



空气弹簧的应用与发展趋势

黄良平

(株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘要:介绍了空气弹簧的应用情况,并探讨了空气弹簧今后的发展趋势。

关键词:空气弹簧;应用;发展

1 空气弹簧简介

空气弹簧是利用橡胶气囊内部压缩空气的反力作为弹性恢复力的一种弹性元件。它具有如下特点:①空气弹簧具有非线性特性,可将其特性曲线设计成理想形状;②空气弹簧质量轻,内摩小,对高频振动有很好的隔振消声能力;③空气弹簧的刚度和承载能力可以通过调节橡胶气囊的内压力来调整;④空气弹簧的制造工艺复杂,费用高。

空气弹簧按工作时的变形方式分为囊式、膜式和混合式三种。如图 1、2、3 所示。囊式空气弹簧主要依靠橡胶气囊的屈挠获得弹性变形;膜式空气弹簧主要依靠橡胶气囊的卷曲获得弹性变形;混合式空气弹簧则兼有以上两种变形方式。囊式空气弹簧根据橡胶气囊曲数的不同分为单曲、双曲和多曲囊式空气弹簧。膜式空气弹簧的结构是在盖板和底座之间放置一圆柱形橡胶气囊,通过气囊屈挠变形实现整体伸缩。膜式空气弹簧在其正常工作范围内,弹簧刚度变化要比囊式小,同时也可通过改变底座形状的方法,控制其有效面积变化率,以获得比较理想的弹性特性。膜式空气弹簧有效面积的变化率也比囊式弹簧小,因此,膜式空气弹簧在辅助气室较小的情况下,也可得到较低的自振频率。根据橡胶气囊止口与接口的连接方式又可分为约束模式和自由模式空气弹簧。约束模式空气弹簧密封一般用螺栓夹紧密封;自由模式空气弹簧采用气囊内的压力自封。底座多为深拉钢板成型或轻质铸钢,并且表面镀铬处理,减小气囊与底座之间的摩擦。

空气弹簧诞生于 19 世纪中期,早期用于机械设备减振。由于其众多的优点,因而在现代公路和轨道交通车辆以及工业机械等领域获得了广泛的应用。下面对空气弹簧的应用分别介绍。

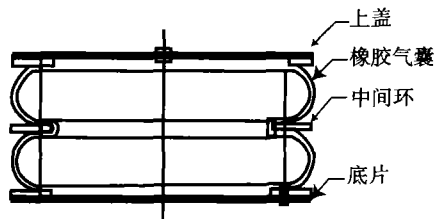


图 1 囊式空气弹簧

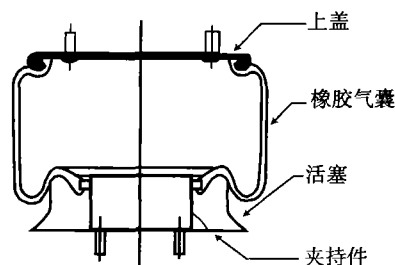


图 2 膜式空气弹簧

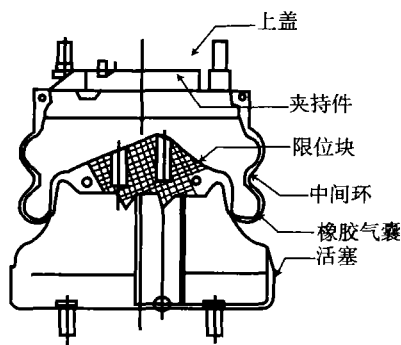


图 3 混合式空气弹簧

2 空气弹簧在汽车上的应用

1947 年,美国首先在普尔曼车上使用空气弹簧,到 1964 年,德国生产的 55 种大中型公共汽车,有 38 种使用了空气弹簧。目前,空气弹簧在国外高速客车和豪华城市客车上的使用率已达到 100%,在中、重型货车以及挂车上也超过 80%,如美国的 Ford,德国的 Man 等。有些高级轿车上也选装了空气弹簧,如美国的林肯,德国的奔驰 600 等。在一些特种车辆如对防振要求高的仪表车、救护车及要求带高度调节的集装箱运输车上,空气弹簧的应用更为广泛。近年来空气弹簧在商用汽车上使用发展较快,常用的空气弹簧有筒状空气弹簧、变载而活塞型筒状空气弹簧、直筒式活塞边缘压紧式筒状空气弹簧和双环型空气弹簧四种。

