DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.03.012

基于测点规划及预警的整车尺寸控制方法

朱晓波

上汽大众汽车有限公司　上海　201800

摘 要：整车尺寸控制的优劣直接关系到汽车的安全性能、制动性、操控稳定性以及车身外观质量。提出了一种基于测点规划及预警的整车尺寸控制方法（PAAU方法），该方法包括测点规划（P）、尺寸预警（A）、尺寸链分析（A）以及控制公差迭代更新（U）。以某新能源车型前后门平整度尺寸控制为例，验证了该尺寸控制方法在提升整车匹配问题的“事前预防”能力和分析优化效率方面具有重要作用。

关键词：质量控制；测点规划；尺寸预警；尺寸链分析

研究背景

整车包含近两万个零部件，这些零部件通过焊接、粘接及机械连接等方式相互匹配，组装成一辆完整的整车。匹配质量的优劣，直接关系到汽车的安全性能、制动性、操控稳定性以及车身外观质量[1]。因此，如何对整车匹配问题进行提前预防，以及在发生匹配问题时如何进行及时、高效的解决，是各主机厂一直探索和关注的重点。

匹配质量控制的难点，在于整车中匹配零件众多、尺寸链长，部分零件自制，部分零件外购，质量控制水平差异较大。同时，零件生产受材料性能、工艺性能等因素影响，生产过程中各零件存在尺寸偏差和波动，偏差在尺寸链上不断累积，使得匹配质量处于动态变化之中[2]。各类整车尺寸质量控制方法，如基于功能尺寸的车身尺寸质量控制方法[3]，基于质量控制设备综合分析和评价质量水平的方法[4]或基于六西格玛方法[5]，这些方法对整车尺寸质量的监控和提升起到了一定的帮助。

然而，这些控制方法存在一些不足之处。首先，它们主要探究如何从设计开发、工艺以及检测角度改善整车尺寸质量，对于如何更好地发现或预测白车身可能的质量问题并未深入探讨；其次，尺寸质量监控范围仅局限于主机厂，未将供应商检测数据与主机厂数据有效结合并进行综合分析和预警。

因此，本文提出一种基于测点规划及预警的整车尺寸控制方法（PAAU 方法），包括测点规划（P）、尺寸预警（A）、尺寸链分析（A）以及控制公差迭代更新（U）。在项目前期进行测点规划时，对自制件和外购件采用“穿刺”方法定义尺寸链上不同层级零件的测点，采用“同截面”方式定义同级相互匹配零件之间的测点；开发一套数据管理系统，整合主机厂和供应商的测量数据，实现单个零件和相互匹配关系零件尺寸及可能发生质量问题的自动预警；通过数据管理系统的综合分析，获取尺寸链上零件同一“穿刺”点测量结果，以确认质量问题主要来源于尺寸链上的哪个零件。该尺寸控制方法大大提升了整车匹配质量

问题的“事前预防”能力和分析优化效率。

整车尺寸控制方法PAAU

整车尺寸控制方法PAAU的流程如图1所示，包括测点规划（P）、尺寸预警（A）、尺寸链分析（A）以及控制公差迭代更新（U）四个环节。

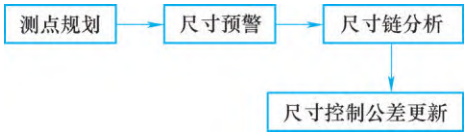

图1　PAAU流程

1.测点规划（P）

在项目前期测点规划阶段，同一尺寸链上的所有零件，包括主机厂自制总成和自制单件、供应商分总成，在测点设置上采用统一的测点规划原则，即采用“穿刺”方法，定义尺寸链上不同层级零件的测点，采用“同截面”方式定义同级相互匹配零件之间的测点。这样的测点规划，为后续单个零件和跨零件尺寸预警以及质量问题的溯源分析提供数据支撑。

