



[12] 发明专利申请公开说明书

[11] CN 85 1 06902 A

CN 85 1 06902 A

[43] 公开日 1987年3月11日

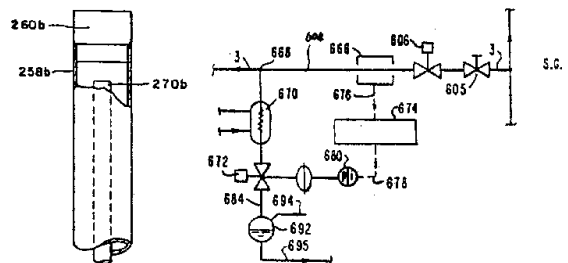
[21] 申请号 85 1 06902
 [22] 申请日 85.9.13
 [71] 申请人 西屋电气公司
 地址 美国宾夕法尼亚州15222匹兹堡
 盖特威中心西屋大厦
 [72] 发明人 罗伯特·德拉普
 多纳尔德·格兰特·劳伦茨

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
 代理部
 代理人 王栋令

[54] 发明名称 具有便于检查试样管道的模型蒸汽发生器

[57] 摘要

电力模型蒸汽发生器用于监视原型核动力蒸汽发生器内部情况，监视其内的热交换管的运行；电力温差环流系统加热装置用以循环在一个封闭环路中试样管上通过的蒸汽和凝结水流。模型发生器用的可拆卸的夹具，用于将试样管与蒸发器的二次侧形成可拆卸连接。该模型蒸发器可采用改进的给水系统，以供运行人选择各种不同的给水连接方式。



1、一台模型蒸汽发生器用来模拟实际应用的蒸汽发生器内部情况以监视在该蒸汽发生器内部的热交换器的使用情况，其特征在于包括：

(a)、一台蒸发器容器在液路上连接到给水源，该给水中所含的合成物基本上与上述实际应用的蒸汽发生器中所用的相同，该蒸发器容器包括有一个管套。藉此管套将上述蒸发器容器分隔成一次侧和二次侧；

(b)至少一个热交换试样管，其中所述的试样管具有一个布置在蒸发器容器内为将热量传送给该容器内的给水的封闭端，和为接受热液体的开口端。

(c)、一台为供给循环蒸汽流和通过热交换试样管开口端的凝结水之用的加热装置；其中，所述的加热装置包括有一个导管，它布置在试样管内沿纵轴方向接近全长，以便把蒸汽流引导到管子的封闭端和将凝结在样管内壁的水流与蒸汽流隔开，以及一个便于监视该试样管的系统；包括有可拆卸地将管套与蒸发器容器的二次侧连接起来的装置。

2、按照权利要求1的模型蒸汽发生器，其中所述的导管是布置在所述的试样管中央，其中所述的加热装置包括有温差环流加热装置。

3、按照权利要求1的模型蒸汽发生器，其中所述的导管是一根管子，并且其中所述的可拆卸的连接装置包括有一套夹具，该夹具将该管套的上端部和蒸发器容器的二次侧的下端部连接。

4、按照权利要求1的模型蒸汽发生器，其中所述的加热装置还包括有一个蓄水槽，用于接纳由于沿着试样管内壁流动的蒸汽而凝结成的水。

5、按照权利要求4的模型蒸汽发生器，其中所述的加热装置还包括有一个加热源，用于将该蓄水槽中的凝结水转变成通过试样管内的导管流动的蒸汽流。

6、按照权利要求1的模型蒸汽发生器，其中模拟蒸发器的给水源是实际应用的蒸汽发生器的给水源；其中模型蒸汽发生器包括有一个为供给蒸发器容器用的给水系统，包括一个第一导管，从蒸发器容器经过第一阀门与实际应用的蒸汽发生器的给水液路相连；第二导管，它从蒸发器容器经过第二阀门与一个给水槽液路相接，靠此第一和第二阀门调节从所述的实际应用的蒸汽发生器的给水和所述的给水槽分别地向蒸发器容器馈送的水量。

7、按照权利要求5的模型蒸汽发生器，其中加热装置包括至少一个为凝结水流回到蓄水槽去的导管，以及其中所述的蓄水槽藉助第三导管与除盐脱氧水源液路相连，该第三导管包括一个第三阀门，用来调节流到蓄水槽的除盐脱氧水。

8、按照权利要求7的模型蒸汽发生器，其中所述的导管将凝结水流导入到加热源中，并且提高凝结水流到加热源去的液体通过的导水率。

9、按照权利要求5的模型蒸汽发生器，其中热源包括至少有一个带发热元件的电阻加热器。

10、按照权利要求9的模型蒸汽发生器，还包括有将电阻加热器的加热元件封装起来的装置，其中包括有两层分开的器壁。

11、如权利要求1所述的模型蒸汽发生器，其中与给水源的连接是在所述的蒸发器容器的二次侧，为模拟一台核动力蒸汽发生器内部的各种情况，以便监视核动力蒸发器的热交换管的条件，包括有一个具有二次侧的蒸发器容器，该二次侧液路上连接到基本上与用于核动力蒸汽发生器的给水相同的给水源，而且该蒸发器容器包括至少有一个热交换试样管，该试样管具有一个伸到二次侧给水中的封闭端，该蒸汽发生器包括一个具有温差环流系统的一次侧，以使水和蒸汽通过试样管内部进行循环，该试样管系处于比二次侧的给水较高的温度下其中温差环流装置包括有一个伸到试样管内部接近全长的导管，以便引导蒸汽流到试样管的封闭端和将凝结而成的回流水与蒸汽流分隔开，以便在沿着试样管纵轴线

上任选之处围绕样管周围的热幅射流谱基本上均匀。

12、按照权利要求11的模型蒸汽发生器，其中温差环流系统的导管是一个直立管，该管被设在热交换试样管的中心。

13、按照权利要求12的模型蒸汽发生器，其中温差环流系统包括有一个蓄水槽，在槽内设有电阻加热器，用于产生蒸汽流沿立管上流。

14、如权利要求13的模型蒸汽发生器，其中温差环流系统包括有一个导流管，用于减少在样管内壁上的凝结水向蓄水槽流动的通道水阻。

15、如权利要求14的模型蒸汽发生器，其中的电阻加热器包括有许多分立的加热元件，它们在蓄水槽的空间上分开，以及由温差环流系统的导流管将凝结水引到这些加热元件之间。

16、如权利要求11的模型蒸汽发生器，还包括有为维持试样管周围的给水的温度、压力和流量的装置，它并能将流到试样管上的蒸汽的温度和流量维持到予期的水平，以便使穿过试样管壁的径向温度场剖面基本上与穿过核动力蒸汽发生器的热交换管壁的径向温度场剖面相同。

18、如权利要求17的模型蒸汽发生器，其中电加热器筒组列中的每个加热筒具有双层壁，以便减少其在运行中发生任何破裂的可能。

19、一种为监视在一台核动力蒸汽发生器内热交换器的工作情况，采用基本上与该核动力蒸汽发生器内热交换条件相同的模型蒸汽发生器，其中至少有一个热交换试样管，该试样管的一端被封闭，而且在该试样管内部包括有为蒸汽和凝结水循环用的温差环流系统，包括以下步骤：

将试样管内的加热的蒸汽引向该管的封闭端，然后

对所形成的凝结水膜施加压力蒸汽流以便推动凝结水膜沿热交换试样管内壁下降，借此消除在凝结水膜上形成的热阻塞波动。

20、如权利要求19的方法，还包括一个步骤，即至少借用一个下降管将形成的凝结水回流到温差环流系统。

具有便于检查试样管道的模型蒸汽发生器

本发明涉及到一个模型蒸汽发生器，该发生器有一个便于对装在发生器内的热交换试样管进行检查的系统。

模型蒸汽发生器一般与实际蒸汽发生器并联使用（尤其核动力蒸汽发生器），因此，实际蒸汽发生器中的工况可以用模型发生器进行模拟，以对实际发生器进行监测。

我们知道，在原有技术中，模型蒸汽发生器用以监测一台核动力蒸汽发生器的热交换管内发生的腐蚀损坏量。一般说，这种模型发生器在运行中一批热交换试样管均被施加以与核动力蒸汽发生器中热交换管周围相同的加热、压力和化学工况条件。如果对这些条件模拟得很准确，那么在模型蒸汽发生器的试样管中发生的腐蚀量即可准确地反映出所监测的核动力蒸汽发生器中存在的管子腐蚀量，这种模型蒸汽发生器对监测腐蚀是一个特别有用的方式，因为它们不需要使核电厂停运，也不需要派工作人员进入带放射性的发生器的内部。然而，这种模型蒸汽发生器仅当它们能准确地模拟核电厂内部的加热、压力和化学工况条件时才是有用的，任何对这些条件的明显偏离都会对模型蒸汽发生器的准确性产生不利的影响。

为了解在建造一台对热交换器管的腐蚀进行准确监测的模型蒸汽发生器的困难，首先应该了解核动力蒸汽发生器通常的构造，以及什么样的化学和水力条件是造成管子腐蚀的主要原因。

核动力蒸汽发生器由三个基本部分组成，包括一个二次侧和一个管套，以及一个一次侧，来自核反应堆被加热了的水在一次侧循环。发生

器的二次侧包括许多U形管子，以及一个用以导入给水的入口。二次侧中U形管的进、出口端部装于管套中，该管套将发生器的一次侧和二次侧在液路上分隔开。一次侧还包括一块管子分隔板，此分隔板使U形管子的入口端部与出口端部用水隔开。从核反应堆来的热水被导入装有全部一次侧U形管子的入口端。此热水流经这些入口、向上通过管套，沿着伸到蒸汽发生器二次侧内的U形管循环。被加热的水通过U形管的管壁，将它的热量传送给通过发生器二次侧流动的给水，从而使给水转换成蒸汽。经核加热的水通过U形管循环后，又通过管套、通过U形管出口流回，并进入一次侧的出口部份，在那儿它再循环回核反应堆。U形管的入口端通称为“热段”、这些管的出口端通称为“冷段”。

这种核动力蒸汽发生器的热交换管可能遭受多种型式的腐蚀损坏，包括：凹陷、应力腐蚀、开裂、晶粒内的腐蚀以及点蚀。在对这些发生器内管子的现场检验中已经表明：大多数这种腐蚀损坏发生在称为发生器的裂隙区域。这种裂隙区域包括热交换管和管套之间的周围空间，以及这些管子和二次侧中各种各样的支撑板之间的周围空间。这些支撑板是用来使空间均匀和管子对中用的。由于重力的作用，腐蚀物污垢趋向聚集在这些裂隙中，此外，这些区段水循环相对较差，亦促使了污垢在这些裂隙处残留，并使污垢附近的管中形成局部“热点”。来自这些“热点”的热辐射起着一种强力催化剂的作用，使热交换管的外表面与污垢中的腐蚀性化学物质相化合。虽然大多数核动力蒸汽发生器均设有排污系统用以对发生器容器中的污垢进行周期地清理，但裂隙区域中的污垢靠这种系统产生的水流是很难清除掉的。尽管实际上这种核动力蒸汽发生器的热交换管均是由抗腐蚀的镍铬合金构成，但局部受热的区域与腐蚀性污垢相结合，最终可以使热交换管产生裂纹，并使带放射性的水从发生器的一次侧渗漏到二次侧，但是，在管壁因腐蚀而开裂之前，

若对热交换管内装上加固套管，就可避免这种情况发生。

为了准确地监测出一个特定的核动力蒸汽发生器的热交换管中存在的腐蚀损伤量，研制出了一种模型蒸汽发生器，以便在管壁出现任何裂纹前将这些管子装上套管。已经发现，用这种模型蒸汽发生器确定一台核动力蒸汽发生器的热交换管道中腐蚀损伤量是一种特别准确的方法。因为，由特定的发生器的给水化学品质和热水力工况在特定管簇中所引起的腐蚀量，实际上是不可能靠纯理论的模型来预测的。

然而，这种原有技术的模型蒸汽发生器并不是没有明显的问题；例如，在许多这种模型蒸汽发生器中，二次侧内所包括的热交换试样管很不容易接近。在用原型U形热交换管的模型蒸汽发生器中，只有将大而笨重的二次侧本体从管套中拆下来，才可以观察这些管子和管套。而将二次侧从管套上拆开是一件费时而又艰苦的工作，需要将大量的螺母从它们各自的装配螺栓上拧下来。在拆除所有这些螺母后，还必须用起重机或卷扬机将大而笨重的圆柱形二次侧本体从管套处吊离。如果想把二次侧本体全部从管套处移开，则需要有100英尺以上的垂直空间，另外，如果人们想对管套做详细检查，那么，需将管套从这种模型蒸汽发生器的一次和二次侧完全拆开，这比仅仅拆开和吊离发生器的二次侧更为艰巨、困难和费时间。

当原有技术的模型蒸汽发生器所使用的试样管道比核动力蒸汽发生器中所用的实际的U形管子短得多的时候，分别从管套处拆开这些发生器的二次侧，仍然需要拆除与螺栓啮合的大量螺母，这些螺栓圆周均匀地分布，将管套和二次侧相连接。重新组装这些部件需要有一种特殊严密的顺序，所以拆开和重新组装发生器仍然是困难和艰巨的工作。尽管由于使用了较短的管子，使得拆开发生器所需要的垂直空间减小了，但为了把二次侧本体从管套中吊出，这种模型蒸汽发生器仍然需要使用某种起重机和卷扬机。不管长管子和短管子，由于这两个部件在它们能

重新连接起来前，必须精确地对中定位，所以使用这种起重机和卷扬机去将二次侧重新装到管套上仍是一种精细和麻烦的工作。

显然，需要有一种能方便地将模型蒸汽发生器拆开的系统，以便可以容易地对装在里边的试样管子进行检查和更换。理想而言，这种系统应提供一种可用于方便地拆卸模型蒸汽发生器的整个管套的装置，以便可以方便地更换模型蒸汽发生器内不同厚度的管套。总之，如果这样一个系统包括一个装置，即它不再需要起重机和卷扬机即能容易并方便对管套以及模型蒸汽发生器的一次侧相对于二次侧进行定位和调整，这就是我们渴望的目的。

从广义上来说，本发明包括一个模型蒸汽发生器，该发生器有一个便于对装在发生器内的热交换试样管进行检查的系统，它包括一种用于蒸发容器的一次侧与管套间可拆卸的连接装置，以使管套能完全地从蒸发容器上拆去。在推荐的实施方案中，用于管套与蒸发容器的一次和二次侧的可拆卸的两种连接装置包括一个Grayeoc型夹具。更详细地说，管套的末端和蒸发容器的一次、二次侧的顶端、底端可做成特定的法兰，将管套固定到蒸发容器上的夹具可以包括一互补的凹槽，当夹具将管套连接到蒸发容器的一次和二次侧时，该凹槽用以接纳这些法兰。这些法兰的侧面是锥形的，以使夹具沿蒸发容器周围装紧时，夹具中的凹槽与法兰挤压在一起。

在此还要说明的是一个用以悬挂蒸发容器的二次侧的框架，以及横向和纵向移动蒸发容器的一次侧和移动管套相对于蒸发容器的二次侧的位置的装置。在推荐的实施方案中，这些移动装置包括一辆装有千斤顶的带轮子的拖车，以便垂直地将蒸发容器的一次侧及管套移入相对于蒸发容器的二次侧的夹紧位置。

此外，模型蒸汽发生器可以包括一个螺杆和一个套管构成的调准装置，当把一次侧移进到正对蒸发容器二次侧的夹紧位置时，该装置用

以将蒸发容器的一次侧与带有蒸发容器二次侧的管套恰当地对齐。在较佳实施方案中，携带蒸发容器的一次侧和管套的带轮子的拖车包括四个调整套管，它们与装到支承蒸发容器一次侧的框架上的四个调整螺杆可以一一对准。当用锁母将螺杆紧固到套管上时，螺杆可以对蒸发容器的一次侧和蒸发器二次侧毗连的管套，起到定位的作用。为了使螺杆和套管之间的连接有一定的弹性，在将锁母紧固到套管上以前，可以在套管和螺杆之间装一弹簧偏置装置。

在这里还要说明的是一个改进的给水系统。该系统包括第一导管和第二导管，第一导管经由第一阀门液路上连接在模型蒸汽发生器的蒸发容器和实物蒸汽发生器的给水之间，第二导管经由第二阀门液路上连接在蒸发容器和给水容器之间。此给水容器又可以经由包括第三阀门的第三导管连接到实物蒸汽发生器的给水，并经由包括第四阀门的第四导管和一个除盐、除氧了的水源相连。这样一个容器的配置（该容器最好是由一系列罐构成）给予模型蒸汽发生器的操作人员三个可供选择的操作方案。第一，工作人员可以从模型蒸汽发生器中直接放出实物发生器中用的给水；第二，工作人员使模型蒸汽发生器中从容器抽来的给水流掉，此给水已经过防蚀剂或净化的添加剂变质处理过；第三，如果在实物蒸汽发生器中早已使用了防蚀剂或净化的添加剂，那么工作人员可以通过来自除盐、除氧的水源的水将容器注满，以对不同的防蚀剂和净化添加物的功效进行试验。而在将水源的水导入模型蒸汽发生器前，将这些不同的添加剂加进容器中。在监测超寿命运行中的核动力蒸汽发生器二次侧聚积的管子腐蚀性污垢中，本发明得到了特殊的应用。

给水系统的第一导管可以包括一个装置，该装置用以在通向模型蒸汽发生器的蒸发容器的给水导管中，工作水位在很宽的范围内保持恒定的紊流。这种紊流可防止给水在流至模型蒸汽发生器的途中颗粒状杂物

在给水中沉淀。

在较佳的实施方案中，这种防沉淀紊流装置包括一个与第一导管并列连接的第五导管。该导管包括一个第五阀门。在低给水流量时，仅用第一导管将给水输进模型蒸汽发生器中。但高给水流量时，第一导管中的第一阀门关闭，第五导管的第五阀门开启。第五导管的横截面积比第一导管大，所以使用第一导管或第五导管可使给水源和模型蒸汽发生器之间的给水在很宽的给水流量范围内保持一种防沉淀的紊流状况。

在另一种实施方案中，第一导管与第五导管的横截面积基本相等。为了在很宽的流量范围内获得理想的紊流效果，因而在此实施方案中，第一导管和第五导管同时使用，而不是各自单独使用。

在另一个实施方案中，给水总是以高于模型蒸汽发生器之蒸发容器的给水定值的流量流过第一导管。尽管这种布置在很宽的给水流量范围内提供了所需要的紊流，但此实施方案需要一个用于接收过剩给水的排水容器。

第二导管将容器液路连到模型蒸汽发生器的蒸发容器上，它在第一阀门和第一导管出口之间的某点处与第一导管相连。该第二导管可以包括一个防止给水从第一导管返流进第二导管的逆止阀。而且，蒸发容器的二次侧还可包括一个排污装置，该装置可控制速率，以模拟蒸发容器的二次侧污垢聚集的实时状态，或模拟此污垢在蒸发容器中加速聚集的预想状态。

