

基于 HB 6103 的钛合金铸造图纸尺寸 标注案例分析

刘泗溢^{1,3}, 杜海军^{1,3}, 王本志^{1,2,3}, 张军威^{1,3}, 田智星^{1,3}

(1. 北京百慕航材高科技股份有限公司, 北京 100094; 2. 中国航发北京航空材料研究院
铸钛中心, 北京 100095; 3. 北京市先进钛合金精密成型工程技术研究中心, 北京 100095)

摘要: **目的** 促进钛合金精密铸造在设计和生产中, 合理使用航标(HB 6103—2004)表达铸件尺寸。**方法** 对国内钛合金精密铸造产品在尺寸检测时遇到的问题进行分析, 通过总结实际案例简述仅使用 HB 6103 对铸件进行尺寸测量时造成的影响。**结果** HB 6103 是行业内对铸造尺寸公差的规定, 其基本尺寸(独立尺寸)公差分为 16 级。铸件在图纸尺寸的标注上应配合使用尺寸公差和几何公差, 单独使用尺寸公差会导致产品尺寸信息表达不全, 难以精确传达设计者的初始意图。**结论** 设计者应根据产品实际使用工况合理使用航标 HB 6103 中的铸造尺寸公差, 完整、合理地表达铸件尺寸, 有助于提高图纸的可读性, 同时有助于提高铸件尺寸的合格率。

关键词: 铸件尺寸; 尺寸公差; 几何公差; 尺寸测量

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2018.03.024

中图分类号: TH124 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2018)03-0131-06

Cases for Size Marking of Casting Drawings for HB 6103 Based Titanium Alloy

LIU Si-yi^{1,3}, DU Hai-jun^{1,3}, WANG Ben-zhi^{1,2,3}, ZHANG Jun-wei^{1,3}, TIAN Zhi-xing^{1,3}

(1. Baimtec Material Co., Ltd., Beijing 100094, China;

2. AECC Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China;

3. Beijing Engineering Research Center of Advanced Titanium Alloy Precision Forming Technology, Beijing 100095, China)

ABSTRACT: The paper aims to promote the precision of titanium alloy casting during design and production, and express the dimensions of casting correctly with navigation marks (HB 6103—2004). Issues in precision casting of titanium alloy product in China were analyzed. Influences of dimensional measurement of castings only with HB 6103 were summed with actual cases. HB 6103—2004 was the standard of tolerance for casting in the industry. Its basic size (independent dimension) was divided into 16 grades. The dimension tolerance and geometric tolerance should be used in the dimension of the drawing. And the exclusive use of dimensional tolerances will lead to failure of expressing all information on product size, and thus affect the product quality. The designer should express casting size reasonably with the dimensional tolerance of casting in dimensional tolerance HB 6103 based on actual production use and working condition. It will be helpful to improve the readability of drawing and the yield of high casting size.

KEY WORDS: dimension of casting; dimension tolerance; geometric tolerance; dimension measurement

收稿日期: 2018-04-19

作者简介: 刘泗溢(1988—), 男, 助理工程师, 主要研究方向为接触式测量机, 非接触式光学测量系统针对铸件生产过程中的尺寸控制方法、基准传递方法、零件的尺寸测量方法等。

HB 6103—2004 (文中简称航标) 是中华人民共和国航空行业铸造公差标准, 对铸件尺寸公差和机械加工余量作了规定, 尺寸公差是独立的, 没有基准约束。例如, 铸造一根芯棒, 航标可以限定芯棒的直径公差, 不限制其圆柱度; 铸造一个平板, 航标可以限定平板的厚度公差, 不限制其平面度。在实际的铸件上也是同样的道理, 可以限制其产品上每个尺寸的尺寸公差, 不限制尺寸要素之间的空间位置关系, 因此, 不管是航标 HB 6103—2004, 还是欧标 IS 8062:1994, 它们均无法规定产品尺寸的使用属性^[1-4]。

目前, 铸件设计过程中, 在铸件图纸上仅标注铸件尺寸公差, 导致铸件图纸在尺寸标注上信息表达不全, 关键几何尺寸不描述, 未能充分、准确地表达铸件的各种要求。根据这类图纸进行铸件开发时, 测量工程师无法依据图纸要求正常检测铸件尺寸, 通常需要铸造工程师和设计师进行多次沟通, 才能了解设计师的真正意图, 增加铸件开发难度、周期。

