

推动氧气呼吸机系统解析及创新的“给氧支持”

于辉

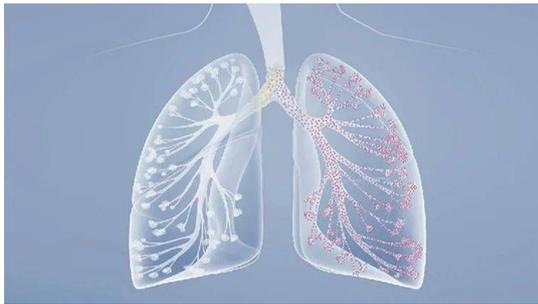
(深圳市宗泰电机有限公司 广东深圳 518000)

摘要:本文阐述了 zanty 新研发的无磁滞电磁比例阀的实验数据和理论,证明了其可以替代氧气呼吸机内的进口比例阀。无磁滞比例阀的线性特性有助于简化氧气呼吸机控制系统的设计、生产和算法难度、降低成本及促进氧气呼吸机的普及。此外,通过解析和建立呼吸机的实物模型,我们解决了关于呼吸机的技术难题。本文还提出了“给氧支持”的概念,强调了呼吸健康不仅是重症病人所需,也是基础病、防疫、社康等领域的重要需求。各种规格的氧气呼吸机具有巨大的市场潜力,可以带动产业发展和竞争,提升全民医疗、防疫和健康的水平。
关键词: 氧气呼吸机; 电磁比例阀; 无磁滞电磁比例阀; 输出特性曲线; 磁滞干扰; 氧气流量控制器; 给氧支持; 健康呼吸

前言

新冠病毒疫情初期,原有的医院系统被突破,急需的氧气呼吸机成为最紧急的辅助治疗设备。之前被忽视的昂贵的医院给氧支持设备引起了国家和行业的关注。其中核心零部件之一,氧气电磁比例阀的研究和开发工作也是从疫情开始。目前,深圳市宗泰电机有限公司开发成功的无磁滞电磁比例阀,不仅可以实现标准化生产,降低呼吸机的制造成本,同时可以重新评估给氧支持的广义市场和产品开发需求的趋势。这将有助于接轨未来全民医疗、全民防疫和全民健康的更大的氧气呼吸机的市场需求。

一、“给氧支持”将拓展医疗氧气呼吸机的应用市场



1.1 水是生命之源, 氧气是生命之门

氧气是生命存在的基础,它是所有活体生物必需的呼吸气体,没有氧气,所有生物都无法生存。在生物学上,氧气在呼吸过程中与食物中的营养物质发生化学反应,以产生能量。这个过程被称为细胞呼吸,是生物体维持生命所必需的。没有氧气,细胞无法进行呼吸,能量供应就会中断,导致细胞死亡和生命的终止。因此,氧气不仅是生命的门户,还是生命维持和延续的关键。

1.2 呼吸健康概念的提出

联合国卫生组织(WHO)提出了关于呼吸健康的重要性,并提倡健康的呼吸方式和呼吸系统疾病的预防和治疗。WHO 强调了保持空气清洁和减少空气污染的重要性,因为空气质量对呼吸系统健康有着直接影响。他们还提出了减少吸烟、预防肺部感染和提高呼吸系统健康意识的各种措施。

WHO 还倡导采取行动来预防和治疗呼吸系统疾病,包括哮喘、慢性阻塞性肺病(COPD)、肺结核、肺癌等。他们提倡加强全球范围内的呼吸系统疾病监测和研究,以便更好地了解 and 应对这些疾病。

1.3 传统给氧支持的概念

给氧支持是一种常见的医疗手段,用于治疗各种呼吸系统疾病以及在其他医学情况下需要增加氧气浓度的情况。对于那些患有呼吸困难、低氧血症或其他呼吸系统问题的患者来说,给氧支持是非常重要的。这种治疗方法可以帮助患者恢复呼吸功能,维持身体的氧气供应,从而对呼吸系统疾病进行有效治疗。

