



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94190165.3

[51]Int.Cl<sup>5</sup>

B01D 53/34

[43]公开日 1995年6月21日

[22]申请日 94.4.7

[30]优先权

[32]93.4.9 [33]JP[31]83656/93

[32]93.11.11[33]JP[31]282569/93

[32]93.12.22[33]JP[31]324264/93

[32]93.12.24[33]JP[31]328824/93

[86]国际申请 PCT/JP94/00583 94.4.7

[87]国际公布 WO94/23826 日 94.10.27

[85]进入国家阶段日期 94.11.30

[71]申请人 巴布科克-日立公司

地址 日本东京都

[72]发明人 黑田博 中岛史登 西村正村

加来宏行 野沢滋 高本成仁

中本隆则 吉川博文 石板浩

片川笃 昆光春 山本正之

吉田邦胜

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 刘国平

B01D 53/18

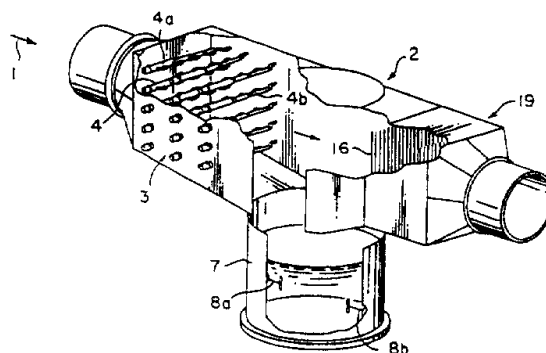
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 湿式烟道气脱硫设备

[57]摘要

包括入口和出口管的吸收塔塔体设置在循环罐的上部分,并与循环罐为一体。该吸收塔是仅靠循环罐支撑的自撑式结构。在入口管内喷淋区中,至少在最上游喷淋段包括安装有能与气流同向喷淋吸收液的喷嘴的喷淋管,至少在最下游段包括能与气流逆向喷淋吸收液的喷嘴。吸收塔是一体式结构,在该结构中,循环罐的上部分即是塔体导管的一部分,因此,吸收塔的结构是自撑式的,其结构简单,强度高,无需用支撑塔体导管部分的配件。



(BJ)第 1456 号

## 权 利 要 求 书

---

1、一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个其内气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含二氧化硫的废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过空气来氧化吸收液中的二氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，其特征在于：

所说的包括有入口和出口导管的吸收塔与循环罐为一体，且是仅靠循环罐支撑的自撑式结构。

2、根据权利要求1的湿式烟道气脱硫设备，还包括用于将喷淋的吸收液回收至入口导管底部倾斜部分的装置。

3、根据权利要求1的湿式烟道气脱硫设备，其中入口导管上垂直于气流的截面积沿气流方向逐渐增大，但入口导管最下游部分垂直于气流方向的截面积小于位于入口和出口导管之间且在循环罐上方的气体流路上的垂直于气流方向的截面积。

4、根据权利要求1的湿式烟道气脱硫设备，其中所有的喷淋管均设置在入口导管的喷淋区，并且水平穿过入口管中的气体流路并支撑在入口导管侧壁的两端，以便从两端引进吸收液。

5、根据权利要求1的湿式烟道气脱硫设备，还包括使由入口导管流向出口导管的气体在入口和出口导管之间向下折转的气流流路。

6、根据权利要求1的湿式烟道气脱硫设备，还包括用于从循环罐中排放出吸收液，并用石灰石中和它的装置，所说的石灰石的粒度大于由石灰石中和吸收液而获得的石膏的粒度；用于将中和后的液体再循环至入口导管的吸收液喷淋区的装置。

7、一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含二氧化硫的废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过空气来氧化吸收液中的二氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，其特征在于：

至少在入口导管中的喷淋区最上游喷淋段包括有以与废气流同向喷淋吸收液的喷嘴，至少在最下游喷淋段包括有以与废气流反向喷淋吸收液的喷嘴。

8、根据权利要求7的湿式烟道气脱硫设备，其中入口导管上垂直于气流的截面积沿气流方向逐渐增大，但入口导管最下游部分垂直于气流的截面积小于位于入口和出口导管之间且在循环罐上方的气体流路上的垂直于气流的截面积。

9、根据权利要求7的湿式烟道气脱硫设备，其中所有的喷淋管均设置在入口导管的喷淋区，并且水平穿过入口导管中的气流通路并支撑在入口管侧壁的两端，以便从两端引进吸收液。

10、根据权利要求7的湿式烟道气脱硫设备，还包括允许使由入口导管流向出口导管的气体在入口和出口导管之间向下折转的气体流路。

1 1、根据权利要求7的湿式烟道气脱硫设备，还包括用于从循环罐中排放出吸收液并用石灰石中和它的装置，所说的石灰石的粒度大于由石灰石中和吸收液而获得的石膏的粒度；用于将中和后的液体再循环至入口导管的吸收液喷淋区的装置。

1 2、一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个其内气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含有氧化硫的废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过空气来氧化吸收液中的氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，其特征在于：

入口导管上垂直于气流的截面积沿气流方向逐渐增大，但入口导管最下游部分垂直于气流的截面积小于位于入口和出口导管之间且在循环罐上方的气体流路上的垂直于气流的截面积，所说的入口导管中包括沿气流方向排列为多排的喷嘴。

1 3、根据权利要求1 2的湿式烟道气脱硫设备，还包括在入口导管中沿气流方向排列为多级的喷淋管，喷淋管中最下层的喷嘴基本上处于同一水平面上。

1 4、根据权利要求1 2的湿式烟道气脱硫设备，还包括设置在入口导管中的喷淋管和喷淋管与除雾器之间的气体流路中沿气流方向设置的阻挡构件。

1 5、根据权利要求1 2的湿式烟道气脱硫设备，其中喷嘴设置在入口导管的壁表面上，在喷嘴之间不会接触到喷淋液滴的区域的壁表面部分上安装防止气体吹

过的装置。

1 6、根据权利要求1 2 的湿式烟道气脱硫设备，还包括安装在循环罐的顶部，用于向循环罐中的液体表面喷淋吸收液的喷嘴。

1 7、根据权利要求1 2 的湿式烟道气脱硫设备，还包括设置在入口导管中的喷淋管，其中喷淋管设置在入口导管内的喷淋区中，并且水平穿过入口导管中的气体流路，支撑在入口导管侧壁的两端，以便从两端引进吸收液。

1 8、根据权利要求1 2 的湿式烟道气脱硫设备，还包括允许使由入口导管流向出口导管的气体在入口和出口导管之间向下折转这样的气体流路。

1 9、根据权利要求1 2 的湿式烟道气脱硫设备，还包括用于从循环罐中排放出吸收液，并用石灰石中和它的装置，所说的石灰石的粒度大于由石灰石中和吸收液而获得的石膏的粒度，用于将中和后的液体再循环至入口导管中吸收液喷淋区的装置。

2 0、一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个其内气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含有氧化硫的废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过空气来氧化吸收液中的氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，其特征在于：

所说的设备还包括设置在入口导管内喷淋区中的喷淋管，所说的喷淋管水平穿过入口管中的气体流路并支

撑在入口导管侧壁的两端，以便从两端引进吸收液。

2 1、根据权利要求2 0 的湿式烟道气脱硫设备，其中每根喷淋管的内径在位于入口导管内中心部分均小于在其它部分的内径，所说喷淋管在入口导管内中心部分带有支撑件。

2 2、根据权利要求2 0 的湿式烟道气脱硫设备，其中所说的每根喷淋管上的喷嘴安装在低于喷淋管的位置上。

2 3、根据权利要求2 0 的湿式烟道气脱硫设备，其中安装在靠近入口导管壁表面处喷淋管上的喷嘴的浆液喷淋方向转向与所说的管壁表面相对的方向。

2 4、一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个其内气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含有二氧化硫的废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过空气来氧化吸收液中的二氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，其特征在於：

所说的设备包括允许使由入口导管流向出口导管的气体在入口和出口管之间向下折转这样的气体流路。

2 5、一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个其内气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含有二氧化硫的废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过

空气来氧化吸收液中的氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，其特征在于：

所说的设备还包括用于从循环罐中排放出吸收液，并用石灰石中和它的装置，所说的石灰石的粒度大于由石灰石中和吸收液而获得的石膏的粒度，用于将中和后的液体再循环至入口导管中吸收液喷淋区的装置。

26、根据权利要求1-25之一的湿式烟道气脱硫设备，其中吸收塔入口导管处的气体流速为5-15米/秒。

## 湿式烟道气脱硫设备

本发明涉及一种湿式烟道气脱硫设备，更具体地说，本发明涉及一种在其结构内废气流路方向为非垂直的这样一种湿式烟道气脱硫设备（下文称为卧式脱硫设备）。

一种传统上已知的所谓石灰石-石膏湿式烟道气脱硫系统是这样设计的：用钙化合物如石灰石或石灰作为吸收剂吸收废气中的二氧化硫（下文称为 $\text{SO}_x$  或 $\text{SO}_2$ ），然后将作为反应产物的亚硫酸钙转化为稳定的石膏，按付产物回收之。下述反应式代表了该石灰石-石膏工艺中的脱硫反应：

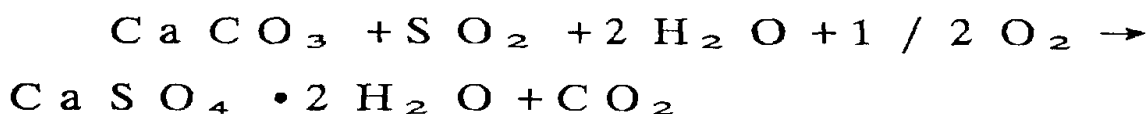


图6 3 示出一种传统的烟道气脱硫设备，在该设备中，石灰石是吸收剂，回收的付产物是石膏。废气1 0 1 通入吸收塔1 0 2，在喷淋区1 0 3 与循环的稀浆接触使其冷却、除尘和脱硫。其后，所得气体在除雾器1 0 4 中除去水雾后从吸收塔1 0 2 排出。

另一方面，利用石灰石浆液泵1 1 0 把作为吸收液的石灰石浆液1 1 7 打进循环罐1 0 5，再由循环泵1 0 8 把此石灰石浆液泵入吸收塔1 0 2 中的安装有多级喷嘴的喷淋区1 0 3，在此，喷淋的石灰石浆液与废气1 0 1 接触，以吸收的方式除去其中的二氧化硫。然后，所得浆液再返回循环罐1 0 5 以便反复循环利用。吸收



了SO<sub>x</sub>后的浆液117由排料泵109打入增稠器112中浓缩，然后将此稠浆贮存在石膏浆罐113中，最后通过离心分离器115脱水，由此回收粉末状石膏。增稠器113和离心分离器115中的上清液118被再循环用于调节系统中的洗涤水和石灰石浆液。

然而，现有技术的缺点是，在吸收塔102或喷淋区103中，喷淋的液浆117是与垂直流向的废气接触，因此，为了保证该接触时间，吸收塔102的高度要增加，由此而使设备的尺寸加大，结构复杂，例如上下流空气导管加长。现有技术的另一缺点是，由于吸收塔102的高度增加，循环泵108的功率相应地增加，这样加大了有效功率的消耗。由于导管越复杂，吸收塔102内的气体流动就越难以均衡，因此脱硫效率降低。

因此，已有人提出了这样一种系统，即在该系统中，吸收剂循环罐（槽）与设计成水平方向喷淋吸收液的卧式吸收塔连接。然而，该系统并不十分完善，因为水雾难以自由滴落，吸收塔底部的液位随所喷淋的液体量和废气量的改变而变化，从而影响了气体的流动。另外，该系统中吸收塔和循环罐是分开的，因此必然增加塔的高度。

因此，本发明的第一个目的是提供一种塔的高度低、设备可以简化的湿式烟道气脱硫设备。

本发明的第二个目的是提供可以降低有效功率消耗的自撑式湿式烟道气脱硫设备。

本发明的第三个目的是提供一种经济的且能达到高脱硫效率的脱硫设备。

本发明的第四个目的是提供一种可靠性高的湿式烟道气脱硫设备，在该设备中，吸收塔紧凑，而且可以减

少散射的水雾。

另外，本发明的第五个目的是提供一种能防止废气流动不均衡、且喷管被牢固支撑的湿式烟道气脱硫设备。

本发明的第六个目的是提供一种通过控制用于与废气接触的吸收液质量而提高了操作性能的湿式烟道气脱硫设备，在该设备中，所得石膏的质量不会降低，而脱硫效率可以提高。

本发明的第七个目的是通过有效地除去散射的水雾来减少吸收塔内的压力损失，并且使吸收塔紧凑，以便在降低设备和操作成本的同时达到高的脱硫效率。

为了达到上述目的，按照本发明的第一个方面和特征，本发明提供了一种湿式烟道气脱硫设备，该设备包括一个其内气体流路方向为非垂直式的吸收塔和一个循环罐，所说的吸收塔包括允许使含氧化硫废气与由喷淋区喷淋的吸收液彼此相互接触的入口导管和带有除雾器以除去散射水雾的出口导管；所说的循环罐适用于贮存由吸收塔滴落的吸收液，并且在贮存吸收液的同时，通过空气来氧化吸收液中的氧化硫，该循环罐包括用于将所贮存的吸收液循环至吸收塔中的喷淋区的循环系统，本发明的特征在于包括有入口和出口导管的吸收塔与循环罐为一整体，且是仅靠循环罐支撑的自撑式结构。另外，吸收塔的结构可以是这样的，即在其结构内入口导管中的喷淋区最上游喷淋段包括有至少一个能够以与废气流动同向喷淋吸收液的喷嘴。

本发明的烟道气脱硫设备的一大特点是，在吸收塔的结构中，塔体导管通过循环罐的上部分，即，在一体式结构中，循环罐的上部分就是塔体导管的一部分，由此，吸收塔的构造是自撑式，其结构简单，强度高，并

且无需支撑塔体导管部分的配件。

在具有上述结构的烟道气脱硫设备中，重要的一点是要使其烟道气脱硫效果至少等于现有技术中具有垂直吸收塔导管的烟道气脱硫设备的脱硫效果。可以假设，为了避免与现有技术中具有垂直吸收塔导管的烟道气脱硫设备有关的缺点，即吸收塔高度增加的缺点，将吸收塔制造成卧式的，这样，气体的流动方向就限制为水平方向，吸收液向着气流喷淋，从而使塔高降低。

但是，如果吸收液以水平方向喷淋，当废气流速相对较低时，气-液的接触效率因所喷淋的液滴在重力的作用下下落而降低，而当废气的流速相对较高时，被废气所夹带的喷淋液滴量会增多，这样不仅会造成后续部分设备的腐蚀或磨损，而且还会由于吸收液的损失出现有效功率消耗增加的问题，最糟糕的情况是出现运行故障。一般来说，把废气以水平方向或非垂直方向导入吸收塔，使废气导入与喷淋的液滴进行气-液接触是困难的。

然而，从下文所描述的研究结果看，本发明人已经确知，在特定的条件下，即使采用在气体流路设置为非垂直的这样结构的吸收塔也能够获得高的脱硫和除尘效率。

下面对此进行详细的描述。

通过使废气以至少非垂直方向流动，最好是水平方向流动，并且将废气流路的水平长度设置较长可以延长废气与喷出的吸收液的接触时间。这样就有可能降低吸收塔高度，简化导管结构，减小气流的非均衡性。

在最上游吸收液喷淋段，以与废气相同的流向（并流方向）喷出吸收液，内拉作用（一种喷射器效应）使

废气的均衡性较差。此外，即使在废气通过之前喷出吸收液，液体也不会散射进入设备的上游导管，因此在该设备中无需采取专门的防腐措施。

在最下游吸收液喷淋段，通过以与废气流动相反的方向（逆流方向）喷出吸收液，使吸收液以相对高的速率与废气中的二氧化硫或烟尘进行气-液接触。由此，不仅可以达到高的脱除效率，而且可以收集来自上游段废气中所夹带的以及与废气同时散射的水雾，从而减少在下流方向上散射的水雾量。为了减小在任意喷淋段的垂直方位上较高一层的喷淋落差（势差），理想的是将喷淋管横向（即水平）排列。

吸收塔和允许喷出液滴自由下落的循环罐是一体式结构，这样，被喷出的吸收液液滴与废气的接触时间可以得到延长。吸收塔的底部是倾斜的，以便使吸收液中的固体流入吸收剂循环罐中，而不致于积聚。

在上述设备中，在入口导管底部的倾斜部分上可以设置回收喷淋的吸收液并将其导入循环罐这样的构件。该构件可以是适合于导入所回收的液体的结构，这样，回收的液体以循环罐的圆周壁横截面的切线方向滴落，更具体地说，该构件可以是在入口等管底部的倾斜部分之上或之中设置的堰或凹槽。

在现有技术的立式吸收塔中，为了使氧化用空气均匀地分散在循环罐内，必需安置多个搅拌器。由此原因，需要支付用于搅拌的动力费用。与此相反，按照本发明，特别是采用入口导管底部倾斜的卧式脱硫设备，所喷淋的吸收液在入口导管底部的倾斜部分中或之上被回收，在此，吸收液被喷出吸收液回收/导向构件（即堰或凹槽）所收集，然后落入循环罐中。

堰或凹槽设置在入口导管底部的倾斜部分之上或之中，但偏离中心线，这样设置能够保证液体以循环罐圆周壁横截面的切线方向由倾斜部分落入循环罐。在一200 Mw火力发电厂中，在连接安装于一台锅炉上的烟道气脱硫设备中，滴落的液体量是几千吨/小时，如果连续地收集此液体并使之流落入循环罐，此循环罐中的液体便可以被循环起来。因此，循环罐中的液体靠所说滴落液体的能量来循环，无需使用任何搅拌器。这样就可以省去用于使空气分散入循环罐内液体中的搅拌器和用于搅拌循环罐内液体的搅拌器。由于循环罐中的液体循环不用搅拌器，所生成的石膏颗粒由于液体的循环也不可能积聚在循环罐的底部。按此方式，现有技术中的搅拌器可以省去，从而使循环罐的结构简单，动力费用降低。

通过将氧化吸收液用的空气导入收集在入口导管底部倾斜部分中的堰或凹槽内的液体中或者提供给循环罐中接近液体表面的空间，可以减少供给循环罐的空气量，在所说的循环罐内液体剧烈地运动着。

本发明的卧式湿式烟道气脱硫设备的构造可以是这样的：入口导管垂直于气流方向的截面积沿气体流动方向逐渐加大，但入口导管最下游部分垂直于气流方向的截面积小于位于入口和出口导管之间、循环罐上方的气体流路的垂直于气流方向的截面积，上述入口导管中装有带喷嘴的喷淋管，它们沿气体流动方向排列成若干级。

由于在入口导管中设置了多级喷嘴，因此在入口导管的越下游部分由喷嘴喷淋出的吸收液密度就越高。再者，由于使入口导管上垂直于气流的截面积沿气流方向逐渐增大，例如把入口导管的底表面制作成倾斜表面，

可以使入口导管内沿气流方向所喷出的吸收液密度均匀化，这样，废气的脱硫效果在导管的每一截面上均是相同的。

由于气体在入口导管中的流速越高，吸收废气中的 $\text{SO}_x$ 的效率就越高。因此，为了提高入口导管中气体流速，就必需减小入口导管的截面积。如果气体通过出口导管而同时又保持原流速，则将水雾收集在除雾器中的负荷增加。因此，入口导管最下游部分上垂直于气流的截面积要小于入口和出口导管之间且在循环罐上方这段气体流路上垂直于气流方向的截面积，从而使气体的流速减小，这样，气流中所夹带的水雾以及散射的水雾很容易自由地落入循环罐中，而不会进入除雾器。在此情况下，当入口导管的底表面做成倾斜的表面时，入口导管内的沿气流方向安装的多级喷淋这中的最后一级喷淋管上的喷嘴设置在基本上同一水平面上，这样，这些喷嘴不会浸没被喷出的且正沿着入口导管底表面流动的吸收液中。

为了防止由于入口导管中气流速度的提高而引起的除雾器收集水雾的负荷增加，以及为了最大限度地延长喷出的吸收液滴与废气的接触时间，保证有效接触，并减少进入位于下游处的除雾器中的散射的水雾量，在喷淋段与除雾器之间可以设置阻挡机构，该机构用于更新所喷出的吸收液滴的表面以及散射的水雾表面。

在本发明的脱硫设备中，通过喷淋区的废气顺流流动并夹带进水雾，并且通过由散射的水雾所形成的液膜，该液膜是由散射的水雾碰撞位于除雾器上游的阻挡构件的开口处而形成的。当废气通过液膜时，达到了规定的脱硫百分率。在本发明脱硫设备的吸收塔内，由该塔内

废气所夹带的喷淋吸收液滴的表面（边界膜）不能被更新，因为所说的表面相对废气而言其速率较低且已经被  $\text{SO}_x$  饱和，因此，即使例如在喷淋区与除雾器之间存在有足够的接触空间，对脱硫速率也无多大帮助。但是，在喷淋区和除雾器之间设置阻挡构件如多孔板不仅能够保证使散射的水雾和喷淋的液滴碰撞阻挡构件，由此而将它们收集起来，而且由于废气穿过由收集的水雾和液滴在阻挡构件上所形成的液膜而使液膜得以更新，这样就可以有效地进行脱硫反应。

应该注意的是，阻挡构件不只限于多孔板，只要能够更新喷淋吸收液雾和液滴的表面，任何其它的机构均可采用，在此情况下，可期望达到一定程度的脱硫效果。

以该方式冷却，除尘和脱硫的废气中所夹带的水雾在水雾捕集区回收以备再循环使用，并可以防止水雾向吸收塔下游侧散射，从而可防止下游部件和排放器的腐蚀。

用于更新喷淋液滴表面的阻挡机构可以是（1）在导管侧壁和最上游除雾器前方的底部所形成的尖端朝上游弯曲的堰，（2）按一定间隔距离排布的一组板，该间隔距离限制气流方向上的流路，和（3）多孔板。当采用一组板时，其中的每块板均可以是带有折叠部分的平板。当采用多孔板时，平的多孔板可以有一个垂直于气流方向的平表面，或是一组多孔平板，每块多孔板均有一个平行于气流方向的平表面。

阻挡构件可以设置在入口管下游和循环罐的废气流路上，或者设置在循环罐下游和出口管中除雾器上游的废气流路上。

如果导管底部上设置有阻挡构件，且该底部具有朝

着循环罐向下倾斜的底表面的话，在阻挡构件与底表面相连的部位上设有排液槽，在阻挡构件上所收集的水雾和液滴很容易流落进循环罐。可以提供一个阻挡构件清洗系统，该系统是利用石膏回收设备中产生的上清液水或所提供的补充水。

本发明的脱硫设备可以有这样的构造，在出口导管中至少设置两个除雾器，这样最上游除雾器的垂直截面大于出口导管的垂直截面，堰安装在最上游除雾器的上游管侧壁上。因此，当气体速度提高时，气体以沿管壁表面蠕动的方式沿壁表面流动，这样就有大量的散射水雾到达除雾器。如果沿管壁表面散射的水雾用位于最上游除雾器前的管上堰除去的话，即使除雾器上的水雾负荷增加，除雾器的性能也不会降低。为了保证最上游除雾器的垂直截面积大于出口管的垂直截面积，在与除雾器端部配合的导管中的凹槽内设有导向循环罐的集雾回收管。除雾器清洗系统确保下游除雾器清洗用水可以利用作为上游除雾器洗涤用水，最上游除雾器所用过的洗涤水可以被返回循环罐中。

在本发明的卧式脱硫设备中，喷淋管上的喷嘴可以设置在入口导管的壁表面上，在接触不到喷淋液滴且位于喷嘴之间的区域中的壁表面部分可以设置防止气体吹过的构件。

对于上述构造，不将喷淋管和这些管的支撑件设置在入口导管内。因此，喷淋的液滴仍能在吸收塔内保持较长时间而不会碰撞插入件从而停止与 $S O_2$ 气体的吸收反应，因此，喷淋的液体能够有效地进行脱硫反应。

把喷嘴安装在入口导管的壁表面可以有效地利用入口管的内壁表面。根据引入入口导管的废气种类和流量以



及废气中所含氧化硫的浓度等，可以改变分别排布在侧壁和顶壁上的每组喷嘴所喷淋的吸收液量，或者改变侧壁表面每一具体位置或顶壁表面每一具体位置所喷淋的吸收液量。

在现有技术中，把喷淋管和其支撑件设置在吸收塔内，由于所用吸收液是强酸性的，为了防止腐蚀，需用优质材料制造它们。与此相反，按照本发明，管件等设置在吸收塔外，因此无需使用优质材料。

通过在喷嘴之间接触不到喷淋液滴区域内的壁表面部分安装防止气体吹过的构件可以增加喷淋吸收液与废气的接触机会。

防止气体吹过的构件例如可以是具有沿喷嘴喷淋吸收液的角度延伸形状的导板，或者是沿气体流动方向延伸的入口导管内壁表面向内压而成的凹槽。当采用凹槽时，喷嘴可以安装在所说凹槽倾斜壁表面的上游。如此设置，可以有效地防止气体吹过。

在本发明的卧式脱硫设备中，喷嘴可以安装在循环罐的顶部以便向循环罐中的液体表面喷淋吸收液，由此散射的水雾被从喷嘴中喷出的吸收液除去。如果喷出的液滴向循环罐中的液体表面喷射，废气流动并同时从喷向液体表面的液滴中逃脱出来，由于废气中所夹带的散射的水雾的比重比废气大，因此这些散射的水雾在惯性的作用下径直前进，碰撞在由顶部向循环罐中的液体表面喷出的液滴上，于是，所说的水雾被收集。

另外，循环罐上方的顶表面上可以设置隔板，这样，可以使气体在靠近循环罐中的液体表面流动，而喷淋吸收液的喷嘴可以安装在隔板的较低端上。再有，可以改变循环罐上方的顶表面本身，使之向下凸出，这样，废

气流能够适时转向接近循环罐中的液体表面，喷嘴可以安装在顶壁的凸出部分上。对于上述两种构造来说，除雾器收集散射水雾的效果均可提高。

在本发明的卧式脱硫设备中，入口导管内喷淋区中的所有喷淋管均水平穿过入口管中的气体流路支撑在入口导管侧壁的相对的两端，以便从两端引入吸收液。

以在入口导管相对侧壁上的方式支撑的喷淋管水平地排布，这样可以保证使管子对废气产生的阻力由水平相对侧向中心部分均等变化，因此而减小废气流的不均衡性，使气-液接触均匀进行，提高脱硫效率。另外，可以从两侧壁向水平排布的喷淋管中提供等量的吸收液，这样可以按等比例水平两侧向中心部对称地提供等量的吸收液进入喷淋管，流向各自的喷嘴。

当喷淋管水平排列在入口导管内时，喷淋管的截面积由邻近入口导管侧壁部分向位于入口导管中心的部分逐渐减小。因此，即使从喷淋区的侧壁表面至中心部分吸收液的流量逐渐减小，喷淋管中任何处的浆液（吸收液的流速也可以基本上保持不变。由于按此方式喷淋管中任何处的浆液流速可以保持基本不变，因此可以防止固体沉积在喷淋管内。喷淋管的构造可以是这样的：在入口导管内中心部分的内径小于其它部分的内径，在入口导管内喷淋管内径较小的中心部分上可以设置支撑件，从而赋予截面积较小的中心部分以一定的机械强度。支撑件对喷淋管的基本上为中心部分中的废气流动起阻件作用，因此，废气在吸收塔内喷淋管区中的流动不受干扰，气体流速是均衡的。另外，当喷淋管水平排布在入口管内时，喷嘴可以分别安装在喷淋管的下侧。这样可以保证，当吸收液停止喷淋时，留在管内的吸收液在重

