

智能尺寸测量规划平台在整车研发及制造的系统应用

付龙, 譙华, 张朝霞, 文建宇, 郑耀凯, 叶小军

重庆赛力斯新能源汽车设计院有限公司 重庆 401121

摘要: 随着国内车型研发周期缩短, 对测点设计、测量程序编制和数据分析的要求日益提高。然而, 如何在短时间内合理布局测点、有效识别零件尺寸问题并管理分析测量数据, 已成为行业重大挑战。为此, 提出一种智能化、数字化的智能尺寸测量规划平台 (I-DMPP), 通过开发智能软件工具并整合模块数据接口, 实现测点设计、程序编制和数据分析的有机结合。该平台利用数字化技术替代传统方法, 提高工作效率, 降低质量风险, 确保关键业务环节的无缝连接, 进而为汽车、航天和航海等行业的智能化和数字化发展提供有益参考。

关键词: 测量工艺; 测点设计; 测量程序; 测量数据管理与分析; 智能尺寸测量规划平台

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.03.001

尺寸精度直接影响产品安全、功能及性能, 作为产品尺寸评估的载体, 测点设计的合理性在很大程度上决定了质量评价的合理性。目前, 行业内主要依靠人工进行测点的设计, 操作过程繁琐且效率低下, 导致测点文件易受人为因素影响而产生错误。此外, 各装配层级间的测点继承性难以保证, 无法有效指导工程师快速定位异常原因。同时, 测点文件向测量程序的转化也依赖人工在线编程, 效率低下且难以找到最优测量路径, 造成测量资源的浪费。线下管理的测量数据存在信息孤岛, 数据传递和分析的效率亟待

提升。

车企普遍缺乏有效整合整车测量工艺规划、测量程序仿真及测量数据管理与分析的平台。这一缺失不仅限制了零部件及整车质量控制的效率, 还对整车的生产和市场竞争力产生深远影响。因此, 建立相应的工具和平台以填补这一行业空白具有重要的实际意义。

行业现状

当前, 汽车行业缺乏成熟的技术、软件或平台, 无法实现智能化测点设计、测量程序编制及测量数据分析的综合功能, 且不支持各功能模块间的数据高效

传递。此外，这些工具与测量仿真软件 and 数据分析软件的耦合性不足，未能有效应对行业所面临的挑战。汽车行业普遍依赖工程师的经验和工时投入，导致效率低下和错误率较高。在数字化转型的背景下，行业对高精度、高效率技术和工具的需求愈加迫切。

1.整车测点设计

整车测点设计是指在汽车制造、装配和质量控制过程中，在零部件、总成、整车上布置测量点位，确保整车在各个生产环节符合设计要求和质量标准。目前面临的主要问题包括：一是人工设计测点缺乏标准化，时间投入高、失误率高；二是不同层级测点之间缺乏有效的继承性。

2.测量程序

测量程序用于导入测量设备，并控制其对零件布局中测量点的执行。目前，测点文件向测量程序的转化主要依赖人工在线编程，不仅效率低，且难以实现最优测量路径，导致测量资源的浪费。测量设备包括三坐标测量机、蓝光自动测量设备、激光雷达自动化

测量设备（包括线体和非线体设备）以及间隙面差自动测量设备。

3.测量数据管理

行业内缺乏一个有效且统一的线上数据管理平台，导致线下管理模式形成信息孤岛，数据传递和分析效率低下。这种状况造成了数据分析的滞后，且历史数据无法及时更新，从而进一步增加了缺乏在线测量数据的劣势。通过建立集中化的数据管理系统，能够有效打破信息壁垒，提高数据流通和分析的效率，进而优化决策过程和提升整体生产效率。

智能尺寸测量规划平台应用

1.智能尺寸测量规划平台构成

智能尺寸测量规划平台由三个主要模块组成，如图1所示。首先，智能化测点设计模块实现各个层级零部件测点的自动化设计；其次，离线测量程序仿真模块实现测点文件与测量程序的无缝转换，自动化生成测量程序；最后，测量数据分析与管理模块实现企业

