(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107676241 A
(43)申请公布日 2018.02.09

(21)申请号 201710794374.9

(22)申请日 2017.09.06

(71)申请人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72)发明人 刘大猛 张晨辉 王婷 雒建斌

(74)专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
代理人 孟旸 王丽琴

(51)Int.Cl.
F04B 37/14(2006.01)
F04B 39/00(2006.01)
F04B 49/10(2006.01)
F04B 49/22(2006.01)

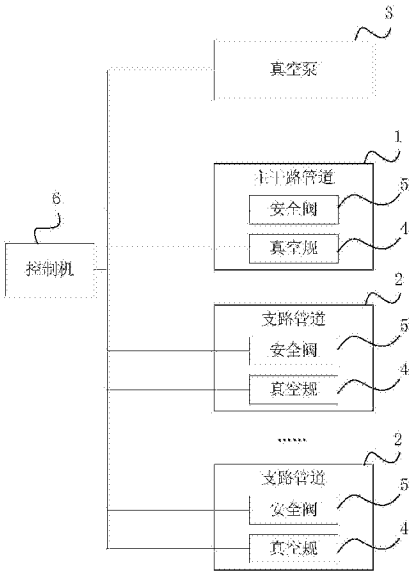
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种前级真空系统以及抽真空控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种前级真空系统以及抽真空控制方法。本发明中，仅采用一个前级真空泵通过主干路管道向各个分支管道及真空应用系统进行抽真空。与现有技术相比，仅需要一台前级真空泵即可完成对多路真空应用系统的前级抽真空操作，降低了成本，同时，因为通过管道连接，真空泵可以放到距离各个真空应用系统十几米至几十米远处，进而减少了空间占用，减轻了工作噪音，另外，在真空泵与管道以及管道与真空应用系统的连接处加装双波纹管，进而大幅降低从真空泵传递到真空应用系统的震动，本发明实施例中采用的总控制机柜连接中转站、中转站连接临近的子系统及下一个中转站的分层次布线方式使得线路简洁。



CN 107676241 A

1.一种前级真空系统，其特征在于，包括：

主干路管道；

真空泵，所述真空泵连接于所述主干路管道，以对所述主干路管道抽真空；

支路管道，所述支路管道为至少一路，各路所述支路管道分别通过各自的安全阀连接于所述主干路管道，并且，各路所述支路管道分别连接至各个真空应用系统；

真空规，所述真空规为至少两个，分别安装于所述主干路管道以及各路所述支路管道中，以分别监测所述主干路管道和各路所述支路管道内的气压值；以及，

控制机，所述控制机连接至每个所述真空规、每个所述安全阀，以获取所述主干路管道和各路所述支路管道内的气压值，并根据所述主干路管道和各路所述支路管道内的气压值控制每个所述安全阀，以在不影响其它真空应用系统的情况下对指定的真空应用系统抽真空。

2.根据权利要求1所述的前级真空系统，其特征在于，所述真空泵与主干路管道之间通过双波纹管连接。

3.根据权利要求1所述的前级真空系统，其特征在于，所述真空泵为高抽速真空泵。

4.根据权利要求1所述的前级真空系统，其特征在于，所述支路管道与真空应用系统之间通过双波纹管连接。

5.一种抽真空控制方法，用于权利要求1至4任一项所述的前级真空系统，所述方法包括：

利用所述真空泵对主干路管道抽真空至设定气压值；

检测待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值；

若待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值低于第一气压阈值，则直接打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空，否则，先关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀，再打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空。

6.根据权利要求5所述的抽真空控制方法，其特征在于：

在待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值不低于第一气压阈值的情况下，在关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀之前：

记录其它真空应用系统的支路管道的安全阀的开关状态。

7.根据权利要求6所述的抽真空控制方法，其特征在于：

当该真空应用系统的支路管道中的气压值达到设定气压值后，恢复其它真空应用系统的支路管道的安全阀在该真空应用系统抽真空之前的开关状态。

8.根据权利要求5所述的抽真空控制方法，其特征在于，在通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

若在抽真空开始后的第一设定时间长度内，该真空应用系统的气压值与初始气压值相比，下降幅度未达到设定比例，则关闭该支路管道的安全阀，并提示用户该真空应用系统可能存在漏气情况。

9.根据权利要求5所述的抽真空控制方法，其特征在于，在通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

若在抽真空开始后的第一设定时间长度内，该真空应用系统的气压值未下降至第二气

压阈值，则关闭该支路管道的安全阀，并提示用户该真空应用系统可能存在漏气情况。

10.根据权利要求5所述的抽真空控制方法，其特征在于：

在打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

若所述主干路管道的气压值上至第三气压阈值，且保持其气压值不低于第三气压阈值的持续时间达到第二设定时间长度，则关闭该支路管道的安全阀，并在等待所述主干路管道的气压值恢复至第三气压阈值以下后，提示用户该真空应用系统存在漏气情况。

