

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F25B 39/04 (2006.01)

F28B 1/06 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710064952.X

[45] 授权公告日 2009年5月27日

[11] 授权公告号 CN 100491871C

[22] 申请日 2007.3.30

[21] 申请号 200710064952.X

[73] 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市 100084-82 信箱

[72] 发明人 彭晓峰 吴迪 王珍 陆规

[56] 参考文献

CN1206098A 1999.1.27

CN1167248A 1997.12.10

US6286587B1 2001.9.11

US7096666B2 2006.8.29

WO2005/071330A1 2005.8.4

审查员 邱俊杰

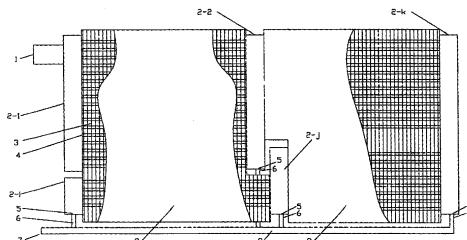
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 7 页

[54] 发明名称

多级冷却中间分液式空气冷凝器

[57] 摘要

多级冷却中间分液式空气冷凝器，属于热工设备技术领域。由多级组成，级级间有联箱相通；每级有二个蒸汽流向相反流程级；进汽口连接第 1 个联箱(2-1)，第 1 个联箱通过第一级一组平行排布换热管(4)与第 2 个联箱相通；第 2 个联箱连接下一级换热管；…，直到进入最后一个联箱(2-i)；换热管(4)外安装有肋片(3)；换热管(4)和肋片(3)外安装外壳(8)。蒸汽通过进汽口(1)、第一个联箱(2-1)送入第一级换热管冷凝，汽液混合物流入联箱(2-2)，汽液分离；蒸汽进入下一级换热管。本发明适用于大型动力工程的冷却，具有高效冷凝能力，高传热系数；设备整体传热面积得到充分且高效利用；组合巧妙灵活，空间适用性强。



1、多级冷却中间分液式空气冷凝器，该冷凝器包括进汽口（1）、冷凝液出口（7），其特征在于，该冷凝器由多级组成；级间有联箱相通传递蒸汽；

除第一级包含进汽口（1）、冷凝液出口（7）之外，其余级均只含有联箱（2-j）、肋片（3）、换热管（4）、排液口气封装置（5）、排液管（6）以及外壳（8）；

不同级通过两端安装的联箱（2-j）相接；每一级联箱安装有排液管（6）和排液口气封装置（5）；每级换热管数从入口第一级依次递减；

每级有二个蒸汽流向相反的流程级；

进汽口（1）连接第1个联箱（2-1），第1个联箱通过第一级的一组平行排布换热管（4）与第2个联箱相通；第2个联箱通过下一级的一组平行排布换热管与下一个联箱相连；以此下去，直到连接最后一级的单一折转联箱（2-k）；单一转联箱（2-k）相反方向连接换热管，使蒸汽流反方向进入下一级联箱，下一级联箱通过下一级的一组平行排布换热管与下下级联箱相连，直到进入最后一个联箱（2-i）；

换热管（4）外安装有肋片（3）；

换热管（4）和肋片（3）外安装外壳（8）。

## 多级冷却中间分液式空气冷凝器

### 技术领域

本发明涉及一种多级冷却中间分液式空气冷却冷凝换热器，属于热工设备技术领域。

### 背景技术

空气冷凝器是一类热工设备，广泛应用于能源系统、动力工程、化工和石油化工等行业，比如火力电站空气冷凝器、空调工程及制冷系统风冷冷凝器等等。图1所示为传统的应用于电站的空气冷凝器，主要部件为翅片管束和风机。如图1，图(a)为传统空气冷凝器主视图；图(b)为俯视图。其中，100—管束，200—翅片，300—风机，400—蒸汽进口，500—冷凝液出口，600—挡板。传统空气冷凝器依靠空气在管外的对流换热，冷却液蒸汽在管内冷凝。这种空气冷却式冷凝器的冷凝管入口为纯蒸汽，经过全管长冷凝出口基本为纯液体，实现全部冷凝。管内凝结换热中，随着冷凝的进行壁面凝结液逐步增加，随后成膜阻碍了蒸汽与壁面的接触，是凝结换热主要的热阻所在。凝结过程中液膜逐渐增厚，在以后相当长的管程内为液体逐步增多的复杂两相流，热阻逐渐增加，冷凝效果严重变差；同时随着蒸汽的凝结，蒸汽量逐渐降低，管内蒸汽流速明显下降，凝结效果急剧退化，换热系数减小；单一管内流程冷凝过程也导致了复杂的气液两相流，对系统运行稳定性、流动阻力和系统的调控等，都有很不利的影响。空气侧，由于管内冷凝换热热阻增加，外管壁温度下降，导致肋片的利用率下降。为解决上述存在的问题，传统空气冷却式冷凝器以加大换热面积来满足换热量的需求，体积、重量较大，且制作和运行成本高。