我国在于 20 世纪 50 年代就对空气弹簧进行了研究。1957 年,长春汽车研究所与化工部橡胶工业研究所合作制造出了我国第一辆装有空气弹簧的载重汽车,相继又设计制造了公共汽车用空气弹簧。近年来,随着汽车技术的发展及国外空气悬架的引进,小部分国产高级旅游车开始采用进口空气弹簧,如沈阳飞机制造厂、北方汽车制造厂、厦门金龙联合汽车公司、亚星客车集团公司、丹东汽车制造厂等生产的客车。

近年来,随着空气弹簧应用的推广,对空气弹簧的研究和开发越来越得到重视。四方所研制了豪华客车用 SYS330 型空气弹簧。该空气弹簧为自由膜式空气弹簧,由上盖板、胶囊、应急橡胶挡和底座(兼作附加气室),采用压力自密封方式密封。贵州前进橡胶股份有限公司对南斯拉夫桑诺斯,德国沃尔沃、凯斯抱尔等客车的橡胶空气弹簧进行了研究。交通部重庆公路科研所研制 D5-2603260 膜式空气弹簧在实际使用中性能良好,使用寿命达 10 万 km 以上,已在进口和国产车上大量装用。河南尉氏县橡胶厂研制的空气弹簧用于匈牙利的依卡露斯 256 型大型豪华客车上,运行 10 万 km 无质量问题。株洲时代新材研制了 EQ6111 汽车空气弹簧,已通过了 1 万 km 装车运行试验,还开发了用于厦门金龙客车的 29S-35000 汽车空簧,并通过了 500 万次疲劳试验。

3 空气弹簧在轨道交通上的应用

空气弹簧广泛应用于快速列车、地铁、轻轨和磁悬浮列车等轨道车辆上。

3.1 在快速列车上的应用

20 世纪 70 年代初,法国试验型高速列车 TGV-001 的 Y225 型转向架上二系悬挂采用了日本住友生产的约束膜式空气弹簧。80 年代初在 TGV-PSE 上采用了康迪泰克公司生产的高柔性 684N4.10B 空气弹簧,保证了 TGV 于 1990 年在每小时 515km 创世界纪录速度时仍具有优良的运行平稳性。由于这种大曲囊式空气弹簧在 TGV-PSE 上的成功应用,TGV 的所有其他系列如 TGV-A、TGV-2N、EUROSTAR(欧洲之星)、THALYS(欧洲国际联运用)、西班牙 AVE、韩国 TGV 等都采用了该空气弹簧。德国试验型高速列车 ICE 使用了康迪泰克生产的高柔性 7050N 10 型空气弹簧,曾于 1987 年创下了当时每小时 406km 的世界纪录。瑞典 X2000 型摆式列车上,其拖车转向架二系悬挂由空气弹簧、上下摇枕和橡胶堆组成。空气弹簧置于车体与上摇枕之间。其动车转向架二系悬挂为无摇枕结构,空气弹簧直接坐落在构架上。日本 300 系、400 系、500 系、500 系、700 系客车均采用了空气弹簧。300 系客车转向架上采用大横向变位、小横向刚度自由膜式空气弹簧。空气弹簧标准工作高度为 201mm,工作压力为 0.37MPa,有效直径为 500mm,最大横向变位可达 100 mm。400 系客车采用无摇枕转向架形式,也采用自由膜式空气弹簧作二系悬挂。空气弹簧标准工作高度为 190 mm,工作压力为 0.46 MPa,气囊小半径为 60 mm,装有板式可变节流阀,最大横向变位可达 100 mm。500 系列试验车空气弹簧采用自由膜式结构,两空气弹簧间距 2600 mm,有效直径为 500 mm,空气弹簧标准工作高度为 200 mm,工作压力为 0.39 MPa,附加气室容积 70L。700 系主要采用了非线性空气弹簧,使空气弹簧在直线行车时较软,在曲线行车时较硬,从整体上改善了乘坐舒适性。

早在 1958 年我国试制的双层客车的转向架上就开始使用空气弹簧,这期间所应用的空气弹簧基本上都是囊式空气弹簧。在 60 年代研制的 KZ2 型客车转向架上也采用了空气弹簧悬挂,采用的是约束膜式空气弹簧。经过不断的研制和运用,近年来新型空气弹簧越来越多地应用于我国

