[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
B63B 25/08

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97199716.0

[45]授权公告日 2002 年 6 月 26 日

[11]授权公告号 CN 1086662C

[22]申请日 1997.9.16
[21]申请号 97199716.0
[30]优先权
[32]1996.9.16 [33]US [31]08/710333
[86]国际申请 PCT/US97/16384 1997.9.16
[87]国际公布 WO98/10982 英 1998.3.19
[85]进入国家阶段日期 1999.5.14
[73]专利权人 马林内克斯国际公司
地址 美国新泽西州
[72]发明人 J·J·库内奥 R·D·戈尔德巴赫
N·M·米勒 E·G·托尔奈
[56]参考文献
US4173936 1979.11.13 B63B25/08
审查员 盛 昭

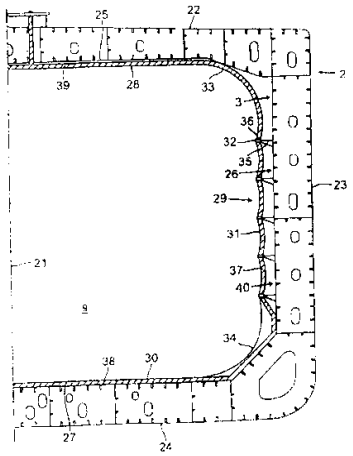
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 周备麟 林长安

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 液化天然气罐和容器系统

[57]摘要

本发明公开了一种用于 LNG 货船的液化天然气(LNG)的液体货罐 和支撑系统,它包括一个半膜罐,该罐具有由一组弯曲板构成的垂直 壁(29)和一个桁架支撑系统(35),以使人员能够进入到罐的外部。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1. 一种半膜棱柱形液体装载系统，包括：

一个垂直延伸的支撑结构，它能够承受所储存液体的静压负载；

一个半膜棱柱形罐，它设置在所述支撑结构中，所述棱柱形罐包括一个顶面、一个底面和四个垂直延伸的半膜侧面，每一垂直延伸的罐侧面包括（a）多个平行的向外弯曲的部分，它们延伸穿过所述侧面并具有从1.2到4.5m的弦长，（b）位于所述部分之间的连接部；和

一个支撑系统，它沿所述连接部将垂直延伸的侧面与所述支撑结构支撑相连。

2. 如权利要求1所述的系统，其特征在于，所述向外弯曲的部分垂直延伸。

3. 如权利要求1所述的液体装载系统，其特征在于，所述支撑系统包括平行于所述连接部的桁架。

4. 如权利要求3所述的液体装载系统，其特征在于，所述罐是一个被隔离开的罐，所述支撑系统包括与所述连接部接触的承载隔离物。

5. 如权利要求3所述的液体装载系统，其特征在于，所述支撑结构包括货船的内壳和所述船的横向隔板。

6. 如权利要求1所述的液体装载系统，其特征在于，所述顶面和所述底面中的至少一个包括一个如权利要求14所述的半膜结构，还包括一个如权利要求14所述的支撑系统，以用于从所述支撑结构支撑所述至少一个侧面。

7. 如权利要求1所述的液体装载系统，其特征在于，所述弦长是2.4到3.6m。

8. 如权利要求1所述的液体装载系统，其特征在于，所述弯曲部分是圆柱形的，并包括一个15－45度的弧形。

9. 如权利要求1所述的液体装载系统，其特征在于，所述罐在室温下被预压。

10. 如权利要求1所述的系统，其特征在于，

所述支撑结构包括一个双壳货船的内壳和横向隔板；

所述弯曲的部分水平地延伸;

所述支撑系统包括水平延伸的桁架，所述桁架由所述壳体和所述隔板支撑，且所述桁架沿所述连接部并通过承载隔离块从所述壳体和所述横向隔板支撑连接到所述半膜侧面，所述隔离块与所述连接部相连；及

其特征在于，所述桁架具有足够的宽度，使得一方面在所述各侧壁之间、另一方面在所述的内壳和横向隔板之间形成一个空间，以使人员能够进出所述空间。

11. 如权利要求10所述的系统，其特征在于，所述顶面和所述底面中的至少一个包括一个所述的半膜结构，还包括一个所述支撑系统，用于从所述内壳支撑所述至少一个侧面。

12. 如权利要求10所述的系统，其特征在于，壁包括相连的弯曲部分并且所述的连接部是相交线。

13. 如权利要求12所述的系统，其特征在于，所述弦长是2.4到3.6m。

14. 如权利要求13所述的系统，其特征在于，所述弯曲的部分是圆柱形部分。

15. 如权利要求14所述的系统，其特征在于，所述圆柱形部分包括一个15－45度的弧形。

16. 如权利要求10所述的系统，其特征在于，所述壁包括窄板，这些窄板位于各弯曲部分之间，所述连接部是所述窄板。

17. 如权利要求16所述的系统，其特征在于，所述弦长是2.4到3.6m。

18. 如权利要求10所述的系统，其特征在于，所述罐在室温下被预压。

19. 如权利要求10所述的系统，其特征在于，所述罐还包括垂直延伸的、向外弯曲的边缘部分和水平延伸的、向外弯曲的边缘部分，该垂直延伸的向外弯曲的边缘部分连接相邻的垂直延伸壁，该水平延伸的向外弯曲的边缘部分将每一垂直延伸壁连接到所述顶面并将每一垂直延伸壁连接到所述底面。

20. 如权利要求19所述的系统，其特征在于，所述罐还包括球形圆角部分。

说　明　书

液化天然气罐和容器系统

本发明涉及一种用于液化天然气（LNG）的货罐。

发明背景

设计成用于装载液化天然气（LNG）的船舶是世界上承载货物的最昂贵的一种船舶。这是因为LNG相对很轻，其比重小于0.5，因此为了使货舱达到给定的重量，就需要有较大的体积，并且需要极低的温度以便在足够低的压力下保持LNG处于液态以利于商业上的长期海上航行。LNG不能在相对高的温度下在压力罐中运输。LNG可在稍高于大气压的正气压下运输，并且其蒸发温度大约为负260华氏度（负160摄氏度）。所有的容器系统必须由能够承受极低温度的材料构成，并能够承受从周围环境（建造时的）条件到工作条件的较宽范围的温度变化，还应形成有效的温度隔离，以防止热气流入以及船舶基壳结构受到不希望的冷却作用。现在采用的每一种容器系统都会用不同的方法，通常是采用不同的材料来达到这些苛刻的要求。已有技术中用于装载液化天然气（LNG）的海上船舶中的容器系统通常被分为两类：独立的罐，它们通常是自支撑的并仅安装在基座上，以将它们及其内含物的重力和其它力传递给周围的壳结构，因此它们能够被设置在离开壳结构一段距离处的货舱中；另一种是“膜式罐”（“membrane tank”），这种罐完全位于环绕的壳结构上，以保持它们的形状和完整性并吸收由其内含物所产生的所有静压力，因此必须在几乎所有点上与周围的壳结构紧密接触。

用于所有LNG容器系统的主要材料都比传统的造船钢铁贵很多。尽管含9％镍的钢和不锈钢也是适合的金属，但独立罐通常由铝合金制成。独立罐的强度足够大，以单独承受静压和动压力并通过基座支撑系统将这些力传递给周围的壳结构，并承受由室温和LNG货舱工作温度之间的温度差所引起的热应力。膜式容器系统通常由不锈钢或者殷钢、即热膨胀系数很小的高镍含量合金制成。尽管这些材料在单位重量上的成本要比一般独立罐的铝合金高，但是它们能够制成更佳的系统，因为它们相对较薄并使膜片的重量较轻，这种膜片无法独自承受

作用力，仅能依靠承载隔离系统向壳结构传递力。通常，独立罐对铝合金的需要要比膜式系统对不锈钢或殷钢的需要量要多得多。用于膜式容器系统的承载热隔离物必须能够向壳结构传递静压和动压负载。用于膜式罐的承载隔离系统通常比独立罐系统中安装的热隔离系统更复杂且花费更高。