### 发明内容

本发明提供了一种适用于大型动力工程及相关实际应用的多级冷却、中间分液空气冷凝器，包括合理选择利用凝结形态、两相流型和传热机理的应用原理、各级蒸汽流动与分配设计技术、级间连接与分液技术、整体结构优化设计布置和联箱中防止气相泄漏的排液口气封装置。该空气冷凝器能自动利用结构条件实现最佳凝结与传热形态，保证设备具有高效冷凝能力，高传热系数；维持冷凝换热管和肋片根部更为接近管内蒸汽饱和温度，获得更高的空气散热驱动温差；小换热器体积和金属消耗；设备整体传热面积得到充分且高效利用。设计了不同级与级间的组合连接方式所形成的不同结构形式，充分展示了此种冷凝器空间适用性强的特点。

图2是一种多级冷却中间分液式空气冷凝器，适用于大型动力工程的冷却，由多个级A、

B...组成, 根据需要可以调整级数, 此图展示的为具有两级冷却的中间分液式空气冷凝器。级级间有联箱相通传递蒸汽, 除第一级包含进汽口 1、冷凝液出口 7 之外, 其余级均只含有联箱 2-j、肋片 3、换热管 4、排液口气封装置 5、排液管 6 以及外壳 8 (根据要求可有可无)。

不同级通过两端安装的联箱 2-j 相接; 每一级联箱安装有排液管 6 和排液口气封装置 5; 每级凝结换热管数从入口第一级依次递减, 为了保证整体结构的紧凑性, 一个单级模块都有二个蒸汽流向相反的流程级, 所以单流程串联冷凝器蒸汽流程级一般为双数, 整个蒸汽流程呈“ $\cap$ ”形(水平管式)或“U”形(立管式), 在中间二级间形成流程折转(此处为单一折转联箱);

进汽口 1 连接第 1 个联箱 2-1, 第 1 个联箱通过第一级 A 的一组平行排布换热管 4 与第 2 个联箱相通; 蒸汽通过与 A、B 两级相连的第 2 个联箱进入下一级 B 的换热管 4, 直到进入最后一级的单一折转联箱 2-k, 使蒸汽反向依次流入各级冷凝, 直到进入最后一个联箱 2-i;

换热管 4 外安装有肋片 3;

换热管 4 和肋片 3 外安装外壳 8 (视要求可有可无)。

蒸汽通过进汽口 1 进入第一个联箱 2-1 后, 被均匀地送入第一级换热管 4 进行冷凝, 汽液混合物流入第一第二级相连的联箱 2-2, 在联箱内自动实现汽液分离, 液体依靠重力通过排液口排除, 排液口的气封装置保证了液体而阻止蒸汽排出; 液体经联箱底部的排液管 8 排出汇集于管中经排液口 7 排出, 蒸汽则进入下一级换热管; 依此下去蒸汽通过各级并经单一折转联箱反向, 再次逆流通过各级, 最终进入最后一级联箱 2-i, 蒸汽已被全部冷凝, 冷凝液与各联箱冷凝液均流入冷凝液汇集管 9 中, 最终经冷凝液出口 7 流出。空气侧空气横向冲刷带肋片 3 的换热管 4 以冷凝管内蒸汽。

本发明利用多级蒸汽冷凝、中间自动汽液分离和排液、集中聚集冷凝液过冷技术, 保证各管程都以纯蒸汽进入并被冷却, 有效减小凝结过程中液膜的厚度和消除不利的两相流型; 充分利用短换热管, 使各管程均能处于短管珠状或不稳定的薄液膜凝结, 或通过蒸汽对液膜的影响作用促进液膜失稳与断裂, 形成膜状凝结与珠状凝结共存的溪流状凝结, 增强膜状凝结换热效果, 提高管内凝结换热系数; 肋片布置和气流性能相配套, 维持各级管外肋片基(或管外壁面)温度处于几乎相同水平, 有效增大空气侧对流传热的驱动温差, 从而均匀、有效地利用空气侧肋片, 提高肋片的利用率, 增强了管外侧传热, 提高传热系数的目标; 利用联箱进行蒸汽分程, 通过气封装置实现气液分离, 保证最佳排液效果, 避免漏汽或蒸汽短路等现象出现; 最终, 通过上述技术改善了整体冷凝换热器的性能。初步实验和分析表明, 与传统冷凝器相比节省材料可达 30%或更高, 降低了冷凝器制作和运行成本的效果。本发明加工简单, 与传统冷凝器相比不需增加任何特殊加工工艺。同时, 可根据换热量的大小增减级数, 可应用不同冷凝负荷的要求, 且可以根据空间调整级间的排布形式, 结构灵活紧凑, 空间适应性强。

本发明有两种基本结构形式：立管式分液与水平管式分液。在结构形式和原理技术上，二者基本相同，主要不同点在于：为了保证分液效果，管子与联箱连接处有所不同，水平管式管子不需要深入联箱内部，立管式要伸出至上联箱内部一定长度，与下联箱连接不需如此。

组合形式上，本发明有串联、并联两种基本型，及其根据空间布置需要由这两种基本形式发展成的“中轴扇面式”、“折式”、“V式”、“封闭环与圆形式”等组合方式，可很好的适应不同用途和空间结构要求。

