

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2025 年 2 月 20 日 (20.02.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/035686 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 30/17 (2020.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/142972
- (22) 国际申请日: 2023 年 12 月 28 日 (28.12.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202311027994.1 2023 年 8 月 15 日 (15.08.2023) CN
- (71) 申请人: 中国寰球工程有限公司(CHINA HUANQIU CONTRACTING & ENGINEERING CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区来广营高科技产业园创达二路 1 号, Beijing 100012 (CN)。中国石油集团工程股份有限公司(CHINA PETROLEUM ENGINEERING CORP., LTD.) [CN/CN]; 中国北京

市朝阳区安定路 5 号恒毅大厦 1111 室, Beijing 100029 (CN)。中国石油天然气集团有限公司(CHINA NATIONAL PETROLEUM CORPORATION) [CN/CN]; 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。

- (72) 发明人: 张金伟(ZHANG, Jinwei); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。李晓波(LI, Xiaobo); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。刘博(LIU, Bo); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。唐辉永(TANG, Huiyong); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。龙臻(LONG, Zhen); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。程伟(CHENG, Wei); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。高贤(GAO, Xian); 中国北京市西

(54) Title: THIN FILM PLATE AND OPTIMIZATION METHOD THEREFOR, AND THIN FILM CONTAINER

(54) 发明名称: 薄膜板及其优化方法和薄膜容器

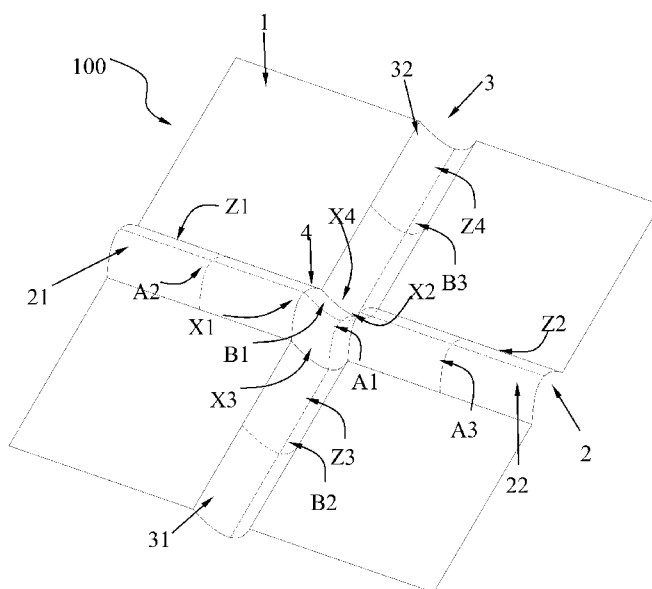


图 1

(57) Abstract: A thin film plate and an optimization method therefor, and a thin film container. The thin film plate comprises a plate body provided with a first corrugated structure, a second corrugated structure and at least one intersecting curved surface thereon, the first corrugated structure being raised, the second corrugated structure being recessed, and the first corrugated structure and the second corrugated structure being arranged in an alternate manner by means of the intersecting curved surface; a designed curved surface being defined in such a way that the curved surface is a curved surface structure formed by a first convex curve translating along a first concave

城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。
杜宇(DU, Yu); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。李艳辉(LI, Yanhui); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。邢乐(XING, Le); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。陈念来(CHEN, Nianlai); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市西城区金融街35号国际企业大厦A座16层, Beijing 100033 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

curve and a vertex of the first convex curve sliding on the first concave curve, the first corrugated structure and the second corrugated structure being capable of intersecting with the designed curved surface, and intersecting lines defining the intersecting curved surface.

(57) 摘要: 一种薄膜板及其优化方法和薄膜容器, 薄膜板包括板体, 板体上设有第一波纹结构、第二波纹结构以及至少一相交曲面, 第一波纹结构凸起设置, 第二波纹结构凹陷设置, 且第一波纹结构和第二波纹结构通过相交曲面交叉设置; 其中, 定义一设计曲面, 设计曲面为第一凸曲线沿第一凹曲线平移且第一凸曲线的顶点在第一凹曲线上滑动形成的曲面结构, 第一波纹结构和第二波纹结构能与设计曲面相贯, 且相贯线围合形成相交曲面。

薄膜板及其优化方法和薄膜容器

相关申请

本申请要求于 2023 年 8 月 15 日递交的申请号为 202311027994.1 的中国专利申请的优先权，并引用上述专利申请公开的内容作为本申请的一部分。

技术领域

本申请涉及低温储罐技术领域，特别地，有关于一种薄膜板及其优化方法和薄膜容器。

10 背景技术

薄膜容器，如薄膜罐，作为一种低温储罐，可在接近常压下盛装低温液氢、低温液氧、低温 LNG、低温乙烯、低温乙烷、低温液氨、低温丙烷、低温丙烯、低温丁烷等液体。

薄膜罐一般有三大核心结构，分别为：具有较大强度和刚性的外罐、金属薄膜制成的柔性内罐，以及介于内罐和外罐之间的绝热支撑材料；其中，外罐主要负责支撑罐体，保证储罐的强度和刚度；绝热材料负责将内罐薄膜的载荷传递至外罐，同时负责隔绝介质与外界的热量传递；柔性内罐负责保证薄膜罐的液密性，而薄膜板则是构建柔性内罐所用的关键零部件之一。

当柔性内罐的薄膜板的材料选用不锈钢等线膨胀系数较大的材料时，需要考虑金属材料受温差、静液压、动液压等载荷而造成薄膜板产生收缩、拉伸、失稳等不利影响，因此需要设计为具有多个拱形波的板状结构，以应对上述问题。

现有技术中，一部分薄膜板上的拱形波为间断式的拱形波，即两波交错的位置无法贯通，在压型加工时只能靠材料的拉伸来形成各拱形波的端头，从而增大了材料的成型减薄量、延伸率以及残余应力，并且波纹断开的位置，既是应力集中的位置，也是减薄量最大的位置，造成泄漏风险叠加；还有一部分薄膜板上的拱形波为互相正交的拱形波，相交位置形成复杂的褶皱结构，因此设计及制造的成本高、难度大，且成型精度难以定量控制。

发明内容

本申请的目的是提供一种薄膜板及其优化方法和薄膜容器，以解决目前薄膜板采用间断式拱形波会增大材料的成型减薄量、延伸率、残余应力以及造成泄漏风险叠加的技术问题，并解决了目前薄膜板采用正交拱形波时相交位置形成的褶皱结构会造成设计及制造的成本高、

难度大，且成型精度难以控制的技术问题。

本申请的上述目的可采用下列技术方案来实现：

本申请提供一种薄模板，板体上设有第一波纹结构、第二波纹结构以及至少一相交曲面，第一波纹结构凸起设置和第二波纹结构凹陷设置，且第一波纹结构和第二波纹结构通过相交
5 曲面交叉设置；其中，定义一设计曲面，设计曲面为第一凸曲线沿第一凹曲线平移且第一凸曲线的顶点在第一凹曲线上滑动形成的曲面结构，第一波纹结构和第二波纹结构能与设计曲面相贯，且相贯线围合形成相交曲面。

本申请的实施方式中，第一凸曲线和第一凹曲线均为能通过泰勒公式拟合的曲线。

本申请的实施方式中，第一凸曲线为抛物线、悬链线、圆弧、三角函数曲线、反三角函数曲线、指数函数曲线、对数函数曲线以及样条曲线中的任意一者和/或至少两者的组合，第
10 一凹曲线为抛物线、悬链线、圆弧、三角函数曲线、反三角函数曲线、指数函数曲线、对数函数曲线以及样条曲线中的任意一者和/或至少两者的组合。

本申请的实施方式中，第一凸曲线和第一凹曲线均为抛物线，相交曲面为双曲抛物面。

本申请的实施方式中，第一波纹结构和第二波纹结构正交设置或者斜交设置。

本申请的实施方式中，第一波纹结构包括与相交曲面连接的至少一第一波纹和至少一第
15 二波纹，第二波纹结构包括与相交曲面连接的至少一第三波纹和至少一第四波纹，第一波纹为第二凸曲线沿第一准线平移形成的曲面结构，第二波纹为第三凸曲线沿第二准线平移形成的曲面结构，第三波纹为第二凹曲线沿第三准线平移形成的曲面结构，第四波纹为第三凹曲线沿第四准线平移形成的曲面结构。

本申请的实施方式中，第二凸曲线和第三凸曲线均与第一凸曲线相同；第二凹曲线和第
20 三凹曲线均与第一凹曲线相同。

本申请的实施方式中，第一准线为位于与板体平行的第一平面内的直线或曲线；第二准线为位于与板体平行的第二平面内的直线或曲线；第三准线为位于与板体平行的第三平面内的直线或曲线；第四准线为位于与板体平行的第四平面内的直线或曲线。

本申请的实施方式中，第一平面和第二平面为同一平面；第三平面和第四平面为同一平
25 面。

本申请的实施方式中，第一波纹结构为等宽延伸设置的波纹结构；或者第一波纹结构包括渐缩延伸设置或渐扩延伸设置的波纹段；第二波纹结构为等宽延伸设置的波纹结构；或者第二波纹结构包括渐缩延伸设置或渐扩延伸设置的波纹段。

本申请的实施方式中，第一波纹结构和第二波纹结构的跨度范围均为 1mm~1000mm。

本申请的实施方式中，第一波纹结构的凸设高度范围和第二波纹结构的凹设深度范围均

为 1mm~500mm。

本申请的实施方式中，板体的厚度范围为 0.1mm~10mm。

本申请提供一种薄膜板的优化方法，用于对上述薄膜板进行优化，包括以下步骤：调节优化参数，从而改变薄膜板的结构参数；其中，优化参数为第一波纹结构、第二波纹结构以及相交曲面的数学表达式中的至少一参数；获得薄膜板的性能参数；重复上述步骤，直至性能参数达到预设值。

本申请的实施方式中，相交曲面的数学表达式为双曲抛物面的数学方程，优化参数包括相交曲面的数学表达式的至少一常数。

本申请的实施方式中，结构参数包括第一波纹结构、第二波纹结构以及相交曲面的尺寸、形状、曲率、波峰高度、波谷深度和/或最大跨度。

本申请的实施方式中，性能参数包括第一波纹结构、第二波纹结构以及相交曲面的位移补偿能力、强度、疲劳性能和/或递进变形性能。

本申请的实施方式中，获得薄膜板的性能参数，包括以下步骤：根据调整后的优化参数以及相交曲面的数学表达式，建立薄膜板的三维模型；利用薄膜板的三维模型仿真计算获得其性能参数。

本申请的实施方式中，性能参数达到预设值之后，还包括以下步骤：根据最终调整确定的优化参数以及相交曲面的目标数学表达式。

本申请还提供一种薄膜容器，包括至少一上述薄膜板。

本申请的特点及优点是：

本申请的薄膜板及薄膜容器，通过在板体上设置相对凸起的第一波纹结构和相对凹陷的第二波纹结构以及连接第一波纹结构和第二波纹结构的相交曲面，并通过定义由一凸曲线和一凹曲线限定形成的设计曲面，通过第一波纹结构和第二波纹结构与该设计曲面相贯形成相交曲面，一方面能使第一波纹结构、第二波纹结构以及相交曲面共同配合提高薄膜板的位移补偿能力，从而有利于提高薄膜容器的液密性和气密性；另一方面有利于降低板体在压型相交曲面时的延伸率、成型减薄量小以及残余应力小，使其定型后结构尺寸稳定；再一方面能通过限定凹曲线和凸曲线便能实现对设计曲面的限定，进而也就能实现对相交曲面的限定，从而便于实现通过调节数学表达式的参数来优化工程结构的性能，以及便于实现模具加工和薄膜板的压型制造，因此有利于降低设计及制造的成本和难度，且成型精度易于控制。