力的作用下被排出，因此，吸收液中的固体不会沉积在喷淋管中，防止了喷淋管的阻塞问题。

在本发明的卧式脱硫设备中，可以限制气体流路，使从入口导管流向出口导管的废气方向在入口和出口管之间改变向下。如果这样做，不会增加除雾器上的水雾负荷。

更详细地说，(1) 可以在出口导管内除雾器上游的顶壁表面上设置气流转向障碍物（可以是用于使气流向向下转的倾斜板，也可以是由顶壁部分悬挂下来的平板状折流板），这样，全部气流在循环罐上方转向并再次向上流向水雾收集区的入口处。采用此构造，一旦气流在循环罐上方向下转，然后再向上转，散射的水雾即脱离气流，滴落入循环罐内的吸收液中。按此方式，到达除雾器中的散射的水雾的量可以明显减少。如果倾斜板与水平方向的倾斜角确定在一定范围内，或者凸出伸进气体流路中的折流板长度确在一定范围内，水雾则不会驻留在插入件（倾斜板或折流板）上，也不会发生因水雾碰撞插入件而出现的粘附问题。

安装在循环罐顶部的用于向下改变气流方向的倾斜板与水平方向的预定夹角可以大于与循环罐相邻的入口导管底表面的倾斜角，从而使气流方向转向循环罐。在这种情况下，除非位于气流转向障碍物下的气体流路口径的纵截面积大于至少入口管的纵截面积，否则，气流不能有效地减小。

(2) 在除雾器前的导管较低壁表面上可以安置窗式插入件，或者可以把具有凹截面（如U - 或V - 形截面）且凹口向着气流上游的碰撞板按多级排列，如在整个气流流路中排列成两级或多级锯齿形和格形，以便横

穿除雾器上游的出口管。这样，散射的水雾量可以减少而无需改变吸收塔的结构。采用具有凹截面的碰撞板时，碰撞板的锯齿形排列可以防止压力损失的增大。如果用水清洗穿窗式插入件或具有凹形截面的碰撞板的背表面，该背表面是相对气流方向而言的，在该部位上不会发生因浆液干燥而引起的粘附问题。采用窗式插入件时，使所说的窗板与水平方向的夹角在 $5^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  的范围内，该插入件的表面和背面总是被散射的水雾所湿润，因此可以去除水雾，在该部位上不会出现因粘附而引起的问题。

(3) 进一步说，为了改进浆液喷淋方法，靠近吸收塔壁表面的喷嘴所喷淋浆液的方向可以转向朝着吸收塔内，即，与吸收塔壁表面相对的方向。这样可以防止喷淋浆液的水雾碰撞吸收塔壁表面而再次散射。

(4) 如果相对水平方向而言，喷嘴喷淋浆液的方向是向下的，可以减少散射的水雾量。另外，循环罐上方吸收塔的壁表面可以是倾斜的，这样气流在循环罐上方先下向流，然后再向上流。如此这样可以保证散射的水雾脱离气流并落在循环罐内浆液的表面上，其结果是，能够到达除雾器的散射水雾的量明显地减少。

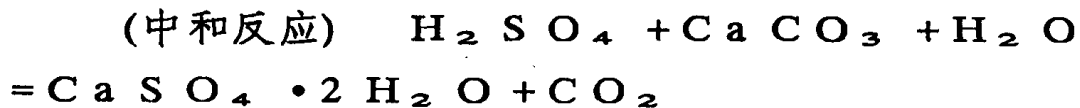
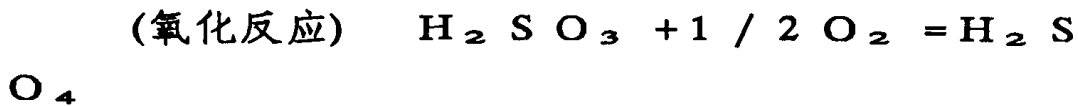
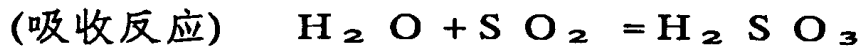
按照上述(1) - (4)任一特征，均可显著减少进入除雾器的散射水雾量。在此不再会出现脱硫效率降低、压力损失加大的现象。

本发明的卧式脱硫设备其结构可以进一步包括一个用于取出循环罐内吸收液并用石灰石中和它的装置，石灰石的粒度大于由石灰石中和吸收液而获得的石膏的粒度，一个用于将中和后的液体再循环至入口导管喷淋区的装置。

如果在提取的吸收液中石膏颗粒的浓度高，可以提供分离器分离中和后的吸收液，然后，再将带有少量石膏颗粒的吸收液循环至入口导管的喷淋区。

在本发明的脱硫设备中所进行的主要反应如下：

吸收液（水为主要成分）吸收废气中的 $\text{SO}_2$ 生成 $\text{H}_2\text{SO}_3$ ， $\text{H}_2\text{SO}_3$ 被空气氧化生成 $\text{H}_2\text{SO}_4$ （稀硫酸）。用石灰石（ $\text{CaCO}_3$ ）中和 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 生成石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）。



按照本发明，在将空气吹入循环罐以氧化亚硫酸时，吸收液的pH是低的，为2-3（在该技术的其它情况下，pH为4-5）。因此，氧化速度快，所需空气量较少，搅拌器动力消耗较小，所说的搅拌器是用于细分氧化用空气的。另外，使用粗石灰石，所以无需粉碎石灰石。由于石灰石的颗粒大（ $\geq 0.5 \text{ mm}$ ，优选 $\geq 1.0 \text{ mm}$ ），所以很容易与小颗粒的石膏（通常粒度为 $20-100 \mu\text{m}$ ）分离开来，很少与石膏颗粒混合在一起。因此，即使使用大量的石灰石，石膏的质量也不会降低，脱硫效率可以提高。在此情况下，为了防止石膏颗粒在石灰石颗粒上结垢，可以用搅拌吸收液或用空气鼓泡。控制引入氧化空气量可以促进吸收反应，这样在空气氧化后，中和装置等内的溶解在吸收液中的氧气浓度为1ppm或更高。

本发明包括将上述特征结合在一起的特征。

图1 为本发明第一方案的湿式烟道气脱硫设备的立面示意图。

图2 为图1 中所示喷淋管的放大图。

图3 为本发明第二方案的湿式烟道气脱硫设备的水平截面示意图；

图4 为图3 所示湿式烟道气脱硫设备和外围装置的纵向截面示意图；

图5 为图1 所示设备中吸收塔入口处流速与脱硫率及设备的压力损失之间的关系曲线；

图6 为图1 所示设备中吸收塔入口处流速与除雾器入口处水雾的重量间关系曲线；

图7 和图8 是为证实图3 和4 所示设备效果进行的测试的结果曲线图；

图9 为本发明第二方案中吸收塔的出口导管的改进型示意图；

图1 0 为本发明第三方案的湿式烟道气脱硫设备的水平截面示意图；

图1 1 为图1 0 所示脱硫设备的侧视图；

图1 2 为从气体流动方向观察，图1 0 和1 1 所示吸收塔的入口导管图（实际上未示出前端面）；

图1 3 为图1 所示设备入口导管处气体流速的曲线图；

图1 4 为图1 2 所示入口导管处气体流速的曲线图；

图1 5 为图1 2 所示的喷淋管的改进型示意图（实际上未示出前端面）；

图1 6 为图1 5 沿A - A 线的截面图；

图1 7 为本发明第4 方案的湿式烟道气脱硫设备的侧截面示意图；

图1 8 为图1 7 所示湿式烟道气脱硫设备的改进型示意图;

图1 9 为图1 7 所示的湿式烟道气脱硫设备的另一种改进型示意图;

图2 0 为图1 9 沿A - A 线的截面图;

图2 1 为图1 9 所示的湿式烟道气脱硫设备的改进型示意图;

图2 2 为图1 7 所示湿式烟道气脱硫设备的另一种改进型的示意图;

图2 3 为图1 7 所示湿式烟道气脱硫设备的另一种改进型的示意图;

图2 4 为图2 3 所示设备进行冷模试验的结果的图示说明;

图2 5 为在实际规模的设备中水雾散射分析的图示结果;

图2 6 为在一个只是实际规模五分之一的设备中进行冷模实验的图示结果;

图2 7 是本发明第五方案的湿式烟道气脱硫设备的示意图;

图2 8 是描述第五方案中中和装置结构的图;

图2 9 是描述本发明脱硫随时间变化的曲线, 其中曲线a 表示吸收液体用中和装置进行了搅拌的情形, 曲线b 表示吸收液体没有进行搅拌的情形;

图3 0 是描述吸收液体中溶氧量与本发明第五方案中脱硫百分率关系的曲线;

图3 1 是图2 7 所示的脱硫设备的改进方案的图;

图3 2 是本发明第六方案的湿式烟道气脱硫设备的示意图;

图3 3 是描述图3 2 中所示设备中除雾器结构的图;  
图3 4 是图3 2 中所示设备中除雾器部分的详细平面图;

图3 5 是图3 2 中所示设备中除雾器部分改进方案的详图;

图3 6 是描述本发明第六方案中设置堰 (曲线a ) 和不设置堰 (曲线b ) 时水雾散射率曲线;

图3 7 是本发明第七方案的湿式烟道气脱硫设备的示意图;

图3 8 是图3 7 所示设备中垂直板部分的立面图;

图3 9 是图3 8 所示的垂直板部分的改进型的图;

图4 0 是本发明第八方案的湿式烟道气脱硫设备的示意图;

图4 1 、4 2 和4 3 是图4 0 所示设备的改进方案的图;

图4 4 是描述设置多孔板 (曲线a ) 和不设置多孔板 (曲线b ) 时两者之间在除雾器进口处水雾量的比较曲线;

图4 5 是图4 0 所示设备的改进型的图;

图4 6 是本发明第九方案的以图示气流方向进行烟道气湿式脱硫设备的剖面图;

图4 7 是沿图4 6 所示设备A - A 线的剖示图;

图4 8 是本发明第十方案的烟道气湿式脱硫设备的示意图;

图4 9 是图4 8 所示设备的改进型的图;

图5 0 是比较第十方案和第一方案的水雾散射率的曲线;

图5 1 是图4 8 所示设备的另一改进型的图;



图5 2 是图4 8 所示设备的进一步改进型的图；

图5 3 是本发明第十一方案的以图示气流方向进行烟道气湿式脱硫设备的剖面图；

图5 4 是沿图5 3 所示设备沿A - A 线的剖视图；

图5 5 、5 6 和5 7 是图5 3 和5 4 所示设备的改进型的图；

图5 8 是本发明第十二方案的烟道气湿式脱硫设备的示意图；

图5 9 是沿图5 8 所示设备的A - A 线的剖视图；

图6 0 是沿图5 8 所示设置的B - B 线的剖视图；

图6 1 是图6 0 所示脱硫设备改进型的图；

图6 2 也是图6 0 所示脱硫设备改进型的图；

图6 3 是描述现有技术中废气湿式脱硫设备的流程图。

下面结合附图对本发明的多种实施方案作详细描述。但是，本发明并不受这些实施方案的限制。

图1 - 5 说明了本发明第一设备方案的湿式烟道气脱硫设备。图1 为湿式烟道气脱硫设备的透视图。图2 为脱硫设备喷淋管的放大图。图3 为图1 所示设备的上部截面示意图。该设备包括在吸收塔2 内设置的多级喷淋管4 ， 这些喷淋管在气体流动方向上分多级设置， 同时在与气体流动垂直的方向上以多排设置从而水平延伸穿过废气1 的入口导管3 ， 吸收塔2 在水平方向上或至少在垂直方向上包含废气流动通道。喷淋管4 的级数以及喷淋管4 上所设的喷嘴数均无需特别限定， 可以选择某一适宜的数目。图1 中， 喷淋管4 的最上游的喷淋管4 a 以与废气流动相同的方向喷淋吸收液体（并流喷淋管）， 最下游的喷淋管4 b 以与废气流动相反的方向喷

淋吸收液体（逆流喷淋管）。这样，在入口导管3 内喷淋管4 a - 4 b 形成了喷淋区。在下游及入口导管3 的下方设有循环罐7 。如图4 所示，循环罐7 设有在罐的侧壁上安装的搅拌装置8 ，在搅拌装置8 的搅拌桨附近安装的氧化用空气吹气管1 0 ，用于浆罐内的吸收液循环至入口导管3 的泵1 1 及吸收液循环管1 2 ，用于向罐中补入新的钙基吸收液的进料管1 3 ，用于将罐内的吸收液（吸收剂浆液）排出的管1 4 和泵1 5 。如图1 所示，搅拌装置8 可包括氧化搅拌器8 a ，以及搅拌器8 b ，8 a 用于微细分散引入的氧化用空气，8 b 用于剧烈搅拌罐7 内的吸收液。

在吸收塔2 的废气排出部分设有出口导管1 9 ，即设在循环罐7 的上方下游部分，该出口导管包括一个折板状除雾器1 6 和管1 8 （见图4 ），管1 8 用于回收在除雾器1 6 中收集的水雾至循环管7 中。经吸收液排出泵1 5 使吸收液浆液从循环罐7 中排出，并在一个石膏回收设备2 0 中增稠以回收石膏2 2 。

在本发明所有方案中所示的各个装置均设有氧化用搅拌器8 a 和用搅拌吸收液体的搅拌器8 b ，氧化用空气吹气管1 0 ，吸收液体循环管1 2 ，用于补充新的钙基吸收液的进料管1 3 ，用于排出吸收液的管1 4 ，以及石膏回收设备2 0 ，在某些附图中未示出这些装置中的某几种。

吸收塔2 包括入口导管3 和出口导管1 9 ，它适于限制废气以水平方向或非竖直方向流动，该塔与自支撑式循环罐7 的上侧壁连接并延伸，从而使整个系统为自支撑式。最好在包含出口导管1 9 的水平段与循环罐7 的侧壁间的接合处设置挡板2 4 （见图4 ）以防止由气

体流动引起的水雾散射。

以这种方式，脱硫设备被构制成一种一体式结构，其中，循环罐7的上部形成卧式吸收塔2的一部分。因而，该脱硫设备为自支撑式的，并且其具有非常简单的结构。因此，本发明的脱硫设备与现有技术中所述的立式吸收塔结构不同，无需用于支撑塔导管部分的配件，同时整个设备强度高，从而设备费用大为降低。

在上述结构的单塔型烟道气脱硫设备中，废气1进入吸收塔2的入口导管3，在这里气体首先与由最上游的喷淋管4以顺流方式喷淋的吸收液接触。这段时间内，通过最上游喷淋管4 a的喷射作用使废气1牵拉并调整，同时，废气被冷却至饱和气体温度并被部分除尘及脱硫。需要指出，当由于发电厂的能量损失使高温气体可流入吸收塔2时，为了防止塔内部的损坏，可在最上游喷淋管4 a的上游再设置一个水喷淋装置（未示出）。最后经多个下游喷淋管4（包括最下游喷淋管4 b）使废气1除尘并脱硫至目标值。最下游的喷淋管4 b以逆流方式向废气1喷淋吸收液从而实现废气1的冷却、除尘及脱硫，同时实现了从上游散射的水雾的收集。为了减少因任一喷淋管4 a - 4 b的竖直位置的级间引起的偏差（压头差），最好横向（水平方向）设置喷淋管4，如图1所示。应使喷淋管4这样设置：从起点端至终点端使喷淋管的直径连续减小，如图2所示，从而使起点和终点两端处喷淋的液滴（图中的虚线）量，喷淋速度等相同。同时最好使喷淋管4的喷嘴6与相邻喷淋管4的喷嘴6在废气流动方向上或与废气流动的垂直方向上交错排列。因此，通过对喷嘴的排列可增强吸收液与废气1的气液接触效率，以这种方式，图2中虚线所示的吸

收液的圆锥形喷淋液滴相互间不会重迭。特别重要的一点是，应以这样的方式排列喷淋管4的喷嘴6使由相邻的喷淋管4喷淋的顺流和逆流液滴间不会重迭。

以这种方式冷却、除尘并脱硫的废气1在消除掉夹带的水雾后排出。

另一方面，作为吸收液的石灰石浆液经进料管13加至循环罐7中并与罐中存在的浆液混合。然后，通过循环泵11混合后的吸收浆液在入口导管3内喷淋，并与废气1进行接触；然后直接自由滴落至循环罐7中，或者滴落至入口导管3的底部，所说的导管底部为一斜面且其向循环罐7倾斜，这样浆液沿导管底部自由地流回循环罐7中。

对返回循环罐7的吸收液进行pH值复原。在循环罐7中，由氧化用空气吹气管10吹入的空气经搅拌器8a分散进吸收液中形成微小的气泡，因此在吸收液中经吸收SO<sub>x</sub>形成的CaSO<sub>3</sub>被氧化成石膏。循环罐7内的吸收液包含石膏及未反应的石灰石，经排料泵15排出吸收液，并在水力旋流器（未示出）中增稠至40-50%，溢流水（未示出）可循环及重新用作吸收塔2的洗涤水，制石灰石浆液用水等。增稠的石膏浆被弃置，如果需要的话，也可通过离心分离机，带式过滤机等图4中未示出的设备对其进一步脱水而回收石膏粉。

本发明的脱硫设备中废气1的冷却及除尘以及二氧化硫的吸收均是在喷淋过程中实现的，由于其中吸收液是被喷淋至废气流上，因此使得其操作性能将极大地受气体偏移（非均衡）流动的影响。在本发明的设备中通过最上游的喷淋管4a以与废气流动平行的方向喷淋吸收液提供了一种喷射器效应并结合适宜的吸收液喷淋速

度和适宜的废气1 的流动速度以调整废气1 。另一方面，在吸收塔2 内喷淋的液滴夹带在废气流中并且大部分液滴向下游散射。这是其缺点，因为这将引起下游导管、装置及部件的腐蚀。为此，设置除雾器1 6 。然而，由于由最上游喷淋管4 a 散射的水雾和液滴量特别大，用于收集水雾的除雾器1 6 的负荷就相当大，会引起水雾的再次散射且导致需要结构复杂的除雾器1 6 。本发明人做了各种测试和研究以减小除雾器1 6 入口处水雾的负荷，以下将给出其一般结果。结果表明，至少设置最下游的喷淋管4 b 以及使由其喷淋的吸收液与废气1 逆流接触，可以收集由上游如最上游的喷淋管4 a 引起散射的大量水雾，从而可显著降低除雾器1 6 的水雾负荷，这种类型的吸收塔2 是可行的。

为了确保向下游的散射减小至某种程度并延长与废气1 的接触时间，以及确保最大程度地回收喷淋的吸收液，理想的情形是入口导管3 与循环罐7 为一体式的。

进而，在设计吸收塔的类型中，引导废气在水平方向或非铅垂方向上流动时，如果吸收塔2 中废气1 的流速太慢，喷淋的液滴将受重力作用与废气流分离并滴落至塔2 的底部。因此，即使在某一方向如水平方向上接触距离尽可能地长，也不会出现气液接触。相反的情形是，如果废气的流速太快，那么夹带的水雾量将很大，会导致如下问题：吸收液大量损失、下游的导管、装置及部件的腐蚀以及压力损失增大等。

对于与吸收塔2 内气体流速差异相关而引起的上述问题进行了多种研究，结果表明，吸收塔2 内的气体流速存在一段最佳范围。图5 和图6 为气体流量为3, 000 m<sup>3</sup> N / h r 及S O<sub>2</sub> 浓度为2, 000 p p m 的

情况下，吸收塔2内入口处气体流速与脱硫百分率、压力损失和除雾器入口处的水雾量间的关系曲线。气体流速越高，脱硫百分率越大。优选气体流速为5 m/s 或更大。但是，如果气体流速等于或大于15 m/s 时，脱硫百分率会因气液接触时间的减少等原因，而再次降低。类似地，随着气体流速增加，除雾器入口处水雾量将大大增多。因此，为了尽可能地减小压力损失及除雾器16 入口处的水雾量以及增大脱硫百分率，吸收塔入口处的气体流速最好为5 -15 m/s 。业已发现，吸收液以顺流和逆流两种情形结合喷淋至气流上（图6 曲线b）时除雾器16 入口处的水雾量要小于吸收液仅以顺流进行喷淋时的水雾量（图6 的曲线a）。

### 实验例1

使用图3 和4 的湿式脱硫设备进行废气的处理实验。实验条件如下：

气体量：	3,000 m <sup>3</sup> N / h r
S O <sub>2</sub> 浓度	2,000 p p m
入口处灰尘浓度	200 mg / m <sup>3</sup> N
入口处气体温度：	150 °C
氧化用空气量：	30 m <sup>3</sup> N / h r
喷淋管级数：	3
液气比：	2.0 l / m <sup>3</sup> N
吸收塔入口尺寸：	□350 mm
石灰石过量百分数：	10 %

（实验结果）

脱硫百分率:	80 %
氧化百分率:	99.7 %
塔压损失:	80 mmH <sub>2</sub> O
出口处水雾量:	100 mg / m <sup>3</sup> N

即使在运行100小时后进行内部检测，吸收塔2的上游和下游均未观察到结垢及腐蚀情况。

### (比较实验例1)

与实施例1相比较而言，当来自第一级喷淋管（最上游喷淋管4 a）的吸收液的喷淋方向与废气流动方向相反时，废气1通过之前，喷淋吸收液将在入口导管3的上游流动，使得循环罐7中的吸收液量减少。但是，在通过废气1后，循环罐7中的吸收液量会重现其正常量。

脱硫百分率	82 %
氧化百分率	99.7 %
塔压损失:	110 mmH <sub>2</sub> O
出口处水雾量:	100 mg / m <sup>3</sup> N

在运行100小时后进行内部检测，吸收塔2的入口导管3中可观察到大量固体积聚。

### (比较实验例2)

与实验例1相比较而言，当来自第三级喷淋管（最下游喷淋管4 b）的吸收液的喷淋方向与废气流动方向

相同时，与废气通过的同时从出口导管19带出的喷淋液非常严重，从而导致循环罐7中的吸收液量减少，同时设备根本不能运行。因此，在出口导管19中的排水槽 (s e a t ) (未示出) 中存有大量的排出液 (d r a i n ) 。

## 第二方案

图3和4所示的卧式脱硫设备具有如下结构：即与气体流动方向相垂直的入口导管3的截面是逐渐增加的，其中入口导管3在气体流动方向上有多级设置的喷嘴6；同时，入口导管3的最下游部分的与气体流动方向垂直的截面积小于与气体流动方向垂直的、位于入口导管3与出口导管19间及循环罐7上方的气体流动通道的截面积。

由于喷嘴6在入口导管内多级设置，因此在入口导管3的较上游一侧由喷嘴6喷淋的吸收液的密度也较高。因而，通过逐渐增加气体流动方向上与气体流动方向相垂直的入口导管的截面积，例如使入口导管3的底表面呈倾斜的表面或斜坡状，就可能使在导管3内气体流动方向上喷淋的吸收液密度相等，从而确保在导管的每一段中废气1的脱硫率相等。

当入口导管3中气体流速较高时，废气1中 $SO_x$ 的吸收率也增大。因而，为了增加入口导管3中的气体流速，必须降低入口导管3的截面积，但是，如果气体通过出口导管时依然保持原来的流速，则除雾器16中收集水雾的负荷将较大。

如图4所示，与气体流动方向垂直的入口导管3的



最下游部分的截面积小于与气体流动方向垂直的位于入口导管3 与出口导管1 9 间及循环罐7 上方的气体流动通道的截面积，因而使得气体流速降低了，以至于气体流中夹带及散射的水雾并没有流向除雾器1 6 而是倾向于自由降落。

当入口导管3 的底表面为倾斜表面时，在气体流动方向上在入口导管3 上以多级安装的每一喷淋管4 其最低一级喷嘴6 基本上设置在相同的水平面上，从而确保尽早地防止喷嘴6 浸入沿入口导管3 的底表面的喷淋吸收液中。

本发明的卧式湿式脱硫设备中，入口导管3 的截面积小于出口导管1 9 的截面积。因而，入口导管3 中的气体流速大于出口导管1 9 中的气体流速，这是入口和出口导管1 3 和1 9 间截面积的差异造成的，因而，入口导管3 中气体流速增加将改善脱硫效能。

即使设备具有如下结构：在吸收塔2 内气体流动方向上从入口导管3 至出口导管1 9 截面积逐步增加，如下的结论也是同样确实的，即入口导管3 与出口导管1 9 的截面积也是不同的。理想的情形是，吸收塔2 入口导管3 的最下游部分与气体流动方向相垂直的截面积和位于循环罐7 液面上方的气体流动通道与气体流动方向垂直的截面积之比为1 0 0 : 1 2 0 - 2 0 0 。

## 实验例

为了证实本实验例的效果，使用3 , 0 0 0 m<sup>3</sup> N / h r 实验性试验设备进行气体流速对夹带水雾量的影响试验。下面给出试验结果，气体流速为吸收塔入口的最上游的气体流速即最大流速。

(a) 条件:

气体流速:  $5 - 20 \text{ m/s}$

液气比:  $2.0 \text{ l/m}^3 \text{ N}$

喷淋管级数: 3

循环液体为水。

(b) 结果

图7和8给出了实验结果。图7为水雾特征曲线的示意图,其中,纵轴代表除雾器16入口处的水雾量,横轴代表气体流速。图8也为水雾特征曲线的示意图,其中,纵轴代表除雾器16出口处的水雾量,横轴代表气体流速。随着气体流速增大,除雾器16入口处的夹带水雾量增大,除雾器16的出口处水雾量也增加了。这表明,为了减小排出系统已净化的气体中的水雾含量并增强水雾去除性能,需要有效地降低气体在出口导管19内除雾器16上游处的流速。

如图9的透视图所示,可为本实施方案的脱硫设备中出口导管19的底表面的倾斜部分设置多个水雾-再散射防止板26。水雾-再散射防止板26用来防止已落在出口导管19的底表面上的散射的水雾再由废气流动而再次散射,从而防止水雾在除雾器26的上游再次散射,从而抑制散射的水雾流入除雾器16的量的增加。

需要指出,水雾再散射防止板26在本发明的其它实施方案中也可应用。

第三方案

图1 0 的平面图和图1 1 的侧视图显示了本实施方案的湿式烟道气脱硫设备。

如图1 所示的第一方案中，喷淋管4 水平设置从入口导的一侧的侧壁表面延伸至另一侧的侧壁表面。喷淋管4 的基部对废气流的阻力较大，而喷淋管的尾部则对废气流的阻力较小。因此，即存在如下的缺点，即入口导管3 中的气流在喷淋管4 的上部会发生偏移，从而气液接触不均匀，导致脱硫率降低。此外，喷淋管4 仅在其基部支承在入口导管的壁表面上，因而，每一喷淋管4 的尾端呈半空中悬空状态，使得管4 支承不稳定。进而，由于喷嘴6 与喷淋管4 设置在同一水平面上，存在以下缺点，即当停止喷淋吸收液时，在喷淋管4 或喷嘴6 中还可能残留部分吸收液，吸收液中的固体（石膏、石灰石等）可能会沉积并积聚，从而导致喷淋管4 或喷嘴6 堵塞。因此，本实施方案试图对图1 的实施方案作出改进。

如图1 0 和1 1 所示，吸收塔2 适于限定废气流在非竖直的方向，塔2 包括在其上安装有喷嘴的喷淋管4 ，以在与废气1 的流动方向相同或相反的方向上喷淋吸收液体。喷淋管4 在入口导管3 内多排设置，并支承在入口导管3 的侧壁的两端上。喷淋管4 在气体流动方向上以单级或多级设置，图1 2 示出了从气体流动方向观察入口导管3 的内部结构（实际上未给出图1 2 的正端壁）。如图1 2 所示，多排的喷淋管在入口导管两相对侧壁间设置并在入口导管3 的中心部分相互连接。吸收液以相同的量从入口导管3 的两相对侧壁供向喷淋管4 ，并且从入口导管3 的侧壁向中心部分喷淋管4 的直径逐渐减小，从而使得即使喷淋管4 中吸收液的流率向中心部

