



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 02142032.7

[45] 授权公告日 2005 年 12 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1231860C

[22] 申请日 2002. 8. 17 [21] 申请号 02142032.7

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 17 [33] US [31] 09/932545

[71] 专利权人 气体产品与化学公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 D·C·费尔普斯 M·K·沃尔克

审查员 谭 毅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

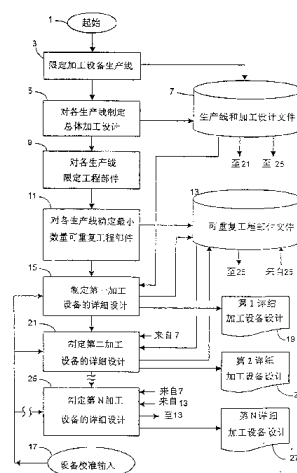
代理人 郑建晖

权利要求书 6 页 说明书 37 页 附图 14 页

[54] 发明名称 一种加工设备的设计方法

[57] 摘要

一种加工设备的设计方法, 其包括(a)制定在生产线上加工设备的详细设计, 包括至少一种工程部件的详细设计, 和(b)制定在不同生产线中另一种加工设备的详细设计, 其中将至少一种(a)工程部件的详细设计用于(b)。



1. 一种加工设备的设计方法，其包括：

- (a) 限定多个加工设备生产线；
- (b) 对各加工设备生产线制定总体加工设计；
- (c) 将(b)中的各总体加工设计分为多个工程部件；
- (d) 从多个工程部件确定可重复的工程部件的最小数量及所述可重复的工程部件在未来总体加工设计需求中其加工属性；
- (e) 制定在一种加工设备生产线中加工设备的详细设计，其中所述详细设计包括

(e1) 从在(d)中确定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件和其加工属性；和

(e2) 制定在(e1)中选择的一或多种可重复工程部件的详细设计；和

(f) 制定在另一种加工设备生产线中的加工设备的详细设计，其中

(f1) 所述详细设计包括从在(d)中确定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性；

(f2) 至少一种在(f1)中选择的可重复工程部件与已制定了详细设计的一种(e2)的可重复工程部件相同；和

(f3) 将(e2)的可重复工程部件的详细设计再用于(f)加工设备的详细设计中。

2. 如权利要求1的方法，还包括制定在加工设备生产线中加工设备的附加详细设计，其中各附加详细加工设备设计利用至少一种先前的可重复工程部件的详细设计。

3. 如权利要求 2 的方法，其中对至少一种附加可重复工程部件进行详细设计。

4. 如权利要求 3 的方法，还包括将来自可重复工程部件的先前的详细设计的设计信息以电子格式存贮于计算机文件和数据管理系统中以便在将来用于在加工设备生产线中加工设备的其它的详细设计。

5. 如权利要求 1 的方法，其中所述加工设备生产线包括低温空气分离设备。

6. 如权利要求 5 的方法，其中所述可重复工程部件包括选自原料空气净化系统、主热交换器、再沸器、蒸馏塔段、冷外壳主空气压缩系统、空气增压压缩机、气体膨胀机、循环压缩机、过程控制系统、加热管、冷却管、低温液体泵、和产物气体压缩机的工程部件。

7. 一种加工设备的设计方法，其包括：

- (a) 限定多个加工设备生产线；
- (b) 限定可重复工程部件的最小数量和其加工属性，使得可从中选择具体的可重复工程部件并结合在各加工设备生产线的总体加工设计中；
- (c) 制定在加工设备生产线中加工设备的详细设计，其包括从在(b)中限定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件，其中加工设备的详细设计包括制定至少一种所选择的可重复工程部件的详细设计；和
- (d) 制定在不同加工设备生产线中一或多种附加加工设备的详细设计，其包括从在(b)中限定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件，其中在(d)中选择的至少一种具体的可重复工程部件与已制定了详细设计的(c)中所选择的可重复工程子系统相同，并制定在(d)中附加加工设备的详细设计所需要的可重复工程系统的附加详细设计，其中在(d)中的至少一种加工设备生产线

与在(c)中的加工设备生产线不同；和

(e) 将在(c)和(d)中的可重复工程部件的详细设计的设计信息存贮于设计数据库中以在将来用于在加工设备生产线中加工设备的其它的详细设计。

8. 如权利要求 7 的方法，还包括制定适用于费用建议的加工设备的总体详细设计，其中总体加工设计包括：

- (1) 确定潜在购买者的加工设备需求；
- (2) 从加工设备生产线中选择满足潜在购买者需求的一种选定的加工设备；和
- (3) 制定所选定的加工设备的总体加工设计，其包括利用从在以上(b)中限定的最小数量的可重复工程部件中选择的可重复工程部件。

9. 如权利要求 8 的方法，还包括制定所选定的加工设备的详细设计，其包括利用以上(3)中选定可重复工程部件的以上(e)的设计信息。

10. 一种加工设备的设计方法，其包括：

- (a) 限定多个加工设备生产线，产生含有加工设备生产线定义的第一系列的电子文件，并将所述第一系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；
- (b) 制定各加工设备生产线的总体加工设计，产生含有各加工设备设计信息的第二系列的电子文件，并将二系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；
- (c) 将(b)中的各总体加工设计分为多个工程部件；
- (d) 从(c)中的多个工程部件中确定将来总体加工设计需求的最小数量的可重复工程部件及其加工属性，产生含有可重复工程部件和其加工属性的信息的第三系列的电子文件，将所述第三系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；
- (e) 制定在加工设备生产线中加工设备的详细设计，其中所述详细设计包括

(e1) 从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选择

具体的可重复工程部件及其加工属性，并从在计算机文件和数据管理系统中的第三系列的电子文件中，检索有关具体可重复工程部件及其加工属性的呈电子形式的信息；

(e2) 制定在(e1)中选定的一或多种可重复工程部件的详细设计，产生含有详细设计信息的第四系列的电子文件；并将所述第四系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；

(f) 制定在另一种加工设备生产线中的加工设备的详细设计，其中

(f1) 所述详细设计包括从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性，并从在计算机文件和数据管理系统中的第三系列的电子文件中检索呈电子形式的这一信息；

(f2) 至少一种在(f1)中选定的可重复工程部件与(e2)中已制定过详细设计并呈电子形式存贮于计算机文件和数据管理系统中的一种可重复工程部件相同；和

(f3) 从第四系列的电子文件中检索呈电子形式的(e2)中的一种可重复工程部件的详细设计，并再用于(f)的加工设备的详细设计中。

11. 低温空气分离设备的设计方法，其包括：

(a) 限定多个低温空气分离设备生产线；

(b) 制定各低温空气分离加工设备生产线的总体加工设计；

(c) 将(b)的各总体加工设计分为多个工程部件；

(d) 从(c)中的多个工程部件中确定将来总体低温空气分离加工设备设计所需的最小数量的可重复工程部件及其加工属性；

(e) 制定在低温空气分离加工设备生产线中加工设备的详细设计，其中所述详细设计包括

(e1) 从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选定具体的可重复工程部件及其加工属性；和

(e2) 制定在(e1)中选定的一或多种可重复工程部件的

详细设计；和

(f) 制定在另一种低温空气分离加工设备生产线中的加工设备的详细设计，其中

(f1) 所述详细设计包括从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性；

(f2) 至少一种在(f1)中选定的可重复工程部件与(e2)中已制定了详细设计一种可重复工程部件相同；和

(f3) 将(e2)中的可重复工程部件的详细设计再用于(f)加工设备的详细设计。

12. 如权利要求 11 的方法，其中所述可重复工程部件包括选自原料空气净化系统、主热交换器、再沸器、蒸馏塔段、冷外壳主空气压缩系统、空气增压压缩机、气体膨胀机、循环压缩机、过程控制系统、加热管、冷却管、低温液体泵、和产物气体压缩机的工程部件。

13. 加工设备的设计系统，其包括：

(a) 贮存在第一生产线中第一加工设备的详细设计的数据库，包括至少一种工程部件的详细设计；和

(b) 与所述数据库连通的至少一个工作站，其中所述至少一个工作站构造为用户检索至少一种工程部件的详细设计，使用所述工作站使用检索的至少一种工程部件的详细设计来制定与第一生产线不同的第二生产线的第二加工设备的详细设计。

14. 如权利要求 13 的系统，其中所述数据库可贮存在工作站。

15. 如权利要求 13 的系统，还包括一个主服务器和与所述主服务器连通的数据服务器，其中所述数据存在于所述数据服务器中。

16. 如权利要求 15 的系统，还包括一个与所述主服务器和数据服务器连通的卫星服务器，其中另一个工作站与所述卫星服务器连通。

17. 一种低温空气分离设备的设计方法，包括：

(a) 制定在第一生产线中低温空气分离设备的详细设计，其

中所述详细设计包括一种工程部件的详细设计，且其中所述工程部件包括原料空气净化系统、主热交换器、再沸器、蒸馏塔段、冷外壳、主空气压缩系统、空气增压压缩机、气体膨胀机、循环压缩机、过程控制系统、加热管系统、冷却管系统、低温液体泵、和产物气体压缩机中的至少一种；

- (b) 使用所述工程部件的详细设计来制定与所述第一生产线不同的第二生产线中的另一种低温空气分离设备的详细设计。

一种加工设备的设计方法

技术领域

本发明涉及在加工工业中用系列工程部件制备的加工设备生产线。

发明背景

在加工工业中，加工设备的提供商通常以按订单制做的习惯作法来设计和制造设备以达到每个购买者的技术需求。当所述加工设备是小体积、高度专业化、高造价产品时这是通常的作法。这类设备用于加工工业如石油炼制、化学品、工业气体、药物、原生金属和食物加工中。用于这类设备的设计和加工费用是高昂的，因为许多设计和加工工作是一次性的，不能再用于其它设备。

加工设备提供商试图尽可能最大程度地对部件选择和设计工作进行标准化以对潜在购买者提供有价格竞争力的生产线。设备部件的标准化程度增高，给提供商带来大规模生产的益处，但对购买者的专用化和最大机动性需求不利。由于工程设计费用是大型加工设备成本费用的主要部分，提供商有明确的动机来对工程设计工作进行标准化以提供满足购买者标准的有价格竞争力的设备。对加工设备提供商的挑战是要在各生产线的加工设备最大选择与在加工设备设计中使用的标准部件的最小数量之间进行平衡，同时保证对购买者可接受的挑选和机动性。当实现了这一目标时，提供商就获得了改进的竞争位置和赢利能力，同时购买者实现最大价值。

本发明的实施方案满足了工程设计进展的这一需求，其通过在各设备设计中最大程度地使用可重复的工程部件来提供满足购买者需求的加工设备生产线同时使工程设计费用最小化。

发明内容

本发明涉及一种加工设备设计方法，其包括(a)制定在生产线中加工设备的详细设计，包括至少一种工程部件的详细设计，和(b)制定在不同生产线中另一种加工设备的详细设计，其中将至少一种工程部件(a)

的详细设计再用于(b)。

在本发明的一种实施方案中，所述方法包括：

- (a) 限定多个加工设备生产线；
- (b) 对各加工设备生产线制定总体加工设计；
- (c) 将(b)中的总体加工设计分为多个工程部件；
- (d) 从多个工程部件(c)确定可重复的工程部件的最小数量及所述可重复的工程部件在未来总体加工设计需求中其加工属性；
- (e) 制定在加工设备生产线中加工设备的详细设计，其中所述详细设计包括
 - (e1)从在(d)中确定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件和其加工属性；和
 - (e2)制定在(e1)中选择的一或多种可重复工程部件的详细设计；和
- (f) 制定在另一种加工设备生产线中的加工设备的详细设计，其中
 - (f1)所述详细设计包括从在(d)中确定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性；
 - (f2)至少一种在(f1)中选择的可重复工程部件与已制定了详细设计的一种(e2)的可重复工程部件相同；和
 - (f3)将(e2)的可重复工程部件的详细设计再用于(f)加工设备的详细设计中。

这种实施方案还可包括，作为(d)的一部分，对一或多种加工设计的总体加工设计进行改变以使总体加工设计和可重复工程部件的最小数量和其加工属性之间的结合最佳化。另外，所述实施方案可包括制定在加工设备生产线中加工设备的附加详细设计，其中各附加的加工设备详细设计利用了至少一种在前的可重复工程部件的详细设计。可对至少一种附加的可重复工程部件进行详细设计。

上述方法还可包括将来自可重复工程部件的先前的详细设计的设计信息以电子格式存贮于计算机文件和数据管理系统中以在将来用于在加工设备生产线中加工设备的其它的详细设计。

将来的各加工设备的总体加工设计可使得对设备投资费用和操作效率有可接受的预测。加工设备生产线可包括低温空气分离设备、制

氢设备、或气体分离变压吸附设备。所述变压吸附设备可设计用来分离空气。

所述可重复工程部件可包括选自原料空气净化系统、主热交换器、再沸器、蒸馏塔件、冷外壳(cold enclosures)、主空气压缩系统、空气增压压缩机、气体膨胀机、循环压缩机、过程控制系统、加热管、冷却管、低温流体泵和产物气体压缩的工程部件。各蒸馏塔件可主塔直径和气-液传质装置的高度来限定。各主空气压缩系统可由最大空气流速和排料压力来限定。各气体膨胀机可由气体流速和压力比来限定。

加工设备生产线可包括空气分离设备，其产生一或多种选自含95-99vol%氧的氧气、含多达99.8vol%氧的氧气、液氧、每百万(体积)份含约0.1至1份非氮组分的氮气、每十亿(体积)份含多达0.5份非氮组分的氮气、和液氮的产物。

本发明还涉及加工设备的设计方法，其包括有：

- (a) 限定多个加工设备生产线；
- (b) 限定可重复工程部件的最小数量和其加工属性，使得可从中选择具体的可重复工程部件并结合在各加工设备生产线的总体加工设计中；
- (c) 制定在加工设备生产线中加工设备的详细设计，其包括从在(b)中限定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件，其中加工设备的详细设计包括制定至少一种所选择的可重复工程部件的详细设计；和
- (d) 制定在不同加工设备生产线中一或多种附加加工设备的详细设计，其包括从在(b)中限定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件，其中在(d)中选择的至少一种具体的可重复工程部件与已制定了详细设计的(c)中所选择的可重复工程系统相同，并制定在(d)中附加加工设备的详细设计所需要的可重复工程系统的附加详细设计，其中在(d)中的至少一种加工设备生产线与在(c)中的加工设备生产线不同；和
- (e) 将在(c)和(d)中的可重复工程部件的详细设计的设计信息存贮于设计数据库中以在将来用于在加工设备生产线中加工设备的其它的详细设计。

将来的加工设备的总体加工设计优选使得对设备投资费用和操作效率有可接受的预测。

所述方法还可包括制定适用于费用建议的加工设备的总体详细设计，其中总体加工设计包括：

- (1) 确定潜在购买者的加工设备需求；
- (2) 从加工设备生产线中选择满足潜在购买者需求的一种选定的加工设备；和
- (3) 制定所选定的加工设备的总体加工设计，其包括利用从在以上(b)中限定的最小数量的可重复工程部件中选择的可重复工程部件。

这种方法还可包括利用所选定的加工设备的总体加工设计来制定对潜在购买者的费用建议。所述方法还可包括制定所选定的加工设备的详细设计，其包括利用以上(3)中选定可重复工程部件的以上(e)的设计信息。