与壳结构分离开的独立罐系统通常在容器系统（罐加上隔离物）和壳结构之间设计有足够的空间，使人员能够进出，以检查、维护和修理隔离物的外表面以及船舶双壳结构的内表面。而与壳结构紧密接触的膜式容器系统不能够使人员进行这种进出运动，因此对隔离系统或者内壳结构的检修难于完成并很昂贵。

现在已发现有几种设计方式是可以接受的，这些方案中包括了相对较贵但适于低温（冷冻）应用的材料，人们试图通过达到材料数量与材料价格、壳体和容器（罐和隔离物）系统设计的复杂性和所需劳动力密集程度之间的平衡而使之具有竞争性。对于周围船舶壳体结构上的冲击也是决定应用于船体结构中的任何LNG容器系统的整体经济性的重要因素。

世界市场上用于LNG货罐的通常设计形式是独立的球罐。在一艘船上通常放置有四个或者五个大型球罐，每一球罐均由圆柱体或者圆环支撑，而后者依次由船壳底部支撑。球罐必须达到国家和国际有关标准下的LNG船舶的B类状态，该标准一般意味着商业球罐已经经过分析计算以表示失效前的泄漏情况。对于B类的罐子来说，现在的标准仅需要局部的第二道阻挡物（barrier），即公知的滴水盘。虽然考虑到球罐具有最大的体积－面积比来储存液体，并且其整个表面上的应力均相同，但是用它来作为货罐也具有严重的缺陷。它们必须具有一个强度足够大的壁以承担静压，这会增加重量和费用。球罐的壁的厚度通常在30－60mm的范围内。它们的形状与船的形状不匹配。罐的上部高出主甲板大约15m。这会提高船的重心，增加了风力作用下的不稳定性，还需要一个提高很多的后桥，使之在罐的上方可见。象通常所需要的那样，为了使船能够在上部装载货物，必须在甲板上增加很多便于行动的结构－－例如梯子、人行栈桥和管道。冬天在高纬度地区作业是很危险的，因为甲板上会结有厚冰。球本身并不是独立的，所谓的独立球罐包括有一个明显的支撑系统。这样，尽管叫作“独立罐”

("free-standing"), 但如果球罐包括支撑系统, 它实际上仅仅是独立竖立罢了。

棱柱形罐避免了球罐的一些缺点。对于"棱柱形", 我们意指这些罐的形状是根据船壳的轮廓设计的。在船体中间, 罐可以是矩形体, 并带有六个平面(四个垂直侧面, 一个顶面或者顶部, 一个底面或者底部)和前后垂直侧面或者端部等。它们也可以具有向外扩口的平侧面以更好地与壳体匹配。也就是说, 罐顶部和罐底部的尺寸不必相同。这里所述的术语"垂直侧面"包括这种扩口的侧面。前面的罐可具有实际上为棱柱形的截面(或者如果在并排设置的情况下、罐仅占船体的一半, 则其为半棱柱形截面), 其前端比后端窄。后部罐也可具有实际上为棱柱形的截面。

独立竖立的棱柱形罐比球形罐可以更有效地利用甲板下的体积。它们避免了甲板上具有较高的结构以及随之带来的重心提高、风动作用和结冰等缺点, 因此可以在阿拉斯加等高纬度地区应用。经分析表明, 这种类型的新型商业罐符合B类标准。但是, 由于独立的棱柱形罐包括重的板和大量使板在静压负载下不发生扭曲的支撑件, 所以它们的重量和花费明显增大。在达到最小的面积—体积比和同样的静压负载方面, 棱柱形罐比球形罐的效能要低。

不管是球形还是棱柱形的独立罐, 至少对于大多数部件, 都能采用不需承载的隔离物。

还知道一种棱柱形膜式罐。膜式罐不能够达到B类要求, 这样依据标准就需要完整的第二道阻挡物。这些罐不是独立竖立的。对于双层壳结构的LNG货船来说, 这种罐由船舶的内壳支撑。除了壳侧面和底面, 对于所有的LNG船来说, 这些面必须是双层结构, 膜式罐还需要双层的主甲板结构和双层横向隔板结构。膜式罐可比独立罐轻很多。但是, 它们必须通过承载隔离物在几乎所有的点上与壳体和内部隔板相连。这具有严重的缺点, 即: 使安装具有很大难度(并增加了安装费用), 并且限制了人员为了检查、维护和修理而进入内壳的内部、第二道阻挡物和隔离物处。当内壳断裂时, 海水缓缓地流进隔离物, 产生不利的作用, 在某些情况下会使罐壁向内塌陷。因为从货物区域进入内壳是不可能的, 所以仅能从两壳体之间检查和修理内壳。为了检查

和修理而进入LNG罐的隔离物、第二道阻挡物和外表面处被有效地避免了。

已经存在的各LNG容器系统彼此若想权衡使用则至少会出现一个严重的缺点。独立罐，包括球形的和棱柱形的独立罐，尽管能够使人员进入容器系统和壳体，但需要厚、重和昂贵的板。棱柱形罐需要额外的支撑，球形罐则具有上面所讨论的缺点。棱柱形膜式罐尽管避免了独立罐的一些缺点，特别是重量和材料成本上的缺点，但又产生了无法进入船内壳内部和罐隔离物以及第二道阻挡物外部的缺点，并且也具有安装费用高的缺点。

根据本发明的一方面，LNG货罐能够克服独立棱柱形罐在重量和费用方面的缺点，而且不会产生球罐在重量、费用、重心和其它方面的问题，同时对膜式罐无法进入内壳和罐外部的缺陷进行了很大的改进。

根据本发明的另一方面，轻质的LNG货罐避免了膜式罐的安装和进出难度，同时使膜式罐的重量和费用减少。

根据本发明的另一方面，轻质的棱柱形LNG货罐是不独立的，但在支撑结构和罐外部之间的进出方面仍有很大改进，而且不需要完整的第二道阻挡物，在罐的整个表面上也不需要膜式罐所需的承载隔离物。

发明概述

本发明包括一个棱柱形罐和支撑系统，我们称作半膜结构，它们适于储存和运输液体。该棱柱形罐可以被隔离，以形成用于LNG和其它低温应用场合的低温容器系统。因此，本发明包括一个棱柱形LNG容器系统，该系统包括一个膜式货罐，该货罐包括隔离的壁，这些壁并不与支撑结构、例如船的内壳紧密接触。本发明提供了一个大致平坦的膜壁结构，该结构仅需在空间上局部受到支撑，并因而通过一个桁架系统与船壳或者其它支撑结构隔开，使得人们可以为了安装、检查、维护和修理等目的进入。该壁结构和支撑系统可用于棱柱形罐的所有六个侧面，或者用在少于所有侧面的面上、包括至少四个垂直侧面。

根据本发明的壁是一个连续的壁，包括诸如一组边与边相连（比如通过焊接）的板。根据本发明所构造的壁，尽管通常是平面的，但也可以是包括连续平板的非平面壁，当将一组平板焊接在一起后，形

成了公知的独立式或者公知的膜式棱柱形罐。另外，根据本发明构造的壁包括一组长的、向外弯曲的部分，在我们所推荐的优选实施例中，每一部分都是圆柱体的一段弧形部分。对于“向外弯曲”，我们的意思是当从罐内部看去时是凹形的，相反，当从罐外部看去时是凸形的。这些曲面可以是连续的圆弧，其中板是长圆柱部分。但这些曲面也可以不是连续的圆弧。它们可以是例如椭圆形的。所述长的弯曲部分可以沿垂直或者水平方向延伸，但象下面所述的实施例那样，我们推荐其沿水平方向延伸。当长的弯曲部分沿水平方向延伸时，这些弯曲部分具有一个水平的旋转轴线，或者在呈椭圆形弯曲的情况下，具有水平的旋转轴线。

在此这些部分的特征在于弦长和弧度数值。弦长通常指的是弯曲部分，而不仅是圆柱形部分。弧度指的是圆柱形部分的弧度。相邻的弯曲部分可以直接相互连接，或者它们被窄的平面部分或者窄的相对弯曲部分分隔开，象在波面墙中那样。我们推荐的优选结构是一组相连的圆柱部分。根据本发明所述的壁是非独立式的，但也不是膜式的，因为它仅在跨过其表面的局部位置上需要支撑。为此，我们称它为半膜壁结构。