分降低，但喷淋管4中的流速在任一位置都相同。

喷嘴6设置在喷淋管4的下方，因此，当停止喷淋吸收液时，残留在喷淋管4中的浆液将从喷嘴6中排出，从而防止喷淋管4的堵塞，这种堵塞通常是由于在吸收液中的固体沉降并积聚在喷淋管4中而造成的。

### (实验例)

为了证实本实施方案的效果，使用图1和图10、11的湿式脱硫设备进行了比较试验。实验条件如下：

气体流量                    3,000 m<sup>3</sup> N / h r

吸收塔入口尺寸:         350 mm

SO<sub>2</sub> 浓度:                2,000 ppm

液气比:                    2.0 l / m<sup>3</sup> N

石灰石过量百分数:        10 %

结果:

脱硫百分率:

图1的设备:                80 %

图10、11的设备:        82 %

图13和14为入口导管3中气体流速曲线图，它们分别相应于图1和图10、11所示的设备。

如果以相对于平均气体流速的偏差(%)来比较入口导管3内气体流速曲线的话，图1的设备中在靠近喷淋管基部支承侧壁处气体流速降低，而在靠近另一侧的气体流速则增加。这是因为入口导管3的基本截面积是变化的，由于图1所示设备的喷淋管4从基端到尖端为圆锥形的。另一方面，图10和11所示的设备则因其喷淋管4在中心部分直径减小，而此处的气体流速将增

加，但与图1 所示的设备比较，气体流速的偏差却减少了。为此，本实施方案证实，入口导管3 中的气液接触将比第一种实施方案的气液接触更均匀，可相对增加脱硫率。

当停留喷淋吸收液后，检测喷淋管4 的内部。结果发现，在每一喷淋管4 内均未发现残留吸收液，也未观察到固体堵塞喷淋管4 及喷嘴6 。

为了改进图1 0、1 1 的设备中喷淋管4 的中心部分气体流速的增加，采用图1 5 和1 6 所示的喷淋管4 来代替图1 2 所示的喷淋管4 。图1 6 为图1 5 沿A - A 线的截面视图（未示出喷嘴6 ）。图1 5 为从入口导管3 内气体流动方向观察喷淋管4 的图（未给出图1 5 的正端面图）。为了保证喷淋管4 的强度，在喷淋管4 的中心直径小的部分安装一个支撑件2 8 。因此，在水平方向上喷淋管的宽度基本一致，从而使得入口导管3 中的气流不受干扰，入口导管3 内气体流速能均一。

为改进水平设置的入口导管3 内从喷淋管4 的喷嘴6 喷淋浆液的效果，所采用的手段之一是使靠近入口导管3 的侧壁表面的喷嘴6 喷淋的浆液向入口导管3 内气流通道的内侧导向而不向着侧壁表面。这使得喷淋的液滴不会碰撞到侧壁表面上，因而防止再次散射，也就减少了散射水雾量，降低了除雾器1 6 的负荷。

#### 第四种方案

在立式脱硫设备中，水雾在吸收塔内竖直降落并夹带在气流中，因此，散射的水雾量相对较少。与此相反，在卧式脱硫设备中，由喷淋管喷淋的浆液液滴则会夹带

在气流中，因而易于被散射进入后续的除雾器中。如果散射进入除雾器中的液体量增加，用常规的除雾器就很难处理这种液体。这就要求增加除雾器的数量或增大最后一级喷嘴与除雾器的距离，从而防止散射的水雾散射进入除雾器。当设置一个附加除雾器时，如果散射进入除雾器的量增加，就可能引起除雾器的磨损，就需要加入抗磨材料，从而增加除雾器的重量。除雾器重量的增加又需要使增重部分加强。当补充这种措施后，设备的结构又变得复杂了并使尺寸增大，从而增大的设备的投资，这是不希望出现的。为此，重要的一点是，防止吸收塔中喷淋的水雾大量散射进入后续的除雾器中。

因而，通过改进吸收塔的结构或浆液喷淋方法而不去设置附加的除雾器来减少散射的水雾量是非常重要的。

本实施方案是针对这种改进方式的。

图1 7 显示的为本实施方案的脱硫设备，其中，与图1 所示的脱硫设备功能相同的部件或构件仍用与图1 相同的编号表示，对它们的描述不再给出。

由喷嘴6 喷淋并微细分散的吸收液滴中直径较小的那些被夹带在废气1 中并由除雾器1 6 回收。但是，如果吸收塔2 中气体流速增加，则在气流中夹带及散射到除雾器1 6 中的水雾量也将增加，这样使得除雾器1 6 的液体负荷增大。这种情形下，即使除雾器1 6 设置成两级，水雾的再散射将会润湿出口导管1 9，从而使出口导管1 9 的壁表面遭到腐蚀。为此，在循环罐7 的顶部或出口导管1 9 的顶部设置一倾斜板2 8，该板用于将气体气流转向，使其方向与水平方向呈一预定角度。

如果以这种方式通过向下转向倾斜板2 8 使由入口导管3 的最下一级喷嘴4 b 引入的气体流动方向向循环

罐7 转向，那么转向离开气流到达除雾器1 6 的散射水雾量将显著降低。通过设定倾斜板2 8 的角度使其大于邻近循环罐7 的入口导管3 的底表面与水平面间的倾斜角，就可使气流转为向下流动的方向，结果可降低到达除雾器1 6 的水雾量。但是，有时因害怕石膏会固着到倾斜板2 8 上，必要时可设置一种能用洗涤水擦洗倾斜板2 8 的装置。

即使图1 7 所示设备其除雾器1 6 级数较少，也可降低除雾器1 6 收集水雾的负荷，且不增加压降损失，也不会降低脱硫率。

参看图1 8 ，在该图所示的实施方案中，在除雾器1 6 上游出口导管的顶部或循环罐7 的顶部以垂吊方式设置挡板3 0 。这样，气流在吸收塔内循环罐7 上方时将向下转向，从而使气体中夹带的水雾从气流中分开并滴落至循环罐7 中吸收液表面上。

倾斜板2 8 或挡板3 0 的最下端处在吸收液表面上方，气体流动通道的垂直截面面积至少应大于入口导管3 的垂直截面面积以降低气体流动阻力，从而使水雾易于滴落至循环罐7 的液面上。

如果以上述方式在循环罐7 的顶部或出口导管的顶部设置一个插入件如倾斜板2 8 或挡板3 0 ，喷淋的吸收液液滴不会碰撞插入物，就有可能降低到达除雾器1 6 的散射水雾量。这样，入口导管3 处的空气流速无需降低，因此，也就不担心会降低脱硫率。

图1 9 和2 0 给出了另一种实施方案（图2 0 为图1 9 沿A - A 线的截面图），其中，垂直方向上以锯齿形设置多个具有U 形截面的横穿除雾器1 6 上游的气流通道的碰撞板。在该实施方案中，在入口导管3 中吸收

的含 $\text{SO}_2$ 气体的吸收液回收进循环罐7中，通过罐7中的螺旋搅拌浆32使氧化用空气均匀地分散在吸收液中。浆30由位于罐7顶部的马达34带动围绕传动轴35旋转。

通过在除雾器16上游设置的U形碰撞板31可除去气流中夹带的散射的水雾。由于U形碰撞板31以锯齿形两级或多级设置，大多数气流中夹带的水雾会被除去。此外，由于是以锯齿形设置，压力损失被大大减少，90%或更多的散射水雾被除去。为了防止吸收液沉积在U形碰撞板31上干燥及固着，也可设置一种能将洗涤水加至碰撞板31上的装置（未示出）。

当喷淋管4如已描述的那样水平安装时，由靠近入口导管3的内壁表面的喷嘴6a喷淋的吸收液的方向向入口导管3的内侧倾斜，如图20所示，从而使吸收液不会碰撞内壁，从而防止散射水雾的产生。

对于大尺寸的喷嘴6，经常使用喷淋角为90度的空心锥形喷嘴（见图2）。当具有空心锥形喷嘴的喷淋管水平安装时，由喷嘴6喷淋的吸收液的方向指向气体流动方向，吸收液被大量吹向入口导管3的侧壁上。与此相反，当图20所示的入口导管3侧壁附近的喷嘴6a向内弯曲时，散射的水雾量将比由喷嘴6喷淋的吸收液的方向指向气体流动方向时的水雾量小50%或更小。图20中在喷淋管4的中心部分的喷嘴66可采用如下方式，即由其喷淋的浆液方向与气流方向相同。

图21给出的为脱硫设备的一种实例，其中，喷嘴6被设置于入口导管3中，这样由其喷淋的吸收液的方向向下转而不指向水平方向，从而散射的水雾被夹带在气流中，使散射的水雾量降低。理想的情形是，在较上



级的喷嘴6 应设置成使其喷淋的浆液方向向下转而不指向水平方向，而转后下级上的喷嘴应设置成使其喷淋的浆液方向指向水平或略向上转而不指向水平。以这种方式来确定由喷嘴6 喷淋的浆液的方向，就可能减少散射进入除雾器1 6 的水雾量，同时不会影响脱硫率。

图2 2 给出的为一种脱硫设备的实例，其中喷嘴被设置成有两级与气流方向相同，两级与气流方向相反。由喷嘴6 喷淋的浆液液滴被夹带在气流中并向后续的除雾器1 6 散射，但是受重力作用，大多数水雾在到达除雾器1 6 后滴落了。当废气1 以水平方向被引入在吸收塔2 中流动时，水雾恰好在除雾器的上游以与水平方向呈 $10 - 30$  度的角度向下滴落。因此，大多数到达除雾器1 6 的水雾可能会到达除雾器1 6 的下部。因而，通过在除雾器1 6 上游的下部设置百页型插入件3 6 ，就可能除去散射的水雾同时又用水雾滴润湿百页型插入件3 6 两个表面。如果百页型插入件3 6 以与水平方向呈 $5 - 45$  度角取向下转安装，那么在百页型插入件所设置的区域处，通过百页型插入件3 6 的流通通道与水雾喷淋的轨迹处于同样的方向，因此，压力损失很小，同时，无需用洗涤水去洗涤百叶型插入件3 6 的表面。

图2 3 给出了脱硫设备的另一实例，其中，吸收塔具有V 形轮廓。在图2 3 所示的脱硫设备中，喷嘴6 与倾斜的入口通道方向相一致，与气体流动为相同流动方向。另一种可选择方式是，喷嘴6 的设置与气体流动方向相同或相反的组合。废气1 从水平方向通入向下倾斜的入口通道3 中，而喷淋的吸收液受重力作用向下运动。在循环罐7 的上方，气流转而折向上运动，因此从气流中转移出来的散射的水雾滴落在循环罐7 的吸收液

表面上。以这种方式，夹带在气流中散射进入除雾器16的水雾量显著降低。理想的情形是，吸收塔2的V形倾斜角设定为与水平方向呈 $10^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ 度。图24给出了冷膜实验结果（横轴反应器倾斜角与纵轴水雾散射百分率间的关系曲线）。如果倾斜角为 $10^{\circ}$ 度或更大，则到达除雾器16的散射水雾量可减至倾斜角为 $0^{\circ}$ 时水雾量的四分之一。如果倾斜角被设定为 $40^{\circ}$ 度，则到达除雾器16的散射水雾量可减至倾斜角为 $0^{\circ}$ 的水雾量的十分之一。因而，使倾斜角设置尽可能大是最理想的。但是，如倾斜角较大，则入口导管3的高度也相应较高，使吸收塔的加工成本增大。因此，又有必要设定倾斜角尽可能地小。图24是在下述实验条件下进行实验所得实验结果：逆流喷淋，气体流速 $1.2\text{ m/s}$ ，设备的吸收塔2的截面积为 $950\text{ mm} \times 950\text{ mm}$ ，喷嘴为2英寸中空锥形喷嘴。

如上所述，在卧式脱硫设备中，在减少到达除雾器16的水雾量的同时，不会降低脱硫率。

图25给出了模拟分析结果，实验是对 $350\text{ MW}$ 规模的发电厂在卧式脱硫设备中喷淋水雾。图25显示的是由喷淋角 $90^{\circ}$ 度的空心锥形喷嘴喷淋的直径为 $1.5\text{ mm}$ 的水雾的性能。图25中的曲线是在下述条件下得到的：

顺流喷淋：

曲线a： $6\text{ m/s}$ ，曲线b： $8\text{ m/s}$ ，

曲线c： $12\text{ m/s}$ 。

逆流喷淋：

曲线d： $6\text{ m/s}$ ，曲线e： $8\text{ m/s}$ ，

曲线f： $12\text{ m/s}$ 。

从这些结果可以看出，如果气体流速从 $6\text{ m/s}$ 增至 $12\text{ m/s}$ ，在逆流喷淋情形时，散射进入除雾器16的水雾量显著增加。如果气体流速以这种方式增加，那么该脱硫设备可为致密的，但是散射的水雾量增加了，且进入除雾器16的水雾负荷也增加了。为此，除非采用上述方法，脱硫设备不能运行。

图26给出了在1/5冷模中实施本实施方案的实验结果。图26说明了在气体流速为 $6\text{ m/s}$ 和 $12\text{ m/s}$ 下水雾-散射率(%)间的比较结果，图26的实验结果是在导管中不存在图17所示的插入件的情况下得到的。如果气体流速增至 $12\text{ m/s}$ ，在无插入件的情形下水雾散射率增至 $6\text{ m/s}$ 时该值的4.5倍，但是如果使用本实施方案(图17-19及图22-23)的脱硫设备，即使气体流速增大，水雾散射率也基本上等于 $6\text{ m/s}$ 时的该值。即使使用现有技术的两级除雾器16这一点也是相容的。

#### 第五方案：

现有技术如图63所示，它存在如下问题：

(i) 不仅有能吸收 $\text{SO}_2$ 的碳酸钙(石灰石)而且还有不吸收 $\text{SO}_2$ 的石膏大量存在于吸收液中。如果为了增强脱硫的性能提高吸收液中石灰石的比例，其结果是降低了石膏的质量，使得石膏不能使用了。

(i i) 要大量供应氧化用的空气(提供空气的泵和混合空气的搅拌器需要大量的能量)。

(i i i) 需要大量的能量来粉碎石灰石。

本实施方案的目的是要改进与图63所示的现有技

术有关的以上问题。一个卧式的设备示意于图2 7。与图1 所示的脱硫设备中一样，图2 7 所示的卧式脱硫设备包括入口导管3，喷嘴6，循环罐7，搅拌器8，吹气管1 0，除雾器1 6 和出口导管1 9。本方案的设备进一步包括用来提高吸收液p H 值的中和装置3 8，吸收液的p H 值由于吸收了废气1 中的 $S O_2$  而降低，以及用来分离石膏和石灰石的分离器3 9。

由吸收塔2 的进料管3 中的喷嘴喷出的吸收液选择性地吸收废气1 中的 $S O_2$  生产亚硫酸并下落至循环罐7 中，亚硫酸再被氧化生产硫酸。含有硫酸的吸收液被吸收液排放泵1 5 传送至中和装置3 8 中，在那里它被石灰石中和同时产生石膏。含有石膏的吸收液被输送至分离器3 9 中，在这里石灰石和石膏被分离开来。然后，含有石灰石的吸收液循环至喷嘴6 以选择性地吸收 $S O_2$ 。含有大量石膏的吸收液被输送至脱水器4 0，在这里它被脱水，回收石膏。石灰石A 补充到中和罐3 8 中。

### (实验例1 )

使用这一方案的设备进行脱硫实验。在进料管3 中的废气里 $S O_2$  的浓度是1 0 0 0 p p m。相当于废气1 中 $S O_2$  摩尔数能使用2 个小时的石灰石（平均直径5 m m）预先放入中和装置3 8 中。按摩尔比率计，以废气1 中 $S O_2$  的0. 9 7 倍的石灰石A 由石灰石补充管4 2 补充，按摩尔比率计，废气1 中 $S O_2$  的3 0 倍的空气吹入循环罐7 中。

图2 9 描绘了一表示脱硫百分率（纵轴）随时间（横轴）变化的曲线a。在脱硫反应的第一阶段，表现出

高的脱硫性能，但脱硫百分率随时间下降。考查其原因，确定了这样一结论，脱硫百分率的下降是由于在中和装置3 8 中，石膏颗粒在石灰石颗粒表面结垢，导致了石灰石的反应速度下降。据此，设备被改进为如图2 8 所示的结构，中和装置3 8 中的石灰石A 用搅拌器4 3 搅拌。图2 9 描绘了一表示改进后脱硫百分率随时间变化的曲线b。在这情形下，没有观察到脱硫百分率的下降，长时间内提供了高的脱硫性能。当入口导管3 中的废气里 $S O_2$  的浓度从1 0 0 - 5 , 0 0 0 p p m 内变化时，在任何条件下，通过使用搅拌器4 3 都能在长时间内保持高脱硫性能。

### (实验例2 )

除了吹入循环罐7 中的空气量在1 0 倍于废气中 $S O_2$  的量变化为1 0 0 倍外，在与实验例1 相同的条件下考查脱硫性能，用溶氧计 (d i s s o l v e d - o x g e n m e t e r ) 4 4 测定此时分离器3 9 内吸收液中的溶解氧的浓度。图3 0 描述了溶解氧浓度 (纵轴) 和脱硫百分率 (横轴) 之间的关系，其中，如果溶解氧的浓度等于或小于1 p p m，则脱硫百分率下降。这可以认为因为如果吹入循环罐7 中的空气量较小， $H_2 S O_3$  不能完全氧化，继续留在液体中，因此，进一步的吸收反应 ( $H_2 O + S O_2 = H_2 S O_3$ ) 变慢。要求测量溶解氧的浓度，控制用来氧化的空气的量使得溶解氧的浓度为1 p p m 或更高。

上面描述的方案中的中和装置3 8 可使吸收液与石灰石A 反应。如果能防止石膏颗粒在石灰石颗粒表面结

垢的话，任何结构的中和装置3 8 都能使用。除使用上面描述的搅拌器4 3 外，防止石膏颗粒在石灰石颗粒表面结垢的方法可以用气体如空气鼓泡防止结垢的方法。任何如湿式旋液分离器的装置，如果能够分离石膏颗粒和石灰石颗粒都能用作分离器3 9 。如果在吸收液中石灰石的浓度低，或者石膏的质量不重要，分离器3 9 可以省去。进一步说，中和装置3 8 和分离器3 9 可以统一为一个装置，以使得该装置具有中和和分离两种作用。

不管废气流以何种方向和废气与吸收液以何种接触方式（在湿壁式吸收器等中）本发明都是有用的。

在如图2 7 的脱硫设备中，中和装置3 8 位于吸收塔2 的外部，但可以在循环罐7 的下部提供石灰石A 的填充相。图3 1 描述了这种方案的设备的一种流程。即使使用这种结构，最好还是要除去在石灰石表面结垢的石膏颗粒。如果循环罐7 的底部具有分离石膏颗粒和石灰石的功能，分离器3 9 可以省去。

这样，按照该方案，由于高氧化率，所以所需的空气量和用来分细氧化用空气的搅拌器的能量也都较小。此外，由于使用石灰石的粗颗粒，所以不需粉碎。颗粒尺寸大（1 mm 或更粗）的石灰石能容易地与石膏颗粒（通常是2 0 - 1 0 0  $\mu\text{m}$ ）分离，使得中和器3 8 中石灰石的量可能增加。因此，得到了高的脱硫性能，得到质量提高的石膏，这是因为石灰石几乎不与石膏颗粒相混合。

## 第六方案

第六方案亦于图3 2 。从喷嘴6 喷出并被分细的吸

收液中直径较小的液滴被废气1 夹带，但被在出口导管1 9 上提供的除雾器1 6 a 和1 6 b 所回收。在这一时间内，如图3 3 所示，达到除雾器1 6 a 的水雾碰撞在除雾器1 6 a 的元件4 7 上，并在那里被收集，然后，以液膜4 8 的形式在元件4 7 的下部下降。

下降的液体收集在由除雾器1 6 a 下面的导管1 9 的壁表面形成的槽5 0 中，再经水雾回收管1 8 返回循环罐7 中。包括石膏在内的颗粒包含于散射的水雾中并慢慢沉积在除雾器1 6 a 的元件4 7 的表面。因此，为洗除沉积在除雾器1 6 a 的元件4 7 上的颗粒，积聚在洗涤水罐5 1 中的洗涤水由泵打入洗涤水管5 2 中从洗涤水喷嘴5 4 间歇地喷入除雾器1 6 a 中。为洗涤下游除雾器1 6 b 的元件，要使用不含尘埃的液体作为洗涤水。洗涤水液体由洗涤水管5 5 通过洗涤水喷嘴5 6 提供。

含有颗粒的液体作洗涤水在除雾器1 6 b 的下部收集，并输送到洗涤水罐5 1 中。沉积在下游除雾器1 6 b 上的颗粒量远小于沉积在上游除雾器1 6 a 上的量，因此，如果这些液体收集在洗涤水罐5 1 中利用来洗涤上游除雾器1 6 a ，就不必重新为除雾器1 6 a 提供洗涤水，也能有效地应用。

除雾器1 6 a 和其周围的部分示于由上向下看的局部图3 4 中。除雾器1 6 a 的尺寸大于出口导管1 9 的直径。除雾器1 6 a 还具有一个槽5 0 ，散射的液体不能在导管1 9 与除雾器1 6 a 之间穿过。大部分散射的水雾是沿出口导管1 9 的内壁表面通过而达到上游除雾器1 6 a 的，因此，为了防止水雾进入除雾器1 6 a ，可以在除雾器1 6 a 的前面设置一堰5 9 。堰5 9 有这

样的结构，即在气流方向上尖端被弄弯，使得在这一部收集的液体能平缓地流向出口管的下部，而不会再散射至后续的部分。

图3 5 描绘了除雾器1 6 a 和1 6 b 的详细剖面结构。因为在上游除雾器1 6 a 的前面设置了堰5 9，正如前所述，分散的水雾当它们沿内壁表面通过到达除雾器1 6 a 时，被堰5 9 收集至管1 9 的底部。在出口导管1 9 的底部表面上形成一个靠罐一侧的倾斜部分1 9 a，它从堰5 9 向吸收塔2 下面的循环罐延伸。因此，收集的液体沿罐侧倾斜部分1 9 a 速度流下到循环罐7 中，所以不会从堰5 9 再散射。

在除雾器1 6 a 和1 6 b 之间的导管1 9 的底部表面形成除雾器侧倾斜部分1 9 b，使得在倾斜部分1 9 b 处积聚的液滴流到下游除雾器1 6 b。更进一步，可以在除雾器侧的倾斜部分设置底部洗涤喷嘴6 2，因此保证积聚在导管1 9 底部的水雾和颗粒能间歇地或连续地洗除从而防止沉积问题。

图3 6 描述了现有技术的立式吸收塔1 0 2（图6 3）中水雾散射量与本方案的卧式吸收塔2 中水雾散射量两者之间的比较。水雾散射率（散射的水雾占喷出的吸收液的总量的比例）为纵轴，气流速度为横轴。在这里使用的散射的水雾量定义为随气流进入上游除雾器1 6 a 的散射的水雾量。如果将当气流速度为3 m / s 时现有技术中的立式吸收塔1 0 2 和卧式吸收塔2 中的散射水雾量进行相互比较，现有技术的立式吸收塔1 0 2 中散射的水雾量（图3 4 中的点X）是很小的为0.2，在本方案中散射的水雾量（曲线a）为1。与此相反，如果气流速度提高，无堰5 9 的卧式吸收塔2 中的散射



的水雾量也增加，如果气流速度为 $6\text{ m/s}$ ，它会增加到本方案的4倍这样一个水平。

这是由于大部分夹带在气流中的水雾碰撞在导管19的内壁表面才到达除雾器16a的。与此相反，在本方案中，即使气流速度提高，大部分水雾碰撞到位于出口导管19内壁表面的堰59上而到达除雾器16a，从而被堰59收集。因此，即使气流速度提高，除雾器16的负荷不会增加，除雾器16的收集性能不会下降。

正如上所述，即使气流速度提高，增加了散射水雾的量，除雾器16a和16b的负荷增加得不多，因此，除雾器16a和16b的性能不会下降，不必重新提供装置来收集水雾。

## 第七方案

本方案的脱硫设备示于图37。吸收塔2中的入口导管3的底部壁表面稍微倾斜，以回收在进口导管3中由喷嘴6喷出的吸收液。由喷嘴6喷出的最大的一部分吸收液被设置在出口导管19内的一组垂直板63收集，在每一块垂直板63的表面形成液膜，从而吸收和除去喷嘴6未能完全除去的二氧化硫。如放大图38所示，垂直板63平行于气流方向设置。为了防止垂直板结垢，它们可以用从石膏回收设备20中回收的管64中的上层清液或管66中的补充水来洗涤。没能被垂直板63完全收集的吸收液被下游的除雾器16去除。

可以使用图39所示折叠的垂直板63。在这种情形下，当散射的水雾通过折迭部分63a时由于惯性碰撞，它们沉积在垂直板63上，从而使散射水雾去除效

率得以提高。

(实验例)

为了证实本方案 (使用如图3 8 所示的垂直板6 3 ) 的效果, 用2, 5 0 0  $\text{m}^3 \text{N} / \text{h r}$  中试规模 (p i l o t ) 进行实验, 结果如下:

(1) 条件:

废气量: 2, 5 0 0  $\text{m}^3 \text{N} / \text{h r}$

入口处 $\text{S O}_2$  的浓度: 2, 0 0 0 p p m

液-气比率: 1 5 升/  $\text{m}^3 \text{N}$

塔中气流速度: 5 - 1 2 m / s

(2) 结果:

项目	条件		
	气流速度5m/s 无垂直板	气流速度5m/s 有垂直板 (本实例)	气流速度12m/s 有垂直板 (本实例)
脱硫(%)	86.0	92.4	94.3
除雾器16的入口 处的水雾量 (g/m <sub>3</sub> N)	200	12	100
除雾器16的出口 处的水雾量 (mg/m <sub>3</sub> /N)	120	22	54

从上面的实验结果可以相信，由于在出口导管19中的除雾器16上游设置了一组垂直板63，在除雾器16入口处的水雾量将减少，而脱硫性能将提高。

以这种方式在喷嘴6的下游设置一组垂直板63保证即使吸收塔2中气流速度提高使得喷出液滴的散射量增加，散射水雾也能被垂直板63收集，在每块垂直板63的表面形成了吸收液液膜，使得在进口导管3内未能完全去除的那一部分亚硫酸气体能吸收掉，从而得到

了改进的脱硫效果。

## 第八方案

本方案的脱硫设备示于图4 0。本方案的特征是在吸收塔2的废气出口侧的出口导管的截面上即在下游并在循环罐7的上方设置一多孔板，用来防止由气流导致的水雾的散射的多孔挡板2 4最好是设置在出口导管1 9的水平部分和循环罐7的侧壁的结合部，如图4 1和4 2所示。

废气1和它夹带的吸收液的水雾在下游方向一起流动通过入口导管3，但当其通过由散射的水雾碰撞到除雾器1 6上游开口处的多孔板3 9时形成的液膜时，即可实现所要求的脱硫百分率。也就是说，夹带在废气中的吸收液喷淋液滴的表面（边界膜）的速度相对同一情形下废气的速度较小，使得喷出液滴的表面更新并未完成；这些表面已经与废气中的 $\text{SO}_x$ 达到饱和，所以，即使在喷嘴4和除雾器1 6之间存在有效的接触，它对脱硫的贡献也较少。然而在喷嘴4和除雾器1 6之间设置象多孔板6 9这样的阻挡元件，不仅使得散射的水雾碰撞阻挡元件从而被收集，而且由于废气穿过被收集的水雾在多孔板6 9上形成的液膜，使液膜的更新得以进行，有效地达到脱硫反应。

