



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99127886.0

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1179169C

[22] 申请日 1999.12.28 [21] 申请号 99127886.0

[30] 优先权

[32] 1998.12.30 [33] US [31] 09/222812

[71] 专利权人 普莱克斯技术有限公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 R·A·诺瓦克 G·D·朗

A·阿查亚 J·H·罗亚尔

M·A·-A·拉沙德

审查员 刘 凡

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

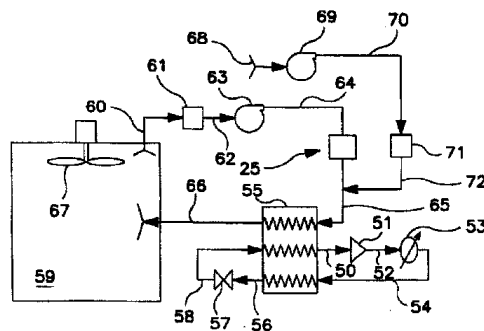
代理人 钟守期

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 4 页

[54] 发明名称 制冷方法

[57] 摘要

一种对隔热室进行制冷的方法，其中一种确定的多组分制冷剂流体经历相变和焦耳—汤姆逊膨胀，产生从环境到低温的较宽温度范围的冷量。



1. 一种提供制冷的的方法，包括：

5 (A) 单级压缩非共沸多组分制冷剂流体，该流体包括选自碳氟化合物、碳氢氟化合物和氟代醚中的至少一种组分以及选自碳氟化合物、碳氢氟化合物、氟代醚和环境气体中的至少一种组分，其中多组分制冷剂流体的每一种组分的常规沸点与制冷剂混合物中各其它组分的常规沸点相差至少 20°K；

(B) 使压缩后的多组分制冷剂流体冷却并至少部分冷凝；

10 (C) 使至少部分冷凝后的多组分制冷剂流体膨胀，产生冷量；和

(D) 使带冷量的多组分制冷剂流体温热并至少部分蒸发，将来自多组分制冷剂流体中的制冷量用在隔绝的腔室中，其中所说带冷量的多组分制冷剂流体的温热和至少部分的蒸发是通过与隔绝腔室中环境流体热交换而制得冷却的隔绝腔室环境流体；和

15 (E) 使用冷却的隔绝腔室环境流体以对隔绝腔室提供冷量。

2. 根据权利要求 1 的方法，其中在步骤 (B) 中所述的使多组分制冷剂流体冷却的过程使多组分制冷剂流体部分冷凝，所得的液体用来进行步骤 (C)、

(D)、(E)；并且还包括步骤 (F) 使所得的蒸气冷却，产生冷却后的流体，使冷却后的流体膨胀产生冷量，并且温热所得的带冷量的流体，产生制冷后的流  
20 体，用于隔绝的腔室内。

3. 根据权利要求 1 的方法，其中在步骤 (B) 中所述的多组分制冷剂流体的冷却过程使多组分制冷剂流体部分冷凝，所得的液体用来进行步骤 (C)、

(D)、(E)；并且还包括步骤 (G) 使所得的蒸气部分冷凝，产生液体流和蒸气流，使液体流膨胀产生冷量，温热所得的带冷量的液体流，形成被制冷后的  
25 流体，用于隔绝的腔室中；和步骤 (H) 使蒸气流至少部分冷凝，使至少部分冷凝后的流体膨胀，产生冷量，温热所得的带冷量的流体，产生制冷后的流体，用于隔绝的腔室中。

4. 根据权利要求 1 的方法，其中将制冷量用于冷却或冷冻食品。

5. 根据权利要求 1 的方法，其中将制冷量用于冷却或冷冻药品。

30 6. 根据权利要求 1 的方法，其中多组分制冷剂流体中的最高沸点组分的常规沸点比多组分制冷剂流体中最低沸点组分的常规沸点至少高 50°K。

---

7. 根据权利要求 1 的方法, 其中多组分制冷剂流体包括至少一种氟代醚和选自碳氟化合物、碳氢氟化合物、氟代醚和环境气体中的至少一种组分。

## 制 冷 方 法

5 本发明总体涉及一种制冷系统，特别涉及适合对隔绝的腔室（insulated enclosure）制冷的系统。

通常，制冷，如对食品或药品的冷藏和/或冷冻，都使用机械制冷系统进行，这类系统是将制冷剂如氨或氟利昂用于蒸发压缩循环中。这种系统对在较高温度水平下提供冷量是有效的，但是为了在低温下进行有效制冷，一般需要真空运行  
10 和/或多级运行，这样会增加投资和运行费用。

一种能更有效地在低温水平下提供冷量的方法是，使用可膨胀的低温液体如液氮，单独地或与机械制冷系统相结合，以提供所需的低温制冷。然而，这样的系统尽管有效却是昂贵的，因为低温液体会损耗并因此需要不断补充。

因此，本发明的目的是提供一种如为热交换器或隔绝腔室提供冷量方法，此方  
15 法在需要时能在低温下进行有效的制冷。

在阅读本说明书的基础上，本领域普通技术人员可清楚地了解上述和其它目的，能够达到这些目的的本发明是：

一种制冷方法，它包括：

(A) 压缩多组分制冷剂流体，该流体包括选自碳氟化合物、碳氢氟化合物、  
20 氟代醚的至少一种组分和选自碳氟化合物、氢氟碳化合物、氟代醚和环境气体的至少一种；