## 附图说明

图1所示为传统的应用于电站的空气冷凝器。其中，图(a)为传统空气冷凝器主视图；图(b)为传统空气冷凝器俯视图。

图2为本发明（串联水平管式）主视图。

图3为本发明（串联水平管式）俯视图。

图4为本发明排液口气封装置。

图5为本发明（串联立管式）主视图。

图6为本发明（串联立管式）上端示意图。

图7为本发明（逆向蒸汽流程并联水平管式）主视图。

图8为本发明（串联水平管式“中轴扇面”集成型）主视图。

图9为本发明（串联水平管式“V式”集成型）主视图。

## 具体实施方式

下面结合附图进一步说明本发明。

图2为本发明（串联水平管式）主视图，其中，1进气口，2-j第j个联箱，2-k单一折转联箱，2-i最后一个联箱，3肋片，4换热管，5排液口气封装置，6排液管，7冷凝液出口，8外壳，9冷凝液汇集管。一种多级冷却中间分液式空气冷凝器，适用于大型动力工程的冷却，由多个级A、B...组成，根据需要可以调整级数，此图展示的为具有两级冷却的中间分液式空气冷凝器。级级间有联箱相通传递蒸汽，除第一级包含进汽口1、冷凝液出口7之外，其余级均只含有联箱2-j、肋片3、换热管4、排液口气封装置5、排液管6以及外壳8（根据要求可有可无）；不同级通过两端安装的联箱2-j相接；进汽口1连接第1个联箱2-1，第1个联箱通过第一级A的一组平行排布换热管4与第2个联箱相通；蒸汽通过与A、B两级相连的第2个联箱进入下一级B的换热管4，直到进入最后一级的单一折转联箱2-k，使蒸汽反向依次流入各级冷凝，直到进入最后一个联箱2-i；每一级联箱安装有排液管6和排液口气封装置5；换热管4外有肋片3；换热管4和肋片3外安装外壳8（视要求可有可无）。根据需要可以调整级数，图2中所示为具有两级冷却的中间分液式空气冷凝器。

蒸汽通过进汽口 1 进入第一个联箱 2-1 后, 被均匀地送入第一级换热管 4 进行冷凝, 汽液混合物流入第一第二级相连的联箱 2-2, 在联箱内自动实现汽液分离, 液体依靠重力通过排液口排除, 排液口的气封装置保证了液体而阻止蒸汽排出; 液体经联箱底部的排液管 8 排出汇集于管中经排液口 7 排出, 蒸汽则进入下一级换热管; 依此下去蒸汽通过各级并经单一折转联箱反向, 再次逆流通过各级, 最终进入最后一级联箱 2-i, 蒸汽已被全部冷凝, 冷凝液与各联箱冷凝液均流入冷凝液汇集管 9 中, 最终经冷凝液出口 7 流出。空气侧空气横向冲刷带肋片 3 的换热管 4 以冷凝管内蒸汽。

图 3 为本发明(串联水平管式)俯视图, 其中, 1 进汽口 2-1 第 1 个联箱, 2-2 第 2 个联箱, 8 外壳, ;进汽口 1 与第 1 个联箱 2-1 相连;通过外壳 8 里换热管与第 2 个 2-2 联箱相连;…。

图 4 为本发明设计的排液口气封装置, 用以防止联箱中气液分离过程中气相顺排液管泄漏。1 实心顶盖, 2 多孔芯体, 3 排液管壁面。

图 5 为本发明(串联立管式)主视图, 其中, 1 进气口, 2-j 第 j 个联箱, 2-k 单一折转联箱, 2-i 最后一个联箱, 3 肋片, 4 换热管, 5 排液口气封装置, 6 排液管, 7 冷凝液出口, 8 外壳(视要求可有可无)。

立管式分液与水平管式分液在结构形式和工作原理上相同, 主要不同点在于: 为了保证分液效果, 水平管式管子不需要深入联箱内部, 立管式要伸出至上联箱内部一定长度, 与下联箱连接不需如此。立管式最上端的联箱不需加排液管 6 及气封装置 5, 下端的联箱通过排液管汇集冷凝液并排出。

图 6 为本发明(串联立管式)左端示意图。其中, 1 进汽口 2-1 第 1 个联箱, 2-j 第 j 个联箱, 2-k 单一折转联箱, 8 外壳。

图 7 为本发明(逆向蒸汽流程并联水平管式)主视图, 管内换热存在并联的左右两通路 A 和 B。其中, 1A 为 A 通路进气口, 1B 为 B 通路进气口, 2-jA 是 A 通路第 j 个联箱, 2-jB 是 B 通路第 j 个联箱, 2-iA 是 A 通路最后一个联箱, 2-iB 是 B 通路最后一个联箱, 3 肋片, 4 换热管, 5 排液口气封装置, 6 排液管, 7 冷凝液出口, 8 外壳。流动与换热方式与串联水平式相似, 蒸汽通过进汽口 1A 或 1B 进入第一个联箱 2-1A 或 2-1B 后, 被均匀的送入第一级的换热管 4 进行冷凝, 汽液混合物流入换热管另一端的联箱 2-2A 或 2-2B, 通过排液口气封装置实现汽液分离; 液体经联箱底部的排液管 8 排出汇集于管中经排液口 7 排出, 蒸汽则进入下一级换热管; 以此下去经适当级数进入最后一级联箱 2-iA 或 2-iB, 蒸汽已被全部冷凝, 汇集于管中, 最终经冷凝液出口 7 流出。空气侧空气横向冲刷带肋片 3 的换热管 4 以冷凝管内蒸汽。这种设计一般要求并联二个冷凝流程运行参数和负荷等均一样。

同样, 对于并联式也存在立管形式, 其与水平管式分液在结构形式和工作原理上相同, 主要不同点在于: 由上至下蒸汽流程流最上侧联箱只具备导流并分配蒸汽功能, 不需加排液管及气封装置; 由下至上蒸汽流程可不设置最上侧联箱, 若有也不具分液排液功能; 为了保