本申请的薄膜板的优化方法，利用第一波纹结构、第二波纹结构和相交曲面的数学表达式中的至少一参数作为优化参数，通过调整优化参数来改变薄膜板的结构参数，从而能实现对薄膜板的性能优化，使薄膜板的性能符合设计要求。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本申请实施例一中薄膜板的立体示意图；

图 2 为本申请实施例一中设计曲面与第一凸曲线和第一凹曲线的关系示意图；

图 3 为本申请实施例一中相交曲面与相贯线的关系示意图；

图 4 为本申请实施例一中薄膜板的俯视图；

10 图 5 为本申请实施例一中薄膜板的侧视图；

图 6 为本申请实施例一中薄膜板的正视图；

图 7 为本申请实施例二中薄膜板的立体示意图；

图 8 为本申请实施例三中薄膜板的俯视图；

图 9 为本申请实施例三中相交曲面的立体示意图；

15 图 10 为本申请实施例四中薄膜板的立体示意图；

图 11 为本申请实施例五中薄膜板的立体示意图；

图 12 为本申请实施例六中薄膜板的立体示意图；

图 13 为本申请实施例六中薄膜板的设计曲面的立体示意图；

图 14 为本申请实施例六中相交曲面的立体示意图；

20 图 15 为本申请实施例七中薄膜板的立体示意图；

图 16 为本申请中对相交曲面进行优化设计的示意图；

图 17 本申请中薄膜容器的局部示意图。

具体实施方式

25 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

实施方式一

30 结合图 1、图 2 以及图 3 所示，本申请提供一种薄膜板 100，包括板体 1，板体 1 上设有第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及至少一相交曲面 4，第一波纹结构 2 凸起设置，第二波

纹结构 3 凹陷设置，且第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 通过相交曲面 4 交叉设置；其中，定义一设计曲面 5，设计曲面 5 为第一凸曲线 A1 沿第一凹曲线 B1 平移且第一凸曲线 A1 的顶点在第一凹曲线 B1 上滑动形成的曲面结构，第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 能与设计曲面 5 相贯，且相贯线 X 围合形成相交曲面 4。

5 由于第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 与设计曲面 5 相交形成的交线即为相贯线 X，因此，第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 与设计曲面 5 的相贯线 X 即为相交曲面 4 的外轮廓线；其中，第一波纹结构 2 沿第一凹曲线 B1 的顶点处的切线 Q2 方向与设计曲面 5 相贯，第二波纹结构 3 沿第一凸曲线 A1 的顶点处的切线 Q1 方向与设计曲面 5 相贯，使得第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 的位移补偿能力能够配合得更加协调。

10 应当说明的是，本申请定义第一凸曲线 A1 沿第一凹曲线 B1 平移且第一凸曲线 A1 的顶点在第一凹曲线 B1 上滑动形成的设计曲面 5，只是为了清楚地描述本申请的薄膜板 100 所具有的相交曲面 4 这一结构的形状，而设计曲面 5 并非本申请的薄膜板 100 所具有的结构。并且对于形状相同而描述方式不同的相交曲面 4 也应在本申请的保护范围内。

此外，第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 并非限定为必须朝特定方向弯曲和延伸的波纹
15 结构，而是为了便于描述，将沿不同方向延伸且相对于板体 1 朝相反方向弯曲的两个波纹结构，其中一个定义为第一波纹结构 2，如图视角下的波峰结构；另一个定位为第二波纹结构 3，如图视角下的波谷结构。

具体的，第一波纹结构 2 包括至少一凸曲线沿至少两准线平移形成的相同或不同的至少一第一波纹 21 和至少一第二波纹 22，至少第一波纹 21 和至少第二波纹 22 通过至少一相交
20 曲面 4 相连接。第二波纹结构 3 包括至少一凹曲线沿至少两准线平移形成的相同或不同的至少一第三波纹 31 和至少一第四波纹 32，至少一第三波纹 31 和至少一第四波纹 32 通过至少一相交曲面 4 相连接。其中，第一波纹 21 和第二波纹 22 沿第一凹曲线 B1 的顶点处的切线 Q2 方向与设计曲面 5 相贯形成相连接的第一相贯线 X1 和第二相贯线 X2，第三波纹 31 和第三波纹 32 沿第一凸曲线 A1 的顶点处的切线 Q1 方向与设计曲面 5 相贯形成相连接的第三相
25 贯线 X3 和第四相贯线 X4。

本申请的薄膜板 100，通过在板体 1 上设置相对凸起的第一波纹结构 2 和相对凹陷的第二波纹结构 3 以及连接第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 的相交曲面 4，并通过定义由一凸
曲线 A1 和一凹曲线 B1 限定形成的设计曲面 5，通过第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 与该
设计曲面 5 相贯形成相交曲面 4，一方面能使第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面
30 4 共同配合提高薄膜板 100 的位移补偿能力，从而有利于提高薄膜容器的液密性和气密性；另一方面有利于降低板体 1 在压型相交曲面 4 时的延伸率、成型减薄量小以及残余应力小，

使其定型后结构尺寸稳定；再一方面能通过限定设计曲面 5 的凹曲线和凸曲线便能实现对相交曲面 4 的限定，从而便于实现通过调节数学表达式的参数来优化工程结构的性能，以及便于实现模具加工和薄膜板的压型制造，因此有利于降低设计及制造的成本和难度，且成型精度易于控制。

5 结合图 2 和图 3 所示，本申请的实施方式中，相交曲面 4 和设计曲面 5 可以完全相同，即第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 与设计曲面 5 的相贯线 X 即为设计曲面 5 的外轮廓线。当然，相交曲面 4 也可以是设计曲面 5 的一部分。

板体 1 大体呈一平板。板体 1 的形状不具体限定；可以如本申请的实施例中设置为正方形；也可以如本申请的其他实施例中设置为长方形、梯形、三角形、弧形或其他形状。具
10 体的，板体 1 的厚度范围为 0.1mm~10mm，优选 0.1mm~3mm。

结合图 4、图 5 及图 6 所示，本申请的实施方式中，相交曲面 4 的中心点 O1，也即凸曲线 A1 的顶点和凹曲线 B1 的顶点相交的交点，可以与板体 1 的平面基准点 O2 齐平设置，使得相交曲面 4 在板体 1 上压制成型时，延伸率小、成型减薄量小、残余应力小，相交曲面 4 定型后结构尺寸更稳定。当然也可以存在高度差。

15 对于限定第一波纹结构 2 的凸曲线、限定第二波纹结构 3 的凹曲线，第一波纹结构 2 和第三波纹结构 3 之间的交叉角度，以及第一波纹结构 2 中多个波纹之间的分布角度以及第二波纹结构 3 的多个波纹之间的分布角度均可以不具体限定，只需使第一波纹结构 2 的多个波纹以及第二波纹结构 3 的多个波纹均能与相交曲面 4 相贯即可。例如，第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 为沿两直线方向延伸的波纹结构，第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 可以正交
20 设置，大体呈“十”字形；也可以斜交设置，大体呈“X”字形。

并且，板体 1 上第一波纹结构 2 的波纹数量、第二波纹结构 3 的波纹数量以及相交曲面 4 的数量均可以不具体限定，只需第一波纹结构 2 的一第一波纹 21、一第二波纹 22 以及第二波纹结构 3 的第三波纹 31 和第四波纹 32 与一相交曲面 4 连接即可。第一波纹结构 2 的波纹数量和第二波纹结构 3 的波纹数量可以相同，例如，分别均为两个，第一波纹结构 2 的两个
25 波纹沿一方向排布并与一相交曲面 4 连接，第二波纹结构 3 的两个波纹沿另一方向排布并与该相交曲面 4 连接。第一波纹结构 2 的波纹数量和第二波纹结构 3 的波纹数量也可以不相同，交叉呈网格状，例如，第一波纹结构 2 的三个波纹沿一方向排布并通过两个相交曲面 4 相连接，第二波纹结构 3 的四个波纹两两为一组，两组波纹与两相交曲面 4 相连接；又例如，第一波纹结构 2 的四个波纹沿一方向排布并通过三个相交曲面 4 相连接，第二波纹结构 3 的六
30 个波纹两两为一组，三组波纹与三个相交曲面 4 连接。

具体的，第一波纹 21 为第二凸曲线 A2 沿第一准线 Z1 平移形成的曲面结构，第二波纹

22 为第三凸曲线 A3 沿第二准线 Z2 平移形成的曲面结构，第三波纹 31 为第二凹曲线 B2 沿第三准线 Z3 平移形成的曲面结构，第四波纹 32 为第三凹曲线 B3 沿第四准线 Z4 平移形成的曲面结构。

其中，第二凸曲线 A2 和第三凸曲线 A3 可以相同，也可以不同，并且第二凸曲线 A2 和第三凸曲线 A3 可以均与第一凸曲线 A1 相同，也可均不同；同样的，第二凹曲线 B2 和第三凹曲线 B3 可以相同，也可以不同，并且可以均与第一凹曲线 B1 相同，也可以均不同。

其中，第一准线 Z1 和第二准线 Z2 可以相同，也可以不同；同样的，第三准线 Z3 和第四准线 Z4 可以相同，也可以不同；此外，第一准线 Z1 可以为位于与板体 1 平行的第一平面内的直线或曲线；第二准线 Z2 可以为位于与板体 1 平行的第二平面内的直线或曲线；第三准线 Z3 可以为位于与板体 1 平行的第三平面内的直线或曲线；第四准线 Z4 可以为位于与板体 1 平行的第四平面内的直线或曲线。并且，第一平面和第二平面可以为同一平面，也可以为板体 1 的上方的具有高度差的两个平面；同样的，第三平面和第四平面可以为同一平面，也可以为板体 1 的下方的具有高度差的两个平面。因此，第一波纹 21、第二波纹 22、第三波纹 31 以及第四波纹 32 的延伸长度可以具体限定，可以相同，也可以不同。

具体的，第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 的跨度范围（也即波峰或波谷宽度）均为 1mm~1000mm。第一波纹结构 2 相对于板体 1 凸起的高度（也即波峰高度）和第二波纹结构 3 相对于板体 1 凹陷的深度（也即波谷深度）均为 1mm~500mm。

此外，第一波纹结构 2 可以为等宽延伸设置的波纹结构，即限定第一波纹结构 2 的凸曲线在平移过程中跨度恒定不变；第一波纹结构 2 也可以包括渐缩延伸设置或渐扩延伸设置的波纹段，即限定第一波纹结构 2 的凸曲线在平移过程中跨度逐渐减小或增大而形成有渐变的波纹段；同样的，第二波纹结构 3 可以为等宽延伸设置的波纹结构，即限定第二波纹结构 3 的凹曲线在平移过程中跨度恒定不变；或者第二波纹结构 3 包括渐缩延伸设置或渐扩延伸设置的波纹段，即限定第二波纹结构 3 的凹曲线在平移过程中跨度逐渐减小或增大而形成有渐变的波纹段。

