

Cubing组装和精度调整 技术研究

卢好蕊，刘广猛

北京奔驰汽车有限公司 北京 100176

摘要：Cubing制造技术难度高，要求整车精度0.15mm。而这就对加工精度、组装和精度调整技术要求极高。从Cubing的结构、组装技术要求、调整基准以及精度调整方案进行了详细的阐述，为Cubing的国产化开发、生产制造提供了实际的指导意义。

关键词：Cubing车身主检具；Cubing制造；Cubing精度调整；标准车身；匹配分析

为保证生产质量，每个车型项目Lot阶段会购买一个Cubing，用于Lot阶段、PT阶段内外饰零部件和车身后覆盖件的质量验证工作，每个阶段会进行1~2轮全车内外饰的匹配测量工作，并根据装配结果指导70多家供应商进行质量优化。该项工作对于后续爬坡和量产质量具有重要的意义，也是目前主流的主机厂实现产品质量控制的重要手段。

Cubing是精度非常高的1:1复制数模的高级检具，全车精度在 $\pm 0.15\text{mm}$ 。所以对制造和组装要求极其严苛，过往本项工作都是由国外技术团队完成。因受疫情影响，国外技术团队无法抵达，项目团队勇挑重担，通过研究Cubing各个模块及各个方向间的配合关系，克服重重技术难点，顺利实现了3个车型Cubing组装的本地化，累计在合同中为公司节约了9万欧元。

Cubing定义

Cubing 叫做标准车身，也可叫车身综合检具。全车将近50多个模块，材料为优质铝合金，是具有较高材料强度和高精度的模块化检具，如图1所示。目前



图1 Cubing实物

Cubing主要用于内外饰件的匹配测量，达到精确控制整车及零部件尺寸的目的。

Cubing的结构

Cubing的主要结构分为基座、载体模型、标准件模块及连接件各部分。基座一般为保证强度采用金属材料，其功能为承载载体模型件，确定整车坐标系位置，协助实现搬运、起吊和拖曳等功能。载体模型分为车身主体和机盖、顶盖、行李舱等外覆盖件两大部分。其功能是作为内外饰件及部分功能件的安置载体，模型的设计基础是白车身及白车身外覆盖件的外表面。有单独的模块设计，以便对小件进行单独匹配安装，连接件主要为各个模块之间的配合面、螺栓等。

技术难点

技术难点主要来自Cubing的技术要求、基准要求、安装方法和检测方法等，由于前期数模的设计和链接结构设计均在德国完成，在组装前就需要依据数模推演和分析，从而制定合理的组装方案。

1.Cubing安装技术要求

Cubing作为功能主检具用于评价零件和其与周围零件的匹配关系，所有的零件必须能在类似总装条件下无故障地安装和拆卸。为了保证零件的正常安装，及相邻零件的位置关系，所有待测零件安装及拆装后不能损坏或者划伤主检具。零件安装方便，零件在Cubing上能够体现其安装在整车上的功能，必须满足其技术要求，能够和生产零件替换使用，保证可拆卸，以便于独立地评价分析某些特定零件。

在测量方面，Cubing首先需要满足测量要求，保证每个检具模块功能区域都能用测量机进行检测；同时，应定位准确、活动自如、操作安全方便；其检测项目应包括必要的定位孔、定位面、功能面、装配孔、表面件配合型面及轮廓等。

2.Cubing组装基准和精度要求

Cubing在设计过程中需有测量基准（孔、球、面），而且基准坐标系方向与汽车整车坐标系方向重合，Cubing整体加工后在基准上标识X、Y、Z轴，并

为三坐标对检具精度进行验证时提供测量基准依据。

同时，在验收精度方面，也要求极高，具体见表1。

表1 Cubing验收精度要求 （单位：mm）

验收项目	精度要求
基准面的平面度	≤0.05
基准孔的位置精度	≤±0.05
产品件的安装孔位置精度	≤±0.10
模块的安装孔位置精度	≤±0.10
模块的匹配缝隙精度	≤±0.15
模块的功能区表面精度	≤±0.15
模块的非功能区表面精度	≤±0.2
重复安装精度	≤±0.05
一般安装匹配部位的位置精度	≤±0.2
定位销(测量销)在其对应的衬套内摆动(指根部)	不大于0.02
滑轨间隙摆动	不大于0.02
深度规台阶面齐平度	0.05
轮廓检验模板在检具上摆动	不大于0.05

