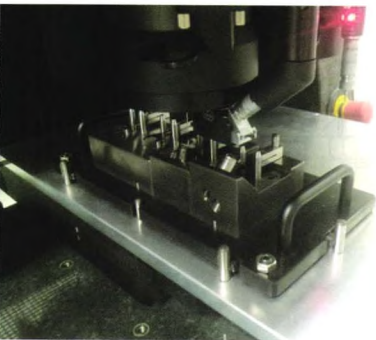


GD&T中的三种装配设计

■ 德尔福汽车系统（中国）投资有限公司（上海 200131） 王廷强

摘要：由于制造工艺和检测技术的提高，GD&T成为工艺和检测技术的基础支持，在制造业中的重要性日益显现。介绍GD&T相关的三种装配条件即通用装配条件、浮动螺栓装配条件和固定螺栓装配条件，给出了解决方式。



GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing) 意为“尺寸和形位公差控制”。通过综合考虑零件的制造装配工艺和检测方法，基于统计学的分析来实现零件的设计。关于GD&T的装配，有以下3种情况。

1. 通用装配条件

第一种是通用装配条件：假如一个零件上的孔的位置度为 $\phi 19.1-19.8$
 $\oplus \phi 0.2(M)A|B|C$ ，设计一个与这个孔

的配合轴，要求能够保证静态装配。

因MMC修正的特征是满足静态配合，可能发生公差间隙不均匀的装配。这个孔在最大实体尺寸 $\phi 19.1\text{ mm}$ 时，其公差带为 $\phi 0.2\text{ mm}$ 。

第一步，我们可以得到这个零件的公差补偿曲线（见图1）。可以求出这个孔的实效边界VC (Virtual Condition) 为 $19.1-0.2=18.9\text{ (mm)}$ 。也就是孔的装配边界是 $\phi 18.9\text{ mm}$ ，即当这个孔的位置度为零时，能保证装配的孔的合格边界尺寸。要注意这个尺寸无法实现。因为尺寸公差和位置度公差的补偿原理是一比一的关系，所以孔的公差曲线是斜率 $k=1$ 的线性曲线。横轴代表孔的尺寸，纵轴代表孔的位置度。

第二步，推算配合轴的公差

曲线。轴的补偿曲线一定是一个 $k=-1$ 的线性曲线，如图2所示，这个轴在 $\phi 18.9\text{ mm}$ 尺寸以左的斜线下的面积都能满足这个孔的装配。按照设计要求，假如在成本和装配间隙的要求下，我们取值 $\phi 17.9\sim\phi 18.3\text{ mm}$ ，那么对应的位置度值便确定下来。如图3所示，AB之间的区域为设计的最小间隙 $19.1-18.3=0.8\text{ (mm)}$ ，即设计的径向最小间隙为 0.4 mm 。

第三步，完成配合轴的公差控制框。按照配合曲线图，可以完成轴的公差控制框的输入 $\phi 17.9-18.3$
 $\oplus \phi 0.6(M)A|B|C$ 。

对于配合曲线我们还可以有其他应用。首先是对于通止规和功能销（位置度检测销）的设计。MMC代表通规尺寸，LMC代表止规尺寸，VC代表功能销的尺寸。实

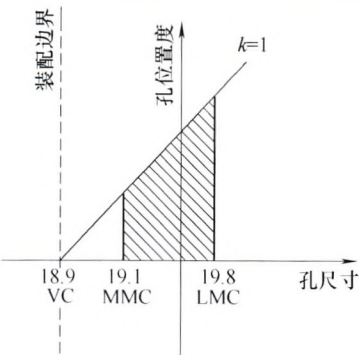


图1 公差补偿曲线

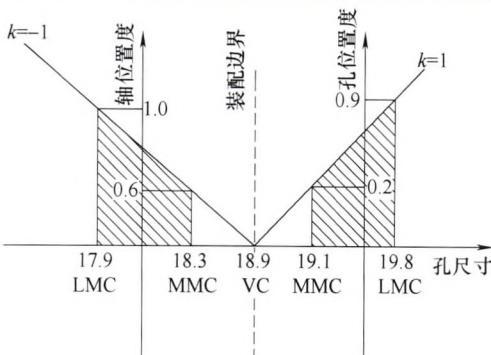


图2 配合零件的公差曲线

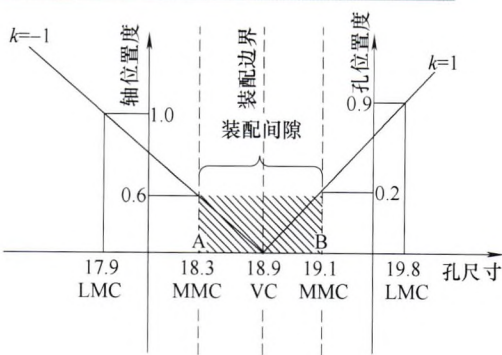


图3 配合间隙

际制作过程中，还需要考虑10%的加工误差和磨损。对于孔和轴的通规是 $\phi 19.1\text{ mm}$ 和 $\phi 17.9\text{ mm}$ ，止规是 $\phi 18.3\text{ mm}$ 和 $\phi 19.8\text{ mm}$ （见图4）。