准高速、高速列车转向架上。

· 在我国的标准高速车辆 CW-2 型转向架上采用的空气弹簧,安装在摇枕与托架之间,其横向间距为 1956 mm,利用摇枕内腔作为附加气室,空气弹簧与附加气室之间设可调节流阀,具有代表性的是 SYS600A 型空气弹簧。209HS 转向架的二系悬挂采用膜式空气弹簧,其摇枕兼作附加气室用。206KP 型转向架采用无摇枕动台结构,并采取了橡胶堆弹性支承空气弹簧系统,也设置了可变节流孔,具有代表性的是 SYS550C 型空气弹簧。此外,SW-200 型和 SW-160 型转向架采用 SYS550D 型和 SYS600A 型空气弹簧,其结构特点与 SYS550C 和 SYS600A 型基本相同。在此基础上,我国郑武线每小时 200km 以上线正在试验中,浦厂研制的 PW-200 型转向架上采用了新研制的大柔度空气弹簧及纵向牵引拉杆,提高了车辆的平稳性。

3.2 在地铁上的应用

上海地铁无摇枕转向架采用了高柔性自由膜式空气弹簧,其密封方式为螺钉密封和压力自封相结合的方式。该空气弹簧具有如下特点:(1)横向刚度小并能适应大的横向变形;(2)曲线通过时,空气弹簧本身具有良好的横向复原力特性;(3)具有良好的扭转特性和扭转耐久性。

3.3 在轻轨列车上的应用

城市轻轨电车行驶于城市地面、地下或高架线路上,要求其噪声低、减振性能好,并且有适应车辆载重变化较大的能力,为此,空气弹簧获得了广泛应用。四方厂研制了用于有轨电车的 SYS450 型空气弹簧。该空气弹簧采用全压力空气自封密封方式,简化了空簧结构;使用橡胶堆支承,改善了车辆的横向振动性能;采用可调阻尼节流阀,使车辆在各种线路状态和运行速度下均具有良好的振动性能。

3.4 在磁悬浮列上的应用

磁悬浮列车是一种新型的非地面接触式交通方式,具有超高速、低噪声、节能等优点,越来越受到重视,当然,空气弹簧的应用是非常关键的技术。20 世纪 80 年代,日本、德国等国家的磁悬浮列车技术已达到实用水平。而在我国,该技术起步于 80 年代,90 年代进行了具有实用价值的试验型磁悬浮列车的研制。四方所研制了

SYS130A 型、SYS130B 型磁悬浮列车转向架用膜式与囊式 2 种空气弹簧。该空气弹簧中央悬挂的采用改善了磁浮列车的乘坐舒适性,为推动我国磁浮列车的实际应用研究起到了积极作用。我国八达岭旅游示范线磁悬浮列车选用了美国 NEWAY 公司生产的空气弹簧。该产品使用液体减振器,无附加气室,减少了体积和重量。空气弹簧的应用改善了车辆的二系悬挂品质,提高了舒适性和平稳性。

4 空气弹簧在工业机械上的应用

空气弹簧在工业机械上广泛应用于设备隔振,如在压力机、空气压缩机、离心机、振动输送机、控制锤、铸造机械和纺织机械、光学和激光仪器、集成电路、超精密机床等精密机械设备和精密测试设备上,在国外都得到了应用。随着社会的发展,人们对生活的要求(包括对降低振动和噪声的干扰)越来越高,因此空气弹簧隔振技术会越来越多,其前景十分广阔。在机械隔振中,空气弹簧一般采用约束膜式和自由膜式结构。

空气弹簧可应用于各种机械装置中起缓冲吸振、控制运动或增压作用。与具有同样功能的气缸或其他弹性元件相比,空气弹簧结构简单、工作可靠,不需复杂的参数计算和结构设计,无密封泄漏问题,使用维护方便,且寿命较长。冲压加工中,如冲压汽车车盖、车门等,均需采用必要的缓冲装置。缓冲器在加工中要承受较大、周期性的冲击负荷。其性能直接影响产品的加工精度。若采用空气弹簧作为缓冲器,可降低加工成本并保证加工精度。物料传送中,料箱由振动器驱动以使物料混合均匀,或使物料流动以进入料箱中。振动会引起料箱支承部件疲劳乃至破坏,因此必须采用隔振装置。若使用空气弹簧则可提供较大的灵活性,调节弹簧的充气量就可适应不同的工作负荷和高度要求,而不会影响隔振效果。在造纸、纺织等行业中,纸张或布匹在卷绕过程中需要以较高的速度绕过很多传送辊,因此传送过程中需要恒定的张紧力,以免纸张或布匹松弛、扭曲或破裂。在这种情况下应用空心卷辊—空气弹簧组合结构,可提供恒定的张力。而且具有较强的承受冲击负荷的能力,保护传送装置和传送件不受损坏。空气弹簧非常适用于高压、小行程工况。

