

关于列车真空集系统噪音及降噪方法的研究

唐在猛

青岛亚通达铁路设备有限公司, 山东 青岛 266111

摘要： 噪音，是泛指人们不欢迎的，不需要的和令人烦躁、讨厌的干扰声，在示波器上他们往往是一些不规则的或随机的声信号。

噪音不仅能引起人体的生理改变和损伤，而且能导致对心理、生活、工作的不利影响。因此采取必要的措施降低噪音有着十分重要的意义。

关键词： 降噪阀；真空集便系统；原理；流程；方法

Research On Noise And Noise Reduction Methods Of Train Vacuum Collection System

Tang Zaimeng

Qingdao Yadongda Railway Equipment Co., LTD., Qingdao, Shandong 266111

Abstract： Noise is generally referred to people do not welcome, do not need and annoying, annoying interference sound, they are often some irregular or random acoustic signals on the oscilloscope.

Noise can not only cause physiological changes and damage to the human body, but also lead to adverse effects on psychology, life and work. Therefore, it is of great significance to take necessary measures to reduce noise.

Key words： noise reduction valve; vacuum collecting system; principle; process; method

引言：

随着环保法规对铁路动车噪音污染的限制更加严格，近年以来对铁路真空集便系统的降噪需要一直在增长，卫生间排污真空系统噪音是铁路噪音的主要来源之一。

一、现状：

现在主流铁路客车的卫生系统主要是真空集便系统，其包括便器、水增压冲洗装置、控制系统、真空发生装置及污物箱等，便器通过排污管与污物箱连接，乘客使用便器后按下冲洗按钮冲洗便盆，系统通过真空发生装置在污物箱内建立真空，便器排污阀打开，通过真空将污物从便盆内吸入污物箱内。

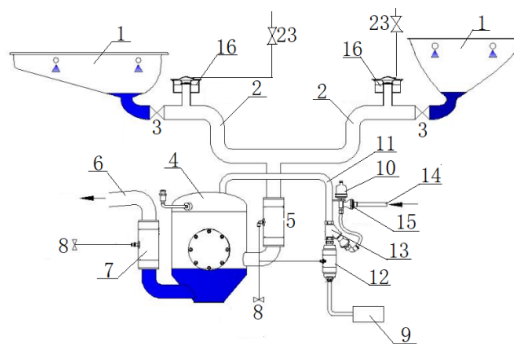
真空集便系统具有耗水量低，真空吸污卫生间味道小等优点，但由于便器在污物排出后瞬间，便盆排污口破真空的原因导致噪声较大，影响了车厢内乘客的乘坐舒适性，所以研究在真空集便系统中降噪措施可更好的提高乘客的舒适性。

二、真空集便系统

目前国内铁路客车大量应用的真空集便系统，分为中转式真空集便系统、保持式真空集便系统两种形式。

(一) 中转式真空集便系统：

通过在污物中转箱内建立真空，将污物吸入到中转箱内，待中转箱积累一定污物容量时，再通过正压空气推入污物箱中。



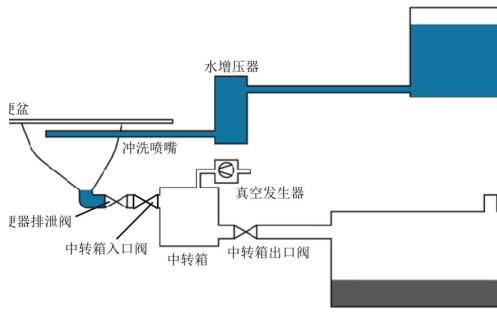
>图1

如上图1示，便器1，排污管路2，排污阀3，中转箱4，进污HOSE阀5，排污管6，排污HOSE阀7，电磁阀8，真空发生器9，真空开关10，真空管路11，抽真空HOSE阀12，过滤器13，

打正压管路14, 单向阀15, 降噪阀16, 电磁阀23。

1. 待机状态

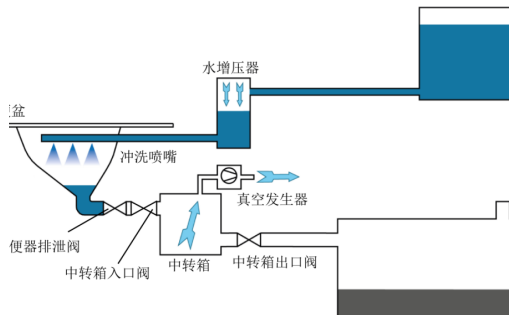
便盆排泄阀处于关闭状态, 便盆底部有小水湾, 水增压器充满水, 中转箱处于常压状态, 中转箱入口阀和出口阀均处于打开状态。



