

汽车钣金件GD&T公差设计方法

□ 北京汽车股份有限公司汽车研究院/杨旭乐 张晓春 潘强 白林

摘要：汽车制造业中GD&T图样设计是保证产品质量的一项重要工作，其核心内容是GD&T公差设计，本文从GD&T图样的总体要求、公差设计等方面介绍了钣金件GD&T公差的设计方法。

GD&T (Geometry Dimension And Tolerance，即几何尺寸与公差) 图样是产品尺寸公差设计部门对于汽车零部件制定的具体制造公差要求，用于指导与约束工装供应商模、夹、检具设计与制造并促使实物零部件尺寸精度达到设计要求。即GD&T图样要指导模、夹具的制造精度，并指导检具的检测方案及检测表设置。

钣金件GD&T图样编制过程中最少需要更新三版，初版GD&T图样支持检具招标报价，主要确定零件基准及检测位置的数量即可；过程版GD&T图样支撑检具设计、BASE下图加工及检具标准件采购；终版GD&T图样对应冻结数模，支持检具加工、装配、检测。

GD&T公差设计原则

设计GD&T公差的目的是为了

保证功能的实现。通过对零件的功能分析，运行尺寸链等工具将目

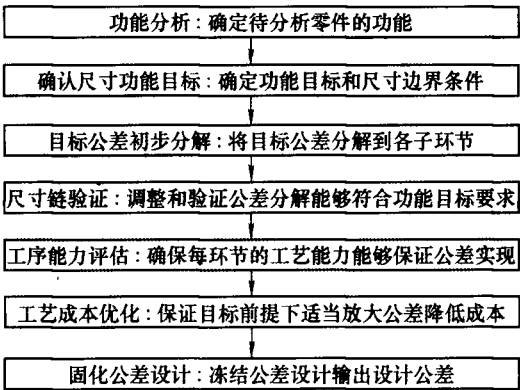


图1 GD&T公差设计流程

标分解到每个影响功能目标的环节上，结合工序能力评估和工艺成本优化，从而制定出合理的公差。

GD&T公差设计方法

GD&T编制的重点是公差

的设置，而设置公差首先要确认零件的工艺水平能达到的制造公差，钣金件总成公差的决定因素主要包括基准公差和制造公差累积两部分。基础公差和某一环节的制造公差一定

后可计算出各工序的公差，公差的计算一般采用经济实用的正太分布统计法，将各个环节的公差平方再开方，即六西格玛的正太分布统计法（见图1）。

1.基础公差

基础公差是制造工艺所能达到的水平，设备既定公差既定。如果通过分析，基础公差能满足零件功能需求时，零件公差就使用既定的

工艺基础公差。如果通过分析，基础公差不能满足零件功能需求时，一般可以通过调整产品结构（如强制搭接结构改为滑动搭接结构）或者调整制造工艺（如人工工频焊接改为机器人中频焊接）来满足零件功能需求，如果调整产品结构或者调整制造工艺仍不能满足零件功能需求时，需要提升基础公差，即需要提高钣金单件制造水平，如提高模具制造工艺，加工水平等。

一般情况下，国内主机厂的钣金单件基础公差可按下表参考选取，特殊情况下可酌情提升基础公差。

2.制造公差

制造公差是制造钣金件总成时每一种工艺所产生的公差，后工序的工艺公差在前工序的公差基础上累积，制造公差主要有凸焊公差，包括凸焊螺母及凸焊螺柱，植焊公差，弧焊公差，点焊公差，激光焊公差，还有一些适用于铝合金的铝点焊、SPR、FDS公差等。

比较基础的是凸焊公差，植焊公差及点焊公差。凸焊公差的产生主要由凸焊钣金件过孔的预留尺寸及其尺寸公差、凸焊设备的公差、凸焊螺母/螺柱的公差组成，一般在±0.3mm。植焊公差主要由植焊夹具的导套位置公差、尺寸公差，植焊设备的公差，植焊螺柱的公差组成，一般在±0.3mm。点焊公差主要由点焊钣金件的公差，焊接夹具的公差及焊接设备的公差组成，一般在±0.3mm至±0.5mm之间选择。

3.总成公差计算

总成的检测目标公差即计算该

检测目标与基准之间的尺寸链。尺寸链的主要计算方法有两种：极值法，封闭环的公差等于所有组成环公差之和；统计法（概率法），利用统计学的原理结合组成环的分布形式计算封闭环公差的方法。

汽车生产的实际过程中，在调试结束以后，生产处于大批量的稳定过程状态，生产的实际尺寸趋近于正态分布，此时目标公差即封闭环公差就是各组成环公差的平方和开方，也被称为均方根法。

4.总成公差计算实例

通常情况下，钣金件的搭接方式可以分为滑动搭接及强制搭接两种（见图2），钣金件总成公差计算根据板件的搭接方式不同，考虑因素略有不同。强制搭接需要考虑强制搭接面对总成公差的影响，而滑动搭接不用考虑该项。