(B) 使压缩后的多组分制冷剂流体冷却并至少部分冷凝；

(C) 使至少部分冷凝后的多组分制冷剂流体膨胀，产生冷量；和

(D) 使带冷量（refrigeration bearing）的多组分制冷剂流体温热并至少部分蒸  
25 发，将多组分制冷剂流体中的冷量用在腔室中。

这里所使用的术语“无毒的”是指在合格的接触限度（acceptable exposure limit）内进行处理时，不会引起急性或慢性中毒。

术语“非易燃”指无闪点，或者闪点非常高，至少为 326.9°C。

术语“无臭氧耗减”意思是臭氧耗减可能性为零，也就是不含氯、溴或碘原  
30 子。

术语“常规沸点”是指在1个标准大气压即绝对压强为10300 千克/平方米下的沸腾温度。

术语“间接热交换”意思是使几种流体间进行热交换，而流体间彼此不存在直接接触或掺混。

5 术语“膨胀”意思是实现减压。

术语“非共沸的”(zeotropic)指随着相变，温度平缓变化。

术语“过冷”意思是将液体冷至相应于给定压力下液体的饱和温度以下。

术语“低温”指温度为-23.1°C 或更低，最好是-73°K 或更低。

术语“制冷”意思是能将热量从低于环境温度的系统排到周围空气中的能力。

10 术语“可变负荷制冷剂”指两种或多种成份按照一定比例组合的混合物，这些成份的液相在混合物的气泡点和露点之间经历连续的增温变化。混合物的气泡点是指在给定的压力下，当混合物的所有成份均为液相时，通过添加热量使蒸气相和液相开始形成平衡的温度。混合物的露点是指在给定的压力下，当混合物的所有成份均为蒸气相时，通过减少热量使液相和蒸气相开始形成平衡的温度。因此，混合物在气泡点和露点之间的温度范围是液相和蒸气相在平衡中两相共存的温度范围。在本发明中，可变负荷制冷剂的气泡点和露点的温差至少是-263.2°K，较好是至少-253.2°C，最好是至少-323.2°C。

20 术语“碳氟化合物”指下列之一：四氟甲烷(CF<sub>4</sub>)、全氟乙烷(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)、全氟丙烷(C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>)、全氟丁烷(C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>)、全氟戊烷(C<sub>5</sub>F<sub>12</sub>)、全氟乙烯(C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>)、全氟丙烯(C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>)、全氟丁烯(C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>)、全氟戊烯(C<sub>5</sub>F<sub>10</sub>)、六氟环丙烷(环-C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>)、八氟环丁烷(环-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>)。

25 术语“碳氢氟化合物”指下列之一：三氟甲烷(CHF<sub>3</sub>)、五氟乙烷(C<sub>2</sub>HF<sub>5</sub>)、四氟乙烷(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>)、七氟丙烷(C<sub>3</sub>HF<sub>7</sub>)、六氟丙烷(C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)、五氟丙烷(C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>F<sub>5</sub>)、四氟丙烷(C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>F<sub>4</sub>)、九氟丁烷(C<sub>4</sub>HF<sub>9</sub>)、八氟丁烷(C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>F<sub>8</sub>)、十一氟戊烷(C<sub>5</sub>HF<sub>11</sub>)、一氟甲烷(CH<sub>3</sub>F)、二氟甲烷(CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)、一氟乙烷(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>F)、二氟乙烷(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>F<sub>2</sub>)、三氟乙烷(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>F<sub>3</sub>)、二氟乙烯(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)、三氟乙烯(C<sub>2</sub>HF<sub>3</sub>)、一氟乙烯(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>F)、五氟丙烯(C<sub>3</sub>HF<sub>5</sub>)、四氟丙烯(C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>)、三氟丙烯(C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>F<sub>3</sub>)、二氟丙烯(C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>F<sub>2</sub>)、七氟丁烯(C<sub>4</sub>HF<sub>7</sub>)、六氟丁烯(C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)和九氟戊烯(C<sub>5</sub>HF<sub>9</sub>)。

30 术语“氟代醚”指下列之一：三氟甲氧基-全氟甲烷(CF<sub>3</sub>-O-CF<sub>3</sub>)、二氟甲氧基-全氟甲烷(CHF<sub>2</sub>-O-CF<sub>3</sub>)、一氟甲氧基-全氟甲烷(CH<sub>2</sub>F-O-CF<sub>3</sub>)、

二氟甲氧基—二氟甲烷 ( $\text{CHF}_2\text{—O—CHF}_2$ )、二氟甲氧基—全氟乙烷 ( $\text{CHF}_2\text{—O—C}_2\text{F}_5$ )、二氟甲氧基—1, 2, 2, 2—四氟乙烷 ( $\text{CHF}_2\text{—O—C}_2\text{HF}_4$ )、二氟甲氧基—1, 1, 2, 2—四氟乙烷 ( $\text{CHF}_2\text{—O—C}_2\text{HF}_4$ )、全氟乙氧基—一氟甲烷 ( $\text{C}_2\text{F}_5\text{—O—CH}_2\text{F}$ )、全氟甲氧基—1, 1, 2—三氟乙烷 ( $\text{CF}_3\text{—O—C}_2\text{H}_2\text{F}_3$ )、全氟甲氧基—1, 2, 2—三氟乙烷 ( $\text{CF}_3\text{O—C}_2\text{H}_2\text{F}_3$ )、环—1, 1, 2, 2—四氟丙基醚 (环— $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4\text{—O—}$ )、环—1, 1, 3, 3—四氟丙基醚 (环— $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4\text{—O—}$ )、全氟甲氧基—1, 1, 2, 2—四氟乙烷 ( $\text{CF}_3\text{—O—C}_2\text{HF}_4$ )、环—1, 1, 2, 3, 3—五氟丙基醚 (环— $\text{C}_3\text{H}_5\text{—O—}$ )、全氟甲氧基—全氟丙酮 ( $\text{CF}_3\text{—O—CF}_2\text{—O—CF}_3$ )、全氟甲氧基—全氟乙烷 ( $\text{CF}_3\text{—O—C}_2\text{F}_5$ )、全氟甲氧基—1, 2, 2, 2—四氟乙烷 ( $\text{CF}_3\text{—O—C}_2\text{HF}_4$ )、全氟甲氧基—2, 2, 2—三氟乙烷 ( $\text{CF}_3\text{—O—C}_2\text{H}_2\text{F}_3$ )、环—全氟甲氧基—全氟丙酮 (环— $\text{CF}_2\text{—O—CF}_2\text{—O—CF}_2\text{—}$ ) 和环—全氟丙基醚 (环— $\text{C}_3\text{F}_6\text{—O—}$ )。

