

汽车机械零件可靠性设计研究

Research on the Reliability Design of Automobile Mechanical Parts

高龙超

Longchao Gao

国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心 中国·北京 100160

State Intellectual Property Office Patent Office Patent Examination Cooperation Beijing Center, Beijing, 100160, China

摘要: 随着中国科技的飞速发展, 工业技术也取得了快速发展。然而, 与其他发达国家相比, 中国工业产品的可靠性仍然存在许多问题, 产品故障给用户带来了一定的损失。大部分的设备主要构成为发动机、机体、电气设备等组成。因此, 为了提高机械零件的可靠性设计, 论文对于可靠性设计方法进行研究。

Abstract: With the rapid development of science and technology in our country, industrial technology has also achieved rapid development. However, compared with other developed countries, there are still many problems in the reliability of industrial products in China, and the product failure has brought some losses to users. Most of the equipment is mainly composed of engine, body, electrical equipment and so on. Therefore, in order to improve the reliability of cars, it is necessary to improve the reliability design of mechanical parts.

关键词: 汽车; 机械零件; 设计; 可靠性

Keywords: automobile; mechanical parts; design; reliability

DOI: 10.12346/etr.v5i6.8211

1 引言

可靠性设计是现代工程构件的设计方法之一。当前, 这一方法在汽车、飞机和其他机械产品的重要部件生产中占据重要地位。传统的可靠性分析是根据工作人员的经验来评估, 但基于其有效性来看, 虽然能够确保数据测量的准确, 但这种方法具有很大的主观性, 无法保证数据的科学性。随着社会的快速发展, 传统的可靠性分析方法无法满足现代社会发展所需。汽车作为常见交通工具, 对汽车机械部件开展可靠性数据分析, 并广泛使用科学有效的机械部件可靠性测试方法, 可以大大提高中国的机械生产水平。

2 汽车机械零件可靠性设计的现状

基于可靠性分析概念来看, 基于相关设计概念或数学理论来进行机械零件分析, 并建立相应的数学模型。在分析过程中, 需要针对不同的数据、尺寸等计算公式, 以实现零件

的整体设计, 并获得附加设计数据的最优值。平衡和环保设计是在对大量产品进行称重后实现的可靠设计解决方案。

在汽车工业的机械设计中, 相关的可靠性设计理论逐渐完善。其中, 模糊性分析方法与随机性分析方法之间存在显著差异。例如, 模糊概率分析方法是通过对可靠值与失效概率的之间的差异, 从而对于机械零部件的可靠性进行评估。此外, 一些研究人员认为, 区间可靠性可以用来定义概率指标, 但他们发现, 即使设计变量增加, 优化目标也很难实现。因此, 在可靠性设计的理论分析中, 如果存在可能变量和不可能变量, 最好使用两者的混合模型, 这可以提高可靠性分析的精准性。当前有专家提出了混合可靠性模型, 其是一个比较完整的可靠性设计理论, 通过利用模糊、概率、非概率指标, 反映了更复杂的机械结构的安全状态。此外, 该模型能够收集机械零件的详细数据, 同时在数据库内储存收集到的信息, 可以为产品设计提供详细的数据参考, 并有助于产品设计^[1]。

【作者简介】高龙超(1989-), 女, 中国北京人, 本科, 中级知识产权师, 从事机械研究。

3 汽车机械零件传统设计方法与可靠性设计对比

3.1 传统设计方法——安全系数法

传统的机械零部件是基于安全系数法实现可靠性设计的,但这一方法应用在机械零件的应力值计算方面,采用的是经典的材料力学公式。因为界面应力分布不匀,或是改变截面时应力集中,或截面的表面粗糙度或残余应力的影响,以及零件的尺寸和其他因素,尚未反映在公式中,制造商在决定提高安全系数时,只能依靠施工经验来确保汽车工业中使用的机械部件设计的可靠性。安全系数也被定义为平均电阻和平均电压之间的比率,公式为:

$$K = \frac{\bar{X}_l}{\bar{X}_s}$$

其中, K 为安全系数, \bar{X}_s 为应力均值; \bar{X}_l 为强度均值。

其主要特征将尺寸、荷载、应力等因素作为常量,而安全系数大小则是由工作人员的经验确定。该方法比较简单、直观,并基于特定的设计过程。目前,在机械零件设计中依旧采用安全系数法,由于该方法是基于过去的设计经验,因此该方法的实际因素与实际工作条件之间具有差异。例如,机械零件常在外荷载具有随机性特点,不同零件生产尺寸在生产时可能具有一定差异,这不可避免地导致机器零件相对较薄或笨拙,这意味着机器零件的可靠性过高或过低都有可能。一般来说,安全系数更高,产品发生故障的风险更低。然而,这并不能防止基于正确策略的产品错误。相反,甚至会导致材料浪费、产品重量增加、产品性能降低等后果。所以,高精度机械零件不适合采用安全系数法。