所以,提供给氧支持对于那些有呼吸问题或呼吸系统疾病的患者来说是非常有意义的。但是对于普通的基础病患者很难得到较好

的给氧支持,原因就是设备价格太高无法普及。

1.4 广义给氧支持的讨论

1.4.1 已知条件下的给氧支持

在人的一生中,通常情况下不会需要长期的氧气支持,但是有些特定情况下,人们可能会需要临时或短期的氧气支持,例如:

- a. 在高海拔地区: 当人们前往高海拔地区时,由于氧气稀薄,可能会导致高原反应,这时需要暂时提供氧气支持。
- b. 在进行手术或接受麻醉过程中: 手术过程中有时需要氧气支持,以维持患者的呼吸功能。
- c. 在遭受严重外伤、中毒或突发心脏或呼吸系统疾病时: 这些情况下可能会导致呼吸困难或低氧血症,需要紧急氧气支持。

1.4.2 多视角关注给氧支持

特殊环境和突发事件需要“给氧支持”已确定。然而,对于人生慢变量中的“缺氧支持”,例如“疲劳”、“防疫”、“亚健康”和“衰老”这些状态,从疾病治疗的角度来看,通常无法得到长期的氧气支持。但从老年、健康、辅助治疗和康复的角度来看,中等氧气浓度含量(30%-50%)的“给氧支持”显得尤为重要。

例如,在疲劳的情况下,充足的氧气可以帮助恢复身体的精力和活力。在预防疾病方面,维持良好的氧气摄取也对免疫系统的健康和预防疾病具有重要作用。对于康复和衰老而言,足够的氧气供应可以帮助恢复受损的组织和促进身体的健康。

给氧支持可以被视为一种促进健康和康复的手段,对于预防疾病、康复和促进身体健康都是非常重要的。这种观点对于提升人们对健康和康复的认识和重视具有积极意义。

人体衰老是一个复杂的过程,涉及多个系统和器官的功能逐渐减退。关于氧气在衰老过程中的角色,有一些研究表明随着年龄的增长,人体对氧气的利用效率可能会降低,这可能与肺部功能随着年龄增长而下降有关。

肺部是人体吸收氧气的关键器官,衰老可能会导致肺功能下降,包括肺泡表面积减少和肺活量减小,这可能会影响人体对氧气的吸收。此外,随着年龄的增长,血液中的红细胞数量也可能减少,这可能会导致氧气输送到身体各部位的效率下降。

然而,人体免疫力的降低不仅是由于氧的摄入减少,还受到多种因素的影响,包括免疫细胞的功能下降、炎症反应增加等多种因素。因此,衰老对免疫力的影响是个复杂的问题,不仅仅取决于氧气的摄入。

1.5 广义给氧支持防疫是国防需求

1.5.1 给氧支持在新冠疫情中发挥的作用

给氧支持在应对疫情中发挥着至关重要的作用,特别是在在面对呼吸道疾病,如 COVID-19 这样的流行病毒时,许多患者因为呼吸困难而需要氧气治疗。在这种情况下,提前在家庭、社区、医疗机构以及长者护理机构等地方进行给氧支持的准备工作,对于有效地控制疫情和解决医疗和社会资源是非常重要的。这种预防性的布局可以帮助提供急需的支持,在疫情期间为患者提供必要的护理和治疗。

在高峰期和医疗资源紧张时,给氧支持的提前准备也有助于减轻医疗系统的压力,帮助确保每位患者都能得到所需的治疗。提前进行给氧支持的布局 and 准备,确实可以在控制疫情和解决医疗和社会资源方面发挥重要作用。

1.5.2 疫情防御体现国防力量

疫情可能由多种因素引发,包括自然原因、人为因素,甚至是政治和战争手段。在这种情况下,确保国家具备全面的应对疫情的能力和资源,可被视为一项长期的国防需求。

国家在面对疫情时,必须采取全面的防疫措施,包括加强传染病监测、建立医疗物资储备、提高医疗救治能力、加强国际合作等。这些措施以及应对疫情的能力,与国家的国防能力有着密切的联系。

