

基于测量大数据的白车身尺寸控制方法

李嘉男, 梁琳, 卢金臣, 齐奇

北京奔驰汽车有限公司 北京 100176

摘要: 通过采用可视化系统和自动预警程序的综合方法, 实现了数据处理的从“人找数据”转向“数据找人”, 显著提升了尺寸质量控制的效率和准确性, 为汽车制造业提供了更为精确的白车身尺寸控制解决方案。在大数据背景下, 持续研究和开发智能化数据处理方法, 以更好地应对汽车生产中的尺寸管理控制需求, 具有重要意义。

关键词: 白车身; 尺寸控制; 大数据; 可视化系统; 自动预警; 数据处理

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.11.012

白车身尺寸质量控制整体概述

车身制造是整车制造中非常重要的环节, 在最终的产品上第一眼呈现在客户面前的便是车身状态, 白车身的制造水平是质量控制中的重中之重, 车身尺寸的控制影响着车身相关的间隙和面差以及相关零部件的装配, 这些都是客户评价整车质量的重要组成。随着工艺不断地优化提升, 设备逐年升级, 生产规模不断扩大, 在数据量爆发的当下, 过去白车身尺寸控制方法中面临着来自多方面的挑战^[1]。

1. 数据量扩大

白车身尺寸数据主要来源于测量, 尺寸数据就是通过测量获取的相关测量特征的数据。选择测量特征的依据包括: 功能尺寸目录、夹紧和安装概念、车身

钣金件的通用技术规范以及公差规范 (PMI 数据记录)。测量范围 (特征或测点数量) 则由质量部根据这些文件确定。对车身总成及分总成进行几何尺寸测量的目的是验证尺寸精度是否符合研发的几何规范。某主机厂测量的数据内容按不同类别划分包括Audit审核 (QZ) 相关测量特征, 其他测量特征以及间隙、平顺相关的尺寸测量。

上面描述了白车身尺寸相关的测量内容, 而这些尺寸数据当下主要来源于三部分: 手持测量设备、生产在线测量和离线三坐标测量。光学测量已经是测量工作的主要测量技术类型, 通过光学测量使测量效率大幅提升, 与传统的接触式测量设备相比, 机器将在完成所有的元素扫描之后进行统一的计算, 计算过程不足1min。

以三坐标测量后门总成为例，扫描式光学测量可以节约将近70%的时间，从1.5h缩减到0.5h，得到的测点数更是从不到1000个上升到数万个。

可以看到，随着光学测量的普及，测量能力的提升，可测量件数大幅上涨，测量的数据量随之爆炸式增长。虽然可用数据增多了，但是在日常监控上如何在大数据中更高效地甄别不合格测点的信息，以及后期的数据如何更精准地追溯有用数据，带来了更高的挑战。

2. 考核模式改变

在白车身尺寸方面，根据控制计划，通过在线测量、装焊产品考核及白车身三坐标测量等手段，以监控整个生产流程的稳定性，也是通过质量反馈环来达到问题能快速追溯分析的目的。但当下整车制造环节复杂，车身零部件繁多，全部涉及尺寸考核的环节覆盖多个数据源及数据终端。

以前，考核部门与生产部门数据缺乏互通，联动效率差。生产部门自身主要通过Audit审核，即QZ评分作为自己的考核指标，QZ评分区别于SPC方法考核Cp、Cpk^[2]，主要由于Cp、Cpk对于车身尺寸数据水平评估存在局限性。一是车身测点众多，单独测点一一评估不易于识别尺寸波动，且并非所有测点的重要性一致；二是整车生产线工艺、工装及人员调整不定，不利于SPC评估的取样。所以某主机厂应用QZ这种形式作为考核的方式，它是根据设计规范（公差和优先级限制），对一些定义好的功能相关尺寸和客户相关特性进行评估汇总及打分，这里包含的源自研发提供的设计规范的测量内容就是Audit审核（QZ）相关测量特征，公差规范会完全体现在这些测量特征中。