本申请的实施方式中，为了避免相交曲面 4 与第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 的连接处出现应力集中的现象，相交曲面 4 与第一波纹 21 和第二波纹 22 之间通过第一过渡曲面相连接，相交曲面 4 与第三波纹 31 和第三波纹 32 之间通过第二过渡曲面相连接。具体的，第一过渡曲面包括第一圆弧过渡面，第二过渡曲面包括第二圆弧过渡面，其中，第一圆弧过渡面可以为凸曲线 A1 沿一圆弧平移形成的曲面结构，第二圆弧过渡面可以为凹曲线 B1 沿一圆弧平移形成的曲面结构。相交曲面 4 在切线 Q2 方向上的两端通过两第一圆弧过渡面与第一波纹 21 和第二波纹 22 连接。相交曲面 4 在切线 Q1 方向上的两端通过两第二圆弧过渡面与

第三波纹 31 和第四波纹 32 连接。

不论是限定相交曲面 4 的凹曲线和凸曲线，还是限定第一波纹结构 2 的凸曲线和限定第二波纹结构 3 的凸曲线，均可以不具体限定，但为了便于加工和设计，本申请提供一些数学描述方式，以采用数学表达式能实现对相交曲面 4、第一波纹结构 2 以及第二波纹结构 3 精确的描述，从而能根据数学表达式实现对相交曲面 4、第一波纹结构 2 以及第二波纹结构 3 的精确加工，也可以通过调整数学表达式中的参数实现对薄模板 100 的结构的调整，进而实现对薄模板 100 的性能的优化，从而有利于对薄模板 100 进行建模、应力分析、结构设计、理论计算、模具加工、压型制造等工作。其中，具体的优化方法在实施方式二中进行描述，在此先不赘述。具体的：

限定相交曲面 4 的凹曲线 A1 和凸曲线 B1，以及限定第一波纹结构 2 的任一凸曲线和限定第二波纹结构 3 的任一凸曲线，均可以通过泰勒公式（Taylor 公式）拟合来确定其数学表达式。泰勒公式能拟合获得多种曲线的数学表达式，包括数学表达式已经标准化的抛物线、悬链线、圆弧、三角函数、反三角函数曲线、指数函数曲线、对数函数曲线以及样条曲线，还包括数学表达式未标准化的其他曲线。

其中，泰勒公式可用 n 次多项式近似表达多种曲线函数，在一定误差范围内可近似拟合该函数的某一定义域内的曲线。例如采用泰勒公式将下述表达式近似拟合为余弦曲线：

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} x^{2n} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \cdots + \frac{(-1)^n}{(2n)!} x^{2n} + \cdots$$

此外，限定相交曲面 4 的凹曲线 A1 和凸曲线 B1，以及限定第一波纹结构 2 的任一凸曲线和限定第二波纹结构 3 的任一凹曲线，均可以为抛物线、悬链线、圆弧、三角函数曲线、反三角函数曲线、指数函数曲线、对数函数曲线以及样条曲线中的任意一者，即由一种数学表达式描述的曲线；或者至少两者的组合，即限定相交曲面 4 的凹曲线 A1 和凸曲线 B1，以及限定第一波纹结构 2 的任一凸曲线和限定第二波纹结构 3 的任一凹曲线，可以为数学表达式不同的多个曲线段连接而成的曲线。

为了便于理解和实施本申请，下面提供一些优选实施例：

如图 1 至图 6 所示的实施例一，为本申请的一种典型和特殊的优选实施例，特点在于：

限定第一波纹结构 2 的凸曲线和限定相交曲面 4 的凸曲线相同，即两者的数学表达式相同；限定第二波纹结构 3 的凹曲线和限定相交曲面 4 的凸曲线相同，即两者的数学表达式相同。因此，通过限定一凹曲线和一凸曲线，便能实现对第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 三者的形状进行限定，因此更易于数学描述，从而有利于进行薄模板 100 的加

工和设计。

第一波纹结构 2 中多个波纹和第二波纹结构 3 中多个波纹之间的分布角度为 90 度，即第一波纹结构 2 的轴线和第二波纹结构 3 的轴线互相正交，使第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 共同配合能进一步地提高薄膜板 100 的位移补偿能力，从而进一步地提高薄膜容器的液密性和气密性。

相交曲面 4 与设计曲面 5 的形状完全相同，且限定第一波纹结构 2 的凸曲线，限定第二波纹结构 3 的凹曲线，以及限定相交曲面 4 的凹曲线和凸曲线均为抛物线，即设计曲面 5 和相交曲面 4 为相同的双曲抛物面，从而能通过更简单的数学表达式对一凹曲线和一凸曲线进行数学描述。

因此，本实施例的薄膜板 100 就可以简化为：开口相反的两抛物分别沿互相正交的两准线平移滑动便能形成第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4，最终和板体 1 组成了薄膜板 100。

具体的，定义第一设计准线，该第一设计准线包括相连接的第一直线段（也即第一准线 Z1）、第一中间曲线段（也即凹曲线 B1）以及第二直线段（也即第二准线 Z2）；其中，第一直线段和第二直线段沿切线 Q2 方向延伸设置，第一中间曲线段与凹曲线 B1 相同；凸曲线 A1 作为母线依次沿第一直线段、第一中间曲线段以及第二直线段平移且凸曲线的顶点在第一设计准线上滑动，从而依次形成一第一波纹 21、相交曲面 4 以及一第二波纹 22；同理，定义第二设计准线，该第二设计准线包括相连接的第三直线段（也即第三准线 Z3）、第二中间曲线段（也即凸曲线 A1）以及第四直线段（也即第三准线 Z4）；其中，第三直线段和第四直线段沿切线 Q1 延伸设置，第二中间曲线段与凸曲线相同；凹曲线作为母线依次沿第三直线段、第二中间曲线段以及第四直线段平移且凹曲线的顶点在第二设计准线上滑动，从而依次形成一第三波纹 31、同一相交曲面 4 以及第四波纹 32。相交曲面 4 的中心点 O1 与板体 1 的平面基准点 O2 齐平设置。

其中，相交曲面 4 的数学表达式可以为 $z/h=x^2/a-y^2/b$ ；当然由于数学表达式的形式不同以及 x 、 y 、 z 三个变量的值域、定义域的取值范围也不同，使得相交曲面 4 可以具有不同的形状。

如图 7 所示的实施例二，与实施例一的区别在于：

第一凸曲线 A1、第二凸曲线 A2、第三凸曲线 A3、第一凹曲线 B1、第二凹曲线 B2 以及第三凹曲线 B3 均为圆弧，也即第一波纹 21、第二波纹 22、第三波纹 31 以及第四波纹 32 均为圆柱面的一部分，而相交曲面 4 则为圆环面的一部分。

如图 8 和图 9 所示的实施例三，与实施例一的区别在于：

第一波纹结构 2 中多个波纹和第二波纹结构 3 中多个波纹之间的分布角度非 90 度, 也即第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 非正交设置。具体的, 第一凸曲线 A1 与第一凹曲线 B1 之间的夹角非 90 度。

如图 10 所示的实施例四, 与实施例一的区别在于:

- 5 第一波纹结构 2 和/或第二波纹结构 3 非等宽延伸的波纹结构。第一波纹结构 2 和/或第二波纹结构 3 非直线延伸的波纹结构。具体的, 第二波纹结构 3 中的第三波纹 31 包括与相交曲面 4 连接并等宽延伸的第一等宽波纹段 311、与第一等宽波纹段 311 连接并渐缩延伸的渐缩波纹段 312 以及与渐缩波纹段 312 连接并等宽延伸的第二等宽波纹段 313, 其中第一等宽波纹段 311 的宽度 (也即跨度) 大于第二等宽波纹段 313 的宽度。第二波纹结构 3 中的第二波
- 10 纹 22 为一凹曲线沿平行于板体 1 的平面内的曲线 (也即第四准线 Z4 为曲线) 平移形成。

如图 11 所示的实施例五, 与实施例一的区别在于:

- 第一波纹结构 2 的第一波纹 21 和第二波纹 22 非同轴设置和/或第二波纹结构 3 的第三波纹 31 和第四波纹 32 的非同轴设置。具体的, 限定第三波纹 31 的第三准线 Z3 所在的平行于板体 1 的第三平面和限定第四波纹 32 的第四准线 Z4 所在的平行于板体 1 的第四平面为同一
- 15 平面, 而第三准线 Z3 和第四准线 Z4 为该平面内的两平行线。当然, 第三准线 Z3 和第四准线 Z4 为平行的两平面内的两平行线, 即两者在板体 1 的厚度方向上存在高度差。

如图 12、图 13 以及图 14 所示的实施例六, 与实施例一的区别在于:

- 限定第一波纹 21 的凸曲线、限定第二波纹 22 的凸曲线、限定第三波纹 31 的凸曲线和/或限定第四波纹 32 的凸曲线非抛物线。设计曲面 5 为双曲抛物面。相交曲面 4 非双曲抛物面,
- 20 并且为设计曲面 5 的一部分。具体的, 限定第一波纹 21 的凸曲线、限定第二波纹 22 的凸曲线、限定第三波纹 31 的凸曲线以及限定第四波纹 32 的凸曲线均包括圆弧线段 C1 以及与圆弧线段 C1 的两端连接的两抛物线段 C2。设计曲面 5 的数学表达式为 $z=x*y$ 。第一波纹 21、第二波纹 22、第三波纹 31 以及第四波纹 32 与该设计曲面 5 相贯的相贯线 X 围合形成相交曲面 4。

- 25 如图 15 所示的实施例七, 与实施例一的区别在于:

相交曲面 4 的中心点 O1 与板体 1 的平面基准点 O2 之间存在高度差。具体的, 第一波纹结构 2 的凸起高度高于第二波纹结构 3 的凹陷深度, 相应的, 相交曲面 4 的中心点 O1 位于板体 1 的平面基准点 O2 的上方。

30 实施方式二

结合图 16 所示, 本申请还提供一种薄膜板 100 的优化方法, 用于对上述薄膜板 100 进行

优化,包括以下步骤:调节优化参数,从而改变薄膜板 100 的结构参数;其中,优化参数为第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 的数学表达式中的至少一参数;获得薄膜板 100 的性能参数;重复上述步骤,直至性能参数达到预设值。

本申请的薄膜板 100 的优化方法,利用相交曲面 4 的数学表达式中的至少一参数作为优化参数,通过调整优化参数来改变薄膜板 100 的结构参数,从而能实现对薄膜板 100 的性能优化,使薄膜板 100 的性能符合设计要求。

由于相交曲面 4 的形状是由第一凸曲线 A1 和第一凹曲线 B1 决定的,而结合图 1 至图 3 所示,某些特殊情况下第一凸曲线 A1 又等同于第二凸曲线 A2 和第三凸曲线 A3,第一凹曲线 B1 又分别等同于第二凹曲线 B2 和第三凹曲线 B3,因此,相交曲面 4 的数学表达式一旦确定,则第一凸曲线 A1 和第一凹曲线 B1 的数学表达式也就确定,亦即第二凸曲线 A2 和第三凸曲线 A3 以及第二凹曲线 B2 和第三凹曲线 B3 的数学表达式也就确定,也就是说,通过限定一凹曲线和一凸曲线便能实现对相交曲面 4、第一波纹结构 2 以及第二波纹结构 3 三者的限定。进一步地,通过调整相交曲面 4 的数学表达式中的参数,在改变相交曲面 4 的结构的同时,第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3 的结构也会相应的改变,从而改变薄膜板 100 的结构参数。如图 15 所示,优化参数调整后,相交曲面 4 改变为相交曲面 4' 的形状,相应的,第一凸曲线 A1 改变为第一凸曲线 A1',第一凹曲线 B1 改变为第一凹曲线 B1'。