11.根据权利要求7所述的抽真空控制方法，其特征在于，在其它真空应用系统的支路管道的安全阀关闭期间：

若处于关闭状态的安全阀所属的支路管道气压值上升至警戒气压值，则提示用户该处于关闭状态的安全阀所属的支路管道及其真空应用系统可能存在漏气情况；

在恢复其它真空应用系统的支路管道的安全阀在该真空应用系统抽真空之前的开关状态时，保持可能存在漏气情况的支路管道的安全阀的关闭状态。

一种前级真空系统以及抽真空控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及真空领域，特别涉及一种大型真空互联系统中的前级真空系统以及抽真空控制方法。

背景技术

[0002] 每一个独立的真空系统都需要配备对应的前级真空装置。而大型真空互联系统是由十几乃至几十个相对独立的真空系统通过阀门连接起来。如果采用传统做法，那么将需要十几乃至几十个前级真空无油干泵，这样的做法有如下缺点：

[0003] (1)数量众多的干泵使得初期投入成本巨大，后期能耗高；

[0004] (2)无油干泵的工作原理是利用密封圈相对运动压缩排气，使得其维护周期基本上是半年小维护，一年大维护，数量众多的干泵导致后期维护成本巨大；

[0005] (3)每一个无油干泵需要摆放在与之对应的真空系统附近，增加总占地面积；

[0006] (4)数量众多的无油干泵导致噪音巨大，使得工作环境非常嘈杂；

[0007] (5)数量众多的无油干泵同时工作的震动大，对附近的测试分析系统(尤其是光学仪器)影响大；

[0008] (6)普通无油干泵的极限真空只能到10^{-3}mbar(毫巴)；

[0009] (7)在需要中央控制系统的前提下，传统的布线方式是从控制机柜直接连接线路到各个子真空系统，例如一个子系统最基本需要两条控制供电线和两条信号线，那么从控制机柜需要连出来该4条线的十几倍乃至几十倍之多，导致线路非常杂乱难以维护。

[0010] 在大型真空互联系统中需要采用适当的软连接来分割各个功能模块，实现消除应力、隔离真空等目的。其中金属波纹管，特别是激光焊接超薄波纹管因其柔软、变形量大，真空密封性能优异而大量采用，满足大部分的常规需求。然而，正因为其柔软的特性，焊接波纹管在真空系统互连的时候会受到大气压力的挤压，特别是对于大口径的真空法兰。举例来说，对于口径150mm的法兰口会受到176公斤的压力。一方面会造成被连接系统的位移，另外一方面会使得减震效果大打折扣，难以满足大型真空互联系统的要求。

发明内容

[0011] 有鉴于此，本发明提供一种前级真空系统以及抽真空控制方法，以节省投入、降低能耗、减少污染、提高效率，以克服现有技术中的上述各项缺点。

[0012] 本发明的技术方案是这样实现的：

[0013] 一种前级真空系统，包括：

[0014] 主干路管道；

[0015] 真空泵，所述真空泵连接于所述主干路管道，以对所述主干路管道抽真空；

[0016] 支路管道，所述支路管道为至少一路，各路所述支路管道分别通过各自的安全阀连接于所述主干路管道，并且，各路所述支路管道分别连接至各个真空应用系统；

[0017] 真空规，所述真空规为至少两个，分别安装于所述主干路管道以及各路所述支路

管道中，以分别监测所述主干路管道和各路所述支路管道内的气压值；以及，

[0018] 控制机，所述控制机连接至每个所述真空规、每个所述安全阀，以获取所述主干路管道和各路所述支路管道内的气压值，并根据所述主干路管道和各路所述支路管道内的气压值控制每个所述安全阀，以在不影响其它真空应用系统的情况下对指定的真空应用系统抽真空。

[0019] 进一步，所述真空泵与主干路管道之间通过双波纹管连接。

[0020] 进一步，所述真空泵为高抽速真空泵。

[0021] 进一步，所述支路管道与真空应用系统之间通过双波纹管连接。

[0022] 一种抽真空控制方法，用于上述任一项所述的前级真空系统，所述方法包括：

[0023] 利用所述真空泵对主干路管道抽真空至设定气压值；

[0024] 检测待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值；

[0025] 若待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值低于第一气压阈值，则直接打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空，否则，先关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀，再打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空。

[0026] 进一步，在待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值不低于第一气压阈值的情况下，在关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀之前：