QZ的计算方式是“ $1+10 \times \text{超差测点数量} / \text{全部测点数量}$ ”，核心是超差点数占比，可以看出QZ基本含义为合格率的一种特殊表示形式，用来评估缺陷等级，“乘十加一”是为了让结果更加可视可读，它的评估目标是最小化缺陷的边际。序列化生产后通常生产会定义“1.8”为目标分值，即8%的测点超差则整体QZ评价为不合格，完美状态的QZ为1，但实际生产中很难达到这样的状态，缺点还在于如果计算中的测量特征量过低，QZ分值反应非常敏感，造成最终结果的误判。QZ的优势在于即使在不同的工厂，QZ所涉及的测量

特征、法向和功能特性以及权重系数也可以保持在同一车型系列中一致。还有一些其他的可用测量特征则来自PE、可制造性或下游流程提出的一些需求，这些测量特征可以使用内部的通用公差但不作为QZ评分所用，实际应用中却往往包含了当前重点关注的区域。

以降低QZ分值为基础目标的生产部门概念和最终考核出的实际问题在当前环境下存在着诸多不匹配。例如某区域白车身尺寸没有问题，QZ分值也达到预期，但最终的成品车发生某区域尺寸问题，需要配合调整，调整可能会影响原始的QZ分值。又或是QZ分值没有达到要求，某区域点也非QZ考核点，但却最终影响了成品车尺寸，这样的问题发生的频率随着车型增多，产量的上升而凸显的越来越多。可以看出单以QZ作为控制手段已无法满足当下的尺寸控制需要，而根据实际的问题参照，增加数据筛选，更有效地识别出风险尺寸点的波动，更为精准地监控预警可能发生问题的区域显得尤为重要。

3. 产品开发周期的数据容量

在新能源汽车时代，新车型不断推出，产品开发周期相较传统的模式有所缩短，产品会更快速地进入投产阶段，生产能力不断爬坡。在零号线试装及产品试装阶段由于产量并不高，尺寸问题追踪与解决会更加快速，且由于数据量较小，对于车身尺寸问题来说相对容易溯源查找，而在正式投产后，考核数据量会大幅攀升，如在尺寸数据量扩大的挑战中提到的，此时数据用作监控尺寸波动，覆盖面会非常全，但当终端考核检验出整车尺寸问题时，很难去一一快速对应找到需要的各个批次的零部件、冲压件、白车身等的信息。

4. 质量控制的分析与挑战

根据上面所列举的白车身尺寸控制，在序列化生产阶段面临着来自数据量扩大、考核模式改变以及尺寸问题分析三方面的挑战，综合来看，这些挑战带来了日常监控上如何在大数据中更高效地甄别不合格测点的信息，后期如何更精准地追溯过往有用数据的问题以及如何更有效地识别风险尺寸信息，监控预警未来可能会发生问题的区域的问题。在当前大数据背景下，本文将根据现有的软件应用以及自主开发的方法

结合，通过可视化系统和自动预警程序综合解决上述提到的诸多问题。

可视化应用系统搭建

1. 数据的存储管理

针对如何在大数据中更高效地甄别不合格测点的信息及更精准地追溯有用数据，对数据库中数据的可视化显示至关重要，但在可视化前，数据的积累存储是非常重要的环节。随着技术升级，某公司用作尺寸数据采集的软件众多，包括IQ-VIS、PiWeb及QDA等等，数据杂乱，在后期查询时往往需要调用多个客户端，把数据统一到一个平台是亟需的。

对比各个软件优劣，选择基于其中的质量数据软件PiWeb（供应商为德国卡尔蔡司）开发出了相应的报告可视化汇总平台。PiWeb作为质量数据软件提供了基于微软SQL的中央数据库，用于存储和管理质量相关数据。企业可以将整车制造过程中的包括供应商、生产线及试制等环节的测量数据集中储存。通过集中的数据存储和管理系统的建立更好地跟踪产品的整个生命周期尺寸数据状态，进行数据分析和比较，并从中获取有价值的经验，帮助改进产品质量。