本发明还涉及一种加工设备的设计方法，其包括：

- (a) 限定多个加工设备生产线，产生含有加工设备生产线定义的第一系列的电子文件，并将所述第一系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；
- (b) 制定各加工设备生产线的总体加工设计，产生含有各加工设备设计信息的第二系列的电子文件，并将二系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；
- (c) 将(b)中的各总体加工设计分为多个工程部件；
- (d) 从(c)中的多个工程部件中确定将来总体加工设计需求的最小数量的可重复工程部件及其所加工属性，产生含有可重复工程部件和其加工属性的信息的第三系列的电子文件，将所述第三系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中；
- (e) 制定在加工设备生产线中加工设备的详细设计，其中所述详细设计包括
 - (e1) 从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件及其加工属性，并从在计算机文件和数据管理系统中的第三系列的电子文件中，检索有关具体可重复工程部件及其加工属性的呈电子形式的信息；

- (e2)制定在(e1)中选定的一或多种可重复工程部件的详细设计,产生含有详细设计信息的第四系列的电子文件;并将所述第四系列的电子文件贮存在计算机文件和数据管理系统中;
- (f) 制定在另一种加工设备生产线中的加工设备的详细设计,其中
- (f1)所述详细设计包括从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性,并从在计算机文件和数据管理系统中的第三系列的电子文件中检索呈电子形式的这一信息;
- (f2)至少一种在(f1)中选定的可重复工程部件与(e2)中已制定过详细设计并呈电子形式存贮于计算机文件和数据管理系统中的一种可重复工程部件相同;和
- (f3)从第四系列的电子文件中检索呈电子形式的(e2)中的一种可重复工程部件的详细设计,并再用于(f)的加工设备的详细设计中。

本发明可包括低温空气分离设备的设计方法,其包括:

- (a) 限定多个低温空气分离设备生产线;
- (b) 制定各低温空气分离加工设备生产线的总体加工设计;
- (c) 将(b)的各总体加工设计分为多个工程部件;
- (d) 从(c)中的多个工程部件中确定将来总体低温空气分离加工设备设计所需的最小数量的可重复工程部件及其加工属性;
- (e) 制定在低温空气分离加工设备生产线中加工设备的详细设计,其中所述详细设计包括
- (e1)从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选定具体的可重复工程部件及其加工属性;和
- (e2)制定在(e1)中选定的一或多种可重复工程部件的详细设计;和
- (f) 制定在另一种低温空气分离加工设备生产线中的加工设备的详细设计,其中
- (f1)所述详细设计包括从在(d)中确定的最小数量可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性;
- (f2)至少一种在(f1)中选定的可重复工程部件与(e2)中一种可重复工程部件相同;和

(f3)将(e2)中的可重复工程部件的详细设计再用于(f)加工设备的详细设计。

所述可重复工程部件可包括选自原料空气净化系统、主热交换器、再沸器、蒸馏塔件、冷外壳(cold enclosures)、主空气压缩系统、空气增压压缩机、气体膨胀机、循环压缩机、过程控制系统、加热管、冷却管、低温流体泵和产物气体压缩机的工程部件。各蒸馏塔件可由塔直径和气-液传质装置的高度来限定。各主空气压缩系统可由最大空气流速和排料压力来限定。各气体膨胀机可由气体流速和压力比来限定。

加工设备生产线可包括空气分离设备，其产生一或多种选自含95-99vol%氧的氧气、含多达99.8vol%氧的氧气、液氧、每百万(体积)份含约0.1至1份非氮组分的氮气、每十亿(体积)份含多达0.5份非氮组分的氮气、和液氮的产物。

在另一方面中，本发明可包括加工设备的设计系统，其包括：

- (a) 贮存了在第一生产线中第一加工设备的详细设计的数据库，包括至少一种工程部件的详细设计；和
- (b) 与所述数据库连通的至少一个工作站，其中所述至少一个工作站被构造成为用户检索至少一种工程部件的详细设计，用户使用由所述工作站检索到的至少一种工程部件的详细设计来制定与第一生产线不同的第二生产线的第二加工设备的详细设计。

所述数据库可贮存在工作站。所述系统还可包括一个主服务器(home server)和与所述主服务器连通的数据库服务器，其中所述数据存在于所述数据库服务器中。所述系统还可包括一个与所述主服务器和数据库服务器连通的卫星服务器，其中另一个工作站与所述卫星服务器连通。

本发明还涉及一种低温空气分离设备设计方法，包括：

- (a) 制定在第一生产线中加工设备的详细设计，其中所述详细设计包括一种工程部件的详细设计，且其中所述工程部件包括原料空气净化系统、主热交换器、再沸器、蒸馏塔件、冷外壳(cold enclosures)、主空气压缩系统、空气增压压缩机、气体膨胀机、循环压缩机、过程控制系统、加热管系统、冷却管系统、低温流

- 体泵和产物气体压缩机中的至少一种；
- (b) 使用所述工程部件的详细设计来制定与所述第一生产线不同的第二生产线中的另一种低温空气分离设备的详细设计。

附图说明

图 1 是说明本发明示范性设计方法的流程图。

图 2 是示范性计算机文件和数据管理系统的框图。

图 3 是本发明实施方案的编号 0 至 5 生产线的各种设备情况和标称设备尺寸下氧生产能力范围简图。

图 4 是本发明实施方案的编号 6 至 9 生产线的各种生产线和标称设备尺寸下氮生产能力范围简图。

图 5 是本发明实施方案编号 0 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 6 是本发明实施方案编号 1 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 7 是本发明实施方案编号 2 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 8 是本发明实施方案编号 3 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 9 是本发明实施方案编号 4 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 10 是本发明实施方案编号 5 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 11 是本发明实施方案编号 6 和 7 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 12 是本发明实施方案编号 8 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 13 是本发明实施方案编号 9 的生产线的低温空气分离操作循环的工艺流程图。

图 14 是本发明实施方案空气分离的机械、冷加工、和热加工范畴中的工程部件的简图。

具体实施方式

本发明涉及由同一系列的工程部件来提供多重加工设备生产线的方法和策略。在实施方案中，所述工程部件可包括工程系统、工程子系统和设备。所述实施方案提供了加工设备的开发、设计、制造、供应、和产品管理，其实现了对这类低体积、高变化性、高造价产品在先前不可能达到的费用。在初始完成后的工程部件的详细设计可再用于不同生产线以及相同生产线。为进行说明，以下给出了一种提供低温空气分离加工设备的方法。

工业气体如氧、氮、氩、氢、和合成气体的生产需要高度专门化、投资密集型的加工设备。工业气体工业与其它加工工业相似的方面是，在这些工业中采用的加工设备通常是由选定的供货商提供的小体积、高度专门化、高造价的产品，所述的其它加工工业如石油炼制、化学品、药物、原生金属、和食品加工。

由空气的低温分离来提供各种纯度和压力的氧和氮产品是公知技术。传统上，范围为 40 至 500 公吨/天(MT/D)的中型尺寸的低温空气分离设备的供货商趋向于一次性的、按照用户要求制做的方式来设计设备。当可行时使用先前的设计作为模板或指南来减少生产线中设备所需的工程设计工作的数量。由于在工业中竞争程度增加，空气设备的提供商朝向标准化方向发展，其中所开发的生产线中各生产线可提供一定尺寸范围的给定设备设计。通常，给购买者提供了有限范围的选择。当对设备尺寸和特征有较合理的需求时，对于生产线中较小的设备来说，这种作法是较成功的。

对于购买者来说，对产品和产品策略进行了广泛的价值工程化来实现最小的成本和最大的价值。在不明显牺牲性能和操作费用的条件下，除显著的技术突破以外，空气分离设备提供商没有什么技术可用来进行进一步减少投资费用。因而需要以新的途径来提供低温设备从而达到明显低的投资费用。

空气的低温分离是公知和高度发达的技术，特别适用于达到比其它已知的空气分离方法更高的生产速率和更高的产品纯度。近年来，在工业中已开发出很宽范围的低温空气分离操作循环。在各个生产线的设备的设计中可引入足够的机动性对购买者提供宽范围的标准选择来

满足客户的需求。这称为“集团用户化”，试图在各生产线内对标准化与按需求设计的机动性之间进行平衡。

按照本发明的实施方案，可限定多种加工设备生产线。一种加工设备可包括工程部件的集成组，它被构造成用来将一或多种输入的原料流体转化为一或多种预定性能的产品流体。

对各加工设备生产线则可进行总体加工设计。按照所述实施方案，生产线或加工设备生产线可包括一系列的加工设备，其中所述加工设备是相似的总体加工设计，其区别在于加工参数如流动容量。在不同生产线中的设备可利用不同的总体加工设计。总体的加工设计可对加工设备生产线提出主要加工中容量、产品纯度、设备构型(如总流程图)、及相关信息。

总体加工设计可分为多个工程部件。工程部件可包括如工程系统、工程子系统、及单件的设备。工程系统可包括完整的设备装配体，其执行具体的加工功能，如主空气压缩系统。工程子系统可包括作为工程系统的组成部件的具体的硬件，例如，与主空气压缩系统有关的操作管线和仪器。单件的设备可包括具体的机器或执行具体、单独功能的组配件，如用于主空气压缩系统中的压缩机。

由工程部件可确定将来总体加工设计所需要的最小数量的可重复工程部件及其加工属性。可重复工程部件可包括如为用于第一加工设备中而已进行过详细设计的工程部件，其中所述设计进行最小的改变后可再用于不同加工设备中。所述不同加工设备可与所述第一设备在同一生产线中，或在与所述第一加工设备不同的生产线中。加工属性可包括例如诸如压缩机抽吸和排出压力之类的操作特性的范围、以体积计的生产量、冷却水需求、具体功率、和其它适宜的特性。

按照所述实施方案，可制定在一个加工设备生产线中加工设备的详细设计。所述加工设备的详细设计可包括如从最小数量的可重复工程部件中选择具体的可重复工程部件和其加工属性、和对选定的一或多种可重复工程部件制定详细设计。详细加工设计可包括另外开发的加工设备的总体加工设计，其中工程系统、工程子系统、及单件设备完全标明了其功能性。详细设计可包括对另外开发的加工设备的详细加工设计，其中足够详细地完全标明了工程系统、工程子系统、及单件

设备以进行采购和制造。

然后可进行在另一加工设备生产线中加工设备的详细设计。所述详细设计可包括从所确定的最小数量的可重复工程部件中选择具体的工程部件和其加工属性。所选择的至少一个可重复工程部件可与在第一加工设备生产线中加工设备的详细设计所选定的至少一个可重复工程部件相同。按照所述实施方案，在第一加工设备生产线中制定的可重复工程部件的详细设计可再用于第二加工设备生产线的加工设备的详细设计。如下的说明将本发明实施方案应用于用来生产气态和液态、各种纯度和压力的氧和氮的低温空气分离设备的设计。

在所述实施方案中，在计划步骤中得到的信息以电子形式由计算机设计工具来产生。这种信息包括例如加工流程图、管线和装置图、数据记录表格(data spreadsheets)、卖方提供的文件、费用分析、和工程范围报告。呈电子形式的所述信息可通过计算机文件和数据管理系统进行操作来输出、贮存、和检索。这种系统可是所有产品和设计信息的唯一贮存库(repository)，并可由在不同位置的不同设计人员进入使用。呈电子形式的所有设计信息的中央贮存保持生产线完整并使得设计人员可进行有效连通。

以下详细叙述在以上进行了简述的计划步骤，并图示于图 1 的流程图中，其图示了步骤的次序，及在其中产生的电子设计信息的操作。图 2 是一种示例性的电子文件和数据管理系统，其可用于对图 1 计划步骤产生的电子设计信息进行操作、贮存、和检索。

图 2 的系统包括主服务器 201、卫星服务器 203、和数据服务器 205。主服务器 201 可包括电子数据管理系统 207、电子数据管理软件 209、和数据文件 211。卫星服务器 203 包括电子数据管理系统 213、电子数据管理软件 215、和数据文件 217。数据 206 贮存于数据服务器 205 中并例如可利用如 Microsoft SQL 7 SP1 的软件。主服务器 201、卫星服务器 203 可有相当距离的分隔，可通过高速网络连接 219 来在这些服务器之间进行数据传输。数据 217 和 211 可共享或为可在规则时间间隔如每天进行复制的的平行文件。数据服务器 205 可通过局部网络连接器 220 与主服务器 201 连接。

在个人计算机或工作站 221 的使用者可利用与贮存于主服务器 201

上的软件相结合的个人计算机或工作站驻留的软件来进行图 1 的计划步骤。类似的,在个人计算机或工作站 221 的使用者可利用与贮存于卫星服务器 203 上的软件相结合的个人计算机或工作站驻留的软件来进行计划步骤。个人计算机或工作站 221 和 223 可分别通过局部网络连接器 225 和 227 与主服务器 201 和卫星服务器 203 连接。附加的个人计算机或工作站(未示出)可通过局部网络连接器(未示出)与主服务器 201 和卫星服务器 203 连接,并可以与个人计算机或工作站 221 和 223 相同的方式进行操作。

另外,个人计算机或工作站 229 可利用与贮存于主服务器 201 上的软件相结合的驻留于终端服务器 231 上的软件来进行图 1 的计划步骤。个人计算机或工作站 229 可通过拨号连接器 233 与终端服务器 231 连接,终端服务器 231 可通过局部网络连接器 235 与主服务器连接。附加的个人计算机或工作站(未示出)可以类似方式与主服务器 201 连接。

进行图 1 计划步骤的使用者所产生的电子设计数据和信息可通过驻留于主服务器 201 上的电子数据管理系统 207 和电子数据管理软件 209 来进行操作,也可通过驻留于卫星服务器 203 上的电子数据管理系统 213 和电子数据管理软件 215 来进行操作。所述电子设计数据和信息可贮存于位于主服务器 201 上的单独的数据文件 7、13、和 14 和/或位于卫星服务器 203 上的平行的单独数据文件 7'、13'、和 14'中并从中进行检索。文件 7 和 7'可共享或为可在规则时间间隔如每天进行复制的平行文件。类似的,文件 13 和 13'可共享或为可在规则时间间隔进行复制的平行文件。以类似的方式,文件 14 和 14'可共享或为可在规则时间间隔进行复制的平行文件。

现在参照图 1,本发明的方法以起始 1 开始并进行如下。

a) 限定多个加工设备生产线

在实施例方法的第一步骤中,图 1 的步骤 3,是在理解购买者需求的基础上确定覆盖这些设备市场的通用(generic)加工设备生产线。

按照所述实施方案,确定的通用加工设备生产线示出在以下表 1 中。

表 1

通用生产线

生产线	气态氧		LOX	气态氮			LIN
编号	纯度, vol%O ₂	压力, 巴	%产量 (Make)	产品纯度	压力	%产量 (Make)	%产量 (Make)
0	95-97	1.1	0-3				
1	95-97	1.1	0-10				
2	95-97	1.3	0-10	ppm	≤5 巴	0-15	0-10*
3	95-97	1.3	0-10	ppm	LP	15-50	0-10*
4	高达 99.8	1.3	0-10	ppm	≤5 巴	0-15	0-10*
5	高达 99.8	1.3	0-10	ppm	LP	15-50	0-10*
6				ppm	4-11 巴	100	0-10
7				100ppb	4-11 巴	100	0-10
8				ppb	4-11 巴	100	0-10
9		0.4	0-1(UHP)	ppb	4-11 巴	100	0-10
LOX=液氧 LIN=液氮 *设备将制备高达 10%的 LOX, 10%的 LIN, 或合并总%高达 10% %产量定义为设备氧总产量% LOX 和 LIN 产量是以总氧产量计 气态氮产量是以总原料空气流量计 LP=稍高于大气压 氮产品纯度定义为非氮污染物的总浓度 ppm=通常为每百万份含 1-5 份(体积) ppb=通常为每十亿份含 1-5 份(体积) UHP=通常含 1-5ppb 非氧污染物的超高纯氧							