在这儿还要说明一个工作程序，此工序借助一个具有容器的给水系统的模型蒸汽发生器对核动力蒸汽发生器中不同化学成份的给水的影晌进行试验。此工序通常包括几个步骤：在容器中收集核动力蒸汽发生器给水的试样；将一种防腐剂混进此给水中；并将此给水引进模型蒸汽发生器的蒸发容器中，然后可以在热交换试样管中对此种经过处理的给水的腐蚀作用与使用未经处理的给水相应的腐蚀作用进行比较。

发明的另一方面，模型蒸汽发生器包括一个改进了的温差环流加热装置，此加热装置用以模拟核动力蒸汽发生器的内部环境，并包括一个和给水源液路相连的蒸发容器，此给水源使核动力蒸汽发生器所用的给水成份基本上保持不变；至少有一根热交换试样管其端部是封口的、被装在蒸发容器中，用以将热量传输给容器的给水，温差环流加热装置还包括一导管，此导管装在试样管中，用以直接向试样管的封口端喷射蒸汽使整个试样管长度的热通量流谱均匀。它最好用立管形式同心地装在试样管中，这就消除了试样管内壁向下流动的凝结水膜中形成热阻塞波动的情况，这种波动会使得该试样管周围的热通量不均匀。这个立管以两个方式实现此功能；首先，因为向下流动的凝结水膜受到向上的蒸汽流的作用，它使凝结水膜与逆向流的液体作用力相隔离。第二，提供这样一个立管，会在立管和试样管的内壁之间的大部份环形空间内造成正压差，该正压差阻碍着试样管内壁或散热板向下流的凝结水膜中形成热阻塞波动而促进了通过温差环流加热器的液体循环。模型蒸汽发生器的试样管内壁上的凝结水膜阻塞波动的排除，可以使得试样管热通量流谱均匀，此热通量流谱与正在监测中的核动力蒸汽发生器的热交换管的热通量流谱完全相同。

这里叙述的加热装置还包括一个用以保持存贮中的液体并回收试样管内壁流下的凝结水的容器，以及包括一个用以对容器中的液体加热和通过上升管产生一 加热的蒸汽流的电阻加热器。此加热源的较好方案为包括许多电阻型加热筒的加热器，为了减少在模拟期间其中有一个加热筒加热器被破裂的可能，每个加热器可以为双层管壁。电阻型加热筒加热器的较好方案是均匀地散置在整个液体容器中。本发明还可以包括许多液体定向导管以下导管的形式均匀散置在那些加热筒加热器和液体容器之间。除了将凝结水流引回到加热筒加热器之间以外，

这些下导管还起到增加试样管内壁和液体容器之间的液体通路的热传导率的作用。液体通路中热传导率增加，改善了通过热交换试样管的蒸汽和凝结水的循环。

在这里要说明的是一个工序，用来通过在至少具有一个封口的热交换管的模型蒸汽发生器监测一台核动力蒸汽发生器内的热交换管的工况条件。通常这些工序包括这样的步骤：将试样管内部的被加热的蒸汽流引向封口端，由此，为了防止在凝结水膜中形成热阻塞波动，在所形成的在热交换试样管内壁向下流动的凝结水膜上加上一个正的蒸汽压力。

图 1 A、1 B 和 1 C 为本发明的改进型模型蒸汽发生器的系统图；

图 2 A 为本发明的蒸发容器装置侧剖面图；

图 2 B 为图 2 A 中 B—B 剖线的平面图，表示蒸发器装置的横剖面；

图 2 C 为用于模型蒸汽发生器一次侧加热装置中的一个加热筒的部分剖面图；

图 2 D 为蒸发器装置一次侧上部的侧剖面图；

图 2 E 为图 2 A 中 E—E 剖线的平面图，表示蒸发器装置的横剖面；

图 2 F 为设在蒸发器二次侧和管套内一个试样管的部分横剖面图，说明设在试样管内的立管以及封闭端的端塞；

图 2 G 为图 2 A 中 G—G 剖线的平面图，表示蒸发器装置的横剖面；

图 2 H 为二次侧立管内分隔装置的侧剖面图；

图 2 I 为用于本发明的分离装置中一个大水珠分离栅的底视图；

图 2 J 为用于本发明的分离装置中小水珠分离栅的底视图；

图 3 A 为本发明的较佳给水引入系统的结线图；

图 3 B、3 C 和 3 D 为本发明的不同的给水引入系统的示意图；

图 4 为模型蒸汽发生器的电力回路示意图；

图 5 A 为改进的模型蒸汽发生器设备布置的侧视图，说明发生器各

部件在框架内的安装情况；

图 5 B 为图 5 A 中沿 B—B 线的顶视平面图，说明该发生器的机械结构；

图 5 C 为图 5 中沿 C—C 线的剖视平面图，说明发生器的机械结构；

图 6 A 为拖车的前视图，拖车是用于将该蒸发器装置的一次侧和管套运输到或运自模型蒸汽发生器的主要框架上；

图 6 B 为图 6 A 中所示拖车的侧视剖面图，说明装在拖车底上的支柱，用于把蒸发器装置的一次侧和管套垂直向定位；

图 6 C 为图 6 A 中沿线 C—C 剖视的拖车平面图；

图 6 D 为图 6 A 中沿线 D—D 剖视的平面图，说明由千斤顶支撑的调整拖车竖向位置的情况。

参照图 1 A、1 B 和 1 C，各图中相同标号代表同一部件。本发明的模型蒸汽发生器 1 总的方面包括有：给水入口通路 3；补充水源 60；蒸发器装置 100，该蒸发器装置包括一次侧 102、管套 240 和二次侧 300；以及凝结装置 400 和二次冷却装置 423。给水入口通路 3 与给水系统 600 的连接说明在图 3 A 到图 3 D 中，所有的主元件按照图 5 A 到图 5 C 和图 6 A 到图 6 D 所绘的情况具体地布置在一个附有拖车 720 的框架装置 700 内，以便于在检查管子过程中将管套 240 和一次侧 102 从蒸发容器 100 中移出来。

给水入口通路 3 包括有一个予热器 31，通过它向本发明的蒸发器容器 100 的二次侧 300 提供予热的给水，以下称蒸发器 100 为蒸发器装置 100。正如下面即将详细讨论到的，有了予热器 31 将使模型蒸发器 1 能够模拟沿着被监测的核动力蒸汽发生器的管套轴向各不同点处具有的热水力情况。补充水源系统 60 向装在蒸发器装置 100 的一次侧 102 内的一个加热装置 150 提供补充水。在蒸发器装置

100的一次侧102和二次侧300之间的热交换靠4个热交换试样管258a、258b、258c和258d来完成。这些试样管是装在管套240内的，该管套将蒸发器装置100的一次侧102与二次侧300在液路上隔离。上述258a到258d热交换试样管的直径、壁厚和材料皆与被监视的核动力蒸汽发生器中所用的热交换管相同。在管套240与试样管258a、258b、258c和258d之间周围的间隙最好等价于核动力蒸汽发生器装置中热交换管的周围间隙，以便准确地模拟在这些区域常遇到的由腐蚀造成的“裂隙打泡”现象。

通过试样管传输的热是靠汽水温差环流交换器进行的，在该交换器中，一次侧102内的水被加热装置150加热而变成蒸汽。该蒸汽直接流到试样管258a、258b、258c和258d的开口端，该蒸汽将热量在二次侧传予给水，然后沿试样管258a、258b、258c和258d的管壁内流下，最后流回到一次侧102的水室中，为了使模拟热通量流谱与被监测的核动力蒸汽发生器中热交换管所画的流谱基本一致，在加热装置150中设有立管270a、270b、270c和270d，它们分别装在258a、258b、258c和258d试样管内的中心，下面将详述，这些立管可以防止沿试样管内壁流下的凝结水膜中形成热阻塞产生的亥姆霍兹（Helmholtz）不稳定波动。这种波动会使热交换试样管周围的热通量流谱造成不均匀，以致不能获得准确的模拟。这些立管270a、270b、270c和270d也使温差环流热交换器中的循环容易进行，这是由于提供了一股有压力的汽流沿试样管的内壁流下，从而对凝结水流除重力外又加上了拉力将其拉回到蒸发器装置100的一次侧102内的水室中的缘故。

藉助试样管258a、258b、258c和258d传递的热量使二次侧300中的水沸腾而变成蒸汽。为了准确地模拟核动力蒸汽发

生器内的工况，必须将裹进到蒸汽流中的水珠捕获并使其流回到二次侧300，若不能做到这点，则相当于增加了以水珠的形式被带走的排汽量，从而将使在二次侧300中给水内的会形成结垢的化学成分的浓度稀释，这种结垢化学物的稀释将使模型和实际蒸汽发生器间所累积的结垢量的相对关系不准确。因此，在二次侧300中设有一个由许多百叶窗构成的分离器355，每个百叶窗包括由许多互相平行的导流元件构成的组列。如后所述，这些导流元件形成一个高效的水分隔器，这比用核动力蒸汽发生器中用的“旋转叶片”型分离器效果好，而且具有使模型蒸汽发生器进行实时和预定两种操作方式的优点。

在蒸发器装置100的引出侧，模型蒸汽发生器1包括有凝汽器400，该凝汽器装置包括有一次和二次凝结管组409和411。设有一个马达操作的节流阀418以便有选择地关闭一次凝结管组409来提高凝汽器400的有效的回水率。凝汽器400和排污引出系统458两者都与二次冷却装置423热力相接。更详细地说，凝汽器400的出口导管419与凝结器的二次冷却蛇形管424液路上相连接，同时从排污沉淀箱462来引出导管468与二次冷却器423的排污再冷却蛇形管425液路上相连接。二次冷却器423将凝汽器400所产生的凝结水和从放气引出系统458放出的液态水的温度降低到200 F以下，以避免凝结水和排污水分别从气动控制阀446和490排出时引起扩容。

组成蒸发器装置100的一次侧102、管套240和二次侧300全是用Grayloc型夹具215作成可拆卸的连接，如图2A所示。这类夹具215和280等使试样管在具体试验完后很容易进行检查。

最后，如图5A到5C和图6A到6D中所绘的，本发明包括有一个为支承二次侧300和拖车720的主框架702。拖车720包括

有一个千斤顶730、以便能使一次侧102和管套240相对于悬挂的二次侧300作横向和竖向移动，这样以便于管道检查。

现在具体参考图1A和1B详述较佳实施方案。为蒸发器装置100的二次侧300指定的给水，在给水引入系统600的压力下进入入口通路3。在大多数情况下，进入到入口通路3的给水与用于被监测的核动力蒸汽发生器的为同一给水，这样以便在这两个系统中使用的水，在化学品质上保证无差异。但是，如下面将要细讲的，用于模型蒸汽发生器1的给水也可以用核动力蒸汽发生器的给水，但它经过添加抗蚀剂专门处理过的，以便计算添加的抗蚀剂对蒸发器装置100中热交换管258a、258b、258c和258d延缓腐蚀的效果。另外已经过化学除盐脱氧的水也可被引至入口通路3，以便监测抗蚀添加剂的效果，而不用核动力蒸汽发生器应用的水。图4未示明给水入口通路3设有一台给水泵26.1，以保证给水充足地流到蒸发器装置100的二次侧300中。

入口通路3包括有手动和电动的给水截止阀5和7，以便将模型蒸汽发生器1与给水源完全截断。电动阀7是一种旋转球形阀并具有可靠的关闭特性。同时许多类型的商品化的阀门可应用于发生器1中，电动阀7（以及在系统中所有其它的电动阀）最好用SS-790型阀，这是美国艾凡斯顿、伊利诺城的Clayton-Mar Pacific公司制造的。手动截止阀5（以及发生器1上的所有其它手动截止阀）可以用任何商品化的球型阀。至于这两个截止阀7和5，电动阀门7优先用于截断模型蒸发器1的给水源，而手动操作的截断阀5作为电动阀的后备，当中央处理单元21或阀7中的电动机出故障时用它。电动阀7借接于中央处理单元21的输出模块9而进行遥控。在该较佳实施例子中，中央处理单元是以PM550微处理机为主的控制系统，是德

克萨斯州 Dallas 公司德克萨斯仪器厂制造的。

流入蒸发器装置 100 的二次侧 300 的给水流量主调节器不是截止阀 5 或 7 而是气动控制的针型阀 11，该阀布置在截止阀 5 和 7 的上流侧（向上流的方向）。针型阀 11 的气动操作机构通过空气管路 15 接于压缩空气源（未示出）上。准许进入阀 11 气动机构的压缩空气量由电流—压力转换器 13 来调节。转换器 13 通过电缆 19 与中央处理单元 21 中输出控制模块 17 在电气上连接起来，从输出控制模块 17 送到电流—压力转换器 13 的电流量决定于一个输入模块 23 传送的电信号，输入模块 23 借助电缆 25 按顺序连接到液位传感器 27 上。

一般来说，液位传感器 27 实际上是一种差压型传感器，这种型式的传感器包括有一个具有弹性膜片，膜片上用化学方法印刷有应变电阻桥路，当蒸发器装置 100 的一次侧 102 中水位差使液位传感器 27 上的膜片向内或向外弯曲时，则改变了流经电缆 25 的控制电流。中央处理单元 21 中存有保持二次侧 300 中的水位在一定的上下限值之间的程序，于是按照输入模块 23 所感受的控制信号电流的变化通过输出模块 17 来调节气动控制的针型阀 11。在这一较佳实施例子中，液位传感器 27（以及蒸汽发生器 1 的所有的差压传感器），包括有一个多通阀 28，此多通阀 28 能使模型蒸汽发生器 1 在液位传感器 27 与压力传感管路 76a、76b 隔开的条件下运行，当检修或替换传感器 27 时即可如此运行，从而就不必因此而使整个系统停止工作。液位传感器（以及蒸汽发生器 1 的所有差压传感器）是 No 115 DP-3-E-M1 型，是美国明尼苏达州，明尼亚波利斯城的 Rosemont 合作公司制造的。

在入口通路 3 中气动操作调节阀 11 的上流侧装有一个流量计 29，目的在于计量流入到蒸发器装置 100 的二次侧 300 的给水量。流量

计29最好是用FMI型热工流量计，是宾夕法尼亚州Trevose热工仪器公司制造的，流量计29的输出可显示在一块控制屏（未示出）上，该屏与装设模型蒸汽发生器1的全部机械部件的框架700是分开的。

通过流量计29的水在经过导管58进入蒸发器装置的二次侧300之前被电予热器31加热，予热器31加热的基本目的即为准确地模拟被监测的核动力蒸汽发生器所选部位中给水的热力条件。如果考虑到在实际的核动力蒸发器中围绕管套内不同截面处的给水热力条件的不同，则上述功能将是很明显的。在核动力发生器中，给水通过二次侧300的管壁达到相对冷却状态，而当已流向发生器的管套伸出的U形热交换管组列的中心时将进一步被加热。因此，给水的热通量也部分地决定于它与蒸发器管套相对的径向位置。进一步说，此热通量决定于给水经过上述热交换管组列中的“热段”，即核动力加热的水是经过这些“热段”而进入到蒸发器的二次侧300，或是经过这些管子的“冷段”，即核动力加热的水是经过这些“冷段”离开蒸发器装置的二次侧300，因此，若要准确地模拟围绕核动力蒸汽发生器的管套的具体截面处的热力条件，则也必须对截面处给水的环境温度作完全相同的模拟。加热对热交换管周围的腐蚀过程起着催化作用，而且在蒸发器装置100的二次侧300内给水温度的任何不准确都将造成试样管中腐蚀速率的不准确。更进一步来说，因为腐蚀速率对给水环境温度呈指数曲线上升的关系，故而在给水温度方面即使稍为不准就会引起腐蚀速率较大的误差。借助于精确的控制进入蒸发器装置100二次侧300的给水温度，则模型蒸汽发生器即能准确地反应出被监测的核动力蒸汽发生器的管套上任意选定位置的腐蚀速率。

予热器31通常由具有一个入口35和一个出口37的箱体33构成，在予热器31的箱体33内装有许多电加热筒40，这些电加热筒

在构造上基本上与用在蒸发器装置100的一次侧102中的加热筒160相同，将描述于后。在本较佳实施例中，予热器31的加热筒40和蒸发器装置100的一次侧102中用的加热筒160最好都是封装在两层铬镍铁合金的箱壁内，以减少加热器破裂的可能，特别是在蒸发器装置100的二次侧300发生这种情况时会导致更严重的后果。由于点蚀会在这类加热器的棒状箱壁上形成一些针孔漏洞，这种针孔漏洞会使水存积在加热元件上的氧化镁或氧化铝之类的绝热物质和包围着它的园柱形箱筒之间，如在箱内存有上述的水，当加热元件起动时由于箱内的水迅速变成蒸汽，致使金属箱沿它的纵轴方向形成所谓“拉链”(Zipper)，由此而使流到二次侧300的给水混着包在加热元件周围的氧化镁或氧化铝这种隔热物杂质，这种杂质将使所用的模型蒸发器上进行具体试验的结果不正确。因为这种试验的期限将长达三个月之久，所以使花费的时间和工作上的损失是相当大的。不过，在加热筒40中设置了双层铬镍铁合金壁，所以避免了这种加热器破裂的可能，而且因此使试验不可能失败。

在加热筒40中流过的电流值可借助于可控硅整流器(或SCR)44调整，SCR44的输出通过动力电缆42连接到加热筒40的输入端，SCR44的输入通过动力电缆46接到220伏三相电源上，SCR44的栅极则通过电缆48连接到中央处理单元的输出模块50上，输出模块50的电流值受输入模块52产生的电流控制，然后输入模块以电缆54接到热电偶344的输出，该热电偶344是设置在蒸发器装置100的二次侧300有给水的地方，中央处理单元21编有保持进入二次侧300的给水温度在所期望的范围的程序，这是籍助于一个反馈回路实现的，此回路由栅极控制电缆48、输出模块50、输入模块52以及热电偶电缆54构成。在本较佳实施例中，为了尽量减

少产生高次谐波、对SCR 44（以及所有用于该模型蒸发器中的其它SCR）接作0电压开关运行（不用作相位角控制开关），因为高次谐波会对模型蒸发器1中用的电子设备的运行发生干扰。

现叙述向蒸发器装置100的一次侧102供水的补充水系统60，它从进入入口导管62开始，和前述给水系统2的截止阀5相似，手动截止阀64只当电动截止阀94退出运行时才在正常运行中用作截断一次侧102与补充水系统60的通路，也即手动截止阀64几乎总是打开的，在手动截止阀64的上流是一台单向泵66，该泵的进出口侧法兰盘分别与逆止阀68a和68b相接。驱动泵66的电动机由继电器接点67接到电源上，继电器67受中央处理单元21的控制，这一点在后面详述。

