰 163A 之下的上部点 165A 处的相交线 210。这样,沟槽 165 就沿垂直方向以几乎平行于隆起部分 163 的形式向下延伸为正面 151。尽管上部点 165A 是以断续点的形式示出的,但波峰 163A 之下的深度可以非常小并且几乎难以辨别。这样就形成了连续的直线 210。

图 9 可被认为是充填薄片 50、52 和 58、60 的剖视图,在该图中,第一或 A 薄片 50、52 的反面 153 与第二或 B 薄片 58、60 的正面相对对中。相对的表面 151、153 的波峰 163A 非常接近。在该图中,波峰 163A 的直线 210 与线性波谷 164 为连续的直线或为从边缘 24 或 26 在侧视图上的投影。线性波谷 164 为在表面 151、153 上向下倾斜的相邻隆起部分 163 的相交线,在该侧视图中,隆起部分 163 相对中性轴 160 或平面型表面 150 的角度为第一角 276。第一角 276 相对中性轴的角度最好为 40°,但其也可在 20 至 60°之间变化。在正面 151 和反面 153 上连续阵列中的断续波峰 163A 一起形成图 11A、11B 和 11C 所示的波峰

线 210。

图 11C 为充填薄片 14 的立体视图，但是各种不同的角度，隆起部分 163，部分 163A，隆起底部 163B，沟槽 165，线性波谷 164 及原波谷 165B 将被单独加以说明，以在单个充填薄片的上下文中正确提供这些参数。参照图 9，该图用于角度、平面、隆起、波谷及波峰之位置的定位，以相对合成的角度作进一步说明。如上所述，充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 包括多个突出并倾斜的平面、隆起、波谷和波峰，这些都是由成型的平面材料在三维空间内以合成角度形成的。中性轴 160 与未成型的平面薄片 150 共面，并且平行于垂直轴线 80，该平面薄片或表面 150 如图 6A 所示。在图 5、9、11A、11B、16 和 18 中，波峰 163A 以等距离在正面和反面 151、153 的平面表面 150 之上突出。波峰 163A 形成于相邻的两行隆起或序列 167 之两个隆起的交汇处之间，隆起 163 包括与其相连接的侧壁 178。在图 11A 和 11B 的平面视图中，线性波谷 164 与原波谷 165B 共线，因为形成隆起、波谷和波峰的平行四边形的拐角点与相应的隆起及波谷都是共线的。

在最佳实施例的几个附图中，侧壁 178 为从平面 150 倾斜突出的平行四边形，如图 11D 所示。图 12 为一剖视图，该图示出了侧壁 178、沟槽 165 和沿隆起部分 163 的成型 V 形花纹的高度之间在成型时的关系。高度 181 和 183 在图 9 中并不相等，但其可在特定结构的阵列 158 中相等。侧壁 178 之间的角度 177 在图 12 中相等地设置于沟槽 165 的垂线 175 的两侧。或者，角度 177 也可不等地设置并以一固定的角位移相对垂直轴 175 偏移 to 轴线 175 的一侧或另一侧或偏离轴线 175，如图 12 的断开线所示。结果，侧壁 178 之一将比另一侧壁 178 要长一些。偏移角 193 可沿轴 175 的两个方向在 0 至 20°之间变化。在一最佳实施例中，侧壁 178 之间的增加角度（enhancement angle）177 为 110°，高度为 0.137 英寸，偏移角 193 为 0°。这种增加包括角度 177 可在 75 至 145°之间变化。

在图 11D 所示的平行四边形的实施例中，侧壁 178 为矩形轮廓，并沿沟槽 165 设置有较长的第一侧面和平行的较长的第二侧面，该第二

侧面与隆起部分 163 重合。在图 9 和 11D 中,较短的第三侧面 183 从线性波谷 164 延伸到原波谷 165B。平行四边形在图 11A 和 11B 的平面视图中以沿隆起 163、沟槽 165、线性波谷 164 及波峰线 210 的交变的断开线和实线被示出。然而,平行四边形的角位移如图 13 所示,该图为沿波峰线 210 的剖视图,具体而言是介于相邻的波峰 163A 之间的剖视图。沟槽 165 的形状与图 12 所示的形状相似。但,角度 179 为 118° 而且大于角度 177,而在一特定的实施例中高度 183 为 0.171 英寸,其大于高度 181。可通过在图 12 中轴线 175 的两侧以等角位移观看波谷的垂直轴线 175 以形成角度 177 来考虑角度 179 大于角度 177 的作用。或者,在图 13 中,轴线 175 一侧的角位移 287 大于轴线 175 之另一侧的角度 283。这样,就在轴线 175 的一侧靠近角度 281 处形成较小或较短的侧壁,和较大的角位移 281。

在图 11D 中,每个板块或侧壁 178 都被认为是从隆起部分 163 向下延伸为图中的平面,并在沟槽 165 处终止。在该图中,较长的平行四边形的边为隆起 163 和沟槽 165,而较短的边为高度 183。另外,在线性波谷 164 和原波谷 165B 上的弯曲点之相对位置如图 11D 所示。在图 11D 中,在波峰 163A 上的板块 178 之相交线表现为几个点,但这仅是实例,而不是对本发明的限制。波峰 163A 不是锐角,而是一个圆滑的拐角,如图 9 所示,由于加工工艺的要求,较平滑的拐角有利于控制水或冷却剂穿过充填薄片表面 151 和 153 的流动。沿隆起 163 的锐角和波峰 163A 处的锐角不利于控制表面 151 或 153 上流体的流量,而且也不利于使流体滞留在表面 151、153 上。

在图 11A 中,表面 151 在板块的顶部 279 上设置有一组或一个阵列 167 的隆起 163,隆起 163 及相关沟槽 165 在图中向右倾斜,而且在附图的平面外与波峰线 210 相交。类似地,从波峰线 210 发出的第二组 167 隆起 163 和沟槽 165 也向右倾斜,但在附图平面内与线性波谷 164 相交。第三阵列 167 的隆起 163 和沟槽 165 向右延伸,并超出附图的平面或表面 150 在波峰线 210 上相交。三组隆起 163 和沟槽 165 的循环为一个三个循环的有序阵列 (ordered array),这是本发明的最佳实施例。

其它的循环模式可包括多个两循环的隆起 163 和沟槽 165, 如图 11B 所示。另外, 对五组隆起 163 和沟槽 165 的循环沿一个方向导向进行了测试。对沿一个方向的隆起 163 和沟槽 165 的组数或循环数之选择由设计者来完成, 但循环的数目最好为 1 至 9 之间。循环的数目和旋转角 278 和 378 将对冷却水或冷却剂沿正面 151 或反面 153 之表面朝向吸水栅 16 或除湿器 28 的流动产生影响。具体而言, 在图 11A 中, 当角度 378 大于角度 278 时, 在图中沿垂直方向向下流动的冷却剂流体被导向箭头 30 所示的空气入口边缘。类似地, 当角度 378 的值大于角度 278 的值时, 冷却剂被导向相对的边缘或空气排出边缘。

在图 9 中, 反面 153 和正面 151 的波峰 163A 互相靠近, 但并没有直接接触。这种接触将会抑制或扰乱冷却流体在表面 151、153 上的流动, 而且还会抑制空气或气体与表面 151 和 153 的接触。处于装配好状态下的充填包 12 的相对关系形成了通道 220 和 222, 通道 220、222 被限定在相邻的 A 和 B 型充填包的相邻表面 151 和 153 之间。通道 220、222 实际上很相似, 但沿垂直方向相邻的通道 220、222 之隆起 163 和沟槽 165 却沿相对的方向倾斜。

图 10 示出了一通道 220, 气流在通道 220 内沿顺时针方向流动。向波峰线 210 和线性波谷 164 倾斜的实线表示正面 151 上的隆起 163 和沟槽 165, 而断开线则表示反面 153 上的隆起 163 和沟槽 165。所示通道之相对表面 151 和 153 上的多组隆起 163 和沟槽 165 向线性波谷 164 和波峰线 210 相对地倾斜。类似地, 图 9 中的通道 222 内气流方向为逆时针方向, 同时正面 151 上的隆起 163 和 165 则向与图 10 所示方向相对的方向倾斜。

在图 11B 中, 空气入口侧或边缘 24 具有一表示入口空气流或气流方向的箭头 30, 在图 1A 和 11A 中也示出了空气流的方向 30。图 9 中的空气流方向 30 落入纸页的平面内。图 9 中的通道 220 包括一表示通道 220 内螺旋形空气流动方向的顺时针箭头 224, 而通道 222 则包括逆时针方向的箭头 226。在图 9 中, 还在其它交替变化的通道 220 和 222 内示出了类似的箭头。箭头 224 和 226 表示产生于充填薄片 14 或 50、

52 和 58、60 之相邻表面 151 和 153 之间的空气流动方式。空气流方式 224 或 226 可被认为是沿通道 220 或 222 从空气入口侧 24 到空气出口侧 28 的涡流或螺旋流动过程,如图 1A 所示。一般认为螺旋式空气流动方式是由多组隆起 163、波峰 163A、线性波谷 164 和沟槽 165 的方向产生的,在相邻的 A 和 B 薄片 50、52 和 58、60 上形成通道 220 和 222 的相对阵列 167 也是如此。通道 220 或 222 内的空气涡流将在冷却剂流体和空气之间形成更多的接触,这种更多的接触改善了两种介质之间的热交换。此外,涡流空气穿过整个充填包从空气入口侧 24 到空气出口侧 28 的压降较小。图 10 示出了沿通道 220 的纵向视图,同时以正弦曲线示出了顺时针的螺旋气流。但这种线性视图仅是平面视图。另一种图示的模式是假设通道 220 具有 V 形沟槽,该 V 形沟槽是由波峰 163A 的直线之间的线性波谷 164 形成的。作为一种联想,螺旋形电话线可沿波谷 164 拉长,以用肉眼投射出一个螺旋形的空气流动模式。这只是提供一种目测方法,其目的是帮助理解流过通道的螺旋形空气,而并非一种限定。在图 9 中,通道 220 和 222 为通道长度的剖视图。每个通道都具有一介于隆起线 163 之间的第一横截面面积和第二横截面面积,第二横截面面积有一半介于相邻充填薄片的隆起 163 和沟槽 165 之间。第一横截面面积为通道 220 或 222 的净面积,而第二横截面面积为整个截面的总面积。在最佳实施例中,通道的净面积与整个通道的总面积之比约为 0.76,但所需的螺旋作用至少应在约 0.4 至 0.9 的比率范围内才可实现。

所需螺旋状的空气模式产生于一开口的栅格或通道 220 或 222 内,该通道的外形一般由波峰线 210 和线性波谷 164 的位置来限定。已经发现:如果相邻薄片表面 151 和 153 靠得太近,那么表面 151 和 153 就不会产生所需的螺旋形空气模式。另外,如果表面 151 和 153 之间的间隙太大,那么在相应的通道 220 或 222 内也不能产生涡流 224、226。在作为特定实施例的图 9 中,充填薄片 50、52 的表面 151 和 153 上的波峰 163A 通过波峰对波峰的值为 0.525 英寸的外形深度 200 而相互隔开。但是,相邻充填薄片表面 151 和 153 的邻近波峰 163A 之间的间隙 202 仅为 0.225 英寸。外形深度 200 与间隙尺寸 202 之和形成了 0.750 的间

距尺寸 281。如上所述，如果相邻的薄片表面 151 和 153 靠得太近，那么所述表面就不是所需的活性表面。因此，间隙 20 与外形深度 200 之间的比率约为 0.43，尽管该结构可在 0.04 至 0.9 的范围内运作。上述的操作参数为软片包 12 的充填薄片 50、52、58、60 或 14 提供了充填薄片特性的度量方法。

具体而言，充填薄片 50、52 和 58、60 包括有平行垂直轴或纵轴 80 的边缘 24 和 26，但上边缘 128 和下边缘 130 以角度 89 倾斜，该角度最好为约 4.8° ，但可在约 0.0° 至 10.0° 之间变化。在装配到图示的横流冷却塔 10 内时，充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 将位于使上边缘 128 和下边缘 130 大体平行于水平轴 126 的位置上。充填薄片的长度可被指定，这种指定是通过确定一个充填薄片长度上板块 54 或 56 的具体数量来实现的。单个板块 54、56 的长度最好为 2 英寸，从而允许仅通过多个板块 54、56 的组合就可形成均匀的充填薄片的长度。

模具 122 中的除湿器 28 和充填薄片 14 在图 6A 中以剖视图的形式被示出。除湿器 28 具有在平面表面 150 之上突出的钟形曲线，其包括倾斜的侧壁 170、波峰 172 和加强肋 174，该加强肋 174 靠近充填薄片底部 130 和顶部 128 之间的外边缘 26 并沿该外边缘 26 延伸。如图 6B 和 6C 所示，除湿器 28 包括多个双面 S 形吸水栅 176，其以一锐角从侧边缘 26 越过除湿器 28 的宽度 180 延伸。吸水栅 176 包括倾斜的侧壁 170 和波峰 172，其中波峰 172 在除湿器底面 173 上以与形成波峰 172 的变形相类似的形式形成一隆起或第二 V 形槽 182。波峰 172、182 及吸水栅 176 的侧壁 170 使从冷却塔 10 排出的水雾最少，并使水雾向充填薄片的表面 151 移动。吸水栅 176 还可使朝图 1A 之风扇 18 排出的空气改变方向。每个 V 形槽 176 的锐角都在每个吸水栅 176 的外边缘 26 上形成外端 186，其中吸水栅 176 在各个表面 151、153 上的相邻隆起的内端 188 之上垂直移动，如图 6B 所示，这样就可以防止水向外喷出，并增加了返回充填表面 151 的水流量。顶面或正面 151 上的吸水栅 176 可被认为是底面吸水栅波峰 182 的背面。类似地，底面槽 184 为顶面吸水栅 176 的背面。该最佳实施例中的吸水栅 176 产生一个约 3 英寸的分隔