结合图 1 至图 3 所示,本申请的一些实施例中,第一凸曲线 A1、第二凸曲线 A2、第三凸曲线 A3 以及第一凹曲线 B1、第二凹曲线 B2 和第三凹曲线 B3 均为抛物线,因此,相交曲面 4 的数学表达式为双曲抛物面的数学方程,优化参数包括相交曲面 4 的数学方程的至少一常数。具体的,相交曲面 4 的具体数学方程与建立的基准坐标系有关,因此可以不具体限定。如本实施例中,相交曲面 4 的数学方程为双曲抛物面的标准方程: $z/h = x^2/a^2 - y^2/b^2$, 其中,可以选取常数 h 、常数 a 以及常数 b 其中一个或多个常数作为进行调整的优化参数,如实施例中,常数 h 和常数 b 固定不变,仅选取常数 a 作为优化参数进行调整。并且为了限定相交曲面 4 在交叉的两方向上的跨度以及凹设的深度,对变量 x 、变量 y 以及变量 z 的取值范围进行限定。

如本申请的另一些实施例中,相交曲面 4 的数学表达式还可以为如下型式:

$$\begin{cases} x = au \\ y = bv \\ z = h(u^2 - v^2) \end{cases}; \text{ 或者 } \begin{cases} x = \frac{a}{2}(u + v) \\ y = \frac{b}{2}(u - v) \\ z = huv \end{cases}$$

其中,可以选取常数 h 、常数 v 、常数 u 、常数 a 以及常数 b 其中一个或多个常数作为进行调整的优化参数。

本申请的实施方式中，结构参数包括第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 的尺寸、形状、曲率、波峰高度、波谷深度和/或最大跨度。

本申请的实施方式中，获得薄膜板 100 的性能参数，包括以下步骤：根据调整后的优化参数以及相交曲面 4 的数学表达式，建立薄膜板 100 的三维模型；利用薄膜板 100 的三维模型仿真计算获得其性能参数。其中，性能参数包括第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 的位移补偿能力、强度、疲劳性能和/或递进变形性能。

由此可知，本申请对薄膜板 100 进行优化，可以先基于三维模型进行理论研究，仿真计算获得性能参数，进而判断是否可以满足工程需求；而无需先制造出薄膜板 100 的实物，再基于薄膜板 100 的实物进行实验来获得其性能参数，或者先通过三维扫描等方法将薄膜板 100 的实物扫描为三维模型，再经过修模等操作，才能得到与薄膜板 100 的实物比较接近的三维模型，最后再基于该三维模型进行理论研究；因此，本申请对薄膜板 100 进行优化的过程简单且成本低，从而利于薄膜板 100 的迭代，使其更符合设计要求。

如图 16 所示，本申请的实施例，通过对常数 a 进行调整，分别获得了 $a=1$ 时的相交曲面 4 以及 $a=0.5$ 时的相交曲面 4'，进而获得两种薄膜板 100 的性能参数，发现当 $a=1$ 和 $a=0.5$ 时获得的相交曲面 4 和相交曲面 4' 在应用于薄膜板 100 上所能实现的位移补偿能力、所表现出的强度、稳定性等性能有所差异。因此，基于这样的调整思路，便可以通过调整数学表达式的参数来对薄膜板 100 进行优化，使其性能可以满足工程需求。并且，通过调整数学表达式的参数进行优化可以使薄膜板 100 在不同方向上具有不同性能，为适用不同的工程需求提供了可操作、可精确计算和设计的方法。此外，由于本申请中薄膜板 100 的主要功能就是在保持一定的强度和稳定性的前提下，实现交叉的两方向（如两正交方向）的位移补偿功能，而在交叉的两方向上所需要补偿的位移量可以根据工程需求设置为相同或不同，因此，基于这样的调整思路实现薄膜板 100 进行优化，使薄膜板 100 在交叉的两方向上的位移补偿功能均达到设计要求。

本申请的实施方式中，性能参数达到预设值之后，还包括以下步骤：根据最终调整确定的优化参数以及相交曲面 4 的目标数学表达式，加工出薄膜板 100。具体的，先根据调整后确定的优化参数以及相交曲面 4 的目标数学表达式开设压型模具，然后利用该压型模具将板体 1 压制成具有第一波纹结构 2、第二波纹结构 3 以及相交曲面 4 的薄膜板 100。

实施方式三

如图 17 所示，本申请还提供一种薄膜容器，包括至少一薄膜板 100。本实施方式中薄膜板 100 与实施方式一中薄膜板 100 的具体结构、工作原理以及有益效果均相同，在此不再赘

述。其中，薄膜板 100 上的第一波纹结构 2 和第二波纹结构 3，其中一个朝罐内凹设，另一个朝罐外凹设。

具体的，通过多个薄膜板 100 拼接制成薄膜容器的柔性内罐。为便于根据所需拼接成的形状将薄膜板 100 进行裁剪，如本实施例中将方形的薄膜板 100 的四个角落进行切边；还可以将薄膜板 100 的任意侧边进行压边操作后将其压平后进行焊接。

以上所述仅为本申请的几个实施例，本领域的技术人员依据申请文件公开的内容可以对本申请实施例进行各种改动或变型而不脱离本申请的精神和范围。

权利要求书

1.一种薄模板，其特征在于，包括板体，所述板体上设有第一波纹结构、第二波纹结构以及至少一相交曲面，所述第一波纹结构凸起设置，所述第二波纹结构凹陷设置，且所述第一波纹结构和所述第二波纹结构通过所述相交曲面交叉设置；

5 其中，定义一设计曲面，所述设计曲面为第一凸曲线沿第一凹曲线平移且所述第一凸曲线的顶点在所述第一凹曲线上滑动形成的曲面结构，所述第一波纹结构和所述第二波纹结构能与所述设计曲面相贯，且相贯线围合形成所述相交曲面。

2.根据权利要求1所述的薄模板，其特征在于，
所述第一凸曲线和所述第一凹曲线均为能通过泰勒公式拟合的曲线。

10 3.根据权利要求1所述的薄模板，其特征在于，
所述第一凸曲线为抛物线、悬链线、圆弧、三角函数曲线、反三角函数曲线、指数函数曲线、对数函数曲线以及样条曲线中的任意一者和/或至少两者的组合，所述第一凹曲线为抛物线、悬链线、圆弧、三角函数曲线、反三角函数曲线、指数函数曲线、对数函数曲线以及样条曲线中的任意一者和/或至少两者的组合。

15 4.根据权利要求1所述的薄模板，其特征在于，
所述第一凸曲线和所述第一凹曲线均为抛物线，所述相交曲面为双曲抛物面。

5.根据权利要求1所述的薄模板，其特征在于，
所述第一波纹结构和所述第二波纹结构正交设置或者斜交设置。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的薄模板，其特征在于，
20 所述第一波纹结构包括与所述相交曲面连接的至少一第一波纹和至少一第二波纹，所述第二波纹结构包括与所述相交曲面连接的至少一第三波纹和至少一第四波纹，所述第一波纹为第二凸曲线沿第一准线平移形成的曲面结构，所述第二波纹为第三凸曲线沿第二准线平移形成的曲面结构，所述第三波纹为第二凹曲线沿第三准线平移形成的曲面结构，所述第四波纹为第三凹曲线沿第四准线平移形成的曲面结构。

25 7.根据权利要求6所述的薄模板，其特征在于，
所述第二凸曲线和所述第三凸曲线均与所述第一凸曲线相同；所述第二凹曲线和所述第三凹曲线均与所述第一凹曲线相同。

8.根据权利要求6所述的薄模板，其特征在于，
所述第一准线为位于与所述板体平行的第一平面内的直线或曲线；
30 所述第二准线为位于与所述板体平行的第二平面内的直线或曲线；
所述第三准线为位于与所述板体平行的第三平面内的直线或曲线；

所述第四准线为位于与所述板体平行的第四平面内的直线或曲线。

9.根据权利要求 8 所述的薄膜板，其特征在于，

所述第一平面和所述第二平面为同一平面；所述第三平面和所述第四平面为同一平面。

10.根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的薄膜板，其特征在于，

5 所述第一波纹结构为等宽延伸设置的波纹结构；或者所述第一波纹结构包括渐缩延伸设置或渐扩延伸设置的波纹段；

所述第二波纹结构为等宽延伸设置的波纹结构；或者所述第二波纹结构包括渐缩延伸设置或渐扩延伸设置的波纹段。

11.根据权利要求 1 所述的薄膜板，其特征在于，

10 所述第一波纹结构和所述第二波纹结构的跨度范围均为 1mm~1000mm。

12.根据权利要求 1 所述的薄膜板，其特征在于，

所述第一波纹结构的凸设高度范围和所述第二波纹结构的凹设深度范围均为 1mm~500mm。

13.根据权利要求 1 所述的薄膜板，其特征在于，

15 所述板体的厚度范围为 0.1mm~10mm。

14.一种薄膜板的优化方法，其特征在于，用于对权利要求 1 至 13 中任一项所述的薄膜板进行优化，包括以下步骤：

调节优化参数，从而改变所述薄膜板的结构参数；其中，所述优化参数为所述第一波纹结构、所述第二波纹结构以及所述相交曲面的数学表达式中的至少一参数；

20 获得所述薄膜板的性能参数；

重复上述步骤，直至所述性能参数达到预设值。

15.根据权利要求 14 所述的薄膜板的优化方法，其特征在于，

所述相交曲面的数学表达式为双曲抛物面的数学方程，所述优化参数包括所述相交曲面的数学表达式的至少一常数。

25 16.根据权利要求 14 所述的薄膜板的优化方法，其特征在于，

所述结构参数包括所述第一波纹结构、所述第二波纹结构以及所述相交曲面的尺寸、形状、曲率、波峰高度、波谷深度和/或最大跨度。

17.根据权利要求 14 所述的薄膜板的优化方法，其特征在于，

30 所述性能参数包括所述第一波纹结构、所述第二波纹结构以及所述相交曲面的位移补偿能力、强度、疲劳性能和/或递进变形性能。

18.根据权利要求 14 所述的薄膜板的优化方法，其特征在于，所述获得所述薄膜板的性

能参数，包括以下步骤：

根据调整后的所述优化参数以及所述相交曲面的数学表达式，建立所述薄膜板的三维模型；

利用所述薄膜板的三维模型仿真计算获得其性能参数。

- 5 19.根据权利要求 14 所述的薄膜板的优化方法，其特征在于，所述性能参数达到预设值之后，还包括以下步骤：根据最终调整确定的所述优化参数以及所述相交曲面的目标数学表达式。