泵66出口的上流有两个水力交叉点69和78这些交叉点的作用是，在该发生器一开始起动或湿停运保养期间分别打开手动阀72和432时以便引用泵66出口的部分水流来充满液位传感器27、86和429上压力传感管路。在手动阀72和432打开时，水流到水力交叉点69和78上的水力管线70a、80和70b，并分别从这里流向液位传感器27、86和429的压力敏感管路。每个液位传感器27、86和429都包含有清洗阀74、84和434，以便对这些设备的内部作定期排水和清洗。

补给水泵66输出的水经过手动截止阀92和电动控制阀94流到蒸发器装置100的一次侧102。手动截止阀92除非在电动控制阀94发生某些故障时使用，在正常时从不关闭的。如前述的电动阀7相同，电动阀94和泵66是由液位传感器86的输出通过中央处理机21来控制的。为了了解怎样完成这项控制，有必要详细弄清楚连接到液位传感器86上的压力水管线和电缆的作用。

液位传感器 86 包括有一对压力传感管路 90a 和 90b，它们被通过一个多支阀 88 水力地接到蒸发器装置 100 的一次侧 102 的上下口，如同液位传感器 27 上的多通阀 28 一样，该多通阀 88 能使液位传感器 86 需要替换或检修时从压力敏感管路上断开而不必停运整个发生器 1。还有与液位传感器相同之处是，传感器 86 也有一个清洗阀 84 和一个连接传感器 86 的底部到泵 66 的补充水出口处的为初次启动时注水用的阀 82。液位传感器 86 产生一个表示一次侧 102 中液位的电信号，电缆 96 将此信号传到中央处理单元 21 的一个输出模块 95，中央处理单元 21 依次分别通过电缆 98a、98b 而接到输出模块 97a、97b，此两模块控制泵马达的继电器 67 的状态，以及与电动阀 94 的电动机相接的电力电缆 98b 的输出。当输入模块 95 接收到从液位传感器 86 经电缆 96 传来的表示在一次侧 102 中的水位过低的信号时，中央处理单元立即接通继电器 67 起动单向泵 66，分别由输出模块 97a、97b 打开流量调节阀 94。

在正常情况下，一次侧 102 一经注水到加热装置 150 的周围有足够的水量，则即不需再向一次侧 102 注入新水。在运行中，在一次侧 102 内的温差环流过程中（将阐明于后）经常地使水量通过一次侧 102 作闭路循环，但是，若腐蚀造成试样管 258a、258b、258c 和 258d 中之一在试验期间裂断，则将造成在蒸发器装置 100 的一次侧 102 和二次侧 300 之间漏水，在这种状态下，液位传感器 86 将检测出一次侧 102 中的水位降低，并将打开流量控制阀 94 和起动补给水泵 66，如前所述。用于补充水系统 60 中的补充水最好是除盐、脱氧后的水；其理由有二，首先这样的水可最大限度地降低腐蚀和在整个过程中累积在蒸发器装置 100 的一次侧 102 中的污垢；其次，如果一个试样管有裂损则在一次侧 102 的水将漏到二次侧

300，而这样的水在二次侧300内具有最小的化学作用。

现参照图2A说明，蒸发器装置100通常包括有，一个一次侧102，它具有一个加热装置150，以便汽化含在其内的水；一个管套240，在其内部装有热交换试样管258a、258b、258c和258d；一个二次侧300，通过它将前述的给水系统2中的给水借助伸到管套240外面的热交换试样管变成蒸汽。

现在解释图2A和1B，一次侧102的外部系由一个具有底帽106的园柱筒104构成，底帽106包括有一个排水口113a，其端部有一个为清洗用的排水连接节113b，在图1B中仅示意地说明此排水连接节113b利用清洗阀114在液路上连接于清洗管路上。有12个管子紧配接头（图上只示出108a和108b两个）被旋入孔（在底帽106上未示出）中。这些紧配接头把加热装置150的加热筒160卡住，每个加热筒160的终端接于动力电缆109上，以便将电力输送到每个加热筒160内的加热元件，如图1B所进一步示意的，在动力电缆109和220三相电源之间由“0电压开关”SCR110连接。SCR110的栅极通过电缆112接到中央处理单元21的输出模块111上，中央处理单元21根据它收到的信号确定打开SCR110的栅极的程度，该信号来自装在一次侧102的加热装置150上面的热电偶142和电气连接于输入电力电缆148上的功率表146，该电缆连接到SCR110上。正常运行方式应使一次侧102沸腾温度固定在所期望的范围内，而中央处理单元21则触发SCR110的栅极到这样的程度，即将蒸发器装置100的一次侧102内的水温控制在所期望范围，此值为热电偶142检测出，另一控制方式是控制试样管258a、258b、258c和258d的表面热量，在这种情况下，中央处理单元21触发SCR110的栅极

使加热装置150的输出功率由功率表146检测出的读数为期望的值。但是，如果中央处理单元21收到从热电偶169（图2c）传来的信号反应出加热筒160的工作温度过高，则即起动警报电路（未示出）通知运行人员；当达到某一上限值，则警报电路也能自动关断加热装置150。一次侧102的底帽106上边的边缘如图所示端接在一个环法兰盘上。

以夹具115将底帽106可拆卸地连接到一次侧102的园筒104上，在该夹具115内，底帽106的上部环形法兰盘116通过一层密封环118支撑住一次侧102园筒104的底部法兰120，带有环槽124的Grayeoc型夹具122以它的锥形斜边将底帽106的环法兰116和一次园筒104的环法兰120夹紧在一起，由于它们之间有一层密封环118受有一定压力，故成液体密封式接合。

夹具115包括两个半园抱箍，在图2A中仅示出其中的半个抱箍122，但是，每个半园对接抱箍的端部经半抱箍122上被标为126a和126b的螺旋连接法兰进行端接。此外，每个半抱箍122的螺旋法兰带有相互定位、插入螺栓的孔，如图中所示附于半抱箍122上的128a、128b和130a、和130b。当这两个半抱箍的螺旋法兰上了螺栓并用螺母压紧时，在半抱箍122中的环槽124的锥形斜面即强力地夹住底帽的环法兰116和一次侧102园筒104的环法兰120，并压紧在两个环法兰116和120之间的密封环118。

在一次侧102园筒104的右侧夹具115的上方设有一个注水孔132，通过此孔与前述的补给水系统60的液路相连通。位于一次侧102园筒左侧的是一对液位孔133和134，该两孔与前述的水压敏感管路90b和液位敏感器86的90a（未示出）相接。靠近一

次侧园筒104顶部有一个直线形热电偶口138，该口可装入一个能容纳前述热电偶142的热电偶套管140。如图1B所示该热电偶142的输出接到中央处理单元的输入模块143上并用于控制SCR110，以调节加到一次侧102内加热装置150的容许功率。一次侧园筒104的终端为一顶部环法兰149，如图所示。

一次侧102的内部包括有前述的加热装置150。加热装置150的外部一般有一个圆柱护套152，由它造成在园筒104的内壁与护套152的外壁之间的环形空间154，该环形空间154用作凝结水的通道，该凝结水是经常地由温差环流作用在一次侧102的园筒104的内壁上形成并流下来，此温差环流作用是由下述接合面形成的，即在加热装置150、试样管258a、258b、258c和258d，及上升管270a、270b、270c和270d，及下降管170a、170b、170c、170d、170e和170f等之间形成的。在套筒152的内表面镶有一对相互对正其上排列好的孔眼158的支撑板156a，156b，可以图2B看出。这些支撑板156a、156b用作支撑和隔开各加热筒160，各160则分别能滑动地插到在这两块板上相互对正的对孔158中。

图2C表明用于加热装置150以及予热器31中的加热筒160的具体构造。每个加热筒160包括一个具有双层壁结构162、163的园筒161，每层壁162或163最好用耐热金属例如耐热镍铬铁合金800构成，在该耐热合金双壁162、163内的是一个被氧化铝或氧化镁包围着的加热元件165。对于如前所述的予热器31，设置了包围加热元件165的双壁密封层主要是为了减少水漏到162、163壁上及加热元件周围的机率，因为这些水会造成加热筒160的外壳破裂，以及会化学污染蒸发器装置100的一次侧102中的水。

同时，双层壁加热筒160是予热器31和加热装置150的最佳型式的加热器，须知双层壁结构尤其是对予热器31更重要。在模型蒸汽发生器1的引入处的加热筒（予热器31内的加热筒）破裂立即会造成进入到二次侧300给水的化学污染，很可能会破坏模拟的准确性。相反，如果在一次侧加热装置150内的一个加热筒破裂，化学污染的后果将不致破坏准确模拟，除非是样管258a、258b、258c或258d破裂到使从一次侧102漏到二次侧300中的水量超过了允许范围，因为这种裂管现象是不经常出现的，故对加热筒160可以用单层壁加热筒较好地代替在予热器31中必须用的双层壁加热筒，但是，双层壁加热筒对两种加热器都是最好型式。

现在来看图2D，加热装置150的护套152的上口盖有环形护套帽172，如图所示，环绕护套帽的周边上有一圈凹槽174，并由之形成一圈环肩175，该环槽174和环肩175与护套152的上面的边缘互相紧靠啮合，这种结构可使护套上口与护套帽172正好啮合而毋须扩大加热装置150的园柱直径，却要堵住前述的凝结水返回路径，该路径即在护套152的外壁和一次侧园筒104的内壁之间形成的。护套帽172的上面包括有一些容纳下降管170a、170b、170c、170d、170e和170f的孔，以及容纳具有平锥凹槽178a、178b、178c和178d的孔以便容纳漏斗形蒸汽管180a、180b、180c和180d。该下降管170a到170f为从热交换试样管258a、258b、258c和258d流下来的凝结水提供了另一返回途径。

从图2B已明显看出，下降管170a到170f分布在加热装置150内加热筒160中构成近似五角图形，而下降管170f处于加热筒160内管阵的中心。下降管担负着两个专门的重要的功能，第一，

由于它们增加了凝结水返回路径的截面积，所以提高了温差环流过程中凝结水沿返回通道的导水率。第二，它们引导凝结水均匀地通过加热装置150中排成列阵的加热筒160，借此很容易将加热器中的热量传布到蓄在一次侧102底部的水中。这两个功能提高了温差环流循环的蒸发凝结效率，该温差环流循环是在从加热装置150进到试样管258a、258b、258c和258d的蒸汽和沿这些管内壁流下返回到蓄在一次侧102底部的水池中的凝结水之间进行的。这种效率的提高不仅减低了模型蒸汽发生器1的能耗，而且由于增加了流过它们的相对说更为冷却的水量从而延长了加热装置的加热筒160的寿命。加热器的期望寿命决定于加热器表面温度的平方，所以增加了相对说更为冷却的水量使加热筒160的期望寿命有显著的延长。漏斗形管180a、180b、180c和180d也同样地改善了温差环流过程的效率，它是利用将加热装置150产生的蒸汽导入上升管270a、270b、270c和270d实现的，刚说的这些管子将蒸汽导入热交换 试样管258a、258b、258c和258d的封闭端。如下所述，上升管270a、270b、270c和270d在温差环流过程中起很重要的作用，它是靠把沿试样管的内壁流下的凝结水流与向上走的蒸汽流隔开来实现的，因为蒸汽能够使热阻塞波动 形成在试样管内壁流下的凝结水膜中，使径向和轴向热通量流谱不均匀分布。

再看图1B，在一次侧内的压力靠压力传感器135来调节，压力传感器135通过水压管路136·1与一次侧园筒液路连通。水压管路136·1还包括有一只压力计136以便读取由传感器135反应出的发生器1的工作时的压力。压力计136的电气侧借电缆137·1接到输入模块137。模块137电气连接（图中未示出）到中央处理单元21，21中编有在传感器135传送一个压力过高的信号时断开

加热装置150的电源的程序；万一敏感器135故障未将过压力情况传递给中央处理单元21，则在一次侧102上设置了压力引泄口184，该口是通过导管188和192液路连接到一个防爆膜190。当在一次侧102中发生危险的过压工况时，该防爆膜190即破裂而将蒸发器装置100的一次侧102内蒸汽放出使压力下降。压力出口184也通过导管188和人工操作阀186分别通过阀门198、202、206和209液路连接到二次侧300的蒸汽出口导管346、而连接到真空源200、高压氮气源204和排气口208。当阀186打开时，压力出口184即可通过阀门198与蒸汽出口导管346液路连通（并由此通到二次侧300）。还有，当阀186打开时，压力出口184也能通过人工操作阀202与真空源、通过阀206与高压氮气源204以及通过阀209与排气口208分别相通。压力计203和207气路连接在阀202和206及与其相关的真空源200和氮气源204之间。一个背压调节器210气路连接在排气口208和风门209之间，如图所示。

阀186、198和206在系统最初起动时以及“湿停运保养”（Wet-lay up）过程中有用。在湿停运保养过程中，蒸发器装置100的一次侧102通过补给水系统60注到预定水位，以及二次侧300从给水入口通路3注入合适水位的给水，接着，在一次侧102和在二次侧300里面的空气被氮气所置换，该氮气是通过打开阀门186、198和206从压缩氮气源204来的。背压调节阀210保持在一次侧102中的氮气有足够的背压至氮气在一次侧102水中完全饱和。操作人员可以利用阀202抽真空，或打开阀202和186抽一次侧102的真空，或打开阀202和198而抽二次侧300的真空。当需要或期望净化或是一次侧102、或是二次侧300中的大

气时，用抽真空的办法是有效的。最后，操作者可利用阀209有选择地排气，或是打开阀186给一次侧102、或是打开阀198给二次侧300排气。所有上述这些能力是很重要的，因为有了这些就可使模型发生器1去模拟实际核动力发生器在湿停运保养过程期间所有的主要温度、压力和大气工况。

现在看图2A，一次侧102的上法兰149是利用夹具215密封接合到管套240的环形下法兰219上。夹具215是一个Grayloc型压力夹具，它是可拆卸地将一次侧102连接到管套240上。在构造上各方面都与前述的夹具115相同。准确地说夹具215包括有一个密封环217，它位于一次侧102的上法兰149和管套240的下法兰219之间，此外，它还包括有一对半抱箍，其中图上只能看见抱箍221。两个半抱箍都包括有一个锥形凹槽223以便使环法兰149、219向内对着密封环217压紧，这是靠带双螺孔的凸缘225a、225b用螺栓插入螺孔227a、227b和229a、229b适当拧紧而得到的。

管套240本身包括有一个园筒242，它被管套保护加热组件244包围着，加热组件244示意于图1B中。该管套加热组件244包括有许多电加热元件246，这些元件通过单相动力电缆248a、248b和另电压可控硅开关SCR250接到240V电源上，SCR250的栅极通过电缆252接到中央处理单元21的一个输出模块251上，中央处理单元21依次接到输入模块253，热电偶254通过电缆255将指示加热组件244的温度信号传送到输入模块253，中央处理单元21对热电偶254传来的温度信号与预先编排好的温度范围进行比较，然后传送一个电气控制信号给SCR250的栅极，以调节SCR250传送到加热元件246的电力大小以维持管

套的温度，保护加热组件244在所期望的预先编排好的限值内。管套加热组件244能使模型蒸汽发生器1基本上复现在实际核动力蒸汽发生器中沿管套径向和轴向的热通量流谱图象。如果在本发明中不设置管套保护加热组件244，则散到管套240外部的热损失将使在模型蒸汽发生器的管套中的热通量流谱和被监测的核动力蒸汽发生器中管套上的热通量流谱之间造成不等同。

现在回到图2A，管套240的园筒242包括有4个孔256a、256b、256c和256d，用以分别容纳前述的试样管258a、258b、258c和258d。这些试样管的金属组合成份、直径和壁厚最好与被监测的核动力蒸汽发生器的二次侧中的热交换管相同。此外，设在蒸发器装置100的二次侧300中的试样管终端最好用管堵260a、260b、260c和260d封闭，同时，面向一次侧102的试样管终端最好是打开口的，如图上262a、262b、262c和262d所示。

在管套240的顶部设有一个污水槽263，用作从被监测的核动力蒸汽发生器取出的污水样品放到热交换试样管258a、258b、258c和258d的周围，以便测试在这些管壁中含有的会引起腐蚀的污垢量。在污水槽263的底下有一个垂直段264和水平段268的排水腔孔，以便使模型蒸汽发生器的运行人员根据需要能够完全排出二次侧300中所有的水。为了能进到排水腔孔264段和268段中提取污垢，用一个多孔插头266放到垂直段264的顶端如图2A上指明的位置。在管套240的底部上升管270a、270b、270c和270d被布置在试样管258a、258b、258c和258d里面的正中位置，它是靠管形接头274a、274b、274c和274d将该上升管塞到漏斗形管180a、180b、180c和

180 d 的开口处，这些漏斗管伸过护套帽 172。

最好参看图 2 E 和 2 F，上升管 270 a、270 b、270 c 和 270 d 分别居中并几乎整个长度布置在相应的试样管中。上升管 270 a、270 b、270 c 和 270 d 在试样管内沿着被凝水膜隔开的纵轴方向任何处保持径向的热通量流谱均衡方面起重要作用，它使沿这些管子内壁流下来的凝结水膜避免液体剪切，当然如果这些凝结水出现在上升的蒸汽流中则是另外的情况。如前所述，这种剪切力会使凝结水膜形成热阻塞波动，这会使热通量流谱分布出现不规则图形。除了把凝结水流与这种液体剪切力隔开以外，须注意到上升管 270 a、270 b、270 c 和 270 d 实际在其外壁与试样管内壁间限定环状间隙中建立的是正压力差，此正压差在靠近试样管堵塞端附近区域中最强，而借助重量将此凝结水膜沿此环状间隙向下拉，从而进一步保证了在试样管 258 a、258 b、258 c 和 258 d 的内壁与上升管 270 a、270 b、270 c 和 270 d 之间不会形成液体膜波动。这些上升管造成的条件比原有技术——流体系统中允许采用的更大的试样管。具体地说，试样管 258 a、258 b、258 c 和 258 d 的长度可以用到 24 英寸，即在试样管周围的热通量流谱出现变化之前的尺寸。模型蒸汽发生器能采用这么长的试样管，运行人员就能够在蒸发器装置的二次侧 300 内，放置试样支撑板，并基本上能够复现被监测的核动力蒸汽发生器的支撑板周围区域的水力热力工况。

另一个 Grayloc 型夹具 280 将管套 276 的上部环形法兰与二次侧 300 的下部环形法兰 284 可拆卸地连接，如图 2 A 和图 2 E 所示。与前述夹具 115 相同，该夹具 280 包括有一个密封环 282 和一对半圆抱箍 286 a、286 b，它们具有锥形槽 288，当螺栓 296 a、296 b 装到抱箍 286 a、286 b 的带螺孔的凸缘