术语“环境气体”指下列之一：氮 ( $\text{N}_2$ )、氩 (Ar)、氪 (Kr)、氙 (Xe)、氖 (Ne)、二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )、氧 ( $\text{O}_2$ ) 和氦 (He)。

术语“低臭氧耗减”指按蒙特利尔协议 (Montreal Protocol) 规定的潜在臭氧耗减小于 0.15，其中二氯氟甲烷 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) 的潜在臭氧耗减是 1.0。

图 1 是本发明多组分制冷剂制冷系统一个优选实施方案的示意图。

图 2 是本发明多组分制冷剂制冷系统另一个优选实施方案的示意图。

图 3 是本发明的提供多温度水平冷量的一个优选实施方案的示意图。

图 4 是本发明提供多温度水平冷量、并有多于一次相分离的一个优选实施方案的示意图。

图 5 是本发明用于多个腔室的一个优选实施方案的示意图。

总体而言，本发明包括：使用所定义的非共沸混合物制冷剂，在较大的温度范围内，如从环境温度至低温，进行有效制冷。这种制冷一般被用来向一个或多个、最好是隔热的腔室直接或间接供冷。这种制冷可用来冷却，也就是冷藏和/或冷冻象食物或药物类的物品。这种制冷无需利用复杂的真空操作即可被有效的使用。

本发明可为食品和药品的冷藏和/或冷冻提供所需的冷量，例如用于新风补给系统、冷室储存、强制通风冷冻装置和通常使用机械冷冻和低温冷冻的冷冻装置。本发明可为所有类型的冷冻设备，如鼓风机式、隧道（静止的或传输的）式、多层式、螺旋带式、流化床式、浸没式、板式和接触带式冷冻装置等，提供冷量。

本发明也可用在运输容器的冷却、食品和药品的冷冻干燥、干冰的制造、制冷剂的过冷、蒸汽冷凝、热能储存系统和发电机、马达或传输线中超导体的冷却中。本发明还可用于干冰的生产、储存和/或分配。

为了在每种温度下提供所需的冷量,本发明所用的多组分制冷剂流体包括选自  
5 碳氟化合物、碳氢氟化合物和氟代醚中的至少一种组分,和选自碳氟化合物、碳氢氟化合物、氟代醚和环境气体中的至少一种组分。制冷剂组分的选择取决于具体工艺应用中制冷负荷与温度的曲线关系。可根据上述组分的常规沸点、潜热、易燃性、毒性和潜在臭氧耗减选择合适的组分。

用在本发明中的多组分制冷剂流体的一个优选实施方案包括选自碳氟化合物、  
10 碳氢氟化合物和氟代醚中的至少两种组份。

用在本发明中的多组分制冷剂流体的另一个优选实施方案包括选自碳氟化合物、碳氢氟化合物和氟代醚中的至少一种组份和至少一种环境气体。

用在本发明中的多组分制冷剂流体的另一个优选实施方案包括至少一种氟代醚和选自碳氟化合物、碳氢氟化合物、氟代醚和环境气体中的至少一种组份。

15 在一个优选的实施方案中,多组分制冷剂流体仅由碳氟化合物构成。在另一个优选的实施方案中,多组分制冷剂流体仅由碳氟化合物和碳氢氟化合物构成。在又一个优选实施方案中,多组分制冷剂流体仅由碳氟化合物和环境气体构成。在再一个优选实施方案中,多组分制冷剂流体仅由碳氟化合物、碳氢氟化合物和氟代醚构成。在另一个优选实施方案中,多组分制冷剂流体仅由碳氟化合物、  
20 氟代醚和环境气体构成。

用在本发明中的多组分制冷剂流体可包含其它成份,例如碳氢氯氟化合物和/或碳氢化合物。多组分制冷剂流体最好不包括碳氢氯氟化合物。在本发明的另一个优选实施方案中,多组分制冷剂流体不包括碳氢化合物。多组分制冷剂流体最好是既不包含碳氢氯氟化合物也不包含碳氢化合物。最好多组分制冷剂流体是  
25 无毒的、不易燃的和无臭氧耗减的,其中的每种成份最好或者是碳氟化合物、碳氢氟化合物、氟代醚或者是环境气体。

本发明特别适合于有效地从环境温度达到低温。表1—6列出了用在本发明中的多组分制冷剂流体混合物的优选实例。表中所给的浓度范围是摩尔百分比。表1—5中所列的例子特别适合温度范围为-98°C—-23°C的情况,表6中的例子特别  
30 适合温度范围为-183°C—-98°C的情况。

表1

	<u>组分</u>	<u>浓度范围</u>
5	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	5—35
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	0—25
	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	10—50
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10—60
	CF <sub>4</sub>	0—25

表2

	<u>组分</u>	<u>浓度范围</u>
10	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	5—35
	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	0—25
	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	10—50
	CHF <sub>3</sub>	10—60
	CF <sub>4</sub>	0—25
15	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	5—35
	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	0—25
	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	10—50
	CHF <sub>3</sub>	10—60
	CF <sub>4</sub>	0—25

表3

	<u>组分</u>	<u>浓度范围</u>
20	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	5—35
	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	0—25
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	5—20
	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	5—20
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10—60
	CF <sub>4</sub>	0—25

表4

	<u>组分</u>	<u>浓度范围</u>
25	CHF <sub>2</sub> —O—C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub>	5—35
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	0—25
	CF <sub>3</sub> —O—CHF <sub>2</sub>	10—25
	CF <sub>3</sub> —O—CF <sub>3</sub>	0—20
30	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10—60

CF<sub>4</sub> 0—25

表5

组分	浓度范围
CHF <sub>2</sub> —O—C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub>	5—35
C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	0—25
CF <sub>3</sub> —O—CHF <sub>2</sub>	10—50
CHF <sub>3</sub>	10—60
CF <sub>4</sub>	0—25

10

表6

组分	浓度范围
C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	5—25
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	0—15
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	10—40
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	0—30
CF <sub>4</sub>	10—50
Ar	0—40
N <sub>2</sub>	10—80