在这一实施例中, 各加工设备情况 0 至 9 认为是单一的生产线, 且这些生产线的每一个均包括具有选定的尺寸、产品、和生产率的单独的设备。对各生产线限定具体的设备生产率或能力。这些标称的生产范围或设备尺寸与表 1 中的通用加工设备生产线相结合定义了所述实施方案的主加工设备生产线。例举性的标称设备产品流量范围列于以下表 2 中。

表 2
标称设备生产范围

设备产量编号	主产物气体	标称产量范围 Nm ³ /hr
AO	氧	670-1500
BO	氧	1000-2140
CO	氧	1430-3140
DN	氮	1880-3600
EO	氧	2000-4500
FN	氮	2670-5200
GO	氧	2640-5500
HN	氮	3870-7470
JO	氧	3900-8360
KN	氮	4270-8470
LN	氮	6930-13470

在这一实施例中，由表 1 和 2 中的信息可限定完整的加工设备生产线，且可产生如下表 3 所示的生产线矩阵(matrix)。

表 3
主加工设备生产线矩阵

设备产量编号 (表 2)	生产线编号(表 1)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AO	×	×	×	×	×	×				
BO	×	×	×	×	×	×				
CO	×	×	×	×	×	×				
DN							×	×	×	×
EO	×	×	×	×	×	×				
FN							×	×	×	×
GO	×	×	×	×	×	×				
HN							×	×	×	×
JO	×	×	×	×	×	×				
KN							×	×	×	×
LN							×	×	×	×

除以上简述的主加工设备生产线外，可对高压氧产品定义辅助生产线，其由泵送的液氧(LOX)循环来提供。这种例举性的辅助高压氧生产线可列于如下表 4 给出的矩阵中。

表 4
高压氧加工设备生产线矩阵

设备产量编号 (表 2)	生产线编号(表 1)				
	1	2	3	4	5
AO	×	×	×	×	×
BO	×	×	×	×	×
CO	×	×	×	×	×
EO	×	×	×	×	×
GO	×	×	×	×	×
JO	×	×	×	×	×

除上述加工设备外，可确定四种附加设备，它们是表 1 中编号为 0、2、3、4、和 5 的生产线的变体。在这些附加设备选择方案中，不产生流体，气态氮的产量可比表 1 所示超出高达 20%。这些对应于由设备生产能力编号 AO、BO、CO、和 EO 所标明的设备。

在生产线上实施例加工设备的完整系列可由在以上表 3 和 4 中标明的设备生产能力和生产线编号的组合来确定。

以上所述加工设备可按标称最大设备生产率来标明。但在实际操作中，各种单独设备标明为在一定的生产率范围下进行操作以增加和减少生产率，这在实际设备操作中是可能出现的。图 3 所示为对以上表 1、2 和 3 中给出的编号为 0 至 5 的实施例生产线的氧设备生产范围。图 4 所示为实施例氮生产线编号 5 至 9 的对应信息。可看出，各种设备可在标称的一定范围的生产能力下进行操作。在这一实施例中，限定了所选择的工程部件以使得各设备在指定范围的生产速率下以可接受的操作效率来进行操作。加工设备的操作效率可包括设备操作的总支出费用，如能量、用品(utilities)、易耗品、工资等，其可以每单位设备产品产量来表达。

在以上实施例中，如果各设备分别按预期购买者的用户要求设计，对于上述的生产线需要总共 106 个单独的设备。对这些按用户要求设计的设备需要大量的工程部件，这类设计工作的工程费用会是高的惊人的。本发明针对这一潜在情况提供了可用于同一生产线内及不同生产线上的少量可重复工程部件。

在所述实施方案中,以上表 1-4 所开发的信息可以电子形式来产生,并可以电子形式贮存于图 1 和 2 中的生产线和加工设计文件位置 7 和/或贮存在图 2 的示例性电子文件和数据管理系统中的平行设计文件位置 7'中。

(b)对加工设备生产线中的各加工设备制定总体加工设计。

在实施例方法的下一步骤中,图 1 的流程图中标为步骤 5,可对各生产线制定总体加工设计,并以电子形式来产生最终的加工设计信息。所述电子信息可贮存于图 1 和 2 的生产线和加工设计文件位置 7 中和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统中的平行设计文件位置 7'中。对上述各生产线可采用具体的操作循环。对于生产线编号 0、1、2、3、4、和 5,分别可采用图 5、6、7、8、9、和 10 的 LOX 沸腾循环。对于生产线编号 6、7、8、和 9,分别可采用图 11、11、12、和 13 的氮循环。还可利用替代的方案,其中将液氧直接注入到所述系统中来提供冷冻而不是利用图 5-10 中所示的膨胀涡轮。这种替代方案,通常叙述为 LOX 辅助,可用于编号为 0、2、3、4、和 5 的生产线;在这些替代方案中,不产生液体,气态氮的产量可高达比表 1 所示超出高达 20%。在另一种替代方案中,泵送的 LOX 的使用可添加到图 6-10 的操作循环以分别对编号为 1、2、3、4、和 5 的生产线在高达 25 巴的压力下来输送气态氧产品。

可以电子形式对图 5 至 13 中的循环制定上述总体加工设计并以电子形式贮存于图 1 和 2 的生产线和加工设计文件位置 7 中和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统中的平行设计文件位置 7'中。

(c) 将(b)中的各总体加工设计分为多个工程部件。

为减少对潜在购买者以通用作法提供 106 件单独的设备所需的详细工程设计的数量,实施例方法的下一步骤是将图 5 至 13 操作循环制定的总体加工设计分为多个工程部件。这是在图 1 流程图中的步骤 9。结果在表 5 中给出,其概述了这些加工设备通用设计所使用的工程部件。所述工程部件可从在这一表中所列出的工程系统和设备项目中选择。

表 5
空气分离加工设备的工程系统和设备

工程系统和子系统	设备项目
主空气压缩系统	电机
空气增压系统	进口过滤器
产品加压系统(氧)	涡轮膨胀机
产品加压系统(氮)	液氧泵
膨胀系统	主热交换器
泵箱系统	再沸器
冷却封闭系统	排料(dump)蒸发器
蒸馏塔系统	吸附剂容器
连接管系统	排气消声器
加工单元系统	再生加热器
原料空气处理(TSA 系统)	
控制和分析器系统	
产品管线系统	
蒸馏塔段	

表 5 的工程部件图示于图 14 中以图示说明机械设备、冷却操作、和加热操作范围的部件。如上所述，所述工程部件可包括如图 14 所示的工程系统、工程子系统、和单独的设备。设定各种这些部件的数量和操作特性以使得可选择最小数量的可重复工程部件，其使得各种未来加工设备的详细工程费用部分最小化，同时使得能够制定对销售建议可接受的初步费用估计并使得具有可接受的设备操作效率。以下讨论确定在表 5 中的最小数量的可重复工程部件的实施例。

(d) 确定最小数量的可重复工程部件及未来总体加工设计所需的加工属性。

在图 1 的步骤 11 中，从例如上述工程部件中确定最小数量的可重复工程部件，使得这些可重复工程部件可用于未来的同一生产线和不同生产线的总体加工设计。这种最小数量的可重复工程部件的选择使得在投资费用及制定对预期购买者的初步销售建议中使用的操作效率的初步估计上具有可接受的准确性。可接受的准确性可例如为实际投资费用和完成的操作设备的实际操作效率的 $\pm 5\%$ 。加工设备的投资费用可包括所有工程部件、材料、和用于制造、工程、项目经营和管理

的人力的总费用。

最小数量的可重复工程部件的选择可由可接受的操作机动性和最终设计并投产的各加工设备的效率所决定。例如，在选择最小数量的原料空气压缩系统和其加工属性中，对各加工设备选定的各压缩系统的压缩机效率应使得在所述设备的操作范围内具有可接受的设备效率和机动性。对各单独加工设备的用户设计，将允许对该设备选择最有效的压缩系统。但对在上述生产线中的 106 个设备，这将需要大量的压缩系统。因而，在生产线上对 106 个设备的压缩系统的最小数量和加工属性的选择是应最大化的设备操作效率与应最小化的设备投资费用之间的平衡。其它可重复工程部件的最小数量的选择也按照这一设计原则来进行。

总体来说，可重复工程部件的数量越大，初步投资费用的估计越准确，预计和实际设备的操作越有效。但较大数量的可重复工程部件在制定未来各加工设备的详细设计中可能需要较大数量的工程设计工作，从而增加投资费用。所以，如上所述，最小数量的可重复工程部件的选择是一种最佳化方案，例如使实际售出并投产的各未来加工设备的详细工程费用部分最小化，同时能够制定对销售建议的可接受的初步费用估计和使得各投产的加工设备具有可接受的操作效率。在设备效率可接受的下降的折衷方案是有利的设备投资费用的下降。

在所述实施方案中，可重复工程部件基于表 5 中工程部件的分析来限定。在这一分析中限定的主要可重复工程部件在表 6 中给出。如需要可添加其它可重复工程部件。

表 6

空气分离加工设备的可重复工程系统和设备

1)蒸馏塔系统
2)冷却封闭系统
3)再沸器
4)主热交换器
5)主空气压缩机
6)空气增压机
7)用于原料空气净化的吸附剂容器
8)膨胀系统
9)加工单元系统

不可重复的工程部件包括例如特定部位的项目，如场地整理、公共工程、地基、电开关设备和供电设备、和冷却水系统。

以下讨论按照所述实施方案在表 6 中各范围的最小数量的可重复工程部件的确定。

1) 蒸馏塔段

如图 5-13 中所示的那些的空气分离加工系统的高压(HP)和低压(LP)蒸馏塔的设计可按照本发明实施方案通过将通用的 HP 和 LP 塔分为顶部、中部、和底部段来进行。另外，对高氮产量可利用辅助塔段。这些辅助塔段称为“顶帽(top hats)”并示于表 8 中。在表 3 中的矩阵中所概述的多种加工设备中，根据需要的产率 and 产品纯度，各加工设备的实际 HP 和 LP 塔可需要一、二、或三段。

以上确定的 56 个设备的蒸馏塔的用户设计将需要超过 200 个塔段，其各具有含特定数量和类型的传质装置(塔盘、规整填料、或其组合)的具体的高度，并各具有特定的直径。各段的高度和直径通过通用的工程方法来选择，所述方法与传质装置、所使用的具体设计相互关系、和设计者的设计安全因素原则相一致。

按照本发明的实施方案，各具有具体直径和高度的 49 个单独的塔段以适当的组合用于表 3 中的生产线的加工设备。表 4 的其它生产线也可利用这些指定的塔段。以表 7 中给出了简述矩阵，其中标明了指定用于表 3 和 4 中定义的生产线中的塔段直径和塔段高度的各种组合。

塔段直径以编号 1 至 12 的直径来表示，其代表 525 mm 至 1600 mm 的塔直径，塔段高度以编号 A 至 F 的高度来表示，其代表 1650 mm 至 9300 mm 的高度。在所述实施方案中，各指定塔段的实际直径和高度取决于设计者对该段所选择的传质装置，所述装置可包括塔盘、规整填料、或塔盘与规整填料的组合。

表 7

塔段直径和塔段高度矩阵

直 径 编 号	高度编号					
	A	B	C	D	E	F
1	×		×		×	
2		×	×			
3	×	×	×	×		
4	×	×	×	×	×	×
5		×	×	×		
6	×	×	×	×	×	×
7		×	×	×		
8	×	×	×	×	×	×
9		×	×	×	×	×
10		×	×	×	×	
11		×	×	×	×	×
12		×	×	×		

表 7 塔段用于如表 8 所示的表 3 的生产线，其是对在所述生产线中各设备的塔段矩阵。这些 49 个不同塔段，作为塔段高度与塔直径的独特组合，代表了按照本发明实施方案的所有限定生产线的蒸馏塔的最小数量的可重复工程部件。

表 8
加工设备蒸馏塔段矩阵

设备产 量编号	生产 线 编号	高压塔						低压塔						顶 帽			
		底 部		中 部		顶 部		底 部		中 部		顶 部					
		高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号		
J0	0	C	10							B	12			C	12		
J0	1	C	10							B	12			B	12		
J0	2	C	11			B	11			B	12			B	12		
J0	3	E	10							B	12			B	12	C	10
J0	4	C	11			B	11			D	12			B	12		
J0	5	E	10							D	12			B	12	C	10
G0	0	C	8							B	10			C	10		
G0	1	C	8							B	10			B	10		
G0	2	C	9			B	9			B	10			B	10		
G0	3	E	8							B	10			B	10	C	8
G0	4	C	9			B	9			D	10			B	10		
G0	5	E	8							D	10			C	10	C	8
LN	6	E	11											A	8		
LN	7	F	11											A	8		
LN	8	E	11			E	11							A	8		
LN	9	B	11		D	E	11							A	8		
E0	0	C	6							B	9			C	9		
E0	1	C	6							B	9			B	9		
E0	2	C	8			B	8			B	9			B	9		
E0	3	E	6			B	8			B	9			B	9	C	6
E0	4	C	8							D	9			B	9		
E0	5	E	6							D	9			B	9	C	6
KN	6	E	9											A	6		
KN	7	E	9											A	6		
KN	8	F	9			E	9							A	6		
KN	9	B	9		D	E	9							A	6		

表 8(续)
加工设备蒸馏塔段矩阵

设备产 量编号	生产线 编号	高压塔						低压塔						顶 帽	
		底 部		中 部		顶 部		底 部		中 部		顶 部		高度编号	直径编号
		高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号	高度编号	直径编号		
CO	0	C	4					B	7			C	7		
CO	1	C	4					B	7	B	7	B	7		
CO	2	C	6					B	7	B	7	B	7		
CO	3	E	4			B	6	B	7	B	7	B	7	C	4
CO	4	C	6					D	7	C	7	B	7		
CO	5	E	4			B	6	D	7	C	7	B	7	C	4
HN	6	E	8									A	4		
HN	7	F	8									A	4		
HN	8	E	8			E	8					A	4		
HN	9	B	8		8	E	8					A	4		
BO	0	C	3					B	5			C	5		
BO	1	C	3					B	5	B	5	B	5		
BO	2	C	4			B	4	B	5	B	5	B	5		
BO	3	E	3					B	5	B	5	B	5	C	3
BO	4	C	4			B	4	D	5	C	5	B	5		
BO	5	E	3					D	5	C	5	B	5	C	3
FN	6	E	6												
FN	7	F	6												
FN	8	E	6			E	6								
FN	9	B	6		6	E	6								
AO	0	C	1					B	3			C	3		
AO	1	C	1					B	3	B	3	B	3		
AO	2	C	2			B	2	B	3	B	3	B	3		
AO	3	E	1					B	3	B	3	B	3	C	1
AO	4	C	2			B	2	D	3	C	3	B	3		
AO	5	E	1					D	3	C	3	B	3	C	1
DN	6	E	4									A	1		
DN	7	F	4									A	1		
DN	8	E	4			E	4					A	1		
DN	9	B	4		4	E	4					A	1		

以上确定的塔段数量是基于在表 3 和 4 中定义的设备生产线。
可限定其它设备生产线，且这些可能需要不同数量的塔段。

2) 冷却箱

可利用冷却箱来作为以上表 4 和 5 中所述加工设备生产线的
蒸馏塔、主热交换器、和再沸器的隔热外壳。在表 9 中列出了
冷却箱的示例性宽度和深度尺寸，箱高度列于表 10 中。