阻挡元件并不限于多孔板6 9，如它能更新吸收液喷成的液滴的表面，任何阻挡元件都能用，在这种情况下，都预期达到一定的脱硫效果。

多孔板6 9也可以设置在进口导管3的下游部分，如图4 3所示。为处理吸收液体的吸收浆液和把压力损

失减小至最低限度，要求多孔板69的孔的尺寸为10 mm或更大，开孔比例为20%或更大。可以使用具有相同孔径和孔间距的多孔板69，但在横向（与废气流垂直的方向）上孔径和孔间距可以调整。当调整孔径和孔间距时，因为在多孔板69的下部水雾的负荷较大，所以最好是多孔板下部的孔径大于上部的孔径，或者开孔比例较大时，孔间距较小。此外，入口导管3有和循环罐7完整的结构，保证在下游方向散射能降低到一个小的程度，而且废气接触时间能延长，喷出的吸收液能尽可能地回收。

在多孔板与吸收塔2的底部的相对于循环罐7倾斜的斜面的接合处留出一液体排放缝隙。

图44是描述在吸收塔2进口处的气流速度（横轴）和除雾器16的入口处的水雾量（纵轴）之间的关系的曲线，其测定条件是气体流量为3,000 m<sup>3</sup> N / h r，SO<sub>2</sub>的浓度为2,000 ppm。可以发现，即使气流速度上升，在设置了多孔板69（曲线a）时，除雾器16的入口处的水雾量比没有设置多孔板时（曲线b）小，所以，多孔板的设置产生了显著的效果。

#### （实验例1）

用如图40所示的湿式脱硫设备进行废气处理实验，实验条件和结果如下：

气体流量：	3,000 m <sup>3</sup> N / h r
SO <sub>2</sub> 的浓度：	2,000 ppm
入口处尘埃浓度：	200 mg / m <sup>3</sup> N
入口处气体温度：	150 °C

氧化用空气量:	3 0 m <sup>3</sup> N / h r
喷管级数:	3
液 - 气比率:	1.5 升 / m <sup>3</sup> N
吸收塔入口尺寸:	□3 5 0 m m
石灰石的过量百分数:	1 0 %
多孔板	
孔径:	4 0 m m
开孔比例	5 0 %
(实验结果)	
脱硫百分率:	8 0 %
氧化百分率:	9 9 . 7 %
塔的压力损失:	1 0 0 m m H <sub>2</sub> O
出口处水雾量	1 0 0 m g / m <sup>3</sup> N

(实验例2 )

用如图4 3 所示脱硫设备进行废气处理实验, 实验条件和结果如下:

气体流量:	3 , 0 0 0 m <sup>3</sup> N / h r
S O <sub>2</sub> 的浓度:	2 , 0 0 0 p p m
入口处尘埃浓度:	2 0 0 m g / m <sup>3</sup> N
入口处气体温度:	1 5 0 °C
氧化用空气量:	3 0 m <sup>3</sup> N / h r
喷管级数:	3
液 - 气比率:	1.5 升 / m <sup>3</sup> N
吸收塔入口尺寸:	□3 5 0 m m
石灰石的过量百分数:	1 0 %
多孔板	

孔径: 4 0 m m

开孔比例 5 0 %

(实验结果)

脱硫百分率: 8 3 %

氧化百分率: 9 9 . 7 %

塔的压力损失: 1 1 5 m m H<sub>2</sub> O

出口处水雾量 9 5 m g / m<sup>3</sup> N

(实验例3 )

用如图4 0 所示脱硫设备进行废气处理实验, 但使入口导管3 (图4 1 ) 使喷出的所有吸收液朝与气流平行的方向。实验条件和结果如下:

气体流量: 3 , 0 0 0 m<sup>3</sup> N / h r

S O<sub>2</sub> 的浓度: 2 , 0 0 0 p p m

入口处尘埃浓度: 2 0 0 m g / m<sup>3</sup> N

入口处气体温度: 1 5 0 °C

氧化用空气量: 3 0 m<sup>3</sup> N / h r

喷管级数: 3

液 - 气比率: 1 5 升 / m<sup>3</sup> N

吸收塔入口尺寸: □ 3 5 0 m m

石灰石的过量百分数: 1 0 %

多孔板

孔径: 4 0 m m

开孔比例 5 0 %

(实验结果)

脱硫百分率: 8 0 %

氧化百分率: 9 9 . 7 %

塔的压力损失:	5 5 mmH <sub>2</sub> O
出口处水雾量	1 5 0 mg / m <sup>3</sup> N

(比较实验例1 )

除了去掉实验例1 中设置在入口导管3 与除雾器1 6 之间的多孔板6 9 之外,基本上按与实验例1 相同的方式进行废气处理实验,实验结果如下:

(实验结果)

脱硫百分率:	6 7 %
氧化百分率:	9 9 . 7 %
塔的压力损失:	8 0 mmH <sub>2</sub> O
出口处水雾量	1 5 0 mg / m <sup>3</sup> N

操作1 0 0 小时后,检查其内部,结果是在除雾器1 6 的元件上发现相当大的磨损。

在本方案中,即使如上面的实验例3 所述,所有的喷嘴6 都以与废气流平行的方向喷出吸收液,也能得到相同的效果。然而在这种情形中,水雾的负荷很高,所以要求在循环罐7 的下游和除雾器1 6 的上游设置多孔板6 9 。应当注意,当除雾器1 6 去除喷出的液滴,限定的流速约7 -8 m / s ,因此,在这种情形中,包括除雾器1 6 的出口导管1 9 的尺寸应大于位于循环罐7 上游的入口导管3 的尺寸。

在本方案中,即使如图4 2 所示水平地(即平行于废气流的方向)设置一组多孔板6 9 也能在某种程度上达到目的。这是因为散射的水雾在下游方向上流动同时也下落,甚至被多孔板6 9 收集形成液膜,因此完成脱硫。



本方案被描述成具有吸收塔2 和循环罐7 为相互为整体的结构，但即使是如图4 5 所示的具有吸收塔2 和循环罐7 为相互分离并由一泄水管相连接的结构，也表现出类似的效果。

这样，按照本方案，吸收塔2 的高度较低，而且能具有很高的脱硫性能，降低出口处的水雾量，从而节约了劳力，提高了性能。

## 第九方案

本方案的湿式烟道气脱硫设备是卧式的，如图4 所示，但在入口导管3 上有一特征。入口导管3 和循环罐7 的示意的纵向剖面图（沿图4 中A - A 线剖面图）示于图4 6 ，沿图4 6 中A - A 线剖面示意图示于图4 7 。

在如图4 6 的方案中，喷嘴6 直接设置在入口导管3 的两个相对的侧壁表面和顶壁表面。喷管4 和液体循环管1 2 安装在入口导管3 的外面并与喷嘴6 相连。来自循环罐7 的吸收液经这些管道由循环泵1 1 供应到喷嘴6 。应当注意，安装在顶壁表面的喷嘴6 和与其相应的喷管4 可以省去。

本方案中的吸收塔具有这样的结构，喷管4 和喷管4 的支撑件都不在入口导管3 内，因此，不必害怕吸收液的液滴碰撞在这些插入件上从而引起与 $\text{SO}_x$  气体的吸收反应的终止。所以在本方案中，吸收液液滴能有效地完成脱硫反应，进而得到与图4 所示脱硫设备相同的脱硫百分率，降低喷淋的吸收液量成为可能。

此外，在本方案的吸收塔2 中，为安装在入口导管3 侧壁和顶壁上的每一组喷管4 提供一个循环泵1 1 。

因此，喷淋的吸收液量可以根据塔型、废气的流率或 $\text{SO}_2$ 的含量在特定的侧壁或特定的顶壁部分有变化。

应当注意，在本发明的所有的方案中，从喷嘴6中喷出的吸收液量是可以通过设置在喷管4中的调节元件（未画出）来调节的。

吸收塔2的纵向剖面外形是如图4 6所示的正方形，但也可以是圆形。此外，在图4 6、4 7中喷管4和喷嘴6是水平放置的，但不限于这种取向，入口导管3侧壁上的也可以垂直放置。

当喷管4及其支撑构件是设置在吸收塔2内部时，通常是使用如不锈钢之类的高质量材料来制造管4，以防止腐蚀，其原因是浆液是强酸性的。在本方案中，由于喷管4等是设置在吸收塔外面，所以不必使用这样高质量的材料。

使用本方案，如果要求获得图4所示设备同样的脱硫效果，则喷淋液体量可以减少，从而降低了操作成本。此外，在脱硫设备内没有插入件，设备的加工费用也降低了。

#### 第十方案：

本方案示于图4 8，在本方案中，用来喷射吸收液的除雾喷嘴7 1被安装在循环罐7的顶部（即吸收塔2的顶部）。本方案的目的在于通过连续地利用从喷嘴7 1喷出的吸收液水雾的除尘功能而不是利用如图4 0所示的设置在出口导管1 9内的多孔板6 9这样的插入件来收集废气中散射的水雾，以降低除雾器1 6的负荷。来自循环泵1 1的一部分吸收液从除雾喷嘴7 1向循环

罐7 内的吸收液表面喷射。因此，从入口导管3 引入的废气1 以正交的方式穿过这些喷射的液滴群。在这段时间里，由于包含在废气1 中的散射水雾比气体的比重大，所以摆脱了向循环罐7 的液面穿行的水雾的废气流将会由于惯性力直线通过。因此，散射的水雾与向循环罐7 液面穿行的水雾碰撞，从而被收集。

本方案的效果示于图5 0。从图5 0 可以看出，在本方案中，设置在出口导管1 9 内的除雾器1 6 的入口处的水雾散射率（散射的水雾占喷射的吸收液总量的比例）基本被减少到未使用上游除雾器1 6 a（图5 1）只使用单级除雾器1 6 的第二方案（图4）的一半。因此，得到的效果基本上与使用一个上游除雾器1 6 a（图5 1）相当。

从除雾喷嘴7 1 中喷出的吸收液也吸收废气中的 $\text{SO}_2$ ，因此，在不增加循环泵1 1 的吸收液循环量的条件下，抽出一部分供到喷嘴6 的吸收液体也能有效地实现上面描述过的功能。所以循环泵1 1 的能耗不会增加。

在图4 9 所示的方案中，在循环罐7 的顶部安装隔板7 2，使得在循环罐顶部与吸收液表面之间流动的一部分废气流受阻，因此，废气流在液面附近流过。除雾喷嘴7 1 安装在隔板7 2 的下端。由于隔板7 2 使气流弯曲，与图4 8 所示的方案相比，更加迫使废气流在液面附近流动，使得水雾由于惯性力与循环罐7 的液面或塔底壁碰撞。在图4 9 所示的方案中，与图4 8 所示的方案相比，当废气通过由除雾喷嘴7 1 喷出的液滴群时，气流速度升高，所以废气1 中的水雾的惯性力也增加，改进了废气中水雾对散射水雾的去除。

在图5 2 所示的方案中，循环罐7 的顶部降低以代

替设置在图4 9 所示的方案的隔板7 2 , 使得顶部接近循环罐7 的液面, 除雾喷嘴7 1 安装在接近液面的顶部, 因此, 正如图4 9 所示的方案, 可以进一步强化废气1 中的散射水雾的去除。

按如图4 8 、4 9 和5 2 的方案, 在除雾器1 6 的上游没有设置去除散射水雾的结构, 因此, 可以降低设备的成本, 降低吸收塔内的压力损失和脱硫鼓风机的能耗。所以可以通过提高气流速度使吸收塔2 更紧凑 (compactification) 。

第十一方案:

本方案的脱硫设备是卧式的, 如图3 和4 所示, 但是在入口导管3 上有特征。入口导管3 和循环罐7 的纵剖面示意图 (沿图4 的A - A 线的剖视图) 如图5 3 所示, 沿图5 3 中A - A 线的剖面示意图为图5 4 所示, 和图3 和4 所示吸收塔2 中有相同功能的部件或构件按与图3 和4 相同的参数数字定义, 其描述在这里就省略了。

如图5 3 和5 4 所示, 多级喷嘴6 安装在入口导管3 的相对的侧壁上, 入口导管是正方的管形 (也可以是园管形) 因此喷管4 可以设置在入口导管外面。因此, 不必害怕喷管外表面的腐蚀, 而且不需支撑喷管4 和喷嘴6 的支撑件。进一步说, 喷嘴6 的配件也可以设置在吸收塔的外部, 不必害怕腐蚀, 可以应用廉价的材料。更进一步说, 不会观察到由喷嘴6 之类的配件的插入件引起的喷出液滴流的压力损失的升高。

然而, 如果喷嘴6 仅仅安装在入口导管3 的内壁, 喷出的浆液的液滴的轨迹是以喷嘴6 为尖顶的圆锥形, 由于这个原因, 在喷嘴6 的附近, 喷嘴之间形成一区域,

在该区域内不存在吸收液的液滴。因此，入口导管3中有一部分气体不会与吸收液接触就吹过吸收塔2，在整体上导致了废气脱硫性能的下降。据此，如图5 3和5 4所示，防止气体吹过 (blow-through) 的板7 3以多级安装在入口导管3侧壁上的多级喷嘴6之间，所以保证废气不会吹过呈圆锥状分布的喷射液滴和入口导管3侧壁内表面之间的限定净空。防止气体吹过的板7 3朝从喷嘴6喷出的液滴方向放置。在液滴不喷射的区域内，在水雾喷射的方向防止气体吹过的板7 3的宽度是受限制的。因此，液滴的喷射不会受阻。

图5 5所示的方案是图5 3所示方案的一种改进，但区别于图5 3所示方案的是防止气体吹过的板7 3的构型上。防止气体吹过的板7 3以多级安装在入口导管3侧壁的喷嘴6之间，沿从喷嘴6喷出的液滴的轨迹形成的角度延伸。在这种情况下，在喷出液滴轨迹的外面的区域内防止气体穿过的板7 3的宽度在喷射液滴的方向上有限制，所以防止了废气从喷嘴6之间吹过。

图5 3所示方案的一种改进如图5 6所示，在该方案中，喷嘴6安装在与安装在入口导管3侧壁上的多级防止气体吹过的板7 3相同高度的地方，使其顶端对准防止板7 3的内端，因此防止了废气1的吹过。

根据类似的观点的另一可选择方案见于图5 7。在该可选方案中，入口导管3的侧壁的一部分向内弯曲成垂直的凹槽。喷嘴6分别安装在凹槽的下斜面上，示于图5 7，其中吸收液能以平行于气流的方向喷射。更进一步说，在入口导管的下游，喷嘴6可以安装在凹槽的上斜面上，吸收液能以与气流相反的方向喷射。如果喷嘴6是单级的，在喷嘴6喷出吸收液的时候会在喷嘴6

之间产生一个不存在喷射液滴的区域。然而，设置两级或多级喷嘴6，并在喷嘴6的上游和下游锯齿形地垂直布置，喷射液滴不存在的区域将不存在。

尽管防止气体流过的板7 3 或凹槽被垂直设置或限定在上述方案中的入口导管3 的侧壁上或其内，但应理解，防止气体流过的元件可以在入口导管3 的侧壁水平部分或从垂直部分以设定角度倾斜的部分设置。在这种情形中，吸收液可由相同的喷管4 供应到一组在水平方向或从垂直方向以设定的角度倾斜的喷嘴6 中。

## 第十二方案：

该方案示于图5 8 -6 2 中，在图5 8 所示的卧式脱硫设备中，吸收塔2 的底部是倾斜的，从喷嘴6 中喷出的液体大部分下落到入口导管3 的底部，在这里被收集并下降到循环罐7 中。通过在其底的倾斜部分设置堰7 5 或槽7 6，如图5 8 所示，喷出的吸收液被堰7 5 所收集。通过从吸收塔2 的底部的中央至侧壁（见图5 9）处设置堰7 5，从倾斜部分下降的吸收液以切线方向下降到循环罐7 的侧壁圆周，使得循环罐7 中的液体不需搅拌由于下降液体7 7 的能量被循环起来了。

通常，使液体在循环罐7 内循环的条件可通过使用搅拌器来满足，该搅拌器应能搅拌循环罐7 内液体量的一半（每分钟）。如果循环罐7 的体积很大容纳了大量的液体，整个循环罐内的液体仅靠下降的吸收液的能量是不能搅拌的。在这种情况下，在循环罐7 中有必要象现有技术中一样设置一搅拌器。因此，在循环罐内液体的停留时间较短的条件下，即使在循环罐7 内不安装搅

拌器，也可以使液体有效地循环。

按照本方案，可以省去分散输入循环罐7内空气的搅拌器，使循环罐7的结构得以简化，进一步降低了能耗成本。

进一步说，通过将氧化用空气经底部空气管79供到入口导管3的底部倾斜部位，在那里液体剧烈地运动，或通过将氧化用空气经置于吸收塔2内的空腔部位的空气管80供到靠近循环罐7的液面的部位，可以减少输送到循环罐7内的空气量。经底部空气管79输送的空气中的氧由于液体的剧烈流动以溶解氧的形式溶解在吸收液中氧化亚硫酸氢钙。输送到靠近循环罐7液面部位的空气被包入液体中变成气泡81，因此，亚硫酸氢钙进一步进行氧化。在这一方式中，通过将空气输送到入口导管3的底部的倾斜部位，该部位液体剧烈运动，或输送到靠近循环罐7液面的部位可以减少经向循环罐7吹入氧化用空气的吹气管10输送的空气量。

在图59中，显示沿图58中A-A剖示的底部结构。在该方案中，循环罐7的水平剖面是一个圆，但不限此，例如可以是矩形。经喷嘴6喷出的吸收液，在吸收SO<sub>2</sub>气体后，下落到吸收塔2的入口导管3的底部的倾斜部位；经在从吸收塔2中央至侧壁处设置的堰75调整，沿循环罐7的侧壁圆的方向下落。通过使下降的液体77以这种方式下降到循环罐7中，循环罐的液体能由于下降液体77的能量而循环。此外，产生的石膏颗粒由于液体的循环不会聚积在循环罐7的底部。

沿图58中B-B线的剖面图见于图60。设置在吸收塔2底部倾斜部位的堰75是布置在从吸收塔2中央至侧壁处的位置，下降的液体77沿循环罐7的园圆

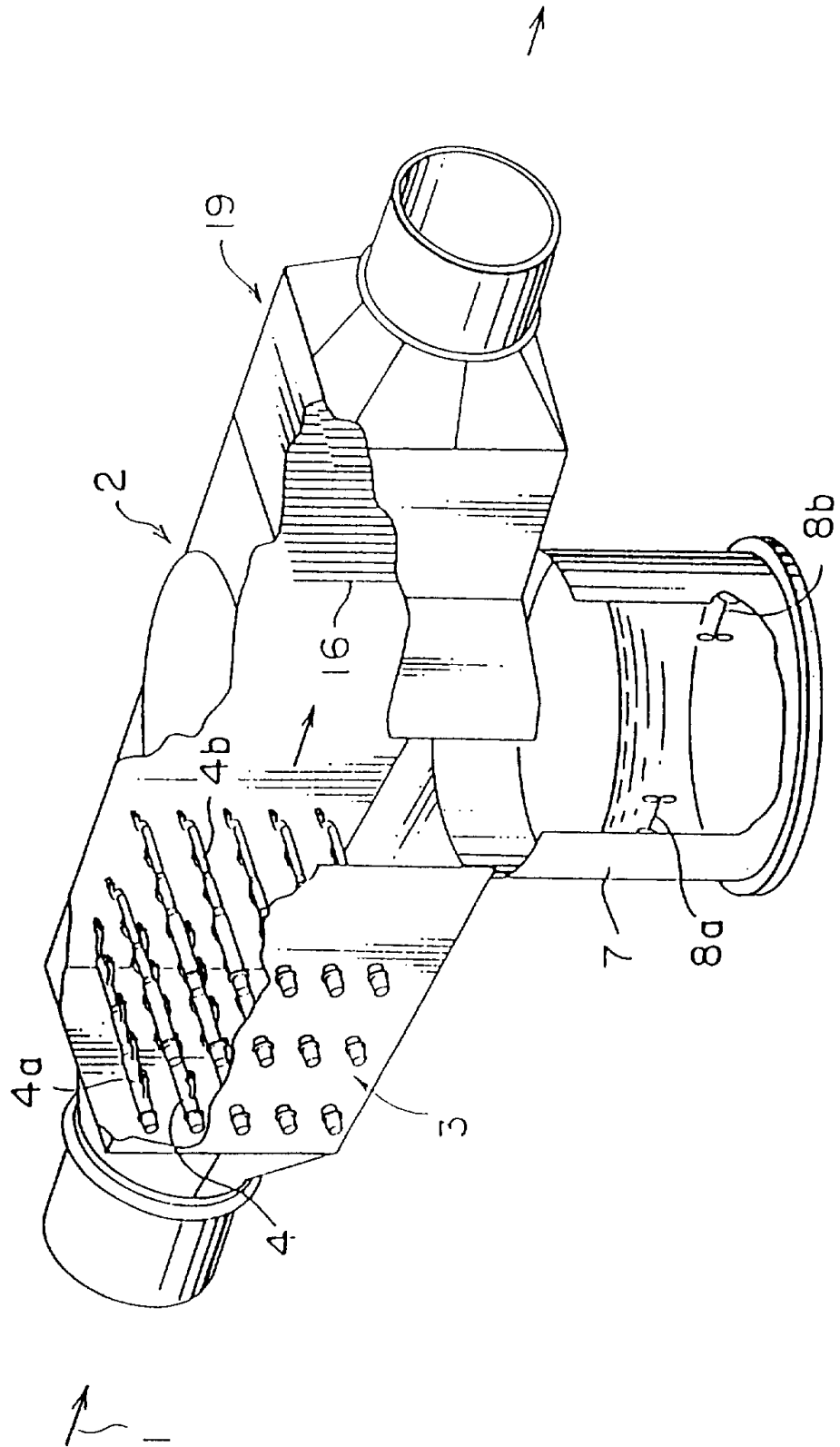
的切线方向（见图5 8）下降。

在图6 1 中，用沿图5 8 B - B 线的剖面图，描述了一个方案，在吸收塔2 底部的倾斜部位开了一槽7 6。在图6 1 所示的方案中，槽7 6 布置在从吸收塔2 底部中央至侧壁处的位置，正如图6 0 所示的堰7 5。图6 2 描述了一个方案（它类似于沿图5 8 中的B - B 线的剖面图），其中，在吸收塔2 的底部提供了一堰7 5 和一槽7 6。

正如上所述，利用本发明能够省去可以是设置在循环罐7 中的搅拌器，使得循环罐7 结构简单，进而降低了能耗成本。此外，通过将氧化用空气输送到吸收塔2 的底部倾斜部位，这里液体运动剧烈，和/ 或靠近循环罐7 液面的部位，可以减少向循环罐的空气输送量。