在工厂内白车身尺寸数据主要来源于在线测量、三坐标测量以及手持测量设备。三坐标测量数据包括

装焊件及冲压件等白车身相关测量数据，数据量也是三个来源中比例较大且作为主要参考基准的数据。对于手持测量设备，生成的结果可通过输出时定义可接受的固定格式——“txt文本”，通过软件上传端口自动上传。而在线测量的数据定期会通过“xml格式”从IQ-VIS导出，传入PiWeb平台汇总存储。除工厂内的尺寸数据，部分零件数据来自供应商，这部分数据依托供应商尺寸考核KTMA协议，规定供应商定期发送既定格式的数据原始文件提供给主机厂，数据原始文件格式根据供应商测量设备不同，包括txt、xml、dmo及dfq等格式文件，收到后统一上传至平台端口，通过这一步的操作基本可以覆盖全部白车身相关零部件的尺寸检测数据。

2. 可视化呈现及快速追溯

数据统一存储管理后，下一步则是更好地可视化呈现报告。目前所有应用软件的数据均已汇总至PiWeb处理，通过统一的规范标准定义报告模板的形式，使冲压件、装焊件及供应商来件报告以统一格式标准呈现，通过快速筛选可随时查看任意历史数据，对于试制或批量阶段也可定义不同筛选，如果使用光学设备扫描的点云评价出的色差图也可以呈现在报告中，同时应用软件自身功能也能快速查看CP\CPK及QZ分值（见图1），这样不同的责任工程师可以通过同一报告

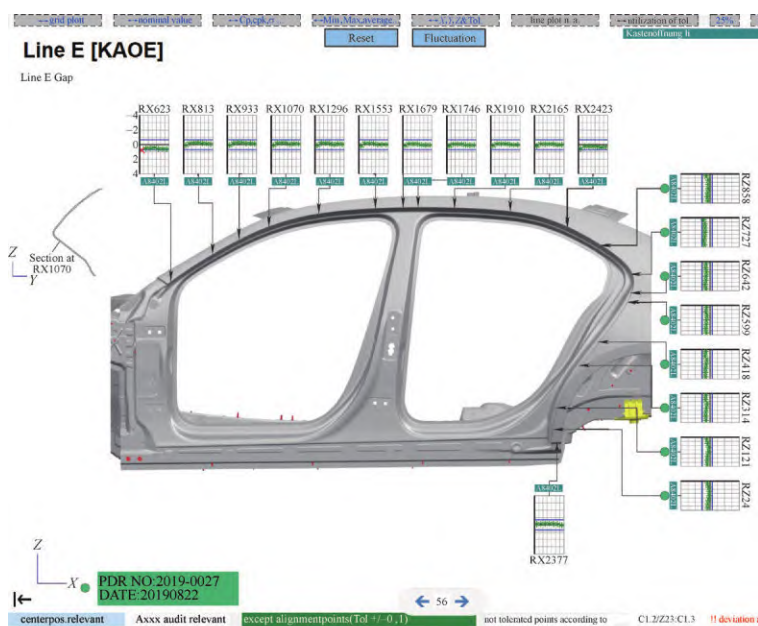


图1 PiWeb可视化报告展示

规则，更直观清晰地查看所有需要的尺寸数据。

不过，这只是解决了数据呈现的问题，尽管统一了报告模板，阅读报告效率得以提升，但当问题发生时翻找报告找寻历史数据依旧耗时耗力，所以再次基于PiWeb软件开发了Q-platform平台，在此除了工厂基础的尺寸数据的快速链接，终端考核部门的报告也汇总至此，此时日常监控与考核数据形成闭环。同时海外工厂数据也关联至此平台，使后期数据查看使用时更加快速便捷，能够通过数据关联，根据考核结果快速找到不合格点所在位置区域。