在粘接工艺中,采用空气弹簧可提供均匀的压力,保证粘接质量。张文华等分析了空气弹簧在钻井液振动筛上的使用性能,现场使用表明,空气弹簧比钢制压缩弹簧的缓冲效果好,使用寿命长,可提高设备效率和延长设备使用寿命。韩宝玲等将空气弹簧应用于自动旋盖封瓶机旋盖皮带调节装置中,改善并提高了封瓶机在高速封瓶时的稳定性,改善了封瓶质量。蒋华良等将空气弹簧应用于大型洗衣机上的隔振,提高了减振效果,降低了运行噪声。薛晓红等研制了一种结构简单且实用性好的空气弹簧,应用于振动试验设备中,取得了很好的隔振效果。

空气弹簧的性能优于一般隔振器,自问世以来,在防微振领域的应用等到很快发展,在发达国家已普遍采用,并有系列化产品供应。我国发展空气弹簧隔振技术起步早,但发展慢,到 80 年代初期,还没有技术成熟的防微振空气弹簧隔振装置。1982 年起,中国电子工程设计院与辽宁减振器厂合作研制防微隔振用空气弹簧隔振装置。到 1995 年,已开发出 JYKT 系列 8 个型号的产品,承载能力为 6~200kN,广泛用于冶金、机械、电子、光学、航天等领域的精密设备、仪器仪表隔振,取得良好效果。同时,哈尔滨工业大学研制的超精密加工机床空气弹簧隔振系统也取得了较好的隔振效果。青岛橡胶工业研究所研制成功的 $\Phi 113$ 空气弹簧广泛应用于精密仪器的隔震领域。

5 空气弹簧的发展趋势

5.1 我国轨道车辆用空气弹簧的发展

通过多年的努力和摸索,我国轨道车辆用空气弹簧的设计开发水平取得了巨大的突破,结构

设计日趋先进合理,种类也日益丰富,已广泛应用于铁路客车、地铁、轻轨和动车组上。今后,随着我国轨道车辆交通的不断发展,空气弹簧的研究和开发应注意以下几个方面的问题:(1)继续深入研究和开发适用于无摇枕客车转向架的空气弹簧,尤其是加强时速 300 km 及以上高速客车和高档次城轨车辆用空气弹簧的研究和开发。(2)提高空气弹簧的设计和理论计算水平,通过引进国际上流行的先进设计手段,利用现代非线性有限元理论提高分析计算的精度。(3)加强对建立空气弹簧精确动力学计算模型的深入研究,真实反映空气弹簧悬挂在车辆动力学计算中的作用,提高我国车辆动力学计算水平,充分发挥动力学计算在车辆设计中的指导作用。(4)进行空气弹簧主动控制系统的可行性研究,即由现有的高度阀机械控制系统向车载微机控制系统转变,提高控制的可靠性。(5)加强进口高档次轨道车辆用空气弹簧国产化研究,使之达到欧洲同类产品的标准要求,为整车国产化和国产车辆的制造提供可靠的产品保证。(6)提高空气弹簧的制造水平,降低制造成本,增强国产空气弹簧的市场竞争力。

5.2 汽车用空气弹簧的发展趋势

随着我国高速公路的迅速发展,运输量的增加,要求汽车具有更好的操纵稳定性、平顺性、安全性,空气弹簧必将得到广泛应用。另外,随着对重型载货汽车对路面破坏机理的研究和认识进一步加深,以及政府对高速公路养护的重视,空气弹簧在重型车市场的应用也将进一步增加。同时,汽车控制系统的智能化程度越来越高,电控式空气弹簧将成为未来发展的必然趋势。

参考文献:略

《国内外橡胶制品配方手册》优惠销售

为满足广大技术人员的需要,我站特举办《国内外橡胶制品配方手册》优惠销售活动,每套原价 300 元,现优惠价 200 元(含邮费)。欢迎广大业内人士踊跃订购!

银行汇款请汇至北京橡胶工业研究设计院科研部,开户行:北京市工行永定路支行,帐号:02000049090033009-53(配方手册)。

邮局汇款请汇至全国橡胶工业信息总站,详细地址:北京市海淀区阜石路甲 19 号 北京橡胶工业研究设计院内,邮编:100039。

联系人:杨 静

电话:(010)51338150

传真:(010)68164371

全国橡胶工业信息总站