本发明特别适合在较宽的温度范围内，尤其是在低温范围内进行制冷。在本发明的一个优选实施方案中，制冷剂混合物的两种或多种组分的每一种的常规沸点与制冷剂混合物中各其它组分的常规沸点相差至少-268.2°C，较好是至少-263.1°C，最好是至少-253.2°C。这样提高了在较宽温度范围内，特别是在低温下进行制冷的效率。在本发明的一个特别优选的实施方案中，多组分制冷剂流体中最高沸点组分的常规沸点比最低沸点组分的常规沸点至少高-223.2°C，较好至少高-173.2°C，最好至少高-73.2°C。

构成本发明的多组分制冷剂流体的组分和其浓度能形成可变负荷的多组分制冷剂流体，最好在本发明方法的整个温度范围内保持这种可变负荷的特性。这就使得在较宽的温度范围内更有效地产生和利用冷量。上述规定的优选组分组的再一好处是它们能形成无毒、不易燃和低的或无臭氧耗减的流体混合物。这比通常是有毒的、易燃的、和/或有臭氧耗减的普通制冷剂具有额外的好处。

用于本发明的一种优选的无毒、不易燃、无臭氧耗减的可变负荷多组分制冷剂流体包括选自下列的两种或多种组分： $C_5F_{12}$ 、 $CHF_2-O-C_2HF_4$ 、 $C_4HF_9$ 、 $C_3H_3F_5$ 、 $C_2F_5-O-CH_2F$ 、 $C_3H_2F_6$ 、 $CHF_2-O-CHF_2$ 、 $C_4F_{10}$ 、 $CF_3-O-C_2H_2F_3$ 、 $C_3HF_7$ 、 $CH_2F-O-CF_3$ 、 $C_2H_2F_4$ 、 $CHF_2-O-CF_3$ 、 $C_3F_8$ 、 $C_2HF_5$ 、 $CF_3-O-CF_3$ 、 $C_2F_6$ 、  
5  $CHF_3$ 、 $CF_4$ 、 $O_2$ 、 $Ar$ 、 $N_2$ 、 $Ne$  和  $He$ 。

本发明规定的多组分制冷剂流体是非共沸 (zeotropic) 的, 这些组分所具有的不同沸点使感兴趣的温度范围扩大, 因而在使用单级压缩无需真空运行的情况下能有效达到所需的很低温度如低温温度。这与普通的制冷剂大不相同, 后者由单组分组成, 或者由的两种或三种组份的混合物、也就是窄沸点范围的共沸混合物  
10 或近似共沸混合物组成, 作用仍象单组分的一样。

本发明用于向封闭腔室、特别是隔热室供冷。本发明所采用的隔热室通常是冷冻室、冷藏容器或冷隔间。这些腔室不必完全与环境气体隔离。能有效减少热向容器或冷冻室泄漏的任何绝热装置均可使用。在某些特定的环境下, 低于环境温度的设备, 例如冷的工艺室 (cold processing room), 可以是不隔热或部分隔热的。  
15

下面参照附图详细描述本发明。参照图 1, 多组分制冷剂流体 50 通过压缩机 51 被压缩至绝对压力通常为 21000—703700 千克/平方米、最好是  $7.04 \times 10^4$ — $4.2 \times 10^5$  千克/平方米的压力范围, 压缩后的多组分制冷剂流体 52 通过冷却器 53 冷却, 将压缩热去除。所得的冷却后的多组分制冷剂流体 54 通过热交换器 55 进一步冷却, 使其至少部分、最好是全部冷凝。所得的至少部分冷凝后的多组分制冷剂流体 56 通过阀 57 被膨胀至通常为  $3.5 \times 10^3$ — $7.04 \times 10^4$  千克/平方米、最好是  $1.06 \times 10^4$ — $7.04 \times 10^4$  千克/平方米的压力范围, 借助于焦耳—汤姆逊效应产生冷量, 也就是由于等焓减压使流体温度降低。多组分制冷剂流体通过阀 57 的膨胀可使一些制冷剂流体蒸发。通过选择高压制冷剂流 52 和低压制冷剂流 58 的压力值和制冷剂组成, 可在合理的费用和效率下达到所需的温度值。  
20

然后, 使带冷量的多组分制冷剂流体 58 通过热交换器 55 被温热并蒸发, 再作为流 50 通过压缩机 51, 开始新的循环。在热交换器 55 中, 带冷量的多组分制冷剂流体被温热和蒸发, 它通过间接热交换使前面所说的制冷剂流体 54 冷却, 也通过间接热交换使下面将提到的隔热室气体流体冷却。  
25

一部分气体流体 (通常是空气, 但也可以是其它流体如氮气、二氧化碳或其它合适的流体) 作为气流 60 从隔热室 59 中排出, 通过分离器 61 去除夹带的冰。分  
30

5 15 分离器 61 可以是离心式分离器、过滤器或任何其它合适的分离设备。然后，无冰的隔热室气体流体 62 流过风机 63，产生加压后的通常是  $1.06 \times 10^4 - 7.04 \times 10^4$  千克/平方米、最好是  $1.13 \times 10^4 - 1.41 \times 10^4$  千克/平方米的气流 64，之后通过纯化单元 25。如果需要，可提供另外的补充气体，如图 1 中所示的气流 68，该气流在风机 69 中压缩，成为气流 70 流过纯化单元 71，成为气流 72 并与气流 64 结合形成气流 65。纯化单元 25 和 71 可以是分子筛、吸附床或其它任何适合去除高沸点成分如水分或二氧化碳的装置。另外，所有要被制冷的流体也可以由流体 68 得到，这样，从腔室 69 中排出的流体 59 不再循环。