[0027] 记录其它真空应用系统的支路管道的安全阀的开关状态。

[0028] 进一步，当该真空应用系统的支路管道中的气压值达到设定气压值后，恢复其它真空应用系统的支路管道的安全阀在该真空应用系统抽真空之前的开关状态。

[0029] 进一步，在通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

[0030] 若在抽真空开始后的第一设定时间长度内，该真空应用系统的气压值与初始气压值相比，下降幅度未达到设定比例，则关闭该支路管道的安全阀，并提示用户该真空应用系统可能存在漏气情况。

[0031] 进一步，在通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

[0032] 若在抽真空开始后的第一设定时间长度内，该真空应用系统的气压值未下降至第二气压阈值，则关闭该支路管道的安全阀，并提示用户该真空应用系统可能存在漏气情况。

[0033] 进一步，在打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

[0034] 若所述主干路管道的气压值上至第三气压阈值，且保持其气压值不低于第三气压阈值的持续时间达到第二设定时间长度，则关闭该支路管道的安全阀，并在等待所述主干路管道的气压值恢复至第三气压阈值以下后，提示用户该真空应用系统存在漏气情况。

[0035] 进一步，在其它真空应用系统的支路管道的安全阀关闭期间：

[0036] 若处于关闭状态的安全阀所属的支路管道气压值上升至警戒气压值，则提示用户该处于关闭状态的安全阀所属的支路管道及其真空应用系统可能存在漏气情况；

[0037] 在恢复其它真空应用系统的支路管道的安全阀在该真空应用系统抽真空之前的开关状态时，保持可能存在漏气情况的支路管道的安全阀的关闭状态。

[0038] 从上述方案可以看出，本发明的前级真空系统以及抽真空控制方法，仅采用一个前级真空泵通过主干路管道向各个分支管道及真空应用系统进行抽真空。与现有技术相

比，因为只需要一台性能好的前级真空泵，尽管单个的成本较高，但是相比十几个或几十个无油干泵的成本却是大大降低，并且后期运行能耗也显著降低；本发明实施例中的前级真空泵采用无接触式设计，无磨损件需要更换，可长期使用而不需要维护，可以连续运行数年至十几年，降低了了维护和使用成本；因为通过管道连接，进而本发明中的真空泵可以放到距离各个真空应用系统十几米至几十米远处，能够极大地减少前级真空系统的空间占用，同时因为只有一台真空泵并且摆放位置较远，也极大地减轻了工作环境中的噪音；本发明实施例中，在真空泵与主干路管道的连接处以及支路管道与各真空应用系统的连接处加装双波纹管，进而大幅降低从真空泵传递到真空应用系统的震动，双波纹管的优异减震性能可以满足对震动要求特别苛刻的例如扫描隧道显微镜的运行要求；本发明实施例采用的真空泵能够从大气压力直接工作到极限真空10-7mbar，远高于普通干泵10-3mbar的性能；本发明实施例，采用的总控制机柜连接中转站、中转站连接临近的子系统及下一个中转站的分层次布线方式使得线路简洁。

附图说明

[0039] 图1为本发明实施例的前级真空系统电气连接结构示意图；

[0040] 图2为本发明实施例中主干路管道和支路管道布局的简易视图；

[0041] 图3为本发明实施例中的抽真空控制方法流程图；

[0042] 图4为本发明实施例中的抽真空控制方法的逻辑控制图。

具体实施方式

[0043] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下参照附图并举实施例，对本发明作进一步详细说明。

[0044] 针对现有技术中所存在的缺点和技术问题，本发明实施例采用了中央式前级管道真空装置。其中，只需要一个高抽速的前级真空泵，通过主管道和分支管道连接到各个独立的真空系统，自主设计的控制逻辑系统可以方便的控制每一个分支管道与主管道之间的阀门通断，实现各个真空系统所需要的前级真空独立控制。因为采用管道来连接泵和真空系统的方式，前级真空泵可以放到远离真空系统的位置，以减少工作环境中的噪音，并通过在前级泵与管道之间和管道与真空系统之间加装波纹管来降低震动对真空系统的影响。

[0045] 另外，根据焊接波纹管的特性，开发了双波纹管结构的缓冲减震软连接器，在保留焊接波纹管所有优点的前提下，抵消了真空腔体内外气压差引起的压力。焊接波纹管所有优点的前提下，抵消了真空腔体内外气压差引起的压力。被连接系统在各种真空状态下都不会受到大气压力作用，从而不但方便了实际连接操作而且提高了系统的稳定性，特别是具有优异的减震性能。

[0046] 同时，本发明实施例，采用的布线形式为总控制机柜连接中转站、中转站连接临近的子系统及下一个中转站的方式，分层次的布线使得线路简洁，避免从同一点连出几十上百条控制线路的状况。