2. 尺寸预警（A）

对于单个零件，依据车型开始批量生产后的50台零件数据，计算控制特征偏差均值μ和标准差σ，按照“$\mu\pm3\sigma$”作为尺寸预警公差；对于跨零件之间尺寸预警，依据DTS（尺寸技术规范要求）定义的匹配公差要求，设置预警公差。基于开发的数据管理系统，根据定义的预警尺寸和预警公差，实现测量数据进入数据管理系统后自动匹配计算，并进行及时、点对点的预警。

3. 尺寸链分析（A）

当后道相关部门接受到尺寸预警信息后，立即进行现场零件匹配状态确认。当发现匹配问题后，通过数据管理系统，采用尺寸链分析方法，确认哪个环节是造成匹配问题发生的主要原因，采取相应措施进行优化解决。

4. 控制公差迭代更新（U）

根据问题解决后，零件的实际状态，重新更新尺寸的预警公差。

以上汽大众某新能源车型的门总成尺寸控制为例，对PAAU整车尺寸控制方法进行详细介绍。

测点规划

1.同级零件之间测点“同截面”方案

同级零件之间测点“同截面”设置方案如图2所示，指的是对于有匹配关系的零件，在设置测点时，在匹配关系评价位置取同截面上的两点。

前后门中部平整度评价点如图3所示。前后门分别在S_1截面上，取P_1和P_2两点作为各自零件测点规划时平整度测点。通过门总成P_1和P_2两点测量结果，计算P_1和P_2两点平整度的落差，可以从尺寸上预测两个零件匹配后的尺寸状态。

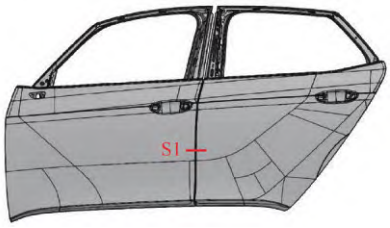

图2　同级零件测点“同截面”设置方案

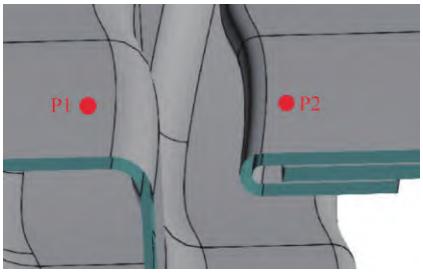

图3　前后门测点位置定义

2.层级零件测点“穿刺”方案

“穿刺”指的是某一测点或基准点，沿着该点的法线方向，与不同层级零件相交得到不同测点的过程。穿刺得到的各层级测点与初始点只差匹配零件的料厚。零件各层级间测点“穿刺”方案的示意如图4所示。

通过该方法定义的不同层级零件测点，当遇到质量问题时，可以快速分析并定位尺寸产生偏差的零件层级，进而快速地指导后续质量问题的优化解决。

根据前后门总成P_1和P_2点的设置，穿刺到前后门外板单件，其中前门总成P_1穿刺至前门外板单件P_3，如图5所示。同理，后门总成P_2穿刺至后门外板单件P_4。

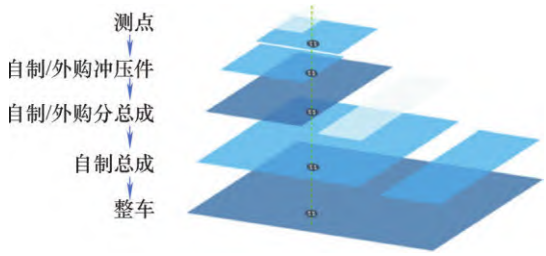

图4　测点“穿刺”示意

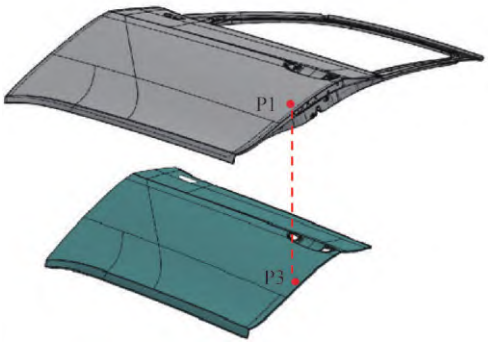

图5　前门总成与前门外板测点“穿刺”