10 15 然后流体 65 进入热交换器 55，在该交换器中通过与前面所说的温热和蒸发的多组分制冷剂流体进行间接热交换而被冷却，获得被制冷后的、温度通常低于  $-23.2^\circ\text{C}$ 、一般是在  $-173.2^\circ\text{C} - -22.2^\circ\text{C}$  范围内的隔热室气体流 66。上述气体流体或工艺流体 (process fluid) 的冷却过程可包括使流体部分或全部液化，例如产生液态空气。被制冷后的流体 66 随后进入隔热室 59，在那里流体 66 中的制冷量得以利用。如果需要，隔热室 59 也可装配风扇 67 或其它可使气体循环的装置，使腔室 15 室内的冷量更均匀地分布，增强制冷流体的传热特性。

20 25 图 2 描述本发明的另一个实施方案，其中温热多组分制冷剂流体的过程和冷却隔热室气体流体过程之间的热交换在隔热室中进行。参照图 2，多组分制冷剂流体 30 经过压缩机 31 被压缩至一般为  $2.11 \times 10^4 - 7.04 \times 10^5$  千克/平方米、最好为  $7.04 \times 10^4 - 4.22 \times 10^5$  千克/平方米的压力范围，所得的压缩后的多组分制冷剂流体 32 经过冷却器 33 冷却去除压缩热。所得的冷却后的多组分制冷剂流体 34 通过热交换器 35 被进一步冷却，而且至少部分、最好全部被冷凝。所得的至少部分冷凝的多组分制冷剂流体 36 经过阀 37 膨胀至通常为  $3.52 \times 10^3 - 7.04 \times 10^4$  千克/平方米、最好是  $1.06 \times 10^4 - 7.04 \times 10^4$  千克/平方米的压力范围，从而通过焦耳-汤姆逊效应产生冷量。然后，可能是两相流的、带冷量的多组分制冷剂流体 38 流进隔热室 40 中。

30 带冷量的多组分制冷剂流体流过隔热室 40，包括流过热交换盘管 39 或其它合适的热交换装置，在那里，带冷量的多组分制冷剂流体通过与隔热室气体流体间接热交换被温热并蒸发。如果需要，带冷量的多组分制冷剂流体也可以注入腔室，与隔热室气体流体进行直接热交换。然后，被制冷后的隔热室气体流体充满隔热室 40，最好能同时利用流体流动增强装置，例如风扇 42，由此在隔热室中制冷。

所得的温热后的多组分制冷剂流体 41 流出隔热室 40，流经热交换器 35，通过与前述流体 34 间接热交换中起冷却作用，被进一步温热并完全汽化（如尚未完全汽化的话），所得的温热后的流体流出热交换器 35，成为流体 30 流经压缩机 31，开始新的循环。

- 5 图 3 描述本发明的又一个实施方案，其中使用多组分制冷剂流体提供多于一个温度水平的冷量，因此，该系统可向要求不同水平的冷量的不同腔室或者要求不同温度水平的一个腔室提供冷量。

下面参考图 3，多组分制冷剂流体 80 经压缩机 81 被压缩至一般为  $2.11 \times 10^4$ — $4.22 \times 10^5$  千克/平方米的压力范围，所得的压缩后多组分制冷剂流体 82 经过冷却器 83 被冷却并部分冷凝。从冷却器 83 出来的两相多组分制冷剂流体为流体 84，  
10 经过相分离器 85，在这里被分离成蒸汽部分和液体部分。由于多组分制冷剂流体 80 是非共沸（zeotropic）混合物，因此蒸汽和液体的成份是不同的。优选地，液体部分基本上包含多组分制冷剂流体 80 中的所有的最高沸点组分，蒸汽部分基本上包含多组分制冷剂流体 80 中的所有最低沸点组分。

15 多组分制冷剂流体的液体部分从相分离器 85 出来成为流体 87，经过热交换器 88 被过冷。所得的过冷液流 89 经过阀门 90 膨胀，借助于焦耳—汤姆逊效应产生冷量。所得的带冷量的、压力为  $1.06 \times 10^4$ — $7.04 \times 10^4$  千克/平方米范围内的多组分制冷剂流体 91 经过混合装置 20，成为流体 93 通过热交换器 88，在那里通过与隔热室气体流体进行间接热交换被温热并完全蒸发，再成为流体 80 经过压缩机  
20 81，开始新的循环。隔热室气体流体 94 经过热交换器 88，所得的被制冷的、通常温度范围为  $-6.7$ — $-4.4^\circ\text{C}$  的隔热室气体流体作为流体 95 从热交换器 88 流进隔热室（未示出），在这里，流体 95 中的冷量得以利用。

从相分离器 85 中出来的多组分制冷剂流体中的蒸汽部分成为流体 86，经过热交换器 88，在此交换器中通过与温热流体 93 的过程进行间接热交换被冷却，然后成为流体 96，通过中间热交换器 97 进一步冷却，再成为流体 100 经过热交换器 99 被至少部分冷凝。从热交换器 99 流出的多组分流体成为流体 104 流过热交换器 105 进一步被冷却并冷凝，然后成为流体 108 通过热交换器 107，在此被完全冷凝（如果尚未完全冷凝的话）并过冷。  
25

过冷后的多组分制冷剂流体 109 经过阀 110 膨胀，借助于焦耳—汤姆逊效应产生冷量，所得的带冷量的多组分制冷剂流体 111（可以是两相流）经过热交换器  
30

107 被温热，最好是至少部分蒸发，从而在该热交换器中，该流体作为冷流，与前面所述的流体 108 和隔热室气体流体 112 进行间接热交换。所得的被制冷后的、通常温度范围为 $-34.4^{\circ}\text{C}$ — $-45.5^{\circ}\text{C}$  的隔热室气体流体，成为流体 113 从热交换器 107 进入隔热室（未示出），在那里，流体 113 中的制冷量得以利用。

5 从热交换器 107 中温热后的多组分制冷剂流体 106 经过热交换器 105，被进一步温热成为流体 101 再经过热交换器 99，在该交换器中通过与前述冷却流体 100 的过程和流经热交换器 99 的隔热室气体流体 102 进行间接热交换被进一步温热、最好是进一步蒸发。所得的被制冷后的、通常温度范围为 $-17.8$ — $-28.9^{\circ}\text{C}$  的隔热室气体流体，成为流体 103 从热交换器 99 进入隔热室（未示出），在隔热室中流体  
10 103 中的冷量得以利用。从热交换器 99 中所得的进一步温热后的多组分制冷剂流体 98 经过热交换器 97，然后成为流体 92 进入混合器 20，在此混合器中与流体 91 混合形成流体 93，用于前面所说的下一步流程。