距离。在正面 151 上的吸水栅 176 与除湿器 28 的反面 183 之间设置多个微型沟槽 185，如图 6B 和 6D 所示。微型沟槽 185 具有波峰对波峰的沟槽高度 187，其高度约为千分之四十。微型槽 185 还包括沿垂直方向位于外边缘 191 之下的内边缘 189，并起到与吸水栅 176 类似的作用，以使水改变方向流向充填薄片表面 151。

在图 4B 之模具中成型的充填薄片 14 的吸水栅 16 如图 4C 的剖视图所示，该图还示出了吸水栅的波峰 190 和波谷 192，而且波谷 192 位于充填薄片顶面或正面 151 上的波峰 190 之间。用成型材料替代吸水栅 16 将在充填薄片底面或反面 153 上形成相同的图案，以形成与图中所示图案相同的吸水栅花纹。这种吸水栅花纹的单个 V 形槽包括靠近侧边 24 的波峰 190 和波谷 192 的外端点 193，并在下部相邻的 V 形波峰 190 或波谷 192 的内端点 195 之上垂直移动。这种垂直端点的移动可防止水在外边缘 24 从软片包 12 流走，并将过程水 (tramp water) 向下导向充填薄片的正面 151。正面 151 上的吸水栅部分之隆起或波峰 190 与相邻充填薄片的反面 153 上的吸水栅部分之隆起 190 接触，从而防止水在相邻的充填薄片 14 之间排出。在上述间隙 202 和外形深度 200 的具体实施例中，吸水栅 16 的隆起 190 具有 3/4 英寸的外形深度。

在图 11C 中，示出了充填薄片 14、50 或 58 以及成型时的通道 70、72 和位于侧边 24 上的吸水栅 128 的局部立体视图。具体而言，该板块为沿分隔线 152 剪切而成的具有三个循环的板块，这种板块可形成 A 段板块 54，如图 3A 所示。图 11C 具体示出了上述的间断，这种间断一般产生于充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 的重复花纹。这种间断包括分隔线 152 和 154、开口或通道 70 或 72、及表面 151 上的通道 250，通道 250 平行于长轴 82 和侧边缘 24。

增强模式的逆流可在通道 220 或 222 内沿相对的方向形成具有双涡流 224 和 226 的空气涡流。在图 9 中，双涡流是以三个通道 220 或 222 的形式示出的。但是，这种逆转对板块的冲击及与 V 形花纹的关系如平面图 20 和 21 所示，图中设置有钻石形吸水栅，并分别示出了三循环和五循环的栅距循环 (pitch-cycle) 频率。具有双涡流的通道 220 和 222

以字母 F 示出，其表示图 20 和 21 中的双涡流通道。在较小栅距循环的图 20 中，示出了经常发生的双涡流现象。

通道 250 位于图 11C 中未成型的塑性薄片和中性轴 160 之平面上，该通道 250 在充填薄片 14、50 或 58 的每个板块 54、56 的上边缘 128 和下边缘 130 之间延伸。凸出的分隔装置 252 在正面 151 上延伸一高度 253 并沿通道 250 以一预定的分隔距离 255 定位于凹入的分隔装置 234 内，如图 11C 和 11E 所示。凹入的分隔装置 254 也在通道 250 的平面 151 之上延伸一高度 257，该高度 257 小于分隔装置的高度 253。在图 11C 中，位于上边缘 128 处的相邻的凸出分隔装置 252 和相邻的凹入分隔装置 254 以在相邻的凸出分隔装置 252 之间紧密设置有两个凹入的分隔装置 254 的形式被示出，以容纳 A 和 B 薄片结构的替换位置。凸出的分隔装置 252 和凹入的分隔装置 254 都是中空的，从而形成在充填薄片 14 之反面 153 上开口的空腔。如图 11E 所示，凸出的分隔装置具有第一空腔 259，凸出的分隔装置 252 整体上为锥形形状，而其底部为椭圆形的，以保持直立位置。凹入的分隔装置 254 整体上为锥形，并包括一第一导向部分 267 和第二导向部分 261，以在软片包 12 最终装配时容纳相匹配的凸出分隔装置 252 之上端部 263。

在最后装配过程中，当相邻的凸出分隔装置 252 和相邻的凹入分隔装置 254 之间的分隔距离等于图 14 中通道 70 的中心 90、92 之间的距离时，即可容易地完成凸出的分隔装置 252 与凹入的分隔装置 254 的配合。这种相等关系使凸出的分隔装置 252，尤其是使从第一充填薄片 14 之正面 151 延伸的上端 263 与相邻充填薄片反面 153 上的凹入分隔装置 254 的第二空腔 261 对齐。

在运输和储存过程中，充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 可叠置在一起，如图 16 所示，同时使相邻充填薄片上的分隔装置 252 与分隔装置的第一空腔 259 配合。这种套装或叠置结构可允许隆起 163 与相对的线性波谷接合，以减少软片包 12 的体积，其比率为 20 比 1，从而节省储存空间、运输空间和装卸空间。上述实施例中的间隙 255 约为 1.5 英寸，从而允许相邻薄片的凸出分隔装置 252 与相对的反面 153 上相邻充

填薄片 14 之空腔 259 配合。在本发明之前,当充填包 12 的充填薄片结构被预先包装时,这种套装通常至少需要制造板块的长度。在本说明书中,充填薄片的套装可通过使交变的薄片在 48 英寸的充填薄片段上延伸 1.5 英寸而得以调节。应该认识到:充填薄片 14 的长度可大于制造部分的长度,因为这些部分可在连续的原材料薄片上形成。因此,所需的递增部分可以是实施例所述制造部分的 3.1%,但无论在哪种情况下,都小于制造时所用的单个成型部分的 1/3,以形成充填薄片 14。下面将对形成不同长度的充填薄片 14 的多个部分的制造加以说明。另外,这种多个充填薄片 14 之坚固的套装构造将形成较坚固的层状结构,以增加装卸,这种叠层与层压板类似。

在装配软片包 12 时,凸出的分隔装置 252 和凹入的分隔装置 254 从其储存位置相对相邻的充填薄片之表面 151 和 153 移动,以使凸出的分隔装置 252 与反面 153 上的凹入分隔装置 254 相互配合。在其接合位置上,分隔装置 252 在正面 151 上充分延伸,以调整表面 151 和 153 上相对波峰 163A 之间的间隙距离 202。该位置形成了机械分隔,以确保相邻充填薄片 14 之间的间隙 202 并保持软片包 12 内相邻充填薄片 14 的正面对中。

如图 3A 到 3E 所示,充填薄片 14 在其相应的正面 151 和反面 153 上设置有增强花纹。相邻的 A 和 B 型充填薄片 14 上的这些表面花纹一般呈镜像,这种镜像结构在最后的装配过程中形成通道 220 和 222。在最佳实施例中,每个薄片表面 151、153 都在直线 210 上的相邻波峰 163A 之间形成一距离,在图 11A 中该距离由间距 265 表示。在图 11A 中,加强花纹的纵向循环包括重复循环的三组隆起 163,隆起 163 相对水平轴线 126 沿相同的角度方向倾斜。在一具体的实施例中,增强花纹使冷却水沿薄片表面 151、153 移动,而且在该最佳实施例中,水沿薄片表面 151 或 153 水平移动 1.5 个间距 265,所述间距是指每一纵向循环或每两个纵向组 167 之间的间距。位移与间距之间的比率一般最好为任意半个循环的比率。例如 0.5、1.5、2.5 等等。类似地,位移与间距的任意非整数比率形成相应的增强气流。

充填薄片或热交换介质及物质交换介质 14 通常由塑性材料制成, 例如连续进给的聚氯乙烯薄片或 PVC 薄片, 这种薄片通过由本领域公知的热成型工艺制成的。用于充填薄片 14 的材料之选择是一种设计选择, 有关 PVC 的实施例并非限制性的。材料的另一实施例包括可应用于高温环境下的不锈钢, 例如催化转化塔。在图 4A 中, 模具 120 可用于形成类似的充填薄片 52、60, 薄片 52、60 已分别在图 3B 和 3D 中示出。模具 120 包括分隔线 124, 以形成薄片 14 的对中宽度及侧边缘 26, 分隔线表示剪切的位置。尽管只对单个较大的板块作出了说明, 但是也可用具有其它薄片外形的类似模具制造具有吸水栅 16 和侧边缘 24 的薄片外形, 如图 4B 所示。对设计者而言, 板块 54 和 56 的具体长度和宽度及图 3E 中充填薄片 14 的单个板块外形都是现有的, 但对模具 120 和 122 的说明仅是说明性的, 并非是对现有模具选择和设置的限制。充填薄片 14 的长度可通过将连续多个板块 54 和 56 连接到一起而形成。

图示的模具 120 和 122 设置有平行于垂直轴 80 的侧边缘 24 和 26, 但是, 水平轴 126 相对板块的上边缘 128 和下边缘 130 移动一个角度 89, 该角度等于图 3A 和 3B 所示的角度 88。充填薄片 14 的制造形成了椭圆形通道 70、72 的长轴 82, 其中通道 70、72 平行侧边缘 24 和 26。在图 4A 和 4B 中, 模具 120 和 122 设置有平行模具垂直轴或纵轴 81 的侧边缘 24 和 26, 但这只是对制造工艺的说明, 并非是一种限定。在图 4A 所示的模具构造中, 边缘 27 平行侧边缘 26, 边缘 27 通常抵靠在第二充填薄片 50 或 58 上, 以形成所需宽度的充填薄片 14。充填薄片 52 或 60 可被单独用于抵靠薄片。具体的薄片设置仅是一种设计选择, 即并列的充填薄片、一片薄片、设置有或未设置吸水栅和除湿器的充填薄片, 或上述设置的组合。

如上所述, 充填薄片 14 可由可成形的塑料薄片制成, 例如其可以是不连续的薄片或从塑料薄片辊上连续进给的薄片。未成型的塑料薄片一般为具有正面 151 和反面 153 的平面薄片 150。最终或成型的薄片在充填薄片的每个板块 54、56 上都设置有剪切线 152 和 154, 剪切线 152 和 154 在图中为两条平行的直线, 其间有一间隙 49, 以形成用于剪切

或分离的线性位置。剪切线 152 和 154 已在图 3A 至 3D 的充填薄片 50、52、58 和 60 上示出。图 4A 和 4B 中的上部剪切线 152 也可在制造过程中作为模具 120 和 122 的密封线。在一具体的实施例中，剪切线 152 和 154 的宽度约为 3/8 英寸。

充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 可通过热成型工艺被制成。但是，模具 120 和 122 只能唯一地形成由两个板块组成的装置，该板块的长度约为 24 英寸，因此可通过冲压工艺形成长度为 48 英寸的薄片。尽管薄片可以 48 英寸的递增量被形成，这也是由两个板块组成的装置生产出来的，但是每个板块 54、56 仅需要 1.5 英寸的偏移量。具体而言，上述的充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 可以 A 和 B 工序形成，但在现有技术中，就每种薄片而言，却需要单独的模具或在同一模具中需要不同的构造。成型薄片在 A 或 B 剪切线 152、154 以约 24 英寸的间距被剪切，从而在分离的堆垛或货架上生产出不同的充填薄片。如果薄片相互在顶部套装，那么套装后的结构将会靠近一半标高（one-half index）处从软片包 12 的主体内凸出，在这种情况下为 24 英寸。这种在运输前的组装工作很繁重，而且将会导致不易处理的运输和包装问题。另外，交变的充填薄片之现场组装效率低下，而且需要使包装工作远离加工现场，但由于这种远离加工现场的包装失去对成品的控制和估计，因此这种方法也是不可取的。

模具 120 和 122 可分别用于制造充填薄片 14 或 50、52 和 58、60。应该认识到：模具 120 并未包括吸水栅部分 16，类似地，模具 122 也未包括除湿器 28，这些部件可通过插入合适的模具部分来完成，从而形成所需的构造。所述的模具 120 和 122 可被设置成包括几个插入件的组件，这些插入件形成所需的充填薄片之结构，如图 3A 至 3E 所示，而且插入件可以增加也可以减少，这在本领域是公知的。

在另一实施例中，充填薄片 14 或 50、52 和 58、60 可被装配在图 22 所示的逆流冷却塔 310 内。冷却塔 310 在图 23 中的示意图示出了冷却塔 310 的几个组成部分：贮液槽 20、风扇 18、导管 36 和喷嘴 40，这些部件之间的关系与图 1A 中冷却塔 10 的装配关系相同。在该结构

中, 冷却塔 310 一般在其下部 312 开口, 其还包括设置有侧壁 316 的上部 314 和支承件 318。空气流 30 通过开口部分 312 并经过吸水栅 16 被水平抽出。充填薄片 14 在贮液槽 20 与风扇 18 之间设置于与贮液槽 20 之上或覆盖贮液槽。来自喷嘴 40 的水或流体可被导向充填薄片 14, 该薄片 14 设置有一般垂直定位的波峰线 210 和线性波谷 164, 以与通过充填薄片 14 的空气流联通。在该说明中, 可用图 9 表示软片包 12 的平面视图。

在该逆流冷却塔 310 内, 由于边缘 24 和 26 并未直接暴露于周围环境中, 而是固定于封闭的上部 314 内, 因此充填薄片 14 并不包括吸水栅 16 或除湿器 28。图 22 和 23 中的冷却塔 310 内的充填薄片 14 可在边缘 24 和 26 的任一侧设置于横向支承件 318 上, 该支承件横过垂直轴线 80 或图 3D 中充填薄片 14 的纵向长度。支承件 318 被肋 320 固定到位, 而肋 320 又与冷却塔的结构部件 22 相连接。