20.一种薄膜容器，其特征在于，包括至少一权利要求 1 至 13 中任一项所述的薄膜板。

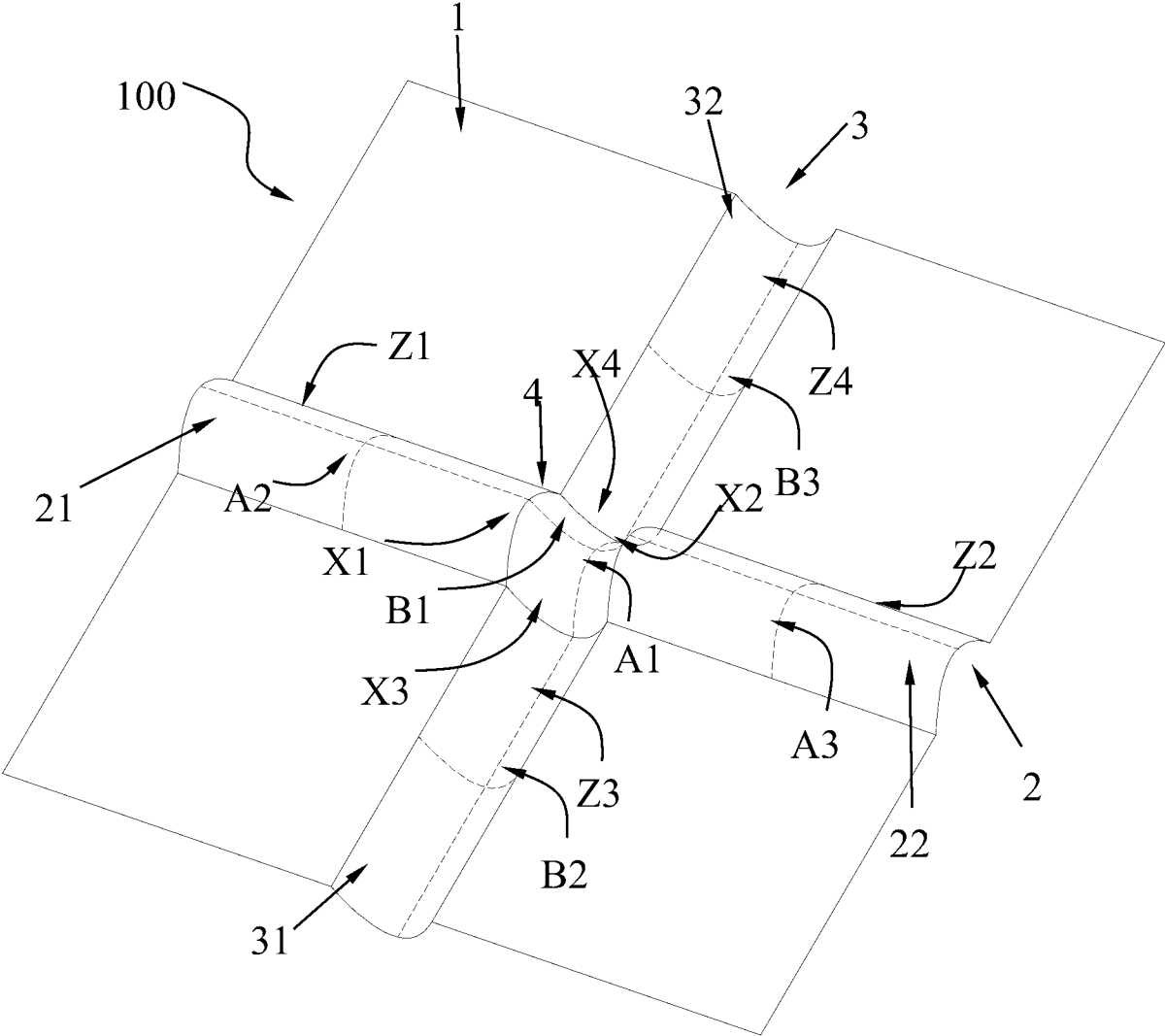


图 1

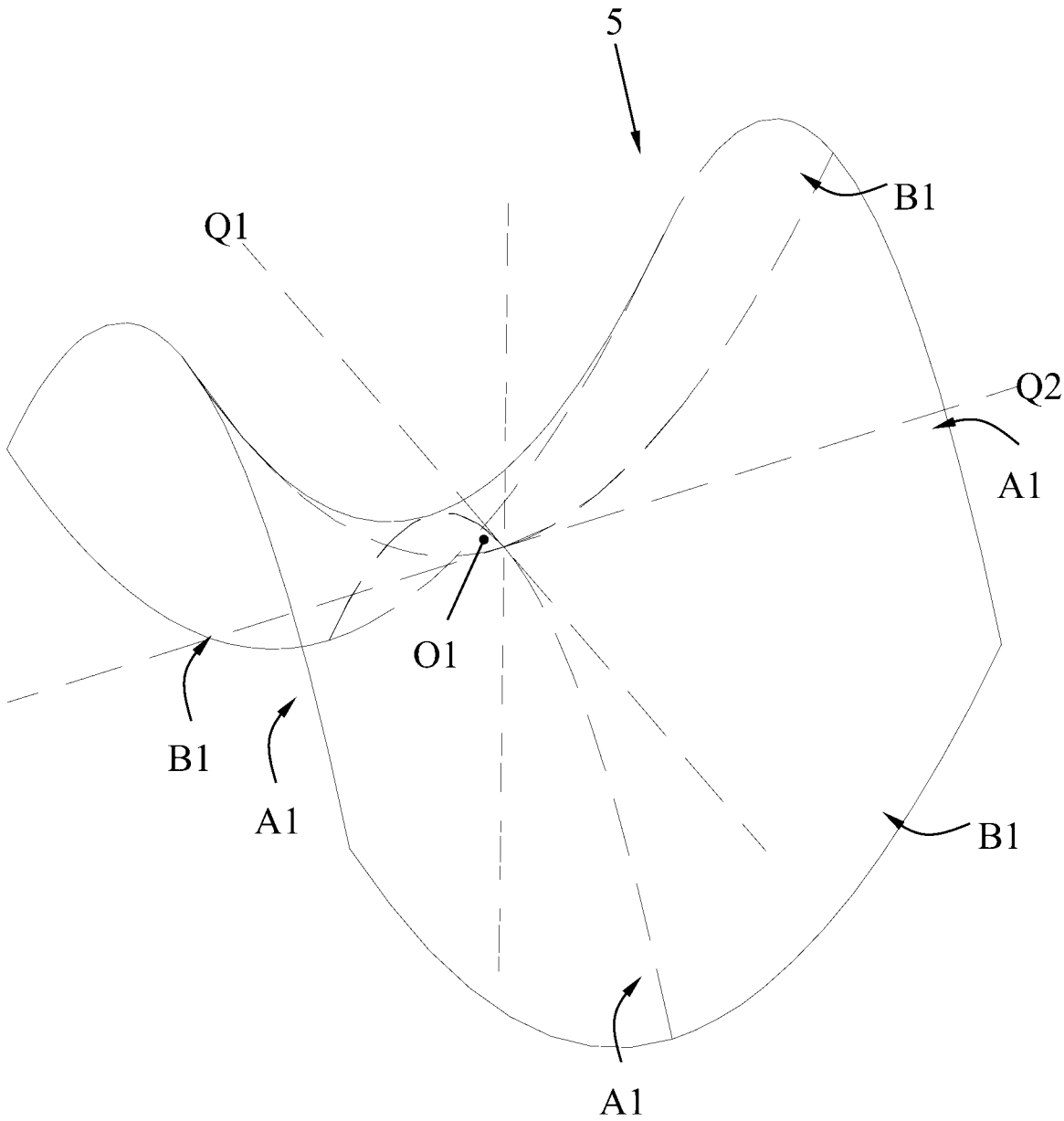


图 2

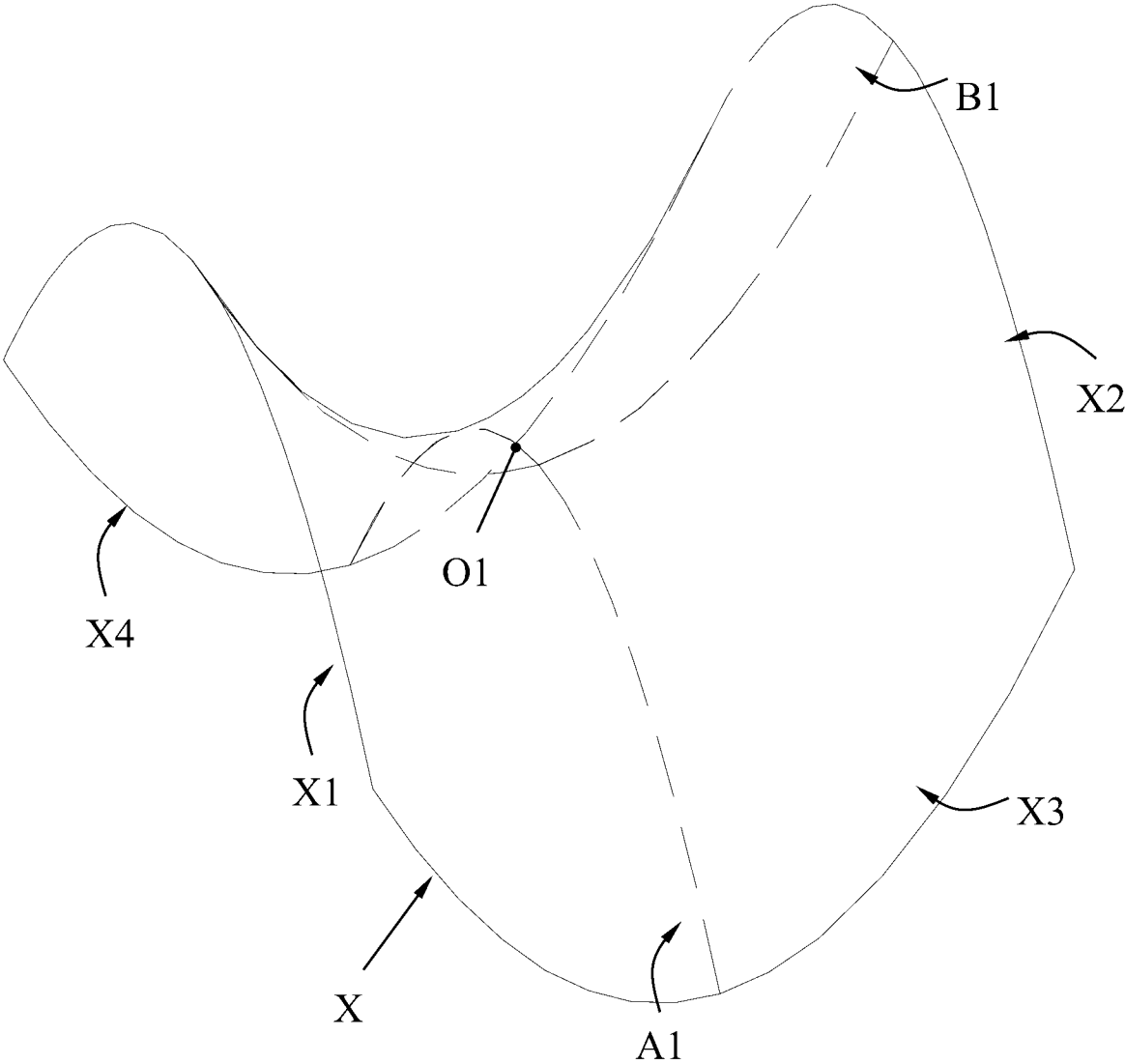


图 3

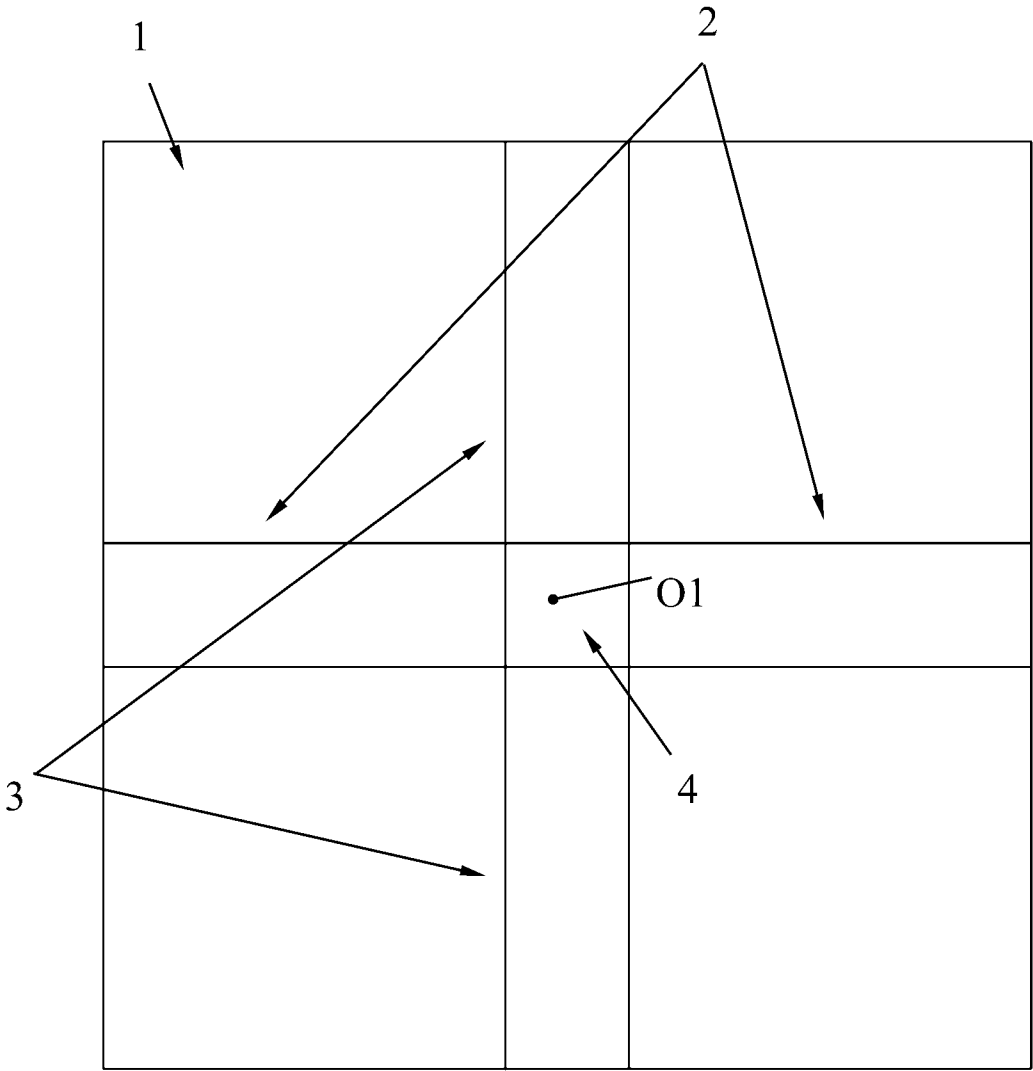


图 4

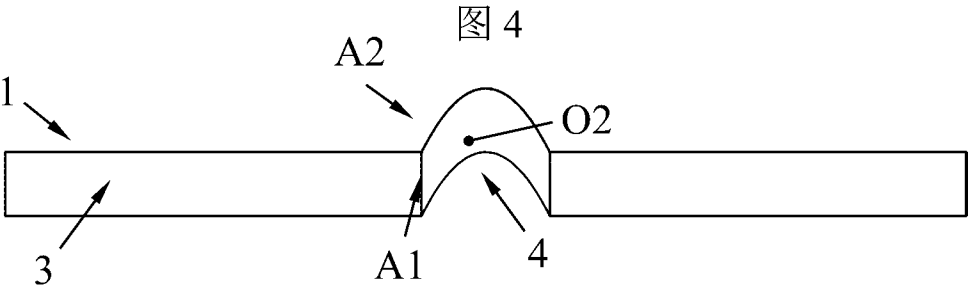


图 5

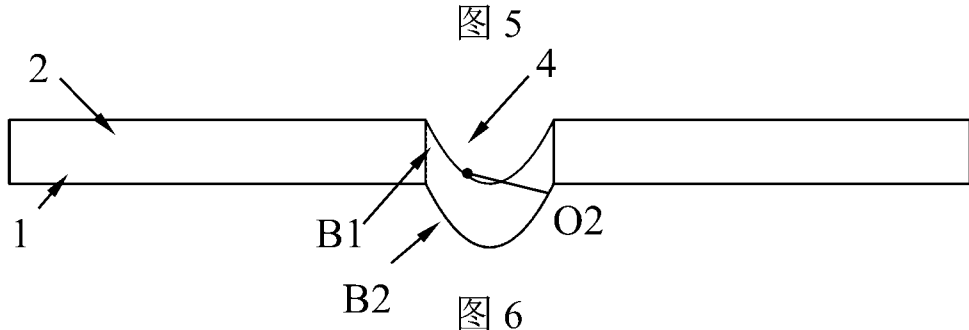


图 6

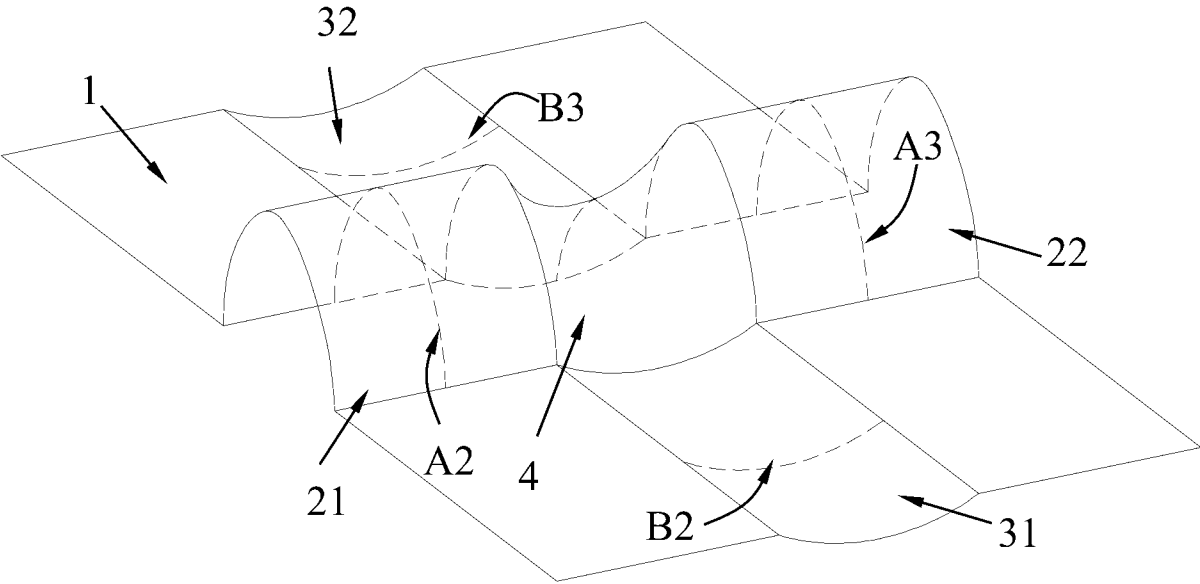


图 7

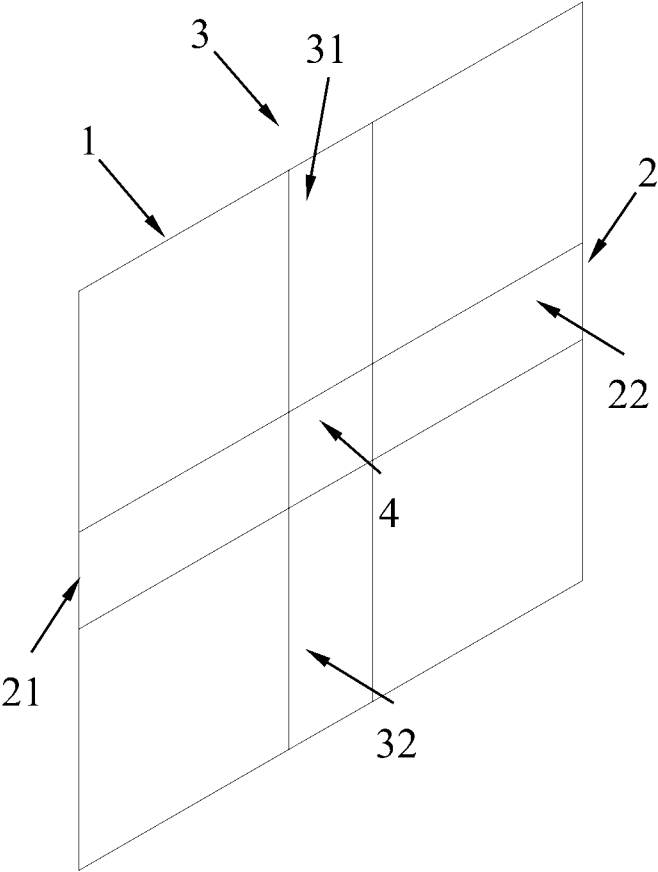


图 8

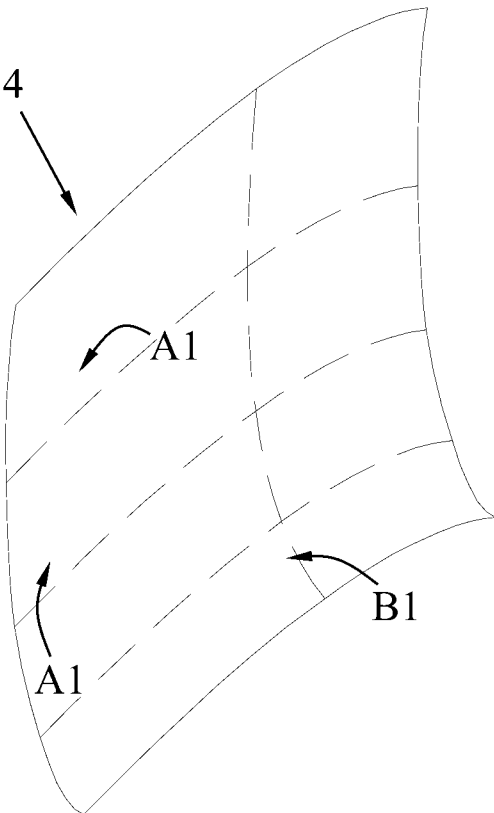


图 9

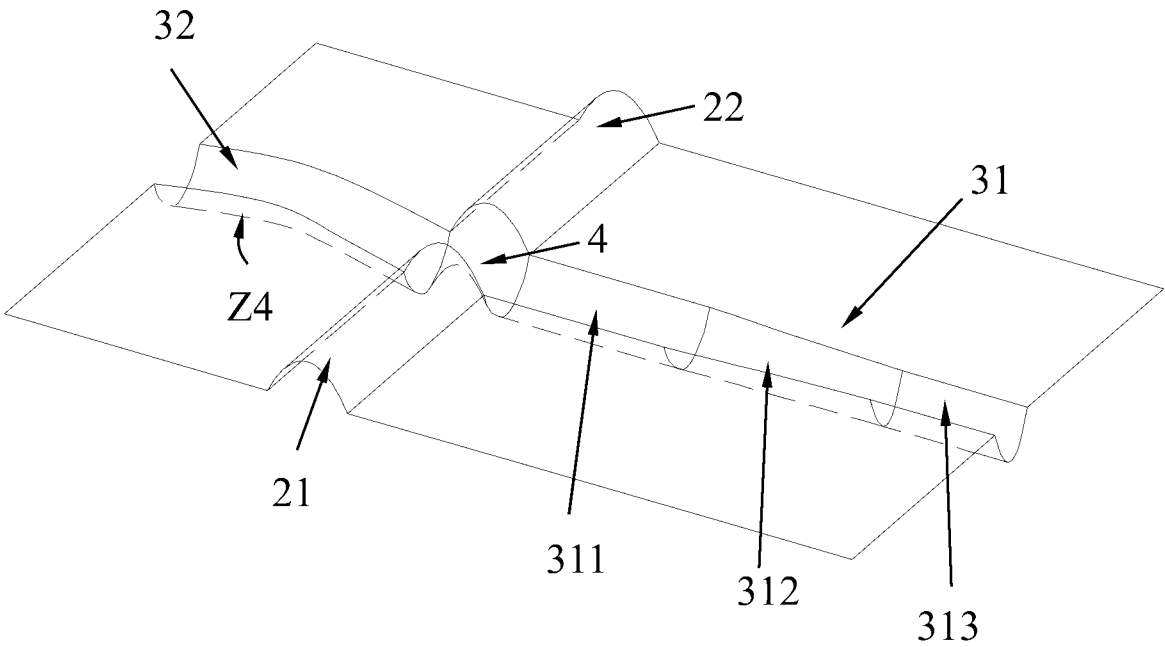


图 10

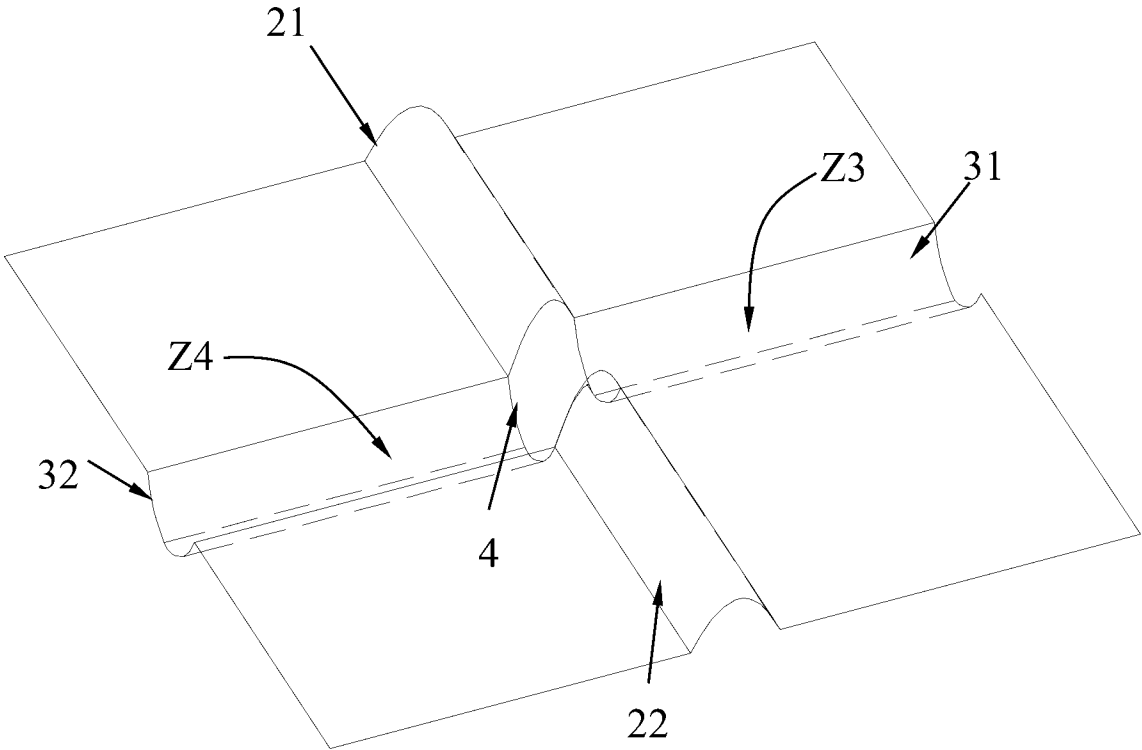


图 11

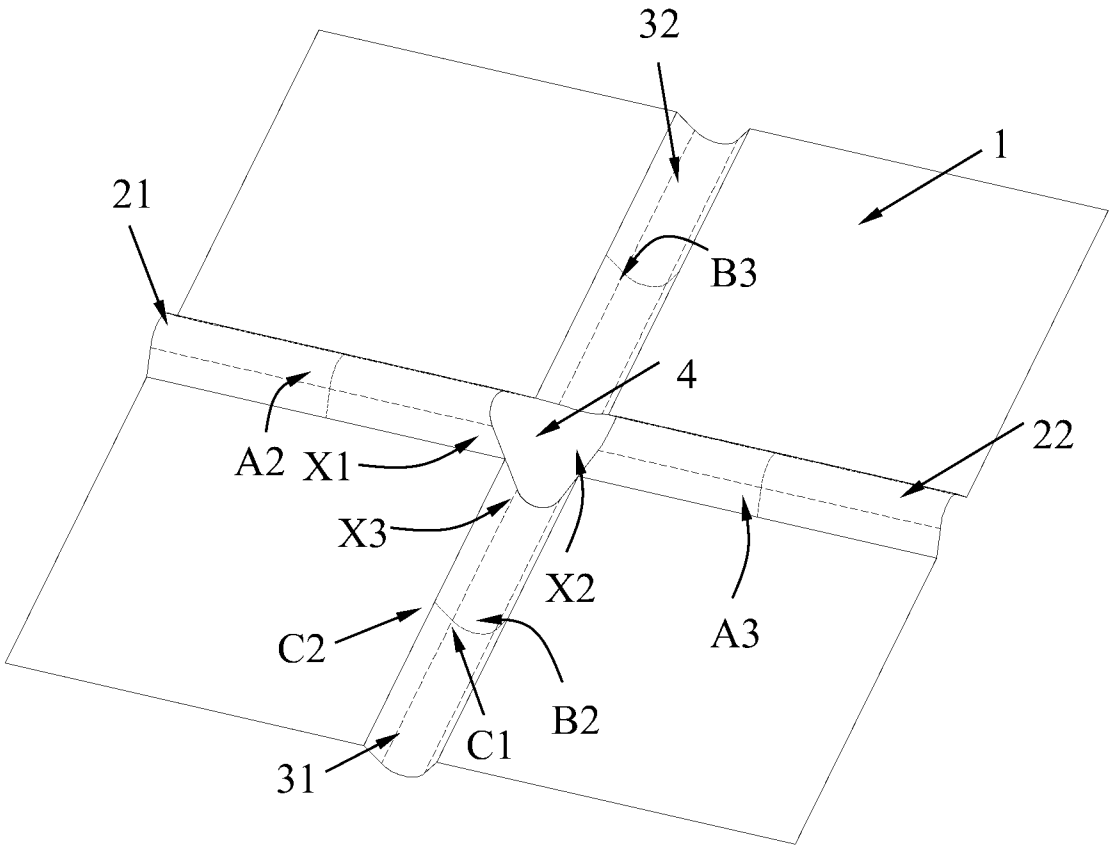


图 12

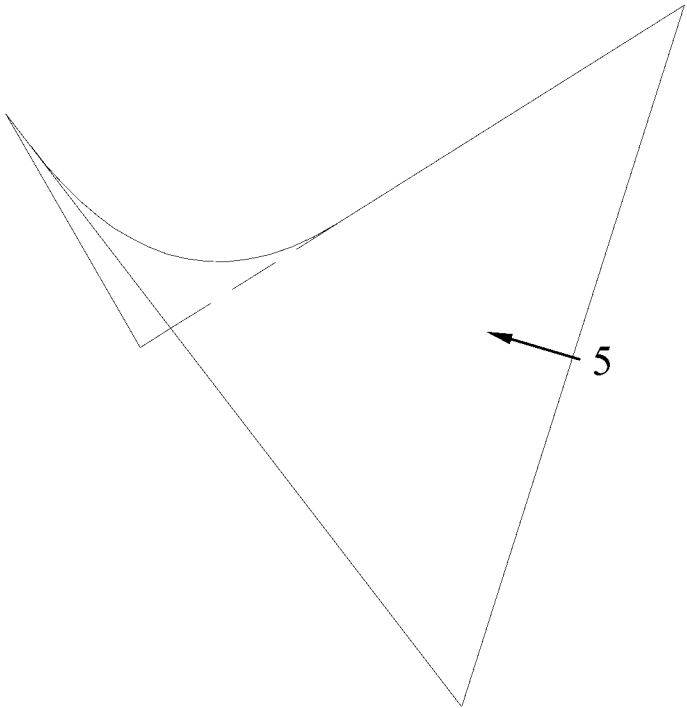


图 13

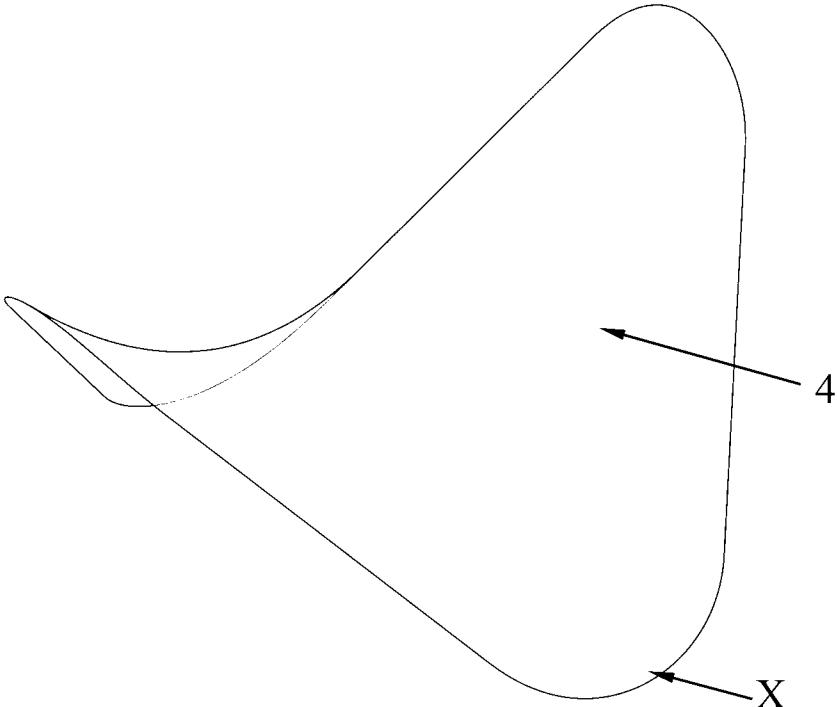
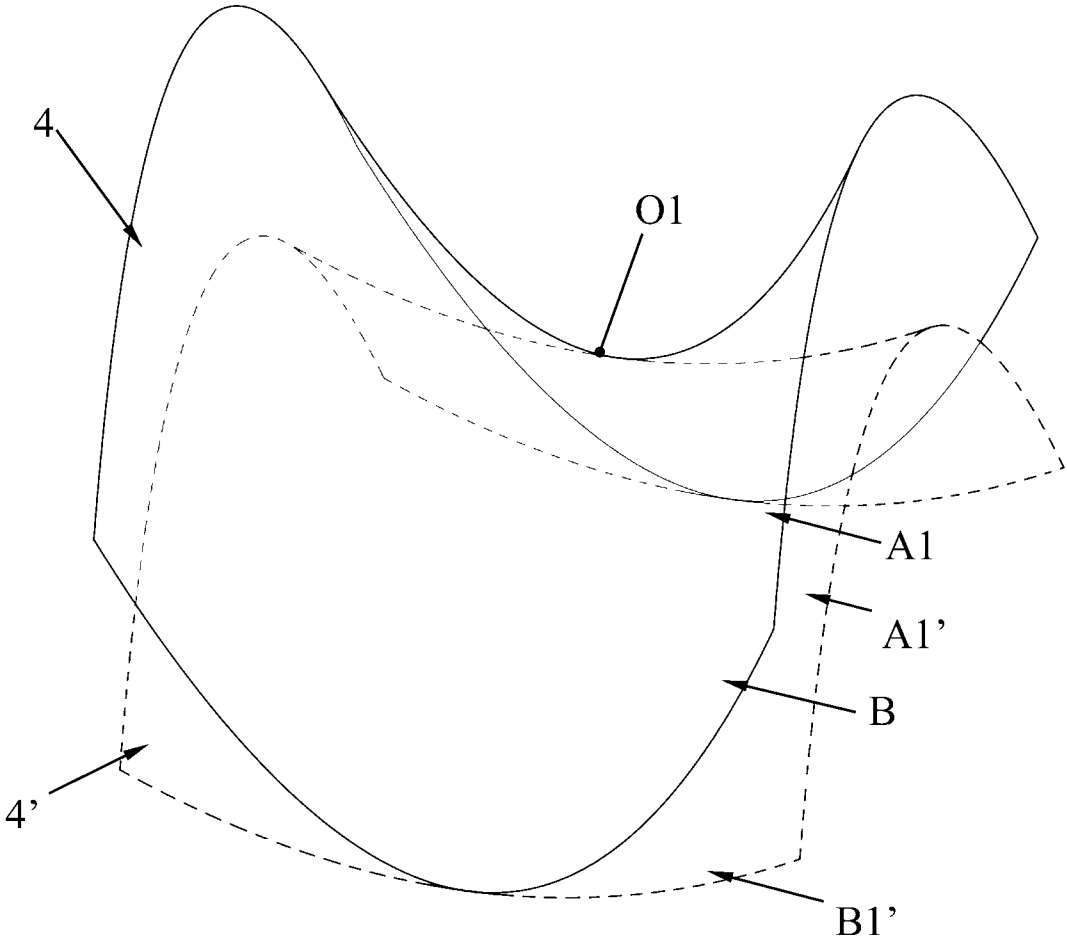
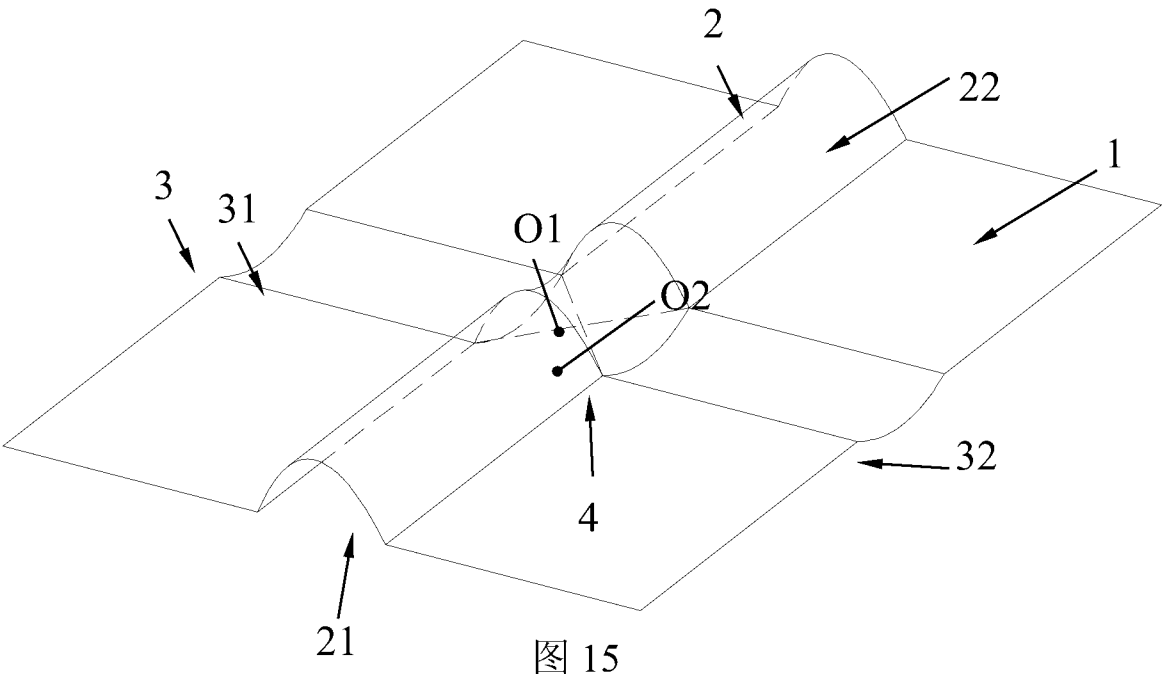


图 14



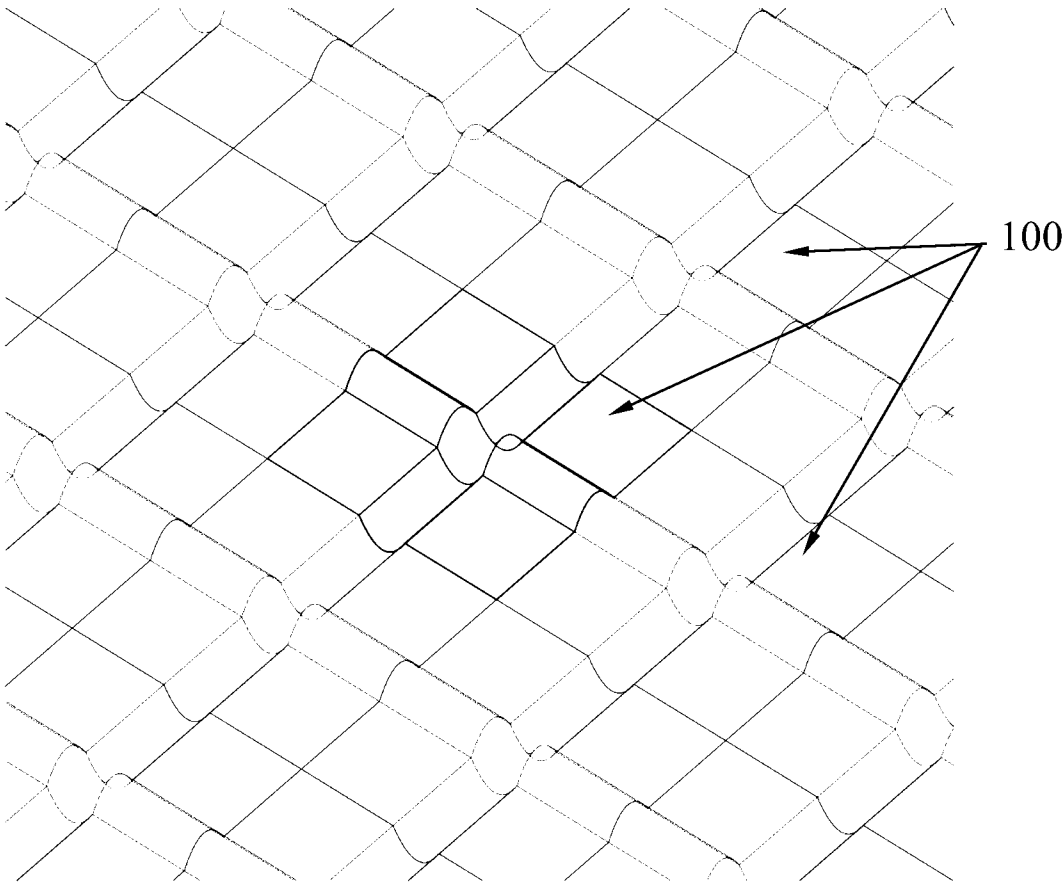


图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/142972

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F 30/17(2020.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: G06F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; IEEE: 薄膜, 波纹, 凹, 凸, 相交曲面, 曲线, membrane, corrugation, concave, convex, intersecting surface, curve																