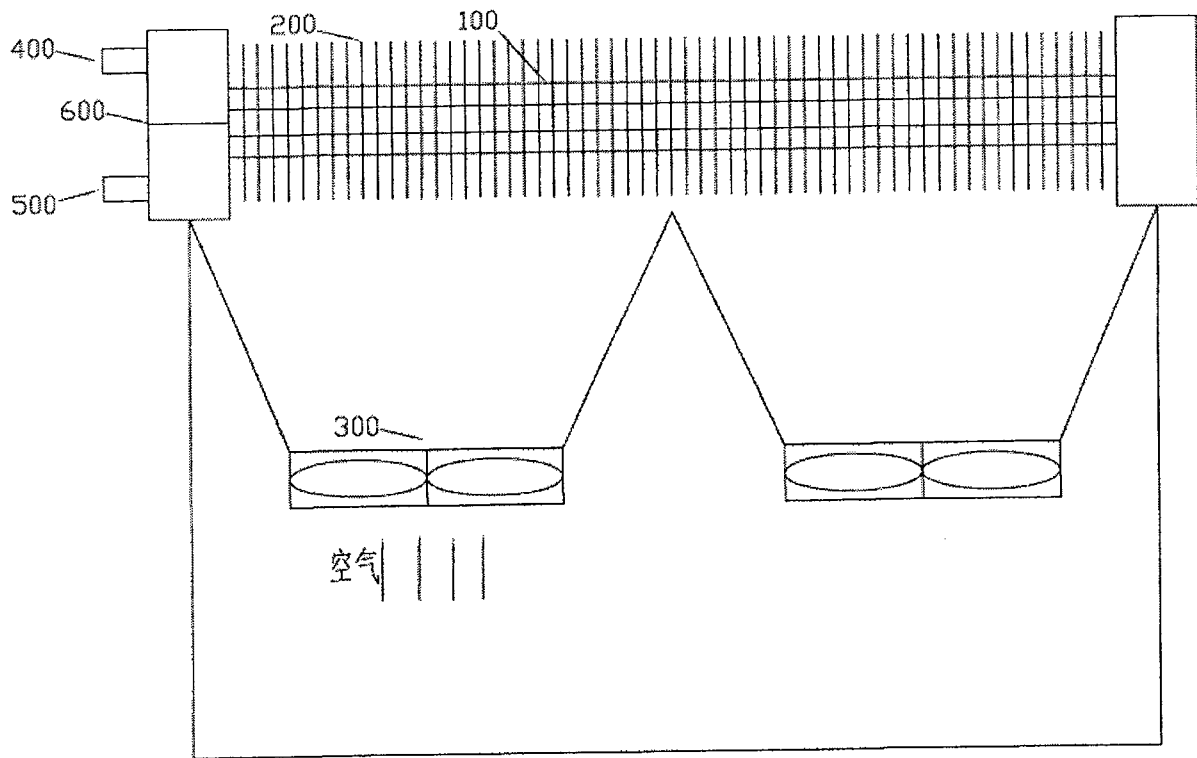
证分液效果，水平管式管子不需要深入联箱内部，立管式要伸出至上联箱内部一定长度，与下联箱连接不需如此。最下端的联箱都要通过排液管汇集冷凝液并排出。这种设计一般要求并联二个冷凝流程运行参数和负荷等均一样。

图 8 为本发明（串联水平管式“中轴扇面”集成型）主视图。由若干串联水平管式多级冷却中间分液式空气冷凝器（图 2）以管内流体折流处联箱为中轴组合而成，并公用此联箱进行气液分离、排液、气相重新分配过程。此图 A、B、C 即为三个串联水平管式冷凝器单元，公用联箱 2-j。