罐或者隔离情况下的容器系统由支撑系统支撑在诸如船壳等支撑结构上，且该容器系统也可以从支撑结构上去除，该支撑系统包括沿弯曲部分的长直边的长度方向延伸的平行桁架。在桁架的一侧，桁架向内支撑并最好与这些边缘相连。如果罐是隔离的，连接是借助于承载隔离块实现的。桁架的另一侧安装到内船壳或者其它支撑结构上。桁架足够宽，以在隔离的罐容器系统和壳体或者其它支撑结构之间形成足够的空间，使人能够进出。桁架最好至少有450mm宽，特别是至少60mm宽。在我们的最佳实施例中，长的弯曲部分水平设置，而支撑桁架形成了穿过罐和内壳或者其它支撑结构之间的空间的进出走道。在桁架之间，并不承载的隔离物就够了。

根据本发明所述的壁包括位于弯曲部分之间的连接部。如果壁包括直接相互接触的向外弯曲部分，则这些连接部是相交部，并且桁架沿着在弯曲部分之间形成的相交部延伸。如果壁包括由窄的平面部分或者窄的反向弯曲部分分隔开的向外弯曲部分，则连接部包括那些窄的部分，而且桁架沿着那些窄部分延伸。如果连接部包括窄的平面部

分，则需要使桁架支撑那些部分的几乎整个窄宽度，使得任一未被支撑的边缘将不会在压力下弯曲，因为任一未受支撑的平面部分都是承受弯曲力的区域。那些壁在桁架之间弯曲。

附图简述

下面根据附图对本发明的一个实施例——即在这里我们所推荐的优选实施例进行更详细地描述：

图1是双壳LNG船舶的平面图，表示了船舶货舱内棱柱形LNG罐的一般布置；

图2是图1所示的双壳LNG船舶的船体中央局部剖视图，表示了壳体一侧以及船宽方向的容器系统和支撑系统的一侧的截面图；

图3是用于图1和图2中所示的容器系统的球形圆角结构的简化立体图；

图4是位于图1所示LNG船舶的两个货舱之间的横向隔板的局部剖视图，表示了图2所示的容器系统的端部和与横向隔板相关的邻近容器系统的端壁；

图5是图2－4所示容器系统中位于弯曲部分之间的一个相交部的平面图，表示了承载隔离块的支撑系统和从壳体处支撑罐侧壁以及从横向隔板处支撑邻近端壁的桁架；和

图6是图5所示支撑系统的详细截面图，包括承载隔离块和水平桁架。

图7是图5－6所示的支撑系统的改进形式的详细截面图。

在本发明的最佳实施例中，棱柱形货舱罐包括两种类型的壁结构。顶部和底部的隔板是平面的，并且将静压负载直接传递到承载隔离物和邻近的船结构上。罐的垂直壁，不管是真的垂直或者扩口的，均由焊接的板构成，这些板构成了微呈弯曲的部分，所述部分包括一组相同的、水平设置的长圆柱形部分，这些圆柱部分的长边在水平相交部相互交叉并都位于同一垂直平面内，并且在船一侧的整个长度上水平延伸。

在我们的推荐设计形式中，微呈弯曲部分的曲率半径是4.445m，弦长是2.75m。根据设计需求、费用和材料的许用度以及性能价格比，这两个数值均可以有很大变化。对于一个特定的罐来说，通常在设计上板和弯曲部分要达到经济上的平衡。因为随着弦长和曲率半径增加，给定材料的板的厚度也必须增加，但是最好减少要焊接的板的数

量。为了使人能够进入，弦长应该至少为1.2m，最好是至少1.8m，特别是2.4到3.6m。在某些情况下，最大弦长可以超过3.6m，例如4.5m或者更长。对于一个给定的弦长，减小曲率半径会增加板对应的弧度。从几何上考虑，上限为180度，即半圆。相反，零度就会形成一个平直的部分。上述极限都是不可接受的。上述部分最好是“微呈弯曲”，我们是指它们基本上不是平直的，也不是接近半圆的，而是在10－60度的范围内，最好是15－45度。本领域的技术人员能够计算出所需板的厚度，因此，对于特定的应用来说，他们能够使设计方案在经济上达到平衡。

应该理解到，我们所指的单一的弯曲部分可以是一块单独的板、一块单独板的一部分、连在一起的多块板或者连在一起的多块板的一部分。例如，大约12m长的圆柱板可以由长度各为一半的两部分经过焊接而成。另外，期望的弧长可以通过将各为一半弧长的两部分焊接而成。我们推荐的设计形式是将板子压成两个相邻弯曲部分中每一部分的一半，而在各板之间沿着每一部分的弧线中线进行焊接。

由两个垂直侧面相交而形成的垂直边缘可由下述方法形成，即：斜切每一侧面部分，再将侧面直接焊接起来。为了能够受热移动且不产生过大的应力，罐通常可以是挠性的。为此我们推荐相交的垂直侧面可以与垂直的弯曲边缘部分连接起来。我们优选的结构利用圆柱部分以连接各相交侧面。垂直侧面的水平上部和下部边缘以类似的方法连接到顶部和底部上。由相交的壁边缘所形成的八个角可以是与焊接点相配的斜切角，而不管是否采用弯曲边缘板。作为替换形式，通常可以采用大致球形的圆角部分。

如上所述，根据本发明弯曲部分的壁既不是独立式的，也不是真正的膜式的。它们必须受到支撑，但是仅在各相交部之间或者就在相交部受支撑，所述相交部由向外弯曲部分的连接部形成。为了简明起见，支撑系统将参考由相邻接的弯曲部分所形成的相交点进行描述。该支撑系统包括桁架，它们沿相交部纵向延伸，并在相交部将支撑结构与罐壁横向连接。如果罐是隔开的，比如在用于LNG或者其它低温场合下，则支撑系统包括沿相交部装配的承载隔离块。我们推荐用多个隔离块，而不是一个单独的连续块，因为多个块可适应于不同的热膨胀。这些块与对应的桁架对齐，所述桁架装配在支撑结构的内表面上，

例如船舶货舱的内壁和横向隔板上。这些桁架可以分段，以使船的负载不会传递到货罐上。通过这种布置方式，货物的压力负载传递给支撑结构。那些壁在相交部之间并不受到支撑。侧面的大部分外表面这样构造，即可以由非承载隔板加以隔离，即在所有的区域都没有承载隔离块。本发明的隔离罐容器系统使得至少是垂直侧面、选择性地加上顶面和底面，其都能处于离支撑结构（通常是内壳面和横向隔板）足够远的位置，以形成能简化结构和对隔板、支撑系统和支撑结构的内表面进行检查、保养和修理的可进入空间。对于本领域的人员来说，这一特征在设计、建造、操作和维护LNG容器系统方面的优点是很明显的。

在本发明的另一个替换实施例中，在罐的顶面或者底面未采用在我们推荐实施例中所采用的平板结构、而采用了类似的弯曲部分结构。另一个替换实施例中则采用了一个独立的顶面，例如加强的平板结构。在所有的情况下，垂直侧面仍如前述的那样。在顶面和底面采用本发明所述的弯曲部分结构，使得那些面与邻近的支撑结构隔离，从而形成了便于维护的结构，还具有便于检查的优点。

长弯曲部分以及形成罐垂直侧面的相交部的轴线可以是垂直的，而不是水平的。在这种实施例中，所有其它的特征均与一般应用情况下所描述的特征相似，只是位于各部分以及与内壳结构相连的相应桁架之间的承载隔离块也可以是垂直取向的，以便与构成弯曲部分的相邻圆弧的垂直相交线一致。还可以加上穿过垂直取向之桁架的水平走道和通道。

本发明的罐或者容器系统可以在室温下、在预压或不经预压的条件下安装到支撑结构中。这种设计必须保证压力在室温（暖）和使用温度（对于LNG来说非常冷）以及负载下不超过允许的设计值。通过在室温下以预压条件将罐安装到支撑结构，例如装入船只的货舱中，可以实现预压。预压的目的是当在低温工作条件下，使罐的垂直侧面和顶面接近其假设的各个位置上或者位于其中，使得当它们处于工作温度下但为空罐时，这些罐能够接近不受压的状态。可以用多种方法实现预压。一种方法是将承载块设置在罐的侧面上，使得它们能在冷、空的状态下根据侧面的物理移动而加以调整，然后固定到位，以将所述的相交部保持在预定的位置。对于平面设计中的顶部结构来说，也