具体地说, 可通过将上述模具的插入件插入而在模具 120 上形成充填薄片 14。在一具体的结构中, 图 3E 中的薄片宽度 324 最好介于 16 英寸和 24 英寸之间。在这种标称宽度的设置中, 充填薄片 14 可被制造、包装、运输, 并以类似于上述的方式组装, 而且可以垂直悬挂充填薄片 14。这种设置中的充填薄片 14 可被定位, 同时使边缘 24 和 26 中的一个与侧向支承件 318 接触, 而另一边缘则垂直设置于冷却塔 310 内。冷却塔 310 内的充填薄片 14 包括大体平行冷却塔之水平轴线 390 的侧边缘 24 和 26。在冷却塔 310 内, 交变的 A 和 B 型的充填薄片结构以相同于上述垂直的充填薄片装置的方式被固定。组装结构中 A 和 B 型充填薄片的对中可由本领域公知的所有方法来实现, 所述的公知方法包括: 在将冷却塔 310 内的软片包 12 定位在横向支承件 318 上之后, 手工分离单个充填薄片。应该清楚: 较窄的充填薄片 14 能够支承较小高度的充填薄片, 但固定在边缘上的单个充填薄片 14 可通过将充填薄片 14 紧靠在一起并使凸出的分隔装置 252 与凹入的分隔装置 254 接合以增加机械支撑而被支撑。另外, 在这种边缘支撑的充填薄片装置中, 不采用装配杆 112, 从而消除了贯穿充填薄片 14 的必要性。

在图 22 和 23 的水平设置中, 充填薄片 14 具有垂直定向的波峰线 210, 而且介于波峰线 210 之间的对应的线性波谷 164 也垂直定向。水平装配在一起的充填薄片 14 还包括相邻充填薄片之相邻正面 151 和反面 153 的波峰线 210, 其紧靠在一起并在一垂直结构中相对外形通道 220 和 222 对中, 通道 220 和 222 用于通过充填薄片 14 的空气流或气流的交换。隆起 163 和沟槽 165 与波峰 163A 及线性波谷 164 配合, 以在通道 220 和 222 内形成螺旋形的涡流, 从而增强流动气体和流体之间的热交换。

在另一实施例中, 横向支撑件 318 可被设置于横流冷却塔 10 内, 以支撑垂直设置的充填薄片 14。在该结构中, 省去了支撑杆 112, 而且单个充填薄片 14 的长度或高度也可变化, 以在垂直相邻的横向支撑件 318 之间调整所需的间距。

图 1 和 2 中的横流冷却塔 10 包括独立的吸水栅 16。充填薄片的前表面 24 靠近图中所示的吸水栅 16, 在图中该吸水栅 16 与充填薄片 14 成一体, 并可避免流动的流体 32 从充填薄片 12 中排出。应该注意: 图示的吸水栅 16 与最佳实施例中的充填薄片 14 成一体, 但并未要求吸水栅 16 是一个一体的部件, 它可以是一个独立的部件。

在图 3 中以平面图示出了单个充填薄片 14, 该充填薄片 14 在 V 形花纹表面 151 和 153 上与吸水栅结构连接为一体, 以形成从花纹表面 151、153 移出的边缘 24, 如图 4B 和 11C 所示。或者, 吸水栅 16 也可被设置于边缘 24 与 V 形花纹表面 151、153 之间。图 5A 中的吸水栅结构 16 包括叶片 451, 单个叶片 451 为重复花纹的部件, 这些部件设置于相邻接触表面 457、吸水栅长度 459 或面对长度 470 上的相同位置之间。吸水栅的叶片 451 相对水平轴线以角度 350 定向, 如图 5A 中的直线 126 和吸水栅长度 459 所示, 吸水栅 16 的角度设置可引导排水, 以使被吸收的流体的液滴流入充填薄片包 12。

图 4D 为现有技术的蜂窝式吸水栅(栅板) 455 的剖视图, 这种栅板在其正面 462 和反面 464 上设置有波纹形花纹 460。波纹形的花纹 460 在其正面和反面 462 和 464 上具有一垂直段或臂 470, 该臂 470 在相邻

而且相对倾斜的壁 466 和 468 之间延伸，而壁 466 和 468 从各个接触表面 457 延伸。在采用波纹状花纹的栅板结构 455 的装配过程中，正面和反面 462 和 464 之相邻栅板结构的相对段 470 相互接触，并形成多个等边六边形的栅格 472，如图 4E 所示。这种等边的栅格结构 472 是通过相邻充填薄片 14 与栅板结构 455 相互接触形成的，这种接触形成了有限的空气流和流体流区域。

图 4D 的吸水栅结构 455 如平面视图图 5 所示。在该实施例中，吸水栅结构 455 包括外边缘 24 和内边缘 145，该内边缘靠近充填薄片的反面 151。每个部分 457 和波纹状花纹 460 的吸水栅叶片 451 都以角度 350 向水平线倾斜，并从外边缘 24 延伸到内边缘 145。外边缘 24 上的每个相对的臂 470 都是吸水栅 455 之平面或矩形部分 457 的末端。该部分 457 终止于靠近充填薄片正面和反面 151 和 153 的接触段或臂 458。吸水栅的矩形部分 457 之臂 459 在相对臂 470 与接触臂 458 之间延伸。在图 5A 中，相对臂 470 和接触臂 458 为吸水栅 455 之平行四边形的上部的短边，长边或吸水栅臂 459 与平行四边形的短边 458 和 470 连接。作为说明，应该注意到：在图 5A 中，倾斜区域 464 包括一上臂 465，该上臂从下部吸水栅臂 459 上的一个点 463 沿垂直方向延伸到内边缘 145 上的内接触臂 458 的顶端 469。从而使倾斜区域 464 表现为吸水栅之矩形部分 457 的间断，但在平面视图中为一平面部分。因此，可沿吸水栅臂 470 形成充分接触的吸水栅部分 457，这样就形成图 4E 的六边形栅格 472。

总之，吸水栅叶片 451 和栅板部分 457 以角度 350 从外边缘 24 向内边缘 145 向下倾斜。使角度 350 的值最小，有利于空气的进入并使通过充填薄片的表面 151 和 153。角度 350 与吸水栅臂 459 的特定组合形成图 5A 的作用距离 454。该作用距离就是由每个吸水栅栅格 472 所形成的垂直保护装置之尺寸值，其中吸水栅栅格 472 用于吸收冷却塔 10 或充填包 12 内的流体；而且在图 5A 中，距离 454 为吸水栅臂 459 在外边缘 24 和内边缘 145 上的端点之间的高度。吸水栅结构 16 和 455 的另一有形尺寸包括吸水栅高度 462，该高度在图 5A 中为相邻矩形部分 457

上相同位置之间的垂直距离。吸水栅高度 462 可被认为是开口高度 456 和接触长度或高度 458 的循环花纹。开口高度 456 与接触高度 470 与相邻吸水栅叶片 451 的相同部分协同工作,即相邻正面和反面上的吸水栅部分 457,以形成图 4E 所示的蜂窝状结构。各个不同长度和尺寸之间的关系影响吸水栅的操作性能,而且这些关系可被用作评价吸水栅结构 455 和 16 的评估准则。

一种评估准则或设计参数被称为视线比率,即作用距离 454 与开口高度 456 的比值。视线比率可用于衡量防止流体液滴水平移动之保护措施的作用。作为利用这种设计参数的实施例,与倾斜表面接触的下落流体液滴可沿具有水平分量和垂直分量的方向移动或弹开。该移动距离是垂直下落距离的函数。流体液滴在吸水栅结构内的最大移动距离为开口高度 456。

当视线比率为 1.0 时,可能垂直移动的流体液滴通过吸水栅高度所需的距离是相等的。从而,视线比率越大,最大液滴的回弹及在入口边缘 24 离开吸水栅结构 455 的垂直距离之差也就越大。由于这种物理特性,如果以具有第一视线比率的吸水栅花纹为参考基准,那么具有更大开口高度 456 或更大吸水栅高度 462 的第二吸水栅花纹将需要更大的作用距离,从而以相同程度防止流体液滴的排出,即具有相同的视线比率。这种条件可通过改变相同吸水栅长度 457 的角度 350 或通过增加吸水栅的长度 459 来实现。但这些可选方案将会对吸水栅 455 的效率或成本产生影响。反之,吸水栅高度 462 的降低可以保持第一视线比率,并可形成一种更有效、更紧凑的吸水栅装置 455。本发明的吸水栅结构 16 可在视线比率为 0.70 至 3.0 的范围内工作。

然而,在图 5A 所示的本发明之吸水栅结构 16 中,接触表面 457 与整个宽度的表面 457 交叠形成倾斜区域 464,该区域从吸水栅臂 459 上的一点 463 延伸到内边缘 145 上的一个接触点 469。在该结构中,流体液滴可落入吸水栅结构或区域内,其中所述的区域从上部吸水栅部分上的点 469 延伸到相邻吸水栅部分 457 上的相邻下部点 469。从而,流体液滴在吸水栅区域内的最大垂直移动距离就是吸水栅的高度 462。因

此,作为第二种措施的设计方案,作用高度 454 与吸水栅高度 462 的比率为另一个合适的描述信息或吸水栅的保护水平的评价手段。约 0.70 至 3.0 的作用比率为本发明所提供的范围,用于改变接触高度 470 和作用高度 454。

图 5A 示出了现有蜂窝状吸水栅的结构,其在图 4D 的侧视图图中也已示出。波纹状花纹的一般结构特征包括倾斜部分 466 和 468,及垂直段 470。这些吸水栅的垂直段 470 与相邻充填薄片 14 的相邻吸水栅段接触,其中充填薄片 14 可被组装成充填薄片包 12。在本发明中,吸水栅结构 16 为一个与充填薄片 12 一体形成的部件,从而在最佳实施例中包括在冷却塔 10 的充填薄片 12 内。

在吸水栅的包装部件中,垂直段 470 与相邻充填薄片的相邻吸水栅在其相应的垂直段 470 上接触。在一装配好的现有装置中,相邻的倾斜段 466、468 和垂直段 470 都是相同的,并相互配合以形成多个等边六边形栅格 472,如图 4E 所示。在图 4E 的蜂窝状结构中,栅格 472 具有一开口栅格宽度 475 和一开口栅格高度 476,其宽度 475 与高度 476 的比值或高宽比为具有这种蜂窝式结构的栅板结构尤其是栅板结构 16 或 455 提供了更多的描述信息。在本实施例中,格栅的高宽比可介于 0.50 至 2.5 之间。但该高宽比最好大于 1.0,约 2.0 为最佳。具体地说,图 4E 所示的等边格栅 472 在充填薄片 14 的相邻栅板 16 或 455 之间的表面或叶片 457 上形成相当大的接触面积。相邻的栅板区域之接触形成限制空气流或流体流的区域,在该区域内几乎不会或根本不会产生穿过格栅 472 的冲洗作用。限流区域或穿过充填薄片的小的冲洗作用有助于矿物质的沉积和生命体的生长,但这些都是不需要的条件。

本发明之栅板结构中的上述高宽比大于 1.0,就是说格栅的宽度 475 总是大于格栅的高度 476。图 4E 示出了常用的蜂窝式栅板的端部视图,这种栅板包括栅板叶片 451 和朝充填薄片表面 151 和 153 向下并向里倾斜的部分 457,如图 5A 所示。该部分 457 的倾角为相对水平线的角度 350。最好能够使角度 350 最小,以便于空气进入栅板结构 16 和充填薄片 14 内。但是,栅板结构 16 或 455 可能通过防止流经充填薄片

14 或其它冷却塔介质及栅板叶片 451 的整个表面的流体排出或“飞溅”而将流体留在冷却塔 10 内。接触表面或栅板叶片 457 的长度乘以空气入口角度 350 的正弦值约等于作用高度 454。这是垂直下落的流体之量纲值或容许值，垂直下落的流体是由可防止流体排出或“飞溅”的每个格栅 472 提供的。

上述说明及上述视线比或高宽比暗示：具有较大开口高度 456 或下落距离 462 的栅板设计将要求成比例增大的作用距离 454，以在防止流体“飞溅”方面起到相同的保护作用。

在图 6E 和 6F 中，示出了另一种压缩的非等边蜂窝状的栅板设计方案 480，这种栅板 480 在外边缘 24 上还设置有肋 482，这是本发明之栅板结构 16 的一个示例。在图 6E 中，栅板高度 470 在长度上明显短于倾斜的壁 466 或 468。图中示出了肋 482 的垂直端部视图，肋 482 可被认为是中心轴 467 并被用作基准面。在该实施例中，肋 482 提供了一定程度的稳定性或刚性，以增加紧凑设计的相邻栅板结构 455 之间的对中，在所述的紧凑设计结构中，栅板沿矩形部分 457 和接触线 470 具有相对最小的接触面积。在图 6E 中，接触高度 458 明显短于开口高度 456。从而，对于相同的角度 350，在栅板 16 的吸水性能至少与上述现有栅板结构之吸水性能相同的前提下，可减小栅板的长度 459，这种改进的结构可节约空间和成本。一装配好的高效栅板 16 在图 7 中以端部视图的形式被示出，该图还示出了一个六边形的矩阵，但该矩阵不是由等边六边形格栅组成的。具体而言，格栅的宽度 475 大于格栅的高度 476。在该栅板部件 455 中，既可得到所需的吸水特性，同时又可减小外边缘 24 与内边缘 145 之间栅板部件 455 的宽度。

参照图 6A、6B、6C 和 6D，图中示出了上述的除湿器 28。图 3F 示出了除湿器 28 的另一特征，其中第一除湿薄片 510 和第二除湿器薄片 512 具有一致的形状，其可以相互配合以形成区域或通道 514，该通道用于将含有流体的空气从冷却塔介质，例如充填薄片包 12，输送到冷却塔 10 的中央区域，以与图 1、1A 和 22 中的风扇联通。但是，将冷却流体从冷却塔 10 的介质输送到周围环境中是不合乎要求的。这样，

就可使用除湿器 28，并使除湿器 28 与介质或充填薄片 14 配合，以吸收包含在空气中的雾或流体，以将其导向充填薄片的表面 151、153 和贮液槽 20。

在现有技术的钟形除湿器中，钟形的除湿器将产生穿过通道 514 的空气流，不管空气流从第一端 522 流向第二端 524 还是从第二端 524 流向第一端 522，都接触相同的角度变化。这种钟形的除湿器起到应有的作用并使除湿达到令人满意的程度，但这种除湿器不是用于流体液滴吸收和控制的最佳技术方案。