图 4 描述本发明的另一个实施方案，其中多组分制冷剂流体用于提供多于一个温度水平的冷量，因此该系统能向一个以上的隔热腔室提供冷量。图 4 所示的实  
15 施方案对多组分制冷剂流体进行多于一次的相分离。

下面参考图 4，多组分制冷剂流体 200 经压缩机 201 被压缩至通常为  $2.11 \times 10^4$ — $2.11 \times 10^5$  千克/平方米的压力范围，所得的压缩后的多组分制冷剂流体 202 经过冷却器 203 被冷却，去除压缩热。所得的多组分制冷剂流体 204 经过压缩机 205 被进一步压缩至通常为  $4.22 \times 10^4$ — $4.22 \times 10^5$  千克/平方米的压力范围，所得的压  
20 缩后的多组分制冷剂流体 206 经过冷却器 207 被冷却并部分冷凝。从冷却器 207 出来的两相多组分制冷剂流体成为流体 208 流进相分离器 209，在此被分离成蒸汽部分和液体部分。由于多组分制冷剂流体 200 是非共沸（zeotropic）混合物，因此其蒸汽部分和液体部分的成份不同。最好，液体部分基本上包含多组分制冷剂流体 200 中的所有的最高沸点组分，气体部分基本上包含多组分制冷剂流体 200  
25 中的所有的最低沸点组分。

多组分制冷剂流体的液体部分从相分离器 209 出来成为流体 211，流进热交换器 212，在此被过冷。所得的过冷液流 213 经过阀 214 膨胀，借助于焦耳—汤姆逊效应产生冷量。所得的通常压力范围为  $1.06 \times 10^4$ — $7.04 \times 10^4$  千克/平方米的、带冷量的多组分制冷剂流体 215 经过混合装置 21，然后成为流 217 经过热交换器  
30 212，在这里，通过与隔热室气体流体进行间接热交换而被温热并全部蒸发，然后

成为流 200 流过压缩机 201，开始新的循环。隔热室气体流体成为流 218 流过热交换器 212，所得的被制冷后的、通常温度范围为-17.8—15.6°C 的隔热室气体流体，从热交换器 212 出来成为流 219 流至隔热室（未示出），在隔热室中流 219 中的冷量得以利用。

5 多组分制冷剂流体中的蒸汽部分从相分离器 209 出来成为流 210，流过热交换器 212，在此通过与温热物流 217 中的流体的过程进行间接热交换而被冷却，然后成为流 220 流过中间热交换器 221 进一步冷却。在热交换器 212 和 221 的一个或两个冷却步骤中，部分多组分制冷剂流体被冷凝，使从热交换器 221 中出来的多组分制冷剂流体 223 成为两相流。流 223 流经相分离器 224，被分离成蒸汽部  
10 分和液体部分。

从相分离器 224 出来的液体部分成为流 226，它流过热交换器 227，在此被过冷。所得的过冷液体流 228 经过阀 229 膨胀，借助于焦耳—汤姆逊效应产生冷量，所得的通常压力为  $1.06 \times 10^4$ — $7.04 \times 10^4$  千克/平方米的、带冷量的多组分制冷剂流体 230 流过混合装置 22，然后成为流 232 流过热交换器 227，在该交换器中  
15 通过与隔热室气体流体进行间接热交换而被温热并蒸发。隔热室气体流体成为流 233 流过热交换器 227，所得的被制冷后的、通常温度为-56.7—-78.9°C 的隔热室气体流体离开热交换器 227，成为流 234 进入隔热室（未示出），在此流 234 中的制冷量得以利用。从热交换器 227 中温热后的多组分制冷剂流体成为流 222 经过热交换器 221，通过与冷却物流 220 的过程进行间接热交换被温热，再成为 216 进  
20 入混合器 21，与流 215 混合形成流 217，用于前面所说的下一步流程。

从相分离器 224 出来的蒸汽部分成为流 225 进入热交换器 227，在那里通过与温热物流 232 中的流体的过程进行间接热交换而被冷却，然后成为流 235 进入热交换器 236 进一步冷却。在热交换器 227 和 236 的冷却过程中，上述蒸汽部分被  
25 冷凝，使来自热交换器 236 的多组分制冷剂流 238 成为液体流。流 238 流经热交换器 239 被过冷，所得的过冷液流 240 通过阀 241 膨胀，借助于焦耳—汤姆逊效应产生冷量，所得的可能是两相的、带冷量的多组分制冷剂流体 242 流经热交换器 239 被温热，最好至少部分被蒸发，这样，通过间接热交换使前面所述的过冷流 238 和以流 243 经过热交换器 239 的隔热室气体流体冷却。所得的冷却后的、通常温度范围为-101.1—-201.1°C 的隔热室气体流体成为流 244 从热交换器 239 流  
30 进隔热室（未示出），在该室中流 244 中的制冷量得以利用。

从热交换器 239 中温热后的多组分制冷剂流体作为流 237 流经热交换器 236，在该交换器中被进一步温热，成为流 231 进入混合器 22，在混合器中与流 230 混合，形成流 232，用于前面所述的下一步流程。

在本发明又一实施方案中，可用来自制冷剂循环的废热向用于制冷的相同或不同设备提供热量。例如，图 4 实施方案中，冷却器 203 和 207 中排出的热量，可用于加热锅炉给水。