这个曲线图也可以作为返工、返修的指导。如图5所示，当轴的零件处于B阴影区时，零件合格。如果零件处于A区，表明零件小于LMC尺寸，无法返修，直接报废。如果零件处于C区，虽然这个轴大于MMC尺寸，尺寸上判为不合格零件，但在 $k=-1$ 的斜线区域内，零件能够满足装配。如果没有特殊的间隙功能要求，零件可以判为让步接收或放行，但可能发生装配难度增加的问题。如果零件处于D区，则为不合格的孔类零件，这个孔在位置度上超差，方案是返修，根据尺寸公差和位置度公差互相补偿的原理，我们通过扩大孔来增大位置度公差，达到满足装配的目的，使这个孔移到孔的合格区内。工具要适当选取一个直径在19.3~

19.8 mm之间的钻头来完成返修。

不合格孔D所处的坐标为（S，P），那么在维修方案中，最小的钻头直径为

$$D_1 = S + (P - S + VC) = P + VC$$

式中， D_1 为最小钻头直径（最小修正内部尺寸）；S为实际孔的直径；P为实际孔的位置度；VC为实效边界常量。

以上是第一种装配条件的设计方法，对于这种方式，无论是单个特征装配，还是阵列特征装配都适用。

2. 浮动螺栓装配条件

第二种装配情况如图6所示，因为实效边界即装配边界不再是最大实体尺寸和位置度的关系，而直接指定为第三个装配零件浮动装配螺栓的直径。

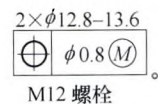
在这个装配中，我们可以在机械设计手册里查出M12螺栓的实际外径尺寸，这里取 $\phi 12\text{ mm}$ 。

这两个孔的MMC= $\phi 13.6\text{ mm}$ ，LMC= $\phi 12.8\text{ mm}$ ，VC= $\phi 12\text{ mm}$ （螺栓大径尺寸）。

当上下两个孔板的孔的轴线相对方向浮动的时候，装配条件最差。所以我们考虑这种装配状态来定义这两个孔的位置度，来满足位置度装配。已知LMC尺寸和VC尺寸，求位置度。

所以每个孔的位置度为MMC-VC= $12.8-12=0.8\text{ (mm)}$ 。我们也可以使用配钻孔的方式来定义这两个孔，定义两个或多个装配孔的中心轴线在相对位置上的偏

差，即在这个装配总成上标注成



注意这个公差控制框，并不是这个位置度没有基准约束，而是这里两个孔互为基准。

我们可能还会遇到这种情况，其中一个孔板为采购的，即其中一个孔板的位置度是已经定义了的，那么我们如何定义其配合孔板上孔的位置度呢（见图7）？

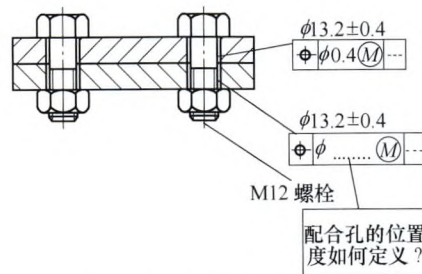


图7 已知条件的浮动螺栓装配

因为保证 $\phi 12\text{ mm}$ 的装配边界的两个孔的轴线的偏差总量为 $\phi 1.6\text{ mm}$ ，第一个孔板允许的浮动量为 $\phi 0.4\text{ mm}$ ，那么另一个轴线的相对浮动量为 $\phi 1.6\text{ mm} - \phi 0.4\text{ mm} = \phi 1.2\text{ mm}$ 。

3. 固定螺栓装配条件

第三种装配情况为固定螺栓装配（见图8）。如果螺纹板的螺纹孔的位置度加工能力为 $\phi 0.4\text{ mm}$ ，那么如何定义孔板上孔的位置度？

这种情况下的实效边界为VC=螺栓的外径（这里取 $\phi 12\text{ mm}$ ）+螺纹孔的位置度= $\phi 12\text{ mm} + \phi 0.4\text{ mm} = \phi 12.4\text{ mm}$ ，所以可用的