在应对疫情的过程中,国家已经制定长期的国家防疫战略,并将其纳入国家的整体国防规划和长期战略之中。这种长期的国家防疫战略,可以确保国家在面临未来可能出现的各种疫情挑战时,都具备足够的准备和能力。

其中,给氧支持设施,比如氧气呼吸机,确实在社区和家庭中具有防疫功能。这样的设施可以用来帮助那些因疾病或其他健康问题而需要额外氧气支持的个人,比如患有严重肺部疾病或其他呼吸系统问题的患者。然而,在疫情期间,这种设施也可以用来治疗那些因感染所引起的呼吸系统问题,例如 COVID-19 等病毒感染引起的呼吸困难。

二、氧气呼吸机的市场需求及意义

氧气呼吸机通常配置在重症监护病房(ICU)中,因为这些设备通常需要专业的监控和维护,而且使用它们需要有专业的知识和技能。此外,氧气呼吸机通常十分昂贵,使得将其配置到每个病床或社区、家庭成本过高。然而,在疫情期间,随着呼吸系统相关疾病的增多,有些国家也在积极采取措施,提供更多的氧气呼吸机以满足恶化病情的患者需求。

对于社区和家庭,一些便携式氧气装置和氧气供应设备,比如氧气瓶、便携式氧气浓缩器等,更适合于简单的氧疗需求。这些设备可以更灵活地满足一些患者的基本氧气需求。此外,一些患者也可以通过定期的门诊或家庭护理来获取氧气治疗。

2.1 统计比较

根据全球主要国家的数据统计比较,每 10 万人拥有的 ICU 氧气呼吸机台数如下:

- 美国:根据一些统计数据,美国每 10 万人拥有的 ICU 氧气呼吸机数量大约在 30-35 台左右。

- 日本:日本的统计数据显示,每 10 万人拥有的 ICU 氧气呼吸机数量约为 10-15 台之间。

- 中国:中国的数据显示,每 10 万人拥有的 ICU 氧气呼吸机数量大约在 3-5 台之间。

这些数据都是根据最近的一些统计和研究数据得出的,但具体数字可能会因为统计时间和数据来源的不同而有所差异。总体来说,美国的 ICU 氧气呼吸机设备数量普遍较高,中国相对来说数量较少。

如果中国三甲医院病床都配套氧气呼吸机预算估计,中国三甲医院的呼吸科病床通常在每 10 万人中大约有 15 到 30 张,根据这个数字,如果每个呼吸科病床都配备氧气呼吸机,那么每 10 万人将配备 150 到 300 台氧气呼吸机。这是根据中国现有医院情况估算的大致数字,实际情况可能会有所不同。

如果中国三甲医院急诊病床都配套氧气呼吸机预算估计,中国三甲医院急诊病床一般在每 10 万人中大约有 30 到 50 张,同时根据国际标准,对于每张急诊病床需要至少两台氧气呼吸机作为配备。基于这个估算,每 10 万人需要配备 60 到 100 台氧气呼吸机。

如果中国三线城市以上的社康医疗站(健康服务中心)配备一台氧气呼吸机,我们可以通过简单的计算 10 万人需要配备多近一

万台。

如果加上县级医院、养老院和部分家庭病床需求,仅医疗系统氧气呼吸机有数百万台的市场潜在需求。

2.2 医院氧气呼吸机普及的关键瓶颈

根据上面的设定统计,仅三甲医院(没有包括社康、养老院和家庭)如此大的氧气呼吸机缺口,按目前市场价格去要计算是一笔巨大的投资,其主要原因就是现有氧气呼吸机的价格较高。

氧气呼吸机的价格在很大程度上取决于其性能、功能和品牌。通常情况下,氧气呼吸机的价格可能高达数千美元甚至更高。要使氧气呼吸机在医院、社区得到普及应用,价格必须大幅度的下降。

医疗器械的价格下降是一个综合性的问题,需要在技术创新、生产效率和监管要求之间寻找平衡。随着技术的发展和市场竞争的加剧,我们可能会看到更多的医疗设备价格降低,也使得这些设备更广泛地应用于医疗环境中。