> 图2

2. 冲洗便盆并在中转箱中产生真空

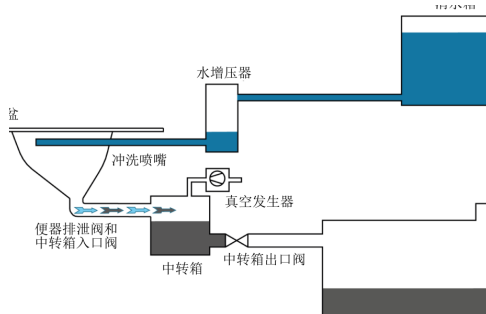
按下冲洗按钮, 系统开始执行冲洗流程。压缩空气进入水增压器, 冲洗水在压力作用下高效冲洗便盆, 同时, 中转箱出口阀关闭, 真空发生器开始工作, 直到中转箱达到设定真空度。这个过程中, 中转箱入口阀始终处于打开状态。



> 图3

3. 排空便盆

中转箱内真空达到设定值后, 便盆排泄阀打开, 中转箱出口阀保持关闭状态, 便盆内污物在真空的作用下抽吸到中转箱中, 然后便盆排泄阀关闭, 中转箱出口阀打开。这个过程中, 中转箱入口阀始终处于打开状态。

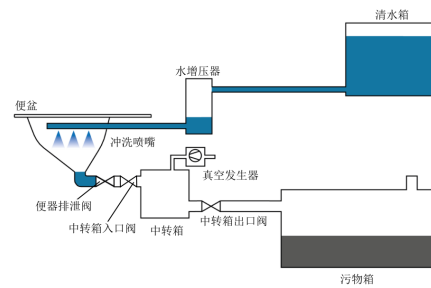


> 图4

4. 便盆二次冲洗

便盆排泄阀关闭后, 压缩空气进入水增压器, 冲洗水在压力作用下二次冲洗便盆, 在便盆底部重新形成水湾。

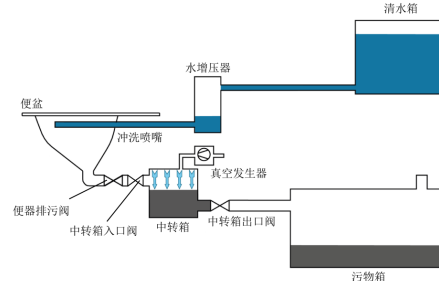
然后, 水增压器重新注满水, 系统进入待用状态。



> 图5

5. 在中转箱中建立压力

中转箱入口阀和出口阀关闭, 压缩空气进入中转箱至设定时间后, 进入中转箱排空流程。

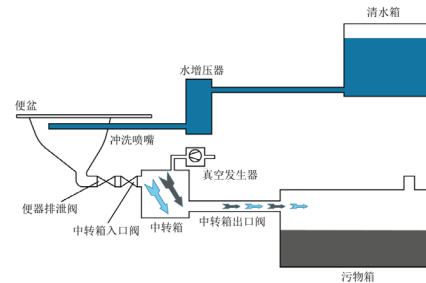


> 图6

6. 排空中转箱

该流程在中转箱内液位达到设定值或便器冲洗次数达到设定值时才执行。

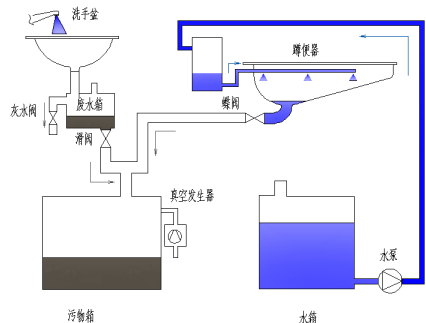
中转箱入口阀保持关闭状态, 中转箱出口阀打开, 中转箱内的污物在压力作用下排放到污物箱中, 同时, 水增压器重新注满水。