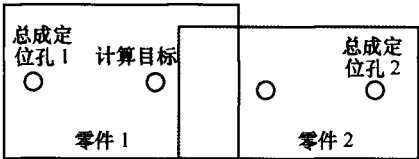


图2 钣金件滑动搭接示意

如果两个零件滑动搭接，计算某一个单件定位孔（非总成定位孔）的位置公差A，该公差由总成定位孔1的位置公差，零件1的定位销尺寸公差，销孔配合公差及定位孔的尺寸公差，零件1定位销的位置度公差，零件2的定位销尺寸公差，销孔配合公差及定位孔的尺寸公差，零件2定位销的位置度公差及总成定位孔2的位置公差，焊接变形组成。

$$A = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2 + a_2^2 + b_2^2 + c_2^2 + d^2 + e^2 + j_1^2 + k_1^2 + m_1^2 + j_2^2 + k_2^2 + m_2^2 + n^2 + p^2 + r^2}$$

其中A为计算目标公差， a_1 为零件1的主定位销尺寸公差， b_1 为零件1主定位销销孔配合公差， c_1 为零件1主定位孔的尺寸公差， a_2 为零件1的副定位销尺寸公差， b_2 为零件1副定位销销孔配合公差， c_2 为零件1副定位孔的尺寸公差， d 为零件1主定位销的位置度公差， e 为零件1副定位销的位置度公差， j_1 为零件2的主定位销尺寸公差， k_1 为零件2主定位销销孔配合公差， m_1 为零件2主定位孔的尺寸公差， j_2 为零件2的副定位销尺寸公差， k_2 为零件2副定位销销孔配合公差， m_2 为零件2副定位孔的尺寸公差， n 为零件2主定位销的位置度公差， p 为零件2副定位销的位置度公差， r 为焊接变形。

r 对应夹具重复精度检查表，一般要求±0.3mm，±0.5mm可让步接收。

上述的各种公差根据夹具制造厂商不同或各主机厂要求不同略有区别，一般情况下可按表1参考值选用：

以上示例为滑动搭接的1序工序公差计算，如果是强制搭接需要再考虑搭接面的夹具定位块公差及定位面的面轮廓度公差。如果需要计算某个件的功能孔公差则需要再考虑该孔的位置度公差，见表2。

（下转第59页）

(4) 进口轴承空载试验。进口主减总成进行空载试验，因客观原因，该空载试验未装半轴及制动器总成。

检查结果：主齿内轴承出现轻微偏磨，但因试车时未带半轴及制动器总成，偏磨程度没有国产的严重；主齿外轴承基本未出现偏磨；差速器轴承偏磨情况与国产的相同。

试验结果分析

通过对以上装配前、装配后、空载试验、加载试验及进口主减总成空载试验分析，轴承偏磨情况如下：

- (1) 主齿外轴承基本无偏磨现象。
- (2) 主齿内轴承国产与进口轴承在空载及加载都出现不同程度

的偏磨，且1.1N·m力矩与1.5N·m力矩的主齿内轴承偏磨程度及方向相近。基本可以说明该偏磨是由主减结构及其受力方式决定的，与轴承、减壳、差壳等零部件加工精度及主减总成装配关系不大。

(3) 进口与国产差速器轴承的偏磨方式相同，均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨。

通过试验与理论分析得出结论：主齿内轴承的偏磨方向与理论分析的方向基本一致，差速器轴承的偏磨也与差速器轴承座结构有关，均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨。因此在主减内轴承出现偏磨均为结构性偏磨。

结语

本文对悬臂式主减速器总成装整车上进行NVH测试后，拆解主

减速器总成，出现的主动齿轮内外轴承及差速器轴承外圈内壁一定程度的偏磨问题进行了理论及试验对比分析，结合主减结构设计有关理论知识 and 装配时轴承的预紧力矩对轴承的影响，进行了分析及相关试验。

结果表明，主动齿轮内外轴承的偏磨方向与理论分析的方向基本一致，差速器轴承的偏磨也与差速器轴承座结构有关，均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨。因此在主减速器内的4个轴承出现偏磨均为结构性偏磨。找出了主减轴承偏磨的根本原因，对后续的主减速器总成故障分析提供必要的参考。 **AUTO1950**

(上接第56页)

表1 钣金件制造公差参考

序号	公差类型	参考值/mm
1	定位销尺寸公差	0.1
2	销孔配合公差	0.1
3	定位孔尺寸公差	0.1
4	定位销位置度公差	0.1
5	焊接变形	0.3-0.5

表2 钣金件总成公差参考 (单位: mm)

工序		1序	2序	3序
	滑动	±0.6	±0.8	±1.0
功能 (螺母螺柱孔、 焊接及安装面)	强制	±0.7	±0.9	±1.1
	滑动	±0.7	±0.9	±1.1
	强制	±0.8	±1.0	±1.2

理论计算有一定局限性，最终公差的给定可以根据统计结果乘以一个系数，简单的做法是参考其他一些量产车型根据实际情况微量调整。

结语

汽车尺寸工程是一个覆盖产品设计、工装设计、零部件制造和装配全过程的概念，其中GD&T图样设计是尺寸工程中的一项重要工作，编制GD&T图样需要持续不懈地加强对整车结构、定位、功能、偏差源属性等各项因素的认知，且GD&T的基准、公差设计需要在后序试生产环节评价并更正，在量产阶段持续优化，形成资料库，供后续车型 GD&T设计参考。

AUTO1950