自动预警系统的搭建

1. 尺寸控制模式

通过可视化系统（见图2）的搭建，即Q-platform系统的投入使用可以解决如何高效的甄别不合格测点的信息的问题。但如何更精准地追溯有用数据的问题，更有效地识别出风险尺寸点的波动，监控预警常发问题的区域的问题还未解决。正如白车身考核模式改变中所提到，依靠QZ评分，即合格率考核，更趋近事后发现问题解决问题，当前质量降本增效的背景下，能更早地根据大数据预警可能发生的问题是更为迫切的需求。

QZ打分的核心是判断测量特征是否满足公差要求，公差内就是合格；公差外则是不合格。但就真实的生产状况，这样的模式在序列化生产之后会有很大

局限，这里有两种情况，一种情况是随着生产时间推进，不同来自成品车问题的优化需求，部分区域白车身尺寸均值会有所偏移，相较设计公差区间会有一定变化，有一些超差点实际有利于最终的生产问题，通常这种情况下会应用研发的公差变更流程做出优化，但在变更流程审核通过前，需要避免相关测点在QZ打分中被重点提出，通过尺寸控制工程师对PiWeb数据库中公差范围做临时公差偏移，并在可视化报告中做详细偏移背景的文字标注来实现短期管控，等待变更流程审核通过再为取消。

另一种情况是在尺寸测量点在合格范围内，但测点的某个方向波动会对最终成品车装配造成很大影响。例如尾灯安装孔的位置，假设Y向偏差在公差内波动0.5mm，但由于尺寸链上多重因素叠加可能会造成最终装配时尾灯的配合间隙出现质量问题，回看白车身相关位置尺寸却没有超差，也没有预警显示。上述提到的两种情况仅通过QZ打分是无法帮助白车身尺寸问题在早期得到有效的监控，所以需要增加前期数据筛选，更精准的预警会最终影响成品车尺寸问题的波动点。

优化后的流程结合了QZ与波动点两方面，尺寸工程师需对结果进行确认和分析，将异常风险信息反馈给生产工程师及后续的QFL考核部门，这里的异常风险信息是对发生过历史问题的区域点(内部定义为白车身单点尺寸公差占成车间隙平顺匹配点的公差范围，如果占比过高，则车身的波动会对成车有更高概率造成



图2 Q-Platform可视化展示

影响)、当前生产频发问题的区域以及定义的敏感度高的区域这三部分的精准化尺寸波动筛选,筛选出的波动点再依据高中低风险判定特点(如高风险是对产品质量有重大影响,需装焊立即优化,同时总装需提前采取遏制手段等)根据预警流程处理,要求对风险点做出反馈并提供优化解决问题的计划。但新的尺寸控制流程过程繁多,虽然结果上可以使尺寸控制的精准度和有效性得到提升,却给尺寸控制人员带来了巨大的数据筛选工作量,同时也存在着误筛误判的可能性,如何依据优化的尺寸控制流程高效精准的完成数据筛选则成为了需要解决的问题。

2. 自动预警系统的搭建

根据尺寸控制模式需要优化的方向,主要的工作量在于数据筛选这一步,评估现有数据库和应用平台,需要专业的人员去根据实际问题情况去逐一筛选测点数据,但数据量庞大,人工模式处理既增加成本又效率不高,耗费大量时间还容易漏查,且在筛选出波动点后,后续工作对下一步做尺寸预警的人员有较高专业背景的知识要求,而现有的数据处理软件均无法满足上述提到的需求,所以考虑通过算法实现数据筛选,自主开发自动预警系统。