图 1



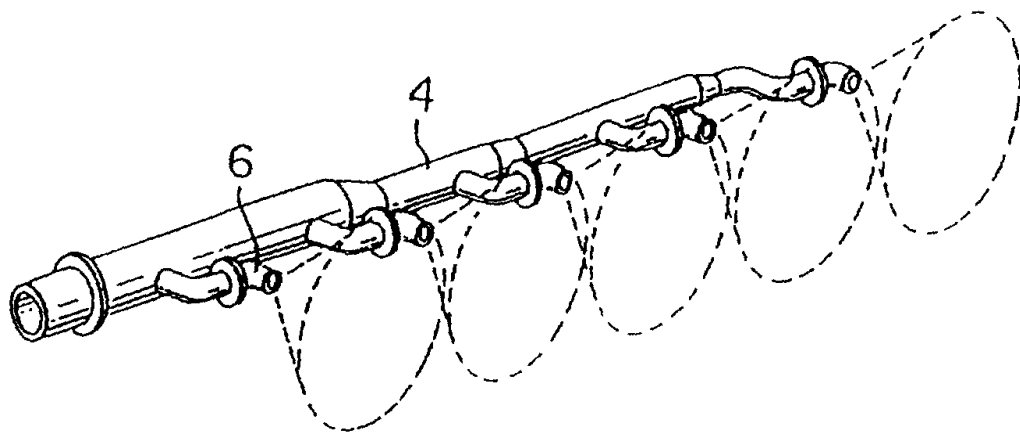


图2

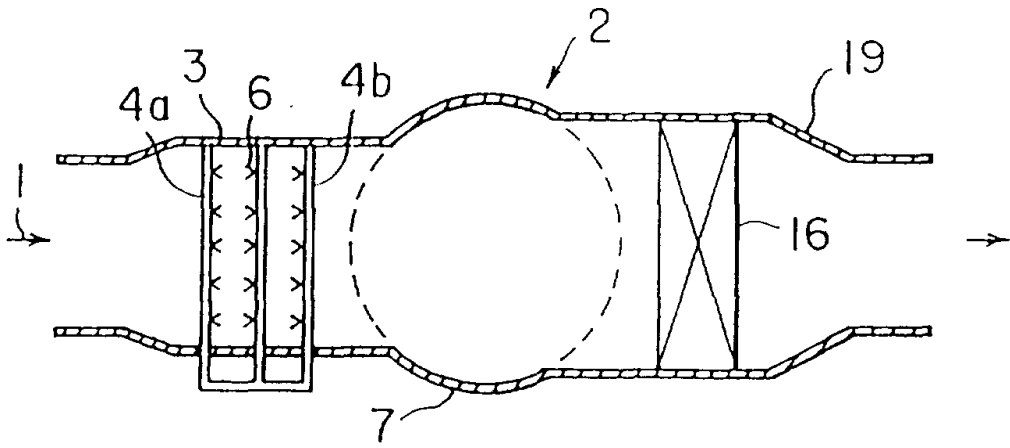


图3

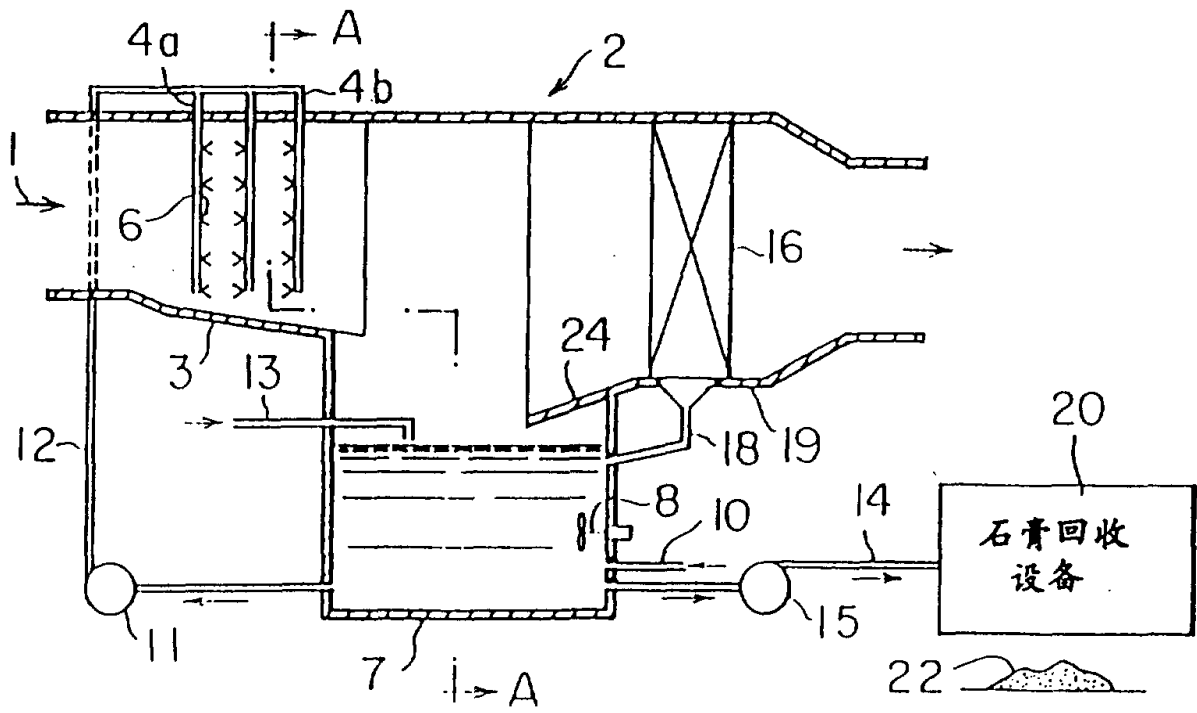


图4

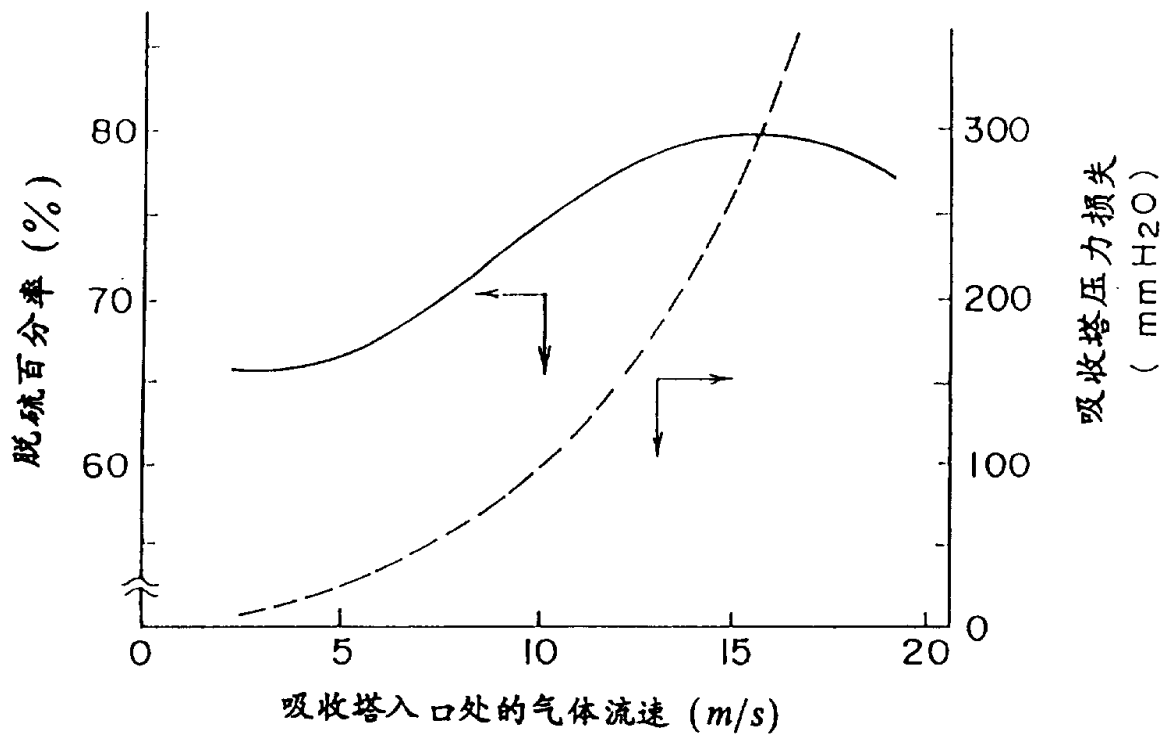


图5

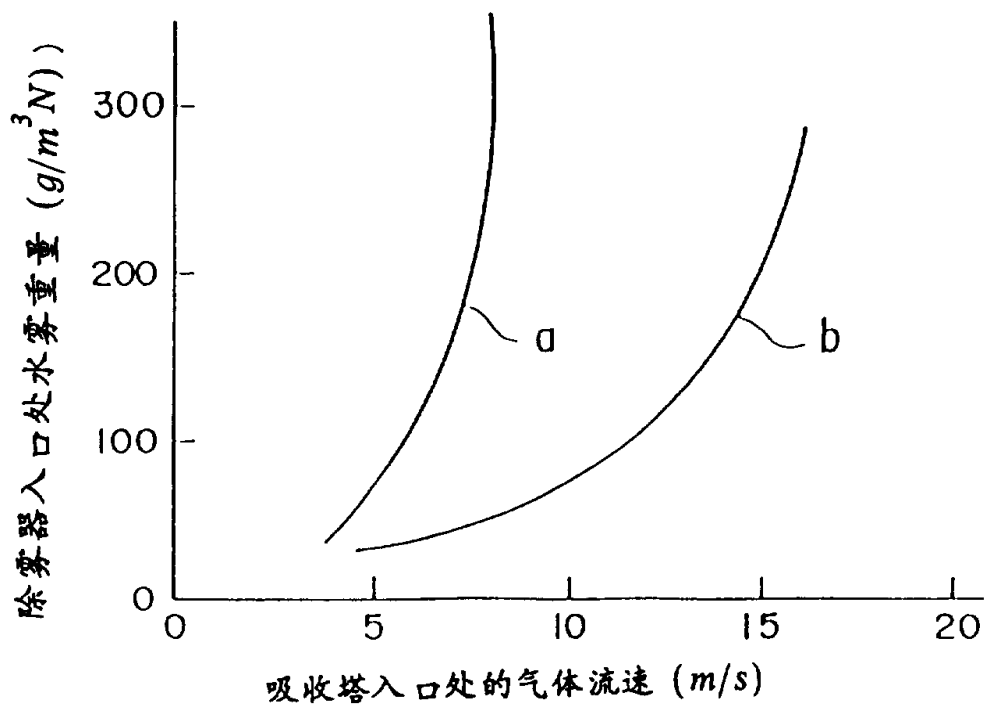


图6

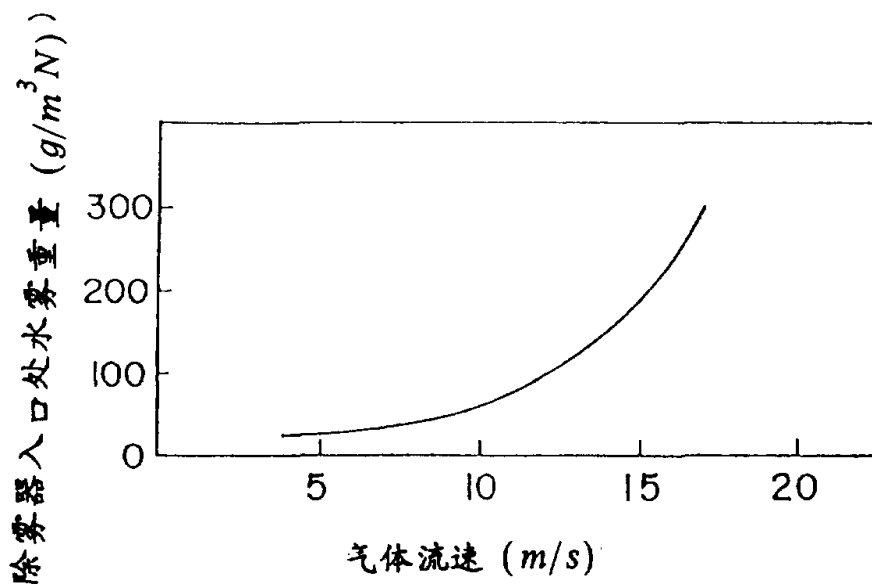


图 7

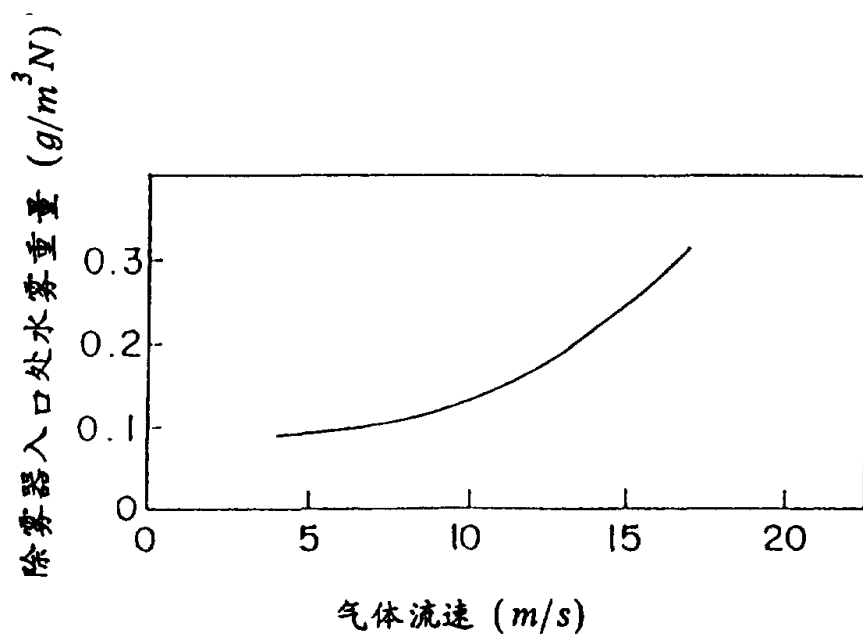


图 8

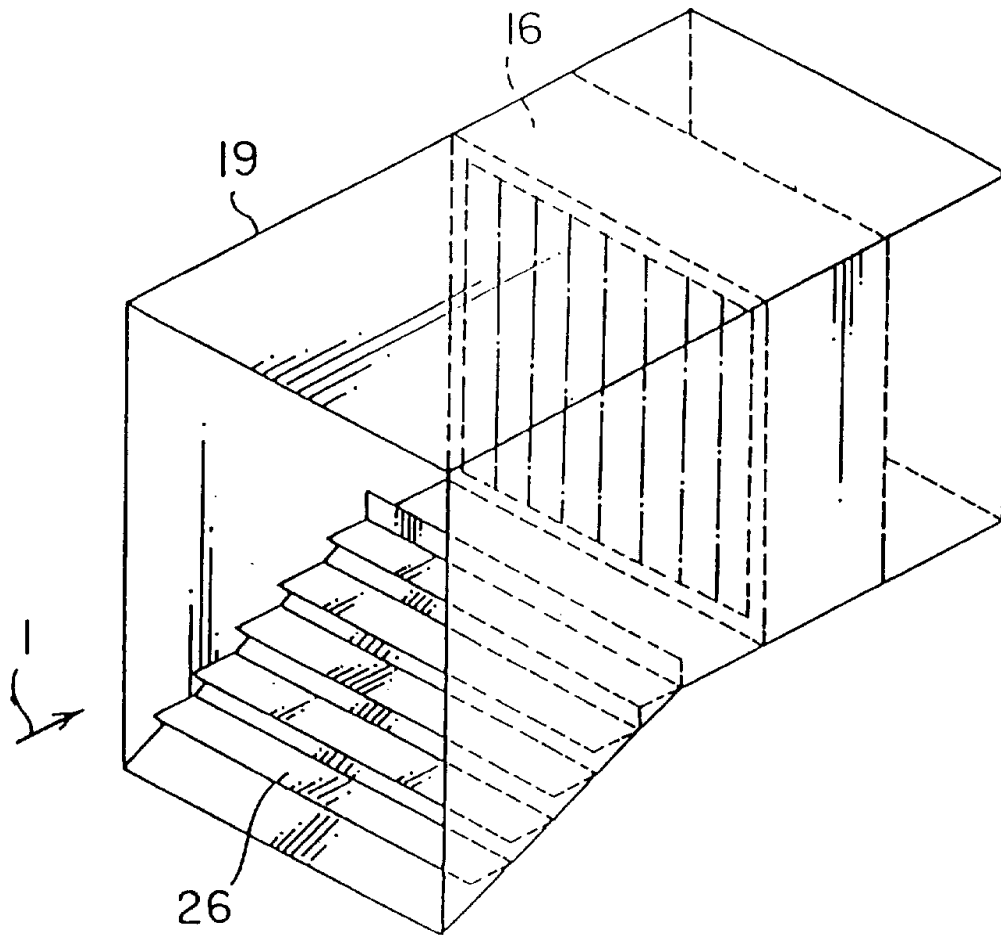


图9

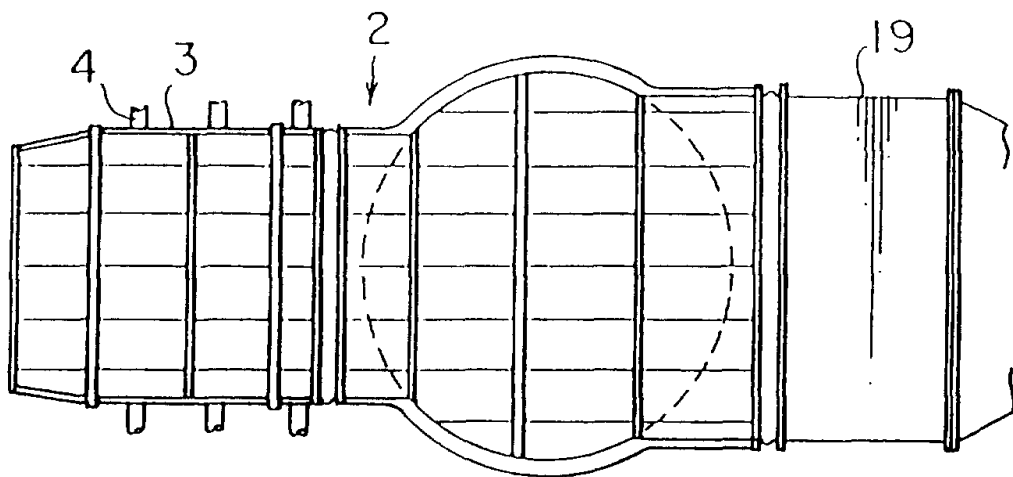


图10

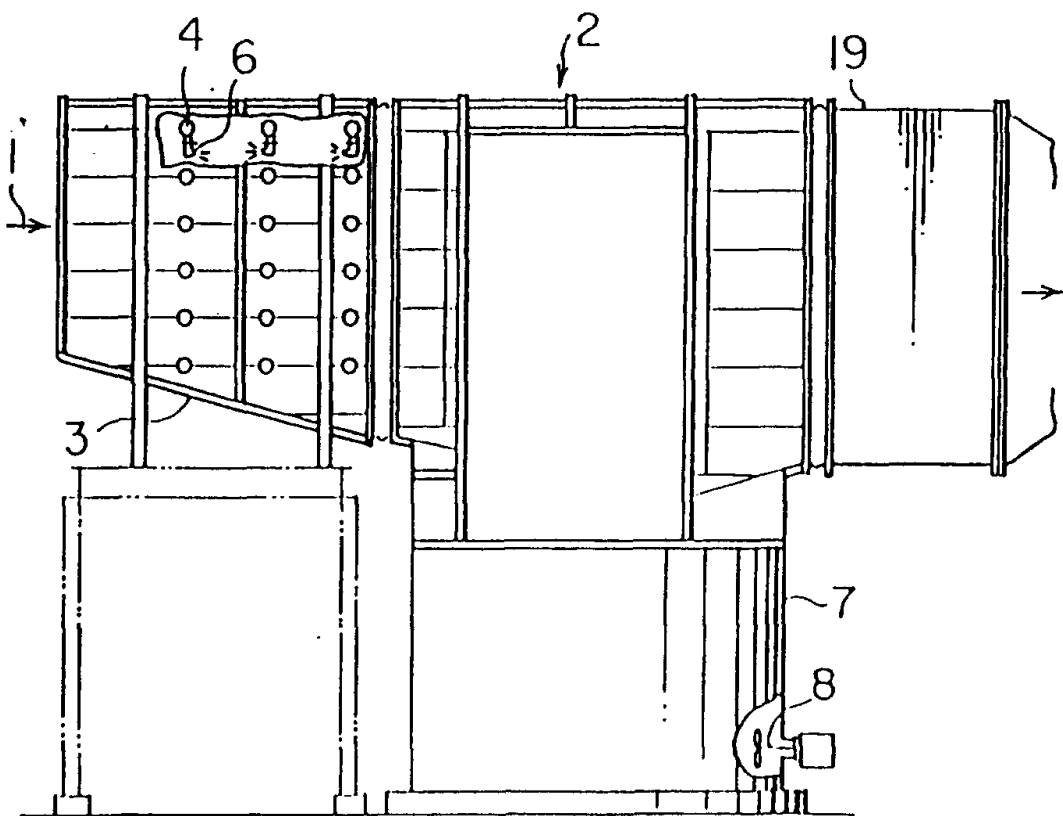


图11

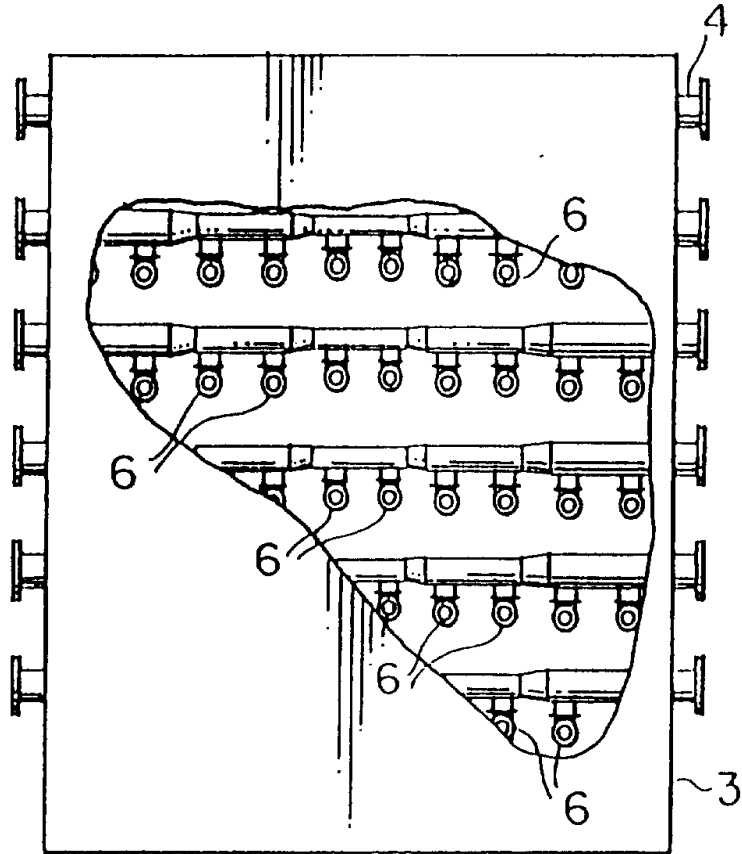
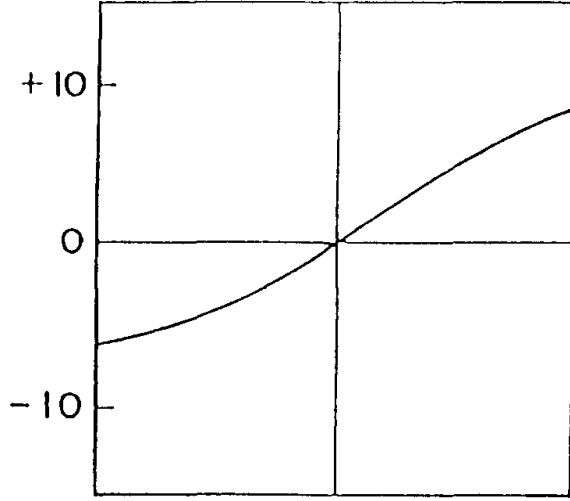


图 12



与平均气体流速的偏差 (%)



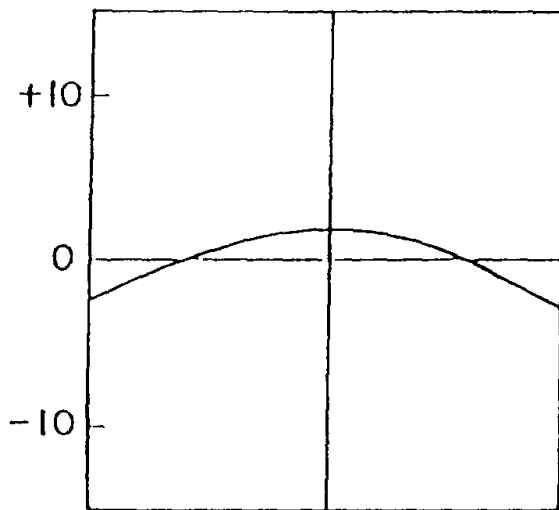
在喷淋管的支承下部  
入口导管的侧壁表面

中心部分

另一部分

图13

与平均气体流速的偏差 (%)