3.2 可靠性设计方法——概率设计法

机械零件的可靠性设计是提高车辆安全系数的关键。机械零部件可靠性在设计阶段时,提供的可靠性水平与产品质量与汽车使用寿命具有直接关系。机械零件的可靠性设计是一种可靠性理论和分析方法。所以,汽车机械零件的可靠性设计是在传统设计方法基础上采用先进技术,使机械零件设计更加精确。并不代表需要放弃传统设计方法。概率设计法可以有效解决两个问题:基于设计的分析和计算,确定产品的可靠度值;根据任务所提出的可靠性指标确定机械部件的参数。

基于上述研究可以看出,只有强度大于应力,同时强度分布与应力分布距离较远时,结构设计才会更加安全可靠。这与可靠性的安全系数法具有本质上的差异,安全系数法的理想条件为在相同的尺寸、加工、应力状态条件下,获得零件工作应力、材料失效应力,但这种理想模型却难以实现。在外部载荷(热疲劳、腐蚀、应力疲劳)的影响下,材料的内部结构或晶体缺陷也会出现响应变化,强度下降,应力和能量分布出现干扰,从而导致失效。故障的概率主要是由强度与应力之间的干扰决定的,为了确保设计部件的可靠性,有必要满足部件可靠性的要求^[2]。

4 汽车机械零件可靠性设计分析

4.1 可靠性优化设计分析

通过机械零件的可靠性优化设计,提高总体设计方案的科学性、合理性,机械零件的参数也更加精确。但在可靠性优化设计中也存在一些问题。因为可靠性分析为数学计算方法,需要在完成机械零件的尺寸、外观设计之后进行,因为不提前掌握机械零件的尺寸和外观,会导致无法发挥出可靠性优化理论的作用。可靠性优化设计是根据可靠性分析理论开展的,对于各种零件设计进行科学规划,使其满足更多的应用需求。所以,汽车机械零件的可靠性优化设计是实现零件可靠性分析理论的前提。加强可靠性优化设计,对于提高汽车制造商的经济效益、提高汽车质量具有重要意义。

4.2 可靠性稳健设计分析

在生产过程中,可靠性稳健设计是控制产品质量的关键因素。在影响汽车机械零件质量的两大因素中,一种是可人为控制的变量因素。另一种是因为生产环境影响的产品质量因素,这些因素不能被人为控制,并且具有高度的随机性。可靠性稳健设计是指在设计时严格控制各个变量,避免偏差,确保机械零部件的各项参数稳定最优解。也可以理解为,可靠性稳健设计是采用最科学合理的变量,使函数波动保持在一定范围内。通过可靠性稳健设计,可以显著提高零件质量,确保零件应用之后的整体可靠性。

4.3 可靠性灵敏度设计分析

可靠性灵敏度分析是机械零部件可靠性设计中最关键的部分,这一过程中得到了许多成果。传统的可靠性分析方法是确定机械零件参数,然后通过相关的统计理论和概率推导公式确定机械构件最优参数。然而,在机械部件本身的生产 and 设计中,每个部件参数都会对最终结果产生巨大的影响。如果对结果影响最大的参数进行修改,将会导致整个产品受到影响。所以,机械零件的可靠性分析过程中,进行可靠性灵敏度设计可以促进机械部件各种参数灵敏度的持续优化,最终得到科学的机械零件设计方案。

4.4 可靠性试验分析

目前,可靠性理论正在逐渐完善,但可靠性试验的发展仍存在一些不足。可靠性试验是通过实验方法对于汽车机械零件可靠性进行评估的手段。其目标是及时检测机械部件的故障和失效,并通过适当的可靠性试验进一步改进。在今天进行可靠性试验时,我们需要充分利用计算机信息技术,通过计算机模拟进行可靠性试验,有效降低实验成本,提高机械部件的质量。

5 机械零部件可靠性设计方法

5.1 权衡与耐环境设计

权衡设计与耐环境设计是在广泛考虑了要设计的机械部件(包括体积、成本、质量等)后开发的理想设计解决方案。另一方面,环境设计考虑并建议了部件从生产之初可能遇到

的情况。例如，部件生产后的适当维护水平、运输过程中可能发生的碰撞等。通过分析这些环境因素，在生产中优化材料和技术，以确保零件甚至设备的可靠性。

5.2 简化与冗余设计

简化意味着减少不必要的组件。一般来说，简化设计应合理简化，并确保所选的机械部件能够实现一定的功能，因此部件的组合和修改是最好的方式。这也是防止错误和提高可靠性的最有效方法。冗余设计适用于执行某些功能的备件的设计，并确保在本地机械设备出现问题时，整个系统保持指定的功能设计。一般来说，它与计算机的备份功能相似。

