

柴油机试验过程中影响NO_x排放的因素分析

马常通

大连中车柴油机有限公司 辽宁 大连 116052

摘要: 在柴油机试验过程中, NO_x排放受到多种因素的影响。本文分析了这些影响因素, 包括燃油性质、发动机操作参数、润滑油性能以及发动机结构等。同时, 本文还讨论了这些因素如何通过影响燃烧过程、燃油喷射和排放后处理系统等途径来影响NO_x排放。

关键词: 柴油机; NO_x; WHTC; 试验

1 柴油机的重要性

柴油机作为一种常见的内燃机, 具有重要的应用价值。它在工业、交通运输、农业等领域中广泛使用, 为社会经济的发展提供了重要的动力支持。柴油机具有功率大、燃烧效率高、使用寿命长等优点, 使其成为各行各业不可或缺的能源转换装置。首先, 柴油机在工业生产中扮演着重要的角色。无论是能源生产、建筑施工还是制造业, 都需要柴油机提供稳定可靠的动力。例如, 发电站中的发电柴油机可以为大规模的建筑、工厂提供电力供应; 在石化行业中, 柴油机被用于驱动泵和压缩机, 实现各种生产流程; 在矿山和建筑工地, 柴油机则用于驱动各种大型机械设备。可以说, 没有柴油机的支持, 工业生产将无法进行。其次, 柴油机在交通运输领域发挥着重要作用。无论是陆地交通还是水上交通, 柴油机都是主要的动力源之一。柴油机驱动的重型卡车和客车在货运和公共交通中扮演着重要的角色, 为人们的出行提供了便利。同时, 柴油机也被广泛应用于船舶、铁路和船用设备中。其高效率、稳定性和长寿命的优点, 使得柴油机成为铁路运输的首选动力^[1]。

2 柴油机 NO_x 排放的基本原理

2.1 柴油机NO_x排放的生成路径

柴油机作为一种重要的动力装置, 在工业生产和交通运输中起着不可替代的作用。柴油机通过燃烧柴油燃料产生热能, 将热能转化为机械能, 驱动各种设备和汽车。与此同时, 柴油机的使用也会产生一些有害气体排放, 其中包括氮氧化物(NO_x)。NO_x是指一组氮氧化物, 包括二氧化氮(NO₂)和一氧化氮(NO)。它们在柴油机的燃烧过程中主要是由氧气和氮气在高温条件下进行反应产生的。NO_x排放是空气污染的重要来源之一, 也对人体健康和环境造成潜在危害。柴油机NO_x排放的生成路径主要包括三个阶段: 燃烧室内NO形成、NO与膨胀冷却空气混合生成NO₂、以及NO₂再与氧气反

应生成NO_x。首先, 在柴油机燃烧过程中, 燃料中的氮元素与燃烧空气中的氧气反应形成一氧化氮(NO)。其次, 在排气管中, NO与膨胀冷却空气混合生成二氧化氮(NO₂)。最后, NO₂与燃烧空气中的氧气再次反应, 生成更多的NO_x。这个过程中, 燃烧室温度、燃油喷射、空气过量系数等参数都会对NO_x生成产生影响。为了降低柴油机的NO_x排放, 在设计制造柴油机时可以采取一系列措施^[2]。首先, 可以通过优化燃烧室结构和增加预混合时间, 减少燃料和空气之间的接触时间, 从而降低NO的生成。其次, 可以采用高压共轨喷油系统和先进的燃油喷射制策略, 确保燃油的均匀雾化和充分燃烧, 减少NO_x的生成。还可以利用尿素选择性催化还原(SCR)技术来降低NO_x排放。这一技术通过在排气系统中注入尿素水溶液, 使其与排出的废气中的NO_x发生反应, 将其转化为无害的氮气和水。这种方法需要在柴油机中引入额外的尿素储存和喷射系统。

2.2 柴油机NO_x排放的主要成分

柴油机NO_x排放主要由氮气和氧气的化学反应生成。柴油机燃烧过程中, 燃料和空气在高温高压环境下发生完全燃烧, 产生大量的热能和压力。在这个过程中, 氮气和氧气会发生氧化反应, 形成一系列的氮氧化物(NO_x)。NO_x主要包括一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO₂)。一氧化氮是燃料中的氮气和氧气在高温下直接反应生成的物。而二氧化氮则是由一氧化氮在氧气的存在下进一步氧化而成。柴油机NO_x排放的主要成分是一氧化氮和二氧化氮, 这两种氮氧化物对环境和人体健康都具有一定的危害。它们可以与空气中的其他污染物反应, 形成臭氧、酸雨等二次污染物, 对大气质量和生态环境造成影响。同时, NO_x也是形成细颗粒物和光化学烟雾的重要前体物质。对人体健康影响最直接的二氧化氮, 它对呼吸系统和心血管系统有刺激作用, 长期暴露可能引起哮喘、慢性阻塞性肺病等呼吸系统疾病^[3]。