合理使用航标 HB 6103 中铸造尺寸公差, 对于铸件的开发至关重要。在下面内容中将举例铸件研发过程中图纸尺寸标注和尺寸检验方法的实际案例, 通过案例图样进行总结分析, 解析铸造尺寸公差标注与尺寸测量上的分歧、矛盾和差异。

1 产品几何公差 (GD&T) 介绍

1.1 GD&T 来源

几何公差在 20 世纪 30 年代被提出来, 经过不断地完善和改进, 是一代又一代工程师和专家们在理论和实践中总结出来的人类智慧结晶。根据国外统计, 正确的使用几何公差会使研发、生产的质量水平提高 15%~20%。

几何公差产生, 是因为随着生产技术和检测技术的提高, 尺寸公差系统已经不能充分表达设计意图, 设计者迫切需要一种能够精确逻辑的工程语言来表达设计意图。而尺寸公差这种工程语言很难将创造性复杂的结构产品表达清楚, 并被其他人准确理解, 设计者定义的尺寸公差通常会因制造者或检测者不同而有着不同的理解, 会导致不能精确传达设计意图^[5]。

1.2 尺寸公差的表达

线性尺寸, 简称尺寸, 是指两点之间的距离, 如直径、半径、宽度、深度、高度等在图纸标注中常见的线性尺寸有图 1 所示的 4 种表达方式。

一个理想的尺寸或是定位尺寸就是公称尺寸, 也被成为理论尺寸, 被包含在矩形框内在图样上表达出来, 是并非需要检测的尺寸, 见图 1a。参考尺寸在图样中被标注在括号内, 通常是尺寸链中作为工艺参

考的验证尺寸, 一般为尺寸链中的冗余尺寸, 同样不需要检测, 见图 1b。当公称尺寸后有公差, 就是尺寸公差, 见图 1c, 这样的尺寸需要检验。在图 1d 中, 这样的尺寸出现在零件图中通常没有特殊要求, 不需要检测, 由生产设备保证精度。当出现在铸图中, 其公差参考一般技术要求中的规定, 例如航空铸件引用的是 HB 6103—2004^[6-9]。

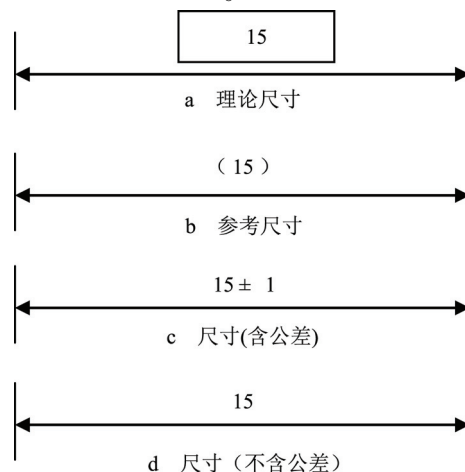


图 1 尺寸公差表达方式

Fig.1 Expression of dimensional tolerance

2 HB 6103—2004 铸造尺寸公差在应用中的案例分析

目前世界铸造行业内的铸造公差主要分为欧标 IS 8062: 1994、中国航空行业标准 HB 6103—2004, 还有些航空品制造商有着自己的铸造公差标准。对于铸件尺寸公差而言, 这几种标准表达的均是随着铸件基本尺寸的增加其铸件尺寸公差随之增大, 以 HB 6103—2004 为例, 铸件尺寸公差等级共分为 16 级^[10]。标准中的图样示例均说明其定义的尺寸要素是直径、半径、宽度、深度、高度等, 因此, 铸造尺寸公差定义的是铸件基本尺寸^[11], 它是独立尺寸, 没有基准的约束, 因此按照航标执行产品测量时, 只能针对铸件尺寸公差部分进行检测。

在实际应用中, 国内的钛合金铸件在尺寸检测时通常使用几何公差验证尺寸公差, 导致产品测量后结果不合格, 主要归纳为以下几类 (下文所有图样示尺寸公差执行 HB 6103—2004 CT7 级)。