图 3F 从图 6A 的上边缘示出了广义上的钟形或曲线形除湿器 28，这种形状已被应用于逆流式和横流式冷却塔 10 中。尽管充填薄片 12 可在内边缘 26 上包括多个除湿器，这些除湿器可相互配合以形成多个通道 514，但在说明书中将仅对一个成型时的通道 514 进行说明。在说明中，含水空气在通道 514 的入口 531 处以箭头 532 示出，而排出空气则在出口 534 处由箭头 536 表示。除湿器 28 用于从通过冷却塔 10 或其它液体-气体直接接触的设备的含流体的空气流中除去流体液滴，所述流体液滴通常为水，但也可能是另一种流体。在空气流 532 的方向被改变之后，较重的流体液滴将会撞击除湿器薄片的侧壁 526 和 528，这种撞击是较大动量的较重流体液滴作用的结果。液滴撞击侧壁 526 或 528，凝结并沿侧壁 526 或 528 流动，以返回到图 1 和 1A 所示的充填薄片表面 151 或 153 和贮液槽 20。

图 3G 为本发明的除湿器 511，这种除湿器采用平行的直壁部分，以使进入入口 531 和通道 514 的含有流体之空气流均衡、稳定。通道 514 被上部侧壁 526、第一薄片 50 的正面 531、下部侧壁 528 及第二薄片 512 的反面所包围。在图 3G 中，空气流 532 在底部区域 560 达到初始平衡和稳定，底部区域 560 为基本平行的壁部分。空气流 532 之方向的初始改变为第一倾角 516 处，该角度相对垂直线 518 为 $+40^\circ$ ，而且还使空气流速度 v 增加。在该实施例中，在第一速度平衡和加速区域 520 内，增加后的速度 $v-1$ 可被表示为 v 除以角度 516 的余弦或等于 $1.035v$ 。正号“+”和负号“-”表示直径方向相对垂直的基准线 518 的变

化，即在图中“+”号表示顺时针移动，“-”号表示逆时针移动。

空气流的加速还促使被输送的流体液滴产生与空气和流体相同的速度。如上所述，如果引入的空气流速度 v 具有一个 1.0 的值，那么其速度一般约为 700 英尺/分钟。在与侧壁撞击之后，空气流 532 继续通过通道 514 流动。空气流 532 离开第一撞击区域 544 之下流的区域 520 并通过较大流体液滴的作用后其速度约为 1.3 倍的进入速度 v 。加速气流继续通过通道 514，以在第二冲击区域 546 接触底壁 528，同时使中等尺寸的流体颗粒沉积在底壁 528 上。接下来，通道 514 以约 -90° 的第二方向变化角 548 重新定向。在该位置上，气流 532 处于第三速度平衡，并以相对垂线 518 约 -50° 的第三倾角 530 进入加速区 550，从而产生气流速度的增加， $v-2$ ，即 v 除以角度 530 的余弦或 $1.556v$ 。接下来，气流 532 以相对其流动方向约 $+35^\circ$ 的第三方向变化角 537 重新定向，流向空气加速区 554 和位于第二端 524 的出口 534。包含流体气流在通道 514 内继续向下，并在第三撞击区 522 再次撞击顶壁 526，更细和更小的流体漂移颗粒沉积在第三撞击区域 522 内，以返回充填薄片表面 151 和 153 及贮液槽。出口 534 处的空气流 532 以相对垂线 518 约 -15° 的微小角度倾斜。空气流 532 在螺旋形通道 514 的整个长度上所经历的角度变化之和为 165° ，具体地说， 40° 的第一倾角 516， 90° 的第二方向变化角 548 和 35° 的第三方向变化角 537 之和为 165° 。这种现有的除湿器是对称的，同时其第二倾角大于其第一倾角，从而可以连续除去较小的流体液滴。但是，可在这种除湿器结构内包括有进一步的改进，以增加流体回收，并进一步减少通过通道 514 的压降，从而改善操作效率。

作为对比的参照条件，一钟形弯曲外形的除湿器包括大体相等的第一倾角 516 和第二倾角 530。当钟形的除湿器内产生空气加速时，空气流和被吸收的流体液滴之动量也要产生变化，但这需要对这些特征进行改进。除去较小尺寸的流体液滴需要增加邻近通道 514 部分的连续下游之间的动量。

图 3F 中的除湿器结合有对称形式的下述内容，但降低了从入口 531 到出口 534 穿过除湿器的压降。具体地说，改进的除湿器 28 包括：

在入口 531 和出口 534 附近具有不同角度值的气流变化的对称形状；三个撞击区域，用于撞击气流并逐渐下落的较小的流体液滴；一与排出区域重叠的第二撞击区域，以确保来自第二撞击区域的流体之充分撞击；减少总的角度变化，以使气流 532 更平缓的改变气流方向；避免了排出口 534 相对入口 531 的平面偏移，这是以 15° 的角度为排出的气流定向所必需的，如上所述。这种改进的设计包括约 $+35^\circ$ 的第一倾角 516，约 -75° 的第二方向变化角，约 -40° 的第二倾角，约 $+40^\circ$ 的第三方向变化角，以在出口 534 处形成 0° 的排出角 558。气流 532 所经历的总的角度变化，具体地说，就是第一倾角 516、第二方向变化角 548 和第三方向变化角 557 之和为 150° 。这种较小的总角度变化以及平缓的过渡使除湿器产生较少的剧烈压降。这些变化及 S 形沟槽 176 和微型沟槽 185 改进了流体的吸收和充填薄片 12 的再定向，改进了气流的方向控制，并降低了从入口 531 穿过除湿器到达出口 534 的压降，从而改善了通过除湿器 28 的气流输送。

尽管已对本发明的具体实施例作出了说明，但应该清楚：可对本发明作出各种不同的修改和变化。因此，本发明所附的权利要求书覆盖了所有落入本发明保护范围内的修改和变化。

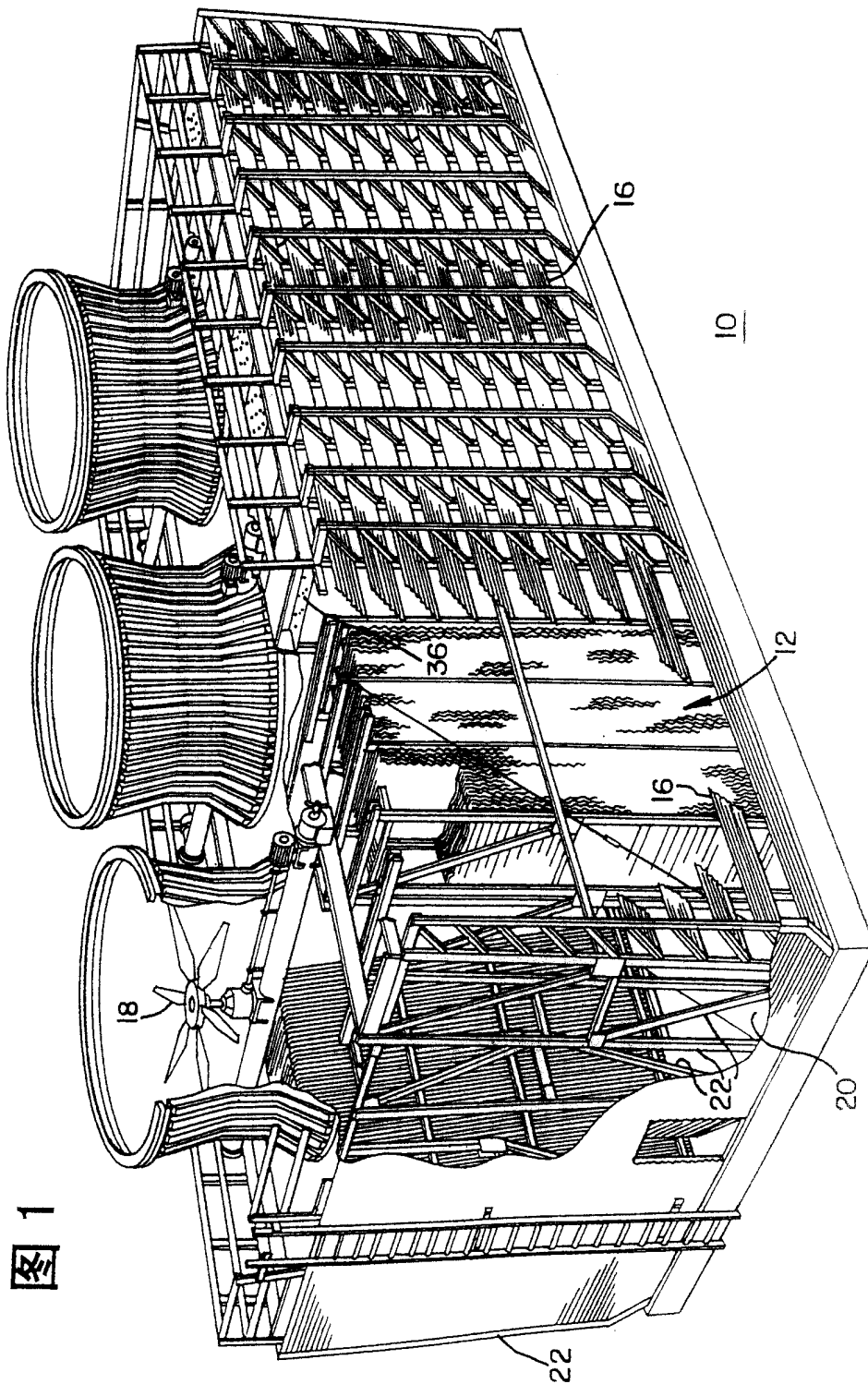
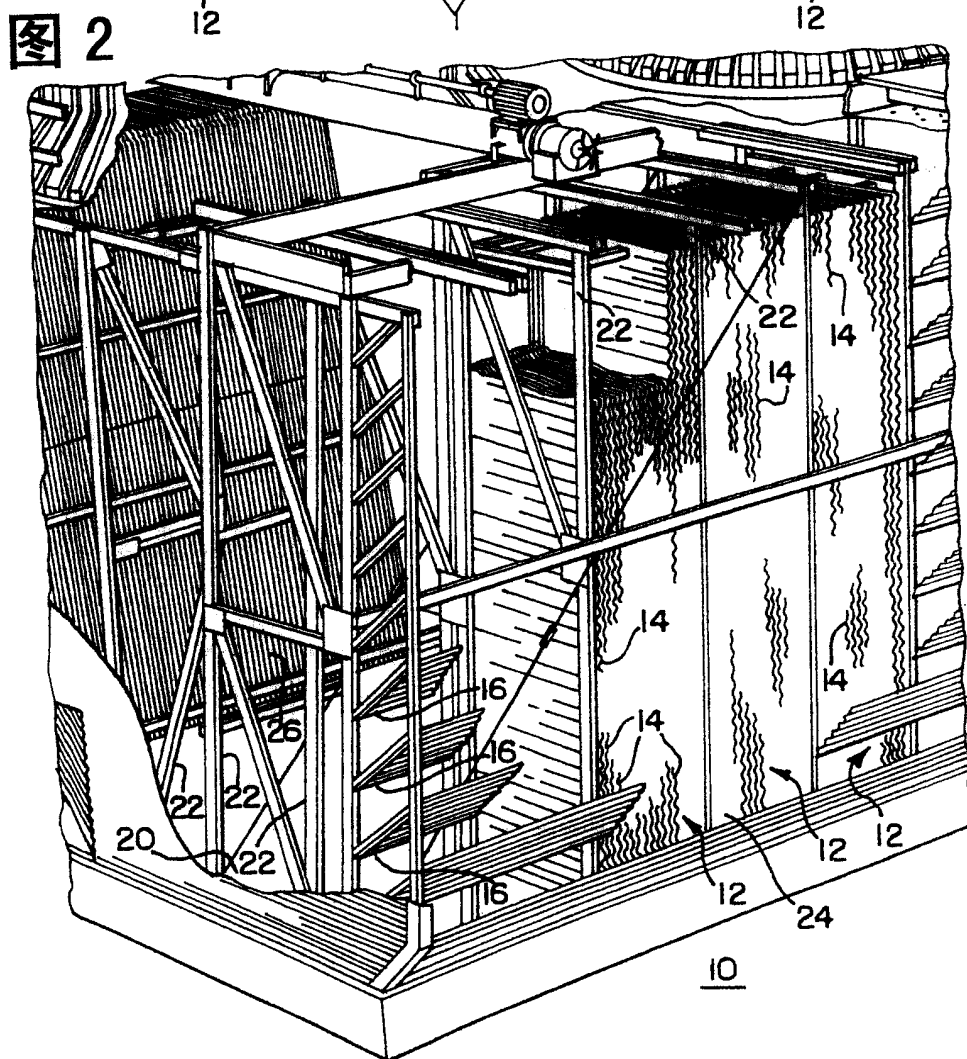
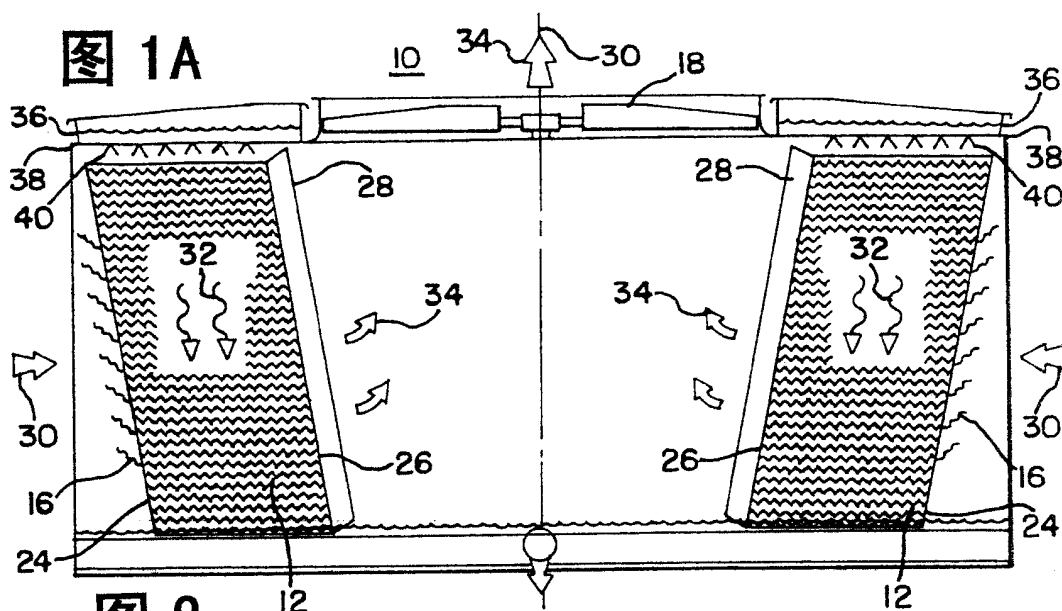