表 9

冷却箱水平尺寸(mm)

设备产量编号	箱宽度	箱深度	
		底段	顶段
AO	2200	2600	1700
BO	2500	2700	1800
CO	2700	3100	2000
DN	2400	2700	1700
EO	3000	3500	2200
FN	2500	2800	1900
GO	3300	3900	2400
HN	2800	3100	2100
JO	3700	4800	2700
KN	3000	3500	2200
LN	3500	4100	2500

表 10

冷却箱高度(mm)

生产线编号	箱高度
0	24000
1	27000
2	32000
3	36000
4	35000
5	40000
6	22000
7	24000
8	32000
9	34000

如果以上在表 4 和 5 中确定的加工设备生产线发生改变，这

些实施例尺寸可进行改变。

可利用冷却罐(即圆柱形外壳)来用于表 1 中 0、2、3、4, 和 5 情况变体的四种附加设备, 该设备不产生液体产物。

3) 再沸器

再沸器板翅型(plate-and-fin)热虹吸管热交换器, 其浸入低压塔的贮槽中的富氧液体中。所述交换器是多支管型的, 使得来自高压塔的氮蒸气通过与其它通道中沸腾液体的间接热交换冷凝于选择的流道中。氮垂直并平行于所述板流动, 所述板垂直取向。

在所述交换器中的所述板对于所有设备容积(plant capacities)具有同一长度(即垂直尺寸)。在塔(stack)中所述板宽度和板的数量根据所述设备的流量而变化。术语“高度”用来限定在与所述板垂直的方向上塔(stack)的尺寸。当再沸器尺寸变化时, 所述塔(stack)的高度与宽度的比值及有效氮流速优选保持恒定。有效氮流速由设计者根据所使用的板翅型(plate-fin)交换器的实际类型和再沸器及蒸馏系统的所需操作特性来选择。使用双头型(two header types), 一头用于主要产品为氧的设备, 另一头用于主要产品为氮的设备。

表 11 为随所限定的设备容积编号而变化的实施例再沸器设计的矩阵。提出了 11 种再沸器设计, 其具有相同的长度并同为双头(two header)设计。

表 11
再沸器设计矩阵

设备产量编号	宽度编号	高度编号	长度编号	集管类型编号
AO	W1	H1	L	O
BO	W2	H2	L	O
CO	W3	H3	L	O
DN	W4	H4	L	N
EO	W5	H5	L	O
FN	W6	H6	L	N
GO	W7	H7	L	O
HN	W8	H8	L	N
JO	W9	H9	L	O
KN	W10	H10	L	N
LN	W11	H11	L	N

4) 主热交换器

主热交换器是板翅型(plate-and-fin)热交换器,其用来自蒸馏塔的冷加工气流对原料空气进行冷却。流体沿垂直方向流动,向上或向下,且流向与所述板平行,所述板沿垂直方向取向。

在所述交换器中的所述板对所有设备容积和生产线具有相同的长度(即垂直尺寸)。在塔(stack)中所述板宽度和板的数量根据流量和所述设备的产品构成而变化。“高度”是在与所述板垂直的方向上塔(stack)的尺寸。当所述交换器尺寸变化时,塔(stack)的高度与宽度的比值及有效流体流速优选保持恒定。所述有效流体流速由设计者根据所使用的板翅型(plate-and-fin)交换器的实际类型和蒸馏系统所需的操作特性来选择。

表 12 是对上述设备编号和生产线编号的主热交换器设计实施例矩阵。实施例交换器的交换器宽度和高度产生针对设备容积的 11 种不同的交换器尺寸。头的设计由产品构成来决定,对所限定的生产线使用四种不同的头的设计。在这一实施例中,对表 12 的 56 个单独的设备使用总共 29 种主热交换器设计。

表 12
主热交换器矩阵

设备产量编号	生产线	宽度标号	高度标号	长度标号	集管标号
AO	0	WA	HA	L	H0
AO	1	WA	HA	L	H1
AO	2	WA	HA	L	H2
AO	3	WA	HA	L	H3
AO	4	WA	HA	L	H2
AO	5	WA	HA	L	H0
BO	0	WB	HB	L	H0
BO	1	WB	HB	L	H1
BO	2	WB	HB	L	H2
BO	3	WB	HB	L	H3
BO	4	WB	HB	L	H2
BO	5	WB	HB	L	H3
CO	0	WC	HC	L	H0
CO	1	WC	HC	L	H1
CO	2	WC	HC	L	H2
CO	3	WC	HC	L	H3
CO	4	WC	HC	L	H2
CO	5	WC	HC	L	H3
DN	6	WD	HD	L	H6
DN	7	WD	HD	L	H6
DN	8	WD	HD	L	H6
DN	9	WD	HD	L	H6
EO	0	WE	HE	L	H0
EO	1	WE	HE	L	H1
EO	2	WE	HE	L	H2
EO	3	WE	HE	L	H3
EO	4	WE	HE	L	H2
EO	5	WE	HE	L	H3

表 12(续)
主热交换器矩阵

设备产量编号	生产线	宽度标号	高度标号	长度标号	集管标号
FN	6	WF	HF	L	H6
FN	7	WF	HF	L	H6
FN	8	WF	HF	L	H6
FN	9	WF	HF	L	H6
GO	0	WG	HG	L	H0
GO	1	WG	HG	L	H1
GO	2	WG	HG	L	H2
GO	3	WG	HG	L	H3
GO	4	WG	HG	L	H2
GO	5	WG	HG	L	H2
HN	6	WH	HH	L	H3
HN	7	WH	HH	L	H6
HN	8	WH	HH	L	H6
HN	9	WH	HH	L	H6
JO	0	WJ	HJ	L	H6
JO	1	WJ	HJ	L	H0
JO	2	WJ	HJ	L	H1
JO	3	WJ	HJ	L	H2
JO	4	WJ	HJ	L	H3
JO	5	WJ	HJ	L	H2
KN	6	WK	HK	L	H3
KN	7	WK	HK	L	H6
KN	8	WK	HK	L	H6
KN	9	WK	HK	L	H6
LN	6	WL	HL	L	H6
LN	7	WL	HL	L	H6
LN	8	WL	HL	L	H6
LN	9	WL	HL	L	H6

5) 主空气压缩机

选择主空气压缩机来对各加工设备容量提供原料空气使得当需要时可使用共用的部件。在这一实施例中，选择七种压缩机框架尺寸和驱动器组合来提供表 13 中所列出的 11 种设备尺寸。在具有共同框架尺寸/和驱动器组合的设备 BO 和 DN 中使用了不同的压缩机叶轮。另外，在具有共同框架尺寸/和驱动器组合的设备 CO、EO、和 KN 中使用了不同的压缩机叶轮。再有，在具有

共同框架尺寸/和驱动器组合的设备 GO 和 LN 中使用了不同的压缩机叶轮。

表 13

主空气压缩机

设备产量编号	压缩机框架尺寸/驱动器编号	在设计点的最大流量和排料压力	
		最大流量	排料压力,巴
AO	CFD1	6651	5.0
BO	CFD2	9591	5.0
CO	CFD3	13385	5.0
DN	CFD2	5072	6.4
EO	CFD3	18521	5.0
FN	CFD4	7608	6.4
GO	CFD5	26450	5.0
HN	CFD6	10144	6.4
JO	CFD7	36923	5.0
KN	CFD3	15205	6.4
LN	CFD5	21963	6.4

注：

- 1) 压缩机可以是由销售商如 Cooper, Atlas Copco, 和 Demag 提供的离心式整体齿轮传动机(centrifugal Integrally geared machines)
- 2) 当需要较小的产品体积时，最大设计流量可减少多达 40%
- 3) 设备编号 DN、FN、HN、KN、和 LN 的流量是基于 5.6 巴的氮产品压力。

从而，在所述实施方案中，可重复主空气压缩机框架/驱动器组合的最小数量为 7。

6. 空气增压机

在所述实施方案中，对设备编号 AO、BO、CO、EO、GO 和 JO 使用空气增压机。所选择的压缩机类型和设计占最大流量和排料压力标准列于表 14 中。

表 14

空气增压机

设备产量编号	压缩机类型	在设计点的最大流量和排料压力	
		最大流量	排料压力,巴
AO	罗茨增压泵	1774	5.9
BO	罗茨增压泵	2598	5.9
CO	罗茨增压泵	3664	5.8
EO	罗茨增压泵	5041	6.0
GO	罗茨增压泵	7209	6.1
JO	离心式(1)	10073	6.1

(1) 在主空气压缩机上的附加叶轮

7. 原料空气净化系统的吸附剂容器

变温吸附(TSA)或变温-压吸附(TPSA)系统从压缩的原料空气中除去水、二氧化碳、和其它低浓度的污染物从而防止在所述设备的冷却段冻结和产生操作安全问题。TSA 或 TPSA 的选择可由在设备位置的环境大气条件和具体设备的操作需求来决定。通常的 TSA 或 TPSA 系统利用按照通用的吸附操作循环进行操作的两个平行的吸附剂容器。

在 TSA 或 TPSA 系统的设计中的设计参数和在投资费用中的因素是吸附剂容器的直径和切线至切线(tangent-to-tangent)尺寸。对各设备容积编号的吸附剂容器的实施例尺寸列于表 15 中。

表 15

吸附剂容器尺寸

设备产量编号	吸附剂直径,mm
AO	1600
BO	2000
CO	2300
DN	1600
EO	3000
FN	2000
GO	3300
HN	2300
JO	3900
KN	3000
LN	3300

当选择 TPSA 循环时,所述切线至切线尺寸可例如为 3300 mm。
当选择 TSA 循环时,切线至切线尺寸可例如为 4200 mm。

从而,在所述实施方案中,可重复吸附剂容器设计(即容器直径)的最小数量为 6。

8. 膨胀机

在所述实施方案中,在各加工设计中使用膨胀机通过冷却、压缩的原料空气流的工作膨胀(work expansion)或通过来自蒸馏塔的冷却产品或副产品气流的工作膨胀来提供冷却。使用涡轮膨胀机用于工作膨胀是浪费的,其中所产生的功被空气或油制动机构所消耗。做为选择方案,所产生的功可用来驱动或辅助主空气压缩机的驱动。

对各加工设备情况所选择的膨胀机实例列于表 16 中。当使用油制动的膨胀机时,四个膨胀机尺寸可提供如所述表中所示的 11 种不同设备容积。油制动的膨胀机可用于产量编号为 AO、BO、CO、DN、和 EO 的设备,如需要,可用于产量编号为 FN、GO、HN、JO、KN、或 LN 的任何设备。通过在主空气压缩机上的叶轮也可给产量编号为 FN、GO、HN、JO、KN、或 LN 的任何设备提供膨胀功能。在这种选择方案中,三种膨胀机实例尺寸提供了所述表中所示的 5 种不同设备产量。

表 16

膨胀机

设备产量编号	膨胀机选择方案	
	油制动膨胀机尺寸标号	在主空气压缩机上膨胀机 叶轮尺寸标号
AO	E1	N/A
BO	E1	N/A
CO	E2	N/A
DN	E2	N/A
EO	E2	EW1
FN	E2	EW1
GO	E2	EW1
HN	E2	EW1
JO	E3	EW2
KN	E3	EW2
LN	E4	EW3

从而，在所述实施方案中，可重复膨胀机的最小数量对油制动的膨胀机来说为 4，对在主空气压缩机上的叶轮的选择方案来说为 3。可由许多膨胀机销售商中的任一家来得到膨胀机。

9. 加工单元

按照本发明的实施方案，加工单元是各加工设备设计的组合部分，其包括 TSA 或 TPSA 系统(不包括吸附剂容器)、设备控制系统、分析器、和产品管道系统。这里，限定了四种基本单元作为部分加工滑道(process skids)，所述滑道服务于生产线中的加工设备。在这种实施例中，这些加工滑道通过直径为 8、10、12、和 16 英寸的原料空气进口管线来限定，并可用于由表 17 中所示编号的设备产量所限定的加工设备。

表 17
加工单元滑道矩阵

设备产 量编号	加工滑道标号(空气进口管尺寸,英寸)			
	8	10	12	16
AO	×			
BO	×			
CO	×	×		
DN	×			
EO		×	×	
FN	×			
GO			×	×
HN	×	×		
JO				×
KN		×	×	
LN			×	×

这一矩阵表明,例如由 8 英寸进口管线表示的加工滑道可用于由设备产量编号 AO、BO、CO、DN、FN、和 HN 所限定的生产线。因而,在本发明所述实施方案中,可重复加工滑道单元的最小数量为 4。

在表 6 至 17 中的信息可以电子形式贮存于图 1 和 2 的可重复工程部件文件位置 13 中和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统中的平行可重复工程部件文件位置 13' 中。

(e) 制定生产线中加工设备的详细设计

在所述实施方案中,一旦如上所述确定了可重复工程部件的最小数量和它们的加工属性,就可如图 1 步骤 15 所示选择在生产线中的第一具体加工设备并制定详细设计。这通常对应于这种具体设备的实际购买合同来进行,且作为图 1 项目 17 所确定的设备规范构成详细设备设计的基础。从图 1 和 2 的生产线和加工设计文件存贮位置 7 和/或图 2 的文件位置 7' 中检索总体加工设计信息。从先前限定的那些中选择针对具体加工设备的可重复工程部件。对所选择的针对该设备的可重复工程部件中的一或多种、可能其全部进行详细设计。各种子部件的详细设计信息可以

电子形式贮存于图 1 和 2 的可重复工程部件文件位置 13 和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统的可重复工程部件文件位置 13'中, 以在将来进行使用。对这种初始选择的加工设备进行详细设计, 其中使用以上对可重复工程部件完成的详细设计, 并对非可重复工程部件进行详细设计。然后进行非可重复工程部件的详细设计, 并如图 1 的电子设计文件 19 所示, 完成全部加工设备的详细设计。这种设计文件贮存于图 1 和 2 的项目文件位置 14 和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统的平行项目文件位置 14'中。

(f) 制定在另一生产线中加工设备的详细设计

可选择在另一生产线即不同生产线中的加工设备来进行详细设计, 其通常对应于所述加工设备的另一购买合同的执行。可从图 1 的项目 17 得到设备规范并构成详细设备设计的基础。从图 1 和 2 的生产线和加工设计文件位置 7 和可重复工程部件文件位置 13、和/或从图 2 的示例性电子文件和数据管理系统的文件位置 7' 和 13'中, 检索要利用的总体加工设计信息, 然后如图 1 步骤 21 所示进行详细设计。在所述实施方案中, 从先前限定的那些中选择可重复工程部件。对于这些可重复工程部件中的至少一种来说, 已如上述进行了详细设计, 并以电子形式贮存于图 1 和 2 的可重复工程部件文件位置 13 和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统的文件位置 13'中。从中检索这些可利用的详细设计并用于详细加工设备设计。

对先前未设计的部件进行详细设计, 并进行全部加工设备的详细设计, 其中使用先前对可重复工程部件完成的详细设计以及先前未进行过设计的其余可重复工程部件的详细设计。先前未进行过设计的其余可重复工程部件的详细设计可以电子形式贮存于图 1 和 2 的可重复工程部件文件存贮位置 13 和/或图 2 的示例性电子文件和数据管理系统的平行项目文件位置 13'中以在将来使用。完成全部加工设备的详细设计, 如图 1 的电子设计文件 23 所示。这种设计文件可贮存于图 2 中位于示例性电子文件和数据管理系统的文件位置 217 中的项目文件(未示出)中。