2.3 带动市场对氧气呼吸机各种场景产品的需求和开发

人们对健康和医疗护理的关注日益增加,导致对氧疗的需求也在增加。一些慢性疾病患者、运动员和老年人等群体可能需要长期或定期进行氧疗。此外,在突发公共卫生事件或自然灾害中,氧气呼吸机是救治重症患者的重要设备之一。因此,随着氧气概念更广泛的推广,可能会催生对氧气呼吸机产品更多样化的需求。针对不同场景和需求,可能会开发不同类型的氧气呼吸机产品,包括便携式氧气呼吸机、家用氧气治疗设备以及专门用于特定疾病/情景的氧气呼吸机等。这种多样化的产品开发和需求可能会在一定程度上推动医疗设备和技术的创新。

除了氧气呼吸机的需求,还可能促进相关配套设备和服务的发展,如氧气供应系统、监测设备和数据分析技术等。这些体现了广义给氧支持概念和意义对医疗设备市场的积极影响。总体而言,给氧支持概念的推广可能促进了氧气呼吸机产品的多样化需求,同时也给医疗设备行业的发展带来了一定的启示。

更进一步,这种多样化需求可以激发新的创新和产品开发,从而扩大了医疗设备市场的规模。例如,为了满足不同类型患者的需求,制造商可能会开发不同型号和规格的氧气呼吸机,从而增加了市场的多样性。同时,数据分析技术可以帮助医生和病人更好地理解患者的病情和治疗效果,从而提高了医疗设备的整体质量和效率。

此外,给氧支持概念的推广也可能促进医疗设备行业的科技进步。随着新技术的不断涌现,制造商可能会将这些技术应用于新产品中,以提高产品的性能和用户体验。例如,可以将人工智能和大数据分析技术应用于氧气呼吸机中,以提高其智能化程度和精准度。这些进步不仅可以提高医疗设备的整体水平,也可以为患者提供更好的治疗服务。

2.4 带动技术创新及产业链转型升级

氧气呼吸机市场需求的增加可能会导致技术创新和成本降低,从而进入良性循环。

随着需求的增加,制造商将投入更多资源进行研发,开发更先进、高效的氧气呼吸机,使用最新的材料和技术设计更轻便、更便携的产品,提高设备的稳定性和安全性,改善治疗效果等。技术创新还可能涉及数据分析、远程监控和智能化技术的引入,提高使用便捷性和治疗效果。同时,技术进步将提高生产效率,降低原材料成本和生产成本,导致氧气呼吸机生产成本的降低。此外,随着供应链的改进和规模效应的提升,生产成本也可能会进一步降低。最终,这些技术创新和生产成本的降低可能会导致氧气呼吸机的价格下降,使更多的医疗机构、个人和家庭能够承担得起这种设备。价格下降可能会进一步刺激市场需求,形成一个良性循环。因此,市场需求的增加可能会促进氧气呼吸机行业技术和成本的改善,从而更广泛地应用于医疗和护理领域。

2.5 意义

氧气呼吸机是一种医疗设备，通过为病患提供呼吸支持来帮助维持或改善其呼吸功能。了解和解析氧气呼吸机的原理不仅对医学科研和实践具有重大的科学意义，而且对于社会全民医疗、全民防疫以及促进市场经济效益具有重大意义。

三、还原和解析氧气呼吸机的原理和机制

3.1 了解呼吸生理学

氧气呼吸机的原理涉及到人体呼吸系统的生理学原理。通过深入研究呼吸机的工作原理，可以更好地理解人体呼吸功能的机理，包括肺部气体交换、呼吸频率和容量等。这对于医生和医护人员来说是至关重要的，因为他们需要根据病患的具体情况来调节呼吸机的参数，以最大程度地满足患者的生理需求。

3.2 提高治疗效果

深入了解氧气呼吸机的原理可以有助于优化和改进设备，提高呼吸支持治疗的效果，使得患者能够获得更有效的治疗。科学意义在于通过研究和分析氧气呼吸机的原理，不断改进设备的性能和功能，以确保患者得到最佳的呼吸治疗。