图 1



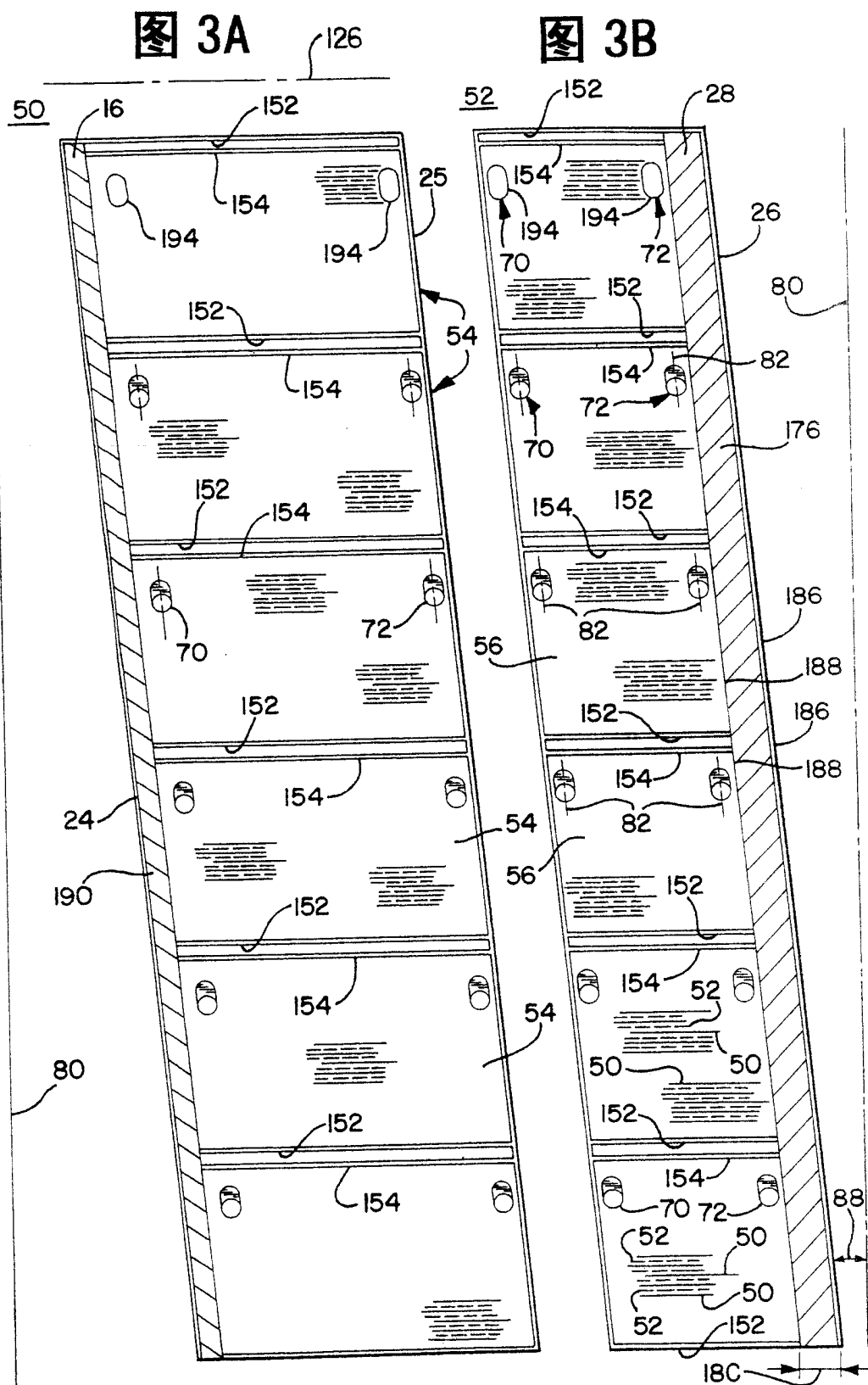


图 3C

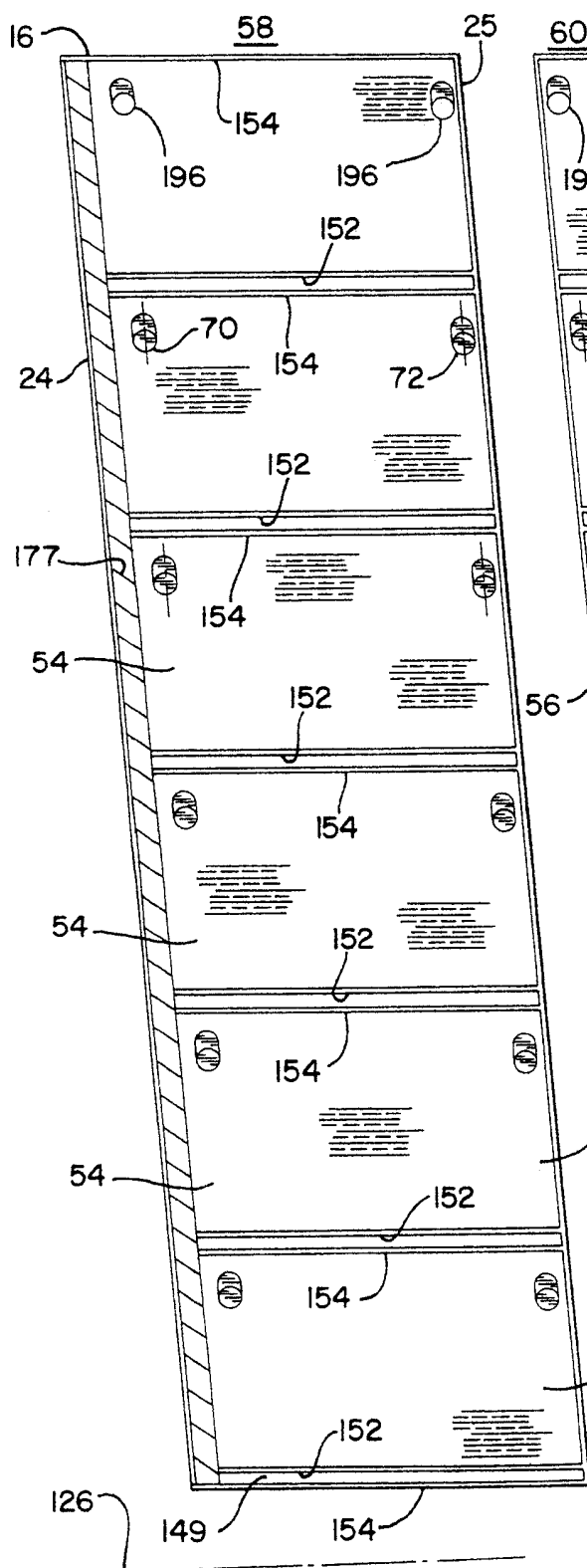
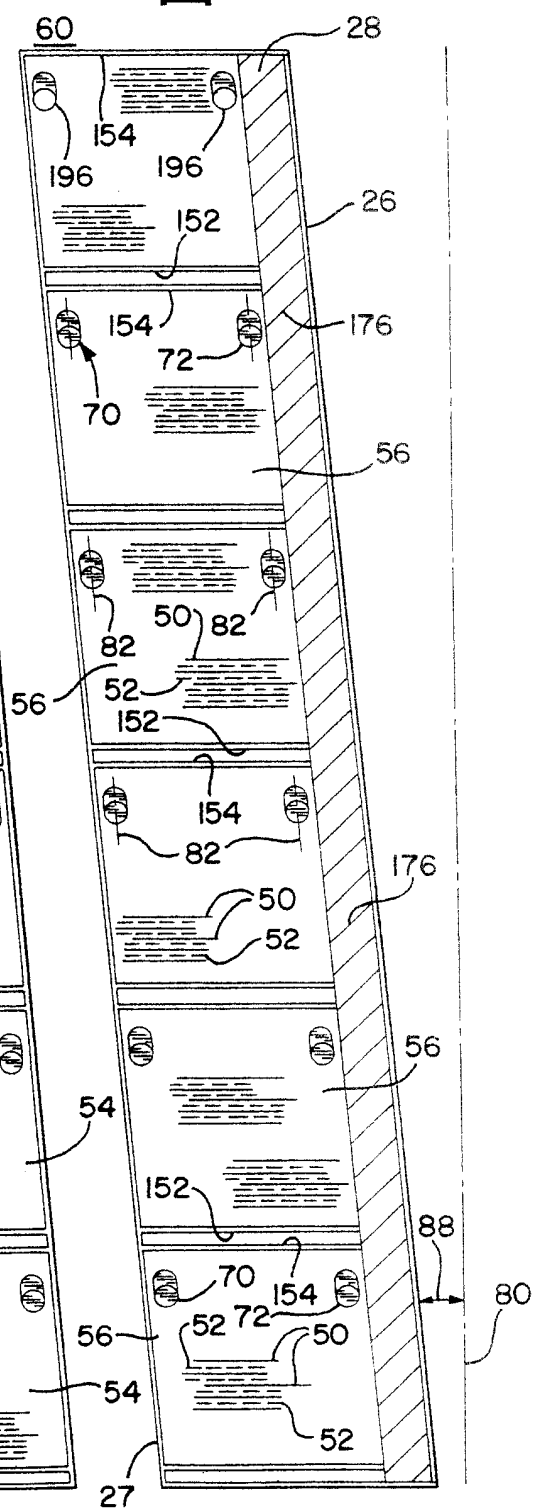
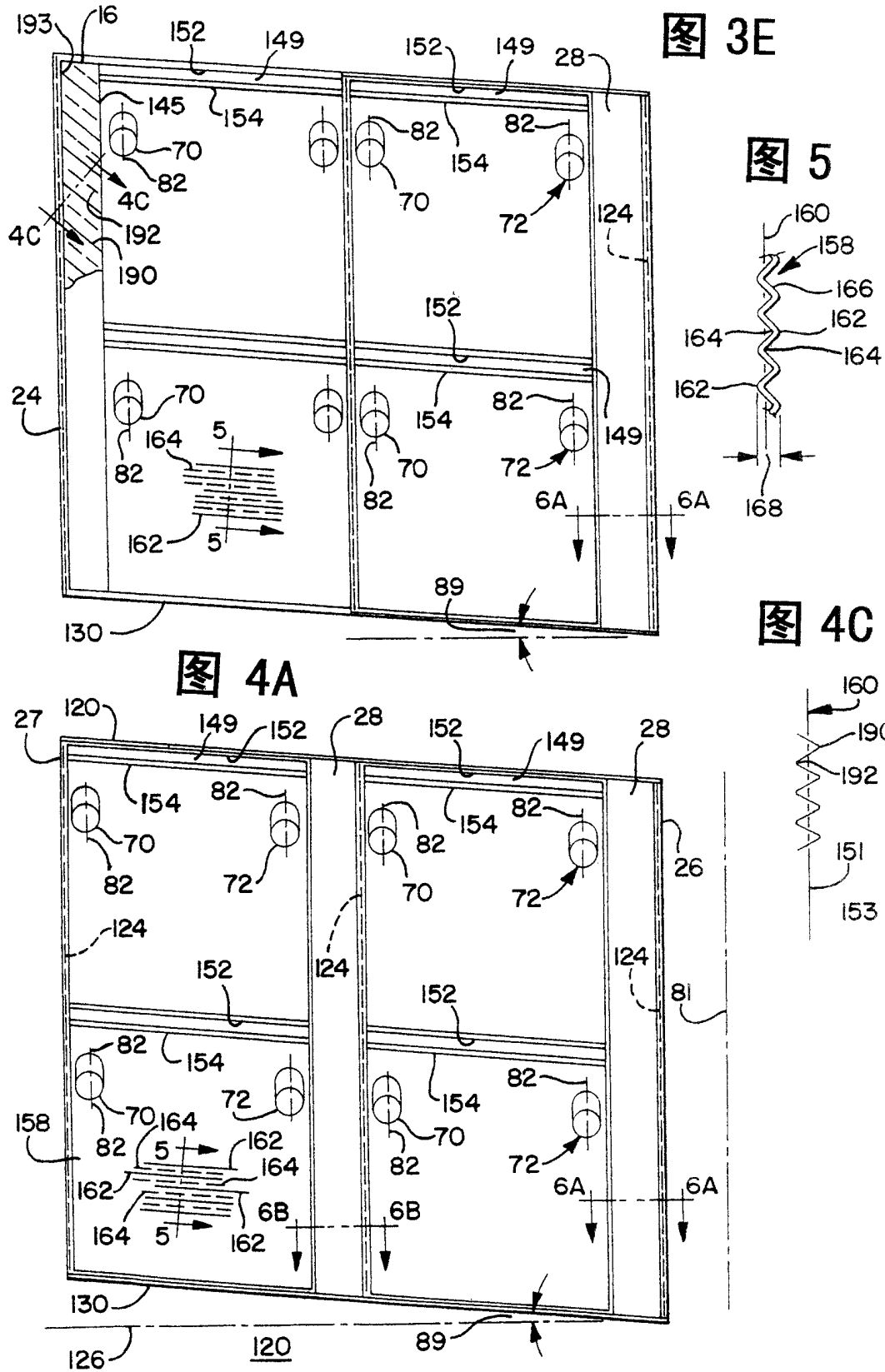