> 图7

(二) 保持式真空集便系统

系统通过控制真空发生装置在污物箱内建立真空并保持, 系统待机; 当乘客按压冲洗按钮, 便器完成冲洗后打开排污阀, 污物在负压的作用下吸入真空保持式污物箱内, 污物箱建立真空后待机。



> 图8

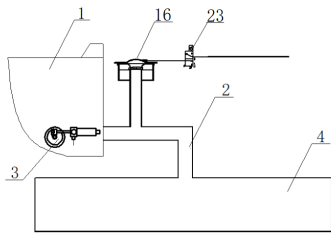
保持式真空集便系统与中转式真空集便系统相比，没有中转箱，直接通过在污物箱内建立真空度，实现真空吸污的功能，所以与中转式真空集便相比，缺少中转式中的上述第6排空中转箱的工作流程。

三、噪音产生原因及降噪研究方向

真空集便系统的主要噪音来源于便器吸污时的抽吸声，经过测试，便器吸污时的噪音大约在90dB左右，而噪音的主要产生原因，是因为便器内的污物在真空作用下被吸走时，空气在便器排污口处形成高速气流产生的响声，空气流速越高，噪音越大。

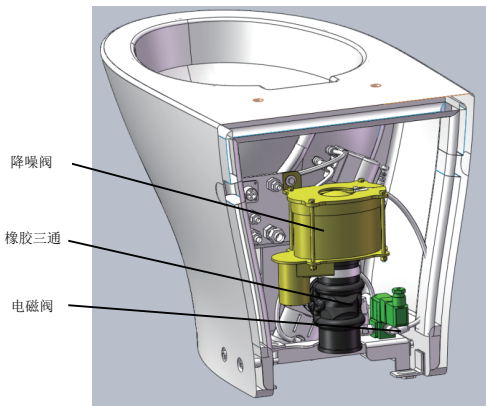
要想降低真空便器吸污时的噪音，就必须降低便器排污时的空气流速，而降低真空度，会降低便器吸污时的吸力，同时噪音也自然相应降低，但是吸力的降低也会导致便器的吸污效果变差，为了在不影响便器吸污效果的情况下降低噪音，就必须在便器吸污时的瞬间，原真空吸力不变，确保吸污效果，而后最快速度将真空吸力降低，从而降低污物吸走后形成的空气流动噪音，研究通过在真空管路上增设降噪阀的方式，增加通气面积，从而使得真空快速释放，降低便器吸污带来的噪音。

(一) 降噪阀工作原理



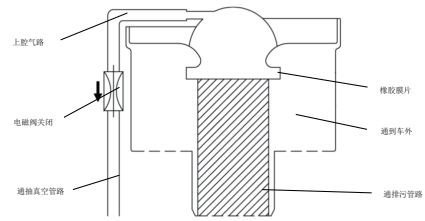
> 图9

真空集便系统包括真空便器、污物收集容器、真空便器与污物收集容器之间连接排污管路，在真空便器的排出口处安装便器排污阀，污物收集容器与真空发生装置连接，在排污管路上（安装在便器排污阀的排污端）安装降噪阀，用于在真空便器排污破真空前向排污管路引入空气，达到降噪的目的，如下图所示：



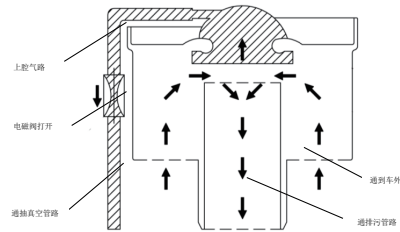
> 图10 降噪型便器示意图

当按下冲洗按钮时，系统建立真空度后，便器排泄阀打开的同时，电磁阀打开，真空进入降噪阀中将降噪阀中的膜片吸起，降噪阀打开通气，起到降噪作用。



> 图11 降噪阀关闭状态

如上图所示，正常待机情况下，降噪阀膜片通过自身弹性实现降噪阀的密封作用，保证降噪阀正常待机时处于关闭状态



> 图12 降噪阀打开状态

如上图所示，当抽真空管路建立真空后，电磁阀打开时，真空管路连通到上腔气路，将橡胶膜片抬起，降噪阀打开，车外气体通过降噪阀进入抽真空管路，使得便器打开排污时的抽真空噪音降低，从而实现降噪作用。