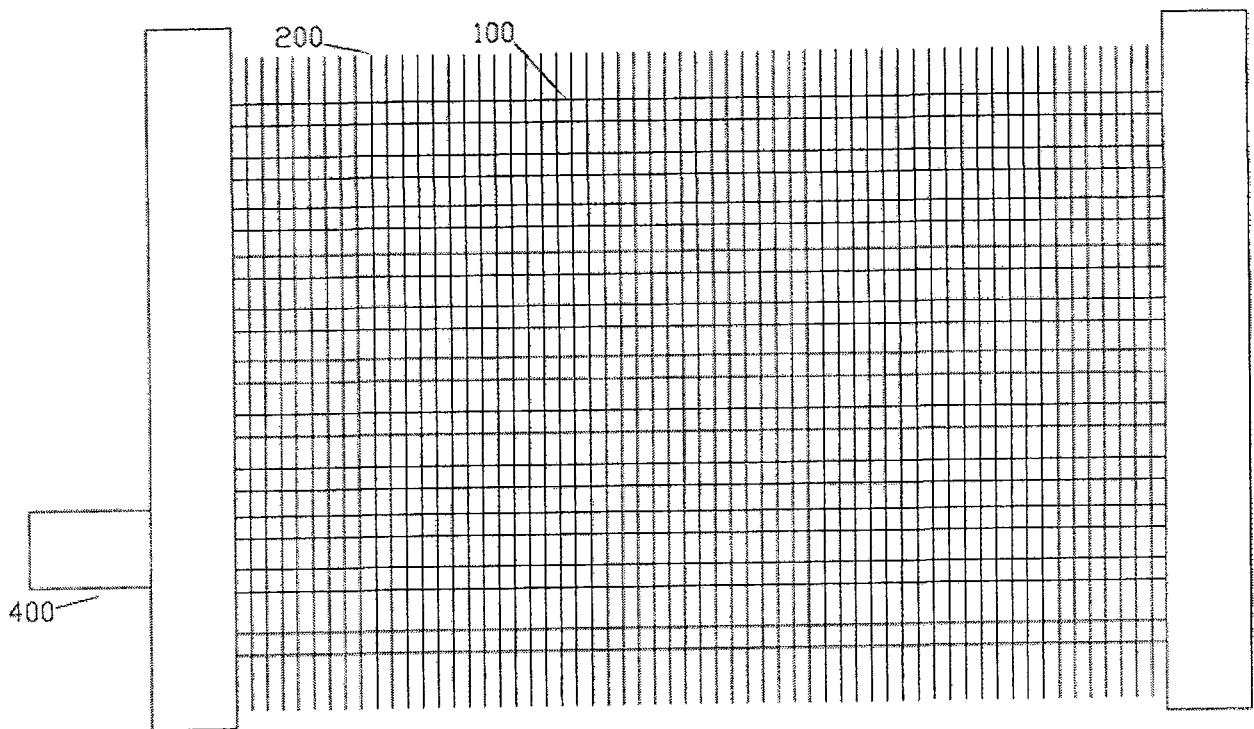
图 9 为本发明（串联水平管式“V 式”集成型）主视图。

基于此，还可进一步形成并联水平管式“中轴扇面”、“折式”、“V 式”、“封闭环与圆形式”等集成型多级冷却中间分液式空气冷凝器。

以上所述为本发明的实施例，本发明的保护范围不局限于此，任何基于本发明技术方案上的等效变换均属于本发明有效保护范围之内。



(a)



(b)