2.1 线性尺寸被作为位置尺寸测量

图纸分析: 图 2a 中的尺寸链是铸件尺寸图纸标注。分析图纸可以知, 尺寸链上的 $X_{\max}=205+1.5=206.5$, $X_{\min}=205-1.5=203.5$ 。其中 A 基准标注无测量上的意义, 因为尺寸公差不受基准约束。

使用图 2a 所示图纸进行尺寸测量时, 会有两种测量方法:

- 1) 使用量具法直接测量 2 个平面直接的距离。
- 2) 以 A 基准找正,以基准平面 A 为起点对①, ②, ③号尺寸进行测量, 均采用尺寸公差作为几何公差使用, 其公差分配如图 2b 所示。

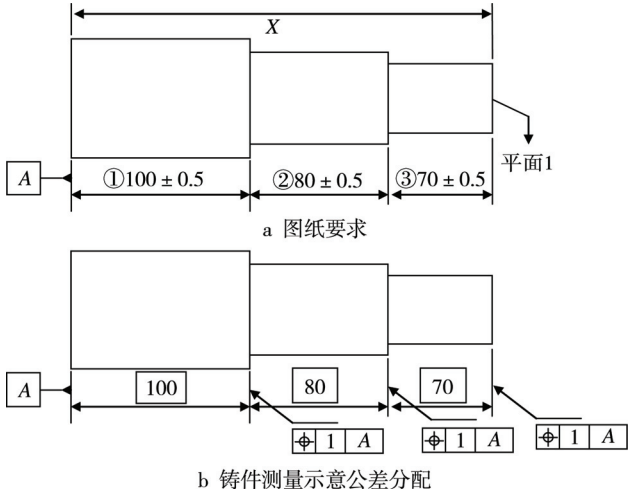


图 2 线性尺寸
Fig.2 Linear size

测量方法案例分析：

第 1 种测量方案，采取直接测量。虽然这种测量方式符合图纸要求，但公差累计时，尺寸链上的 $X=X_{\max}-X_{\min}=2.5$ ，若以基准进行线性加工，且平面 1 是加工量为 2.5 的加工面，可能会影响零件的加工。

第 2 种测量方案，见图 3。使用基准进行测量，避免了公差累计，在一定程度上也可以满足加工需求，但是却违背了图纸和测量要求：其一，图纸中要求其尺寸公差按航标执行，并未要求几何公差，因此没有引用基准测量的条件；其二，即便是使用基准进