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 112145954 A (ZHEJIANG ZHENSHEN INSULATION TECHNOLOGY CORP., LTD.) 29 December 2020 (2020-12-29) description, paragraphs [0005]-[0041]</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 116401726 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 July 2023 (2023-07-07) entire document</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP H10252989 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES LTD.) 22 September 1998 (1998-09-22) entire document</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109482725 A (NINGBO KAIRONG SHIP MACHINERY CO., LTD.) 19 March 2019 (2019-03-19) entire document</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	CN 112145954 A (ZHEJIANG ZHENSHEN INSULATION TECHNOLOGY CORP., LTD.) 29 December 2020 (2020-12-29) description, paragraphs [0005]-[0041]	1-20	A	CN 116401726 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 July 2023 (2023-07-07) entire document	1-20	A	JP H10252989 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES LTD.) 22 September 1998 (1998-09-22) entire document	1-20	A	CN 109482725 A (NINGBO KAIRONG SHIP MACHINERY CO., LTD.) 19 March 2019 (2019-03-19) entire document	1-20
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
A	CN 112145954 A (ZHEJIANG ZHENSHEN INSULATION TECHNOLOGY CORP., LTD.) 29 December 2020 (2020-12-29) description, paragraphs [0005]-[0041]	1-20															
A	CN 116401726 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 July 2023 (2023-07-07) entire document	1-20															
A	JP H10252989 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES LTD.) 22 September 1998 (1998-09-22) entire document	1-20															
A	CN 109482725 A (NINGBO KAIRONG SHIP MACHINERY CO., LTD.) 19 March 2019 (2019-03-19) entire document	1-20															
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																	
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family																	
Date of the actual completion of the international search 28 March 2024		Date of mailing of the international search report 17 April 2024															
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/142972

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112145954	A	29 December 2020	CN	215061250	U	07 December 2021
				CN	112145954	B	26 April 2022
CN	116401726	A	07 July 2023	CN	116401726	B	11 August 2023