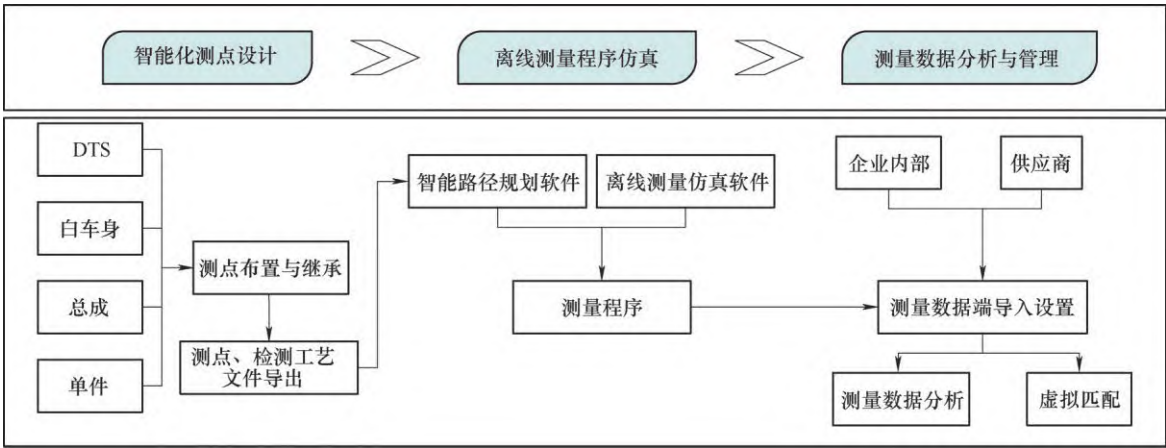


图1 智能尺寸测量规划平台构成

与供应商测量数据的统一管理与分析。

2.智能化测点设计

智能化测点设计软件能高效生成测点及导出测点、检测工艺文件，并通过结构树自动创建继承文件，保证测点继承性。智能化测点设计软件具有以下功能。

(1) 测点布置 测点位置基于测点类型特征，按照预设规则自动布置。相较于人工布置，测点实现100%标准化，制作效率提升70%。

(2) 测点继承 软件能自动生成测点继承文件，并基于继承测点文件生成成本层级测点，确保测点的继承性，测量标准的统一性和测量数据的可追溯性。

(3) 测点设变 软件通过识别新旧零件，自动确

定设变区域，并更新设变区域的测点，确保测点的准确性。

(4) 测点导出 软件一键导出两种文件：一是测点文件，用于测点继承和测量程序编制；二是检测工艺文件，用于指导现场测量。显著提高文件制作效率80%，减少人工错误。

3.离线测量程序仿真

智能尺寸测量规划平台通过智能路径规划软件，有效整合测量设备离线仿真软件与智能测点设计软件接口，脱机离线实现测量程序仿真，实现测点文件无缝转化为测量程序。

智能路径规划软件基于设备的测量原理，优化测量路径和测量参数。并在在离线仿真环境中验证测量效果后，自动生成相应的测量程序，从而实现以下目标。

- 1) 测量路径优化。确保测量路径无冗余，测量顺序最优，从而提升测量程序编制效率10%。
- 2) 测量参数配置。通过精确配置测量参数，实现“规划即测量”的高效流程。
- 3) 程序自动生成。软件自动生成测量程序，显著提升70%的测量程序编制效率。

4.测量数据管理分析与管理

智能尺寸测量规划平台开发了在线尺寸测量数据管理系统，具有车型导入、数据上传、过程能力分析、报表制作、数据分析、过程能力分析、虚拟装配等功能。实现了企业内部与供应商测量数据统一管理，解决线下数据管理存在的数据孤岛问题，并支持快速分析测量数据。

(1) 车型导入 可上传智能测点设计软件设计的车型的测点文件和检测工艺文件，系统会根据上传文件自动创建相关车型档案，如图2所示，涵盖整车DTS、白车身DTS、白车身、分总成和单件部件，以便后续测量数据的查看和分析。

(2) 测量数据解析 测量数据解析，如图3所示，包括两方面：一是系统自动抓取企业内部、供应商测量数据；二是系统识别抓取测量数据的格式，自动匹配解析格式，提取测量点及其对应的测量值。