2.3 柴油机的基本结构和工作原理

机车用柴油机是现代铁路运输的重要组成部分，其动力输出对于列车的运行速度、行驶距离以及运输效率产生直接影响。然而，柴油机在运行过程中，会排放出大量的污染物，例如NO_x，严重危害着环境和人类健康。为了减少NO_x的排放，各国政府和铁路运输企业纷纷采取措施进行限制和控制。本文将围绕机车用柴油机，介绍NO_x排放的基本概念、试验设计以及影响因素等方面的内容。柴油机中的NO_x排放主要是指一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO₂）等氮氧化物。这些物质的产生主要源于柴油机内的燃烧过程，当空气中的氮气在高温高压下与氧气发生反应时，便会产生NO_x。在试验过程中，我们对不同型号、不同工况下的柴油机进行测试，通过收集和分析排放气体，了解柴油机的NO_x排放情况。试验设计包括对转速、负荷、燃烧室结构、燃油喷射时间等因素进行全面考虑，以保证试验数据的可靠性和准确性。在众多的影响因素中，发动机转速和负荷对NO_x排放的影响最为显著。当发动机转速升高时，缸内燃烧温度和压力也会随之增加，从而导致NO_x排放增加；而当发动机负荷增加时，缸内燃烧过程更加复杂，因此也会导致NO_x排放增加。此外，燃烧室结构和燃油喷射时间对NO_x排放也有一定影响。

3 试验过程中影响 NO_x 排放的因素

3.1 试验循环设计

在试验过程中，有许多因素会影响柴油机的NO_x排放。其中，燃烧温度、氧气浓度和氮氧化物还原反应等因素是最主要的。首先，燃烧温度是影响NO_x排放的重要因素之一。高温下，空气中的N₂和O₂更容易发生反应生成NO_x。此外，燃烧温度也会影响燃料在燃烧室内的蒸发和混合程度，进而影响NO_x的生成量。其次，氧气浓度也是影响NO_x排放的因素之一。高氧气浓度会加速NO_x的生成反应，因此增加氧气浓度会导致NO_x排放增加。最后，氮氧化物还原反应也是影响NO_x排放的因素之一^[4]。在高温下，生成的NO_x可能会与尚未燃烧的N₂发生反应，形成N₂O或NH₃等还原性产物，从而降低NO_x的排放。在试验循环设计方面，通常包括稳态试验和动态试验。稳态试验是指发动机在恒定转速和负载下进行试验，以研究不同因素对NO_x排放的影响。而动态试验则是通过改变发动机的转速和负载等条件，来研究发动机在实际情况下的NO_x排放。在稳态试验中，通常需要控制发动机的转速、负载、供油量、点火定时等参数，并监测NO_x的排放量。通过改变这些参数，可以研究不同因素对NO_x排放的影响。在动态试验中，通常需要模拟发动机在实

际行驶中的不同工况，如加速、减速、爬坡、下坡等。通过这些不同的工况，可以研究发动机在实际运行中的NO_x排放情况，以及不同因素对NO_x排放的影响。

3.2 燃油特性

燃油特性对柴油机NO_x排放具有重要影响。燃油中的氮含量、硫含量、十六烷值等都是影响NO_x排放的重要因素。燃油中的氮化物在燃烧过程中会形成氮氧化物（NO_x），因此氮含量越高，NO_x排放量也会相应增加。硫燃烧产生的二氧化硫对生成器后燃也有所牵制，使得壁温增高时排气残余的氧量也增加，从而增加了NO_x的生成量。十六烷值表示燃油的十六烷含量，十六烷是一种直链烃，易于燃烧，可以显著降低柴油机的碳烟排放。但是，随着十六烷值的增加，柴油机的NO_x排放也会增加。除此之外，燃油的蒸发性、密度、粘度、预混特性、喷油速率等也是影响柴油机NO_x排放的因素之一。这些因素会直接影响燃油的燃烧过程和燃烧温度，从而影响NO_x的生成量。在试验过程中，为了研究燃油特性对柴油机NO_x排放的影响，需要对不同型号和品牌的燃油进行试验。通过比较不同燃油的NO_x排放数据，可以得出不同燃油特性对NO_x排放的影响。同时，通过对不同试验数据进行对比分析，还可以得出各种影响因素之间的关系和作用机制，为有效控制柴油机NO_x排放提供参考^[5]。