290 a、290 b的螺孔292 a、292 b和294 a、294 b中时，该锥形槽288就把环法兰276和284通过密封环282而液体密封地紧固在一起。

蒸发器的二次侧300大部份由园筒302构成，在它的底端，园筒302包括有一个液位口304，以及一个排污口306，该口插有一个排污接头308，该排污接头308依次连接到排污管310，并且管套240的大小应仔细考虑，以使管310在从槽263中排污时很接近于模拟的实际核动力蒸汽发生器中的排污管相对应的排污量。位于上述液位口304和排污接头308上面的是给水入口315，该口在液路上连接到先前所述的给水入口系统2。第二个液位口319布置在给水入口315的上面。液位口315和319接到前述的水压敏感管路76 a和76 b，该两管路则接到液位敏感器27上。在最高的液位口319的对面是一个压力抽取口317，如下面所述，压力抽取口317被连接到压力敏感器375，它通过中央处理单元21控制着蒸发器装置二次侧300内的压力。

二次侧300的园筒302的顶部为一个环法兰321，此环法兰321与蒸发器顶盖323的环法兰底端借助于夹具330而密封啮合在一起。夹具330也是Grayloc型装置，由它将蒸发器顶盖323可拆卸地连接到二次侧300的上端。和以前所描述的夹具115、215及280相同，夹具330包括一个设在二次侧300的园筒302上的法兰321和蒸发器顶盖323上的法兰325之间的密封环；此外，夹具330还包括两个半园抱箍334，抱箍内环面上有锥形槽336，它的作用是使环法兰321和325隔着密封环332形成压力密封啮合；最后，每半个抱箍包括带双螺孔的凸缘338 a、338 b及互相对正能插入螺栓的螺孔340 a、340 b和342 a、

342b, 蒸发器顶盖323的顶端中心上设有一个蒸汽引出装置345, 其上还设有热电偶口344以便装设热电偶套管, 如图1B所示该蒸汽引出装置345与蒸汽导管346相连接。

二次侧300的内部含有一个普通的圆柱形竖筒348, 该筒的顶端藉顶盖365封闭, 顶盖365上设有一个漏斗形孔366, 以便将二次侧300中所产生的蒸汽导入到蒸汽引出装置345。竖筒348的底端是敞开的, 它包括有3个定位键350a、350b和350c以便将筒348的圆柱体定位在二次侧300的壁内中心位置, 竖筒348的下口则包围着试样管258a、258b、258c和258d如图所示; 竖筒348的上口包括有一个分离器组件355以便将二次侧300产生的蒸汽中包含的水珠分离出来。

现在看图2H、2I和2J, 分离装置355包括有沿竖向位置的一层层大水珠分离器栅357a到357i, 如图2H所示。每个大水珠分离器栅357a到357i包括有4个平行的分离导流元件359, 每个分离导流元件359是个半圆柱体, 每个大水珠分离器357a到357i的这些导流元件359的凸边的凸向与竖筒348内向上的蒸汽流同向。此外, 大水珠分离栅的每个导流元件359水平倾斜角约为5度, 这样的倾斜使撞到半圆柱体的凹面的大水珠沿导流元件的纵轴方向经竖筒348的内壁下流到二次侧300的底部与给水汇合。虽然没有在任一图中表示, 但357a到357i中每个大水珠分离栅应布置成上、下栅间具有45度水平转角。在9个大水珠分离栅357a到357i之间的这种角位移布置应当保证没撞到一个分离栅357的任何一个半圆柱分离导流元件359上的蒸汽流中的水珠必须能撞上其下一个分离栅357的导流元件359。大水珠分离栅357a到357i的各导流元件359的这种倾斜对于从热交换试样管258a、258b、

258c和258d流出来的汽流提供了径向运动分量，这样可促使大水珠聚合在半园柱导流元件359的底部并排到竖筒348的侧壁而流下。

从图2H上显而易见，分离器组件355还包括有一层层的小水珠分离栅361a到361k，每个小水珠分离栅包括有许多较小的半园柱导流元件363，如图2J所示。和导流元件359情况相似，每个半园柱导流元件363的凹槽侧向着热交换试样管258a、258b、258c和258d上升的汽流，还有和大水珠分离栅357相同之处是，每个小水珠分离栅361与在它上面和下面的分离栅361均成45度水平转角布置。每个小水珠分离栅361与其相邻栅所构成的这一相对位移转角关系应保证流过分离器组件的全部蒸汽流都能碰到分离栅361a到361k中半园柱导流元件363上的凹槽表面上，这样一种水平转角布置也增加了前面讨论过的对通过竖筒348向上流的汽流的侧向运动分量，其结果有利于排水效率。在大水珠分离栅357a到357i层和小水珠分离栅361a到361k层之间仅有一个结构上的差别，即后者中的导流元件363与小水珠分离栅的水平面不是倾斜的（不是指小水珠分离栅包括有更多的半园柱导流元件363这点的不同），因为沿着导流元件363的凹槽底面上的侧向压力将会使撞在其上和聚合起来的水滴向竖筒348的侧壁流动，所以上述那种水平方向的倾斜就不需要了。

上述的各层具有水平转角布置的分离栅357a到357i和361a到361k对于分离出竖筒348内上升汽流中裹进的水滴是十分有效的。发明者曾发现用这种分离层形成的分离装置355能回收进入汽流中的几乎全部水，仅为0.1%的水被汽流带走。这样低的水损失能使二次侧300的积污量大于被监测的核动力发生器的积污量，

因为在核动力蒸汽发生器中的水损失一般为0·25%。积污量决定于这种水损失是因为被蒸汽带走的“损失”的水，其中有未分解的致垢化学成份，当发生器所产生的蒸汽是干净的蒸汽时这些化学成份就被残留在二次侧300中。规定分离装置355减少的水损失为通过蒸汽导管346的2·5倍，这就允许模型蒸汽发生器积污方式或者采用实时积污方式，或者根据清洗系统时所排去污垢采用快速预测方式来预定积污量。如果散失到模型蒸汽发生器1的二次侧300以外去的水损失相对地大于被监测的核动力蒸汽发生器，则该模型蒸汽发生器便不能模拟在核动力蒸汽发生器中实时积累的污量。

现在再回过头来看图1B和1C，在蒸发器装置100的二次侧300内的蒸汽压力由两个不同的设备进行调节。第一是在紧急高压情况的事，二次侧300的内部籍导管369液路上连接到防爆膜367，防爆膜367被校准爆破值，故在二次侧300内部的蒸汽达到二次侧园筒302能承受的压力限度时蒸汽即由此放出。但是，如前所述，防爆膜367只在极危急的情况下动作，在正常情况下，二次侧园筒302内的压力是利用压力传感器375来调节，它与凝结装置400一起将从二次侧300流出的蒸汽冷却而达到要求的压力，该压力敏感器借压力管路377液路上连接到二次侧300的压力引出口317，压力敏感器375的输出信号，通过电缆389传送到输入模块387，连接到中央处理单元21的输出模块391的输出和电动机的速度控制器395相连，该电动机是驱动凝结装置400的吹风机403的，通过电缆399接于220V电压的三相电源上。蒸发器装置100的二次侧300的蒸汽出口导管346液路上连接凝结装置的凝汽器407上，凝汽器407依次由一次凝结管组409和二次凝结管组411所组成，二次凝结管组411与吹风机403的气流进行热力偶合，吹风

机403受变速控制电动机395的控制。根据压力敏感器375所接受的信号，调节凝结装置400的吹风机的速度来改变通过风道405吹到一次和二次管组409和411去的风量，以此来调节在导管346中蒸汽的凝结水量，也由此维持蒸发器装置100的二次侧300内的压力在预定的极限值内。最后，须指出，压力计379借助于管路381气路上连接到压力管路377上，压力计379提供显示，该系统运行人员即可从表上看到在二次侧300内的压力大小。

现在翻到图10，对凝汽器装置400的结构作较详细的说明。

由凝汽器管子409的一次装置形成的凝结水集中在导管415中，而凝汽器管子411的二次装置形成的凝结水则集中在导管417中。导管415和417会聚后进入主凝结导管419，如图所示，本发明的一个重要特征是在一次凝结导管415中设置了一个电动阀门418，由于设置了电动阀门418，则允许凝汽器装置400可同时使用凝汽器管子409和411的一次和二次装置，这取决于阀门418是开还是关。因此，电动阀门418可起到对装置进行组合的作用，有选择地去切断407的一些凝结管。从总体上说，这可以得到大大改善凝汽器装置400回水率的有利结果。这使得模型蒸汽发生器1在较大蒸汽压力范围内可以准确地模拟被监测的核动力蒸汽发生器内的工况。

凝汽器装置400产生的凝结水最终从主凝结水导管419流入热井420，热井420的出口又与二次冷却器装置423相连。装置423将凝汽器装置400形成的凝结水，以及前面讨论过的从二次侧300的排污口308流出的排污水冷却并排出去。

首先讨论热井420和二次冷却器装置423对来自凝汽器装置400的凝结水进行冷却和将其排出的方法。热井420与一个液位敏感器429协同工作，它维持着由凝汽器装置400形成的凝结水量和

由二次冷却器装置 4 2 3 冷却并排出的凝结水量之间的平衡，以使热井 4 2 0 始终保持约半满的水量。液位传感器 4 2 9 的一侧通过压力管路 4 2 7 与热井的出口导管 4 2 2 液路相连接，液位传感器 4 2 9 的另一侧通过压力管路 4 3 0 与凝结水出口导管 4 1 9 液路相接。水力传感管路 4 2 7 和 4 3 0 二者共同通过一个总阀门 4 2 8 与液位传感器 4 2 9 相连，以便不用停运整个模型蒸汽发生器即可容易地修理或更换液位传感器 4 2 9，液位传感器 4 2 9 靠接收到的热井两侧之间的压力差推断出热井内的液体水位。液位传感器 4 2 9 通过中央处理单元 2 1 去调节一个气动流量控制阀 4 4 6，以保持热井 4 2 0 内的水位在所要求的范围内。以上控制是下述方法实现的。首先，将通过热井 4 2 0 的出口导管 4 2 2 流动的凝结水引进蛇形的二次冷却器盘管 4 2 4 中，凝结水在那里至少被冷却到 200 度 F，以避免在排出端扩容。被冷却了的凝结水流出二次冷却器盘管 4 2 4，且通过导管 4 2 6 流进流量调节阀 4 4 6，液位传感器 4 2 9 借助电缆 4 3 6 与中央处理单元 2 1 的输入模块 4 3 8 电气相连。中央处理单元 2 1 的输出通过输出模块 4 4 0 及电缆 4 4 4 与电流——压力转换器 4 4 2 相连。电流——压力转换器 4 4 2 通过空气管路 4 4 8 对流进气动流量控制阀门 4 4 6 的压缩空气量进行调节。中央处理单元 2 1 将根据它由液位传感器 4 2 9 接收到的反应热井 4 2 0 内的水位的信号调节气动阀门 4 4 6。被冷却的凝结水在离开流量阀门 4 4 6 以后，通过电动截止阀门 4 5 0 和手动控制的截止阀 4 5 6 继续流到排出罐 6 9 2（示在图 3 A 至 3 D 中）电动截止阀 4 5 0 借助一根电缆 4 5 4 与中央处理单元 2 1 的输出模块 4 5 2 电气相连。如果中央处理单元 2 1 从液位传感器 4 2 9 接收到一个指示热井 4 2 0 中水位低或无水的信号，而运行中的蒸汽即将进入出口导管 4 2 6，则中央处理单元 2 1 将通过输出模块 4 5 2 和电缆 4 5 4 对电

动截止阀 4 5 0 发出关闭的指令。

现在转到介绍在二次冷却器装置中，如何使开始从排污接头 3 0 8 排入导管 4 6 0 后又排入排污沉淀箱 4 6 2 的排污水冷却并排出的方法。在沉淀箱 4 6 2 中，给排污水中的固体颗粒在箱底部形成污垢的一个机会，这些污垢通过清洗阀门 4 6 4 被定期清洗，而清洗阀门 4 6 4 和表示的那样通过疏水导管 4 6 6 控制着由箱底部来的排污水量，部分清除了污垢的残留在沉淀箱 4 6 2 中的排污水，从箱 4 6 2 流到出口导管 4 6 8 并进入二次冷却器装置 4 2 3 的排污二次冷却器盘管 4 2 5 象凝结水二次冷却器盘管 4 2 4 一样，排污二次冷却器盘管 4 2 5 经由风罩 4 2 5 · 1 与冷却空气流热力相连，该冷却空气流是由二次冷却器装置 4 2 3 的吹风机 4 2 5 · 2 产生的。为了启动或湿停运保养，通过导管 4 6 8 流动的排污水经由一个手动操作的空气阀门 4 7 4 控制的喷射导管 4 7 2，与一个氮气喷射系统 4 7 0 相连。在模型蒸汽发生器启动或湿停运保养期间，氮气可以在喷射导管 4 7 2 中呈泡状通过，且通过导管 4 6 8 上升并进入蒸发器装置 1 0 0 的二次侧 3 0 0。由于设有喷射系统 4 7 0，工作人员可以借助上升的氮气呈泡状地通过二次侧 3 0 0 底部更快地使流进二次侧 3 0 0 的给水饱和，而不是仅仅在二次侧 3 0 0 中的给水上面供给氮气，后面那种工作方式，通氮气使给水饱和所需要的时间要长得多。

如图 1 c 所示，二次冷却器装置 4 2 3 的排污二次冷却器盘管 4 2 5 包括三个蛇形管，另外应该指出，排污二次冷却器盘管 4 2 5 更接近吹风机 4 2 5 · 2 产生的风流。由于通过排污出口系统 4 5 8 的排污水流量大约仅为凝汽器装置 4 0 0 产生的液态水量的 1%，在排污二次冷却器盘管 4 2 5 中装设的三个蛇形管为排污水提供的冷却表面积比 1 3 根蛇形管给由凝汽器装置 4 0 0 产生的凝结水提供的冷却表面积大

得多。因为相对于通过盘管中的蛇形管的排污水的容积来说，这些蛇形管数量很大，而且它们离吹风机4 2 5 · 2最近，这就使排污水能被冷却到接近于环境温度，这也允许在盘管4 2 5下游的排出口（未示出）容易和方便地取出许多试样中的任一个。将排污水冷却到相当低的2 1 2度E，也为在排污出口4 5 8中的任何处不发生扩容提供了可靠的保证。因为扩容会使排污接头3 0 8周围内引起一个压力波动，该范围内的压力波动可以使排污水很迅速地从二次侧3 0 0排出，从而使得模型蒸汽发生器不能准确地模拟围绕核动力蒸汽发生器的管套范围内正在监测的核动力蒸汽发生器的污垢聚积的速率。

排污出口系统4 5 8允许流过的排污水量的调节是靠一块流量计4 7 8完成的。此流量计靠导管4 7 6与排污二次冷却器盘管4 2 5液路上相连。在较佳实施方案中，流量计4 7 8是宾西法尼亚州Trevose热工仪表公司制造的F M I型热工流量计。流量计4 7 8的输出用以下方法调节一个气动流量阀4 9 0。首先，借助电缆4 8 0将流量计4 7 8的输出传输到中央处理单元2 1的输入模块4 8 2，中央处理单元2 1依次将一个电气控制信号传到输出模块4 8 4，借助于电缆4 8 8，模块4 8 4与一个电流—压力转换器4 8 6相连。电流—压力转换器控制通过压缩空气管路4 9 2的空气流量，管路4 9 2与流量调节阀门4 9 0气体相连。流量调节阀4 9 0排出的排污水经由一个电动截止阀门4 9 4和手动控制截止阀5 0 0排至排污收集罐6 9 2。（在图3 A至3 D中示出），正常时，阀门4 9 4和5 0 0都是打开的，然而，如果需从排污收集罐6 9 2处将排污出口系统4 5 8断开的话，可籍与中央处理单元2 1电气相连的输出模块4 9 6去动作电动截止阀4 9 4。输出模块4 9 6基本上是一个开关，它控制通过动力电缆4 9 8内的电流。在事故时，电动阀门4 9 4不起作用，而由系统工作人员手动关闭

截止阀500，以实现切断排污出口系统458和排污收集罐之间的连系。

为了对从凝结水二次冷却器盘管424排出的凝结水和排污二次冷却器盘管425排出的排污水两处液态凝结水的温度进行控制，装设了一个马达转速控制装置502，去控制二次冷却器吹风机425·2产生的冷风量。该马达转速控制装置502包括一个可变转速控制器504，它控制着吹风机马达从动力电缆506接收来的电功率。可变转速马达控制器504的输出通过动力电缆508与吹风机425·2的电动马达相连，借助于由中央处理单元21产生的一个控制信号对可变转速的马达控制器504进行控制。此控制信号则取决于由热力连接到凝结水二次冷却器盘管424的输出导管426上的一热电偶518所传感到的温度。明确地说，可变转速马达控制器504是借助电缆510连接到中央处理单元21的一个输出模块512的。中央处理单元21还包括一个输入模块514，它借助热电偶线路516与前面提到的热电偶518电气相连。根据热电偶传感到的温度是否比中央处理单元21的记忆装置中存储的预定温度范围是低还是高，吹风机425·2的马达也就转得慢些或快些。

在结束对蒸发器装置100的详细说明以前，应该提到，此装置的各种部件提供了一个模型蒸汽发生器，该发生器不仅能准确地模拟核动力蒸汽发生器内部的热水力工况，而且，如果在被模拟的热水力工况与实际的热水力工况之间出现任何实质性偏离时，其误差趋向于保守方面，正如前面提到的，分离器装置355的效率相对越高，导致二次侧300中的污垢聚积的速率越快。蒸发器装置100中另外两个使误差趋于保守的因素是进入二次侧300的给水流速相对较慢和在试验期间试样管子经受的压力都相对较大。较慢的给水流速促使污垢聚集，并在二次侧

300的裂隙区域残留下来。试样管258a、258b、258c和258d中较高的压力使这些试样管经受了比“切向应力”约大6%的应力，这对于管子的腐蚀速度无疑是一个已知的促进因素。考虑到与模型蒸汽发生器有关的危险后果，试样管的运行条件比实际的运行条件要好（即是通过检修计划已考虑的管子破裂、二次侧放射性污染）那么总的误差趋向于保守的方面显然是有利的。

现在参考图3A，模型蒸汽发生器的水力给水系统600包括了三个组成部分：包括前面讨论过的入口通路3，它把来自正在监测的核动力蒸汽发生器的给水直接引到发生器的预加热器31，一组列水罐620与给水通路3水路相连，供作给水容器用，和一个已除盐脱氧的给水源640与水罐组列水路相连。这三个主要组成部分中的每一个以及他们之间的相互关系，现在详细说明如下。

在给水源602和“T”接水力交叉点610之间的给水入口导管3包括一个逆止阀605，一个电动截止阀606和一个手动截止阀608。在较佳实施方案中，给水源602与正在被监测的核动力蒸汽发生器中所用的是同一水源。另外，给水通路3包括一个保持液体处于紊流状态的流速，以使给水中的固体颗粒在给水引入蒸发器容器的一次侧102以前没有机会沉淀出来的装置。这里将讨论用以保持紊流——防沉淀流的专用装置，逆止阀605确保没有一点模型蒸汽发生器1的水力给水系统600的给水能返回到指定的核动力蒸汽发生器用的给水箱中。电动截止阀门606允许系统工作人员将水力给水系统600与给水源602隔开，当这种隔离需要时进行。在通路3中设有手动截止阀608作为一种安全措施，正常时不用手动截止阀，除非由于某种原因电动截止阀门606不动作时才用它。