尺寸预警

1.尺寸数据管理系统

尺寸数据管理系统能更高效的管理各单件、分总成、总成的测量数据，包括外购件供货供应商/自制件生产厂区、零件号、测点*XYZD*方向的理论值和偏差值。管理系统原理如图6所示。

通过接收供应商测量数据和主机厂测量数据，管理系统有效融合测量数据各类信息，结合三维化零件CAD模型，对相关信息进行智能化判断并展示。数据管理系统的基本功能包括如下三点。

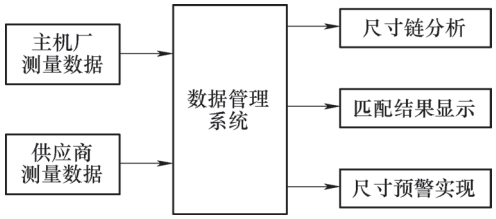

图6　数据管理系统原理

1）在同一个界面上，显示任意一台整车测点偏差值和相互匹配结果。

2）在同一个界面上，显示尺寸链上各零件穿刺点特定数量、特定时间的偏差结果，并清楚显示偏差的突变和渐变趋势。

3）定义预警公差，通过邮件将超差的单个零件测点结果和跨零件匹配结果发送至相关部门，及时进行预警。

2.尺寸预警

为了将质量问题由“事后解决”提前到“事前防范”，根据相关标准要求或现场实际控制要求，设置控制尺寸的预警公差，当尺寸偏差超过预警公差时，通过邮件形式，预警到各相关方，可以快速发现可能存在的质量问题，并及时采取相应措施。

按照车身DTS定义的前后门P_1与P_2间平整度落差0±0.5mm控制要求，在数据管理系统中，对P_1和P_2平整度落差进行预警设置。 当前后门完成测量，测量结果进入数据管理系统，根据P_1和P_2平整度偏差结果，系统自动计算两者落差，当超过±0.5mm控制要求后，立即触发尺寸预警。

通过邮件，见表1，其中，工厂（MEB）、车型(VW310/60 CS）、零件（10D833051A）、车号（14441017），测量时刻（2024/11/01 09:35:23），以下测点跨零件报警。前后门P_1和P_2平整度落差计算结果为0.8mm。

通过数据管理系统，在界面上，将前后门各点平整度及各组平整度落差数据进行显示，如图7所示。

汇总计算结果见表2。从表2可以看出，P_1点平整度实际偏差为0.4mm，而P_2点平整度实际偏差为−0.4mm。根据单个零件单点控制公差±0.5mm要求，单个测点偏差并未超过尺寸公差，而跨零件匹配后，两者落差超过了车身DTS要求。

3.尺寸链分析

通过数据管理系统，选择前门测点P_1以及其穿刺

表1　前后门总成落差预警

编号	尺寸名称	方向	尺寸问题描述	尺寸偏差	（跨零件）零件号	（跨零件）尺寸名称	（跨零件）尺寸偏差	预警公差	预警规则
1	P_2	Y	南后门平整度落差	0.4	10D833051A	P_1	−0.4	0.5/−0.5	P_1-P_2
……									

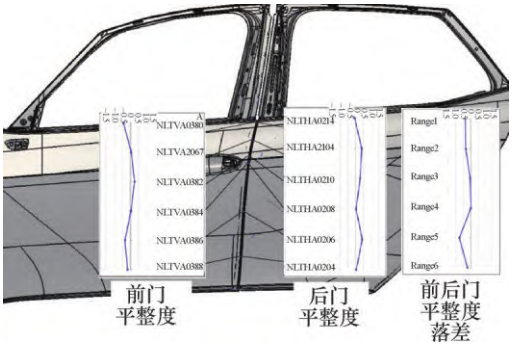

图7　前后门平整度及落差结果

表2　各测点平整度及落差

前门测点平整度偏差/mm	后门测点平整度偏差/mm	前后门平整度落差/mm
−0.4	0	−0.4
0	0.4	0.4
0.3	0.3	0
0	0	0
−0.4（P_1）	0.4（P_2）	−0.8
−0.2	0	−0.2