在喷淋管的支承下部  
入口导管的侧壁表面

中心部分

在喷淋管的支承下部  
入口导管的侧壁表面

图14

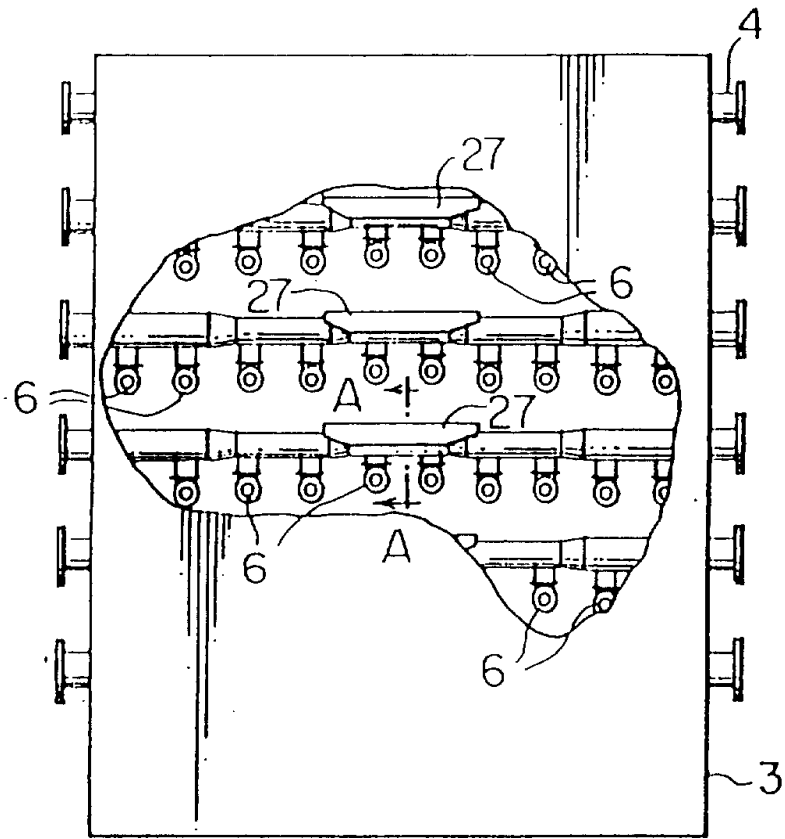


图15

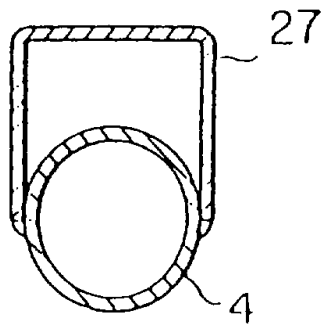


图16

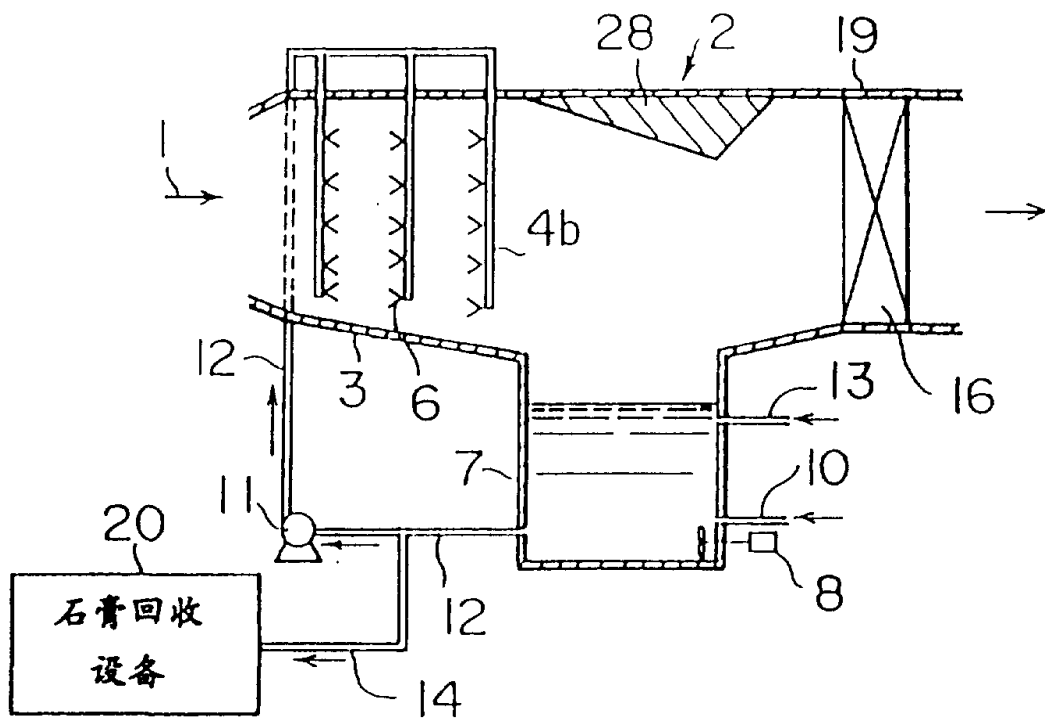


图17

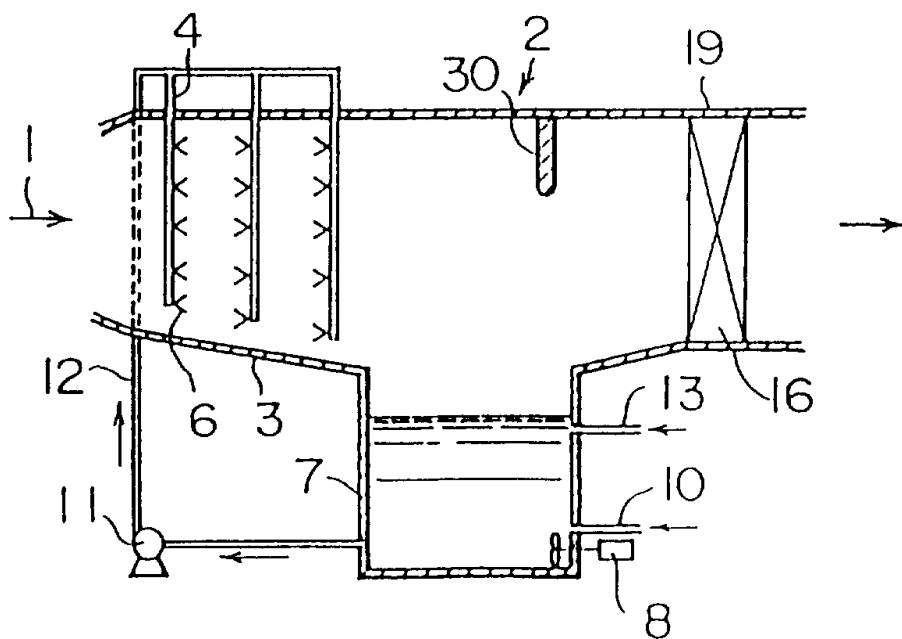


图 18

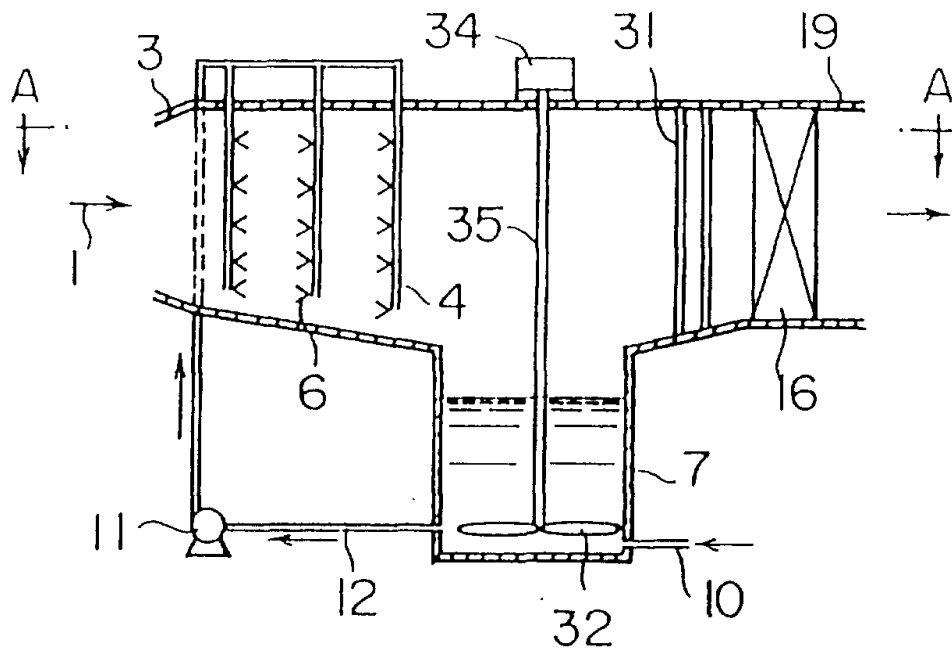


图19

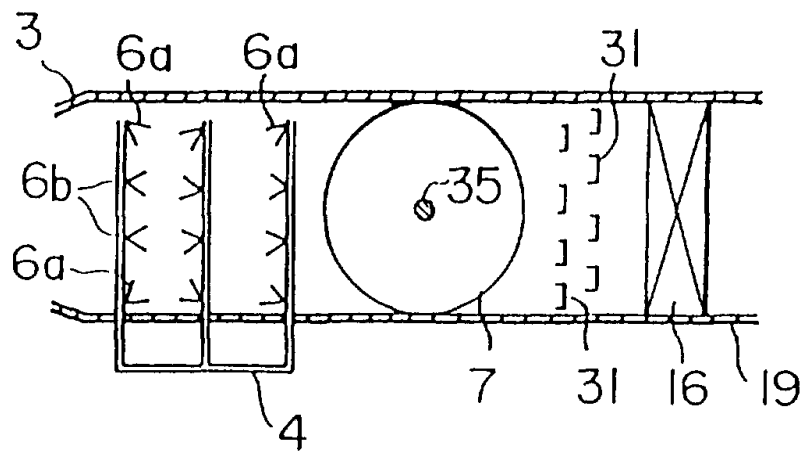


图20

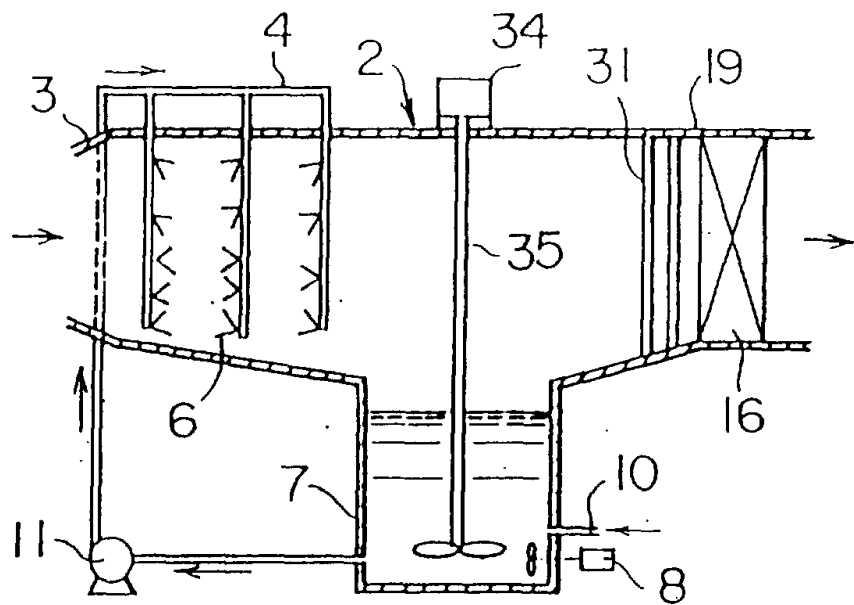


图21

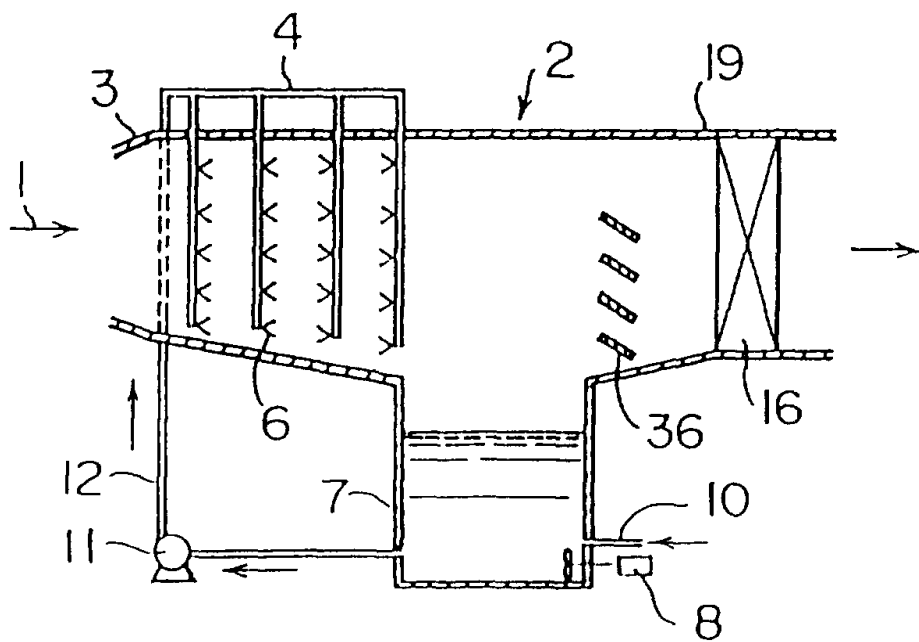


图22

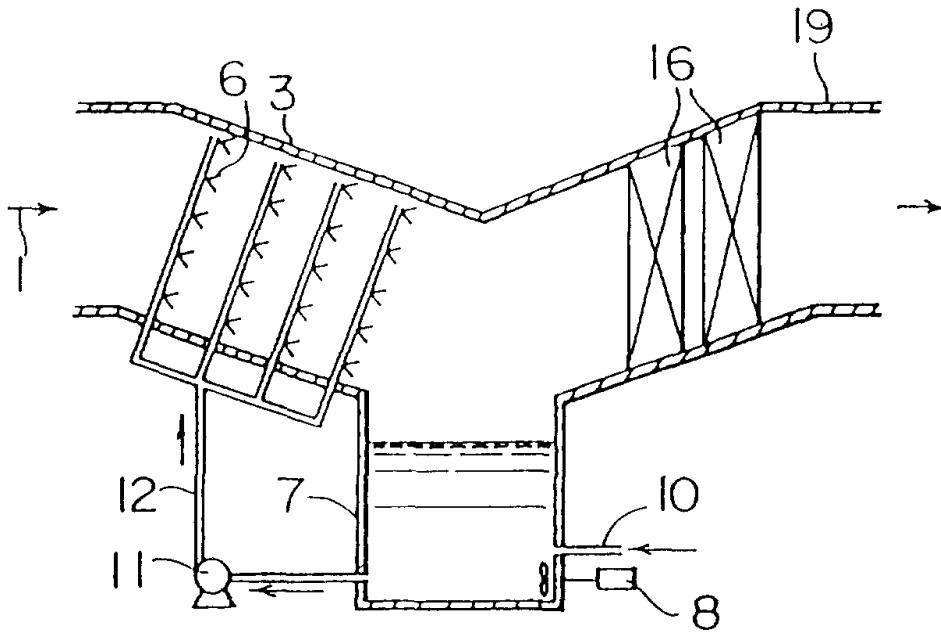


图23

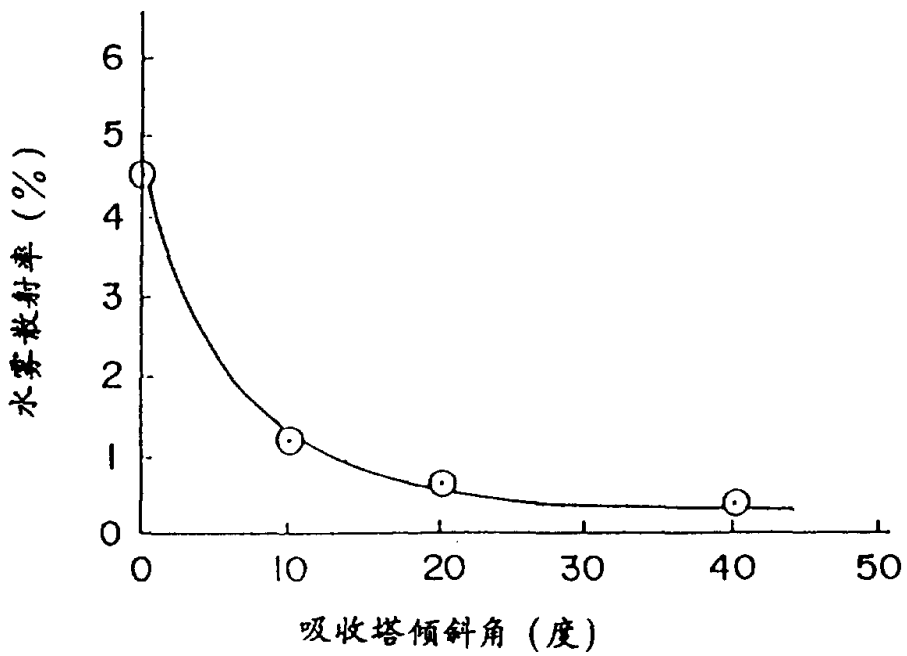


图 24

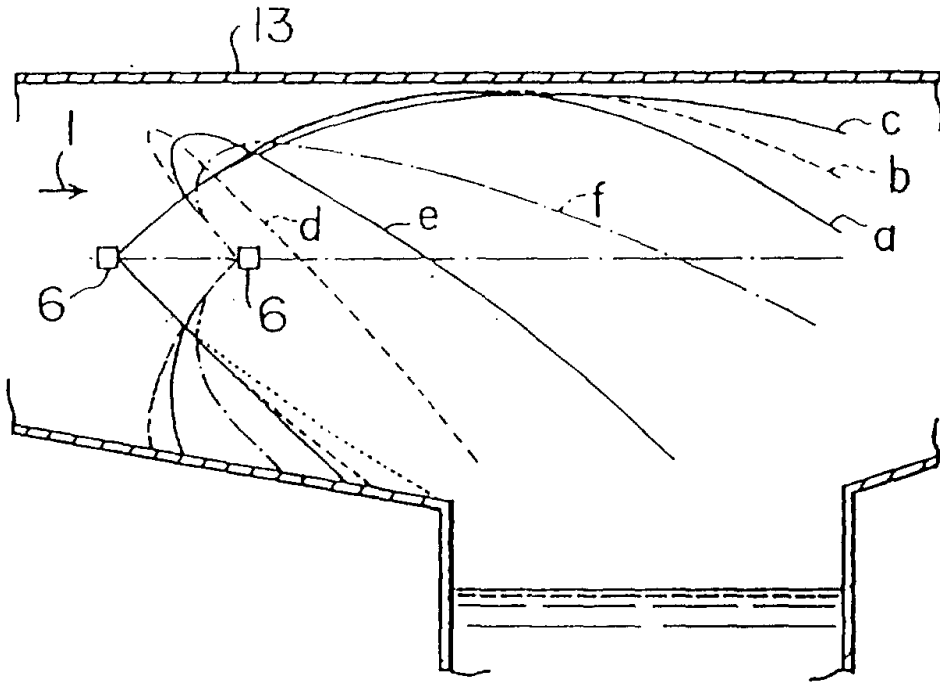


图25

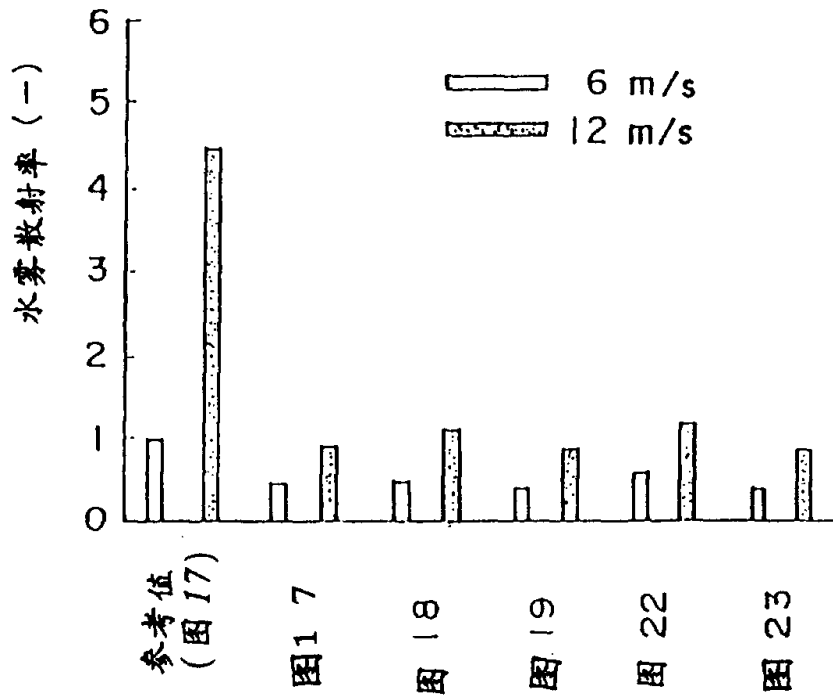


图26



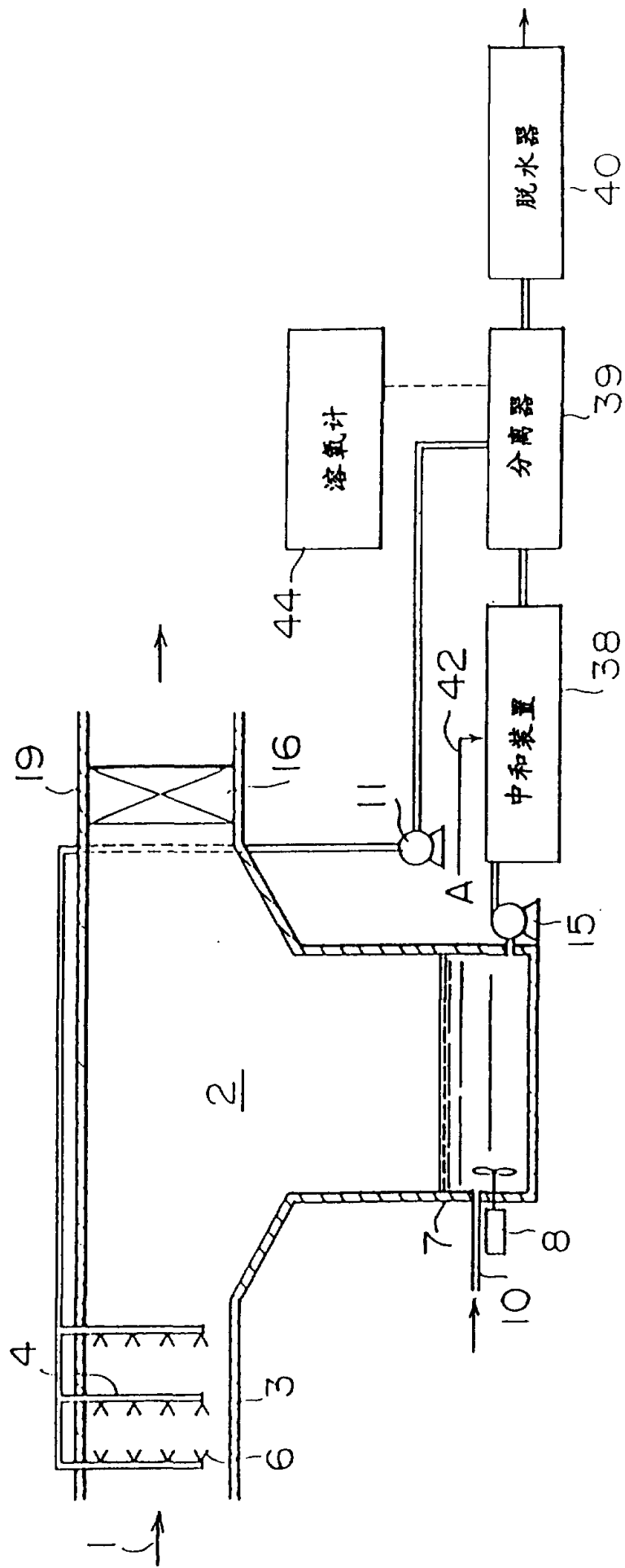


图27

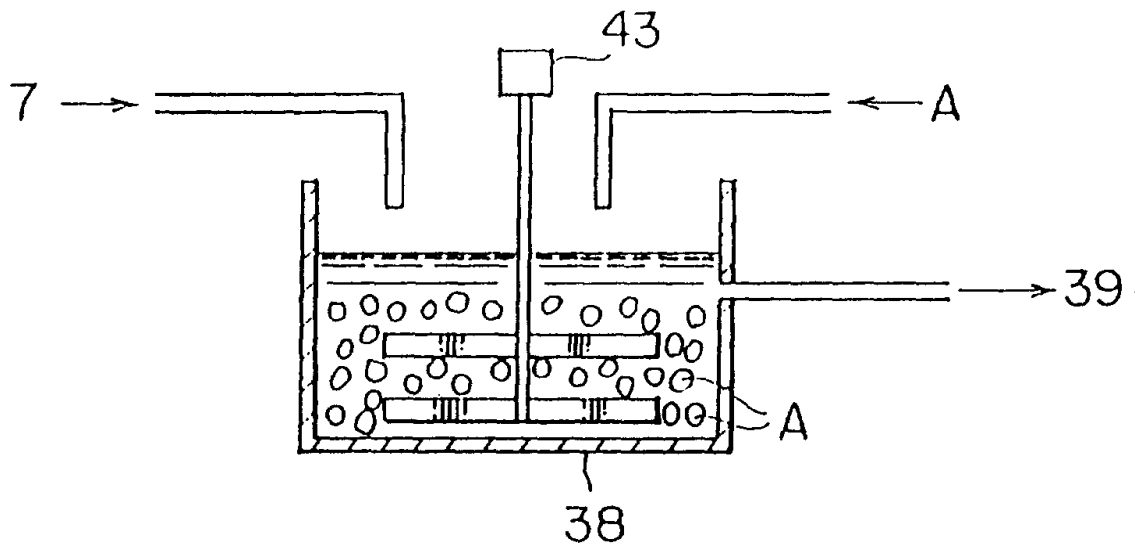


图28

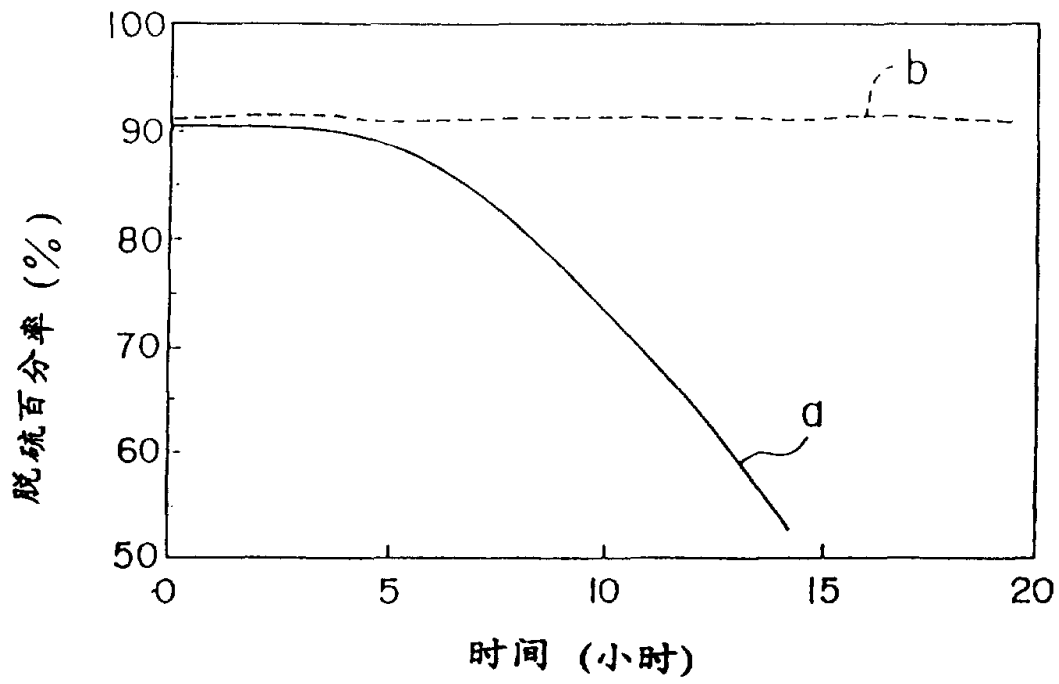


图29

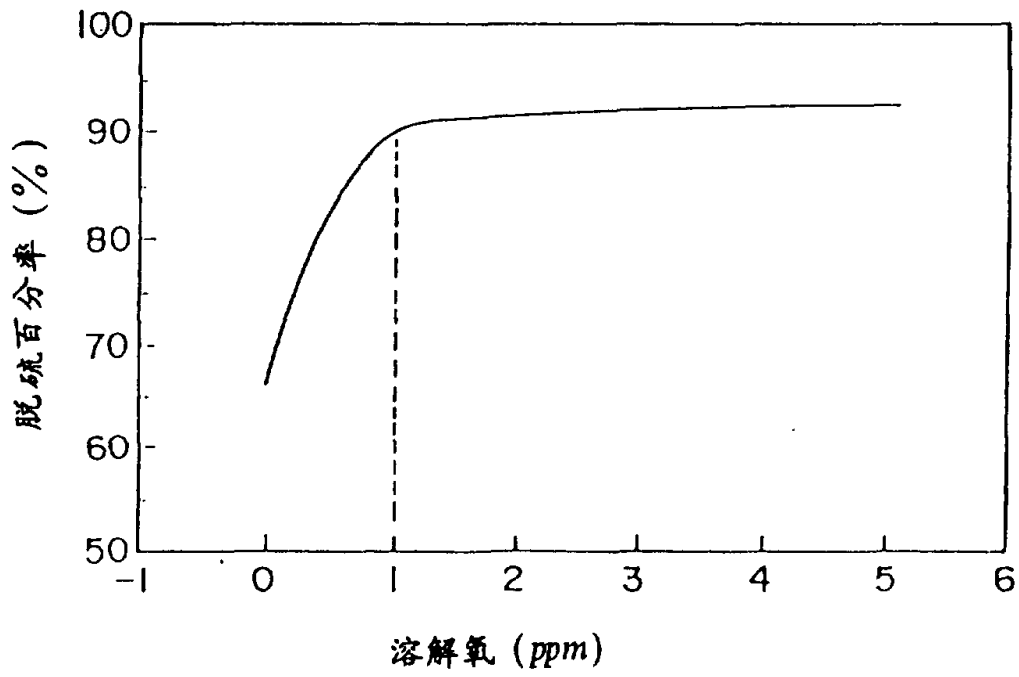