图 3D





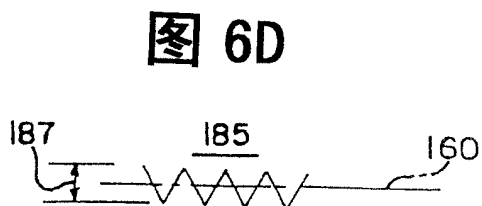
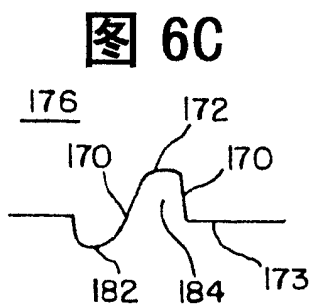
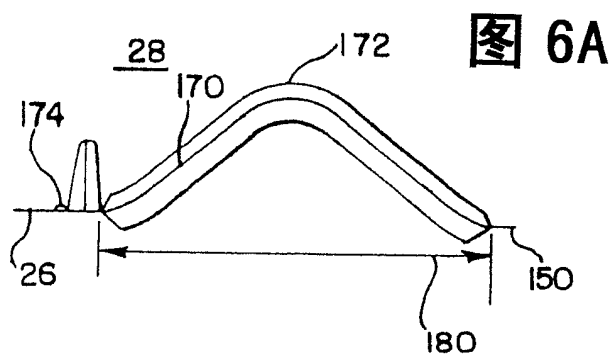
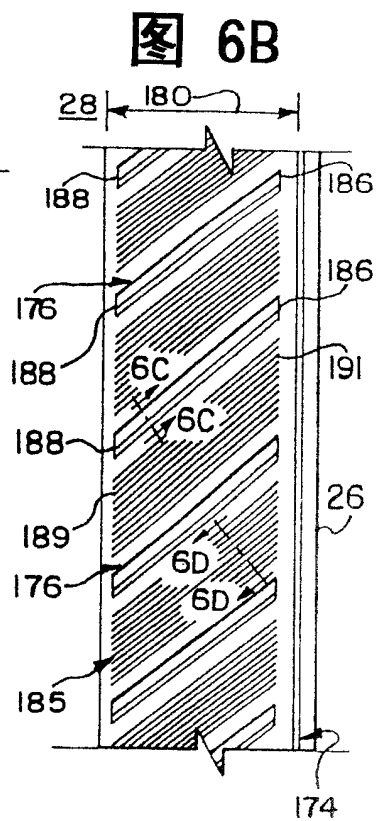
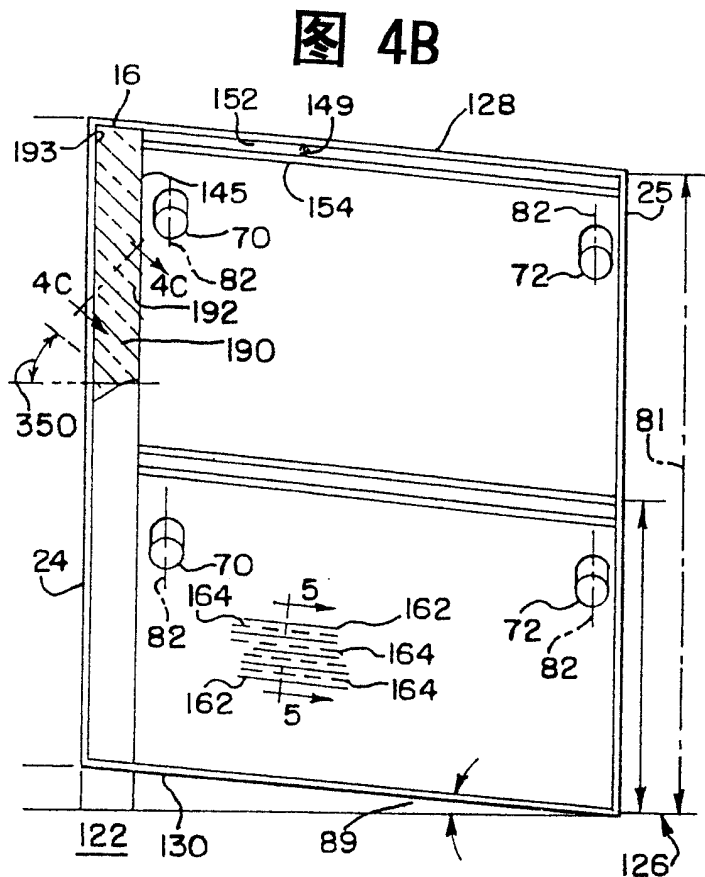


图 5A

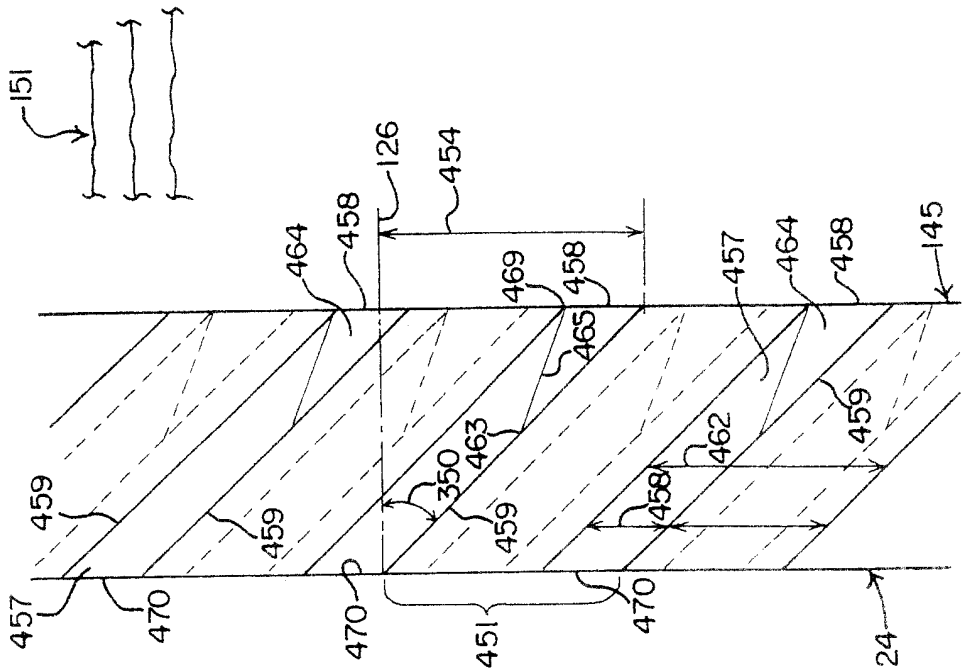


图 4D

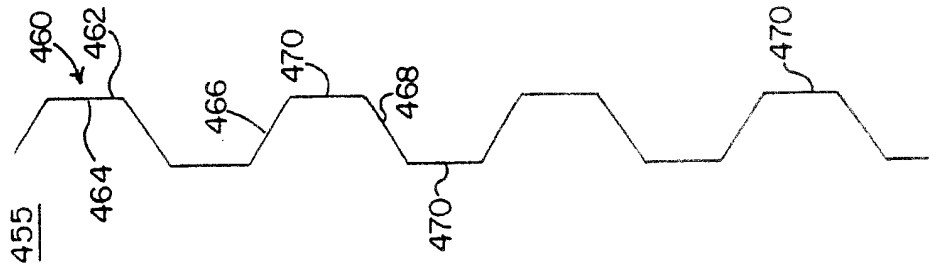


图 4E

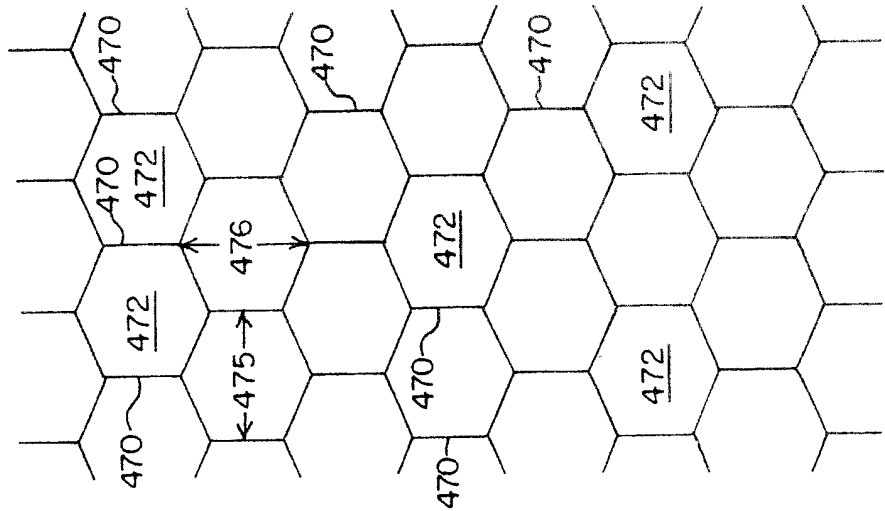


图 6F

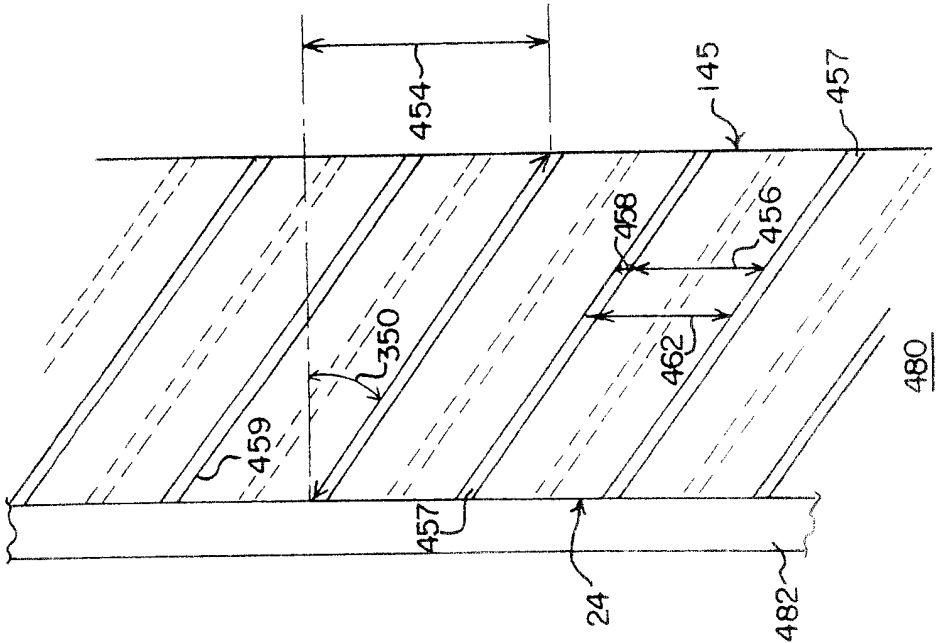


图 6E

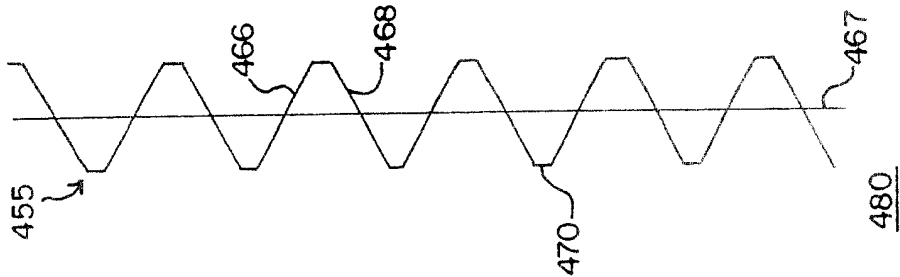
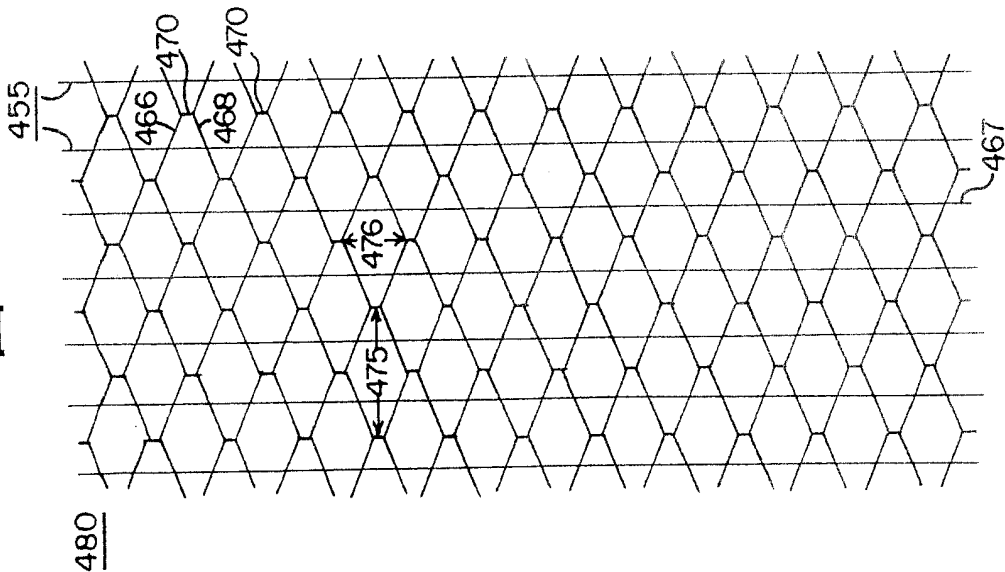