3.3 技术创新和应用

对氧气呼吸机原理的科学解析与研究，可能会为相关技术创新和应用提供有益的启示。这可能包括新材料、智能控制系统、数据分析技术等的应用，这些创新有助于提高呼吸机的性能并促进医疗设备领域的发展。

3.4 破局国外企业长久垄断，促进国内产业链多元化发展

巨大体量的呼吸机市场需求吸引巨额资本投资。市场竞争和逐渐形成大规模生产会快速降低呼吸机成本，满足给氧支持市场的需求。

3.5 氧气呼吸机原理的系统模型

氧气呼吸机系统通常由这四个主要模块组成，每个模块都扮演着重要的角色：

制氧/氧源模块：这个模块负责制造或提供氧气。它可以包括氧气压缩机、氧气罐、分离机，或者负责将空气中的氧气进行浓缩的装置。

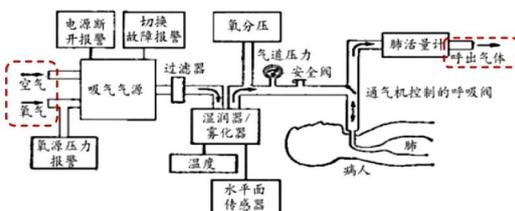
混氧模块：在一些情况下，需要根据患者的需求调节提供的氧气浓度。这个模块负责混合并调节氧气的浓度，以满足患者的需求。

呼吸端模块：这包括了与患者呼吸道相连接的一系列设备，例如面罩、导管、氧气管路等。它们用来将氧气输送到患者的呼吸道系统中。

数据处理模块：这个模块通常是一种智能控制系统，用来监控和调节氧气的流量和浓度，以确保符合患者的需求。它还可以记录重要的治疗数据，并监控设备的状态以确保安全和有效性。

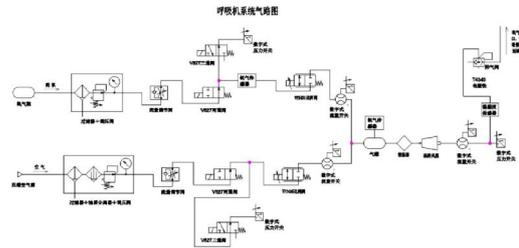
这些模块的协同操作确保了氧气呼吸机能够有效地为患者提供所需的氧气支持。

3.6 还原氧气呼吸机的原理模型



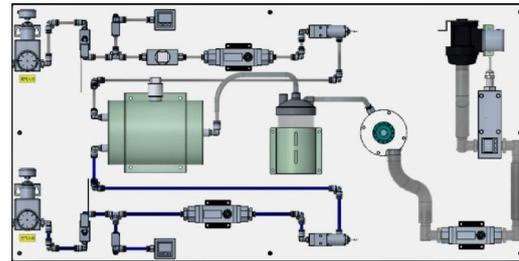
(图一、氧气呼吸机示意原理)

根据图一建立流体控制模型：



(图二、流体系统原理图)

根据图二原理图，需要搭建出实体系统模型，以便于实验获取第一手的数据和资料。



(图三、场景模型布局图)



(图四、实物系统实验模型)

实物实验模型较全面的展示了混氧和部分呼吸端的内容。

图四中左上部是纯氧气流量控制子系统，左下部分是空气流量控制子系统，两个子系统通过容器混合指定比例氧气。右半部分是呼吸端的流体控制系统动力部分，呼吸端剩余部分是与人体呼吸建立换气转换控制。

市场上每个厂家出于成本和体积等因素的考虑，在回路结构上的设计有所不同，但原理都是涵盖在上述系统的模型中。

这三个子系统从内部元件到控制算法，却长期困扰着国内氧气呼吸机的研发和制造。

通过参观国内和国外医疗器件展，几乎看不到任何一家展示氧气流量控制器或控制系统解决方案的公司。这里除了技术封锁之外，其中调节阀的非线性特性不可替代也是关键因素之一。