图 1



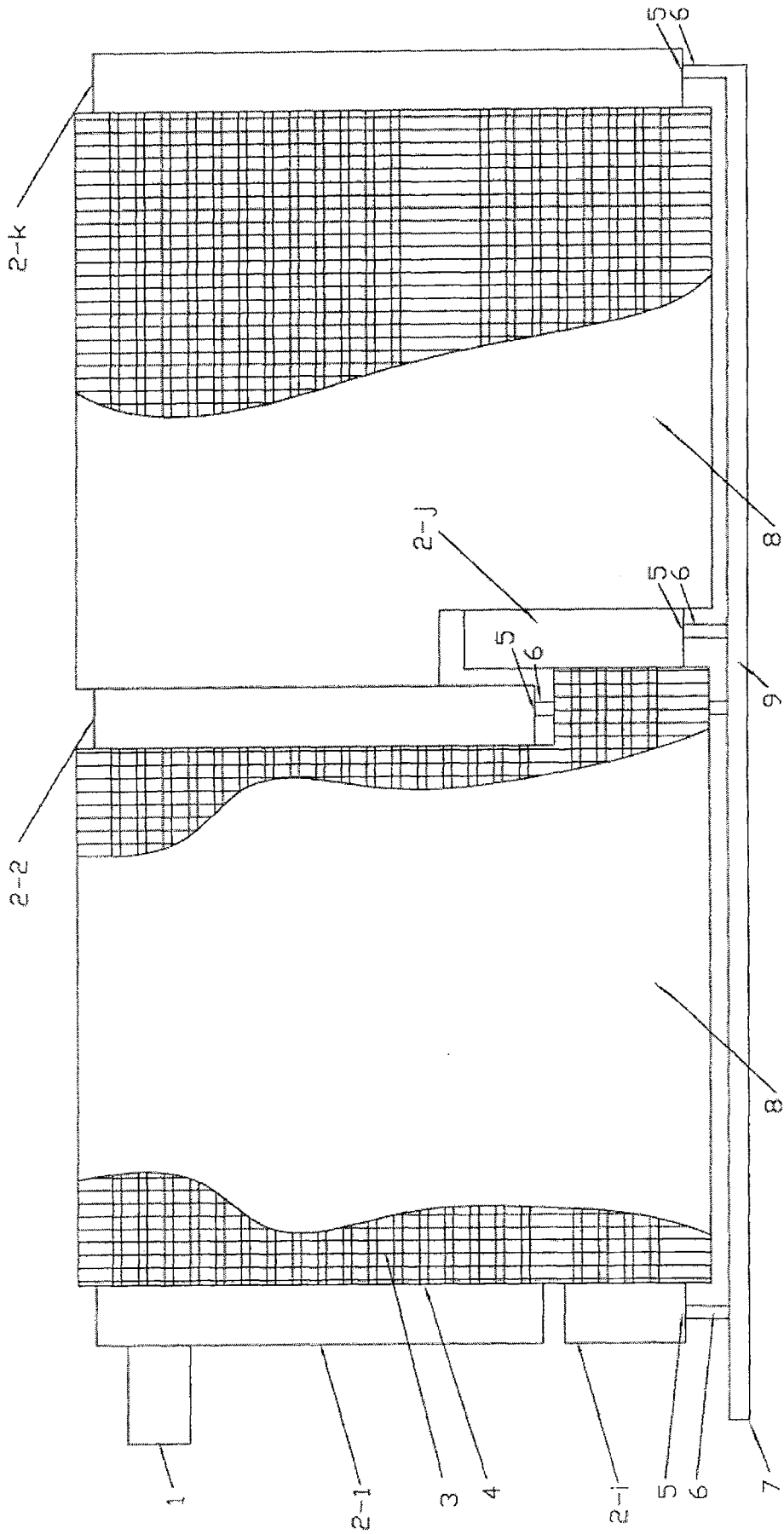


图 2

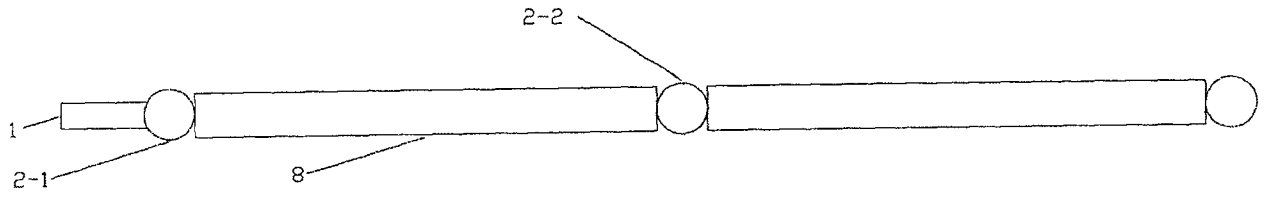


图 3

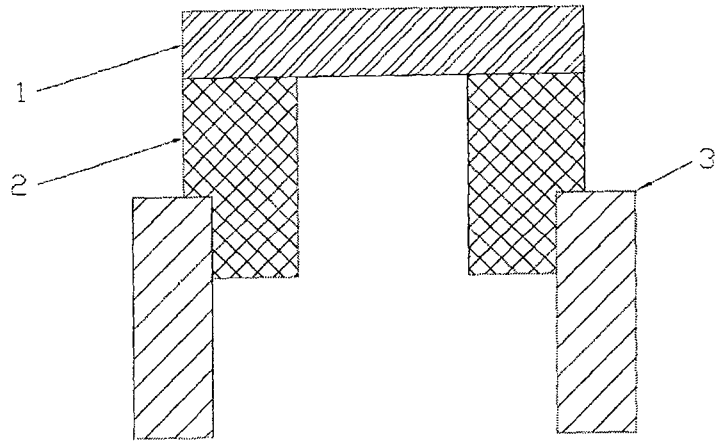