可以采用相似的工艺过程，将顶部结构压降到冷的位置并调整承载隔板以将其定位在该位置。这一压降的工艺将在室温条件下的结构中产生应力：但是，随着罐冷却到工作温度，它们将缩小，从而使这些应力释放。应力和热收缩可以很容易地计算出来，所以能够确保达到期望的目的。预压的第二种方法是在将罐装入船舶货舱期间，用液氮冷却罐，并调整弯曲板侧面上的承载隔离块、以及平顶面的承载隔离块（如果使用了的话），以与冷却条件下的罐子紧密配合。当支撑系统与冷却的罐子固定后，随着罐向室温升温，罐子将处于预压状态，这类似于采用压降方法所达到的状态。

尽管主要是为了承载LNG货物的船只设计的，这一LNG容器系统和支撑系统也适于储藏和载带任何冷却液体，而不管是在海岸上还是在轮船上。不带隔板的罐结构和支撑系统也可以用于为容纳或者承载其它液体而设计的罐，这些液体因为其特性即温度、腐蚀性或者纯度要求等使之不能够与普通的钢结构直接接触而装载。

与用于LNG货舱罐的传统独立式棱柱形罐容器系统相比，本发明的容器系统和支撑系统的优点包括：

a)极大地减小了昂贵罐材料的重量，简化了罐结构，也相应地减少了进行焊接和建造的人工劳动时间；和

b)简化了基本的壳结构，从而相应地减少了材料以及进行焊接和建造的人工劳动时间。

与用于LNG货舱罐的传统独立式棱柱形膜式容器系统相比，本发明的优点包括：

a)采用用于罐子的一般数量的低价材料和更低价的隔离材料，从而大大地减少了焊接并且相应地减少了进行建造的人工劳动时间；和

b)容器系统的主要元件与用于基本壳结构的独立结构进行分离构造，使得整个建造顺序得以改进并相应地降低了费用；

c)至少是容器系统的垂直侧面与环绕的壳结构进行了结构上的分离，这就相应地简化了建造过程并减少了进行建造的人工劳动时间，还方便了人员进入容器系统和基本壳结构之间的空间，从而方便了对容器系统和周围壳结构的检查、维护和修理，并相应地减少了操作和维护费用。

实施例

下面将参考我们的优选实施例对壁结构和支撑系统进行描述，该实施例是一个隔离式LNG货罐，它位于用作支撑件的双壳船舶的内壳上。在这里，我们推荐的设计形式是具有一个平的膜式底部、一个平的膜式顶部和半膜垂直侧面的棱柱形LNG货罐，所述垂直侧面包括一组水平设置的长的微呈弯曲的板。参考我们现在的设计形式进行描述，它是用于其总装货能力为137,500立方米的LNG船舶的。

图1是一般的双壳LNG船舶1的平面图。船1包括外壳2和内壳3。船1中有货舱。我们现在的设计形式是用于从船头到船尾区域由横向隔板4、5、6、7、8相互分隔开的四个货舱。中间的两个货舱，即位于隔板5和6以及6和7之间的货舱是呈矩形的。前部和后部的货舱，即位于隔板4和5以及7和8之间的货舱是呈锥形的。在该实施例中，四个货舱的长度大致相同。

在每一个货舱中，均有根据本发明所述的棱柱形容器系统。每一容器系统包括一个与内壳3和相邻隔板间隔开的隔离棱柱形罐(即使相对的侧面具有相同的长度，中间的罐也被称作“棱柱形”)。中间罐9包括垂直侧面11、12、13、14(我们有时将侧面13、14称为“端面”)，中间罐10包括垂直侧面15、16、17、18。前、后罐19、20是锥形的，以适应于船舶朝向端部的船形。

图2是从中线21(图1)经过中间罐9到外壳2的双壳船舶1的局部中间船体剖视图。外壳2包括上部壳结构22、侧面壳结构23和底部壳结构24。内壳3包括上部壳结构25、侧面壳结构26和底部壳结构27。内壳3支撑轻质的隔离罐9，所述罐9包括平的金属顶部28、根据本发明的弯曲板结构的金属侧面29和平的金属底部30。在该实施例中，所有六个侧面都由铝板构成。顶板厚度为7mm。底板厚度为18mm。而垂直侧面板的厚度从12到16mm不同。

垂直侧面29由一组弯曲部分31构成。在该实施例中，每一部分31都是一个水平设置的长圆柱形部分，该部分的弦长为2.75m，曲率半径为4.445m。各邻接部分31沿相交线32连接。侧面29通过弯曲边缘部分33与顶部28相连，该部分33是一个水平设置的长圆柱形部分，其弧度大于90度(该弧度为90度加上所述部分31的一半弧度)，但具有与部分31相同的曲率半径。侧面29通过弯曲边缘部分34与底部30相连，该部分34与上述部分33具有相似的结构和设置方式。

侧面29由一组单独的板焊接而成。在我们推荐的设计形式中，采用了受压或者挤成“鸟翼”状的板，即板沿垂直方向延伸超过或者低于相交线32大约弯曲部分一半的弧度。参见图4，一个单独的侧板从一个弯曲部分的中点32a垂直延伸到下一个弯曲部分的中点32b，并在板的中点处包括一个相交线32。如图所示，连接部是焊接的，在该实施例中位于板边缘32a和32b处。

在我们现在的设计中，从罐的底部到顶部，垂直侧面板的重量逐渐减轻。海轮设计师和船舶工程师能够计算出给定材料板的所需厚度，以便在考虑到货物的特定重量、负载动力特性、几何形状、热系数和罐的约束条件等情况下，能达到允许的承压能力。在这里所描述的实施例中，罐大约21m高。如上所述，板大约2.75m宽（垂直方向）。最下部的板有16mm厚。最高的板为12mm厚。中间板的厚度则为中间值。底部边缘部分34的板有18mm厚。顶部边缘部分33的板为11mm厚。

在我们现在的设计中，下述内容包括板厚的值。这些值是从美国造船局出版的用于对钢制船舶进行建造和分级的规则的第24部分：用于对大量装载液化气体和化学货物的船舶进行建造和分级的规则（Rules for Building and Classing Vessels Intended for Liquified Gases and Chemical Cargoes in Bulk）中的有关结构规则得出的。因为我们的设计是新颖的，所以我们认为从这些传统规则中得出的厚度值仅是近似的。为了构造一个更为经济的实施例，可以采用有限元分析的方法得到精确的厚度值。

如图2所示，垂直侧面29与内壳侧面26隔离开。该侧面通过水平延伸的桁架35被内壳侧面26支撑，所述桁架35安装在内壳侧面26上，并且将内壳侧面26连接到承载隔离块36上，承载隔离块36在所述部分31的接合处沿相交线32设置。在我们的设计中，桁架35在容器系统和内壳之间形成了750mm的最小间隔。作用于垂直罐侧面29上的压力负载通过块36和桁架35传递到内壳侧面26上。除了有块36的地方，部分31均被不承载的隔离物37覆盖。桁架35在隔板之间连续延伸。

罐底部30由内壳底部27支撑，并且底部30和27之间由承载隔离物38隔开。罐顶部28由内壳顶部25向内支撑，并且它们之间由承载隔离物39隔开。承载隔离物38从底部30延伸出来，以隔离并支撑底部边缘部分34。它与边缘部分34隔开以便装入滴水盘（未表示）。除了在该顶

部边缘部分33与顶部28和垂直侧面29之最上部的弯曲部分31相连的地方之外，该顶部边缘部分33与不承载的隔离物37隔开。

在罐侧面29和壳侧面26之间是一个空间40，水平桁架35在其中延伸。在我们的最佳实施例中，水平桁架35垂直相隔大约2.75m，它们形成了穿过空间40的用于检查、维护和修理的走道。空间40还形成了下面将要叙述的在安装罐（包括预压侧面29）时的入口。