在水力“T”接交叉点610处，通过打开导管612中的电动流

量阀门618可以优先将来自给水源602的给水进入前面介绍过的那些水罐组列620中。而导管612包括一个手动阀门616。正常时阀门616打开，但是当电动阀门618无法使用时，系统工作人员希望将来自水罐组列620的给水隔离时可以将此阀门关闭。为了保证水罐组列620中的水不返流到给水入口通路3中，在导管610中装设了一个逆止阀门614。水罐组列620借助于导管622与给水入口通路3水力相连，以作备用。导管622，与导管610一样包括一个电动截止阀门624，一个人工控制的截止阀门626和一个逆止阀门628。导管622中这些阀门中的每一个与导管612中的阀门618、616和614起着相同的作用。导管622与所示“T”接交叉点处的给水入口导管3水路相接。为了防止来自水罐组列620的返流水进入给水源602，在“T”接交叉点630下流和“T”接交叉点610上流又装设了一个截止阀632，使具有把水罐组列的水与水源602的水相隔离的能力，这是重要的，因为这些水正常时与核动力蒸汽发生器流来的给水相比有不同的化学品质。“T”接交叉点630的上流，给水入口通路3包括前面讨论过的手动截止阀5和电动截止阀7。水罐组列620提供一个容器，在此容器中防腐剂或净化的添加剂可以与来自被监测的核动力蒸汽发生器的给水相混合。显然，罐组列还提供了一个容器。让这些添加剂可以与来自水源640的除盐脱氧水相混合。

为了使模型蒸汽发生器中的各种试验选择得有效，也为了在各试验进行中间为清洁蒸发器装置100的二次侧300而提供了一个纯净水源，一个除盐脱氧过的水源640与前面讨论过的罐组列620水力相连，如果核动力蒸汽发生器的给水中已经混进了防腐蚀的化学剂，提供的除盐脱氧了的水源640允许工作人员选择对未曾在蒸汽发生器中使用过的防腐蚀的添加剂的效力进行试验。最好水源640与连到蒸发器

装置的一次侧102的补给水系统所用的是同一水源。除盐脱氧水源640经由水导管642与水罐组列水路相连，水导管642又与水力“T”接交叉点644处的水罐导管645相连。水罐导管645包括一个逆止阀门646、一个手动截止阀门647和一个电动截止阀门648，它们分别与前面讨论过的相对于导管612的阀门614、616和618起着相同的作用。直接与除盐脱氧水源640相连的导管642，通过水力“T”接交叉点644，经由逆止阀650，手动截止阀652和电动截止阀654与用作一次侧102的补给水源60的入口导管62相连。而且，这些阀门各自的功能与前面叙述过的导管612的阀门614、616和618的功能相同。

给水系统600的出口侧包括前面讨论过的分别从凝结和排污水的二次冷却器蛇形管424和425来的出口导管426和476，其中每个导管包括前面讨论过的电动截止阀450，494，以及当电动截止阀450、494不能使用时，作为紧急使用的手动截止阀456，500。这些出口导管，426和476如图所示并列地与主出口导管690连接，导管690依次与一个存储罐692连接，在存储罐692的顶部，经由一空气导管694与一个加压的氮气源连接，存储罐692的底部，靠一个疏水导管695与疏水液路相接，存储罐692上部空间充以氮气，如果需要，水可通过该系统进行再循环。存储罐692还可防止由于疏忽而倾泻的核动力蒸汽发生器中的热交换管泄漏而被幅射污染进入模型蒸汽发生器中的给水。

图3B、3C和3D是前面介绍过的用以使给水入口通路3中保持紊流的上述装置的另一种实施方案。这样造成紊流是为了在这些给水被引入蒸发器装置100的二次侧以前，不让固体颗粒在给水中沉淀的机会。

图 3 B 示出比较佳的实施方案，在此方案中一对管子 6 5 6 和 6 5 8 在入口通路 3 中的一点即电动截止阀 6 0 6 和手动截止阀 6 0 5 的下游处插接，如图所示，在配对的管子 6 5 6 和 6 5 8 前面设有另一个手动和电动截止阀门 6 5 3、6 5 5。管子 6 5 6 内径最好为 0. 21 英寸左右，而管子 6 5 8 内径最好为 0. 3 1 3 英寸左右。在模型蒸汽发生器 1 工作时，使用管子 6 5 6 和 6 5 8 中的一根，还是同时使用两根，取决于保持整个通路 3 的给水中使颗粒物是悬浮状态所需要的流量。为了允许水流由较小直径管子切换较大直径的管子上，在管子 6 5 6 和 6 5 8 上分别装有一对电动截止阀 6 5 7 a、6 5 7 b 和 6 5 9 a、6 5 9 b。在流量为每小时 2 2 磅至每小时 8 0 磅的范围中的任何值，均可由较小管径 6 5 6 切换到较大管径 6 5 8 上。在整个给水流量宽度范围内，不论较小直径的管子或较大直径管子的给水保持某高雷诺数（超过 4 0 0 0），则以上切换不能使用。

图 3 C 示出了在给水入口导管 3 中用以保持高度防沉淀的紊流装置的另一个实施方案。在这个专用装置中，内径与入口导管 3 的内径相等的单根管子 6 6 2 与入口导管 3 并列连接，如图并列管子 6 6 2 所示位置包括两个电动阀门 6 6 4 a、6 6 4 b。根据流量的需要，可以使用管子 3 和 6 6 2 中的一根或两根。在较佳实施方案中，管子 3 和 6 6 2 的内径均为 0. 2 1 4 英寸。在每小时 2 4 磅到每小时 8 0 磅的流量范围内，均可以使用单根管子切换至使用两根管子。

图 3 D 示出了给水入口和出口系统 6 0 0 保持紊流所需的装置的另一个实施方案。这里 提供一根单管 6 0 4，以恒定的给水量引到二次侧 3 0 0，这个流量早已超过了保持入口通路 3 中有足够紊流的流量使给水中的颗粒物质不会在通路 3 中沉淀。由于此流量也超过了模型蒸汽发生器 1 正常给水需要量，所以必须提供一些装置以便排出超过部分的

给水量。该装置由气动控制阀 6 7 2 提供。该阀装在入口通路 3 的“T”接交叉点 6 6 8 的导管 6 8 4 中。

与中央处理单元 2 1 连接的流量计 6 6 6 通过一个电流——压力转换器 6 8 0 对气动控制阀 6 7 2 进行控制。转换器 6 8 0 与中央处理单元 2 1 的输出模块 6 7 4 电气相连，当流量计 6 6 6 检测到在蒸发器装置 1 0 0 的二次侧 3 0 0 中的给水需用量高时，它将把气动阀门 6 7 2 关小，以便在“T”接交叉点 6 6 8 处通过导管 6 8 4 排出少量的给水，而进入前面讨论过的存储罐 6 9 2。反之，如果流量计 6 6 6 检测出二次侧 3 0 0 的给水需用量低时，根据其需要量的大小，它将打开气动控制阀门 6 7 2，在“T”接交叉点 6 6 8 处通过导管 6 8 4 将全部超过的给水排出，应该提到，在关闭气动阀时，为了保证在导管 6 8 4 内通往存储罐 6 9 2 途中的任何部位不发生扩容，引至存储罐 6 9 2 的导管 6 8 4 包括一个冷却盘管 6 7 0，用以降低给水的温度。

由前所述可以看出，给水入口和出口系统 6 0 0 为模型蒸发生器的操作人员提供了三种不同的选择方案。第一种：操作人员可以让给水直接从被监测的核动力蒸汽发生器流进蒸发器装置的 1 0 0 的二次侧 3 0 0 中，第二种：操作人员可以将选定的给水量排入水罐组列 6 2 0 中，且为了进行比较性试验，在此给水中加入防腐蚀剂或净化化学物，然后通过导管 6 2 2 用一台泵（未示出）将这些处理过的给水打入蒸发器装置 1 0 0 的二次侧 3 0 0；第三种：如果在蒸汽发生器的给水中已经使用了防腐蚀剂或净化的添加剂，操作人员可以用来自水源 6 8 0 的除盐脱氧水将罐组列 6 2 0 注满，并对不同的防腐蚀添加剂的效力进行试验。或把此给水引进蒸发器装置二次侧 3 0 0，用以进行清洗。

现在翻到图 4，模型蒸汽发生器的动力回路 6 9 6 包括一个主回路

断路器 697，用来万一在电流过负荷时，同时断开至给水予热器加热元件 40、160 和 256，一次侧加热装置 150，管套防护加热器 244，以及凝汽器装置和二次冷却器的吹风机 403 和 425。2 的电源。如果出现电流过负荷情况时，主回路断路器 697 还要同时切断补给水系统 60 的单向泵 66 以及给水升压泵 26.1，如图中示出的这些部件都分别通过相应的断路器 697.1、697.2、697.3、697.4、697.5、697.6 和 697.7 并联连接于系统的主动动力电缆上，另外，许多组接触器 698 都分别与上述 697.1 到 697.7 每个回路断路器串联连接，所以在电路上可将电源切换到给水预热器 31、一次侧加热装置 150、管套防护加热器 244、凝汽器装置和二次冷却器的吹风机 403 和 425.2、泵 26.1 和 66。尤其是，加热装置 150 的加热元件 160 通过接触器 698.1 与主动动力线路串联连接，而给水预热器管套加热器 244 的加热元件 40 和 256 都经过接触器 698.2 和 698.3 分别与动力电缆相连。同样二次冷却器吹风机 425.2 给水升压泵 26.1 和补给水泵 66 经由接触器 698.4、698.6 和 698.7 和主动动力电缆串联连接。在接触器一系列接线布置中，凝汽器装置的吹风机 403 是很明显的例外，这个特殊的吹风机 403 经由接触器 698.5b 和包括接触器 698.5a 和 698.5c 的并联回路同时与主动动力电缆连接。因为凝汽器的吹风机 403 起了控制蒸发器装置 100 的二次侧 300 内压力的关键作用。所提供的并联回路确保凝汽器装置吹风机 403 的马达即使在通常调节吹风机 403 的电力可变速率控制器 395 完全损坏时，也能从主动动力线路得到电力。为防止在一次侧加热装置 150 的加热器、给水预热器 31 或管套加热器 244 回路中发生短路引起功率冲击在这些部件的加热元件 160 40

256和主动力电缆之间串联了熔断器699, 1、699, 2和699, 3。

现在参考图5 A、5 B和5 C, 模型蒸汽发生器1的机械结构包括一个在预热器处的主框架702; 蒸发器装置100, 凝汽器3400和二次冷却器装置423全部安装在框架中, 主框架702包括一对支承拉条704 a、704 b, 用以支承蒸发器装置100的二次侧300。二次侧300包括一对对向的支承法兰706 a、706 b, 从二次侧300的侧面伸出; 如图示。这些支承法兰706 a、706 b借助插销708 a、708 b装在支承拉条704 a、704 b上。蒸发器装置100装在拖车720上, 拖车能使一次侧102或管套240横向纵向移动。正如下面将要详细叙述的, 由于提供这样一种能横向, 纵向移动的拖车, 加之应用Grayloc型夹具装置215和280, 可以在模型蒸汽发生器进行的任何管子腐蚀试验结束时, 能十分方便地靠近试样管258 a、258 b、258 c和258 d进行观察。因为某些型式的腐蚀试验需要比较频繁地观察热交换试样管258 a、258 b、258 c和258 d的缘故, 这是本发明的一个重要特点。

为了使二次侧300和管套240及装在拖车720上的一次侧之间恰当地对准, 主框架包括4个螺杆715 a、715 b、715 c和715 d, 它们借助于托架717 a、717 b、717 c和717 d与框架702的立柱平行地安装, 拖车720的上部框架722分别位于在它各个角部的4个圆柱形套筒724 a、724 b、724 c和724 d。这些套筒与螺杆715 a、715 b、715 c和715 d对准。当拖车720被推入主框架702时, 一次侧102和管套240都紧靠二次侧300的底部下方就位, 拖车720载有一

千斤顶 730，该千斤顶可以用来对着二次侧的底部，将管套 240 和一次侧 102 托起。如果当千斤顶将管套 240 和一次侧 102 托走到二次侧接合的位置时，园柱形套筒 724 a、724 b、724 c 和 724 d 内接受到螺杆 715 a、715 b、715 c 和 715 d，管套 240 和二次侧 300 即合适地对准了。为了将管套 240 和二次侧 300 在合适的对中位置固定住，然后，将螺栓（未示出）拧到螺杆 715 a、715 b、715 c 和 715 d 的端部。在螺栓各自的螺母拧上前，为了给管套 240 的上部法兰 276 和二次侧 300 下部的法兰 284 之间有一定的“弹性偏置”，应使这些法兰间具有一定量的“余隙”便于合适地安装夹具装置 280，所以较好的办法是：在螺杆端部上放置一种由盘簧或 Bellville 型垫圈组构成的弹性偏置部件（未示出）。

图 6 B、6 C 和 6 D 示出用于将一次侧 102 和管套 240 横向和纵向移进模型蒸汽发生器 1 的主框架 702 中支承的二次侧 300 或从二次侧 300 移出的拖车 720，尤其是，拖车 702 包括一个上部框架 722，一次侧 102 借助于一对平行的支承拉条 723 a、723 b 安装到上部框架 722 上。和二次侧 300 的支承拉条 704 a、704 b 一样，一次侧 102 的支承拉条 723 a、723 b 被螺栓安装到一次侧 102 的本体 184 上伸出来的一对相对安装的凸缘 725 a、725 b 上。对于支承拉条 723 a、723 b 以及它们将一次侧 102 装到拖车框架 722 上的方法，参照图 6 A 和 6 C 可以看清。

现在转到介绍拖车 720 的下框架 726，此框架包括 4 个小脚车轮 728 a、728 b、728 c 和 728 d，它们分别位于框架的每个角上。图 6 A 和 6 B 可以看出，下框架 726 包括以前提到过的螺旋

千斤顶730，它由带丝扣的螺杆723和紧密地咬合在其上的千斤顶卡盘构成。螺杆732如图示装在千斤顶底座内。如图6B所示，当螺杆千斤顶卡盘733反时针旋转时，螺旋千斤顶730把拖车720和蒸发器装置100的一次侧102和管套240垂直托起。

运行中，当需要打开蒸发器装置100并对管套240内的试验管子258a、258b、258c和258d进行检查时，操作人员首先要拉开Grayloc型夹具装置280，由夹具280对管套240的上端部与二次侧300的下端进行的连接拆卸。接着，为了使试样管258a、258b、258c和258d从二次侧撤出，以及将蒸发器装置100的一次侧102和管套240放到适当位置，因此横向移动它们相对于二次侧300的位置。拆去对位螺杆715a、715b、715c和715d上以丝扣啮合的那些螺母（未示出），然后，反时针方向旋转螺旋千斤顶卡盘733。直到拖车720的小脚轮728a、728b、728c和728d与地面接触，当然，补给水液位敏感器，各种气动和水力管路要靠松开各个装配件才能断开。完成这些操作，一次侧102和管套240即可以从二次侧300及主框架702下边推出来，并在任何要求的位置就位。对于组装蒸发器装置100，则倒过来执行上面叙述过的分解过程的每一步骤即可。

图中所用的参考编号说明

插图说明	参考编号	图号
M 引入通路3的电动截止阀	7	1 A
6MTy12 控制电动阀的输出模块	9	1 A
7MT AO二次侧300的给水流量控制输出模块	17	1 A
入口温度控制(回路2)中央处理单元	21	1 A
蒸发器液位控制(回路1)中央处理单元	21	1 A
一次侧液位中央处理单元	21	1 A
压力控制(回路3)中央处理单元	21	1 B
管套加热器控制(回路8)中央处理单元	21	1 B
一次侧温度控制(回路7)中央处理单元	21	1 B
热井水位控制(回路5)中央处理单元	21	1 C
排污流量控制(回路6)中央处理单元	21	1 C
出口温度控制(回路4)中央处理单元	21	1 C
7MT 200 二次侧300给水流量控制输入模块	23	1 A
M 入口通路3的给水泵	26·1	4
VFD3 240V 10/3 ϕ 5马力给水泵26·1的电源	26·2	4
240伏 1/3相 0·5马力, 给水流量计	29	1 A
SCR 预热器31温度控制用可控硅整流器	44	1 A
SCR ₂ 240V 3 ϕ 22·5KW 温度控制用可控硅 电源240伏 3相 22·5瓩	44	4
7MT A100 预热器31温度控制用输出模块	50	1 A
7MT A503 预热器31温度控制用输入模块	52	1 A
M 补给水泵	66	1 A
M 补给水泵	66	4

插图说明	参考编号	图号
7MT A203 一次侧 102 水位控制输入模块	95	1A
6MT Y10 一次侧 102 水位控制输出模块	97a	1A
6MT Y15 一次侧 102 水位控制输出模块	97b	1A
SCR1 控制一次侧加热装置 150 用的可控硅	110	1B
SCR1 240V 3 ϕ 30KW 一次侧加热装置 150 控制电源 240伏 3相 30 千瓦	110	4
7MT A102 一次侧 102 温度控制输出模块	111	1B
6MT X25 一次侧 102 压力调节输入模块	137	1B
7MT A403 一次侧 102 温度控制输入模块	143	1B
7MT A301 一次侧 102 温度控制输入模块	145	1B
功率表 兆瓦	146	1B
SCR 另电压可控硅开关	250	1B
SCR1 240V 1 ϕ 1.92KW 管套温度控制可控硅开关电源 240伏 1相 1.92 千瓦	250	4
7MT A1 管套温度控制输出模块	251	1B
7MT A500 管套温度控制输入模块	253	1B
6MT X25 二次侧内压力调节输入模块	383	1B
7MT A201 二次侧 300 内压力控制输入模块	387	1B
7MT A3 二次侧 300 内压力控制输出模块	391	1B
VFD1 驱动吹风机 403 的电动机速度控制器	395	1B
VFD2 240V 10/3 2HP 驱动吹风机 403 的电动机速度控制器电源 240 伏 1/3 相 2 马力	395	4
M 凝结装置 400 的吹风机	403	4
M 冷却器吹风机	425.2	4
7MT A202 热水井水位调节输入模块	438	1C
7MT A101 热水井水位调节输出模块	440	1C

M 二次凝汽器输出导管电动截止阀	450	1C
6MT Y13 450控制输出模块	452	1C
氨喷射系统	470	1C
排污水流量计	478	1C
7MT A303 排污水流量调节输入模块	482	1C
7MT A103 排污水流量调节输出模块	484	1C
M 排污导管电动截止阀	494	1C
6MT Y14 电动截止阀494控制输出模块	496	1C
VFD2 吹风机可变转速控制器	504	1C
VFD1 240V 10/3 2HP 504控制用电 源 240伏 1/3相 2马力	504	4
7MT A2 504控制输出模块	512	1C
7MT A501 504控制输入模块	514	1C
节流装置电动阀门672控制器	674	3D