(3) 报表制作 系统将针对测量数据自动计算并



图2 车型档案

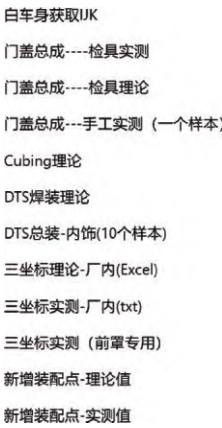


图3 数据上传及解析

展示相关统计信息，包括单零件批次的合格率及车型整体指标完成情况，帮助相关负责人快速掌握产品质量状态，如图4所示。

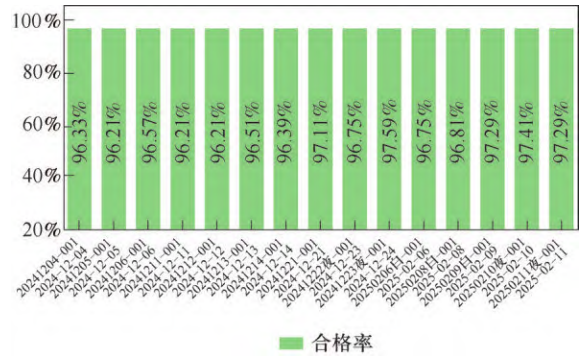


图4 合格率统计

(4) 数据分析 测量数据样本上传后，测量数据系统将进行系统化的多层次数据分析，具体如下。

第一层次：总体质量评估，计算并展示样本的合

格点数，以量化整体质量水平。并提供每个测量点的测量值，颜色突出展示不合格项。

第二层次：可视化信息展示，在数字化三维模型上展示所有测点信息，如图5所示，使用颜色编码（如合格为绿色、不合格为红色）直观体现每个测点的合格状态。

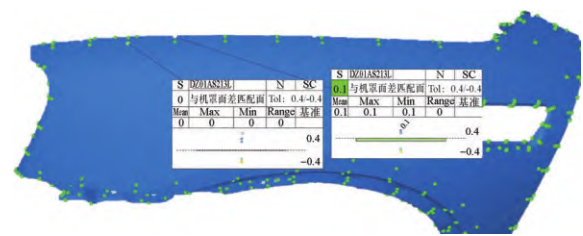


图5 翼子板测点展示及具体数值

第三层次：自动化报告生成，系统自动生成详细的测量数据报告，便于用户下载和线下查阅。包括：关键质量指标（合格率、均值、标准差、Cp和Cpk等统计指标），趋势与变异分析：通过时间序列图和控制图展示数据变化趋势，帮助识别潜在的质量波动和改进机会。

多层次的分析结构，不仅提升了数据的可读性和可操作性，还为用户提供了有力的决策支持，助力持续改进和质量管理。

(5) 过程能力分析 测量样本将被存储于系统中，系统能够基于这些数据计算零件的过程能力指数，包括Cp、Cpk等关键指标，以确保生产工艺的稳定性并预防潜在的质量问题，如图6所示。

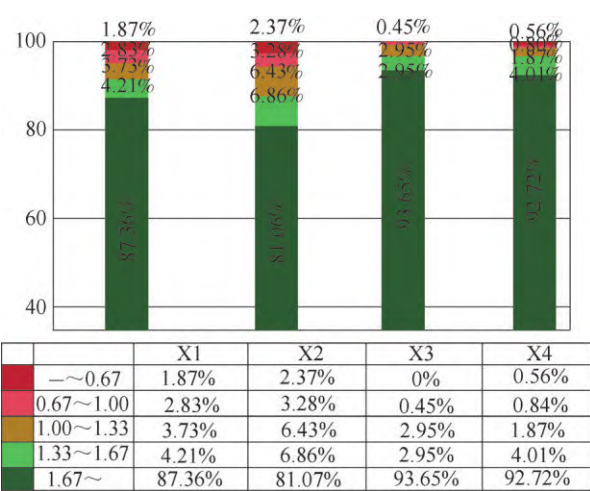


图6 Cp区域分布

通过过程能力分析模块，可实现以下功能：

1) 实时监控与调整。相关责任人可以通过实时监控过程能力指数，及时掌握零件的生产状态。迅速识别并调整生产工艺参数，以优化生产流程并确保产品质量。

2) 异常情况检测。系统会自动识别测量数据中的异常情况，例如超出控制限的测量值。通过邮箱等工具通知相关人员，相关人员能够及时发现偏离正常范围的趋势，进行必要的工艺调整，以防止潜在的质量问题。

(6) 虚拟装配功能 在线尺寸测量数据管理系统中利用计算机仿真技术开发了虚拟装配功能，在虚拟环境中基于测量数据，对产品装配过程进行模拟和分析，如图7所示。通过虚拟装配，可以在实际生产前验证实际零件的配合性，及时发现设计缺陷和装配问题。此技术在产品设计和质量控制中具有重要作用，能够提高产品的可制造性和装配效率，确保最终产品的质量和性能。