如果需要，LNG罐29的顶部28和底部30均可与侧面29制成相似的形式。如果这样制造，则顶部28和底部30可以悬挂于内壳，如图2所示的侧面29那样。

图3以简化的立体图形式表示了罐9的角结构。侧面29（图2）的顶部边缘部分33、垂直的顶部边缘部分41和竖直的边缘部分42相交形成了一个角。除了长度不同，顶部边缘部分41与顶部边缘部分33相似。垂直边缘部分42则类似地弯曲，即形成所需弧度的圆柱部分，但是其垂直边缘遵循壁部分31的轮廓呈扇形。部分42的厚度从底部的16mm变化到与部分43相交处的顶部的14mm。如前所述，这三个边缘部分在其相交处可以形成一个封闭的角。但是我们推荐采用一个呈球形弯曲的部分43来形成这个角，以将三个边缘部分33、41和42相连。因为所示角为应力集中的位置，所以希望所述部分43尽可能的柔软。球形部分43与壁部分31具有相同的曲率半径。球形部分43的板为7mm厚。相应的底角（未表示）也是球形的，但是底部的球形部分是9mm厚。

图4是位于两个货舱之间的横向隔板6及其隔断支撑结构6A的局部剖视图，表示了半膜LNG罐9以及邻近罐10的相邻垂直侧面或者端部（图1）的截面。罐的端部构造成与图2所示的侧面29相似的形式。这些端部可以参考罐9进行描述。图4表示了外壳2的顶部22和底部24的一部分、内壳3的顶部25和底部27的一部分；罐9的顶部28和底部30的一部分、罐9的垂直端或者侧面44以及支撑端部44的横向隔板6。如图所示，图4还表示了位于横向隔板6相反一侧的罐10的一部分。端壁45与端壁44呈镜像。端部垂直壁44构造成与图2所示的侧面29相似的形式。壁44由隔板6支撑，就象侧面29由内壳垂直侧面26支撑一样。结构桁架46通过承载隔离块36与相交线32相连，并连接到隔板6上。结构桁架46与图2所示的结构桁架35相似并与之相邻接，除了为横向隔板加强结构刚性之外，其作用与桁架35相同。

图5是位于靠近隔板6和内壳侧面26连接处的在一相交线32平面上的详细剖视图。图5表示了罐9的一部分，包括垂直侧壁29、垂直端壁44，垂直边缘部分42将它们相连。该视图是沿侧壁和端壁处的相交线32剖开的。侧壁29通过水平桁架35和承载隔离块36支撑在内壳侧面26上，象根据图2所描述的那样。类似的，端壁44通过水平桁架46和隔离块36支撑在横向隔板6上，象根据图4所描述的那样。如图5所示，桁架35和46形成了一条连续的走道。

承载隔离块36沿相交线32相互隔开，使这些块能够根据它们和货罐9的不同热膨胀系数沿其轴线水平移动。LNG船中所采用的一种适当承载隔离材料是由Permali提供的商品名为“Lamiper”的酚醛叠层制品。各块36之间的空间内是不承载的隔离物（未表示）。调整楔47与每一个承载块36对齐，并位于块和对应的桁架35或者46之间。块36的长度大于楔47的长度，形成了台阶部分48，用于按需要放置可用于预压货罐的起重装置。

图6是一详细截面图，表示了通过一个承载块36借助结构桁架35（图2）将罐9的侧面29与内壳侧面26相连的一种可能支撑系统。图6表示了两个部分31在相交线32区域内的一部分。在这一实施例中，图示的壁部分包括一个单独的板。承载隔离块36制成适于装入相交线32区域内的形状。

图示的调整楔47位于块36和桁架35之间。结构桁架（和走道）35将块36、进而使邻近的部分31连接到内壳侧面26上，从而支撑了罐9。支架59可助于支撑桁架35。支架59包括支板49和面板58。结构桁架35包括垂直法兰50，以与块36连接。角钢51安装在块36上并用螺栓52固定。法兰50上固定有延伸的U形元件53，它们与角钢51连接并防止块36和调整楔47垂直移动而错位，元件53用螺栓54固定到法兰50上。块36通过从罐延伸的焊接片55和螺栓而安装到货罐9上。在承载块36和调整楔47的配合表面之间装有低摩擦材料的垫片57，以便于进行允许的水平移动。

图7显示了图6所示支撑系统的一种改进形式，其中表示了图6所示系统从法兰50到内壳26的一部分。在这一改进形式中，支撑桁架包括两部分，即安装到法兰50上的一部分35a和安装到内壳侧面26上的一部分35b。在这种设计中，楔47（图6）具有固定的厚度并且不用作调整

楔。桁架部分35a安装有起重法兰35c。桁架部分35a与桁架部分35b重叠并由其支撑。在这种设计中，支架也包括两部分，即安装到法兰50上的部分59a和安装到内壳侧面26上的部分59b。部分59a包括支板49a和面板58a。部分59b包括支板49b和面板58b。支架部分59a和59b相互重叠。

参考图5和图6，下面将描述在预压条件下进行安装的优选方法。如前所述，壁29可以以预压的状态安装，以减小工作过程中的应力，即在低温下的静压负载。为了将相交线32定位到当罐9冷却到某一温度时所获得的位置上，需要计算在环境温度下的向内变形量，而这种计算方法是公知的。

我们所推荐的预压方法包括将起重器置于结构桁架35、46和相应的各承载隔离块36之间。块36上的暴露台阶48（图5）可允许安装起重器。块36被向内顶压，以使板31变形经过计算的量。然后插入螺钉并用螺钉固定调整楔47（图6）。如上所述，低摩擦材料的垫片57有利于楔47的插入，还有利于进行允许的水平移动。当楔47定位后，移去起重器。

图7还显示了一种替换的支撑系统，它允许进行与上述方式相似的起重操作，只是起重器位于法兰35c上。在进行起重操作后，桁架部分35a和35b相互焊接起来，而支板49a和49b以及面板58a和58b也焊接起来。其它实施例也是很明显的，即采用窄的桁架部分35a、35b，它们并不重叠，在将罐定位后，在它们之间的缝隙上架设一个桥式桁架部分。

根据本发明的罐能够在支撑结构内安装定位，或最好是在支撑结构外安装定位、再滑入或者降低就位，例如就位到船舶的货舱中。为了提升或者降低罐子，可以用吊索装置构成适当的起重设备或者夹具。对于特定的实施例，如果需要，内部支撑结构也可以放置在罐中以减小外部起重设备的复杂性。

图7所示的改进支撑系统可用作为了移动罐而设计的外部支撑系统。该支撑系统的一部分安装到法兰50上，其包括桁架部分35a和支架部分59a，该支撑系统的这部分为了上述目的而安装到罐子上。另外，为了稳定该结构，还加上了多个垂直梁60。另一改进是采用了沿罐子渐宽的桁架部分35a。这一改进形式增大了桁架部分35a和桁架部分35b

之间的空隙，如果在将罐降低到支撑结构中之前安装了桁架部分35b和支架部分59b，则该空隙将沿壳侧面26渐窄。

如前所述，一般的LNG货船的货物承载能力大约是137,000立方米。我们估计以已知技术，即球形、独立的棱柱形或者膜式棱柱形等方式建造具有上述能力的船舶费用大约是$2.5亿。我们估计以本发明的半膜结构建造船舶要节约15%以上的费用。费用主要节约在罐子及其安装上而不是船只本身。例如，球形罐需要30到60mm厚的壁，而根据计算的应力（例如在高应力区域的角部的应力）和静压负载（较低处的板比较高处的板要承受较大的负载），我们推荐的设计方式仅需要6－18mm厚的板。

上面结合附图描述了实施例，这些实施例以及我们推荐的结构仅是示意性的。对于本领域的技术人员来说，应该理解到，该容器系统和支撑系统的设计方式和结构可以做出多种变化，只要是垂直罐侧壁在相隔足够远的桁架之间包括有向外伸出的弯曲部分，以便在罐和支撑结构之间形成可让人员进入罐外区域的空间。