图 6G



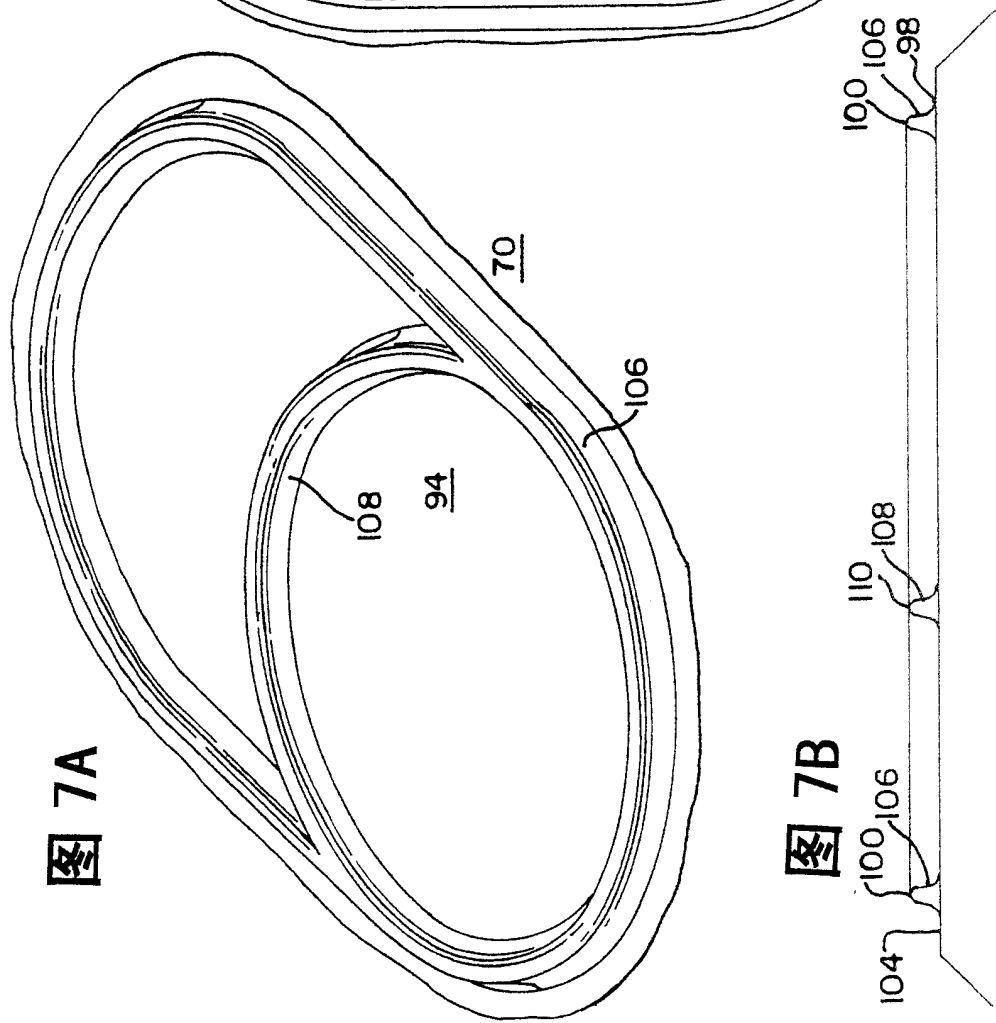
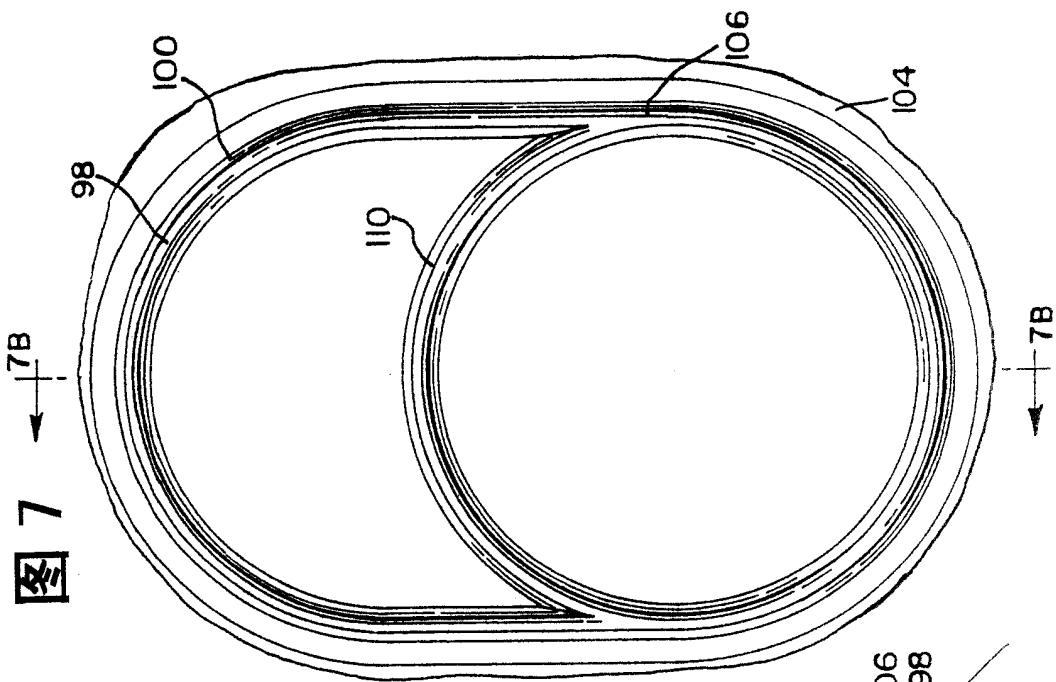


图 8

现有技术

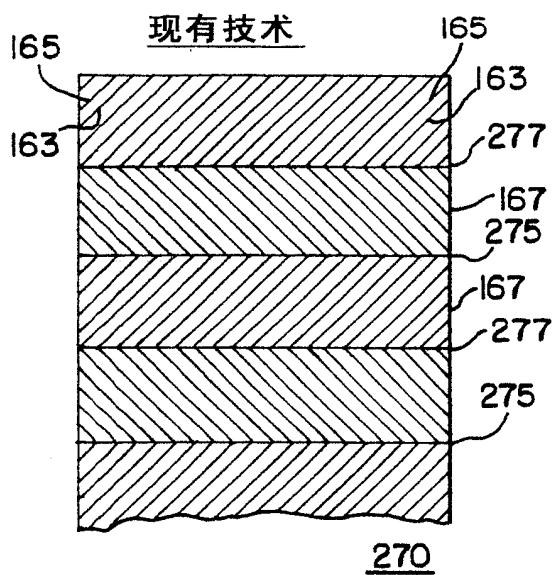


图 8A

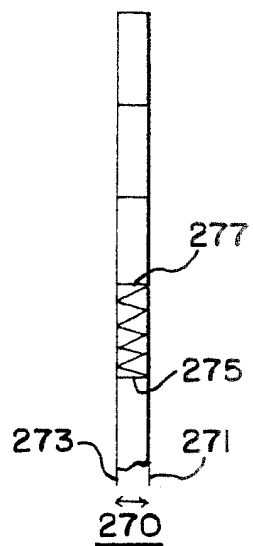


图 10

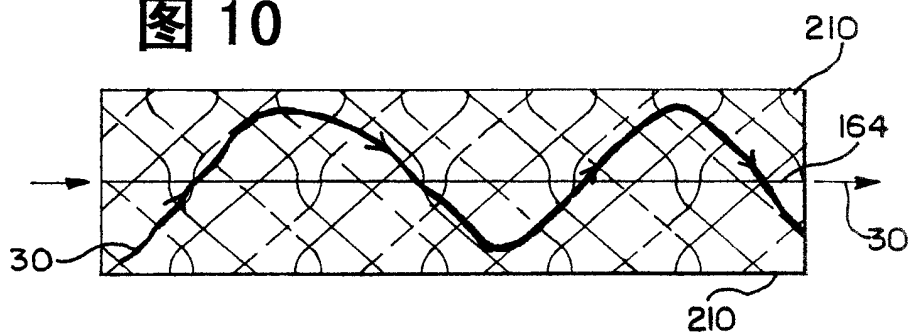
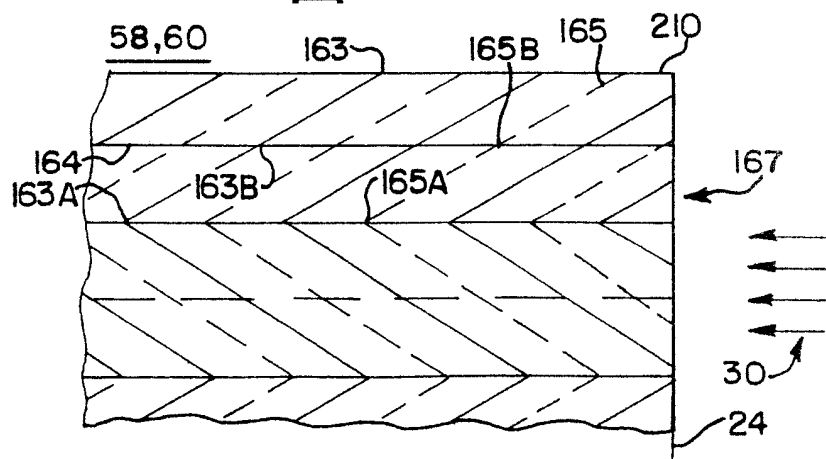


图 11B



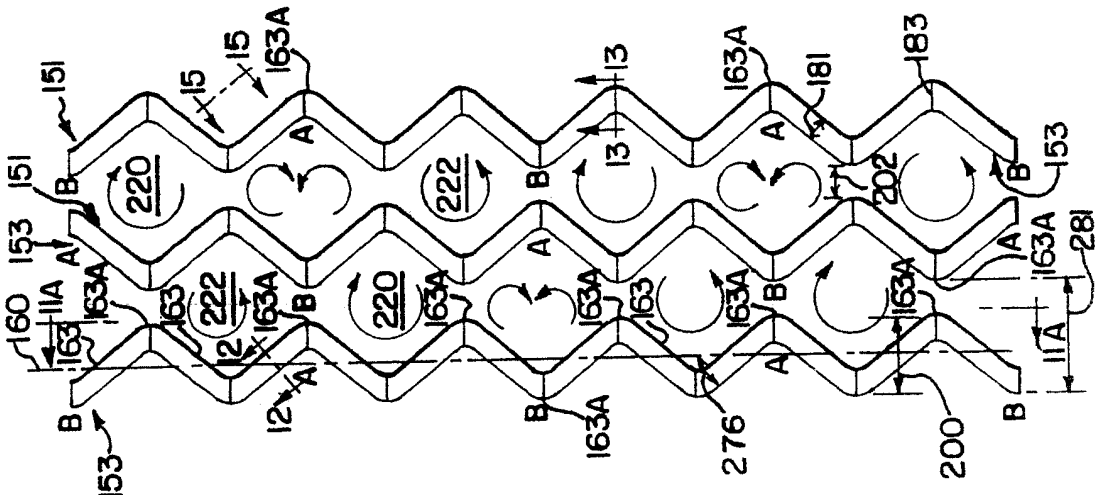


图 9

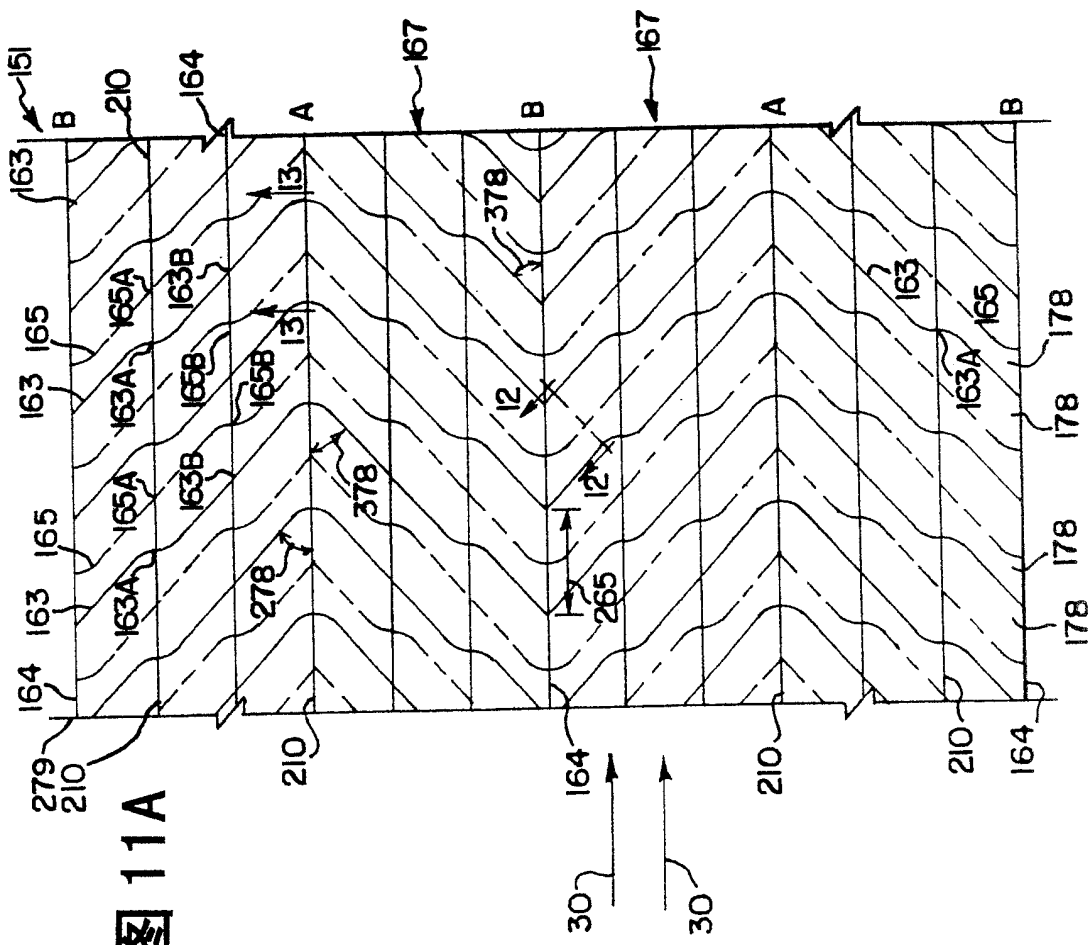
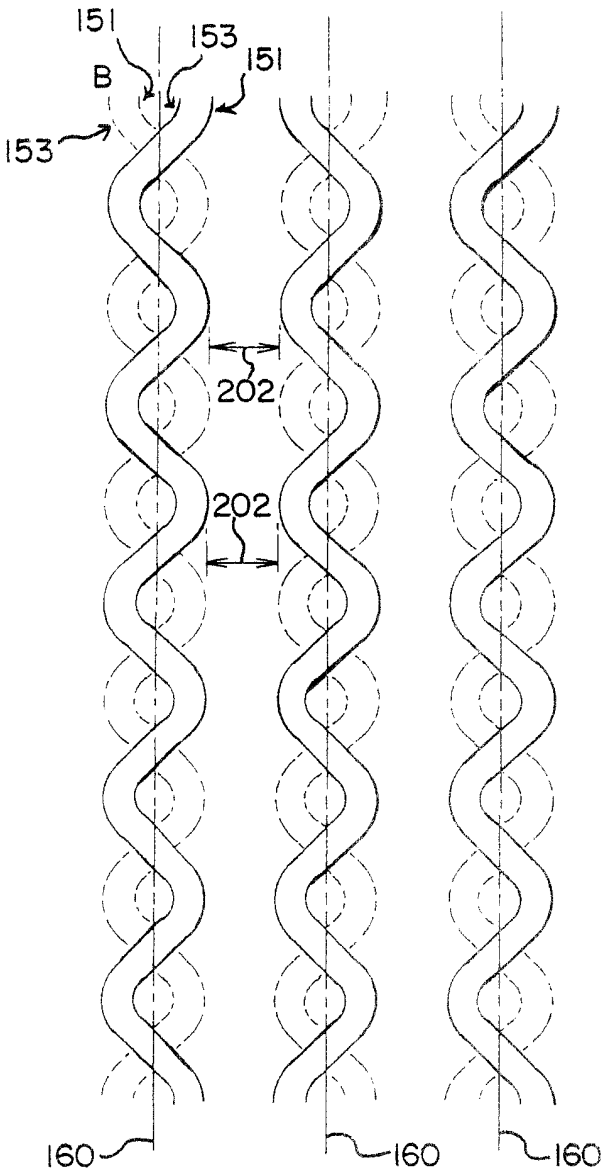