文件名称	页	行	补 正 前	补 正 后
说明书	2	2 3	…镍铬合金…	…镍铬铁合金…
	4	1 2	…容器的一次侧与	…容器（一、二次侧）与…
	5	1 8	汽发生器中…	汽发生器给水中…
	7	1 5	…凝结水膜阻塞…	…凝水膜热阻塞…
	7	2 0	通过上升管产生一加热…	产生通过上升管的加热…
	8	1—2	…通路的热传导率的作用…	…通路的传导水的作用…
	8	5	…发生器监测一台…	…发生器内的近似工况监测一台…
	9	1 9	…1 0 0 中移出来。	…1 0 0 的二次侧3 0 0 中移出来。
	9	2 3	…套管轴向…	…管套径向…
	11	1 8	…和从放气引出…	…和从排污引出…
	1 1	2 5	…3 0 0 和拖车7 2 0 的主框架7 0 2…	…3 0 0 的主框架7 0 2 和拖车7 2 0…
	1 2	1 2	…图 4 未示明…	…图中未示明…
	1 2	1 3	…一台给水泵…	…一台加压给水泵…
	1 3	1 8	…发生器 1 在液位…	…发生器 1 的运行人员将液位…
	1 3	1 9	…7 6 b 隔开的条件下运行，当…	…7 6 b 隔开，当…
	1 6	5	…6 2 开始，和前述…	…6 2 开始，流经手动截止阀6 4，和前述…
	1 6	2 3	…电动阀 9 4 和…	…电动阀 9 4 是具有可靠关闭特性的球形阀，它和…

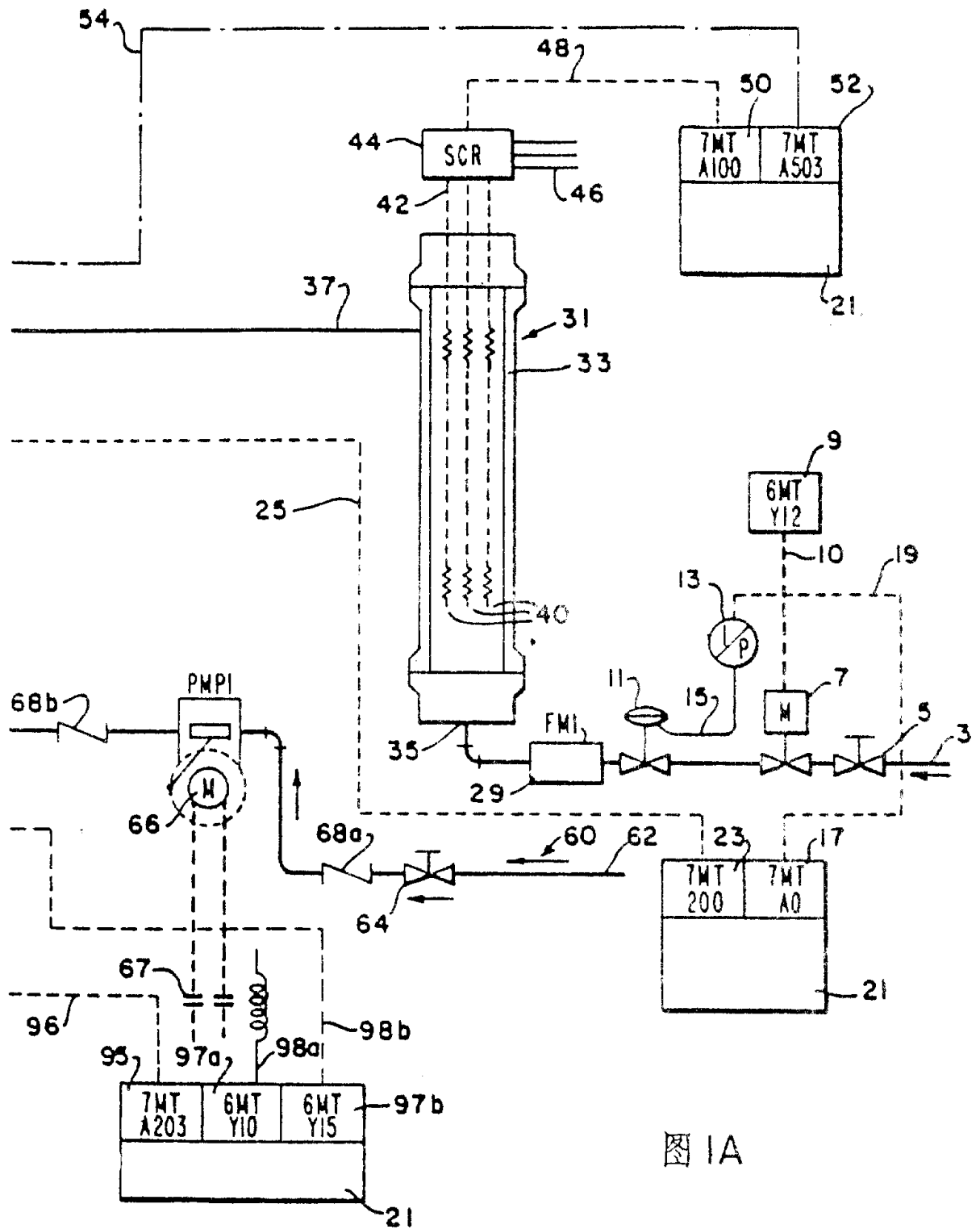
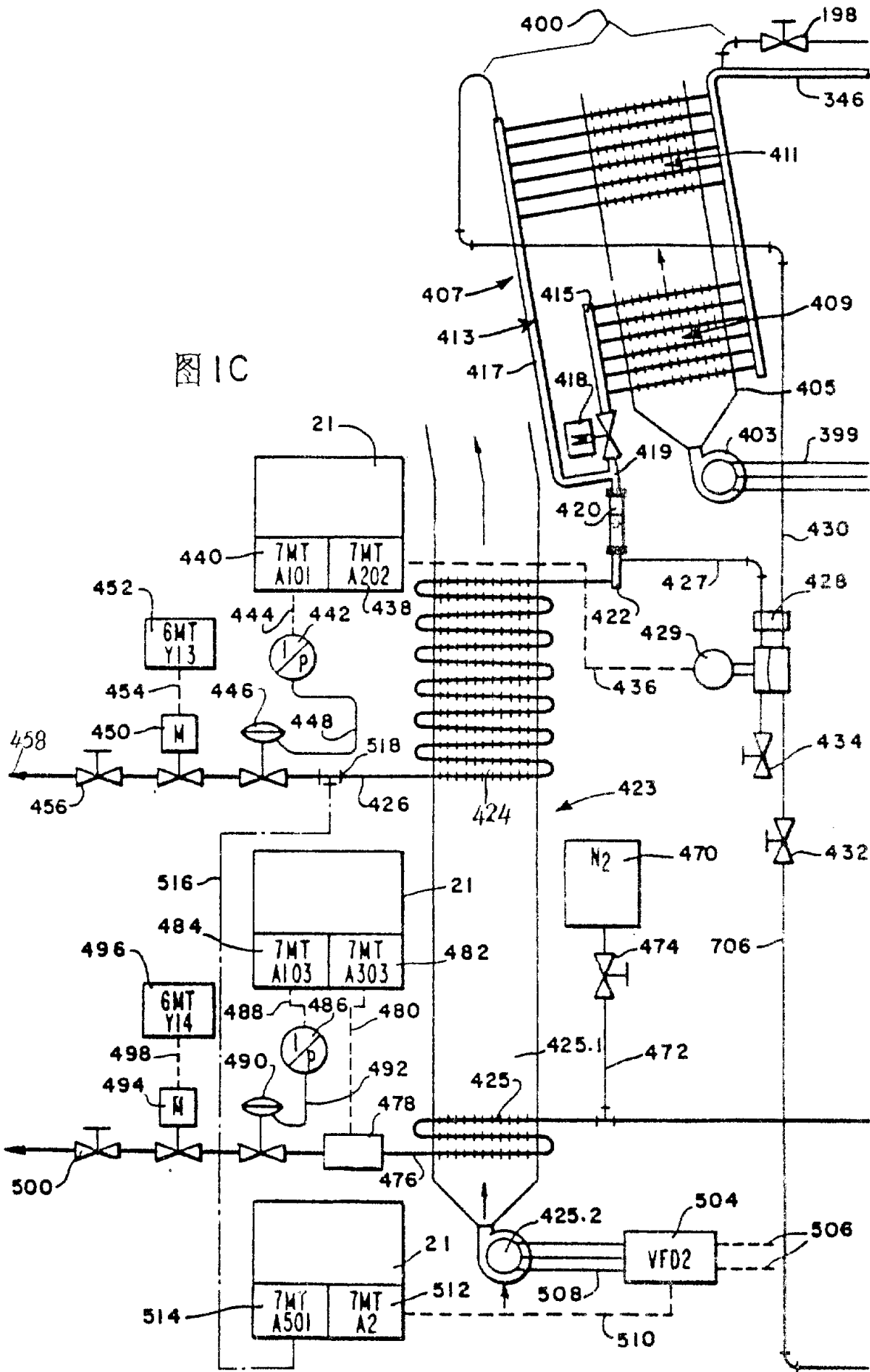


图 1A



IC

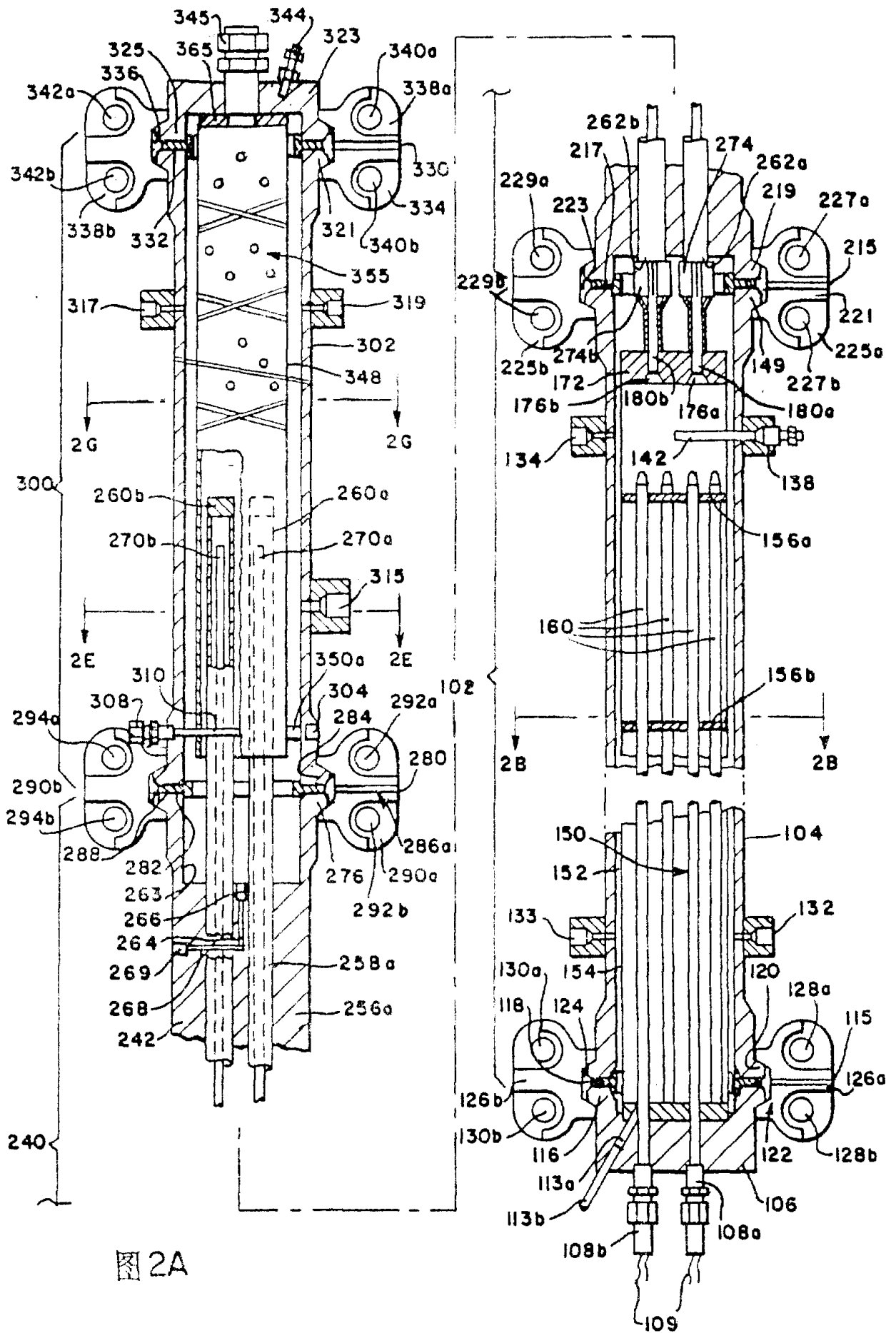
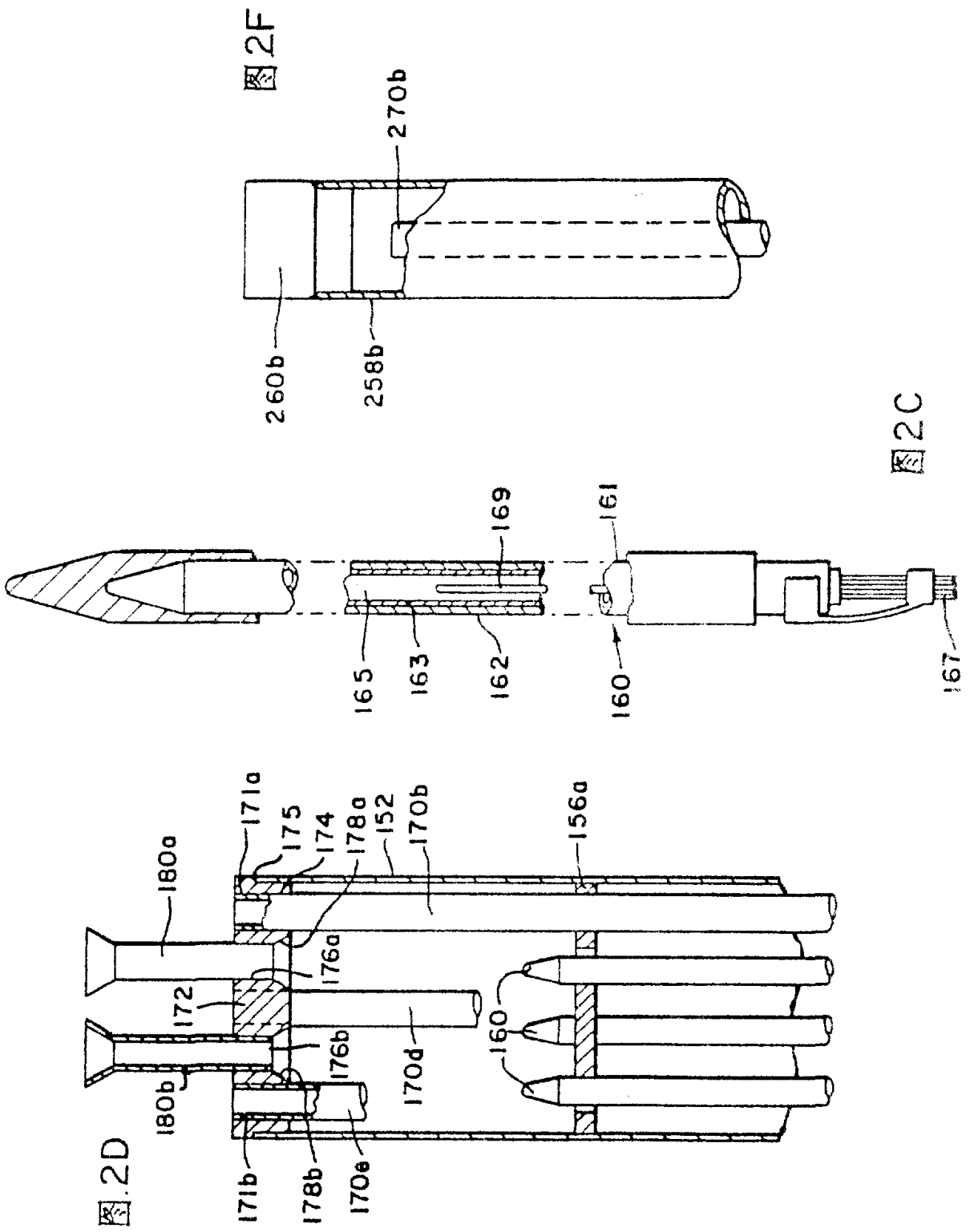
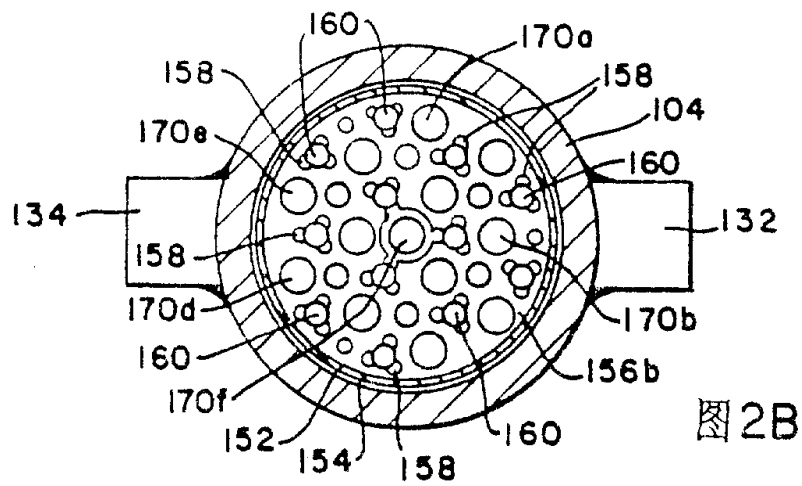
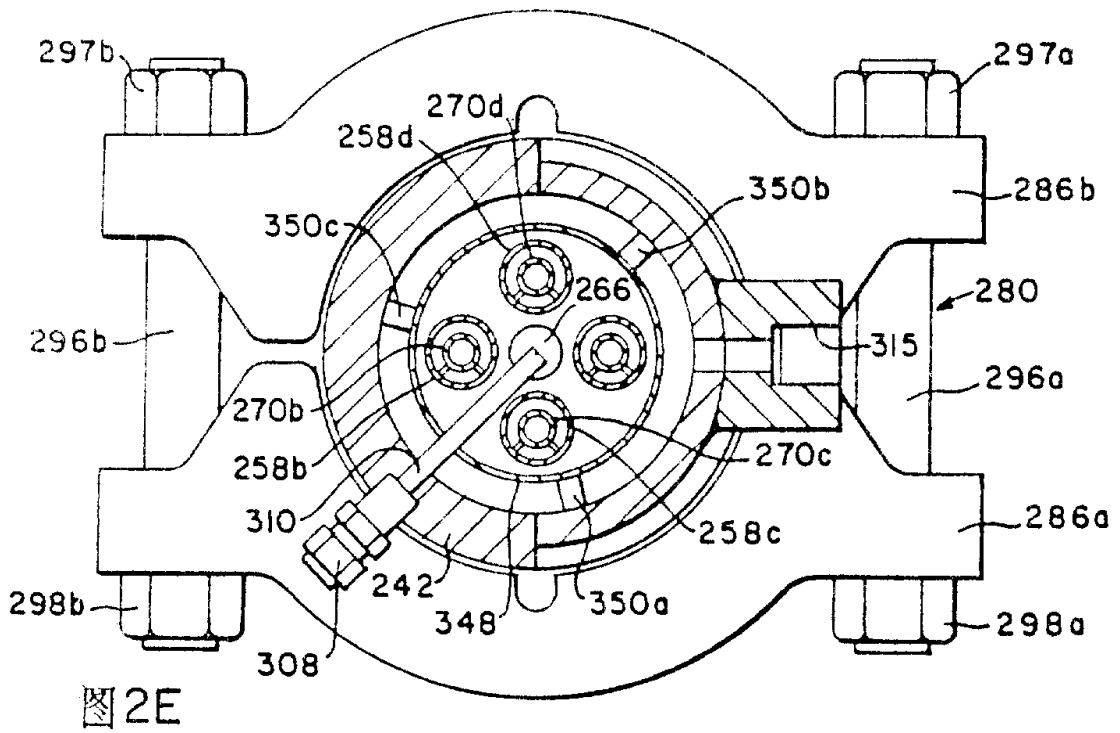
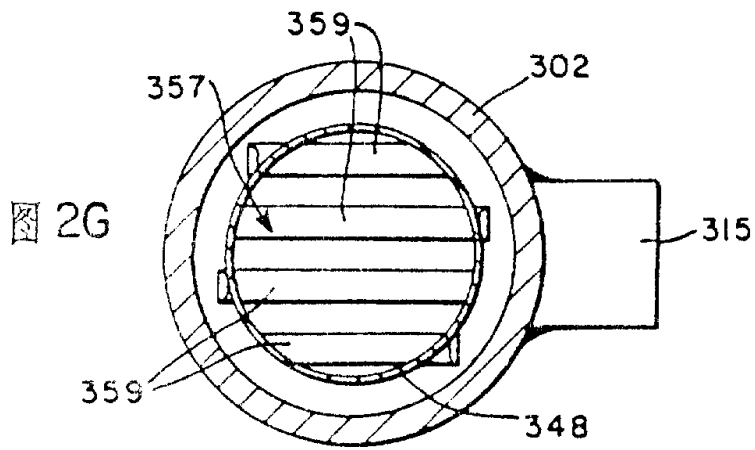