说 明 书 附 图

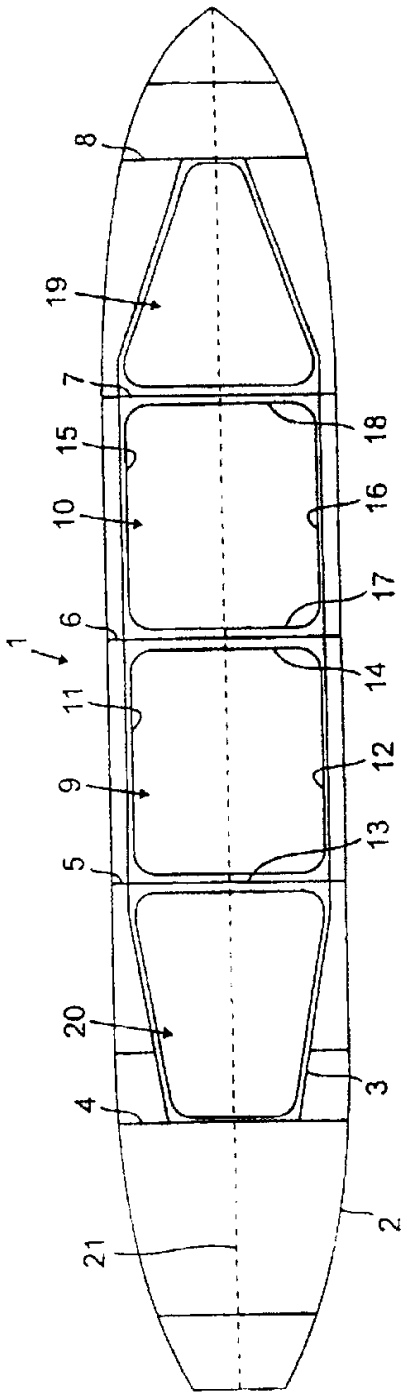


图 1

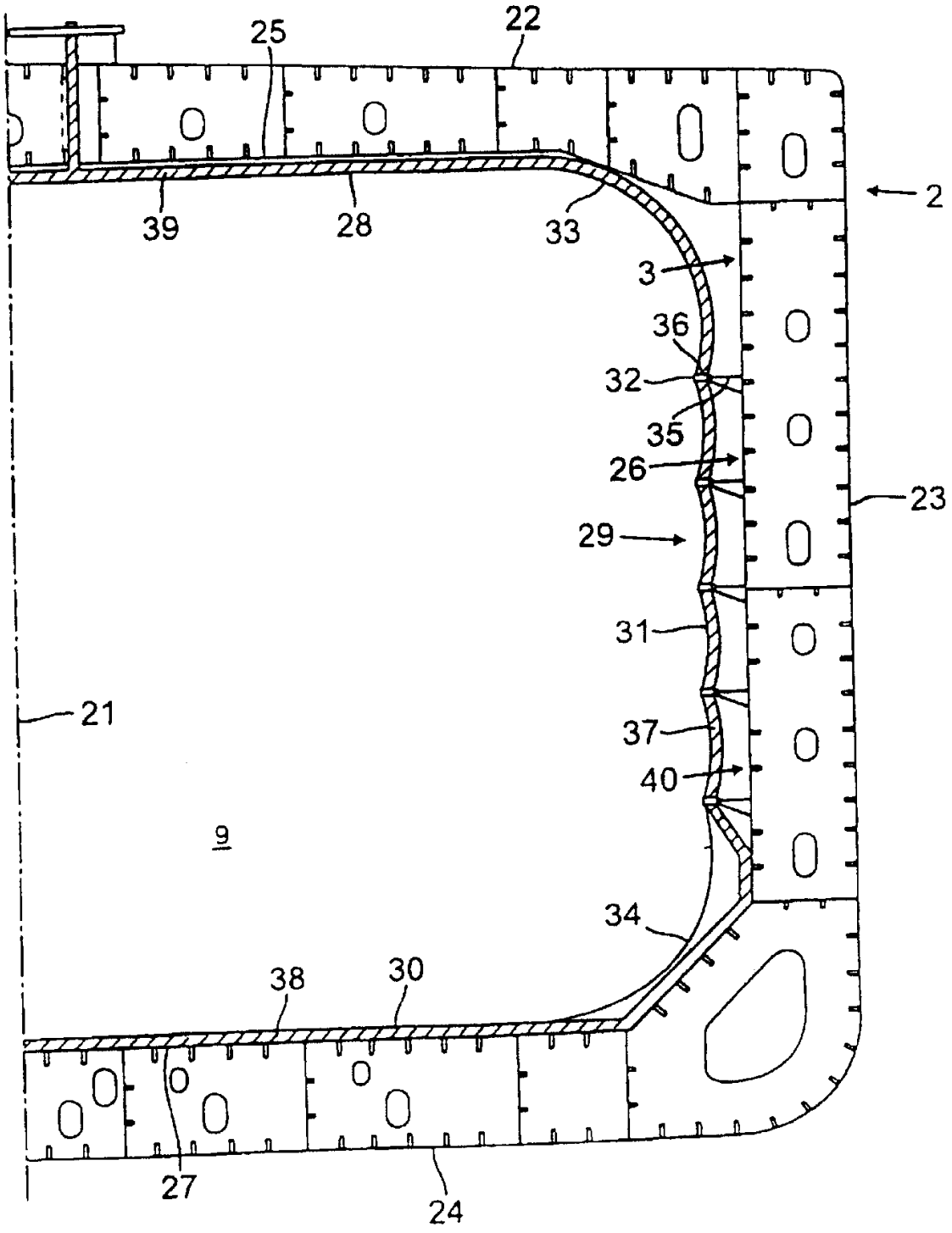


图 2