Cubing调整技术难点

底座调整相对最为简单，外覆盖件的调整最复杂，以翼子板为例，安装后需要保证和机盖、A柱、前门的匹配面都在精度范围内，而这些匹配面都是弧面且非垂直坐标系的面，安装基准动一个方向，四周的精度都会受到影响。

采用六西格玛中的DoE试验方法，通过二水平全因子实验设计，可以找到翼子板安装基准各个方向调整量和RPS点的数学联动关系，从而快速实现将翼子板调整至零位。

设定因子为调整基准 X_1 、 Y_2 、 Z_3 和 Z_4 ，因子水平为[-0.1mm, 0.1mm]，6个RPS点分别是 x_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 、 z_5 及 z_6 。可以确定如下关系（式中 β 、 γ 、 ω 均为关系系数）

$$f(x_1) = X_1 \quad (1)$$

$$f(y_2) = \beta_1 Y_2 + \gamma_1 Z_3 + \omega_1 Z_4 \quad (2)$$

$$f(y_3) = \beta_2 Y_2 + \gamma_2 Z_3 + \omega_2 Z_4 \quad (3)$$

$$f(y_4) = \beta_3 Y_2 + \gamma_3 Z_3 + \omega_3 Z_4 \quad (4)$$

$$f(z_5) = \beta_4 Y_2 + \gamma_4 Z_3 + \omega_4 Z_4 \quad (5)$$

$$f(z_6) = \beta_5 Y_2 + \gamma_5 Z_3 + \omega_5 Z_4 \quad (6)$$

X 方向是1:1的关系,故需要先将翼子板 X 向调至零位,然后调整 Y 和 Z 。

Cubing的机盖、前后杠、大灯及四门两盖等均采用此种方法进行精度调整。

技术实施方案

为保证项目顺利进展,三坐标测量团队组建Cubing搭建团队,从Cubing数模分析、搭建准备、测量准备、组装顺序确定、位置调整及测量程序开发等方面一一制定计划并实施,顺利完成了Cubing的组装、搭建和精度调整工作,保障了项目的顺利开展。

1.Cubing搭建准备

Cubing搭建准备包含平台清理、搭建顺序确定、测量程序开发等工作。

(1) 平台的清理 由于整个Cubing要放在平台上,所以必须要保证整个平台的清洁度,避免因平台的高低不平,导致Cubing变形。可以用D60进行防锈清理,毛刺的地方需要用油石打磨。

(2) 搭建顺序确定 Cubing都是分块装箱运输过来的,吊装天车的承载能力有限,所以需要将其分块进行安装。通过前期的数模分析,明确了各分块的链接方式和链接位置,搭建遵循原则先从底座开始,并从后部向前,逐层安装并调整精度,向上堆砌。最终实现全车精度满足验收要求,如图2和图3所示。



图2 Cubing卸货



图3 Cubing组装吊装

(3) 测量程序开发 为保证组装精度,Cubing的放置位置和每个位置的测量和精度调整都有严苛的要求,所以需要每安装一个模块,就对其关键尺寸进行测量,根据测量结果对模块进行微调,直至满足精度后,才开始安装下个模块。

为了充分利用平台测量,可以把Cubing放置在平台一端,这样可以利用后面的空间进行测量机的精度检查和微小零件的测量,提高平台的利用率。左右宽度尽量把Cubing放在整个平台的中间位置,这样两个测量臂都能测到中间位置。

Cubing组装下来,几乎每个零件的形面、关键孔位、连接基准等都需要测量到,所以测量程序开发是个巨大的工作,此车型Cubing安装完成共需要开发测量程序2万+行,输出测量报告111份。

2.Cubing组装

整个组装过程分为:基座位置确认、调整、组装;车体部位组装;四门两盖单件精度调整和装配位置调整。

(1) 基座位置组装 Cubing基座共三个模块,前端基座、主地板基座和后端基座。首先根据预先测量的位置,将后端基座先吊装至测量平台,用测量机将其 Y 向调正,然后依次吊装主地板基座和后端基座并将其连接。调整坐标系也即整车坐标系建系点分别在后端基座和前端基座上,建立整车坐标系,在坐标系下测量主地板基座,并进行 X 和 Y 的调整。反复循环调整,精度合适后进行连接固定,基座搭建即完成。