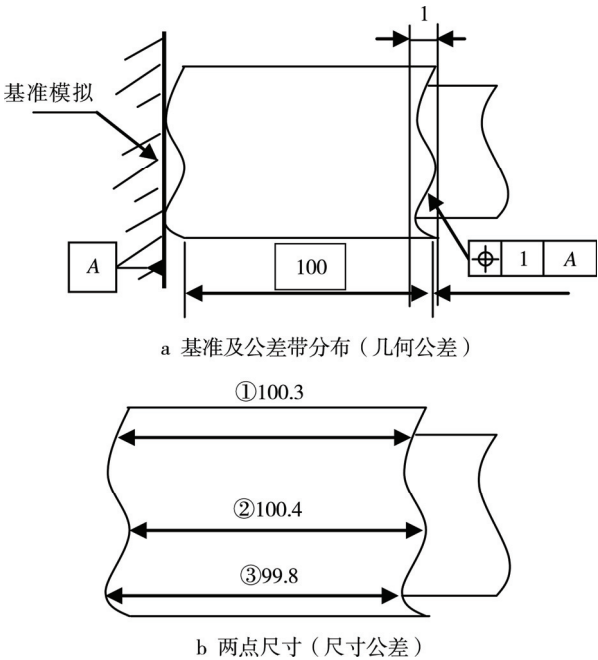


图 3 测平面放大后测量示意图
Fig.3 Magnification diagram of plane

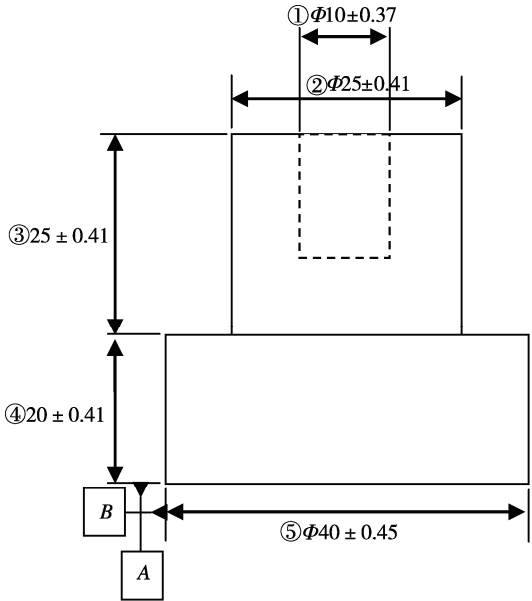
行测量，铸件尺寸公差不等于几何公差，两者之间有着本质差异，区别在于几何公差在使用基准时，基准以基准模拟体的形式被引用，基准和公差带分布见图 3a。铸件尺寸公差使用独立原则即两点法进行测量，见图 3b，例如①, ②, ③是 3 处测量的实际测量结果。后续案例不再进行相同点的阐述^[12]。

2.2 形状尺寸被作为位置尺寸测量

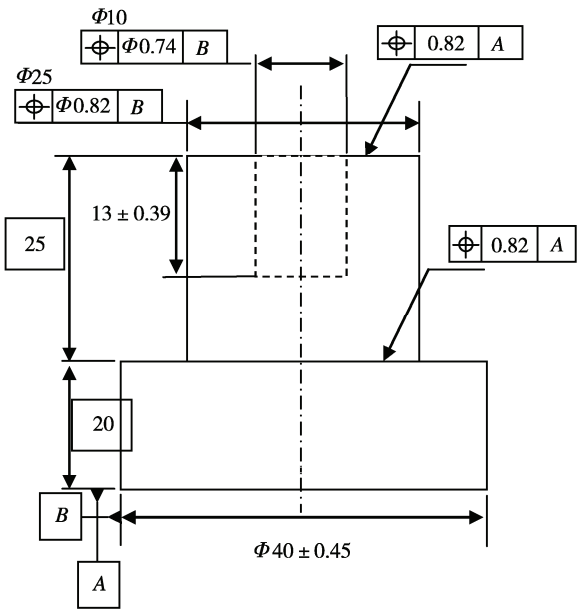
2.2.1 案例 1

图纸分析：在图 4a 中，尺寸标注方式经常会被标注在铸件图上,图中尺寸按照航标 HB 6103 之 CT7 要求分配尺寸公差，明确了 A 和 B 基准。

测量方法：



a 铸件图纸标注示例



b 铸件测量公差分布

图 4 某产品侧视图
Fig.4 Side view of product

使用图 4a 的图纸进行尺寸测量时, 根据铸件的结构特点及经验会有 2 种测量方法。

1) 直接按照图纸标注测量, 例如使用卡尺测量①, ②, ⑤号直径, 使用高度尺测量③, ④号, 只测量形状尺寸不考虑其位置尺寸。

2) 为兼顾后续正常加工, 需参考基准对相关尺寸进行测量。考虑位置尺寸, 其中几何公差按尺寸公差进行测量, 几何公差分布见图 4b。

测量方法案例分析:

第 1 种测量方案, 采取直接测量。这种测量方式符合图纸要求, 当①, ②号尺寸没有几何尺寸约束时, 虽然尺寸公差符合要求, 但尺寸位置发生偏移时, 可能会出现图 5 中的情况。

第 2 种测量方案, 使用基准进行测量, 存在以下问题: 首先, 测量时没有引用基准的技术条件; 其次, 几何公差按尺寸公差进行测量, 产品尺寸合格率下降^[13-15]。