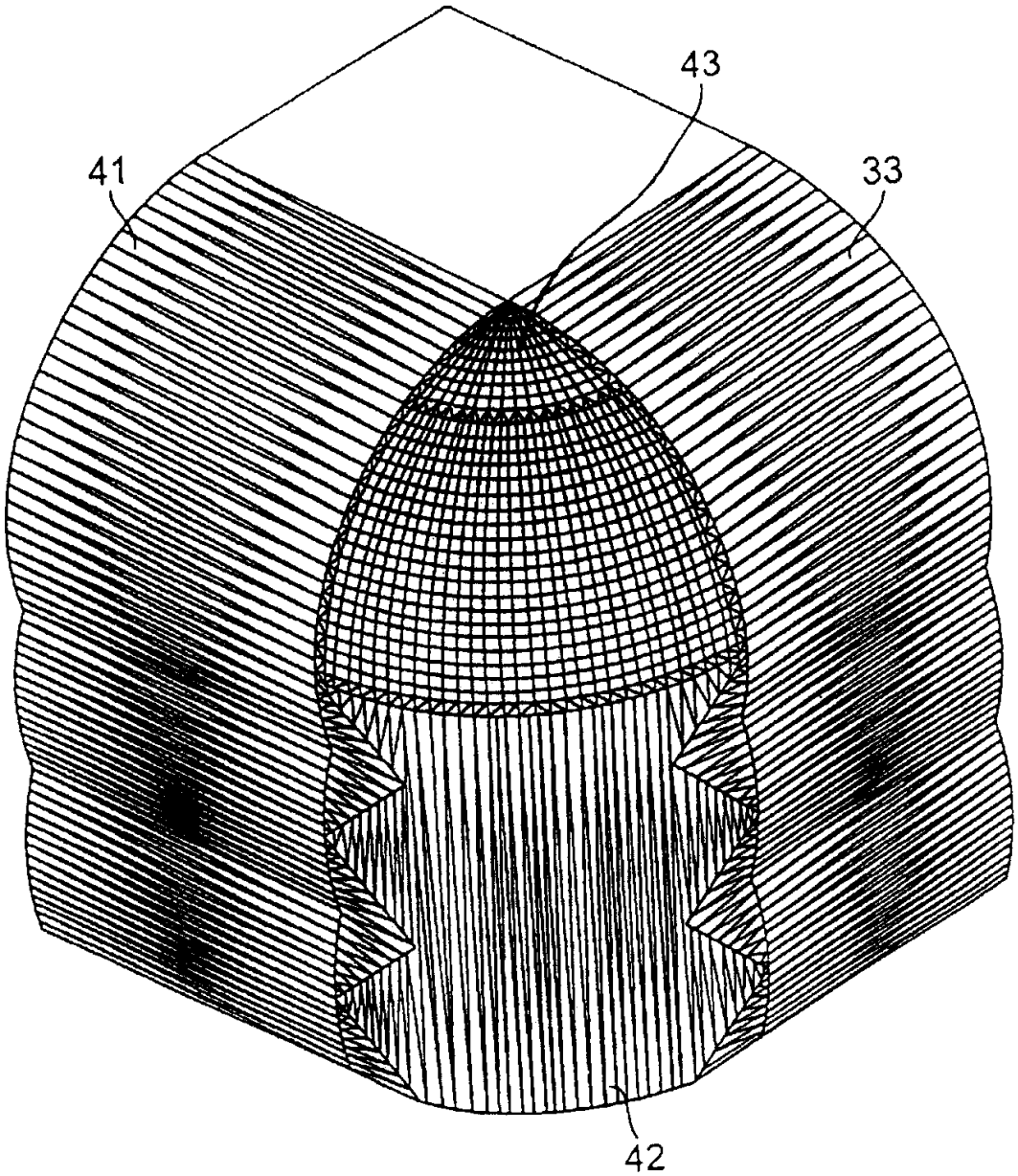


图 3

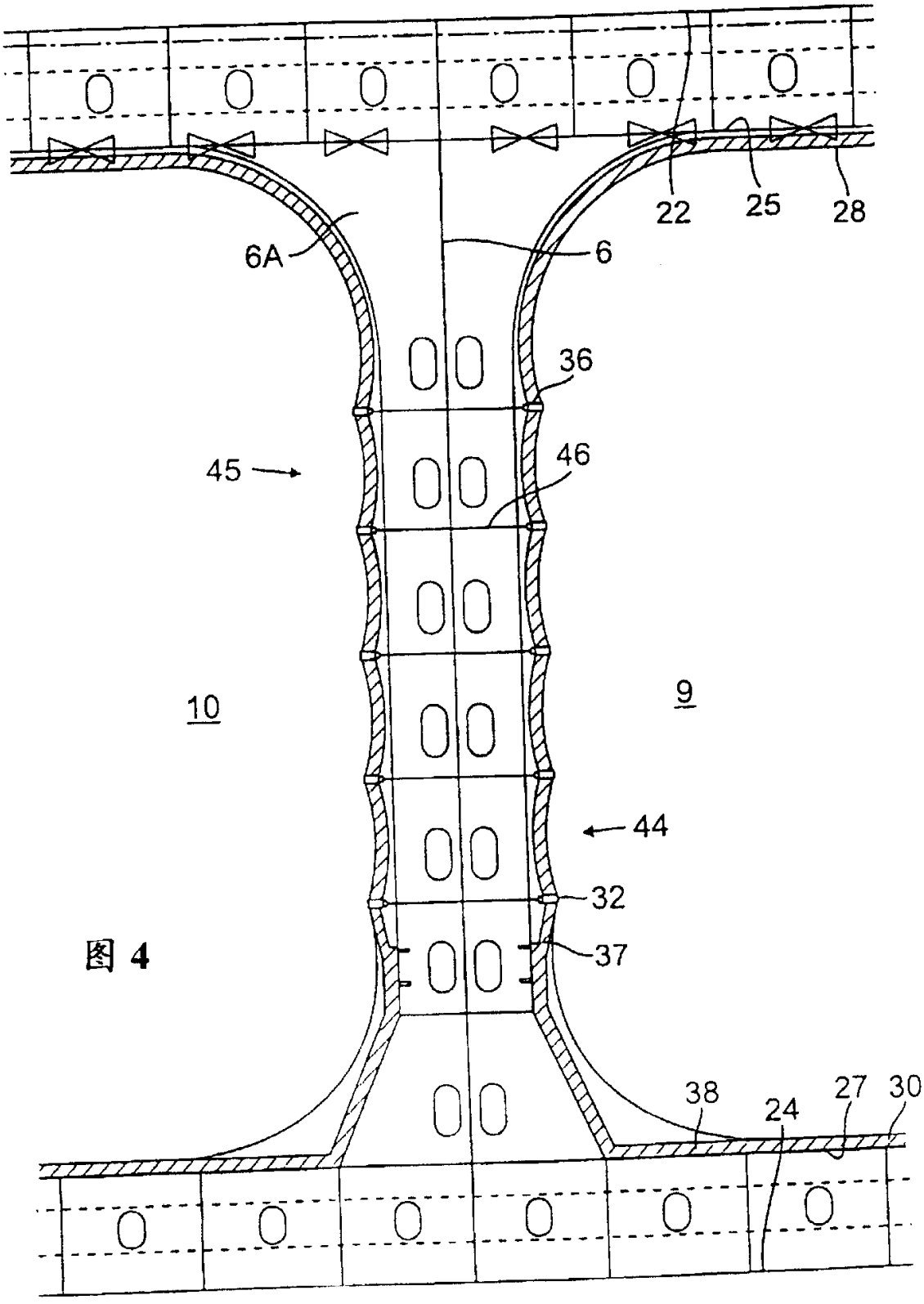


图 4

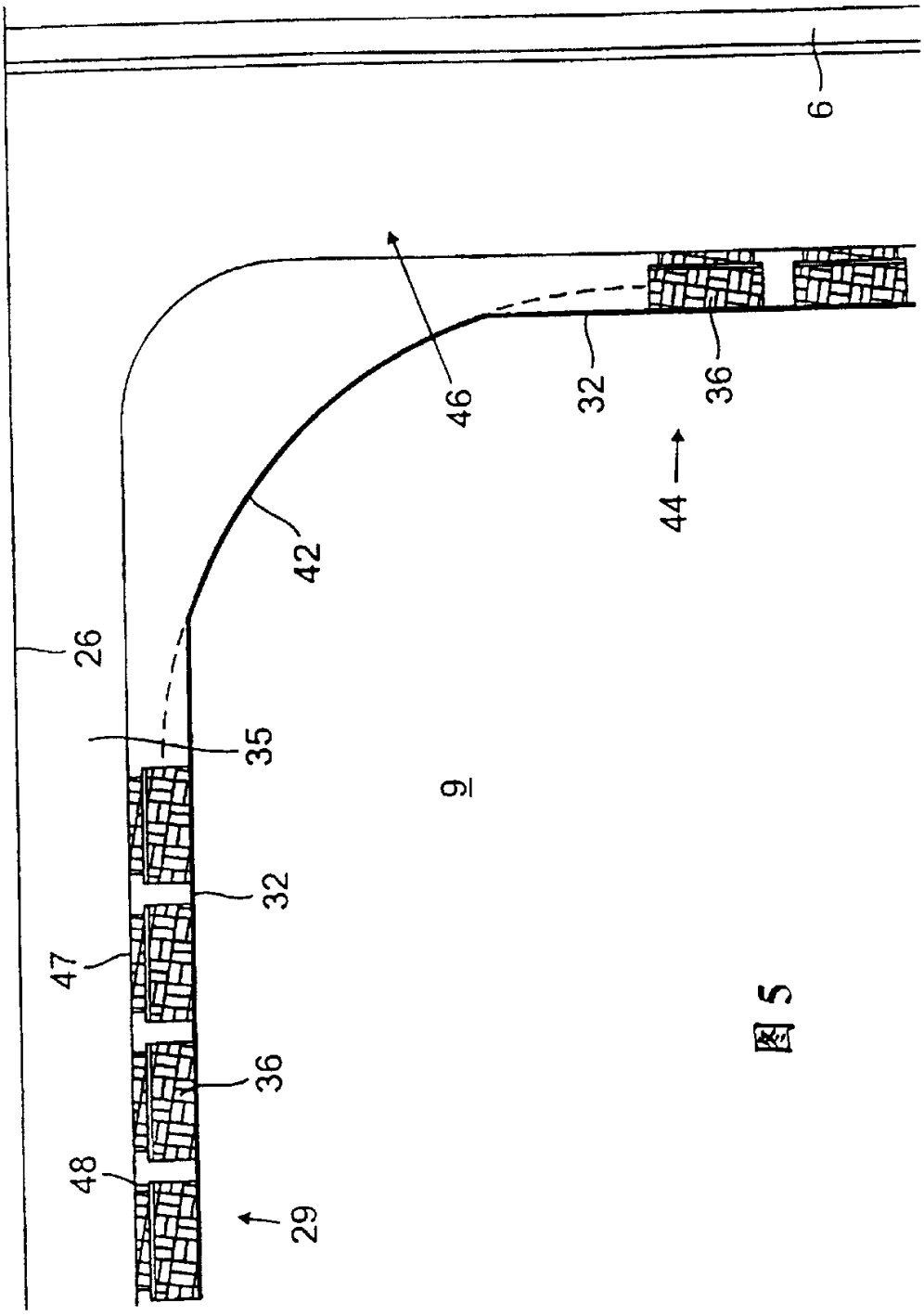