点P_3、后门测点P_2以及其穿刺点P_4的最近20次测量结果进行显示，如图8和图9所示。

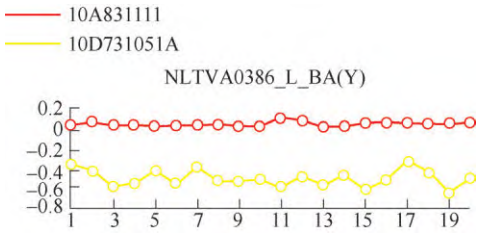

图8　前门总成与前门外板尺寸链分析

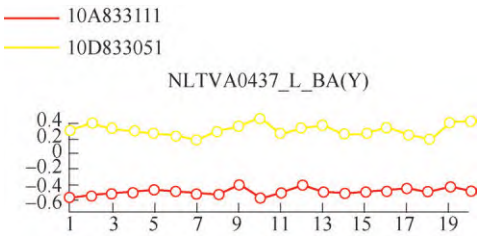

图9　后门总成与后门外板尺寸链分析

其中，10A831051A为左前门P_1点平整度偏差结果；10A831111为左前门外板P_3点平整度偏差结果；10A833051为左前门P_2点平整度偏差结果；10A833111为左后门外板P_4点平整度偏差结果。

通过图8可以发现，左前门外板单件P_3尺寸偏差较稳定，基本在0mm左右，而左前门总成P_1点尺寸波动较大，偏差在−0.3～−0.7mm波动。

通过图9可以发现，左后门外板P_4尺寸偏差在−0.6～−0.4mm波动，而左后门总成尺寸基本稳定在0.2～0.4mm。

因此，基于尺寸链分析，左前门总成需要考虑在内外板合拢时尺寸稳定性，分析造成不稳定的原因，并进行尺寸优化。

4.预警公差迭代

通过以上分析，可以发现，单个测点虽然公差要求为±0.5mm，但是因为车身DTS要求前后门匹配公差需控制在±0.5mm以内。因此，对于左前门总成进行优化时，其优化目标为保证P_1点尺寸偏差在0～0.5mm，才能保证P_1和P_2点落差在±0.5mm。最终，根据尺寸链分析以及最终零件优化结果，将单点P_1和P_2公差进行迭代更新，按照0～0.5mm输入数据管理系统作为预警公差，两者匹配落差仍然按照±0.5mm控制。

结语

本文提出一种基于测点规划及预警的整车尺寸控制方法PAAU 法，包括测点规划（P）、尺寸预警（A）、尺寸链分析（A）以及控制公差迭代更新（U）。以某新能源车型前后门平整度落差预警案例进行分析，详细介绍如何通过PAAU方法实施尺寸质量控制及分析优化。通过该方法，可以及时对主机厂和供应商生产现场可能发生的抱怨进行及时的预警，真正做到“事前预防”，同时对于发生的尺寸抱怨问题，通过尺寸链计算，能快速定位质量问题根源，并开展分析和优化。该方法目前已应用到新能源工厂整车质量控制中，相比于原有的一些尺寸控制方法，大大提升了整车匹配质量问题的预防能力和分析优化效率。

参考文献：

[1] 胡俊舟，丁发. 浅析汽车车身外观匹配[J]. 模具制造，2013，13（10）：80-84.

[2] 张漠. 浅谈整车尺寸系统匹配[J]. 汽车工艺师，2024（6）：43-45.

[3] 陈曦. 基于功能尺寸的车身尺寸质量监控[D]. 上海：上海交通大学，2014.

[4] 郑吴明. 车身开发阶段的尺寸质量控制研究[D]. 上海：上海交通大学，2017.

[5] 彭志华. 基于六西格玛方法的车身尺寸质量管理模式研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2018.