

一种新型空干器在重型商用车上的应用研究

Application Research of a New Type of Air Dryer on Heavy-duty Commercial Vehicles

程功灿 杨佳睿 李斌 邹学壮

Gongcan Cheng Jiarui Yang Bin Li Xuezhuang Zou

徐州徐工汽车制造有限公司 中国·江苏 徐州 221004

Xuzhou XCMG Automotive Manufacturing Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221004, China

摘要: 为了解决重型商用车储气筒积水的问题,选择了一款新型的空气干燥器搭载在重型商用车上进行试验验证;先通过对新型空干器的原理分析,同时对整车制动压力、储气筒容积、打气泵管长度、车辆应用场景等因素的分析,预先设置了空干器的再生容积及再生时间;再搭载到整车上,模拟了高速道路、城市道路、国道三种使用场景下的干燥情况;通过检测空压机出口、打气泵管、干燥器进气口的温度以及储气筒内干燥空气的露点降、储气筒反吹压降等参数,通过计算公式,准确评估出新型空干器干燥效率,并通过持续的市场跟踪,确认新型干燥器可以满足整车在各种使用场景下的应用。

Abstract: In order to solve the problem of water accumulation in the air storage tank of heavy-duty commercial vehicles, a new type of air dryer was selected to be installed on heavy-duty commercial vehicles for experimental verification; Firstly, by analyzing the principle of the new air dryer, and at the same time, analyzing factors such as the braking pressure of the entire vehicle, the volume of the air reservoir, the length of the air pump pipe, and the application scenario of the vehicle, the regeneration volume and regeneration time of the air dryer were pre-set; It was then loaded onto the entire vehicle and simulated the dry conditions in three usage scenarios: highways, urban roads, and national roads; By detecting the temperature at the outlet of the air compressor, the air pump pipe, and the air inlet of the dryer, as well as the dew point drop of the dry air in the air storage cylinder and the pressure drop of the backflow in the air storage cylinder, the drying efficiency of the new air dryer is accurately evaluated through calculation formulas. Through continuous market tracking, it is confirmed that the new dryer can meet the application needs of the entire vehicle in various scenarios.

关键词: 商用车; 空干器; 露点降; 干燥效率; 空压机负荷

Keywords: commercial vehicles; air dryer; dew point drop; drying efficiency; air compressor load

DOI: 10.12346/etr.v6i2.9026

1 引言

商用车空气干燥器是利用分子筛的物理吸附效应,去除来自空压机压缩气体中的水分、油、灰尘等杂质,保证进入气制动组件中的空气干燥、干净,有效防止制动系统中各零件因生锈或冻结造成的制动系统失效从而保证行车安全^[1]; SEA J2384—1999 标准详细规定了应用于汽车气制动系统的空气干燥器的性能要求和测试方法,保证了空气干燥器生产与使用的正常秩序。

由于不同生产厂家不同形式的空干器,其分子筛的吸附

能力不同,再生能力不同,再生方式不同,应用在整车上,又由于整车的市场环境、路况、驾驶习惯、空压机性能等的影响,造成了空干器在不同整车上的表现完全不同^[2]。

论文通过对空干器进行原理分析,再通过对整车相关影响因子(空压机、打气泵管、使用工况、储气筒容积等)进行分析,先进行理论计算,确定好相关参数,再搭载到整车上进行多种工况下的模拟试验,再进行批量市场验证,最终确定空干器的有效性,论文提供了一种验证空干器的计算及试验方法^[3],并通过市场反馈验证了本方法的可行性。

【作者简介】程功灿(1987-),男,中国安徽宿州人,本科,工程师,从事商用车制动系统研究。

2 研究方法

2.1 两种空干器干燥工作原理的分析

商用车空气干燥器有两个重要工作循环，第一循环是干燥，即空压机把空气进行压缩，通过干燥器的分子筛，干燥器把压缩后的空气中的水分吸附在分子筛上，净化压缩空气，净化后的压缩空气进入储气筒进行存储；第二循环是再生，即整车打满气后，使用储气筒干燥后的空气反吹分子筛，将分子筛里的水分吹向大气，保持分子筛持续的干燥能力；我们分别对新旧两种空干器进行工作原理分析，图1为原空干器，图2为新空干器。