图 5

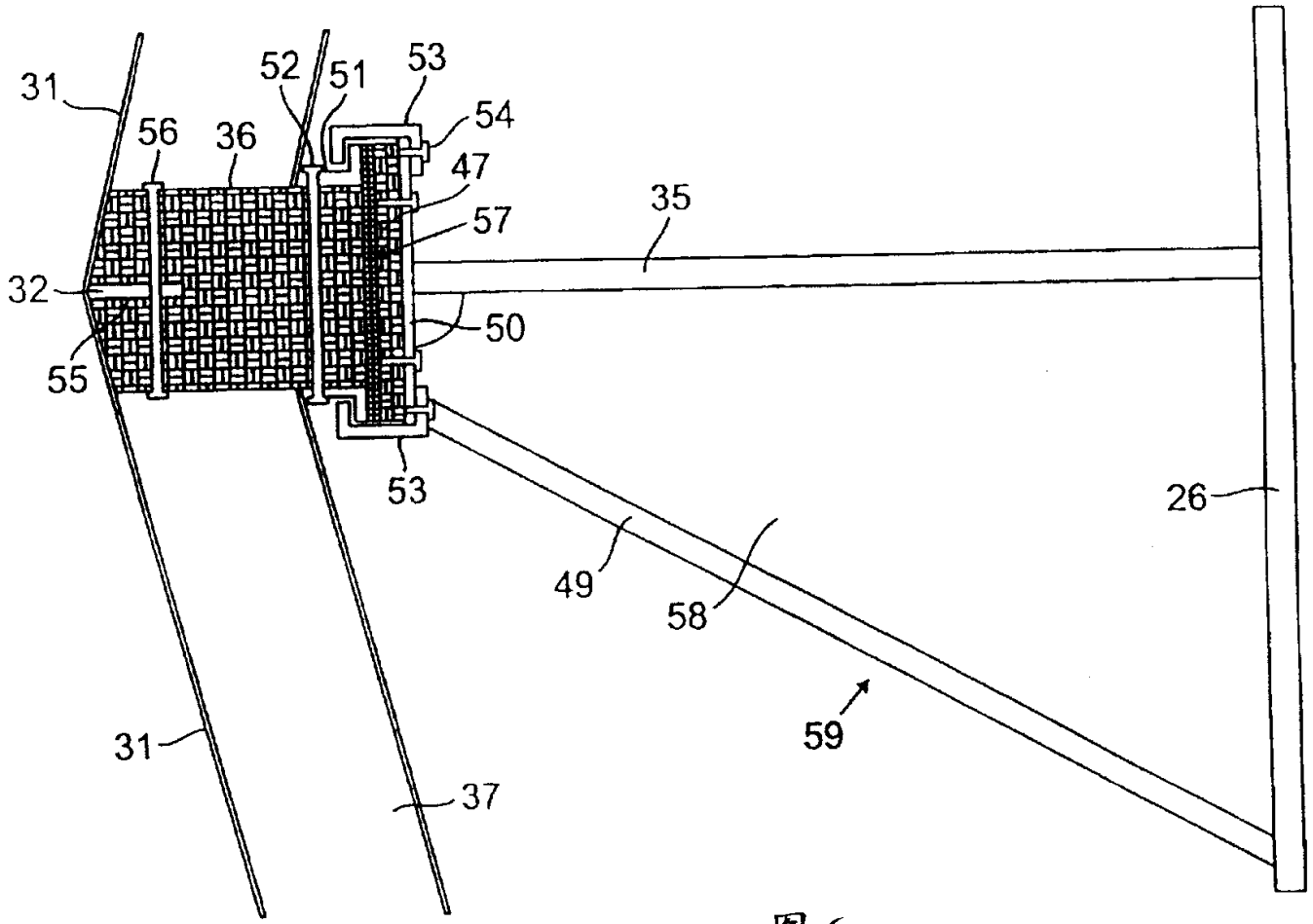


图 6

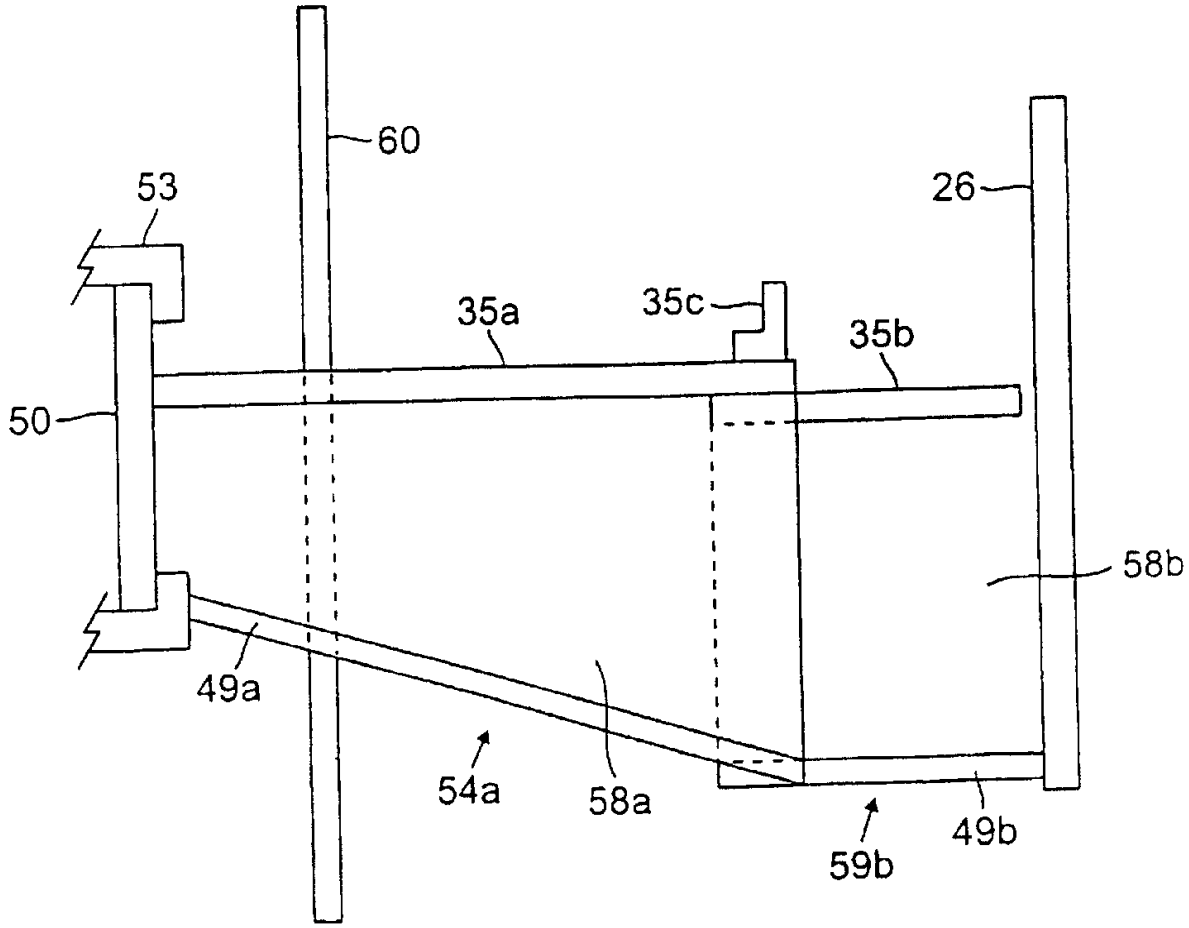


图 7