自动预警系统是基于Python语言编写的应用程序,主要实现的功能是自动筛选出异常偏差的测量点,并生成结果文件和页码统计结果。程序判断逻辑如图3所示,比较关键的是其中分数的产生。该数据来自两部分,一个是波动等级和问题等级的乘积,目前定义规则表1所示的波动分级,所有波动点均是以当前测量实测值减去过去30次测量结果均值的绝对值与公差带宽度 T 比作为评估标准,即表格中的 $0.5T$ 等。问题分级则是根据专业尺寸控制工程师按照三个方面根据经验与实际情况提前评估赋予相关测点的权重。除此之外还需识别单次跳动点,它的逻辑则是判断当前测量实测值减去过去30次测量结果均值的绝对值是否大于 0.2 。通过这套算法判断出的结果会实时将所有进入数据库的测量特征数据进行打分汇总(见图4),结合PiWeb的可视化报告,尺寸工程师可以快速找到风险点所在区域,后续再依照流程,根据实际情况人工二次筛选高中低风险等级,在这里需要人为二次判断的数据量就已经很小了,通过这步可以提高预警精准度,

最后再告知相关部门,大幅提高预警效率,减少人力成本,降低成车的合格率。

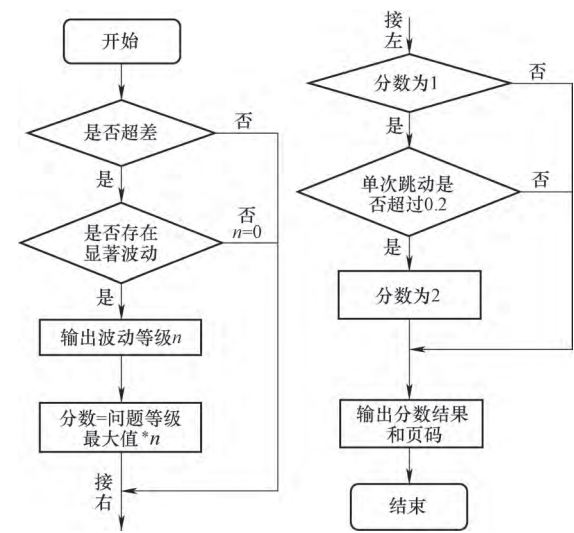


图3 Python算法逻辑

表1 权重评分逻辑

波动分级 问题分级	2	4	6	8	评分
	0.5T	1T	1.5T	>1.5T	
	跳动				
历史质量	历史问题记录				10
生产关注	生产现阶段着重关注的区域				7
敏感度	白车身公差占成车匹配后公差的比例				1
合计	跳动分级×问题分级（三类均占取分值最高）				



图4 自动预警系统详细页展示

结语

白车身尺寸控制领域的重点集中在数据应用方面。多年来,测量数据的处理一直是白车身尺寸控制应用的一个关键挑战。在过去几年中,传统的数据处理方法通常采用了数据采油模式,即将大量测量数据集中存储,但需要人工处理以发现数据的实际价值,

这种方法效率不高。

然而通过建立可视化系统和自动预警系统，已经实现了数据处理采油加炼油的模式。这些系统利用算法实现了数据的自动分析、筛选，并以清晰透明的方式呈现白车身尺寸信息。这一创新解决了以下问题：首先，如何在庞大的数据集中更高效地识别不合格的测点信息，其次，如何更精确地追溯有用的数据，以及如何更有效地识别风险尺寸信息，还有如何监控并提前警示可能发生问题的区域。

这意味着我们从过去的“人工寻找数据”阶段迈向了“数据主动找人”的阶段。而在将来，随着GPT等

AI模型的发展，更加智能化的数据处理必将是大势所趋，当下的数据“采油加炼油”的模式也将会不满足实际的尺寸控制需求，后续也会围绕该趋势继续深入的研究尺寸数据的智能应用模式，为白车身尺寸控制提出更优的解决方法。

参考文献：

- [1] 黄祥，宗晓亮，何挺，等.基于大数据的白车身尺寸控制应用[J].时代汽车，2022（5）：149-150.
- [2] 李轩，胡雨时，杨楠.浅谈统计过程控制在汽车制造白车身关键尺寸控制中的应用[J].中国战略新兴产业，2017（8）：121-123.**AUTO1950**

汽车工艺师 2024年 第11期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
金粉商城	8000	封二
《汽车工艺师》杂志订阅	0001	封三
中轴协（北京）会展有限公司	6048	封底