(g) 制定在生产线上附加加工设备的附加详细设计

可随时进行在各种生产线中加工设备的附加详细设计, 使用例如图 1 的设备规格输入 17、从图 1 和 2 的生产线和加工设计文件位置 7 或从图 2 的文件位置 7' 以电子形式检索出的总体加工设计信息。可重复工程部件的设计信息以电子形式从图 1 和 2 的文件位置 13 或图 2 的文件位置 13' 中检索。当完成可重复工程部件的后续详细设计时, 增加了数量的这些详细设计累积并以电子形式存贮于图 1 和 2 的文件位置 13 和/或图 2 的文件位置 13' 中以用于将来的设计。因而后续的将来的设计比先前的设计需要较少的详细设计工作, 从而持续减少各后续加工设备的工程设计费用。在第 N 次和最终加工设备(项目 25, 图 1)的详细设计后, 在极限情况下, 在各生产线中的各种加工设备已详细设计过至少一次, 将来的详细设备设计可只需要进行非可重复工程部件的详细设计, 且从工程数据库中可获得可重复工程部件的全部详细设计。

第 N 次详细加工设备设计命名为图 1 的电子设计文件 27。这种设计文件可贮存于图 2 的数据文件 217 中的另一项目文件(未示出)中。

实施例

在一种实施方案中, 需要一种空气分离设备来满足如下的产品需求:

- 氧: 在低压(在设备边界(boundary)1.3 巴)下 $4500\text{Nm}^3/\text{小时}$, 98vol%气体纯度, 有 5%的 LOX 产量(make)
- 氮: 在高压(3.7 巴)下 $300\text{Nm}^3/\text{小时}$, 最大 1ppm 污染物, 无 LIN 产量

参照表 1, 选择生产线编号 4 作为生产线来满足产品纯度和压力需求。由表 2 确定设备尺寸, 其表明需要设备产量编号 GO。

在图 9 中图示了这种生产线的操作循环, 以下给出其简要的加工说明。由主空气压缩机(未示出)和前端净化系统(未示出)来

在管线 1 中提供净化并加压的原料空气,所述前端净化系统从空气中除去了水、二氧化碳、和其它污染物。在管线 1 中以 4.5 巴的压力和 22500 Nm³/小时的流速来提供空气。在主热交换器 3 中通过与冷加工气流(后面限定)的非直接热交换来对加压空气原料进行冷却,从而在管线 5 中产生温度近于其露点的冷却空气原料。将在管线 5 中的原料空气引入到含有如下所述的规整填料段的高压蒸馏塔 7 中。

由空气增压机(未示出)来在管线 9 中以 5.5 巴的压力提供另一净化增压的加压原料空气气流,并将其在主热交换器 3 中部分冷却至-100℃。在所述交换器中对这种部分冷却的空气的一部分再进行冷却以在管线 11 中产生冷却、增压、液化的空气。这种液体空气流经管线 11、节流阀 13、和管线 15 进入低压蒸馏塔 17 中。在 1.3 巴下操作的这种塔含有如下所述的规整填料段。部分冷却的其余部分经阀 12 和工作(work)膨胀涡轮 14 排出,所述膨胀涡轮 14 将压力降至 1.3 巴并将空气冷却至接近其露点。所产生的冷却、减压的空气流经管线 16 进入低压塔 17 中。

富氧液体从高压塔 7 的底部经管线 19 排出,并经节流阀减少其压力。将产生的减压物流引入到低压蒸馏塔 17 中的中间位置。富氮蒸气从高压塔顶部经管线 25 排出,在低压塔的贮槽中的再沸器 27 中被沸腾液氧冷凝,并经阀 29 和管线 31 作为回流物返回到高压塔 7 的顶部中。

高纯度氮经管线 33 从高压塔顶部 7 排出,在主热交换器 3 中加热,并经管线 35 作为高纯度氮产物排出。富氮蒸气经管线 37 从低压塔 17 的顶部排出,在主热交换器 3 中加热,并经管线 39 作为废气排出,所述废气可用来再生在前端净化系统(未示出)中的吸附剂。

液氧(LOX)经管线 41 从低压塔 17 的底部排出,一部分这种液体经管线 43 排出并作为 LOX 产物流至存贮罐。其余部分经管线 47 排出,并在主热交换器 3 中加热并气化,经管线 49 作为最终氧蒸气产物排出。

上述操作的加工设备按下述进行设计。首先,按下述方法确

定该实施例的表 6 中的可重复工程部件：

1. 蒸馏塔

参照表 8,对设备产量编号 GO 和生产线编号 4 来选择塔部件。这些部件使用选择的如下高度和直径进行设计：高压塔-底段，C9，和顶段，B9；低压塔-底段，D10，中段，C10，和顶段，B10。

选择规整填料作为传质装置。从工程设计相关性中确定各段填料高度和直径并示于以下表 18 中。

表 18
实施例的塔段高度和直径
(mm)

塔段编号	塔/位置	段高度	段直径
C9	HP/底	3500	1150
B9	HP/顶	2680	1150
D10	LP/底	5770	1300
C10	LP/中	3500	1100
B10	LP/顶	2680	1300

2. 冷却箱

从表 9 和 10 中确定如下冷却箱尺寸：

宽度=3300 mm

深度、底段=3900 mm

深度、顶段=2400 mm

高度=35000 mm

3. 再沸器

从表 11 中确定再沸器设计，其表明使用宽度编号 W7、高度编号 H7、集管编号 O、和长度 L(对所有再沸器相同)。

4. 主热交换器

从表 12 中对设备产量编号 GO 和生产线编号 4 来确定主热交换器设计，其表明使用宽度编号 WG、高度编号 HG、集管编号 H2、和长度 L(对所有主热交换器相同)。

5. 主空气压缩机

从表 13 中对设备编号 GO 来确定主空气压缩机，其表明使用

压缩机边框尺寸/驱动器编号 CFD5，其具有的最大空气流速在 5 巴下为 $26450\text{Nm}^3/\text{小时}$ 。

6. 空气增压机

从表 14 中确定空气增压机，其表明使用在 6.1 巴下最大空气流速为 $7209\text{Nm}^3/\text{小时}$ 的罗茨增压泵。

7. 吸附剂容器

对这种设计选择 TSA 系统。在表 15 中，标明吸附剂容器的直径为 3300 mm，切线至切线(tangent-to-tangent)尺寸为 3300 mm。

8. 膨胀机

从表 16 中确定膨胀机作为在主空气压缩机中所需要的油制动的膨胀机 E2 或作为选择方案的膨胀机叶轮 EW1。对这种实施例选择膨胀机叶轮选择方案。

9. 加工单元滑道(skid)

从表 17 中选择加工单元，其具有的单元尺寸由 12 英寸直径空气原料进口管线表征。

复查生产线和加工设计文件位置 7 和可重复工程部件文件位置 13(图 1)，发现在以前完成的其它生产线中设计的详细设计中，存在这一实施例标明设备编号 GO 和生产线编号 4 的设备所需的一些详细设计信息。重新使用的工程部件设计信息列于以下表 19 中。

表 19

在本实施例中对设备 GO/4 可重新使用的详细设计信息

部件	重新使用来自		参照
	设备编号	生产线编号	
高压塔底/顶段	GO	2	表 8
冷却箱水平段	GO	3	表 9
再沸器集管	EO	4	表 11
主热交换器	GO	2	表 12
主空气压缩机	LN	6	表 13
空气增压机	GO	2	表 14
吸附剂容器	LN	6	表 15
膨胀机	EO	4	表 16
加工单元滑道	EO	4	表 17

这一实施例举例性说明了在不同生产线和同一生产线中详细设计的重新使用。如表 19 中可见, 从不同生产线的设备、即由设备产量/生产线编号 GO/2、GO/3、和 LN/6 限定的设备和从同一生产线中的设备、即设备 EO/4 中获得了由产量/生产线编号 GO/4 限定的主题设备中使用的详细设计信息。

在这一实施例中的其余工程部件以前未进行过设计, 因而需要进行详细设计。这些部件包括低压塔底、中和顶段, 冷却箱高程(elevation), 和再沸器芯(core)(宽度、高度、和长度)。对这些部件进行详细设计, 并将所述设计信息以电子形式存贮于图 1 和 2 的可重复工程部件文件位置 13 中以在将来的设计中再使用。

最后, 对先前限定的不可重复工程部件进行详细设计。当得到所有必需工程部件的全部详细设计信息时, 对所选择的加工设备进行最终的加工设计。将最终的详细加工设备设计文件以电子形式存贮于图 2 的数据文件 217 中的项目文件位置(未示出)。

从而, 上述本发明实施方案包括由同一系列的工程部件来提供多种低温空气分离生产线的方法和策略。可重复工程部件可在不同生产线中使用, 也可在给定的生产线内使用。所述实施方案提供了对这类小体积、高可变性、高费用产品以从前不可达到的费用进行开发、设计、制造、提供、和产品管理的结构系统。这即满足了购买者的需求, 同时又通过在各设备设计中最大程度地使用可重复工程部件使工程设计费用最小化。

虽然以上针对低温空气分离加工设备对本发明进行了说明, 但本发明的通用原理可用于其它生产线的加工设备和工业气体领域加工设备的工程设计。这些其它应用可包括通过变压吸附生产氢、生产氧、和通过变压吸附进行气体分离。除在工业气体领域中的应用外, 本发明的通用原理还可用于其它加工工业如石油炼制、化学化学品、药物、食品加工和原生金属的生产线的加工设计。