图 2A





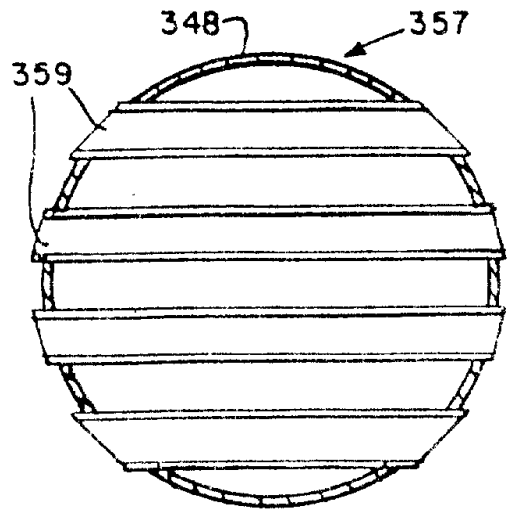
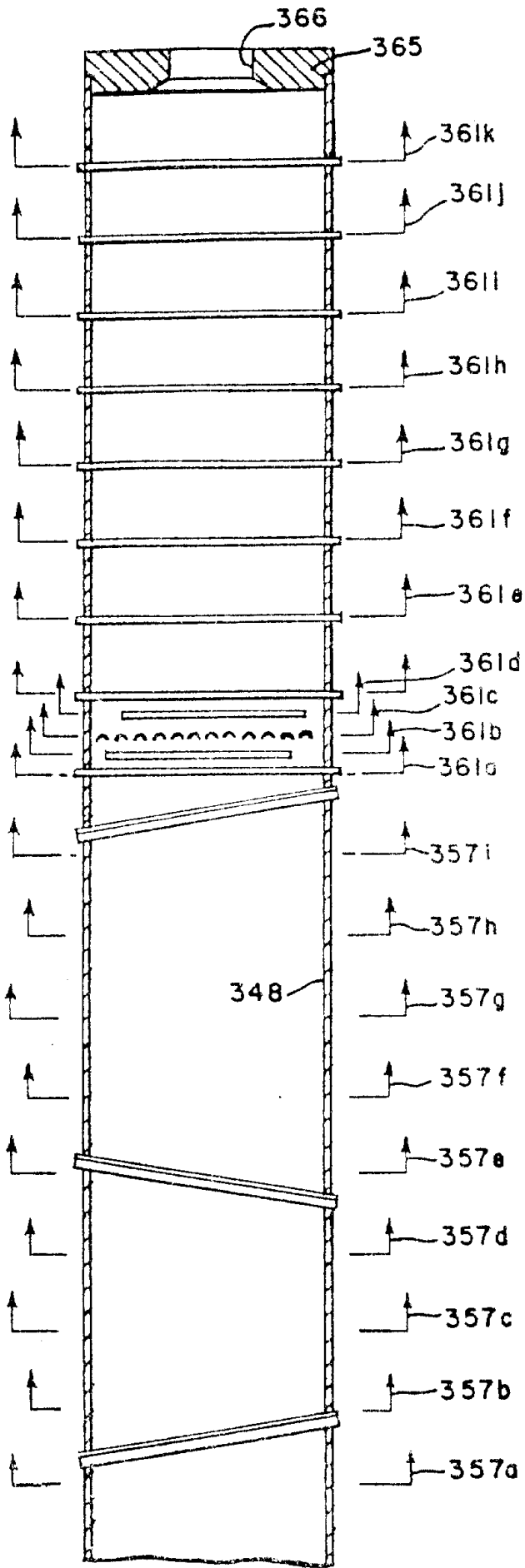


图. 2I.

图 2H.

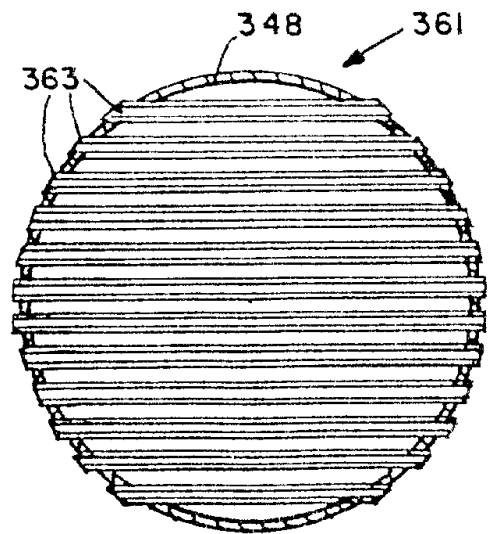


图 2J.

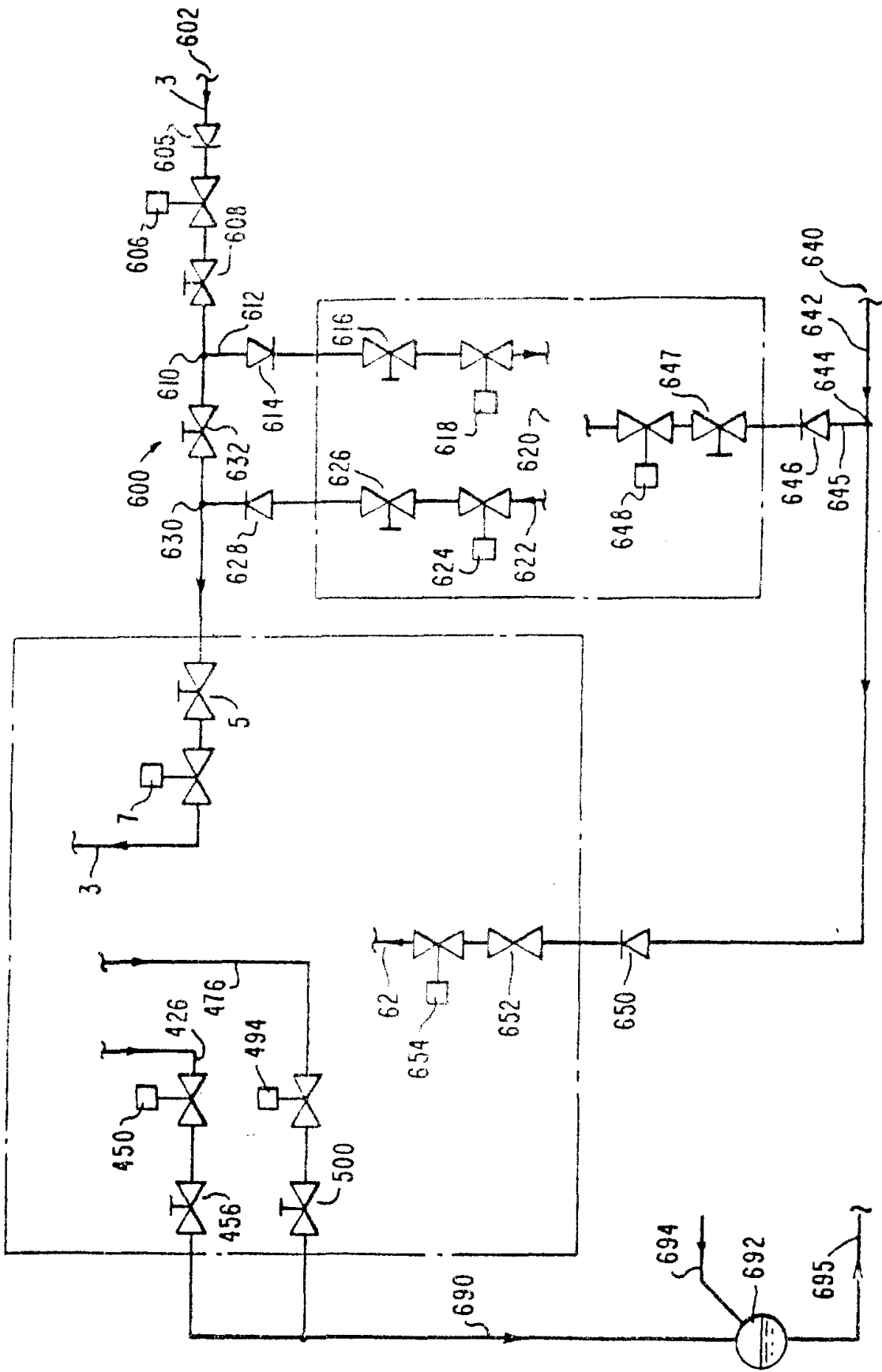


图 3A

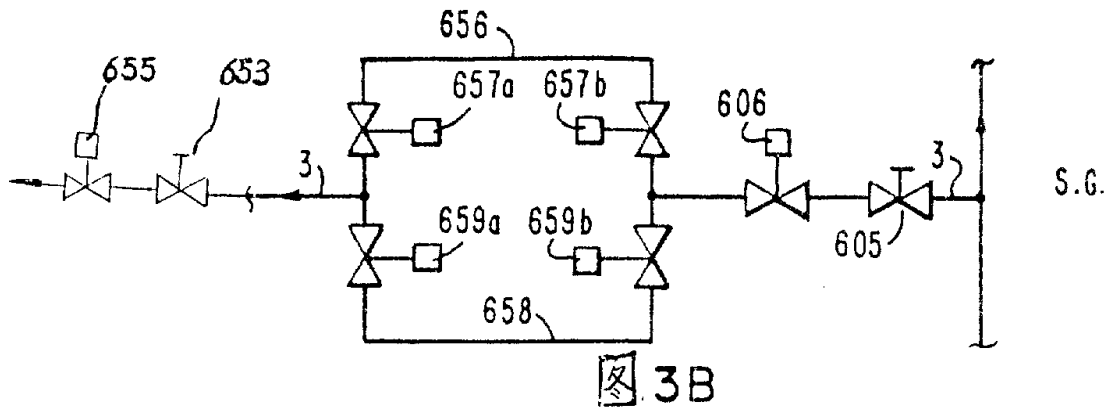


图 3B

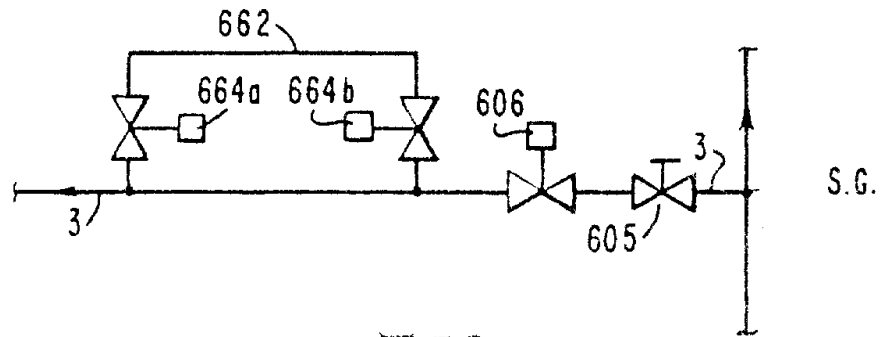


图 3C

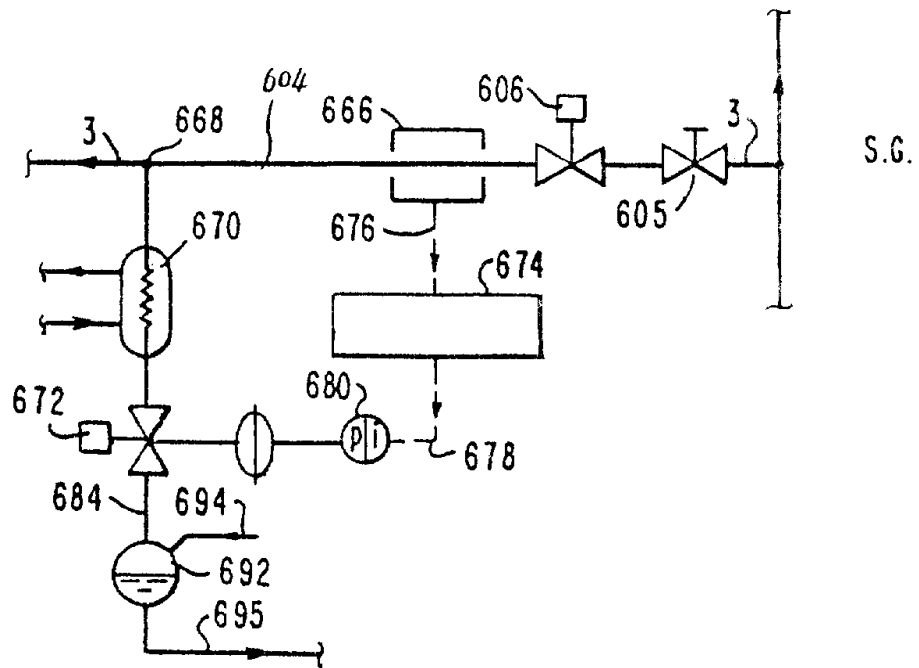
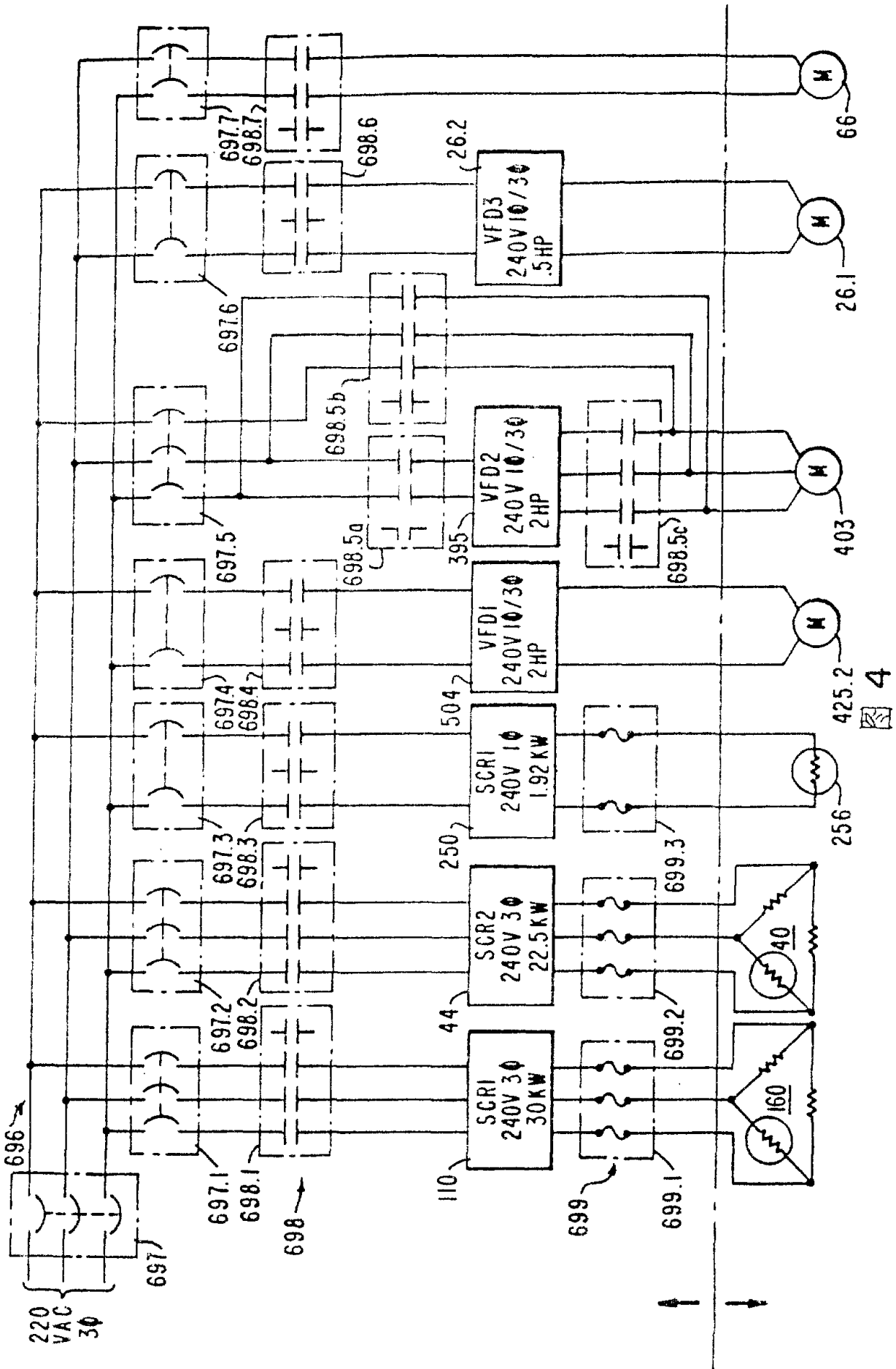