图 4

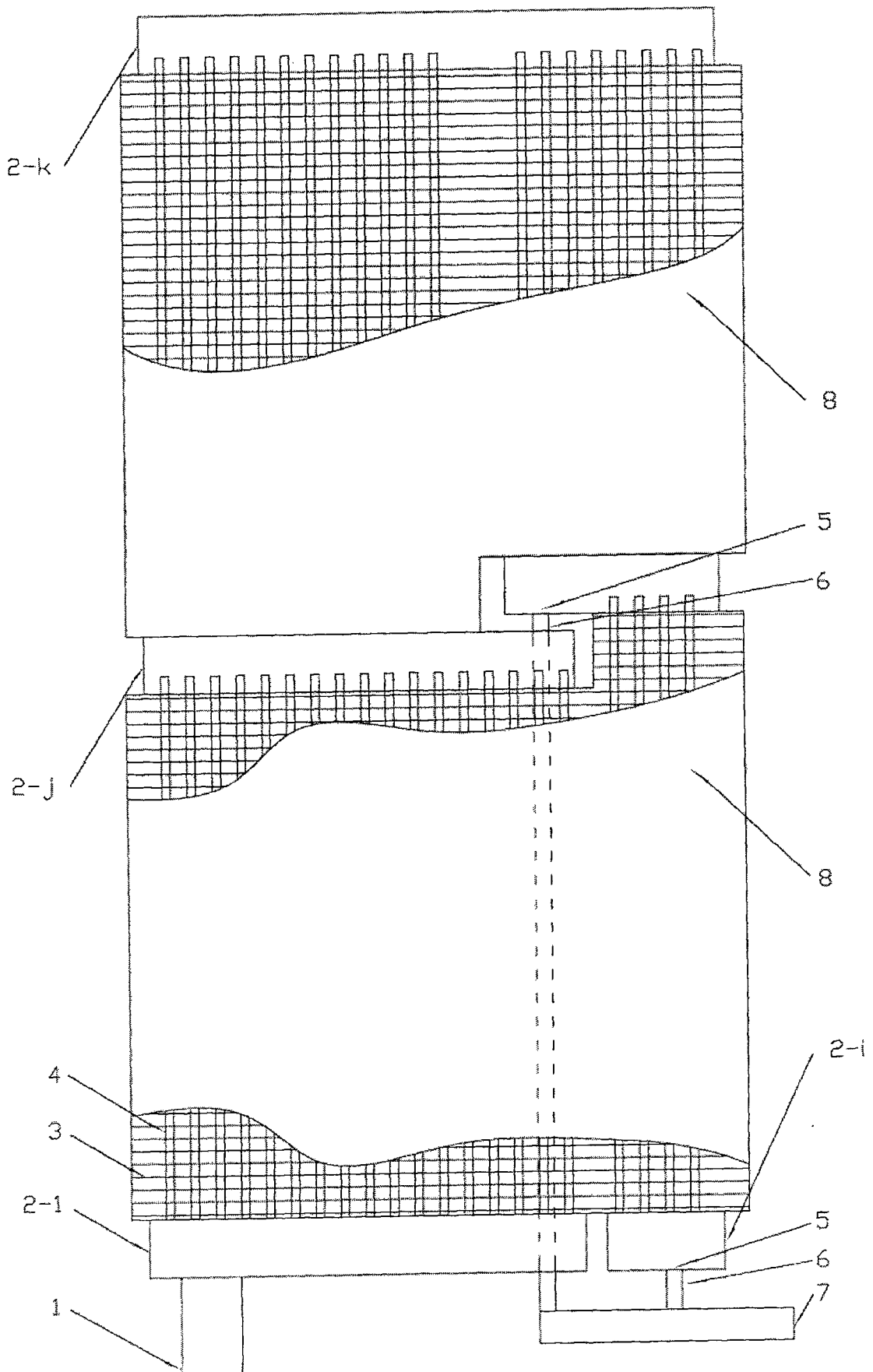


图 5

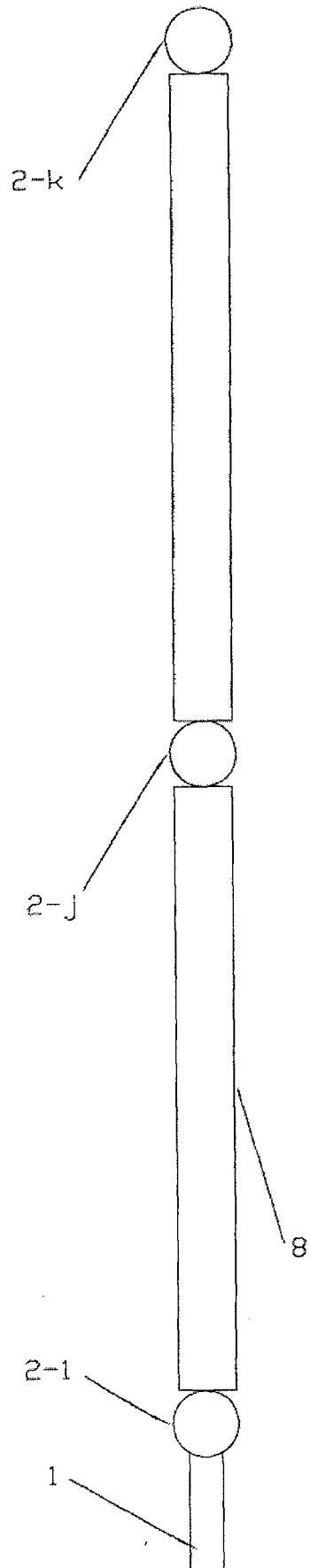


图 6