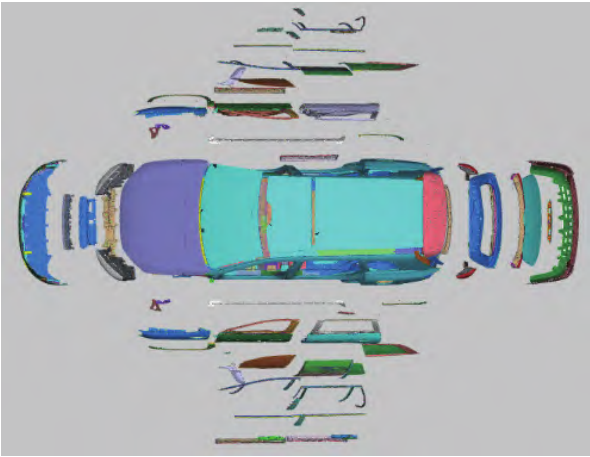


图7 整车虚拟装配

虚拟装配具有以下优势：

1) 设计验证。在虚拟环境中，通过装配模拟，可以全面评估零件的互配性，确保各组件能够正确装配，降低实际生产中的风险。

2) 问题检测。通过仿真分析，可以快速识别设计缺陷和潜在的装配问题。前期检测减少了后期修改的成本和时间，提高了开发效率。

3) 质量控制。基于测量数据对零件进行装配，查看实际零件的装配效果。通过图形化界面展现，能够

直观理解零件之间的关系和配合情况，评估和验证零件质量。

智能尺寸规划平台的优势

1) 提高效率：通过智能化测点设计和离线程序仿真，测点布置和测量程序编制效率显著提升，减少人工操作的复杂性和错误率。

2) 标准化与一致性：平台实现了测点布置的100%标准化和唯一继承性，确保了不同层级测点的一致性，便于质量追溯和问题定位。

3) 优化资源配置：智能路径规划优化测量路径，避免资源浪费，提升测量设备的利用率。

4) 数据管理与分析能力：提供统一的数据管理平台，打破信息孤岛，实现数据的高效传递与分析，支持企业与供应商间的协同。

5) 可视化与实时监控：通过可视化展示和实时监控，帮助用户快速识别质量问题和调整生产工艺，提升产品质量管理的效果。

6) 支持持续改进：通过过程能力分析，企业能够及时掌握生产动态，优化工艺，推动持续改进，提高市场竞争力。

结语

综上所述，智能尺寸测量规划平台的开发为汽车

行业在测点设计、测量程序编制和数据管理提供了创新的解决方案。其高效的工作流程和强大的数据分析能力，不仅提升了生产效率和质量控制水平，也为企业在激烈的市场竞争中保持优势奠定了基础。面对未来的挑战，持续推广和优化这一平台将是提升行业整体竞争力的关键。

参考文献：

- [1] 叶立渊，吴海，苑永强，等.汽车冲压件数字化智能测量技术方案的探讨[J].锻造与冲压，2021（10）：49-53.
- [2] 朱伟华，任强.重视测量数字化，增强智能网联汽车产业协同价值[J].汽车与驾驶维修（维修版），2023（3）：22-23，28.
- [3] 李明，胡敏，龙从林，等.尺寸工程的现状与发展[J].汽车工艺与材料，2023（3）：1-8. DOI:10.19710/J.cnki.1003-8817.20220318.
- [4] 王俊杰，王浩，卢亚军.白车身尺寸检测技术及数据应用研究[J].企业科技与发展，2015（8）：39-41，44.
- [5] 阙天水.基于CATIA的汽车测点批量开发的研究与应用[J].汽车实用技术，2021，46（10）：118-120. DOI:10.16638/j.cnki.1671-7988.2021.010.035.

AUTO1950

（上接第55页）

以等效地显示压装力。安装间隙过小易使压力传感器受冲击损坏，安装间隙过大，在刚初入时传感器无法压缩受力对初入过程监控失效。实际使用过程中还得考虑压头机构的自重如果平衡，一般而言压头机构重达200N左右，如果不平衡掉对于初初要求较高的压装过程监控便是失效的，极易产生无法探测的质量问题。

结语

本文从压装原理开始论述，总结描述了压装的七点曲线模型。总结分类了压装的三种类型：刚性压装、柔性压装、过渡压装，并对每种压装的压装特性

及其压装控制策略进行综述。系统化地综述了压装工艺从零件设计到软件、硬件集成设计的要点，并结合实际工艺经验给出防范措施。

参考文献：

- [1] 路翔飞，焦永钢，李晓敏，等.基于曲线拟合和统计算法的发动机压装工艺监控限的计算与应用[J].工艺材料，2022（7）：53-55.
- [2] 由博.过盈连接压装质量影响因素研究[J].内燃机与配件，2021（19）：137-138.
- [3] 周强，马维鹏.数字压力装配单元研究与应用[J].汽车工艺师，2022（1-2）：74-76. AUTO1950