图30

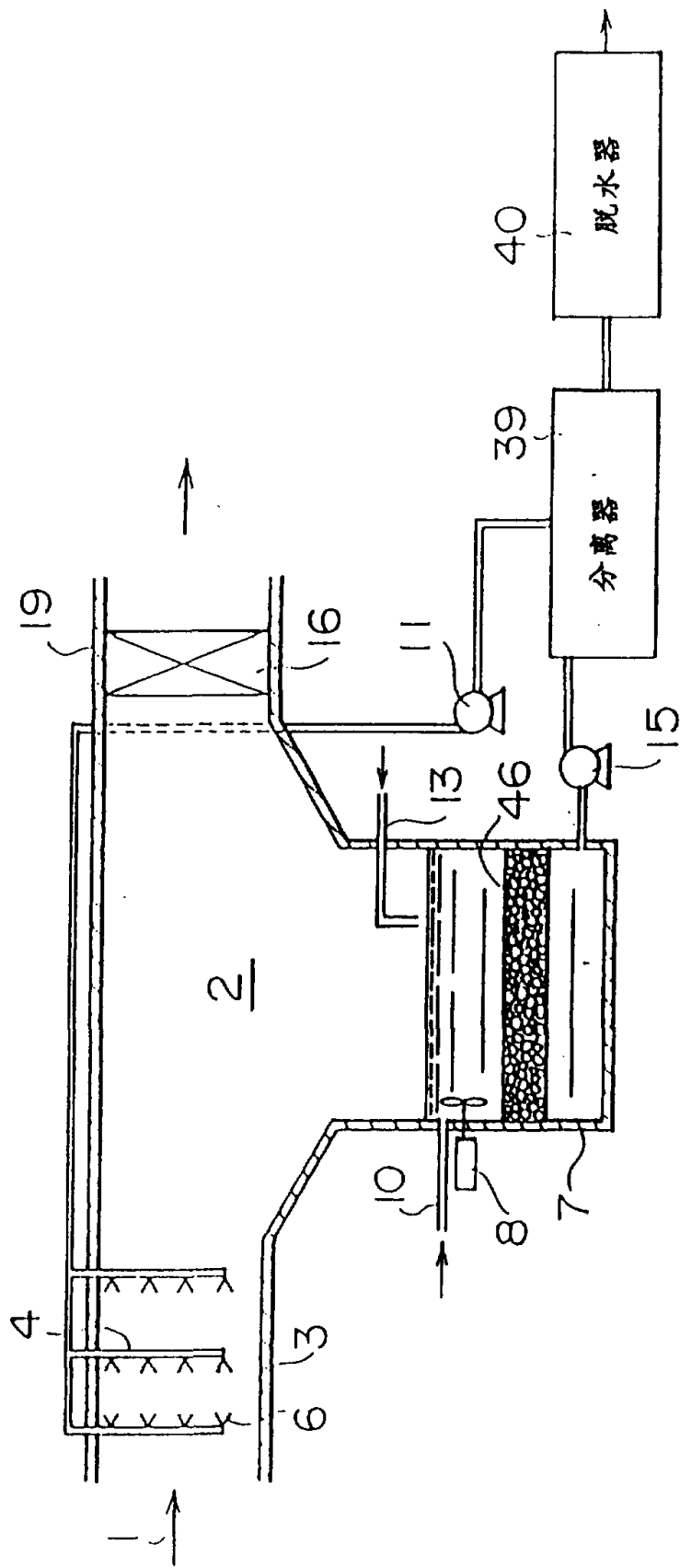


图 31

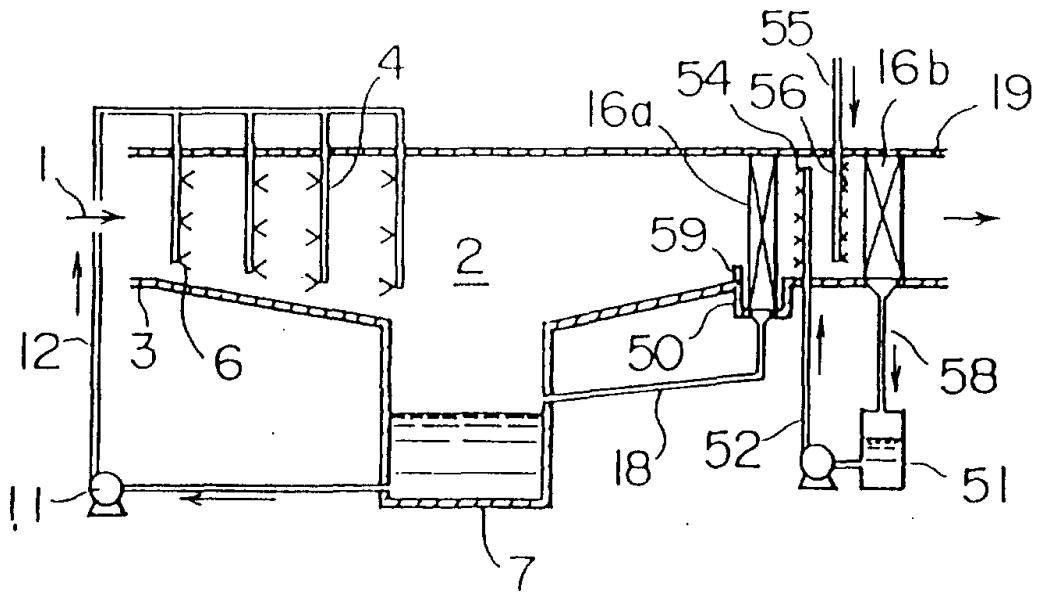


图32

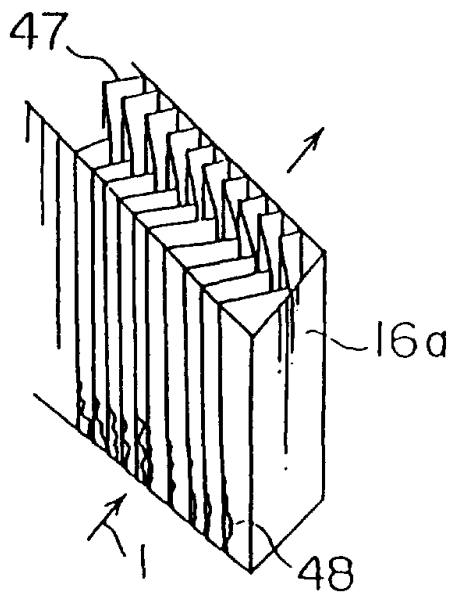


图33

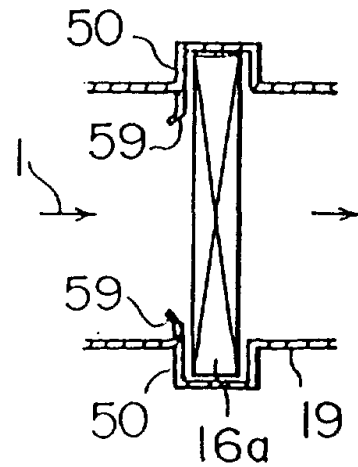


图34

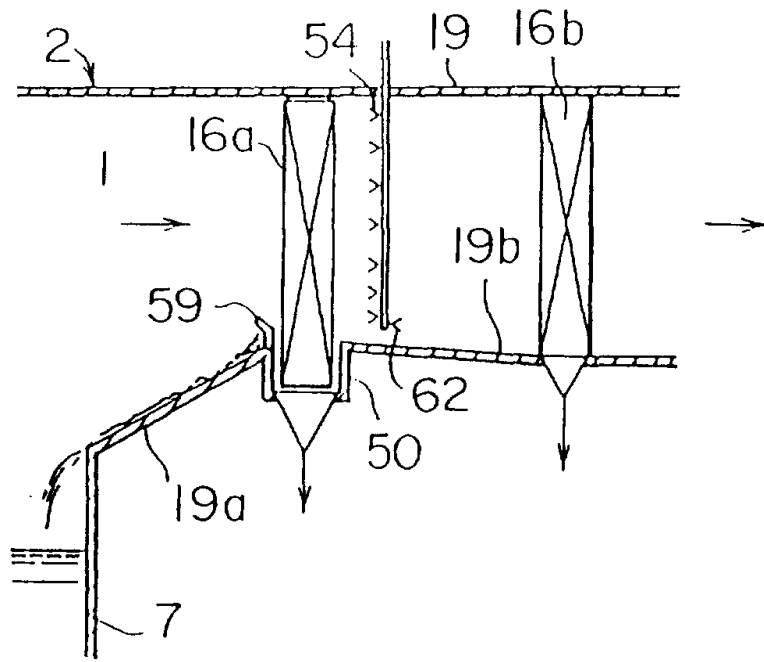


图35

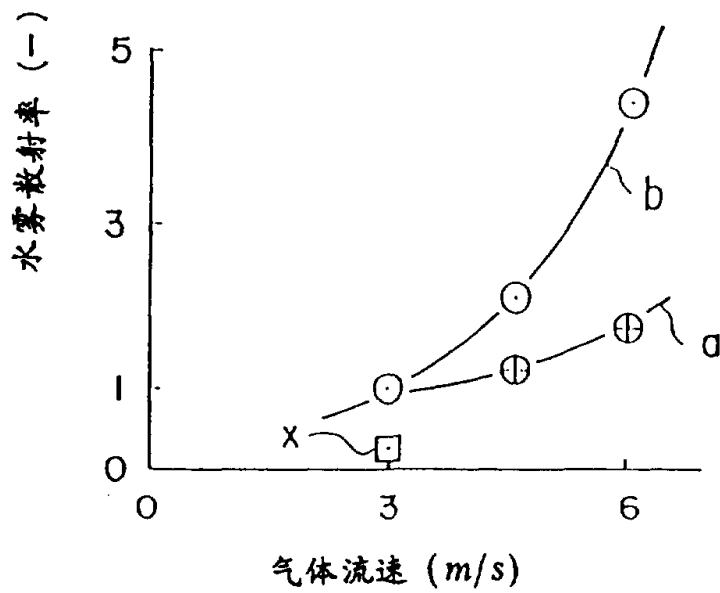


图36

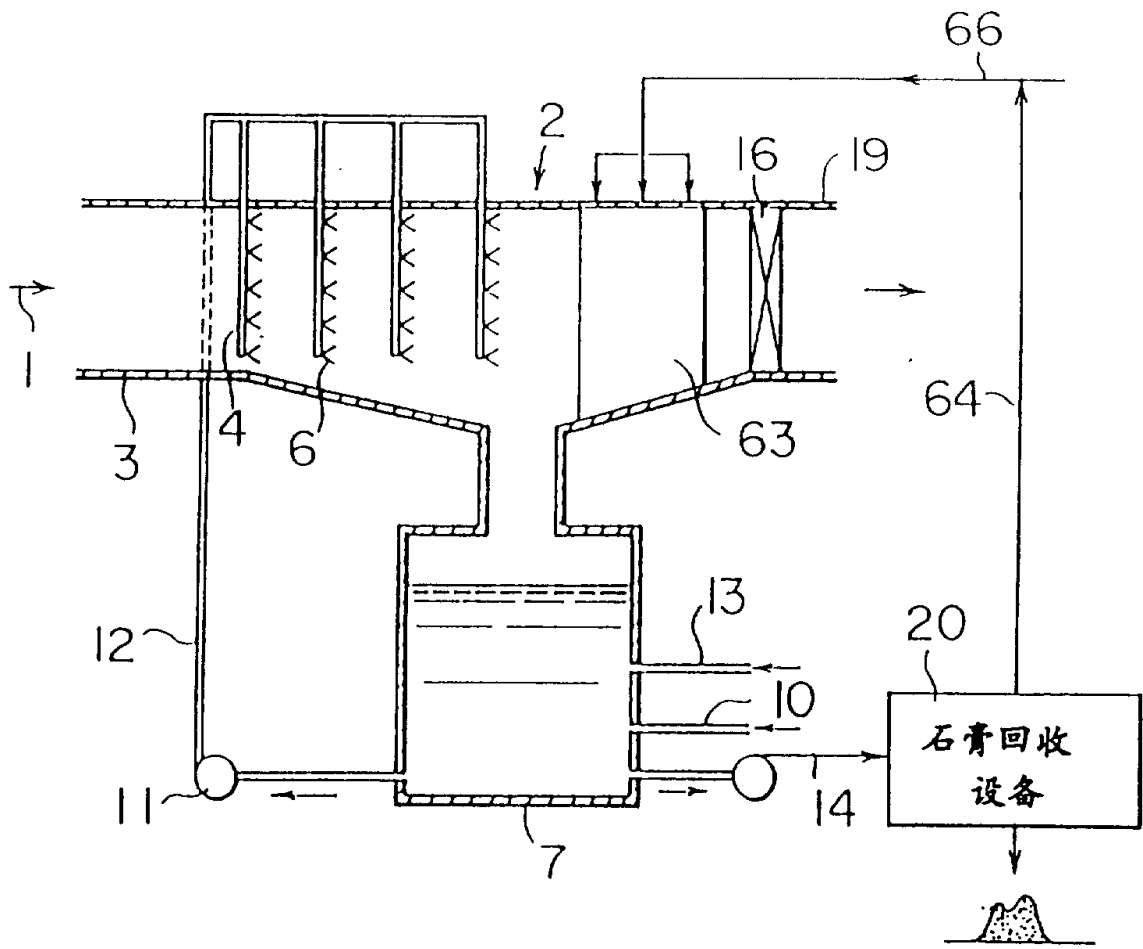


图37

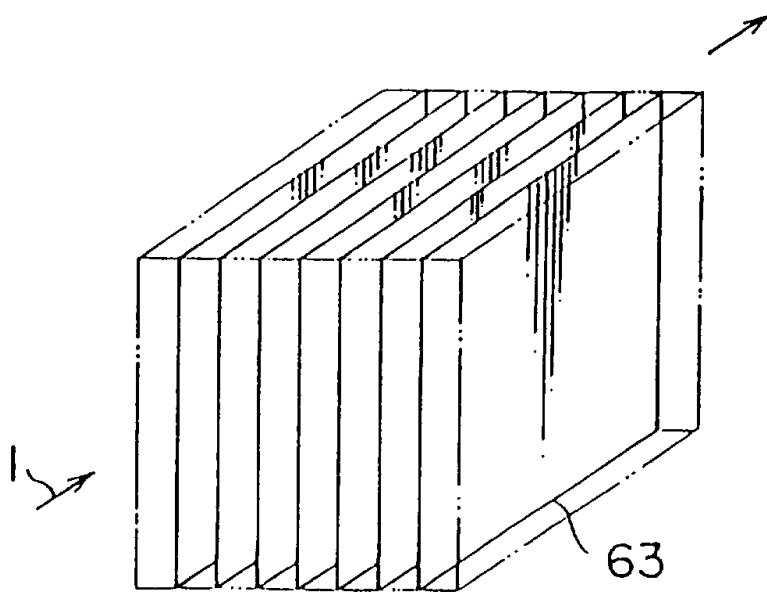


图38

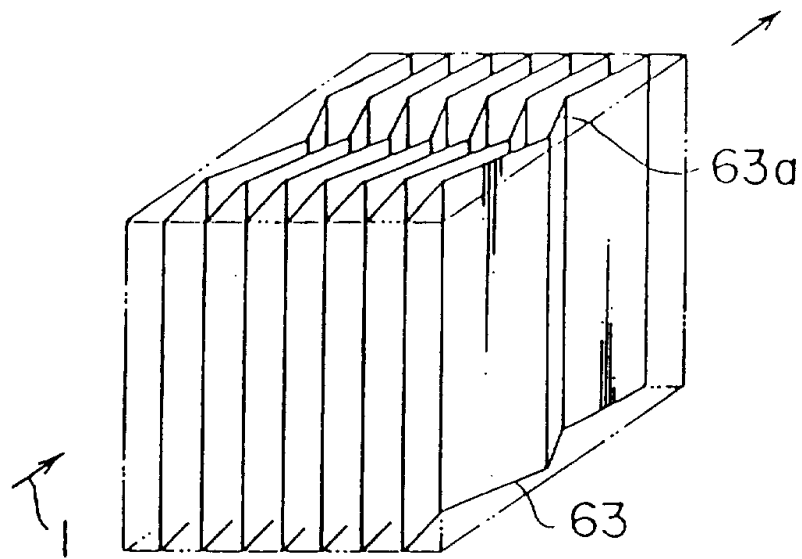


图39

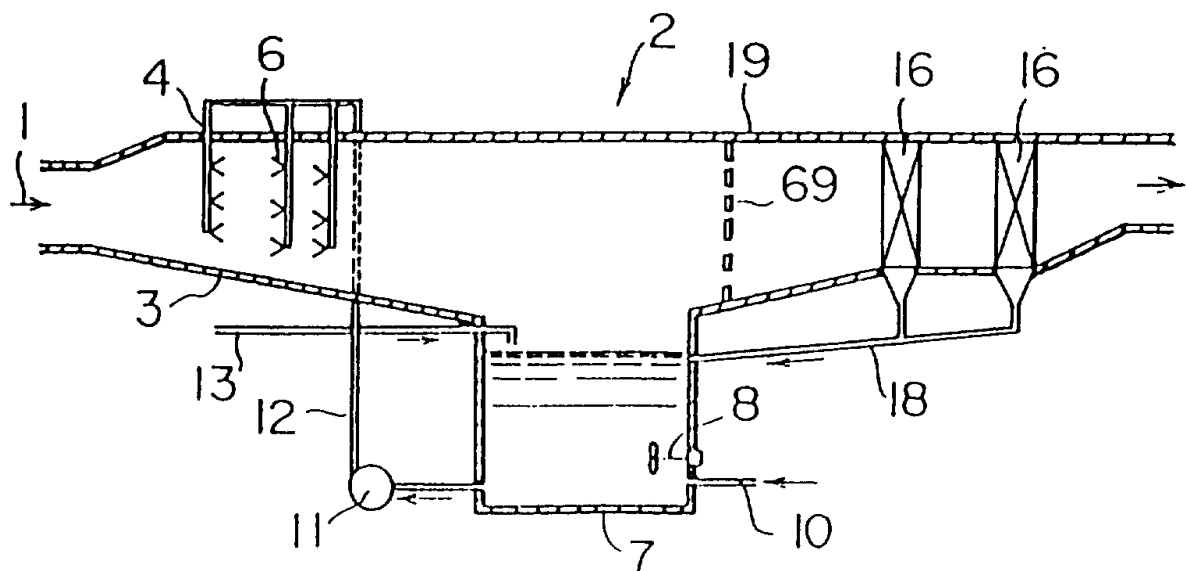


图40



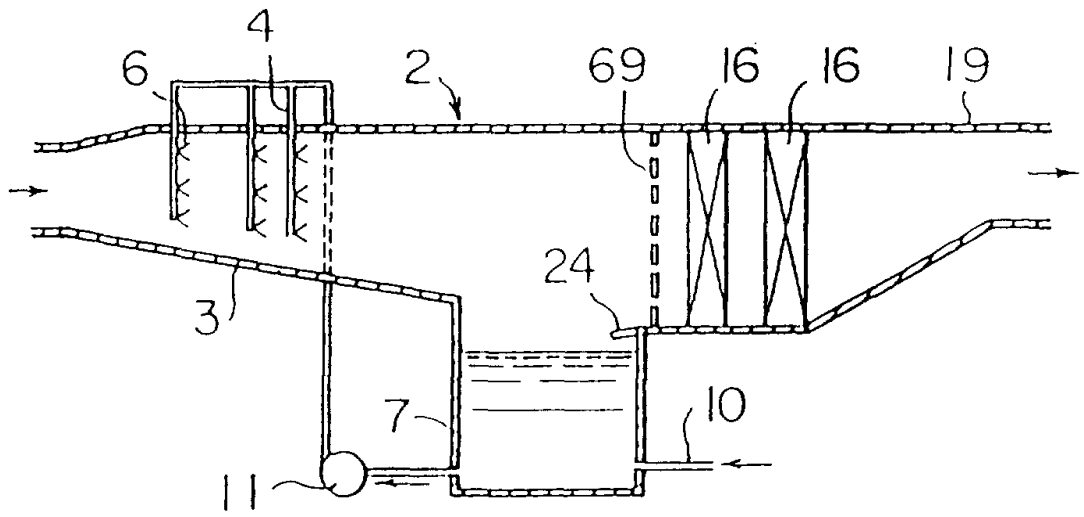


图41

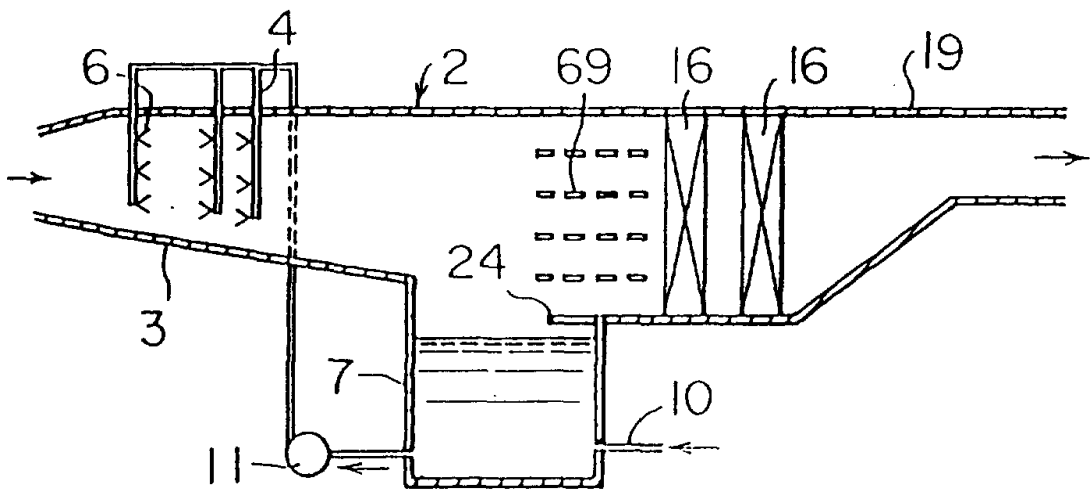


图42

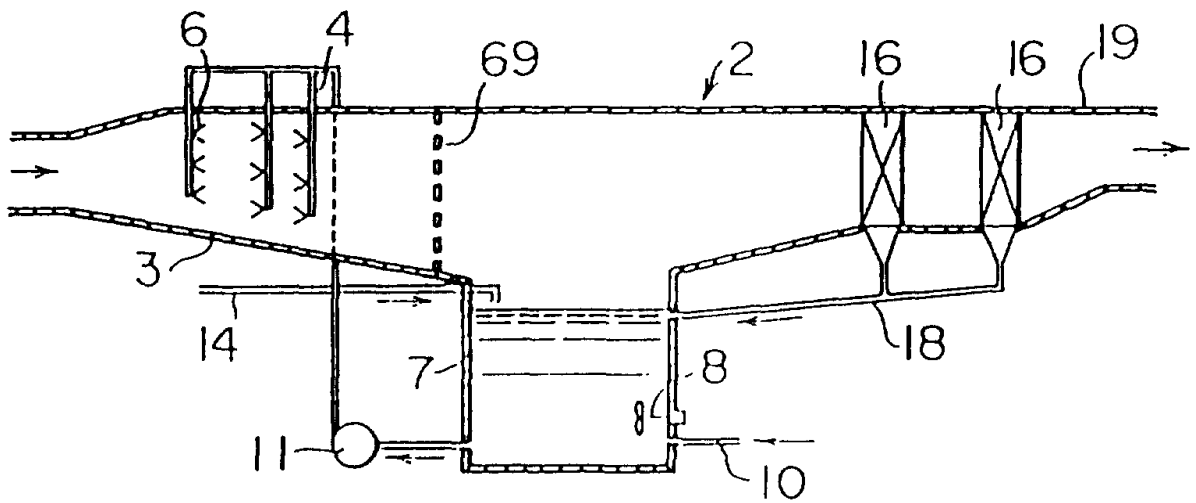


图43

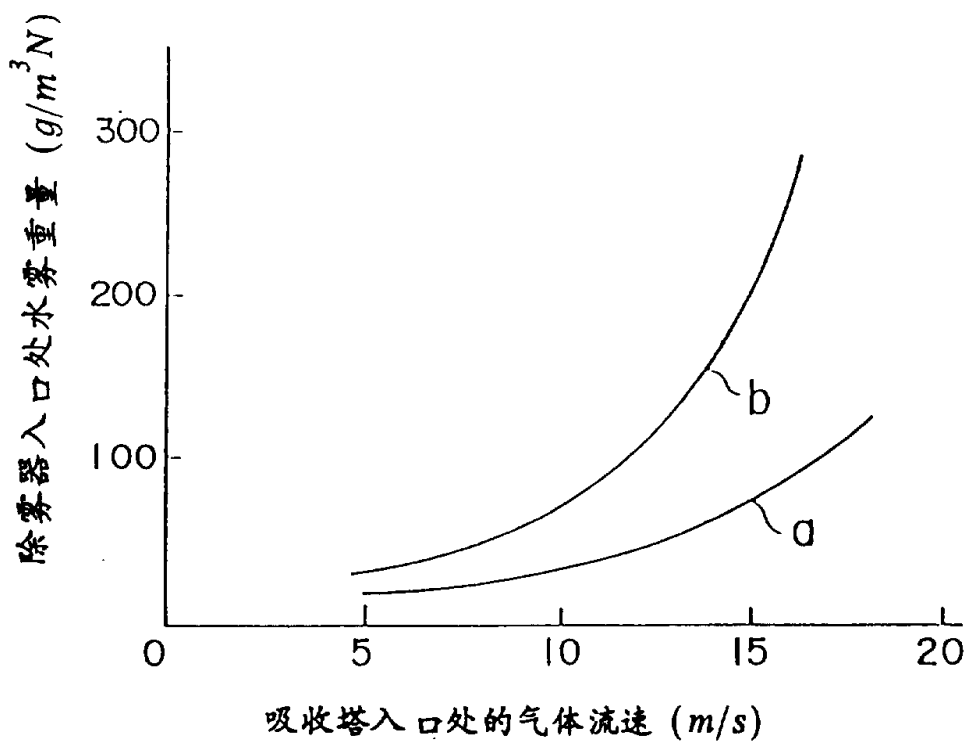


图44

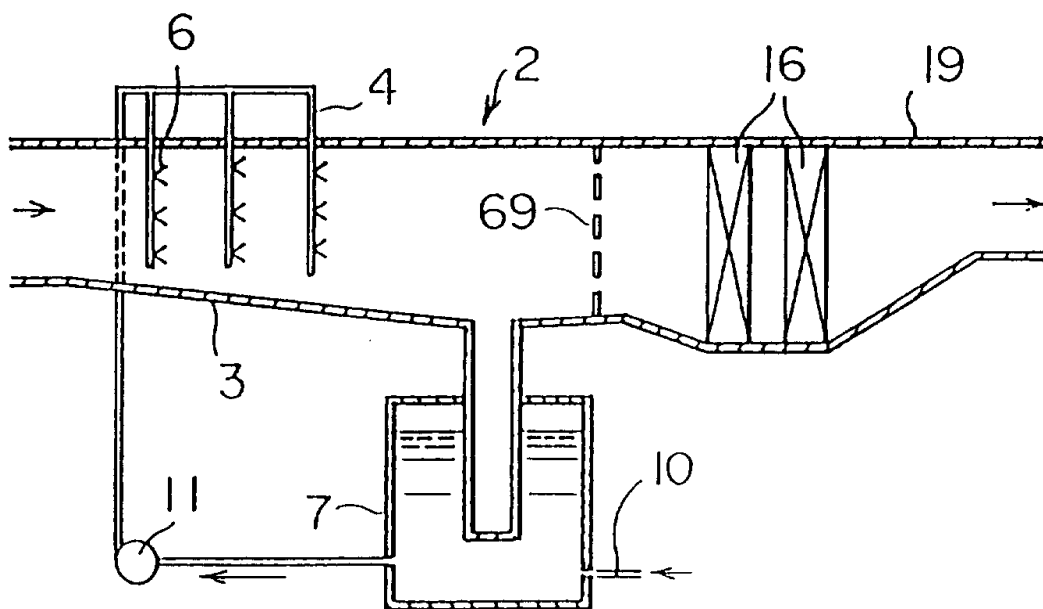


图45

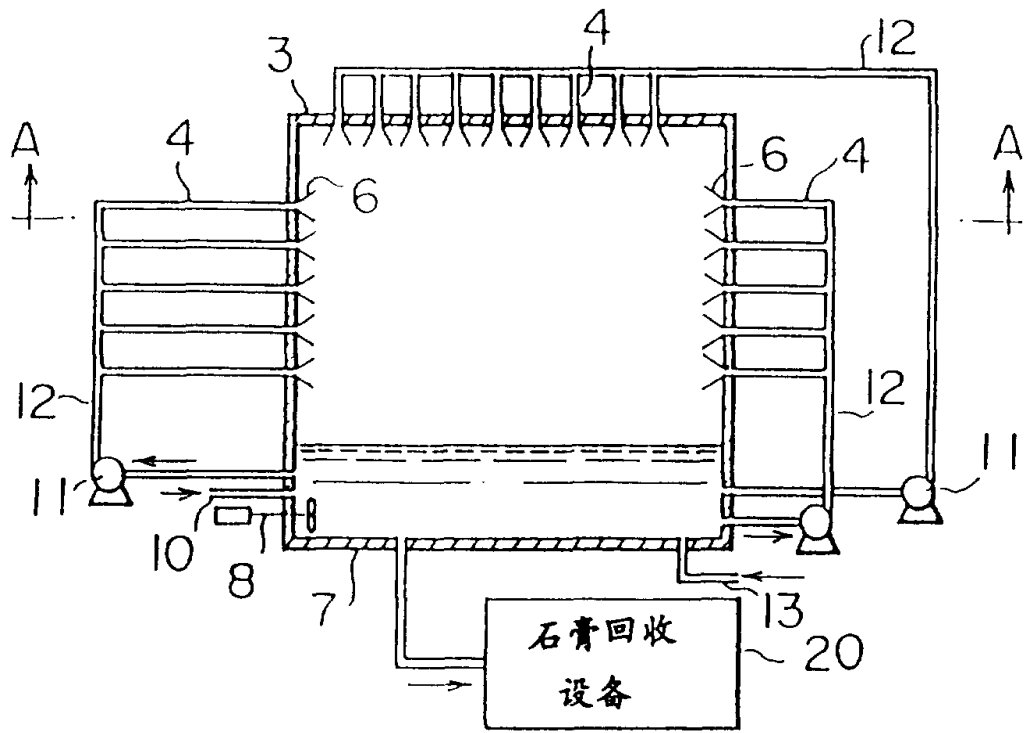


图46