5.3 预防故障设计法

为了真正优化设备的整体功能，有必要选择并严格控制采购零件的选择，以避免使用有缺陷的零件。首先，根据通用件和标准件优先选择的原则，在选择前对零件进行分析和检查，并根据分析结果进行选择最优机械零件^[3]。

5.4 概率设计法

这一方法是将应力和强度作为遵循特定分布的随机变量，然后将其中相关参数和变量作为满足特定统计规律的随机变量。创建数学模型与概率公式来计算零件尺寸与寿命。通过这一方式的应用，既保证了设计的准确性，又填补了传统设计的空白，使零件生产更加符合实际需求。

6 汽车机械零件可靠性试验数据分析方法

6.1 回归分析法

6.1.1 回归分析法的基本概念

回归分析法的主要目的是进一步改进统计数据的应用。利用数据统计学原理开展数据的线性处理，以确定因变量、因变量和自变量之间的相关性，从而使分析内容以回归方程形式反映出来，将会更加具体化。根据目前回归分析方法的具体应用，回归分析方法可分为一维回归分析和多元回归分析两类。

6.1.2 回归分析法在机械零件各项参数工作中的应用

将回归分析方法应用于汽车零部件机械不同参数的工作过程时，需要首先明确零部件机械的因变量和自变量，以及不同参数的因变量，确定相应的回归方程 x 和 y ，然后理解了机械零件不同参数的回归概念。同时，针对性分析代表机械零件使用寿命的参数 t ，确定参数 t 的特殊样本量，以有效估计汽车机械零件的故障概率和使用寿命。将回归分析方法应用于机械零部件可靠性测试数据分析的具体研究表明，将回归分析法应用于机械部件可靠性测试数据的分析，可以有效地控制各种数据转换到机械部件之间的线性关系，并实现对机械部件各种参数的精确控制。

6.2 威布尔分布法

该方法主要是利用解析法、图解法实现。其中，图解法具有更加方便快捷的应用，并且对于检测人员的技术要求比较低。但是该方法无法实现机械零部件上各种参数的精确定位。这种分析规则可以充分利用先进的计算机技术开发汽车

机械零部件的可靠性测试数据，但对检测人员的操作方法与技能具有更高的要求。在测试过程中，如果需要清楚地验证车辆机械零件的参数，建议使用解析法来可靠地了解实际分布情况。在明确威布尔分布法基本概念后，对于机械零件不同参数中应用威布尔分配法进一步分析。利用威布尔数据评估分布方法，可以评估零部件可靠性试验数据提供更为精准的数据，并且充分发挥了计算机技术优势。

7 汽车机械零件可靠性设计的基本内容

7.1 从零部件方面考虑

首先，需要制定机械零部件的可靠性要求，在此基础上制定机械零件的可靠性表、高可靠性零件清单，从而确定其中可靠性比较低的机械零件，掌握零件的使用寿命。计算零件的失效率，对于机械零件中比较重要的部分实施概率设计法，开展机械零件的可靠性测试计划。采用标准间和质量稳定、设计成熟、制造水平高的零部件进行汽车机械零件的设计，并在关键部件上设置自动监控、故障显示和自动校正装置。

7.2 从系统方面考虑

①根据用户需求、市场发展、应用环境等前提，确定机械零部件的可靠性数据指标，确保汽车整体的可靠性。②确定车辆的工作环境以及机械零件的工作环境，如气候条件、交通条件、道路条件等。③确定操作简便性（人机可靠性）的基本要求，如自动摇窗机、自动变速器，甚至是改变方向的能力。④在可持续设计中，应使用轻型维修结构、维护方法和诊断方法。⑤不同指标之间的适当平衡不仅应考虑到可靠性和可持续性，还应考虑到重量和大小等其他质量因素。外观，包括功能和成本，应该是平衡的。当某些领域出现冲突时，必须优先考虑安全、可靠性和可持续性。

8 总结

综上所述，汽车机械零件的可靠性设计方法中，将设计参数看作随机变量是一种精确计算方法，其是根据确定产品破坏概率假设的。所以，基于概率论和梳理统计的可靠性设计方法是一套科学的计算规则和设计方法，它基于对机械零件的使用和状态的分析 and 统计来指导产品的设计和研究。在机械构件结构中正确使用可靠性分析具有积极的社会优势。不仅可以有效满足多样化的生产要求，并且对于提高生产质量和生产率具有积极作用，确保机械零件的生产质量满足市场需求。

参考文献

- [1] 谢迎侠,李建娜.分析零件加工中汽车机械加工工艺对精度的影响[J].内燃机与配件,2020,320(20):70-71.
- [2] 张永永.汽车零件机械加工数控技术应用研究[J].内燃机与配件,2021,336(12):101-102.
- [3] 赖光耀,黎芳华.汽车零件机械加工数控技术应用[J].时代汽车,2020,337(13):159-160.