图 5 描述本发明另一个实施方案，其中将一个多组分制冷剂流体系统用于多个封闭体。参考图 5，多组分制冷剂流体 310 经压缩机 311 压缩，所得的压缩后的多组分制冷剂流体 312 在后冷却器 313 中被冷却，去除其压缩热，形成流体 314。然后流体 314 通过热交换器 301 被冷却。所得的冷却后的多组分制冷剂流体 315 通过热交换器 302 被进一步冷却，产生进一步冷却后的多组分制冷剂流体 316。多组分制冷剂流体 316 通过阀 317 经历焦耳-汤姆逊膨胀，所得带冷量的多组分制冷剂流体 318 流过热交换器 302 被温热，在该交换器中通过间接热交换，使前面所述的流 315 进一步冷却，并使以后将提到的流 332 冷却。所得的温热后的多组分制冷剂流 319 经过热交换器 301 被进一步温热，同时通过间接热交换使前述的流 314、和后面将提到的流 322 冷却。从热交换器 302 出来的进一步温热后的多组分制冷剂流体成为流 310 流向压缩机 311，开始新的循环。

来自腔室 303 的气体流体成为流 320 流过风机 321，然后成为流 322 经过热交换器 301，在此交换器中通过与前述进一步温热带冷量的多组分制冷剂流体的过程进行间接热交换被冷却。所得的冷却后流体 323 返回腔室 303，在此腔室中由多组分制冷剂流体所产生的制冷量得以利用。来自腔室 305 的气体流体以流 330 经过风机 331，并作为流 332 进入热交换器 302，在此交换器中通过与前述温热带冷量的多组分制冷剂流体的过程进行间接热交换而被冷却。所得的冷却后的流体 333 返回腔室 305，在此腔室中多组分制冷剂流体产生的制冷量得以利用。

尽管在图中描述的多组分制冷剂流动回路是一个闭合的单循环回路，然而在某些应用中，也可使用各种其它流动回路。因此，制冷剂流动回路可包括液体再循环，也就是使制冷剂流体相分离，同时使液体再温热，使分离后的蒸汽进一步冷却。这样的内部液体回路用来使制冷剂混合过程具有易适应性，避免液体冻结。在有些情况下，例如在所需温度很低或有多个腔室的情况下，制冷系统就需要有多个流动回路。对各种情况而言，每个单独的回路能在给定温度范围进行制冷，

组成的整个回路能在全部温度范围内进行有效的制冷。

通过使用本发明，能更有效地向隔热室，特别是向需要在较大的温度范围，例如从环境温度至低温内，进行制冷的隔热室提供制冷。尽管已参照具体的优选实施方案对本发明进行了详细描述，然而本领域普通技术人员可以认识到，还有其它5 它的实施方案也包含在本发明的权利要求书的构思和保护范围内。