JP	H10252989	A	22 September 1998	JP	2946311	B2	06 September 1999
CN	109482725	A	19 March 2019	CN	209379744	U	13 September 2019

A. 主题的分类

G06F 30/17(2020.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;IEEE: 薄膜, 波纹, 凹, 凸, 相交曲面, 曲线, membrane, corrugation, concave, convex, intersecting surface, curve

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 112145954 A (浙江振申绝热科技股份有限公司) 2020年12月29日 (2020 - 12 - 29) 说明书第[0005] - [0041]段	1-20
A	CN 116401726 A (北京理工大学) 2023年7月7日 (2023 - 07 - 07) 全文	1-20
A	JP H10252989 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 1998年9月22日 (1998 - 09 - 22) 全文	1-20
A	CN 109482725 A (宁波凯荣船用机械有限公司) 2019年3月19日 (2019 - 03 - 19) 全文	1-20

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年3月28日

国际检索报告邮寄日期

2024年4月17日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

徐金娜

电话号码 (+86) 0512-88995886

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际申请号
PCT/CN2023/142972

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112145954	A	2020年12月29日	CN	215061250	U	2021年12月7日
				CN	112145954	B	2022年4月26日
CN	116401726	A	2023年7月7日	CN	116401726	B	2023年8月11日
JP	H10252989	A	1998年9月22日	JP	2946311	B2	1999年9月6日
CN	109482725	A	2019年3月19日	CN	209379744	U	2019年9月13日