该过程难点是精度调整,精度要求是0.1mm内。同时,这三块基座又非常重,需要抡大锤敲击,敲击力度有很高的技术要求,太轻模块不会动,太重调整又

(下转第24页)

脂水洗段合适的温湿度，只有充分保证以上条件才能够有效保证镀锌板的附着力^[5]。

硅烷技术需要提升的方向

虽然硅烷技术经过十几年的发展已经比较成熟了，但是还有很多方面需要提升和改进，下面列举几个比较常见的项目：

- 1) 硅烷技术对于板材活性、表面粗糙度有明确的选择和限定。
- 2) 对对应的无磷脱脂剂提出了更高的过程防锈要求、清洗能力要求，药剂的干结、残留等需要最大限度的杜绝。
- 3) 硅烷技术电阻相对较低，对电泳漆提出了新的挑战，需要配套使用相对应高泳透率的电泳漆。
- 4) 硅烷膜耐蚀性比磷化差，过程防锈及前处理停线要求更高。
- 5) 硅烷技术在成膜过程中，双金属搭接或者间距较近位置的膜重需要重点控制等。

（上接第20页）

容易过头了。

（2）车体部位组装 基座搭建好后就像盖房子完成了地基，接下来是砌墙。依次吊装各小模块并进行精度调整和紧固安装，如图4所示。

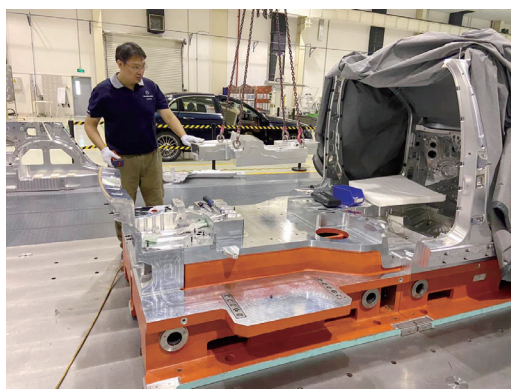


图4 Cubing模块组装

车体模块组装相对较为简单，像搭积木一样，逐层、逐块调整安装即可。

（3）四门两盖的精度调整和组装 四门两盖是整体发过来的，首先需要进行单件的精度验收，虽然其运输过程中已经进行了精细的支具固定，但长达几个月的运输过程和颠簸受力，还是会有一定的形变，尤

结语

硅烷技术目前是唯一可以替代磷化技术的新技术，不仅在环保、便捷、成本方面都有明显的优势，而且性能方面也可以满足行业的要求。但是新技术的诞生总是有很多需要改进的方面，只有通过大家不懈的努力，不断的摸索，最终才会将硅烷技术变的更加完善。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国生态环境部.污水综合排放标准GB 8978-1996[S].北京：中国标准出版社，1996.
- [2] 陈慕祖，于淑霞，周杰.电泳漆膜粗糙度的测定与改善[J].上海涂料，2002，40（6）：29-32.
- [3] 章小鸽.锌和锌合金的腐蚀（一）[J].腐蚀与防护，2006，27（1）：41-50.
- [4] 周杰，陈杰，成亚军.硅烷薄膜前处理技术在大众集团的应用[J].汽车工艺与材料，2023（11）：14-17.
- [5] 和军强.无磷前处理中电泳附着力事故的反思[J].电镀与涂饰，2021，40（8）：613-617. **AUTO1950**

其车门窗框区域，所以在调整过程中就需要将车门的内板和外板进行拆卸，然后通过垫片微调，最终实现合格的车门。而车门坐标系又建立在外板上，所以调整需要对测量数值进行反推，再根据反推结果调整，调整后需重新建系进行测量。该工作技术要求高、难度也高，平均一个车门的调整需耗时将近2.5天才能完成。

结语

通过对Cubing的组装和精度调整技术进行研究，并将DoE方法应用进复杂调整过程中，首次在公司内实现了Cubing的国产化组装和精度调整。此经验已在三个车型上成功推广，且效率越来越高，第三个车型整体组装时间缩短了一周，三周工作日内即可全部完成组装和精度调整，该技术可为国内Cubing的国产化制造提供成功经验。

参考文献：

- [1] 侯军，杨智，代丕云.CUBING开发与应用[J].科技创
新导报：工业技术，2014（31）：62. **AUTO1950**