四、降噪装置的优点

降噪阀结构简单，易于操作，安装也非常方便，通过调节空气腔内的压力，利用膜片自身的弹性，即可实现在破真空前打开通气管引入空气，有效降低便器排污时破真空噪声。

五、噪声源分析

真空集便器工作时，车内产生噪声部件（部位）有：喷嘴冲水、便器（排污口）排污、气缸排气、水增压排气、排污阀动作。各部位噪声情况如下：

部件	噪声模式	原始噪声 dB	改进措施	改进噪声 dB	测试位置 mm
便器	喷嘴冲水	73	--	--	便盆上方 100
	排污	99	加真空释放阀	92	便盆内部
水增压器	气缸排气	93	加消音器及软管	69	距排气口 500
	阀板动作	69	--	--	距阀板 500

表1

综上所述噪声来源主要为气缸排气和便器排污噪声。

六、降噪方案在铁路动车中的试验分析对比

针对噪声主要来源，结合铁路动车的实际情况，通过试验分

析，寻求降低噪音的最佳方案，具体分析如下：

(一) 噪声对比测试

1. 中转式系统和保持式系统的对比测试

表2

在水量为 1.5L 的状态下分别对比中转式系统与保持式系统的陶瓷便器噪声测试：试。		
序号	中转式系统噪声（蝶阀）	保持式系统噪声（蝶阀）
1	102.3	100
2	102.5	97.8
3	103.1	98.9
4	102.5	98.5
5	102.4	98.8
结论：	正常冲洗状态下，保持式系统比中转式系统噪声低3-5dB	

2. 蝶阀与滑阀的噪声对比



>图13



>图14

表3

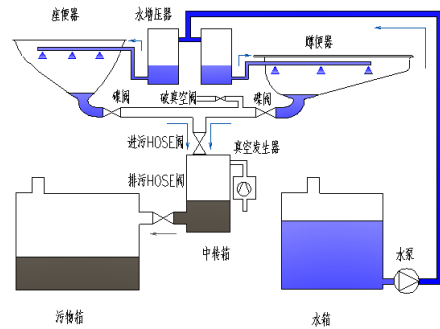
在水量为 1.5L 的状态下，分别对比保持式系统的陶瓷便器的蝶阀及滑阀噪声：		
序号	保持式系统噪声（蝶阀）	保持式系统噪声（滑阀）
1	100	99.2
2	97.8	98.4
3	98.9	99.7
4	98.5	99.1
5	98.8	98.5
结论：	正常冲洗状态下，保持式系统滑阀与蝶阀噪声基本无差别	

(二) 中转式系统的降噪措施

按压冲洗按钮后，中转箱建立真空，便器蝶阀打开，0.1秒后降噪阀打开，蝶阀与降噪阀同时进气减少噪声。

表4

序号	中转式系统噪声（阀）	中转式系统噪声（增加降噪阀）
1	102.3	98.4
2	102.5	96.5
3	103.1	97.9
4	102.5	96.7
5	102.4	98.1



>图16

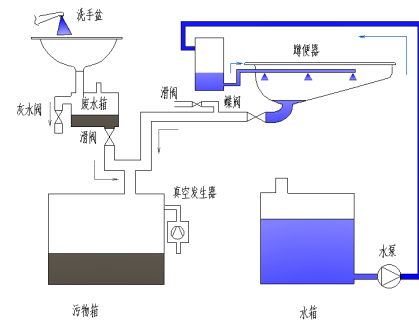
(三) 保持式系统的降噪措施

1. 用降噪中转箱真空

按压冲洗按钮后，便器蝶阀打开，0.1秒后滑阀打开，蝶阀与滑阀同时进气减少噪声：

表5

序号	保持式系统噪声	保持式系统噪声（增加降噪阀）
1	100	93.2
2	97.8	91.8
3	98.9	93.1
4	98.5	91.4
5	98.8	92.9
结论：	噪声降低6-7 dB，但便器残留较多。测试增加滑阀打开时间	



>表9

七、研究结论

通过以上方案数据分析，采用降噪阀的便器与普通便器相比，降噪效果大约提高了6%，再结合程序的降噪优化逻辑控制，降噪效果更加明显有效，所以降噪阀在动车组真空集便系统具有广阔的应用前景。

参考文献：

[1] 王先彬等. 一种降噪阀及真空集便系统 [N]. 专利权人：青岛亚通达铁路设备有限公司，专利号：ZL 2021 2 1067358.8 授权公告日：2022年05月3日