2.2.2 案例 2

图纸分析: 图 6a 的标注方式经常出现在铸件图

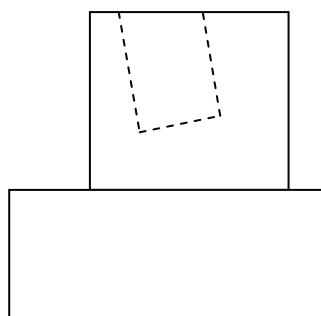
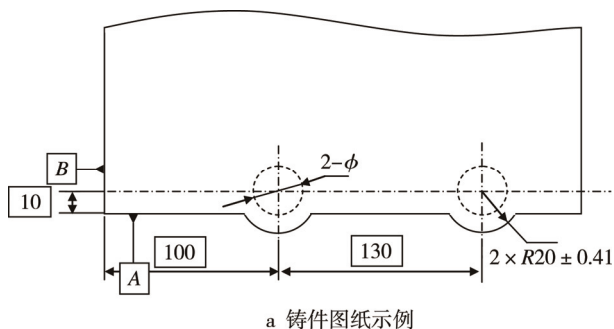
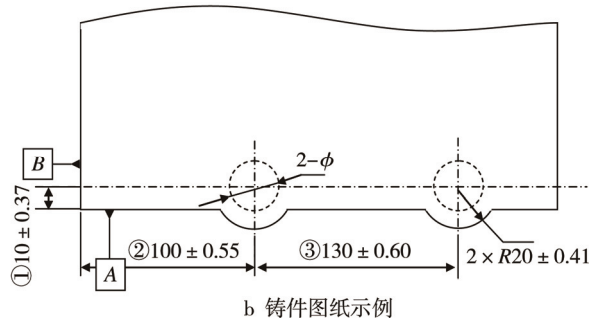


图 5 位置扭曲实例
Fig.5 Position movement



a 铸件图纸示例



b 铸件图纸示例

图 6 图纸示意图
Fig.6 Diagram of drawing

纸中, 需要正确理解。首先带框尺寸是定位性描述尺寸, 根据航标中 5.7.2 规定是需要机械加工的要素, 其中心位置尺寸在划线检查时不给公差, 因此定义为理论尺寸。图 6b 线性方向都赋予了公差, 也是图纸常见的标注方式。

对于该产品而言, 图纸中最关键的尺寸应该是零件加工后内孔壁到外边界的壁厚尺寸。根据图 6b 图纸的标注方式, 测量时一般会有两种测量方法:

1) 不考虑其位置尺寸, 使用 R 规直接测量图纸标注尺寸 $R20$, 找到 $R20$ 实际圆心, 将图中①, ②, ③号尺寸赋予尺寸公差进行测量。

2) 使用基准对相关尺寸进行测量, 以 A 和 B 基准对 $R20$ 理论圆心位置进行划线, 测量理论圆心距离 $R20$ 外边界的距离, 公差按照 ± 0.41 进行判定。

测量方法案例分析:

第 1 种测量方案采取直接测量。测量方式符合图纸要求, 但铸造 R 角形状误差大, $R20$ 的实际圆心位置难以确认, 导致①, ②, ③号尺寸难以测量。若 $R20$ 圆心位置放生偏移, 后续按基准机械加工时, 可能会导致图 7 所示的情况, 可能会影响零件的使用。

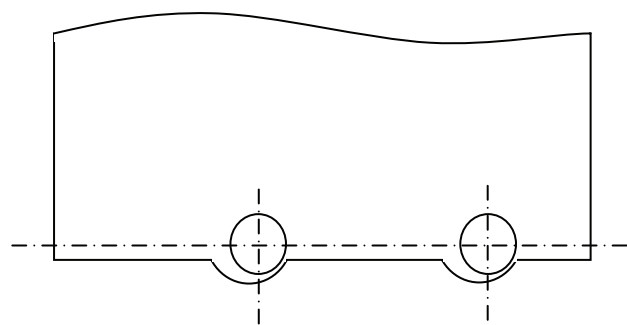


图 7 位置扭曲实例
Fig.7 Position movement

第 2 种方法按照基准位置进行测量。其一, 该测量方式不符合图纸要求; 其二, 在尺寸测量时引入基准, 不符合 HB 6103 对铸件尺寸公差定义; 其三, 在测量 $R20$ 时, 将尺寸公差带按几何公差带使用, 公差带混淆。