[0047] 如图1、图2所示，本发明实施例的前级真空系统主要包括主干路管道1、支路管道2、真空泵3、真空规4、安全阀5和控制机6。其中，所述真空泵3连接于所述主干路管道1，以对所述主干路管道1抽真空。所述支路管道2为至少一路，各路所述支路管道2分别通过各自的

安全阀5连接于所述主干路管道1，并且，各路所述支路管道2分别连接至各个真空应用系统。所述真空规4为至少两个，分别安装于所述主干路管道1以及各路所述支路管道2中，以分别监测所述主干路管道1和各路所述支路管道2内的气压值，本发明实施例中，主干路管道1可安装一个真空规4，每路所述支路管道2可各安装一个真空规4。所述控制机连接至每个所述真空规4、每个所述安全阀5，以获取所述主干路管道1和各路所述支路管道2内的气压值，并根据所述主干路管道1和各路所述支路管道2内的气压值控制每个所述安全阀5，以在不影响其它真空应用系统的情况下对指定的真空应用系统抽真空。

[0048] 为了避免真空泵3工作时的振动对真空应用系统的振动影响，本发明实施例中，所述真空泵3与主干路管道1之间通过双波纹管连接，进一步地，本发明实施例中，在支路管道2与真空应用系统之间通过双波纹管连接，进而大幅降低震动从真空泵3传递到真空应用系统。双波纹管的优异减震性能可以满足对震动要求特别苛刻的扫描隧道显微镜的运行要求。

[0049] 本发明实施例中，所述真空泵3采用高抽速真空泵。因为本发明实施例只需要一台性能好的前级真空泵，尽管单个的成本较高，但是相比十几个或几十个无油干泵的成本却是大大降低，并且后期运行能耗也显著降低。本发明实施例，采用的前级真空泵采用无接触式设计，无磨损件需要更换，因此可以长期使用而不需要维护，可以连续运行数年至十几年。

[0050] 本发明实施例中，因为通过管道连接，真空泵3可以放到距离各个真空应用系统十几米至几十米远处，以减少前级真空系统对各个真空应用系统的空间占用。因为只有一台真空泵并且摆放位置远，因此，本发明实施例的工作环境中的噪音大大减小。另外，本发明实施例采用的前级泵可以从大气直接工作到极限真空10^{-7}mbar，远高于普通干泵的性能(10^{-3}mbar)。本发明实施例中，采用控制机6的总控制机柜连接中转站、中转站连接临近的子系统及下一个中转站的分层次布线方式使得线路布置更加简洁。

[0051] 本发明实施例同时提供了一种抽真空控制方法，该方法用于上述的前级真空系统，如图3所示，所述抽真空控制方法包括：

[0052] 步骤1、利用所述真空泵对主干路管道抽真空至设定气压值；

[0053] 步骤2、检测待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值；

[0054] 步骤3、若待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值低于第一气压阈值，则直接打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空，否则，先关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀，再打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空。

[0055] 其中，为了防止对其它真空应用系统中真空度的影响，在待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值不低于第一气压阈值的情况下，在步骤3中，关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀之前，还需要记录其它真空应用系统的支路管道的安全阀的开关状态。当该真空应用系统的支路管道中的气压值达到设定气压值后，恢复其它真空应用系统的支路管道的安全阀在该真空应用系统抽真空之前的开关状态。

[0056] 另外，本发明实施例中还具有漏气警示判断过程，包括在步骤3中：

[0057] 通过气压值判定是否可能存在漏气，即在通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：若在抽真空开始后的第一设定时间长度内，该真空应用系统的气压值与

初始气压值相比，下降幅度未达到设定比例，则关闭该支路管道的安全阀，并提示用户该真空应用系统可能存在漏气情况；

[0058] 通过气压值变化速率判定是否可能存在漏气，即在通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：若在抽真空开始后的第一设定时间长度内，该真空应用系统的气压值未下降至第二气压阈值，则关闭该支路管道的安全阀，并提示用户该真空应用系统可能存在漏气情况。

[0059] 同时，本发明实施例还通过主干路管道中气压值的变化判断是否可能存在漏气情况，即在步骤3中，在打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空的过程中：

[0060] 若所述主干路管道的气压值上至第三气压阈值，且保持其气压值不低于第三气压阈值的持续时间达到第二设定时间长度，则关闭该支路管道的安全阀，并在等待所述主干路管道的气压值恢复至第三气压阈值以下后，提示用户该真空应用系统存在漏气情况。

[0061] 本发明实施例还具有其它真空应用系统的漏气警示判断过程，具体地，在其它真空应用系统的支路管道的安全阀关闭期间：

[0062] 若处于关闭状态的安全阀所属的支路管道气压值上升至警戒气压值，则提示用户该处于关闭状态的安全阀所属的支路管道及其真空应用系统可能存在漏气情况；在恢复其它真空应用系统的支路管道的安全阀在该真空应用系统抽真空之前的开关状态时，保持可能存在漏气情况的支路管道的安全阀的关闭状态。