3.3 油耗和烟度排放的影响

在试验过程中，除了上述提及的因素会影响NO_x排放外，油耗和烟度排放也会对其产生影响。首先，油耗对柴油机的NO_x排放具有一定的影响。一般来说，随着油耗的增加，燃烧过程中产生的热量也会增加，进而导致缸内温度和压力升高。这会促进NO_x的生成反应，使NO_x排放增加。烟度排放是另一个影响柴油机NO_x排放的因素。烟度排放主要是指燃烧过程中产生的未燃尽碳氢化合物、固体颗粒物等物质。如果柴油机烟度排放过高，说明燃烧过程不完全，这会导致缸内温度和压力降低。由于温度降低，NO_x的生成反应受到抑制，所以NO_x排放会减少。但是，如果烟度排放过多，燃烧室内的燃烧恶化，甚至会熄火，这会使得柴油机经济性、动力性和排放性能下降。在试验过程中，通过对不同油耗和烟度排放条件下的柴油机进行测试，可以得出它们对NO_x排放的影响。例如，增加油耗时，可以通过调整供油量和点火定时等参数来控制NO_x排放；降低烟度排放时，可以通过优化燃油喷射和压缩比等参数来减少排放。

4 NO_x 排放控制策略及技术应用

4.1 燃油改质和添加剂的使用

NO_x排放控制策略及技术应用在柴油机领域具有重要意义。其中,燃油改质和添加剂的使用是两种极具潜力的方法。燃油改质是指通过改变燃油的组成和性质来达到降低NO_x排放的目的。这可以包括将燃油中的氮化物转化为不易生成NO_x的形态,减少燃油中的硫含量,以及改变燃油的十六烷值等。通过调整燃油的组成和性质,可以在保证柴油机性能的同时,有效降低NO_x的排放量。添加剂的使用是一种经济、有效的NO_x排放控制策略。一些添加剂可以与燃油中的硫化物、氮化物等反应,生成不易生成NO_x的物质。另外,还可以使用具有促进氧化作用的添加剂,以减小局部富氧的燃烧条件,进而降低缸内峰值温度和压力,从而有效控制NO_x的排放量^[1]。

4.2 发动机控制策略

NO_x排放控制策略及技术应用在发动机领域至关重要。其中,发动机控制策略是影响柴油机NO_x排放的关键因素之一。以下是一些主要的发动机控制策略及其对NO_x排放的影响。通过控制燃油喷射的时间、数量和喷雾形状,可以优化燃油与空气的混合程度,使柴油机在燃烧过程中减少NO_x的生成。合理匹配增压器和中冷器的性能参数,可以提高进气压力和温度控制精度,进一步优化燃烧过程,降低NO_x排放。通过降低柴油机的压缩比,可以降低缸内燃烧温度和压力,从而减少NO_x的生成。通过控制进气门的开闭时刻,可以优化缸内气流运动,改善燃油与空气的混合效果,从而降低NO_x排放。采用多次喷射技术,可以减少燃油在高温高压条件下的停留时间,进而降低NO_x的生成。通过引入部分废气与新鲜空气混合,可以降低缸内燃烧温度和压力,从而减少NO_x的生成。在试验过程中,采用上述发动机控制策略,结合先进的测试设备和技术,可以得出不同策略对柴油机NO_x排放的影响。

4.3 NO_x排放实时监测和反馈控制技术

NO_x排放控制策略及技术应用在发动机领域中具有重要意义,其中NO_x排放实时监测和反馈控制技术是实

现有效控制的关键之一。NO_x排放实时监测技术通过在发动机排气口或尾气排放区域安装传感器或检测仪器,实时监测NO_x的排放浓度和变化趋势。这种监测技术能够提供关于发动机燃烧状况、排放性能以及尾气处理系统效果的大量信息。通过这些信息,操作者可以及时调整发动机的工作参数,如供油量、点火定时等,以优化燃烧过程并降低NO_x排放。反馈控制技术是另一种重要的NO_x排放控制策略。它通过将实时的NO_x排放监测数据与预设的排放标准进行比较,产生误差信号,然后利用这个信号来调整发动机的工作参数,实现闭环控制。这种技术可以显著提高排放控制的准确性和响应速度,从而降低NO_x的排放量^[2]。这些技术可以提供更加精确的控制策略,根据发动机的不同工作条件和负载,实时调整控制参数,优化NO_x排放控制。

结束语

柴油机试验过程中,NO_x排放的影响因素繁多且复杂。这些因素不仅包括燃油性质和发动机操作参数等直观的因素,也包括润滑油性能和发动机结构等相对隐蔽的因素。通过深入研究和理解这些影响因素及其作用机制,我们可以更好地掌控和优化柴油机的设计和操作,减少NO_x排放,为环境保护做出更大的贡献。同时,这也对我们的技术研发和柴油机行业的可持续发展具有重要意义。

参考文献

- [1]生态环境部,中国移动源环境管理年报[S],2021.
- [2]生态环境部,国家市场监督管理总局.GB17691—2018重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)[S].北京:中国环境出版社,2018.
- [3]贾传德,国六重型柴油机后处理技术路线分析[J].科技视界.2018(16).
- [4]罗明.柴油机尾气排放控制技术分析[J].中国新技术新产品,2019,(14):34.
- [5]史俊莉.浅析车用柴油机尾气排放控制技术[J].内江科技,2019,(06):62-63.