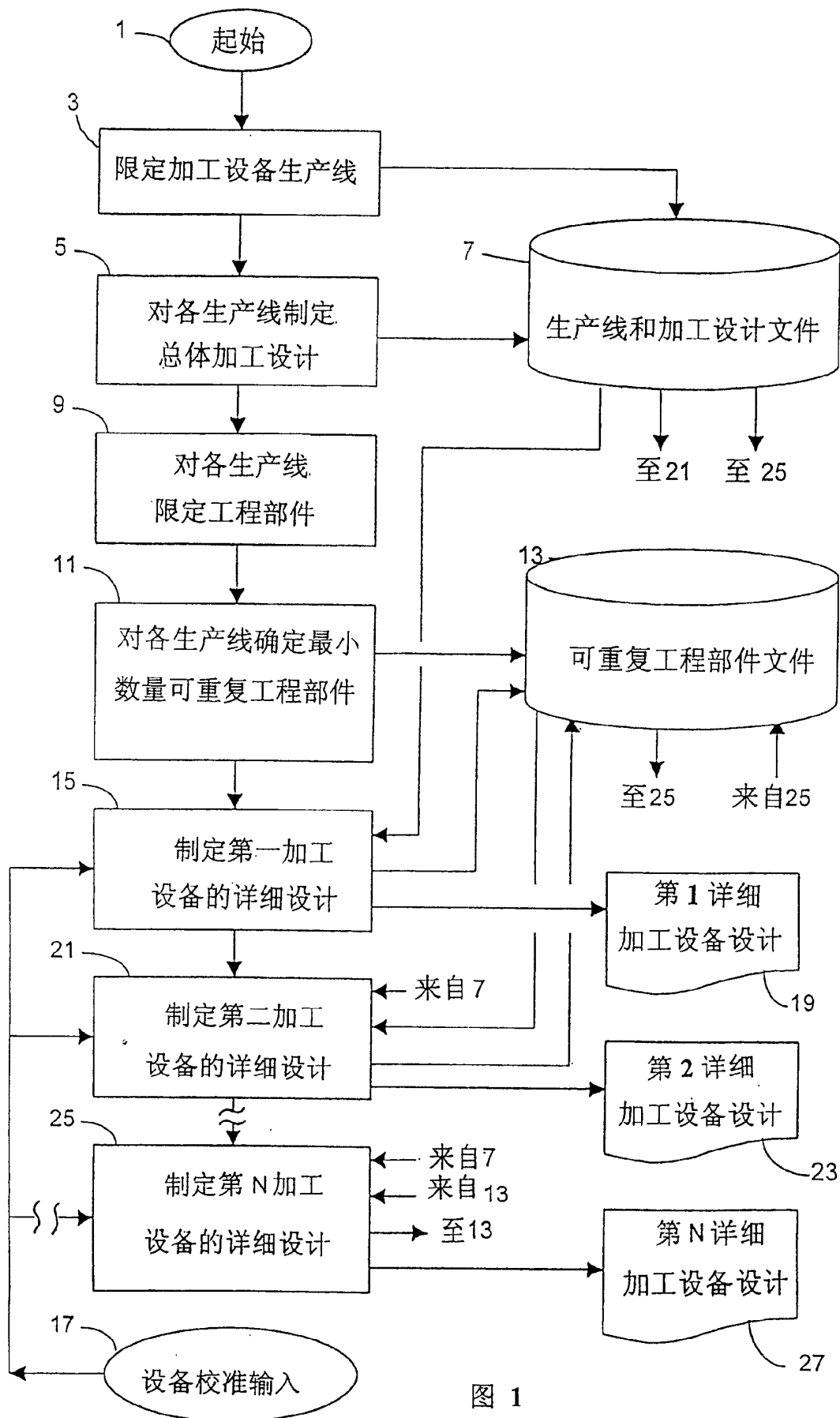


图 1

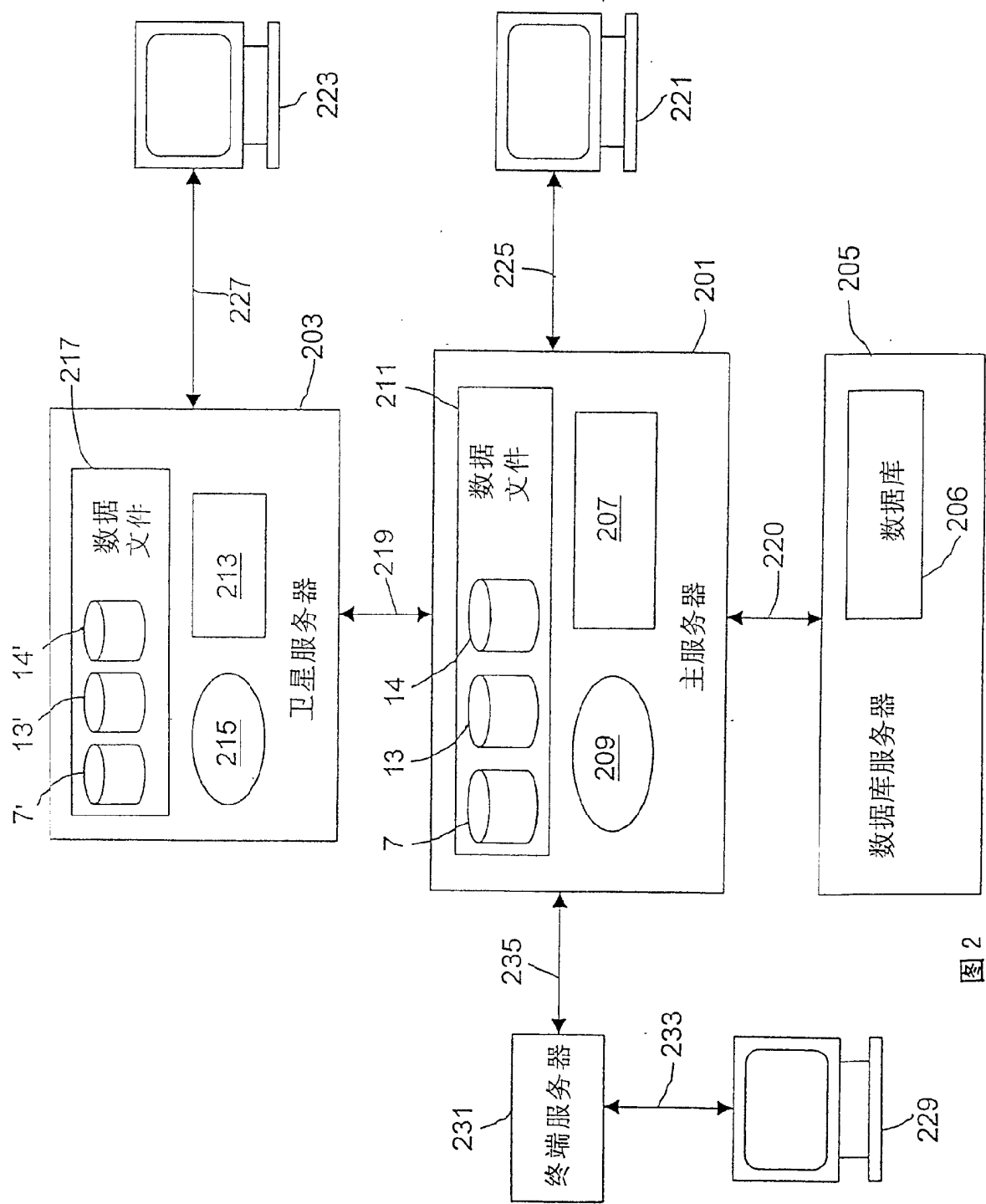


图 2

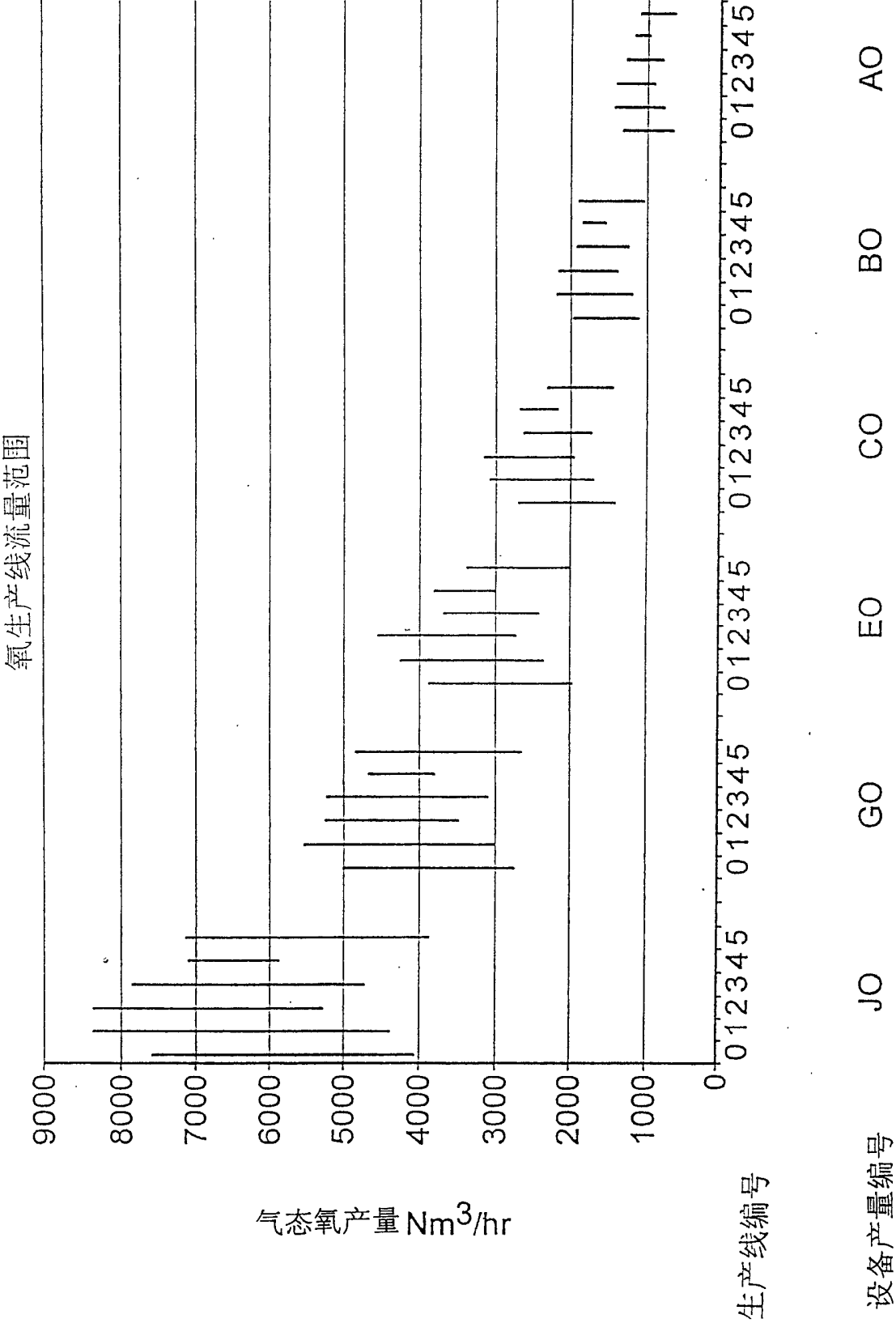


图 3

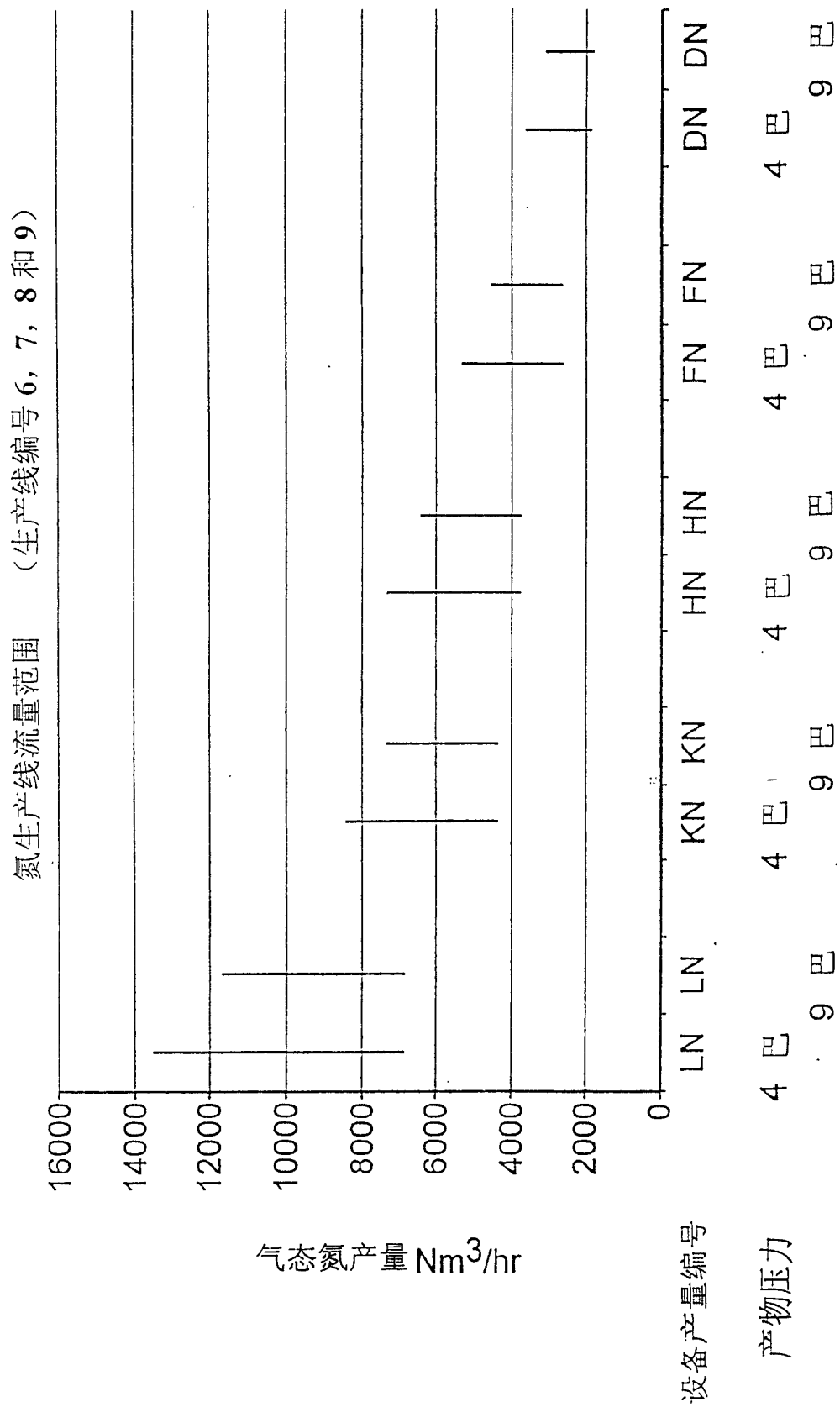


图 4

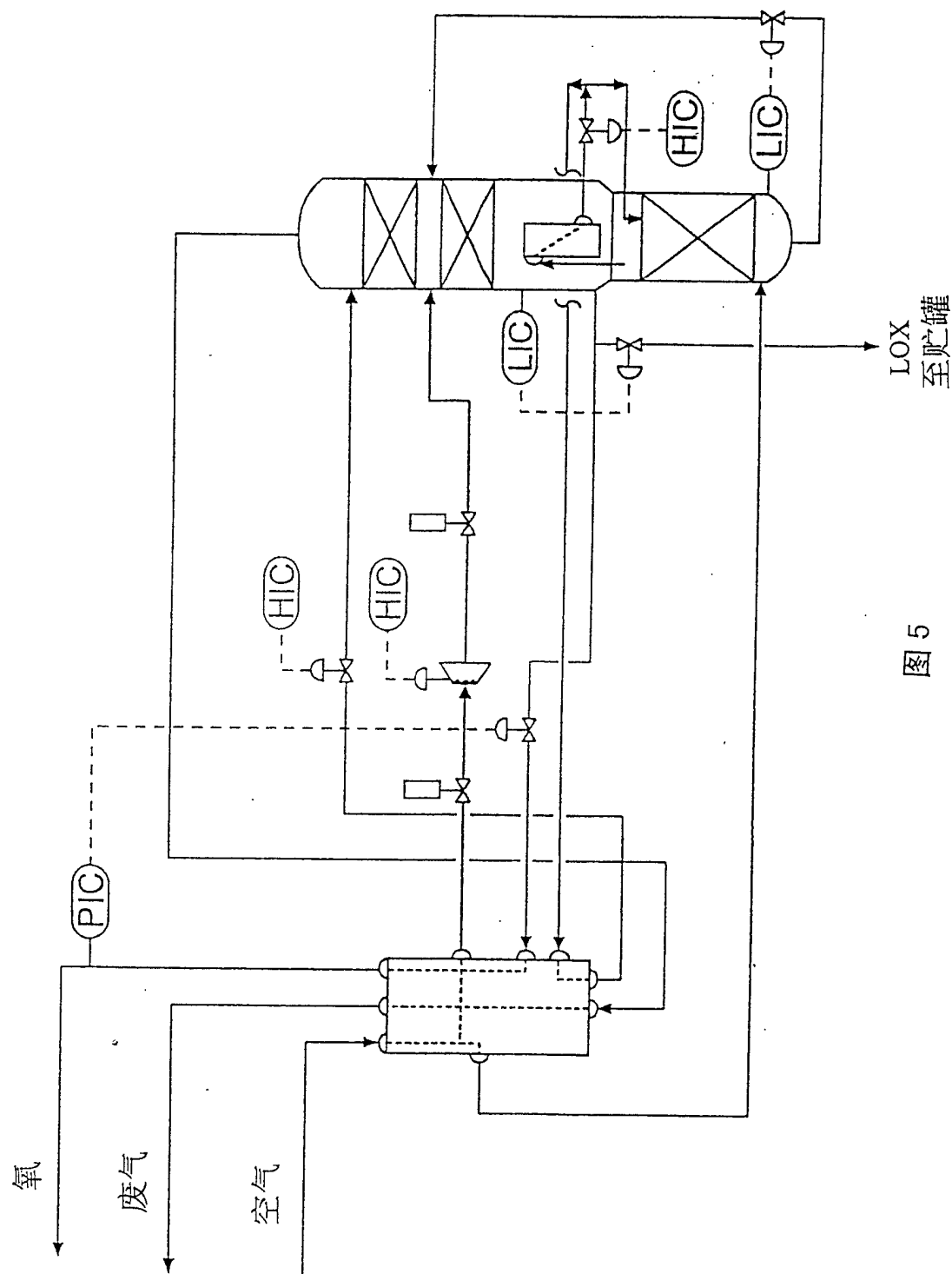