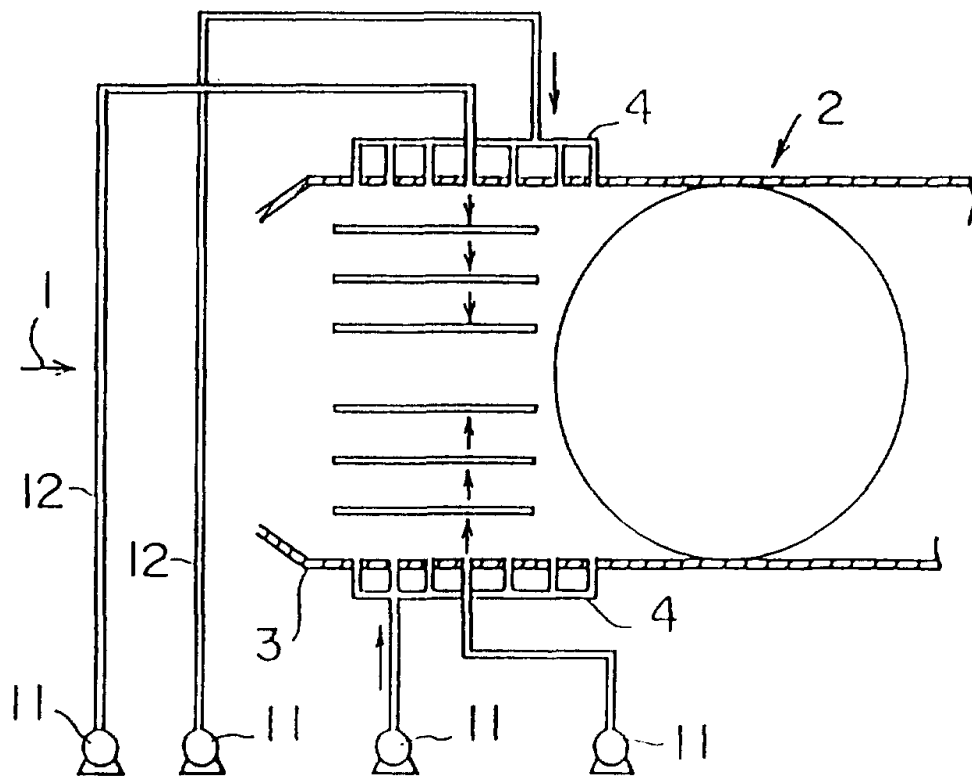


图47

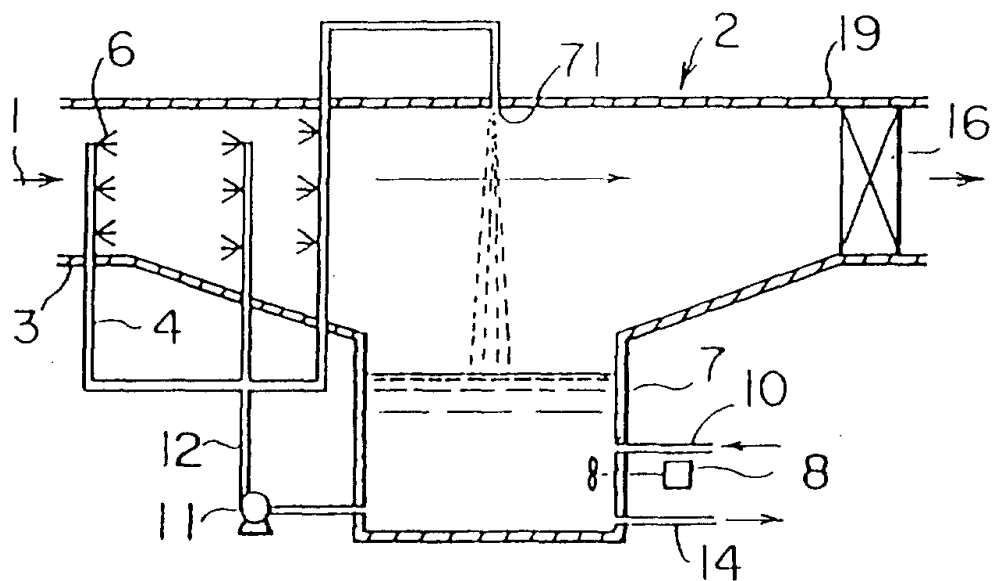


图48

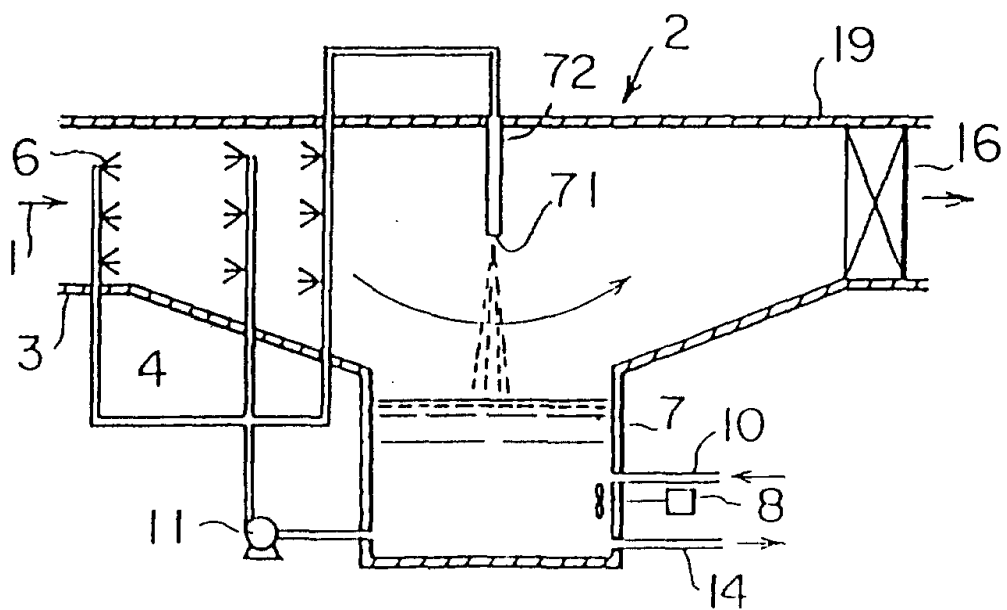


图49

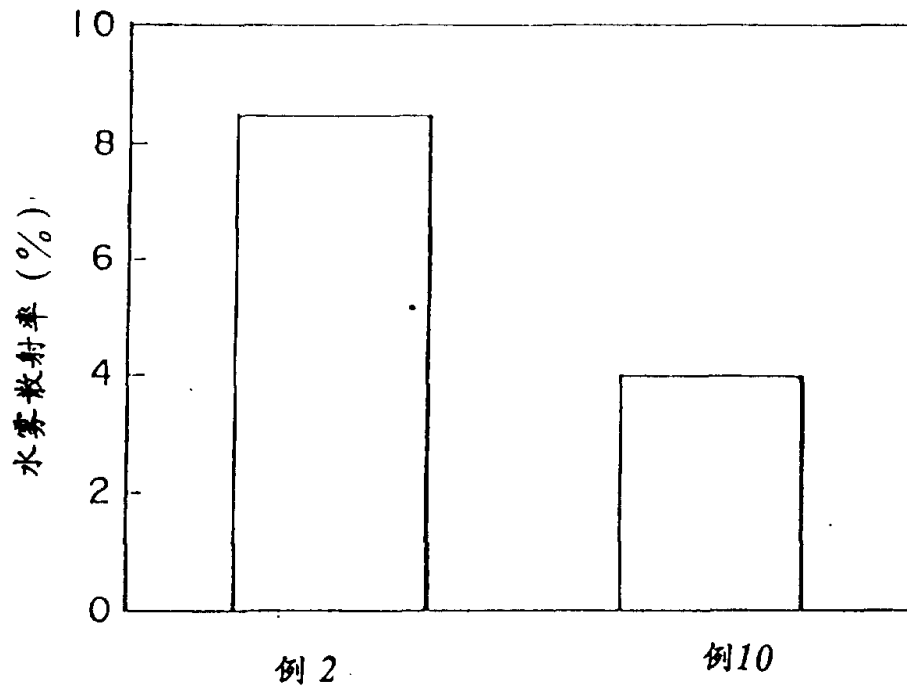


图50

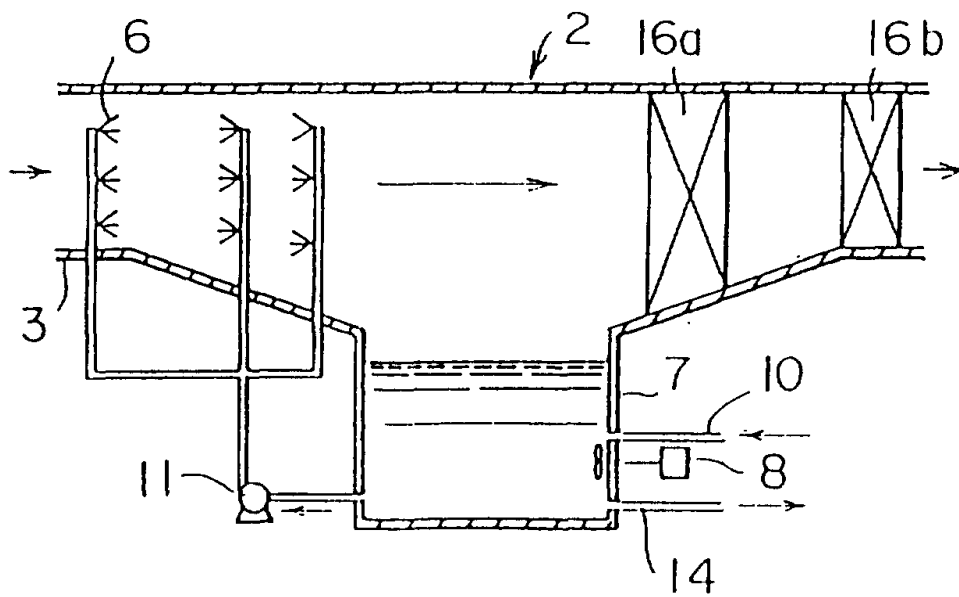


图51

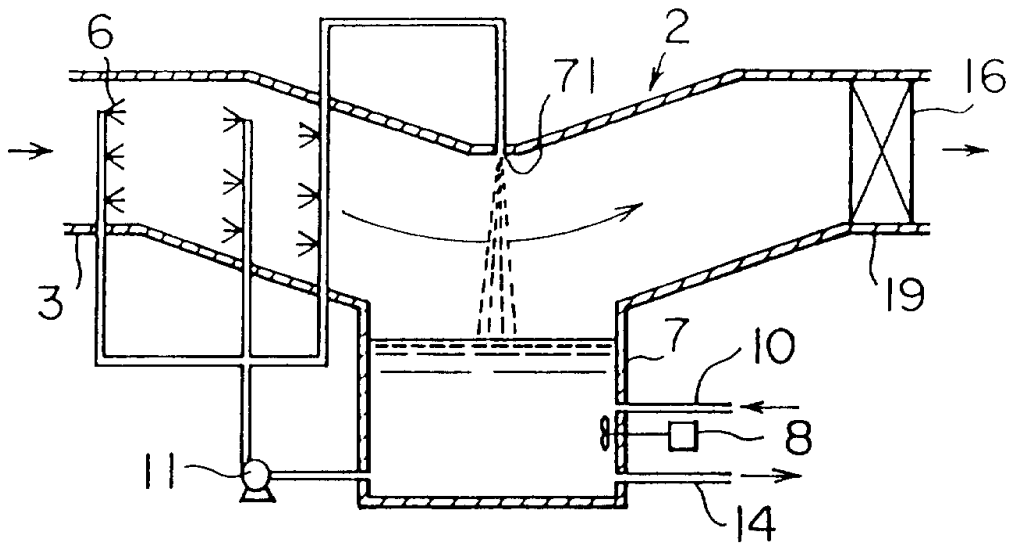


图 52

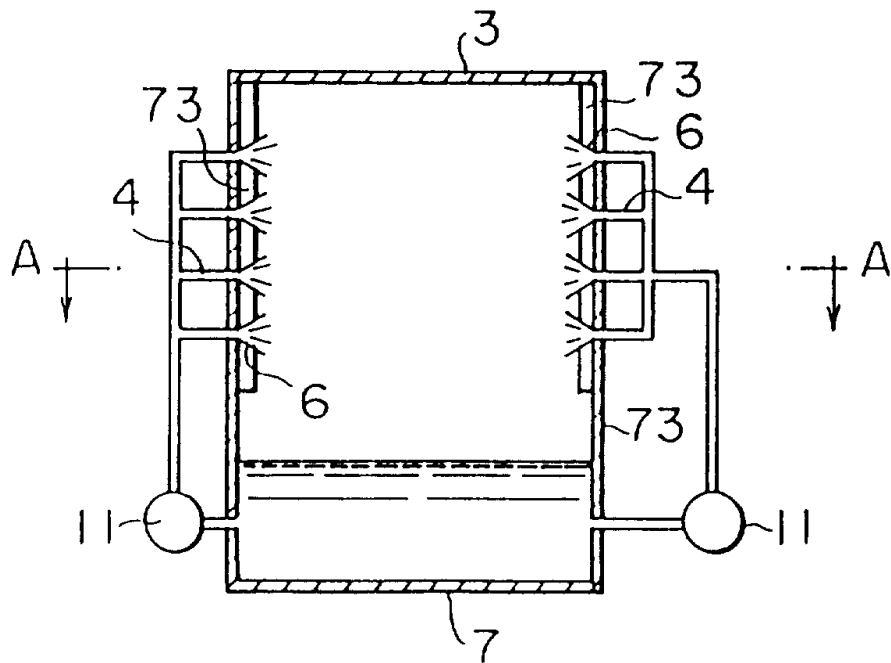


图 53

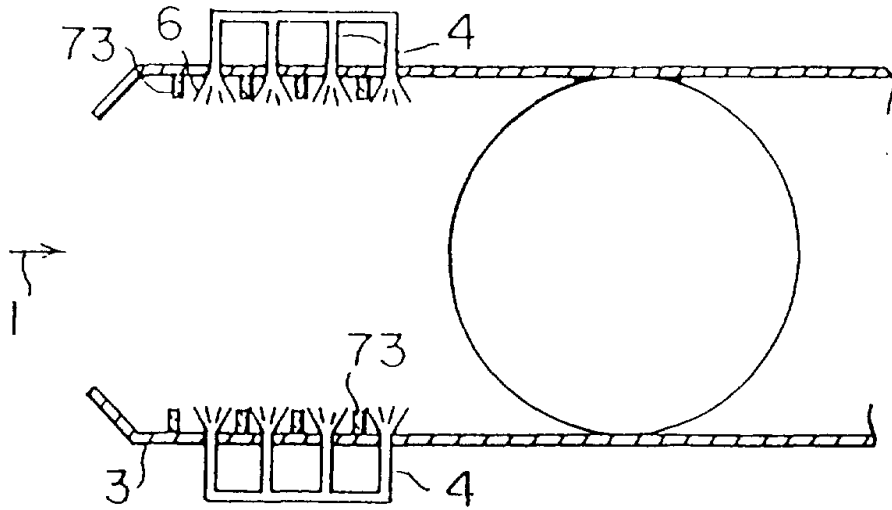


图54

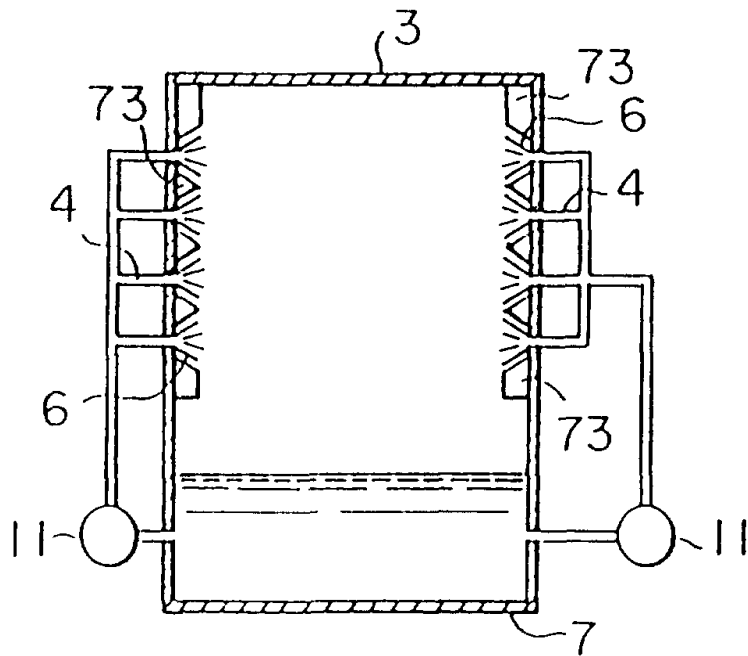


图55

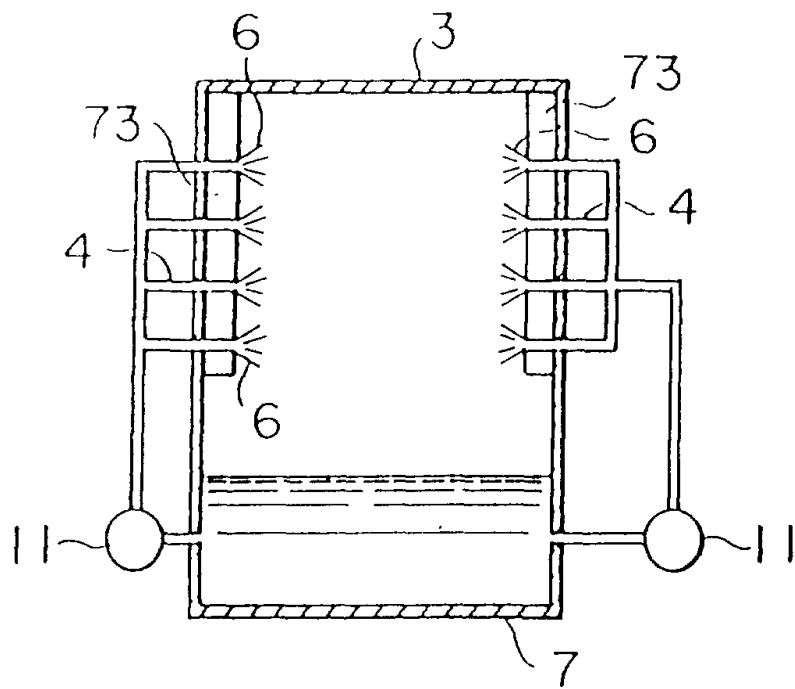


图56

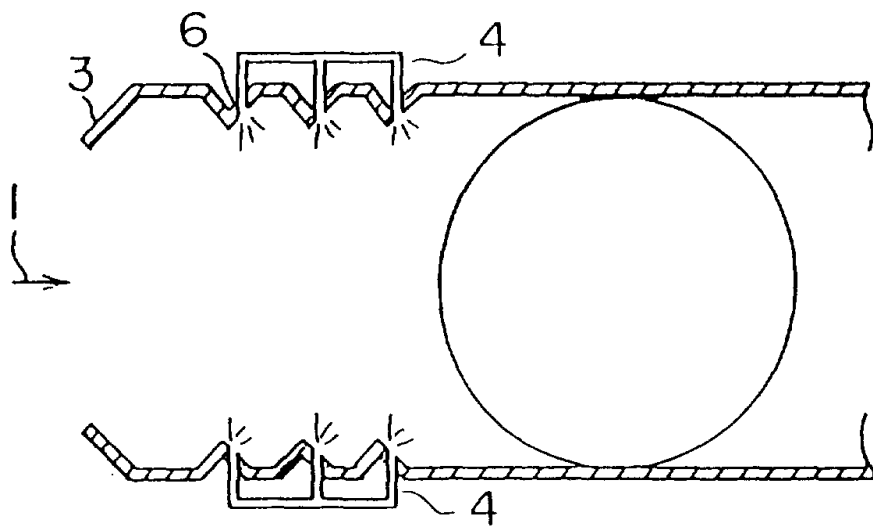


图57



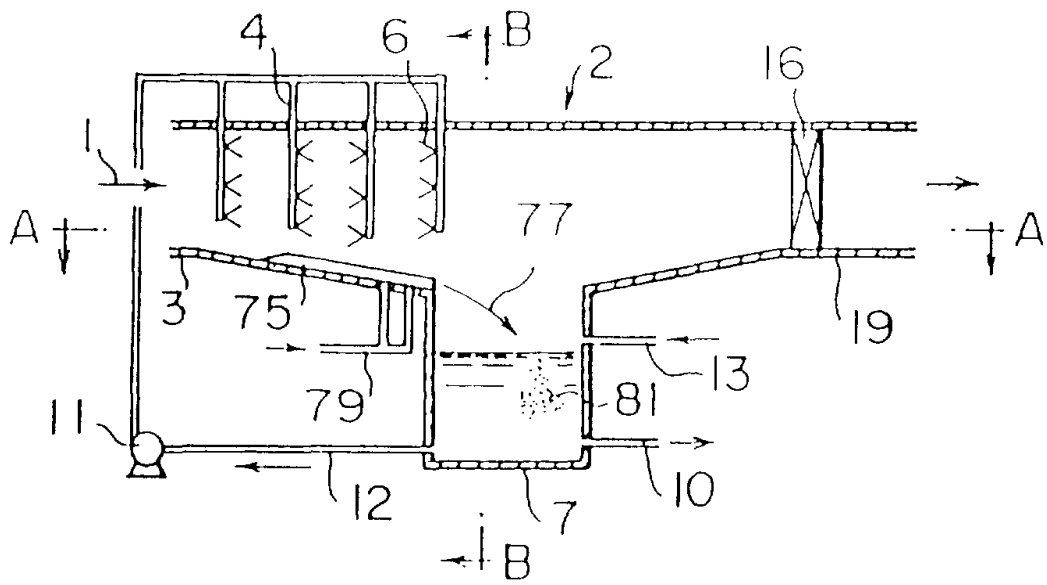


图 58

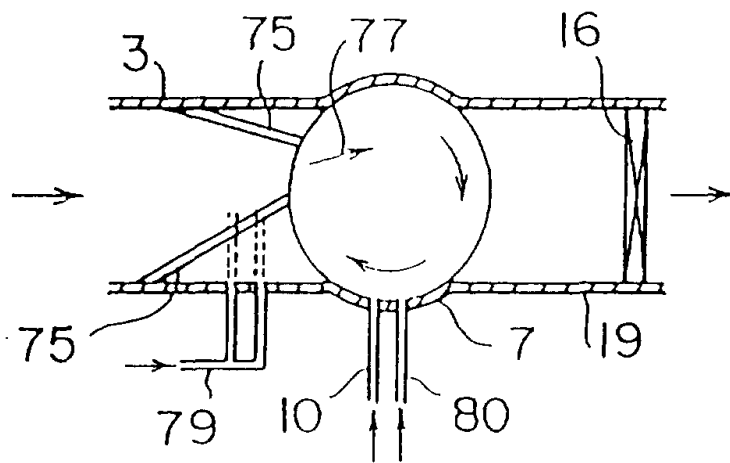


图 59

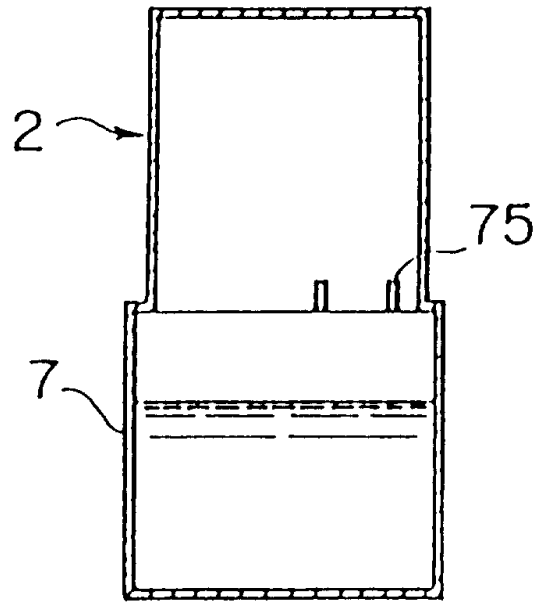


图60

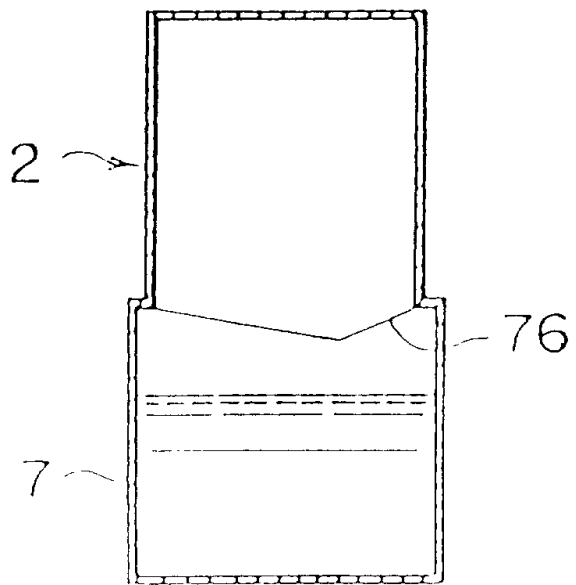


图61

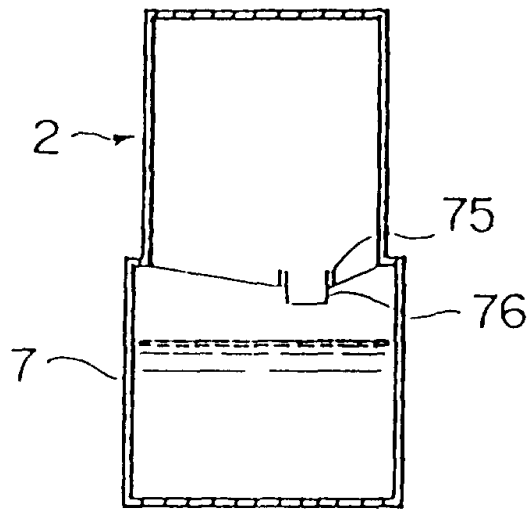


图 62

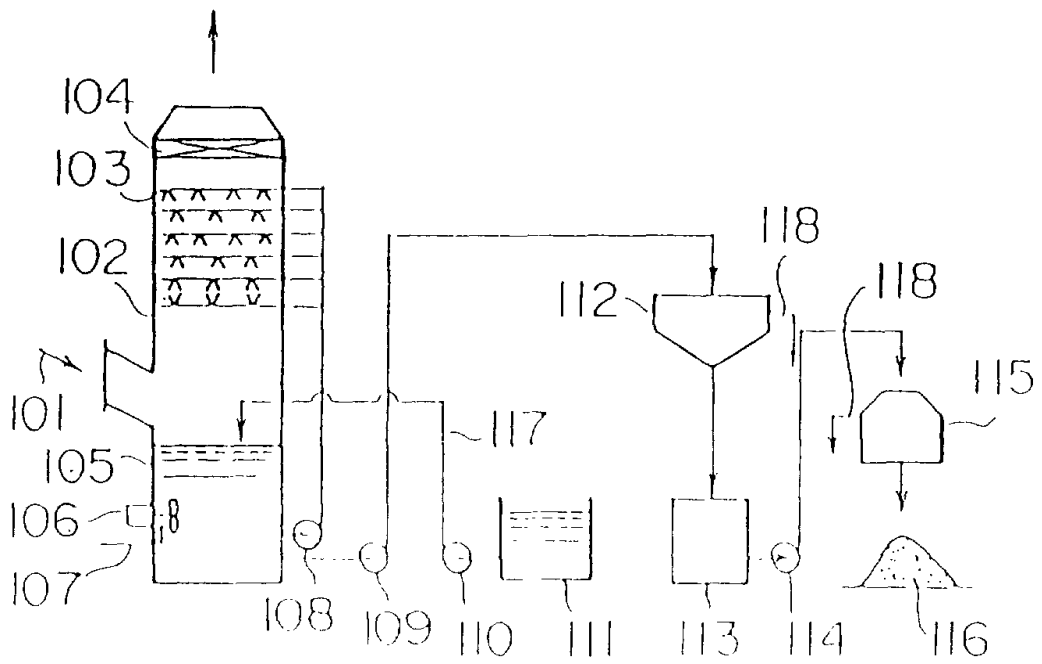


图 63