图 11A

图 9A



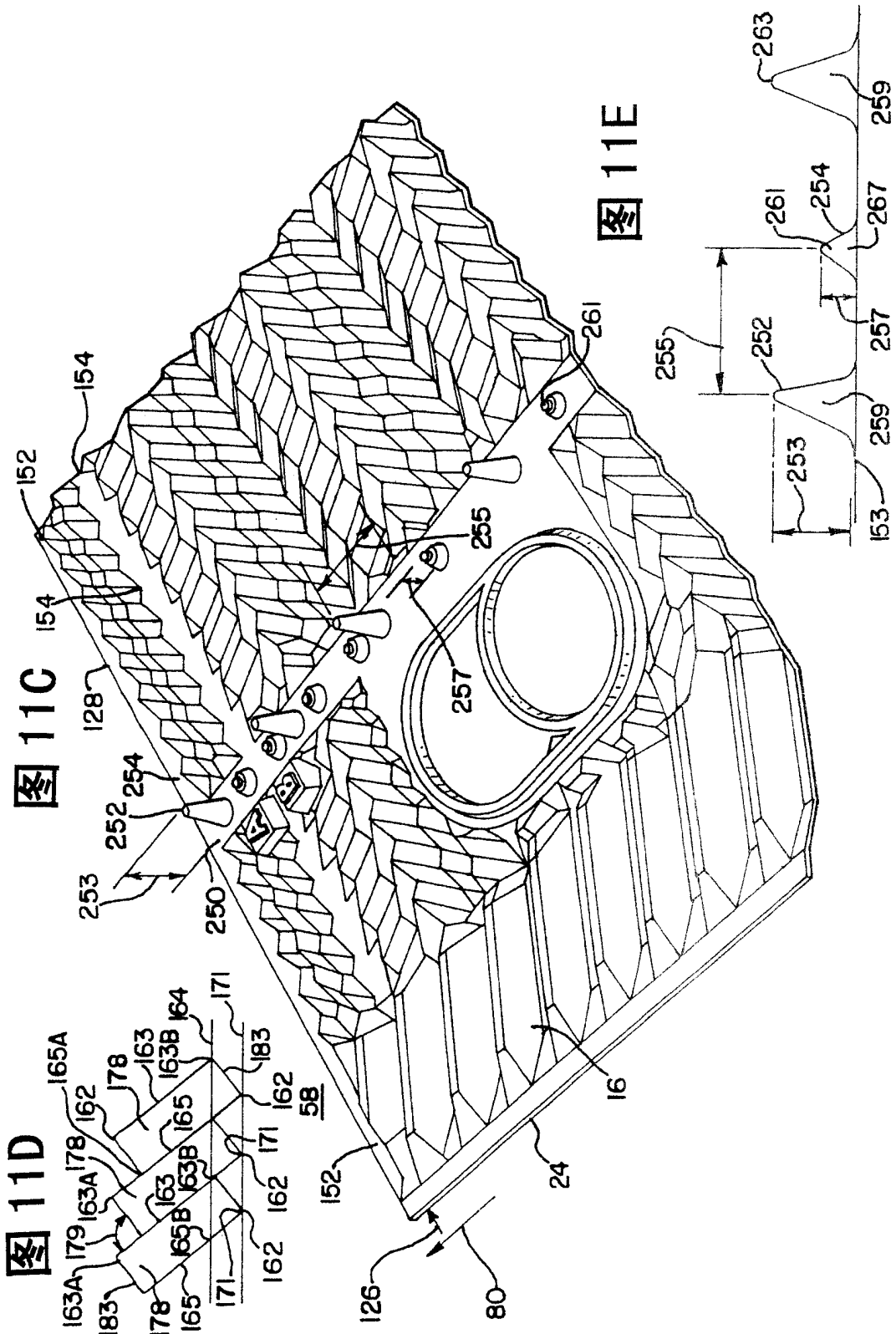


图 12

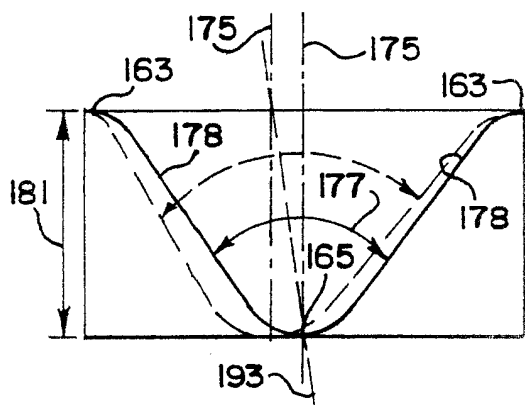


图 13

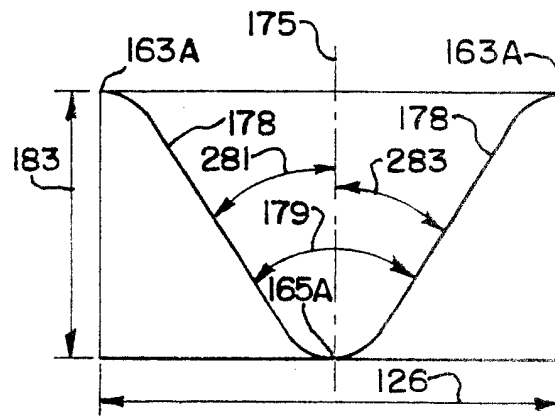


图 14

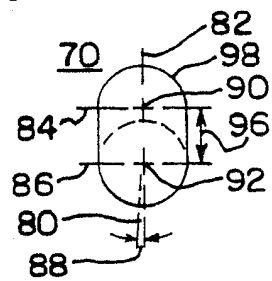


图 15

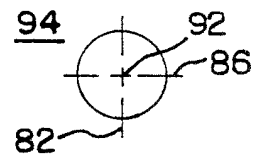


图 14A

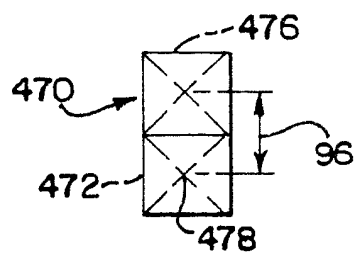


图 15A

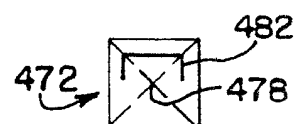


图 16

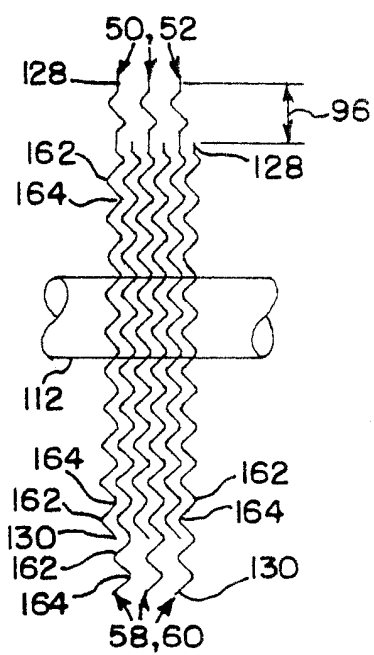


图 18

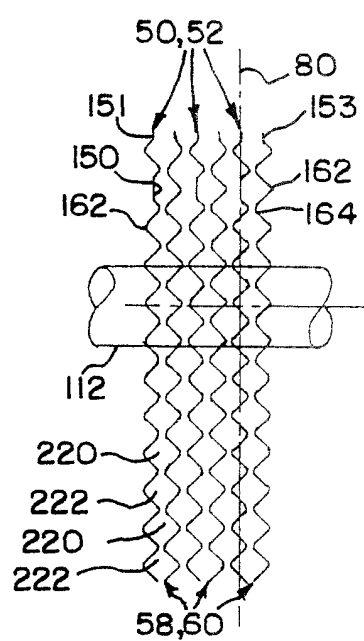


图 17

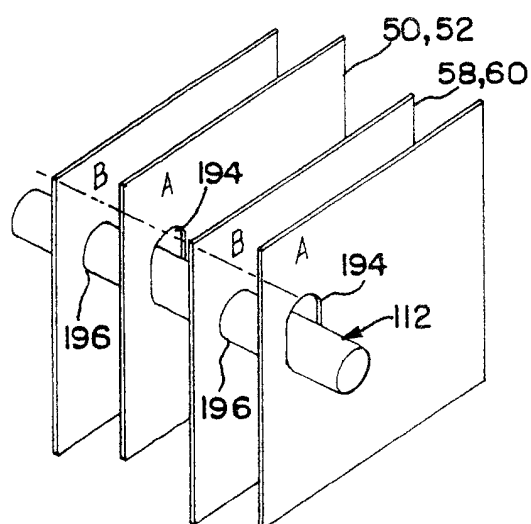


图 19

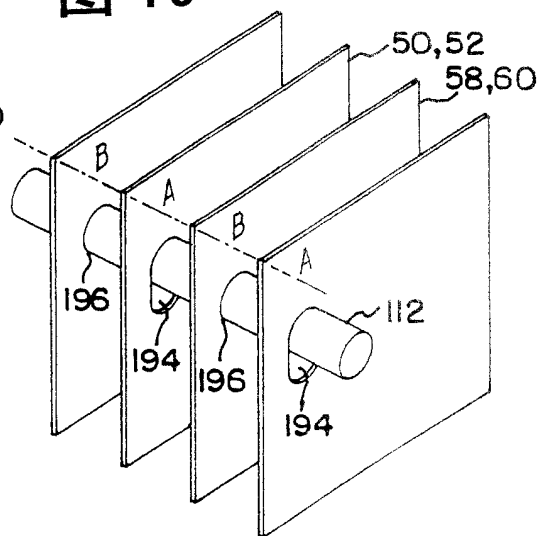


图 20

3 个循环

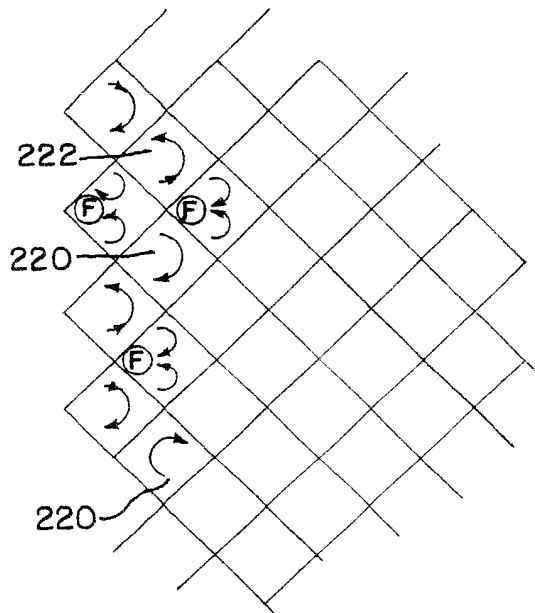


图 21

5 个循环

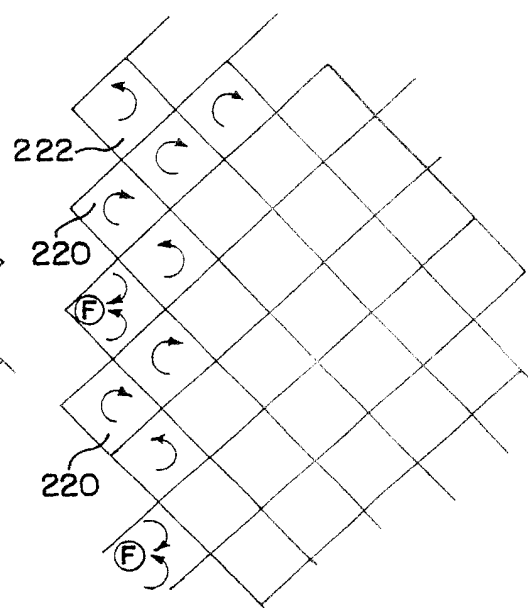


图 23