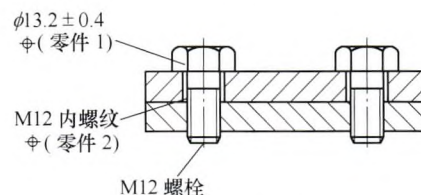


图8 固定螺栓装配

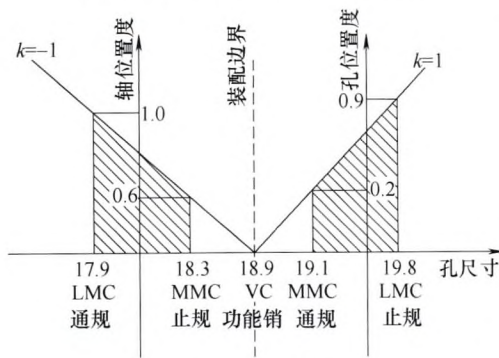


图4 止通规的设定

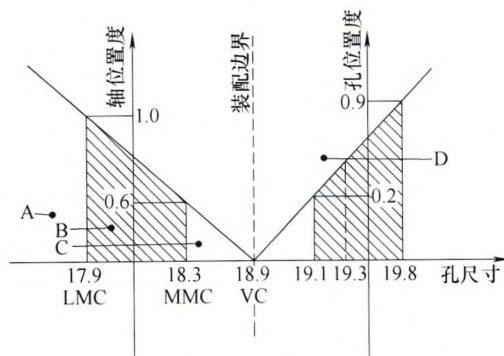


图5 处于不同尺寸区间的零件处理

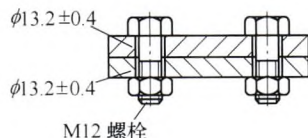


图6 浮动螺栓装配

轴承滚子加工工艺及现状分析

■ 瓦房店轴承集团公司工程中心（辽宁 116300） 刘家骏

■ 瓦房店轴承股份有限公司（辽宁 116300） 于晓岩

摘要：轴承滚子的加工质量水平直接影响整个轴承的使用性能及轴承的寿命和可靠性。介绍轴承滚子的加工现状，针对轴承滚子加工中存在的问题，指出产品设计和工艺设计改进方向，提出切实可行的建议及措施，以提高轴承滚子的实物加工质量。

在轴承产品零件加工中，有些人多少存在一种重成品、轻配件的观念。滚子的加工质量水平存在一定的差距，滚子对轴承质量影响之大，直接影响到整个轴承的使用性能、寿命和可靠性。滚子作为轴承的主要部件之一，全项质量指标和稳定性仍有较大差距。为了实现滚子轴承的减振降噪，提高轴承的寿命和可靠性，针对轴承滚子生产状况，提出需要关注的几个问题，并对轴承滚子加工质量中存在的问题分析如下。

1. 轴承滚子加工现状

目前，轴承滚子的加工现状为：

（1）精密Ⅰ级、Ⅱ级圆锥、圆柱轴承滚子不能批量生产。市场对D级、C级精密轴承的需求量越来越大，但是精密轴承的大批量生产对轴承滚子来说，难度较大。仅

是与精密轴承配套的Ⅰ级、Ⅱ级滚子的批量加工，在滚子加工过程中就困难重重。目前也只能小批量加工一些Ⅱ级圆锥、圆柱轴承滚子，并且是要从所加工的轴承滚子中挑选出一部分Ⅱ级品轴承滚子，能够加工0级、Ⅰ级轴承滚子的品种极少，还不能形成批量生产。

（2）普通Ⅲ级滚子精度的稳定性差。轴承中使用最多、最广的Ⅲ级滚子约占70%~80%。但是，普通滚子的尺寸、精度状况也不稳定，特别是球面轴承滚子尺寸、精度方面的问题急需解决。整批滚子的尺寸精度和几何精度的一致性 & 稳定性较差，这种状况就给滚子轴承的减振降噪和轴承寿命带来了很大的不确定性。这主要与现有的生产技术和管理水平参差不齐、设备状况差异较大以及大部分采用单机

加工等有较大的关系。

（3）轴承滚子加工技术及其工艺装备方面存在问题。作为组成轴承的四大部件之一，滚子一般与轴承配套加工，轴承滚子的加工大多采用单机、多工序、多工步加工，有些环节加工机床精度差、稳定性差，所加工的轴承滚子存在尺寸散差大，几何精度不统一、不稳定等问题，导致生产出来的轴承状态不一致、寿命不稳定。所加工的滚子精度稳定性也不一致，仍然存在批滚子尺寸散差大、某些技术指标时好时坏的现象。

（4）一些企业存在超负荷突击生产现象。存在着某种轴承在市场需求量剧增的情况下，车间超负荷运转生产的情况，潜伏着在今后的生产中机床精度急剧下降的危机。在生产超负荷的短期生产压力

装配间隙为 $\phi 12.8\text{ mm} - \phi 12.4\text{ mm} = \phi 0.4\text{ mm}$ 。所以孔板上孔的位置度为 $\phi 0.4\text{ mm}$ 。标注为 $\phi 19.1-19.8$
 $\phi 0.4(M)A/B/C$ 。

4. 结语

本文详细地介绍了GD&T相关的三种装配条件，并给出了解决方式。在实际应用过程中，会有阵列孔或销的装配情况，其解决方式相

同。这种分析方法可以整合到企业的设计软件中，实现自动匹配设计，达到加快开发进度、减少设计成本的目的。

参考文献：

- [1] ASME Y14.5-2009, Dimensioning and Tolerancing[S].
- [2] ISO 1101-2004, Geometric

Product Specifications (GPS)
-Geometrical tolerancing-
Tolerancing of form, orientation,
location and run-out[S].

- [3] 王廷强. GD&T基础及应用[M]. 北京：机械工业出版社，2013.

MW（收稿日期：20140718）