为正确使用 HB 6103 对铸件图纸标注, 采用图 8 所示的标注方式, 引入基准系对 $R20$ 进行定义。首先,

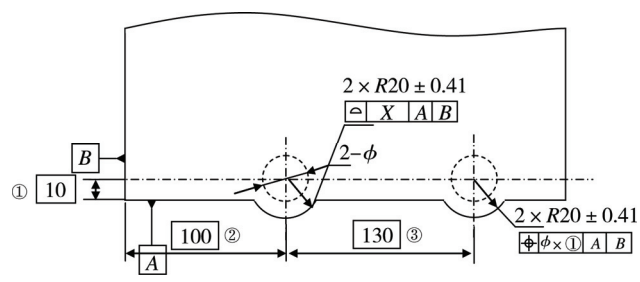


图 8 图纸标注
Fig.8 Annotation of drawing

$R20$ 是尺寸公差, 按照 HB 6103 进行公差标注; 其次, 考虑零件在使用时, 关键尺寸是零件加工后内孔壁到外边界的壁厚尺寸, 因此可以使用面轮廓度或者位置度的语言来表述, 使用轮廓度时可以使用不等公差带控制壁厚, 在使用位置度时可以使用 LMC (最小实体尺寸) 控制壁厚。但是定义几何公差 X 时, 需要设计者根据产品的使用工况合理定义公差带。

2.3 角度尺寸测量

图纸分析: 图 9a 的角度标注并没有给定公差, 航标中没有规定角度公差, 如何判定铸件尺寸合格,

图 9c 图纸给定了角度公差, 如何判定铸件尺寸合格。

测量方法: 直接测量, 例如使用角度尺, 以 A 基准对齐测量, 见图 9b 所示, 当无公差要求时检验不进行尺寸判定, 只需测量实际角度。

测量案例分析: 图 9b 示例说明, 由于铸造表面形状误差较大, 很难直接判断被测要素的实际位置。由图 9c 示例可以看出, 当 $L_2 \gg L_1$ 时, 被测对象位置轻微偏移其角度就会出现很大波动, 这体现了角度公差测量的局限性。因此, 在铸件产品中角度关系应当有效表达, 以消除图 9b 和 c 因测量、结构等测量不确定性因素造成的影响。

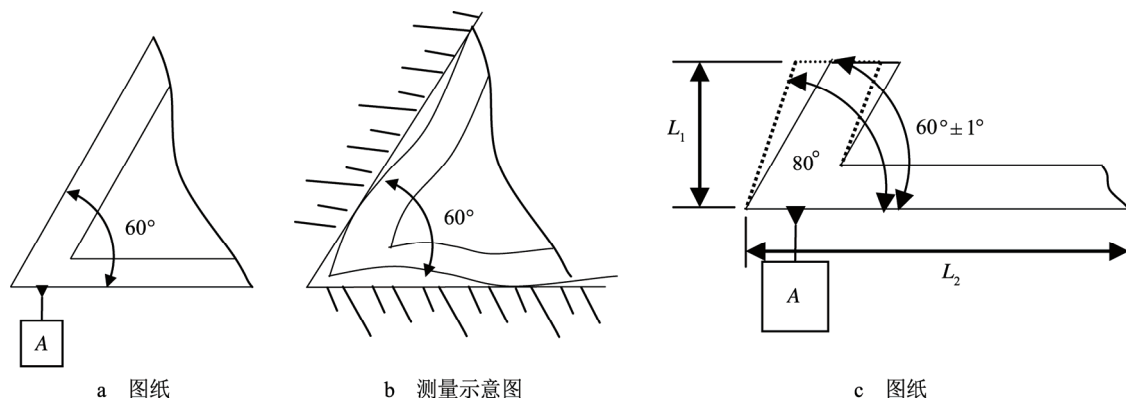


图 9 角度测量示意图
Fig.9 Diagram of angle measurement

解决方案: 可以使用几何公差的语言, 如面轮廓度或位置度来表达, 见图 10, 通过公差带 X 可以知道, 可以同时包容被测要素的位置和形状。同样定义公差带 X 时, 要求设计师根据产品的使用工况确认。