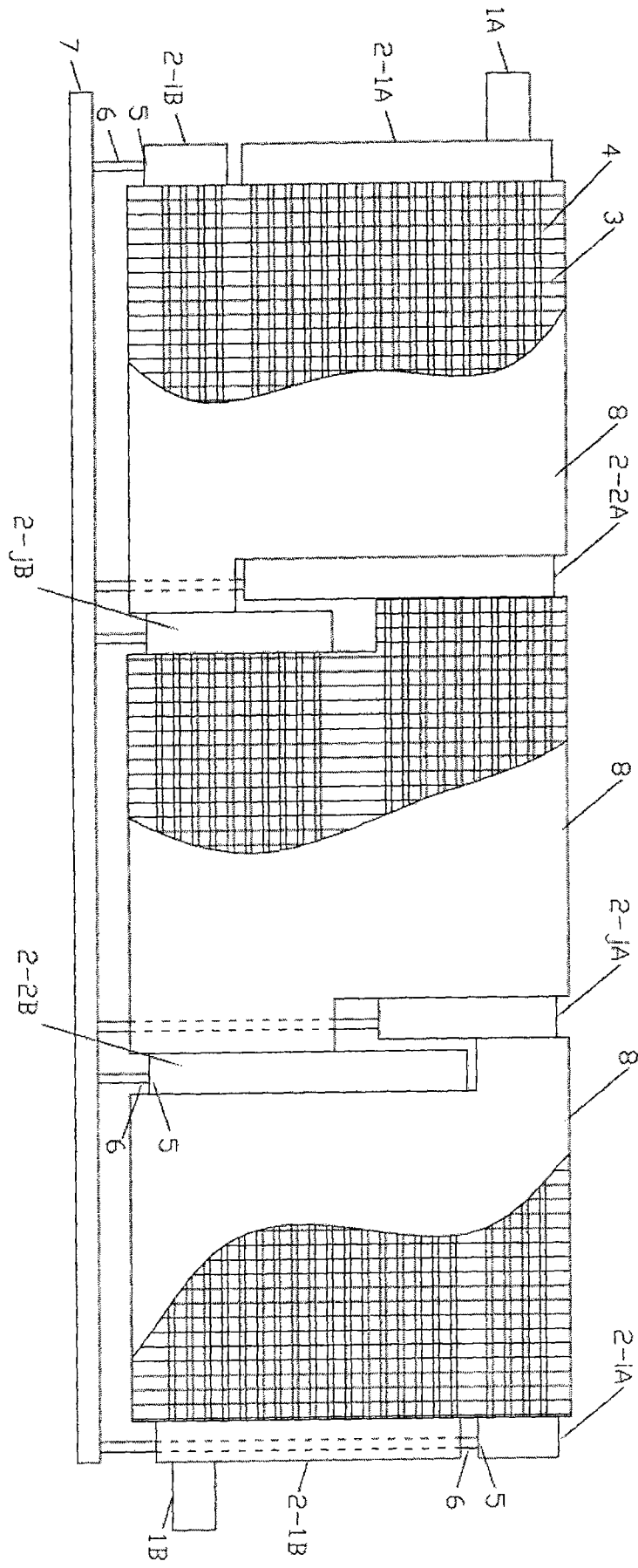


图 7

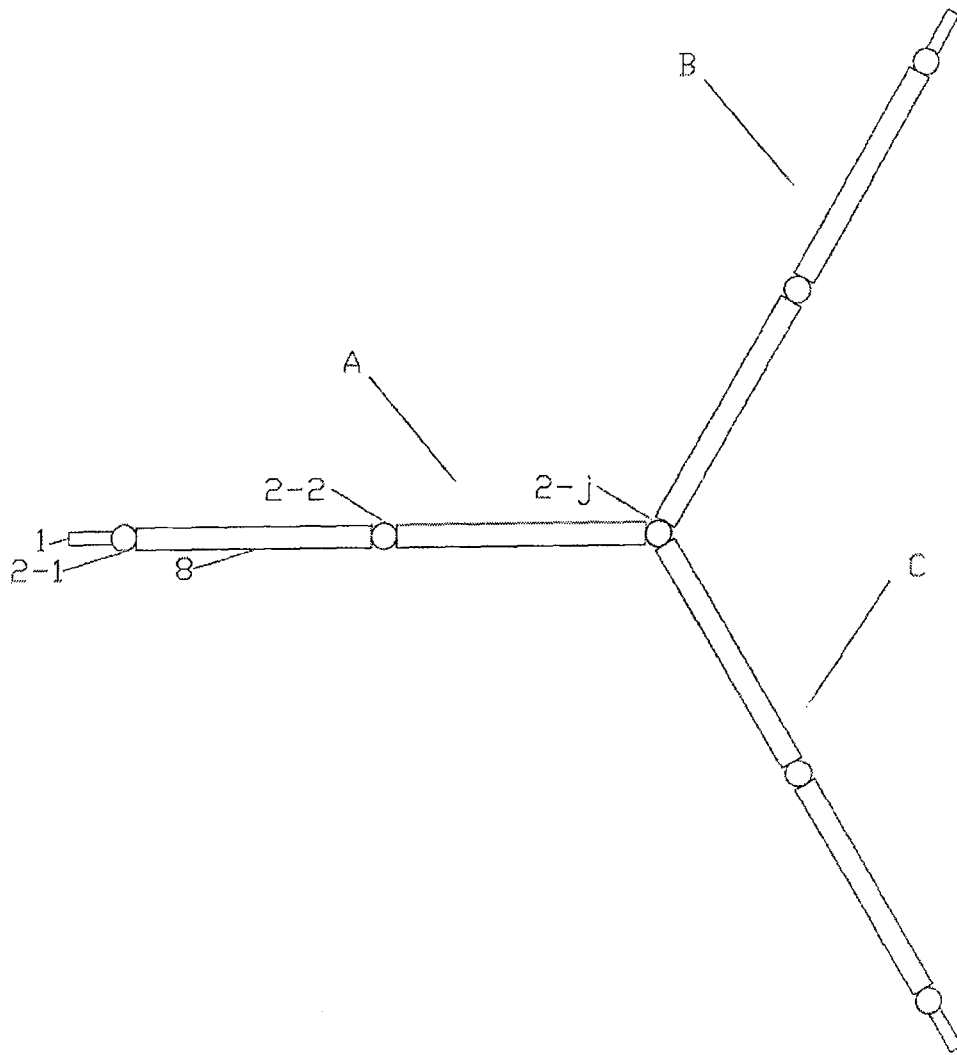


图 8

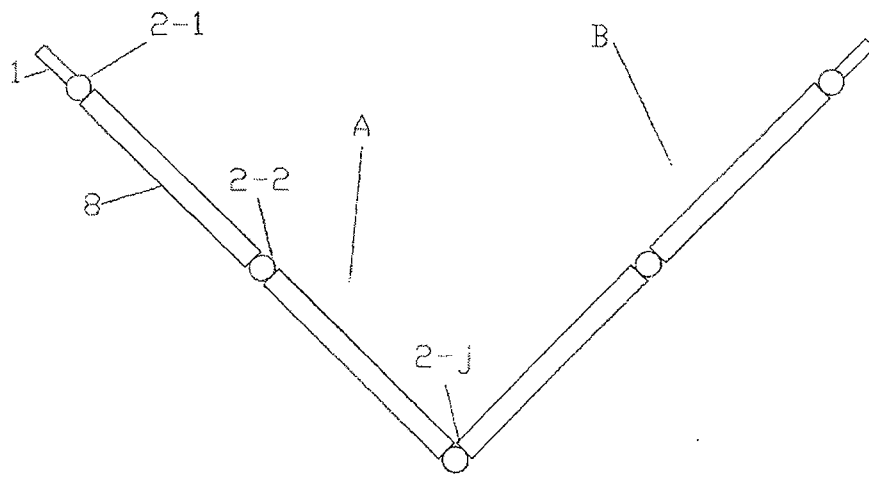


图 9