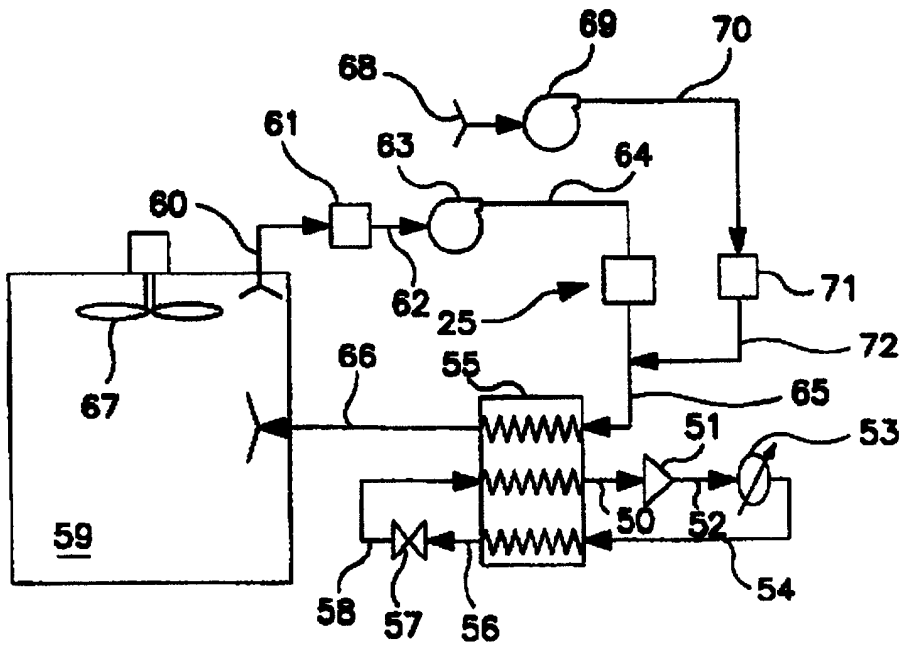


图 1

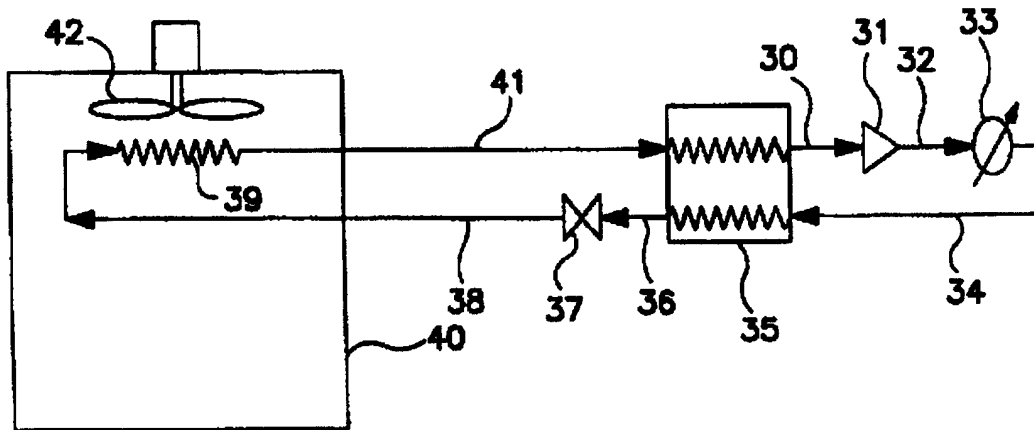


图 2

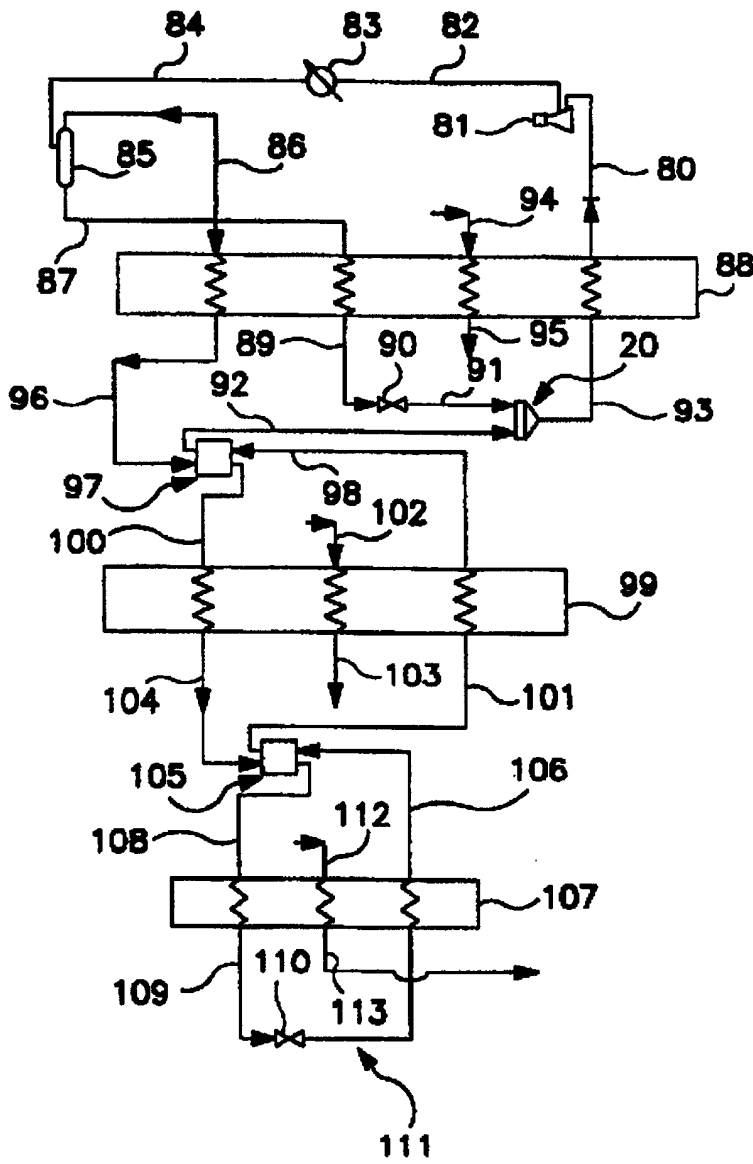


图 3

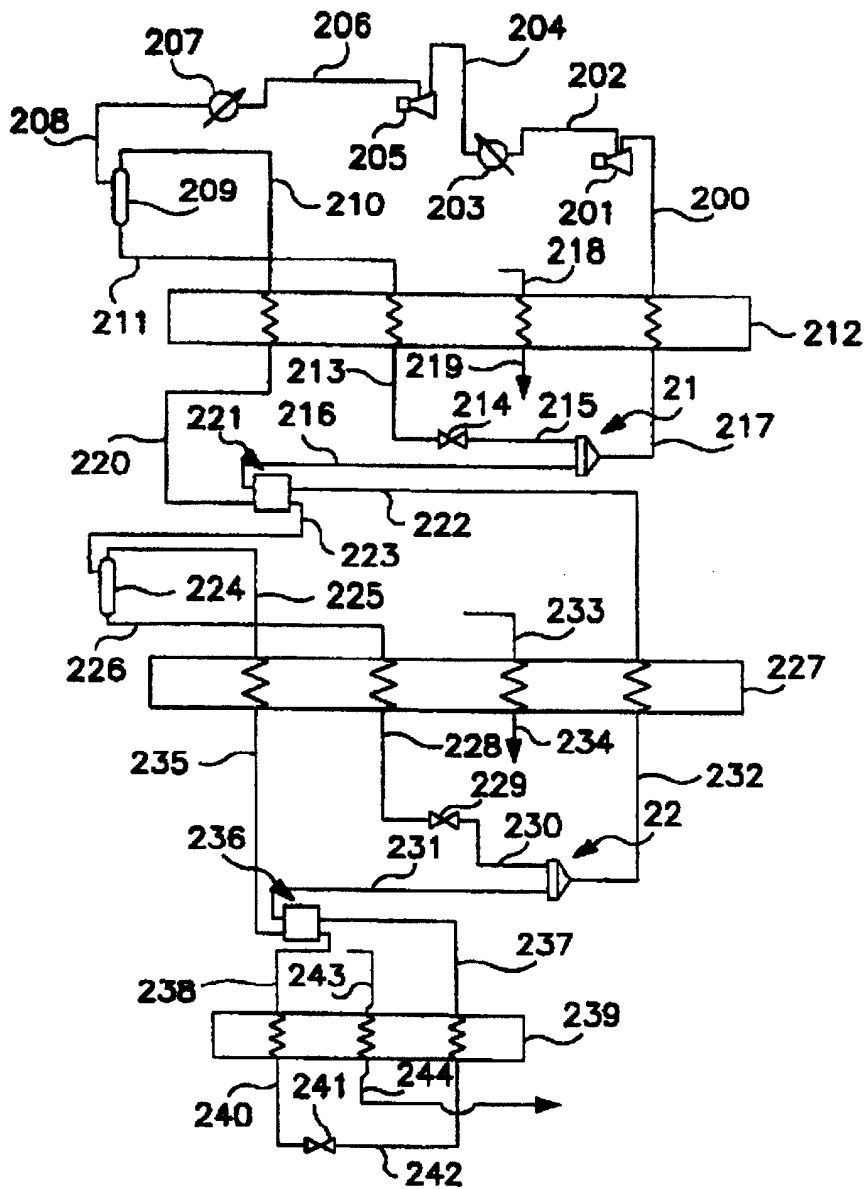


图 4