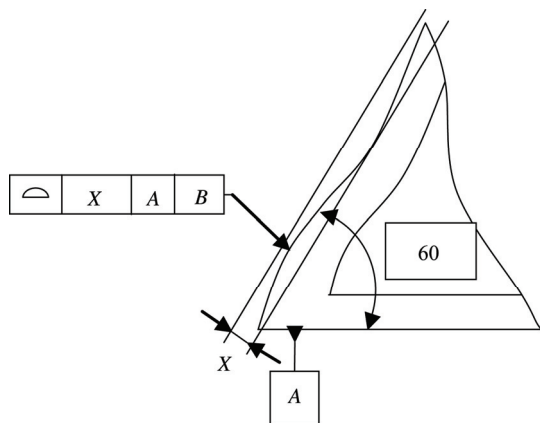


图 10 面轮廓度公差带示意图
Fig.10 Tolerance zone of surface profile

3 总结

尺寸公差和几何公差是图纸语言的天平, 在图纸语言的表达上缺少任意一方, 都会使图纸设计失衡导致表达不准确, 同时得到如下结论。

1) 在铸件图纸标注尺寸时不能过于依赖 HB

6103。

2) 合理标注铸件图纸尺寸, 避免尺寸公差等同于几何公差使用。

3) 产品设计者应根据产品的使用工况, 合理定义几何公差带。

参考文献:

- [1] ISO 1101—2004, 中文版产品几何技术规范(GPS)[S]. ISO 1101—2004, Product Geometry Specification(in Chinese)[S].
- [2] ISO 14405—1: 2010, Linear Dimensional Tolerance[S].
- [3] ISO 8062:1994, Casting Dimension Tolerance[S].
- [4] HB 6103—2004, 铸件尺寸公差和机加工余量[S]. HB 6103—2004, Casting Size Tolerance and Machining Allowance[S].
- [5] 王廷强. GD & T 基础及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
WANG Ting-qiang. GD&T Foundation and Application[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2013.
- [6] 杨好学. 产品几何技术规范(GPS)中公差原则的实用性分析[J]. 陕西教育(高教), 2012(3): 111.
YANG Hao-xue. Practical Analysis of The Principle of Tolerance in Product Geometric Specification (GPS)[J]. Shaanxi Education (High Education), 2012(3): 111.
- [7] GB/T 17851—2010, 产品几何技术规范(GPS)几何公差

- [S].
GB/T 17851—2010, Geometric Tolerances of Product Geometric Specifications[S].
- [8] GB/T 1182—2006, 形状和位置公差[S].
GB/T 1182—2006, Shape and Position Tolerance[S].
- [9] GB/T 1182—2008, 产品几何技术规范(GPS)几何公差[S].
GB/T 1182—2008, Geometric Tolerances of Product Geometric Specifications[S].
- [10] 李晓沛. 简明公差标准应用手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 134—137.
LI Xiao-pei. Application Manual of Concise Tolerance Standard[M]. Shanghai: Shanghai Science And Technology Press, 2006: 134—137.
- [11] 赵则祥, 赵卓贤. 几何产品技术规范有关尺寸要素的发展及其实用性分析[J]. 技术制造与机床, 2006(7): 41—44.
ZHAO Ze-xiang, ZHAO Zhuo-xian. The Development And Practical Analysis of Dimension Factors of Geometric Product Specifications[J]. Technology Manufacturing And Machine Tools, 2006(7): 41—44.
- [12] 赵则祥, 李晓沛, 赵卓贤. ISO/DIS 286-1 “产品几何量技术规范-ISO 线性尺寸公差编码制” 剖析[J]. 机械设计与制造, 2006(10): 146—148.
ZHAO Ze-xiang, LI Xiao-pei, ZHAO Zhuo-xian. ISO/DIS 286-1 "Product Geometry Specification -ISO Linear Dimension Tolerance Coding System" Analysis[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2006(10): 146—148.
- [13] 甘永立. 几何量公差与检测 9 版[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010.
GAN Yong-li. Geometric Tolerance And Detection 9th Edition[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2010.
- [14] 陈治岸. 公差原则的分析和形位公差的计算[J]. 机械制造, 2014, 43(1): 76—77.
CHEN Zhi-an. Analysis of Tolerance Principles and Calculation of Geometric Tolerances[J]. Mechanical Manufacturing, 2014, 43(1): 76—77.
- [15] 杨好学. 产品几何技术规范中几何公差的实用性分析[J]. 西安航空技术高等专科学校学报, 2010(28): 12—14.
YANG Hao-xue. Practical Analysis of Geometric Tolerances in Geometric Technical Specifications[J]. Journal of Xi'an Aviation Technical College, 2010(28): 12—14.