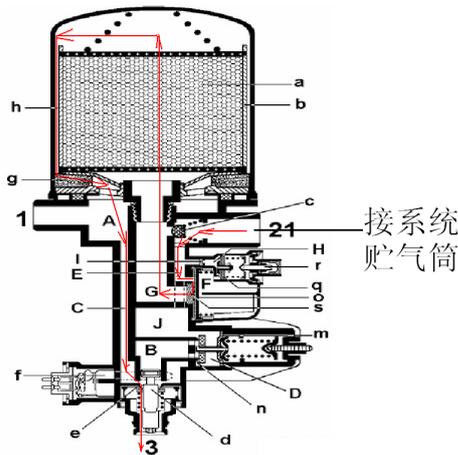


图1 原空干器

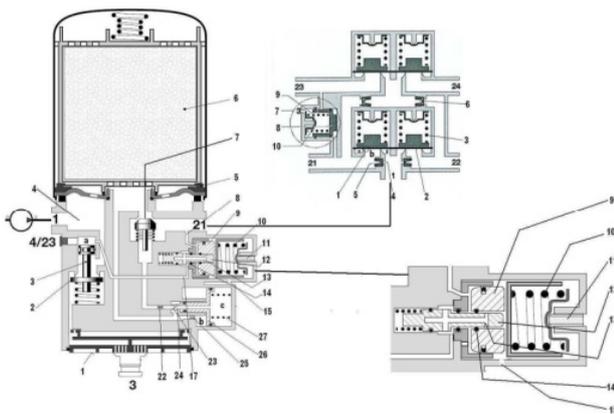


图2 新空干器

原空干器的工作原理：压缩空气经1口进入A腔，通过过滤器a进入G腔，空气中的水分滞留在过滤器上，干燥后的空气经单向阀门c和21口流到储气筒。当系统达到切断压力时，调压阀m的压缩空气使B腔增压，使活塞d向下移动，打开排气阀门e，这样压缩空气经通道c和排气阀门e排出。同时来自贮气筒的压缩空气经E腔进入G腔，将滞留在干燥剂a表层的水分吸走，并经通道C和排气阀门e从排气口3口排出，当回流压力超过调定值时，膜片o使阀门s关闭，以至回流截止，当调压阀达到恢复压力时，B腔压缩空气被排出，排气阀门e关闭，B腔气压通过调压

阀门总成n上阀杆上的小孔排往大气，空压机恢复供气，整个干燥过程又重新开始。

新空干器的工作原理：压缩空气经1口进入4腔，通过过滤器5和分子筛6进入干燥筒下方，打开单向阀门7通过21口给系统供气。同时气压通过通道8到达活塞9的左边，当系统气压上升控制活塞9克服弹簧10的力向右移动，当O圈14通过阀杆12上的孔13后，系统立即切断。气压通过阀杆12到达a腔，推动活塞3打开排气阀门2。切断压力可通过螺钉11进行调节，当系统压力下降时弹簧10推动活塞9向左移动，当阀杆12上的孔13重新通过O圈14后，系统恢复供气，a腔气压通过阀杆12，孔15排向大气，排气阀门2关闭。在进气状态下，气压经过节流孔25到达b腔，同时通过通道24到达c腔。当调压阀切断压力后，排气阀门2打开，c腔气压通过通道24排出，b腔气压推动活塞26克服弹簧27的力向右移动并打开进气阀门23。气体经过节流孔22，进气阀门23对分子筛进行反吹，使分子筛再生。同时b腔的空气由节流孔25缓慢排出，活塞26在弹簧27的作用下向左移动直到进气阀门23关闭。再生过程完成，再生时间由节流孔25控制。

从新旧两种的工作原理可以看出：再生过程原空干器只能控制反吹的压力差；新空干器既有反吹的压力差又有再生时间的控制，双向控制能够保证每次再生的气量，再生效果较好；从结构上看新控干的调压阀阀杆是固定的，只通过控制活塞来控制气路的切断和排气，原空干器的调压阀阀杆和活塞都是可移动的，且排气是通过阀杆上的小孔来实现，这样的结构会增大调压阀漏气的风险，和排气不畅的风险。从分子筛功能上看，新空干器具有滤水，滤油和过滤积碳的功能，更多地去掉压缩空气中的杂质有利于空干器内部阀体的正常工作；原空干器只具有滤水的功能，内部阀体比较容易被油污和积碳破坏，造成阀门打开和闭合不畅。理论上新空干器的性能优于原空干器。