图 5

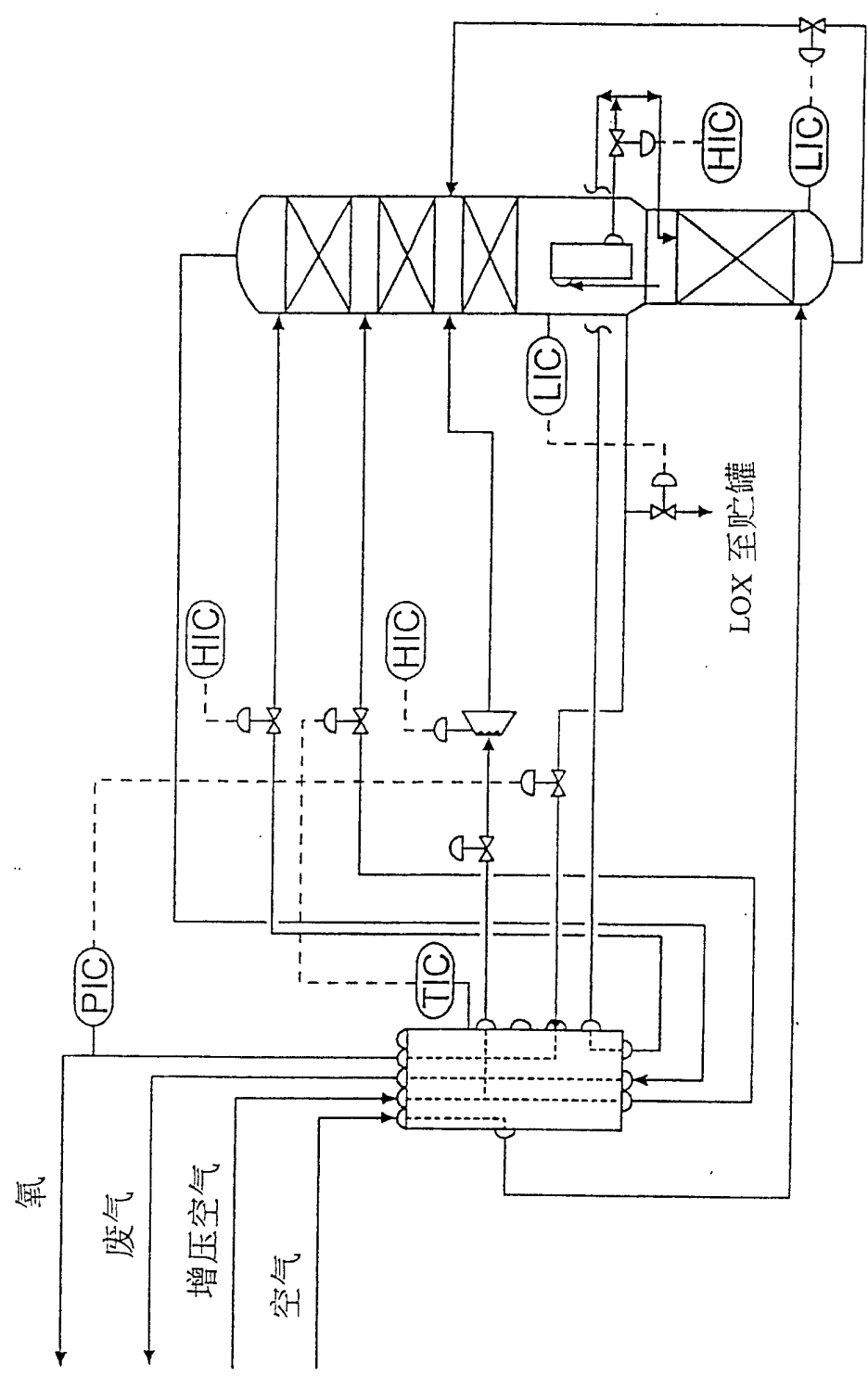


图 6

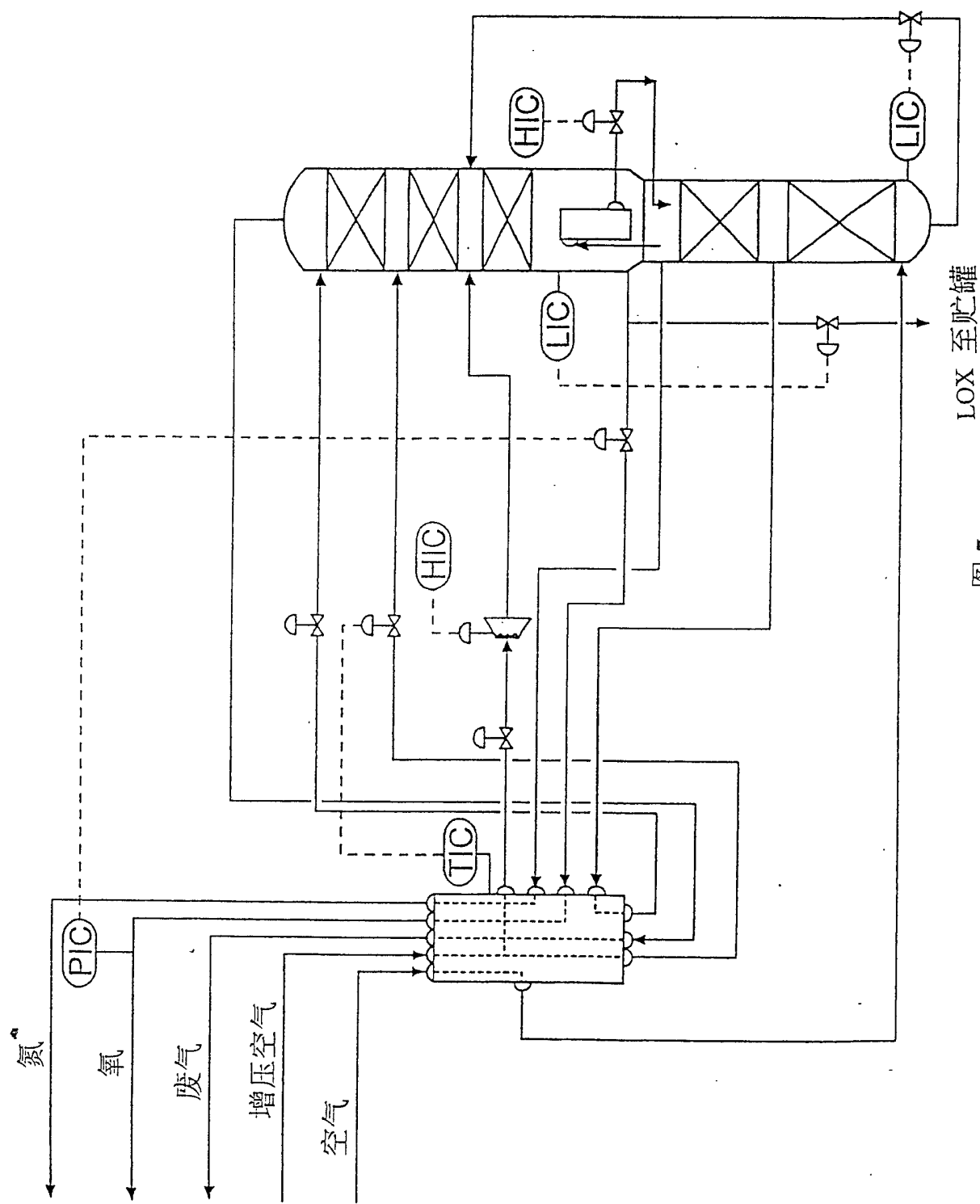
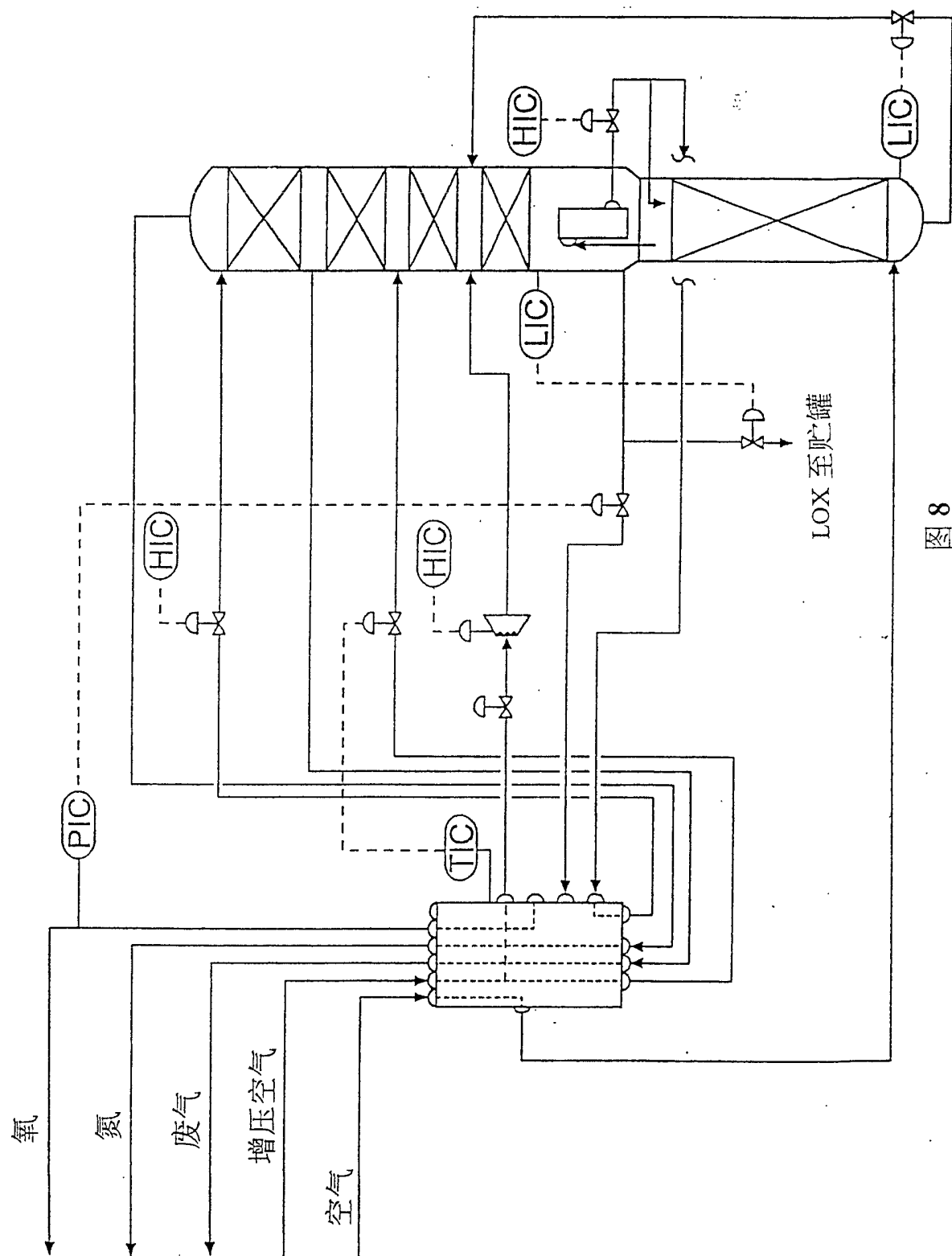
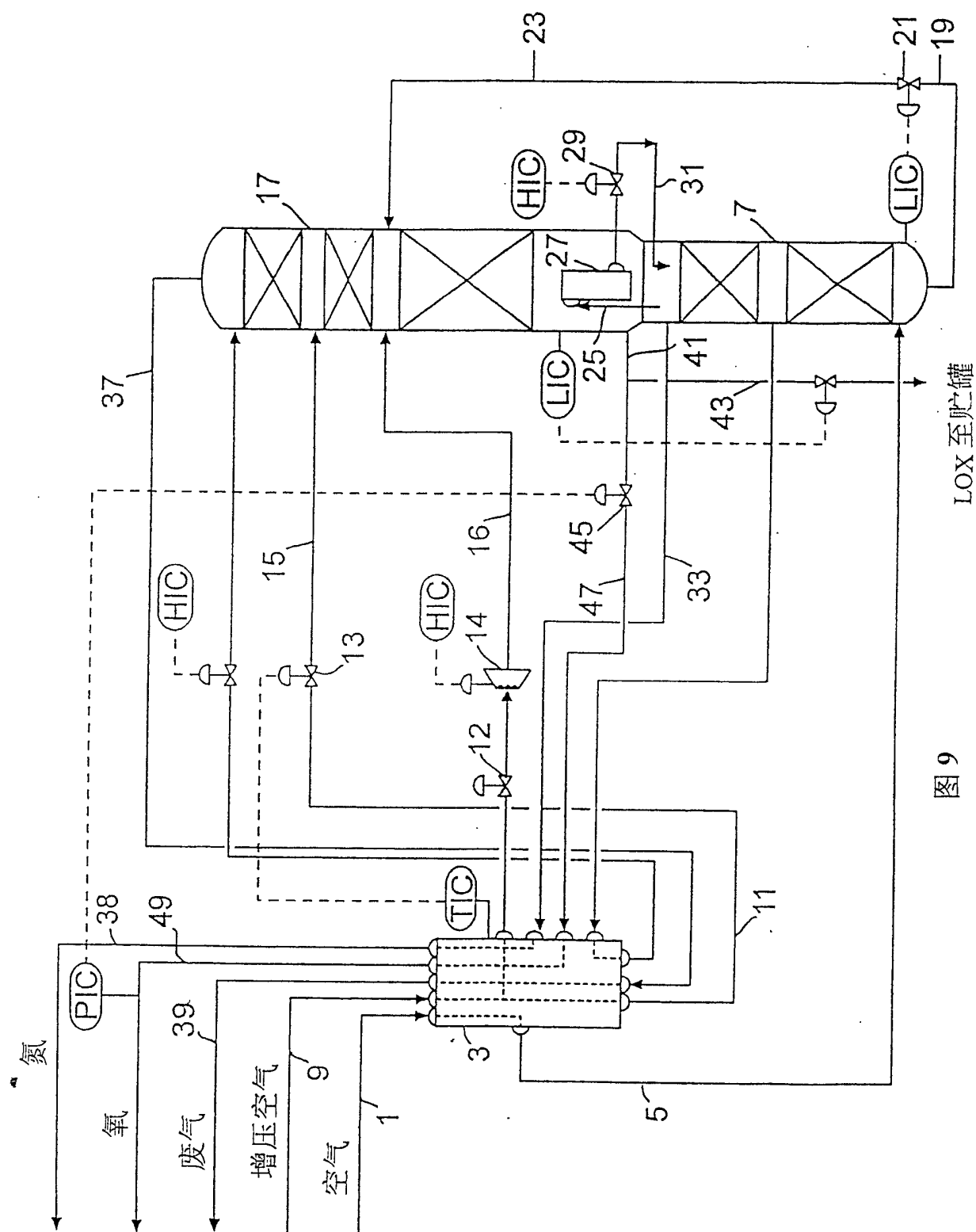
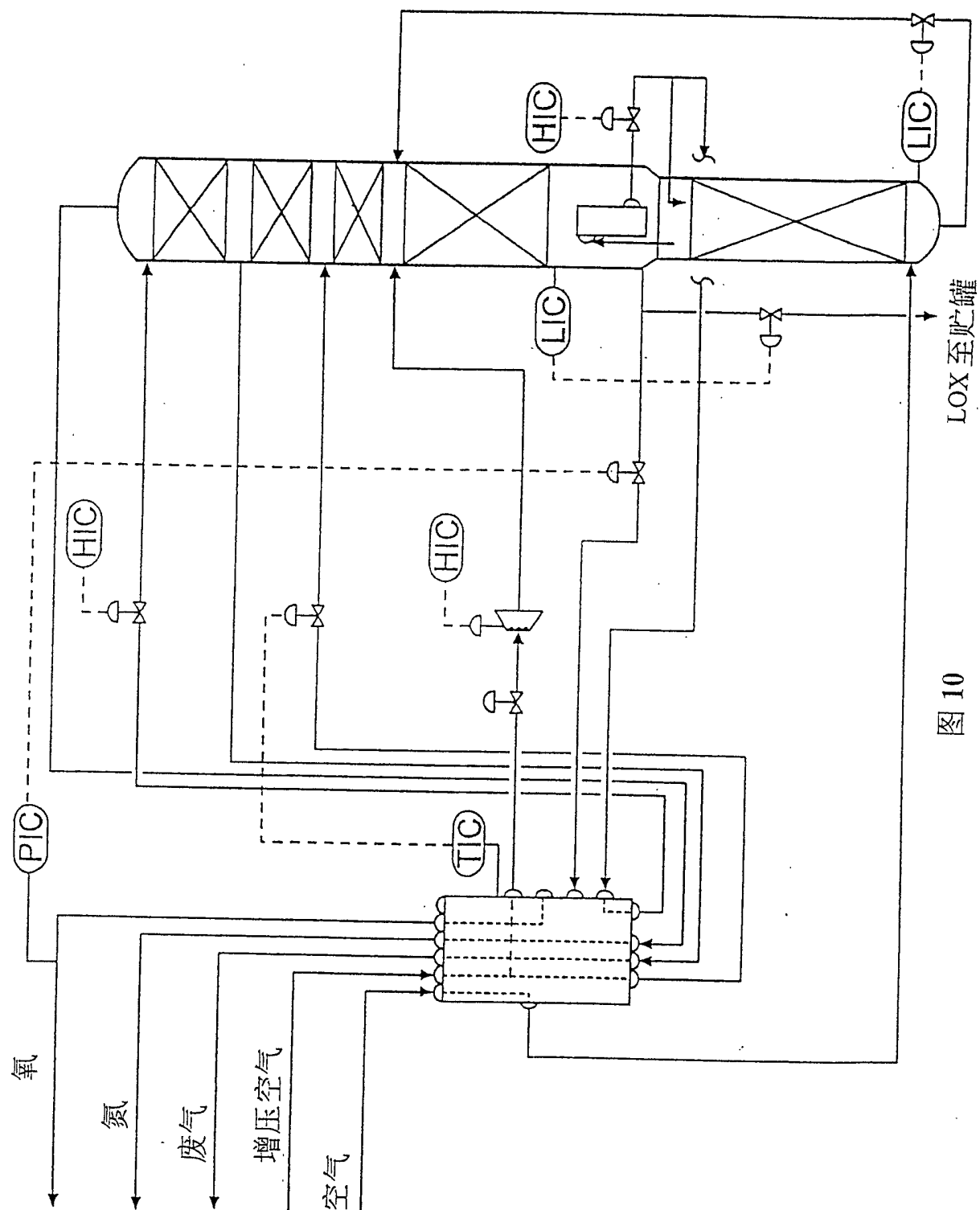