四、核心零件氧气电磁比例阀的问题及创新

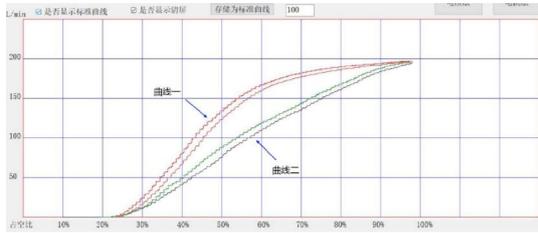
4.1 电磁比例阀在氧气呼吸机中的作用

氧气呼吸机通过控制氧气的流量和浓度来提供呼吸支持，而电磁比例阀则用于精确地控制氧气的流量。

具体来说，电磁比例阀可以根据程序控制和传感器的反馈，调整氧气的流量，以确保呼吸机向患者提供正确的氧气浓度。这样可以确保患者得到适当的氧气供应，特别是对于需要长期呼吸支持的患者来说至关重要。

通过精确地调节氧气的供应量，电磁比例阀使得氧气呼吸机能够提供高度个性化的治疗，满足不同患者的需求。这对重症监护患者和需要长期氧疗的患者来说尤为重要。

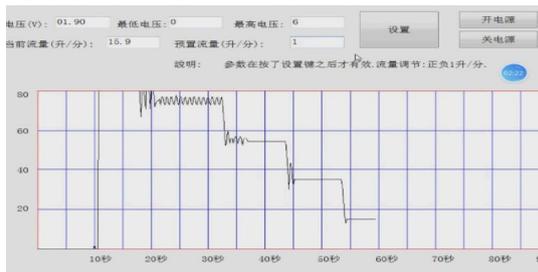
4.2 比例阀输出特性曲线比较分析



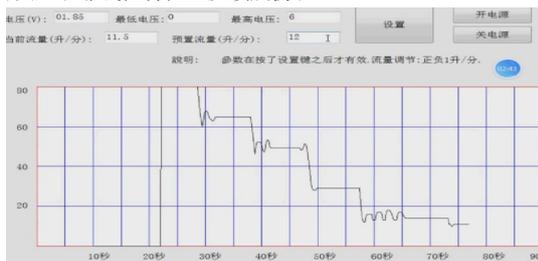
(图五、两种比例阀输出特性曲线)

在图五中纵坐标是气体流量，横坐标是 pwm 占空比的控制电压输入。两种曲线代表两种比例阀产品的输出特性曲线，曲线一较为弯曲，属于非线性输出特性函数，数学表达为一元多次方程（三次以上方程），曲线二接近直线，数学表达为接近一元一次方程。

两种特性曲线在控制测试中有明显差异，磁滞干扰是一种发散性系统干扰，出现正反馈频率共振，严重时破坏控制系统的调节能力，这也是长期以来流体控制系统发展的一大瓶颈。



(图六、非线性特性正反馈震荡)



(图七、线性特性负反馈稳定)

磁滞干扰是造成比例阀输出非线性的主要因素，也可以成为磁滞非线性，可以通过引入磁滞回线模型进行描述，最常用的是 Jiles-Atterton 模型。这个模型是一个非线性偏微分方程，所以需要更高阶的导数。

4.3 zanty 的解决方案及诠释

4.3.1 数学模型分析

电磁比例阀的输出特性曲线通常可以表示为一个非线性函数，这个函数可能涉及到磁滞效应。然而，具体的数学表达式会取决于许多因素，包括阀门的设计、工作条件等。因此，没有一个通用的数学表达式可以用来描述含有磁滞干扰的电磁比例阀的输出特性曲线。

在一般情况下，我们可能会使用高阶微分方程来描述这种非线性行为。但是，具体的微分方程会取决于具体的物理模型和边界条件。例如，如果我们考虑一个简单的模型，其中阀门的输出是输入电压的二次函数，并且受到磁滞效应的影响，那么可能的微分方程可能是这样的：

$$d^2y/dt^2 = -k*y^3 + u*y^2 - ky*y + b*u + c*(y_{prev} - y)$$

其中，y 是阀门的输出，u 是输入电压，y_{prev} 是上一时刻的输出，k、b 和 c 是常数。这个微分方程是一个二阶微分方程，属于高阶微分方程的一种。

显然，磁滞干扰的比例阀的线圈电流和流量之间的关系是非线性的。这是由于磁滞效应引起的磁感应强度与磁场强度之间的非线性关系。

在比例电阀中，线圈电流是通过控制电压来调节的。然而，由于磁滞效应，线圈电流与磁感应强度之间的关系是非线性的。因此，当改变线圈电流时，磁感应强度并不是简单地按线性关系进行变化。

zanty 开发的非磁滞比例电阀，是一种特殊的电磁阀，其工作原理基于电流与阀门流量之间的线性关系，不受磁滞效应的影响。这种电磁阀在控制流体的流量时具有良好的响应性能和精确度。