2.2 新旧空干器的参数计算设定

为了方便研究，我们选取市场反馈较强烈的车型作为基础车，此车为6X4牵引车，储气筒总容积为115L，额定工作压力为10bar，使用工况以国道及高速公路为主，使用范围为国内使用。根据空干器计算公式，计算出反吹体积，进行空干器参数设置。

$$\eta = \frac{V_D \times 100\%}{V_D + V_p} \quad (1)$$

$$V_i = \int_{t_1}^t Q_a(t) dt \quad (2)$$

$$V_p = \frac{P_{切} - P_{吹}}{P_c} \times V_{吹} \quad (3)$$

$$V_D = V_i - V_p \quad (4)$$

其中， η 为干燥器干燥效率； V_D 为干燥器一个循环的干燥体积，L； V_p 为干燥器反吹体积，L； V_i 为负载容积，L； $Q_{a(t)}$ 为加压机进气口流量，L/min； t_1 为回关压力时刻，s；

t_2 为切断压力时刻, s; $P_{切}$ 为干燥器切断压力, bar; $P_{吹}$ 为干燥器反吹压力; bar; P_e 为标准大气压, bar; $V_{吹}$ 为反吹储气筒体积, L。

根据徐州徐工汽车制造有限公司企业标准 QJ/XGA 08024—2021《商用车空干器检验检测方法》的规定, 干燥效率 η 应 $\geq 95\%$, 通过式 (1) 至式 (4) 计算确定空干器的反吹体积 V_p 为 48L; $P_{切}$ 为 $10 \pm 0.2\text{bar}$; 反吹时间为 60s; 根据计算结果对新空干器进行参数设置。

2.3 新旧空干器的试验结果对比

为了验证新空干器效果, 根据徐州徐工汽车制造有限公司企业标准 QJ/XGA 08062—2022《商用车零部件验证方法》的规定在故障车辆上进行安装新旧两种不同的空干器, 同一驾驶员分别模拟国道、高速、城市道路三种工况, 收集测试数据, 检验干燥效果。

- ①原空干器车辆空压机负荷率为 100%, 环境平均温度 10.4°C , 空压机平均排气温度 128.2°C , 空干器平均进气温度为 21.7°C , 空干器能充气, 但不能卸荷, 储气筒气压在达到卸荷压力时, 由于控制口气压低于空压机卸荷所需气压, 空压机处于半卸荷状态 (切断时空干器 1 口压力大于 6bar), 空干器不能再生, 路试完成后, 储气筒有大量积水;
- ②新空干器空压机负荷率为 67%, 环境平均温度为 7.1°C , 空压机平均排气温度 128°C 。空干器平均进气温度 29.5°C , 空干器充气 and 再生功能正常, 完成测试后储气筒无水。

2.4 市场多样本验证

为了验证新空干器效果, 根据徐州徐工汽车制造有限公司企业标准 QJ/XGA 08062—2022《商用车零部件验证方法》的规定; 分别在新疆 (高温)、海南 (高湿)、东北 (高寒)、云南 (高原) 四个地区的现运营车辆上更换新型空干器; 每个地区选择不少于 20 辆故障车进行更换, 持续跟踪里程不

少于 5000km。测试数据见表 1。

表 1 测试数据

测试地区	更换数量	平均行驶里程	储气筒无水率
新疆	22	5223	100%
海南	30	5841	96%
东北	24	5412	96%
云南	42	5923	100%

根据市场测试结果可以看出, 更换新型空干器后储气筒积水问题得到根本性解决, 全国范围内共计更换 118 辆故障车, 其中只有海南 1 辆, 东北 1 辆没有彻底解决, 其余车辆均没有再次出现储气筒积水现象, 问题解决率 98.3%; 由此可见新型空干器市场应用效果提升显著。

3 结语

通过对空干器的理论研究, 分析整车不同的使用环境及整车制动压力、储气筒容积、打气泵管长度等因素, 通过理论计算合理设置空干器参数; 再通过试验模拟及市场多样本验证, 最终得出新型空干器适用整车工况的合理性, 对不同状态的车辆在空干器的比较和评估提供了重要参考, 同时将用户使用环境和工程设计参数结合起来, 使产品的开发更适合市场的需求。

参考文献

- [1] 贾东亮,王厚胜,刘阳,等.全地面起重机气路系统气控式冷凝器选型和匹配[J].工程机械与维修,2020(S1):207-209.
- [2] 韩涛.集成式空气处理单元工作原理及装配应用[J].汽车实用技术,2022,47(3):160-163.
- [3] 何如如,杨学宾.模式匹配在空气处理单元上的应用研究[J].制冷与空调,2022,22(4):58-62+66.