[0063] 因为各个真空应用系统需要能独立控制其对应的前级真空，并且因为真空应用系统对安全性的要求特别高，比如一旦发生处于超高真空的系统与大气直接连通的误操作，将导致仪器和真空系统损坏，造成巨大的经济损失。因此本发明实施例提供了一套安全可靠的控制系统(即前级真空系统和抽真空控制方法)，通过连接各个真空段(主干路管道以及支路管道)上配备的真空规以获取实时的真空度，并且连接各个支路管道与主干路管道间的安全阀来控制是否连通。在大型真空互联系统中最典型的操作是当主干路管道和一部分支路管道已经正常运转时，需要将某一个处于大气状态的支路管道抽真空，其操作的具体控制逻辑，描述如下：

[0064] (I)先检测待抽真空的支路管道气压，若小于0.5mbar，则直接打开与主干路管道之间的安全阀，不必担心其对整体的影响；

[0065] (II)如果该支路管道气压大于0.5mbar，则先关闭其它支路管道的安全阀，避免受其影响，再打开该支路管道的安全阀；

[0066] (III)正常状态下该支路管道的真空度很快会达到设定值，这时恢复其它支路管道安全阀的原来通断状态；

[0067] (IV)如果该支路管道的真空应用系统空间过大或有漏气导致无法很快达到设定值，则先判断该支路管道气压下降速率是否正常：判断依据是30s(秒)后的气压与初始气压相比下降了30％以上或者30s内能否达到100mbar，如果不能达到，则初步判断该支路管道有漏气可能，立即切断与主干路管道的安全阀并恢复其它支路管道的安全阀，提醒用户检漏；

[0068] (V)如果前30s的检测通过，判断在设定时间内是否达到气压设定值，根据不同大小的真空应用系统空间可以设置不同长短的时间设定值，达到设定值则恢复其它支路管道

的安全阀。超过时间限制而气压未达标则立即切断该支路管道与主干路管道的安全阀并恢复其它支路管道安全阀，提醒用户检漏；

[0069] (VI)若其它支路管道在关闭安全阀的时间内气压明显上升，超过预先设置的设定值，则提醒用户该超过预先设置的设定值的支路管道可能有漏，并在恢复安全阀的命令中保持该支路管道安全阀的关闭状态，由用户自行判断对该支路检漏或者重新抽真空。

[0070] (VII)在抽真空的全程中，有真空规检测主干路管道气压，如果因为接到某一支路管道造成了主干路管道的气压波动，若在某设定时间范围内恢复正常则继续运转，若超过该设定时间则关闭该回路管道安全阀，等待主干路管道气压恢复后提示该支路管道疑似有漏，建议用户重新检漏。