无磁滞比例电阀的工作原理如下：

当通过线圈的电流增加时，线圈内产生的磁场强度也随之增加。这个磁场与阀芯相互作用，产生一个恢复力，使阀芯移动。阀芯的移动进一步调整了流体的通路，从而改变了阀门的流量。

无磁滞比例电阀的微分方程来描述电流和流量之间的关系。具体的微分方程形式将取决于电磁阀的物理特性以及控制系统的参数。

假设电磁阀的电流控制输入为 i(t)，阀门的流量响应为 q(t)，可以用以下微分方程来描述它们之间的关系：

$$C(dq/dt) + \mu q = ki(t)$$

其中，C 是电磁阀的流量响应系数，表示单位时间内流量变化的快慢；μ 是阀门的阻尼系数，代表流体对阀门运动的阻力；k 是电流-流量的比例系数，表示电流对流量的影响程度。dq/dt 表示流量随时间的变化率，表示流速。

上述微分方程描述了电磁阀的动态响应过程。通过对该微分方程进行数学求解或者利用控制理论中的方法，可以对电磁阀的电流和流量进行分析和控制，以实现所需的线性比例性能。（见图五中的线性特性曲线）

4.3.2 pwm 信号控制结果比较分析

磁滞是指材料在磁场中发生的非线性磁化现象（见图六的非线性特性曲线），尤其是在 pwm 控制时，高频信号与磁滞频率会出现不确定的正反馈震荡，直接影响到控制系统稳定性。

a.通过采用无磁滞比例电磁阀，消除磁滞干扰因素，使得电流与流量的关系更加线性，简化了控制系统的传递函数，降低了技术难度。

b.通过图五进行比较，无磁滞比例阀的线性可调整范围提升了 25%以上，这对于流体控制的应用提供了很多便利，尤其是大流量的控制系统提供了理论支持。

c.无磁滞比例电磁阀作为降阶控制的方案，通过简化控制系统的传递函数，采用时域分析简化了控制算法。

d.线性输出特性的比例阀，在替换到非线性特性比例阀的实验中，稳定性和精度都不影响，可调节范围增加，但是响应时间会略有增加，在压力波动不大的情况下替代使用可行性较高。

e.无磁滞比例电磁阀制造标准化可大幅度降低市场应用成本。磁滞效应比例阀输出特性的不确定性较大，产品的一致性受到较大的影响，尤其是调试和测量方面，效率低下更是一个瓶颈。

由于无磁滞比例电磁阀的线性特性输出稳定，所以，设计、工艺和测量的基准标准化的一致性是可控制的。通过提前排除非确定的障碍，使生产过程更流畅、测量逻辑更清晰、生产效率大幅度提升，并为市场应用导入了标准化，从而大幅降低了生产成本。

五、结束语

给氧支持概念的推出是对联合国卫生组织提出的健康呼吸概念的延伸。在人的一生中，不仅在重症治疗中需要得到给氧支持，在日常生活、公共支援和备用防疫等方面也需要给氧支持。此外，我们研发出来的无磁滞电磁比例阀，不仅可以替代和迭代进口产品，而且还能够预期到未来不同场景和条件下的市场需求。因此，推出广义给氧支持的概念宣传和开发出可以迭代国外产品的无磁滞电磁比例阀都是这个时代的创新。

作者简介：于辉（1956 年 4 月），男，汉族，祖籍山东，大专，电气自动化专业，总经理，研究方向：电磁动力源自动控制解决方案及技术支持的元件和系统制造