图 7







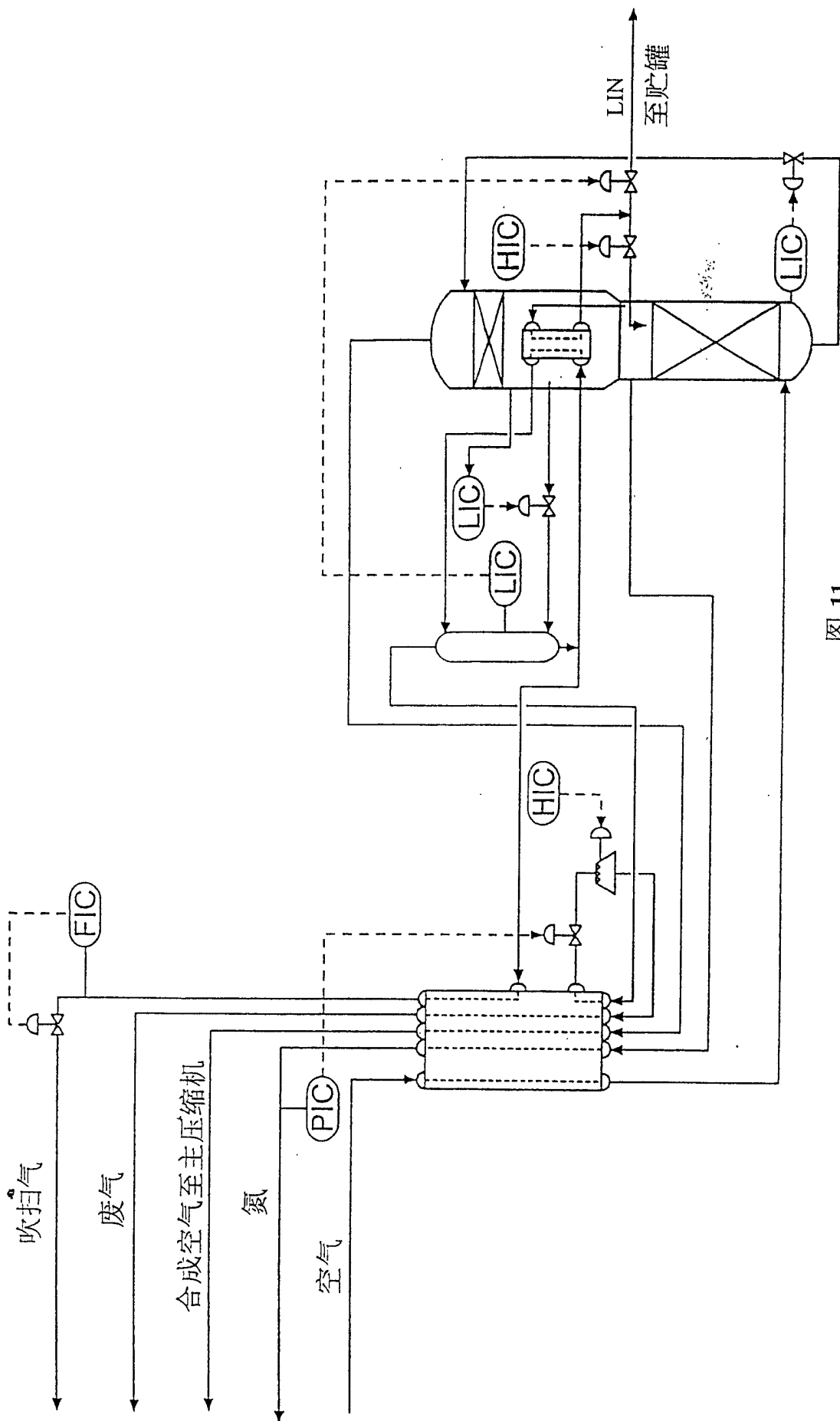


图 11

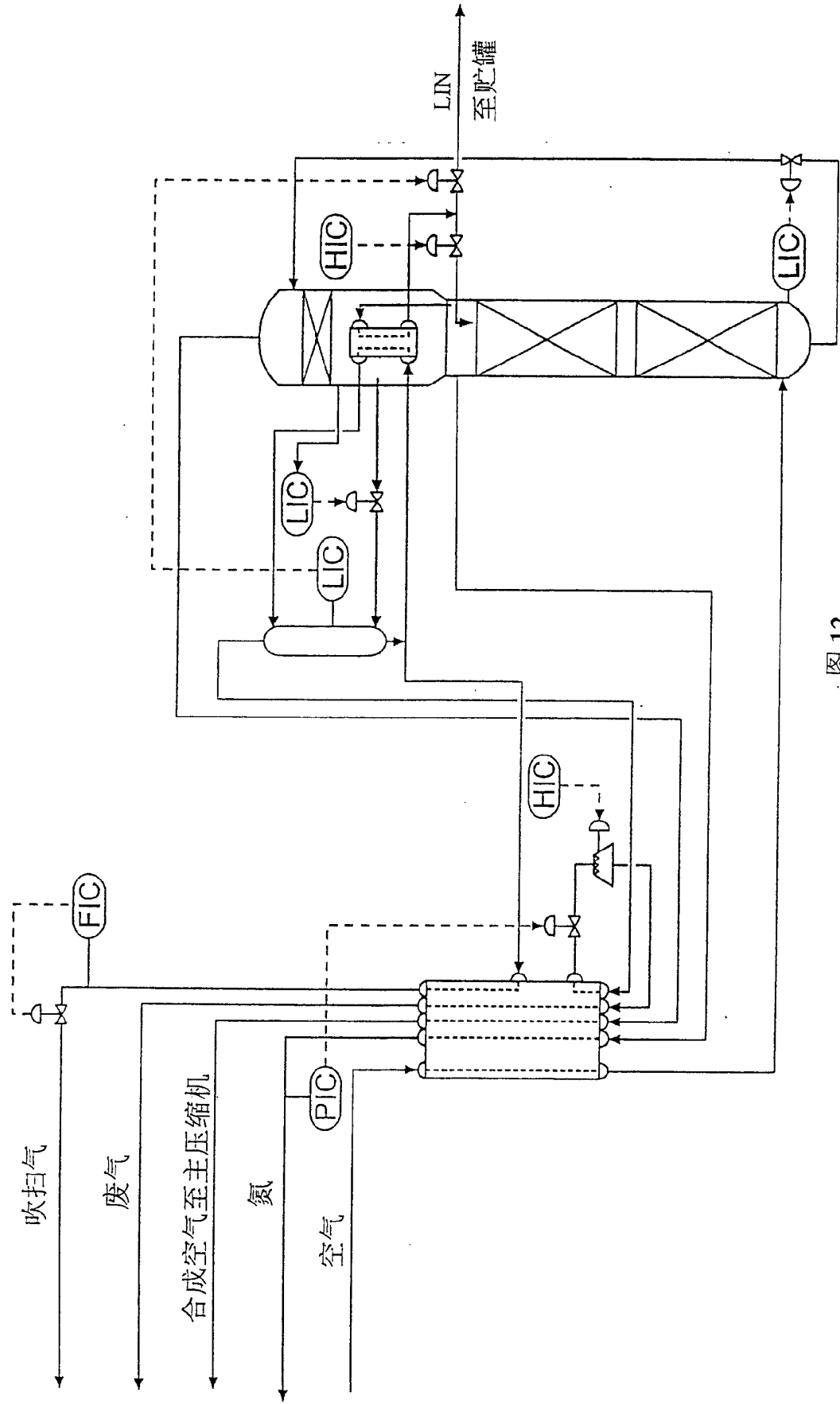


图 12

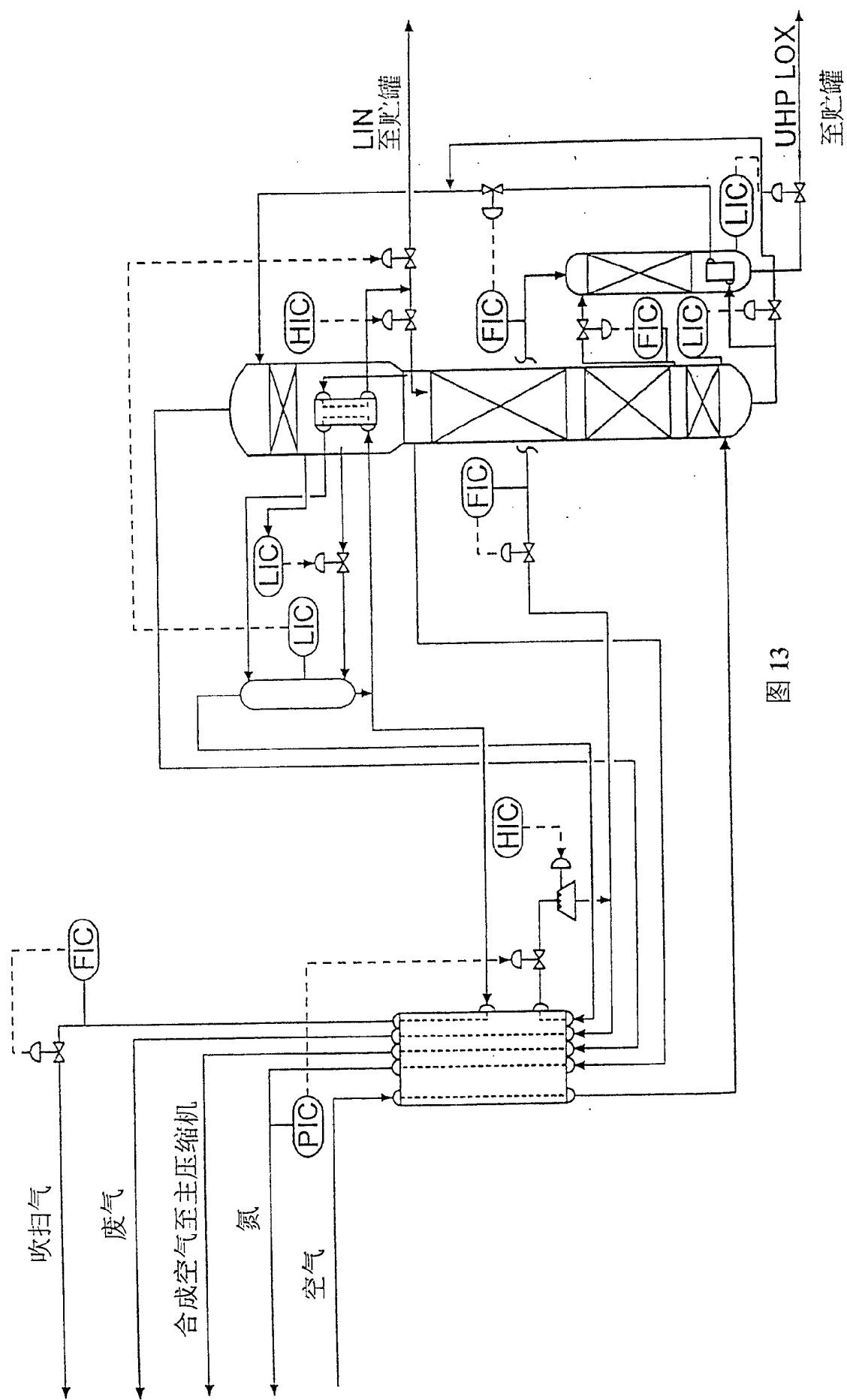


图 13

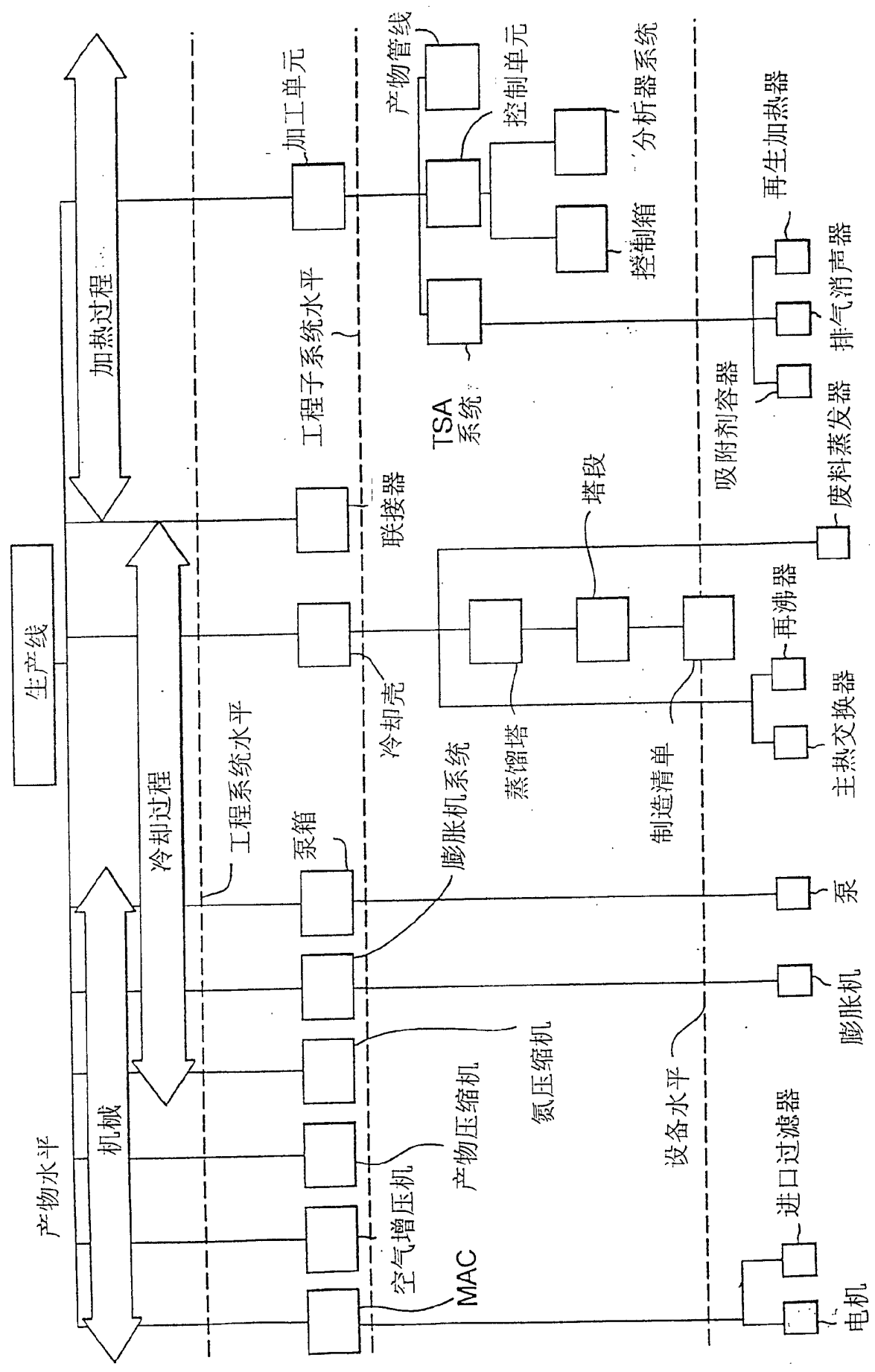


图 14