[0071] 图4所示，为采用本发明的前级真空系统以及抽真空控制方法的控制逻辑的一个实施流程，其包括以下步骤。

[0072] 步骤a、在前级真空系统主体部分已经为真空状态时，加入某一支路管道及其真空应用系统进行抽真空操作，之后进入步骤b。

[0073] 其中，前级真空系统主体部分包括主干路管道以及若干支路管道及相应的真空应用系统。

[0074] 步骤b、判断所加入的支路管道的真空度是否小于0.5mbar，如果是，则执行步骤c，否则执行步骤d。

[0075] 步骤c、直接打开该支路管道的安全阀，之后执行步骤h。

[0076] 步骤d、记录其它支路管道安全阀状态，之后执行步骤e。

[0077] 步骤e、关闭其它支路管道安全阀，之后执行步骤f。

[0078] 步骤f、打开该之路该支路管道的安全阀，之后执行步骤g。

[0079] 步骤g、判断30s后该支路管道的气压下降是否达到30％，如果是则执行步骤h，否则执行i。

[0080] 步骤h、判断在限定时间内，该支路管道内的气压是否达到设定值，如果是则执行步骤j，否则执行步骤k。

[0081] 步骤i、判断该支路管道的气压是否小于100mbar，如果是则执行步骤h，否则执行步骤k。

[0082] 步骤j、确定该支路管道抽真空完毕，之后执行步骤m。

[0083] 步骤k、关闭该支路管道的安全阀，并报错(该支路管道可能存在漏气情况)，之后进入步骤l。

[0084] 步骤l、判断主干路管道真空度在设定时间范围内是否恢复正常，如果是，则执行步骤m，否则执行步骤o。

[0085] 步骤m、判断其它支路管道有无真空度报警，如果有，则执行步骤n，否则执行步骤p。

[0086] 步骤n、报错，某支路管道真空度变差，怀疑有漏，之后执行步骤q。

[0087] 步骤o、报错，主干路管道真空度无法恢复，之后结束。

[0088] 步骤p、恢复其它支路管道安全阀的原有状态，之后结束。

[0089] 步骤q、该真空度变差的支路管道安全阀保持关闭状态，恢复其它支路管道安全阀的原有状态，之后执行步骤r。

[0090] 步骤r、用户自行判断对怀疑有漏的支路管道进行处理，之后结束。

[0091] 本发明的前级真空系统以及抽真空控制方法，仅采用一个前级真空泵通过主干路管道向各个分支管道及真空应用系统进行抽真空。与现有技术相比，因为只需要一台性能好的前级真空泵，尽管单个的成本较高，但是相比十几个或几十个无油干泵的成本却是大大降低，并且后期运行能耗也显著降低；本发明实施例中的前级真空泵采用无接触式设计，无磨损件需要更换，可长期使用而不需要维护，可以连续运行数年至十几年，降低了了维护和使用成本；因为通过管道连接，进而本发明中的真空泵可以放到距离各个真空应用系统十几米至几十米远处，能够极大地减少前级真空系统的空间占用，同时因为只有一台真空泵并且摆放位置较远，也极大地减轻了工作环境中的噪音；本发明实施例中，在真空泵与主干路管道的连接处以及支路管道与各真空应用系统的连接处加装双波纹管，进而大幅降低从真空泵传递到真空应用系统的震动，双波纹管的优异减震性能可以满足对震动要求特别苛刻的例如扫描隧道显微镜的运行要求；本发明实施例采用的真空泵能够从大气压力直接工作到极限真空10^{-7}mbar，远高于普通干泵10^{-3}mbar的性能；本发明实施例，采用的总控制机柜连接中转站、中转站连接临近的子系统及下一个中转站的分层次布线方式使得线路简洁。