图 3D



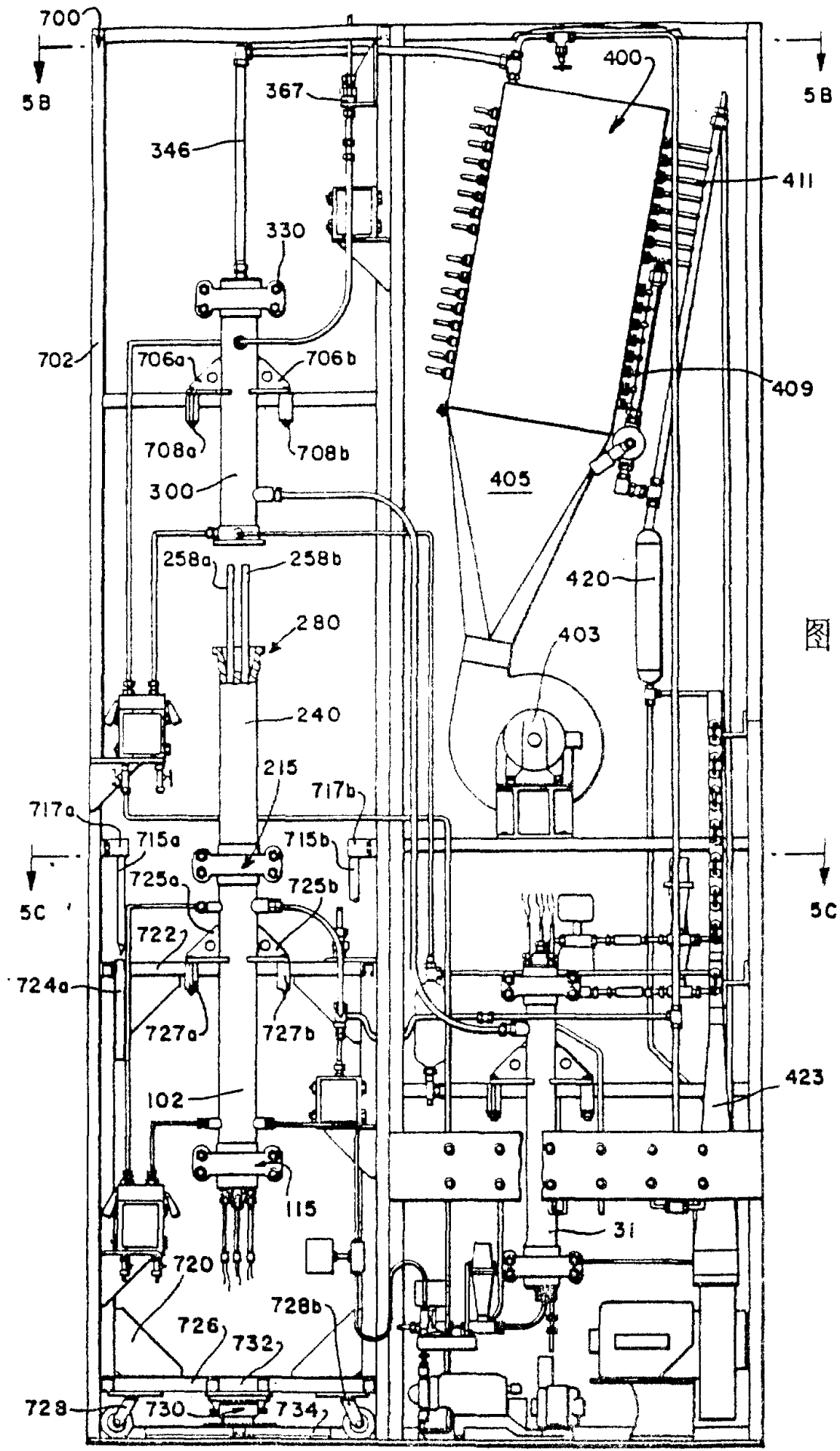


图 5A

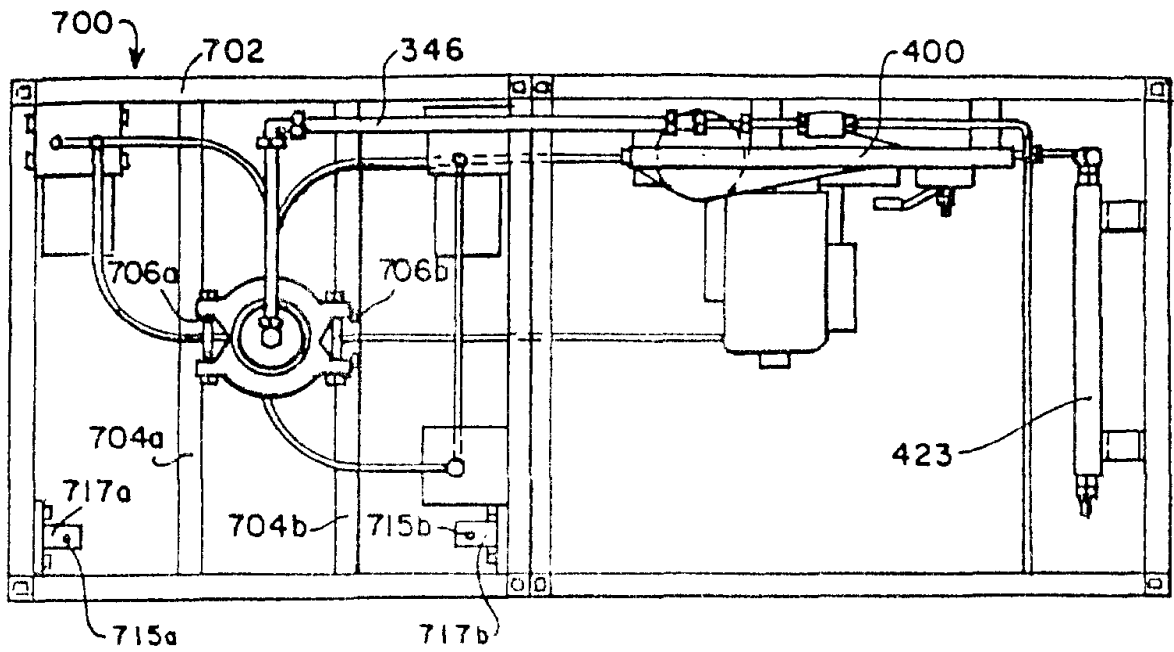


图 5B.

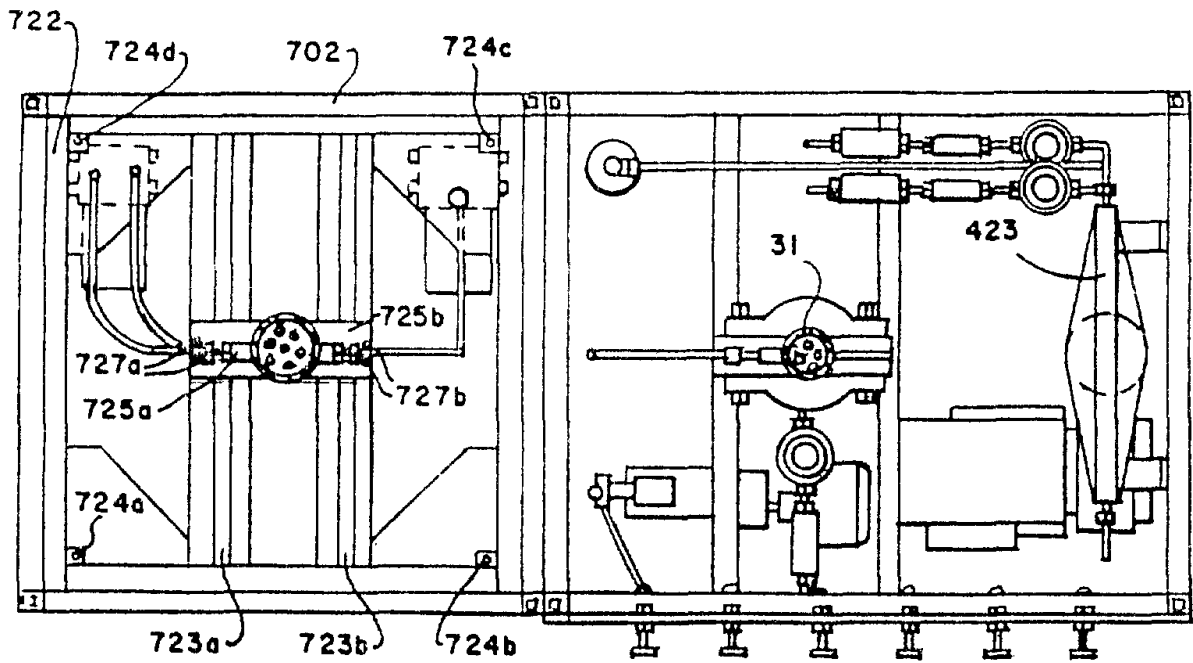


图 5C.

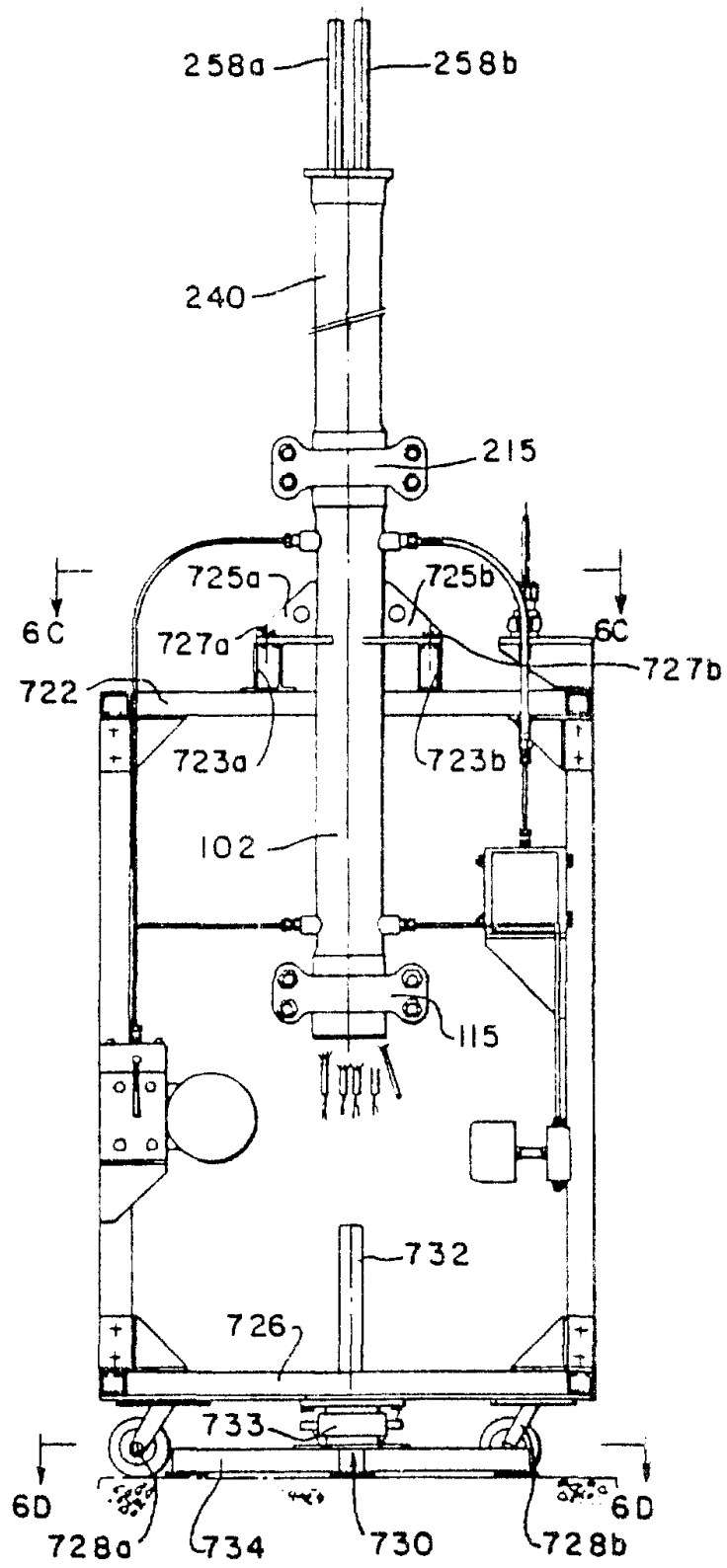
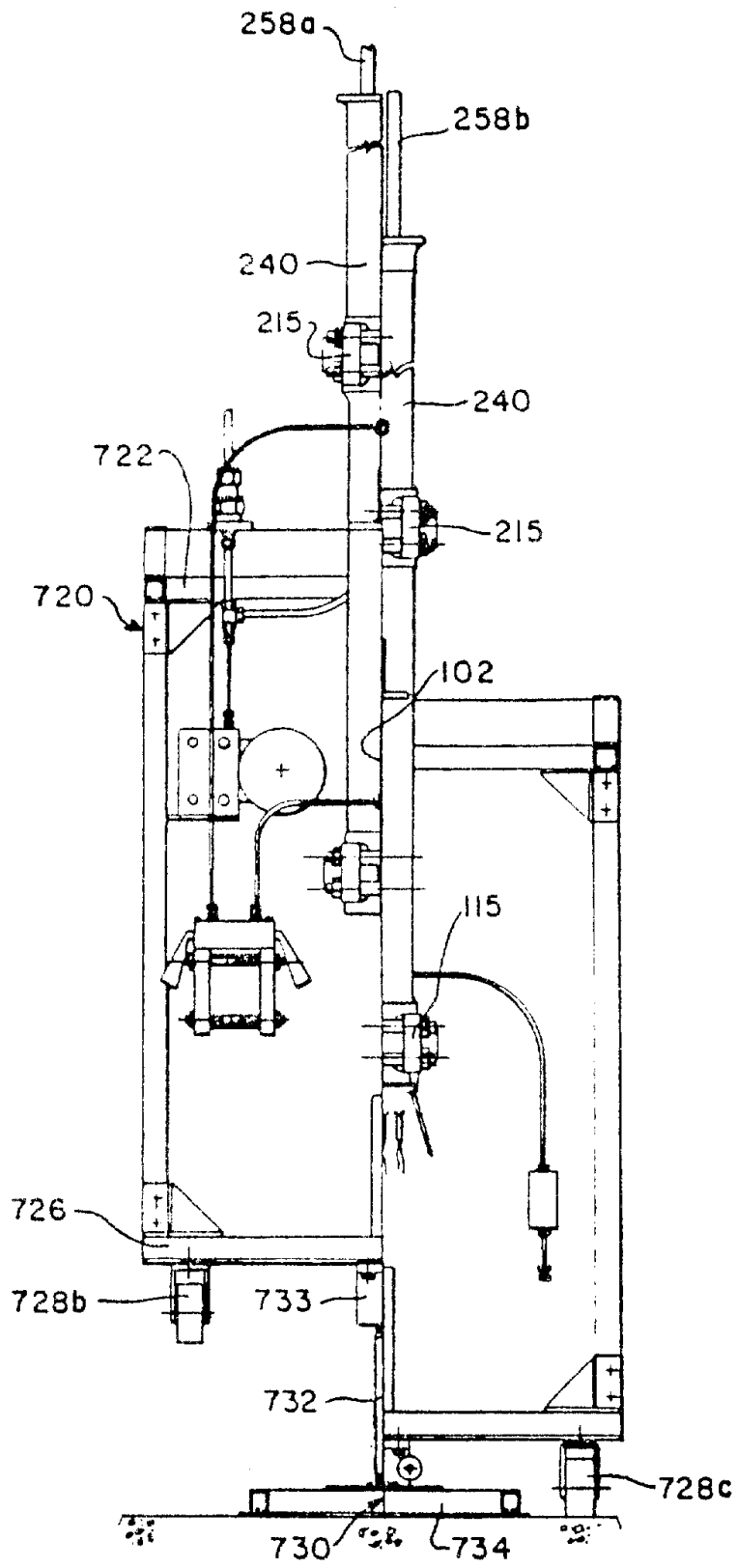


图 6A



6B

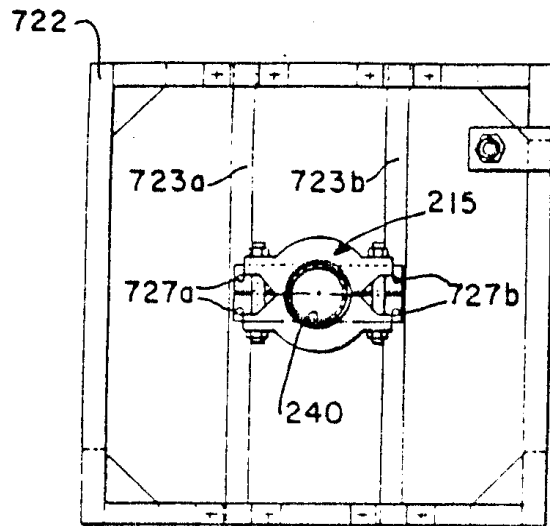


图 6C

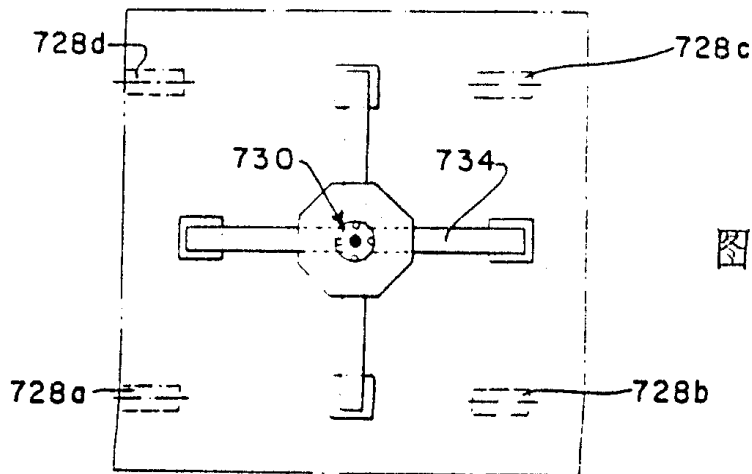


图 6D