[0092] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明保护的范围之内。

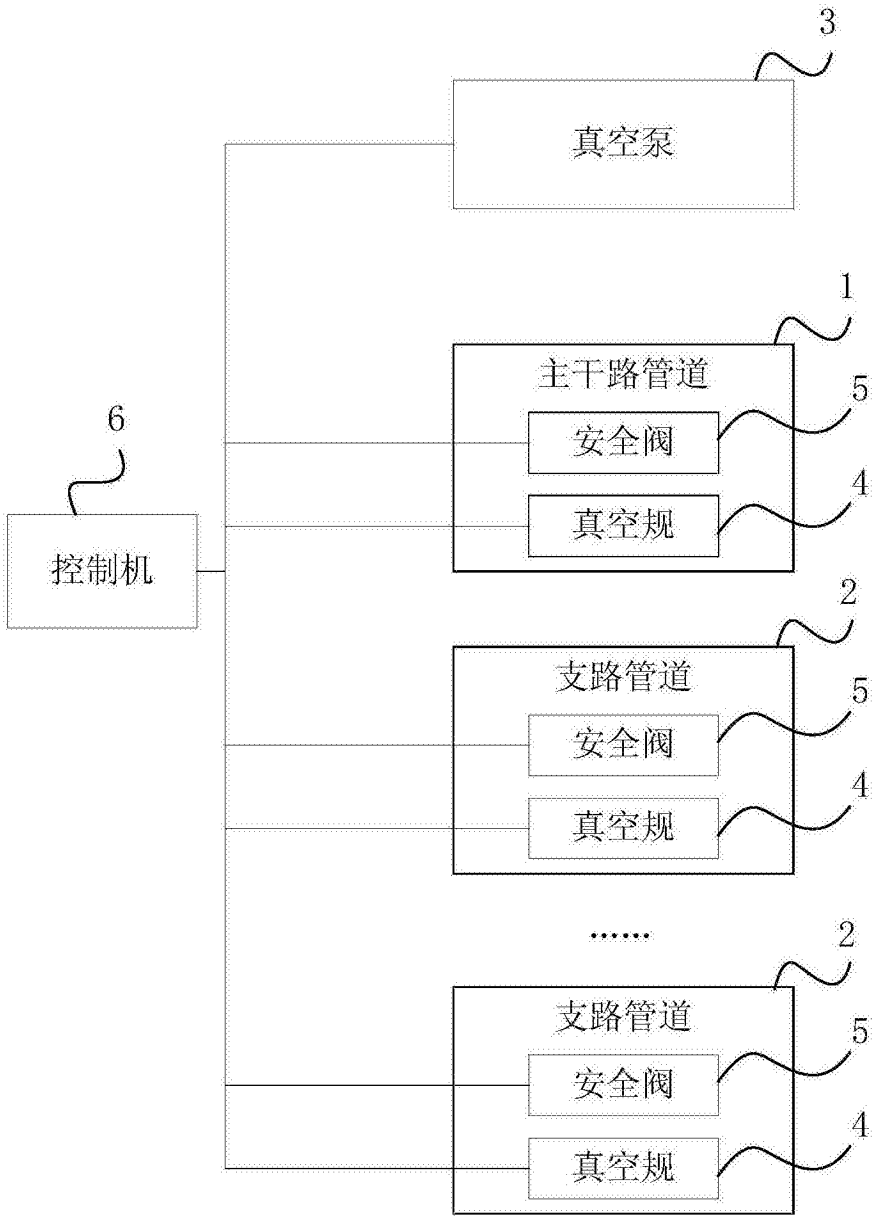


图1

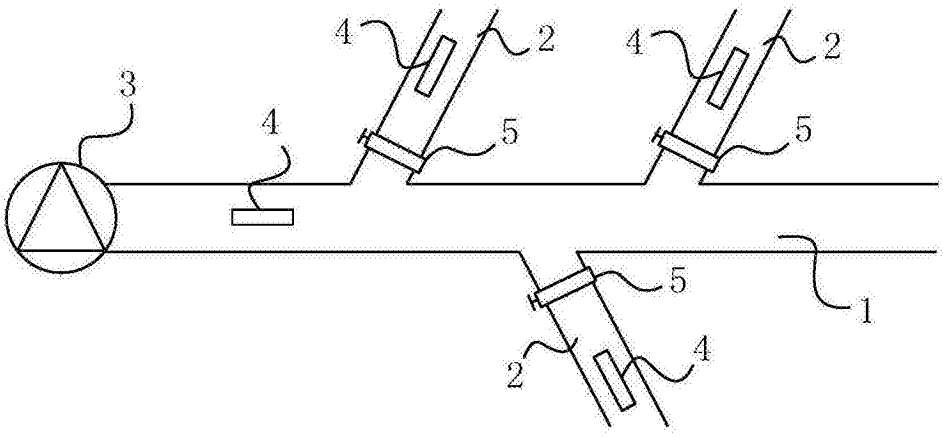

4
2
4
2
3
4
5
5
5
1
2
4

图2

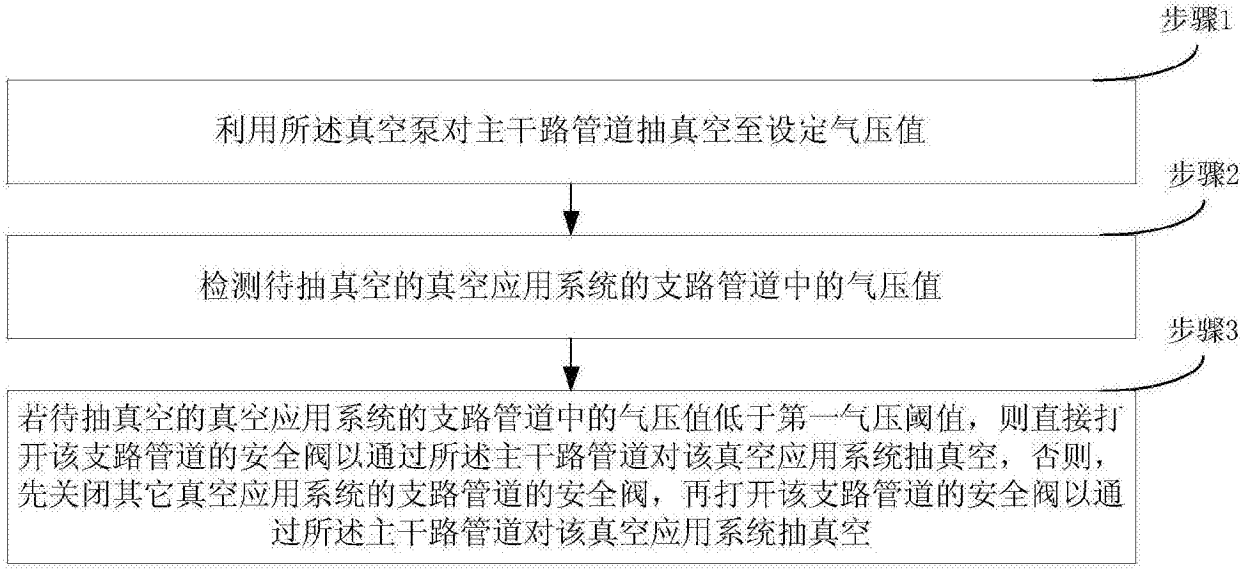

步骤1
利用所述真空泵对主干路管道抽真空至设定气压值
步骤2
检测待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值
步骤3
若待抽真空的真空应用系统的支路管道中的气压值低于第一气压阈值，则直接打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空，否则，先关闭其它真空应用系统的支路管道的安全阀，再打开该支路管道的安全阀以通过所述主干路管道对该真空应用系统抽真空

图3

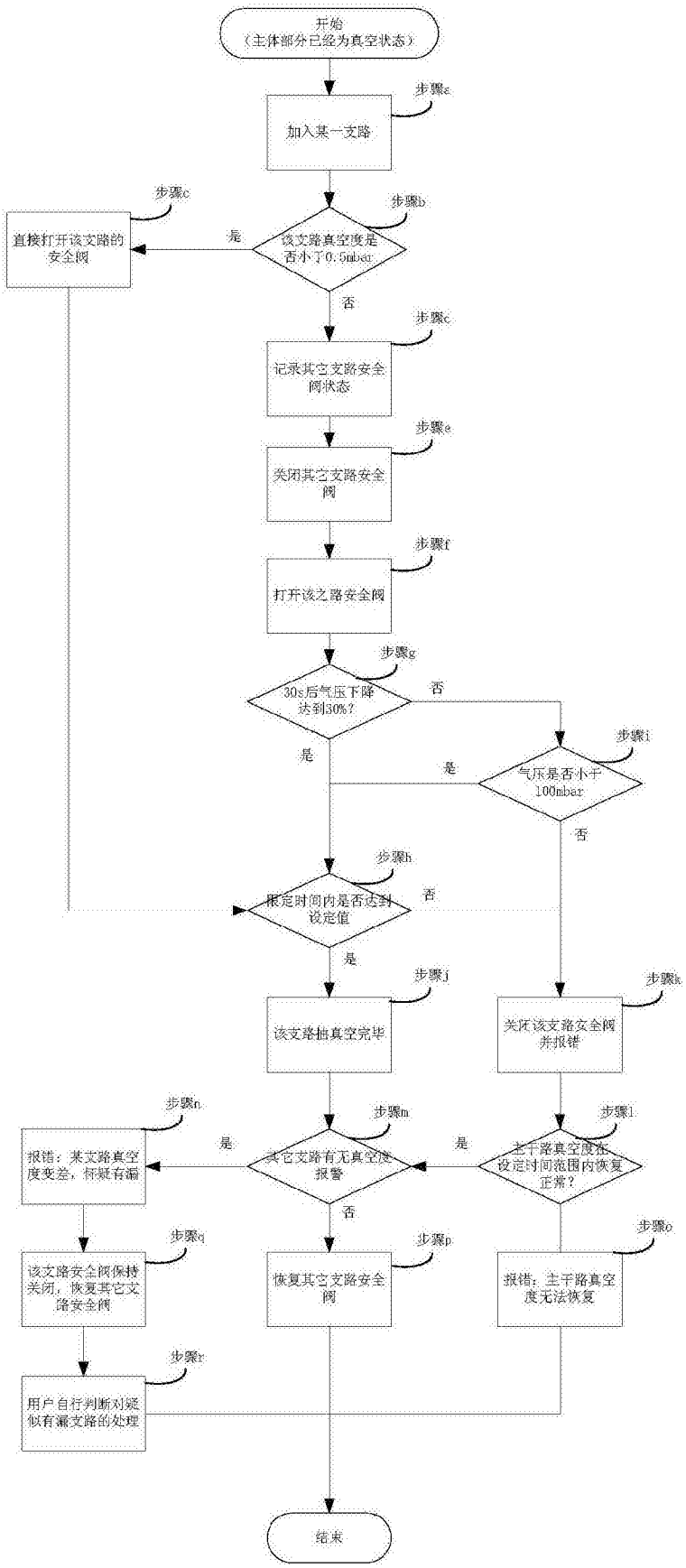

开始
（主体部分已经为真空状态）
步骤a
加入某一支路
步骤b
该支路真空度是否小于0.5mbar
是
步骤c
直接打开该支路的安全阀
否
步骤d
记录其它支路安全阀状态
步骤e
关闭其它支路安全阀
步骤f
打开该之路安全阀
步骤g
30s后气压下降达到30%？
否
是
步骤i
气压是否小于100mbar
是
否
步骤h
限定时间内是否达到设定值
否
是
步骤j
该支路抽真空完毕
步骤k
关闭该支路安全阀并报错
步骤n
报错：某支路真空度变差，怀疑有漏
步骤m
其它支路有无真空度报警
是
步骤l
主干路真空度在设定时间范围内恢复正常？
是
否
步骤q
该支路安全阀保持关闭，恢复其它支路安全阀
步骤p
恢复其它支路安全阀
步骤o
报错：主干路真空度无法恢复
步骤r
用户自行判断对疑似有漏支路的处理
结束

图4