

傅成昌 编著

形位误差检测 技术问答



机械工业出版社

本书是根据国家标准《GB1184—80 形状和位置公差检测规定》的内容编写的。书中以问答的形式简要地介绍了形位公差及误差的基本概念，全面系统地讲述了形位误差检测原理及各项形位误差常用检测方法和评定原则。是一本较实用的普及读物。

全书共分九个部分：概述，形位公差基本知识，形位误差检测原理，常用检测量具与量仪，形状误差及其检测方法，基准的建立与体现，定向误差及其检测方法，定位误差及其检测方法，跳动误差及其检测方法。

本书可供机械制造厂工人、工程技术人员、计量检测人员阅读，也可作为标准化工作者宣贯的教材和有关院校的教学参考书。

形位误差检测技术问答

傅成昌 编著

责任编辑：杨溥泉 责任校对：马志正

封面设计：姚毅 版式设计：张世琴

责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $9^{3/4}$ ·字数209千字

1990年8月北京第一版·1990年8月北京第一次印刷

印数0,001—4,100·定价：6.25元

ISBN 7-111-01962-8/TG·498

编 者 的 话

形状和位置公差是机械工业一项重要的基础标准,它对实现互换性生产,提高产品性能,保证产品质量具有重要作用。自1980年我国正式颁布了这项国家标准以来,已在全国广泛地贯彻实施。

《形状和位置公差 检测规定》是这项标准的重要组成部分,它不仅对误差定义和判别原则作出统一规定,并规定了形位误差检测原则,提供了常用的误差检测方案。对保证形位公差标准的正确贯彻,指导生产中具体实施具有重要意义。

为满足广大工人和工程技术人员学习和贯彻形位公差标准的要求,正确地掌握形位误差检测原理及方法,尽快地在生产中应用,我根据国家标准规定,结合生产实际需要,编写了“形位误差检测技术问答”这本书。

本书以问答的形式,简明地介绍了形位公差及误差的基本概念,系统地介绍了形位误差检测原理及各项形位误差常用检测方法和评定原则。本书以通俗的语言、形象的立体插图,结合实际生产中具体实例,深入浅出地对形位误差检测技术作了全面介绍,以帮助读者正确地掌握标准,并能在生产实践中熟练地应用。

本书编写过程中得到山东省标准情报研究所的热情帮助,在此一并表示感谢。

由于作者水平所限,对国家标准的理解还不够深透,实

实践经验缺乏，书中难免存在有错误与不妥之处，恳请读者批评、指正。

编者

1988年7月于济南

目 录

概述

1. 什么是形位误差? 它对产品质量有何影响?1
2. 形位误差检测是怎么一回事? 它在生产中
有什么重要作用?3
3. 什么是形位公差? 公差与误差在概念上有
什么根本区别?3
4. 形位公差有哪些标准规定? 它对机械工业
生产有何重要意义?4
5. 什么是要素? 要素分为哪几类?5
6. 什么是形位公差公差带? 它是由哪些要素
所确定?7
7. 怎样在图样上标注形位公差要求?9
8. 形位公差符号是怎样规定的?10
9. 怎样在图样上标注被测要素?10
10. 怎样在图样上标注基准要素?12
11. 公差值有哪些标注方法? 公差值后的有关
符号表示什么意义?13
12. 形位公差常见有哪些简化标注方法?15
13. 公差框格附近的附加文字说明表示什么意义?16
14. 什么是理论正确尺寸? 在图样上如何表示?17
15. 什么是公差原则? 公差原则有哪些规定?18
16. 什么是最大实体原则? 最大实体原则有哪几种
不同应用形式?20

17. 什么是包容原则? 包容原则要求在图样上怎样标注?22
18. 什么是延伸公差带? 在图样上怎样标注延伸公差带?24

形位公差基本知识

19. 形位公差的分类原则是什么?26
20. 什么是直线度? 直线度公差带有哪些形式?27
21. 什么是平面度? 平面度公差带是怎样的?30
22. 什么是圆度? 圆度公差带是怎样的?31
23. 什么是圆柱度? 圆柱度公差带是怎样的?32
24. 什么是线轮廓度? 线轮廓度公差带有哪几种形式?33
25. 什么是面轮廓度? 面轮廓度公差带有哪几种形式?35
26. 什么是平行度? 平行度公差带有哪些形式?36
27. 什么是垂直度? 垂直度公差带有哪些形式?40
28. 什么是倾斜度? 倾斜度公差带有哪些形式?44
29. 什么是同轴度? 同轴度的公差带是怎样的?47
30. 什么是对称度? 对称度公差带有哪些形式?47
31. 什么是位置度? 位置度公差带有哪些形式?50
32. 什么是圆跳动? 圆跳动可分为哪几种类型?54
33. 什么是全跳动? 全跳动可分为哪几种类型?56

形位误差检测原理

34. 什么叫做测量? 长度测量包括哪些内容?59
35. 形位误差检测的目的和要求是什么?60
36. 《形状和位置公差 检测规定》国家标准有何重要意义? 它主要有哪些内容?60

- 37. 形位误差检测基本规则有哪些规定?61
- 38. 测量形位误差时偏离标准条件的测量误差
如何估算?62
- 39. 什么是形位误差检测原则? 标准中规定有
哪几项检测原则?64
- 40. 什么是与理想要素比较原则?65
- 41. 什么是测量坐标值原则?66
- 42. 什么是测量特征参数原则?67
- 43. 什么是测量跳动原则?68
- 44. 什么是控制实效边界原则?68
- 45. 什么是检测方案? 检测方案代号表示什么
意义?69
- 46. 什么是测量误差? 测量误差有哪两种表示
方法?70
- 47. 测量误差分为哪几类? 其产生原因和消除
方法各是怎样的?71
- 48. 测量误差对生产有何重大影响? 怎样选择
适宜的测量精度?73
- 49. 形位误差评定的仲裁原则是怎样规定的?75

常用检测量具与量仪

- 50. 什么是量具与量仪? 生产中常用量具、量仪
有哪些种类?76
- 51. 测量器具常用术语有哪些? 其含义是什么?77
- 52. 什么是量块? 它有什么用途?78
- 53. 怎样正确地使用量块?79
- 54. 什么是塞尺? 怎样正确地使用塞尺?83
- 55. 什么是游标量具? 游标量具的读数原理是

什么?	84
56. 游标卡尺的构造是怎样的? 怎样正确使用游标量具?	87
57. 什么是微分量具? 微分量具的工作原理是怎样的?	90
58. 千分尺的构造是怎样的? 怎样正确使用微分量具?	91
59. 什么是通用机械式测微仪? 其主要用途有哪些?	94
60. 百分表的基本构造及其工作原理是怎样的? 怎样正确地使用百分表?	94
61. 杠杆百分表的构造及工作原理是怎样的? 使用杠杆百分表应注意哪些事项?	97
62. 内径百分表的构造及工作原理是怎样的? 怎样正确地使用内径百分表?	99
63. 什么是水平仪? 水平仪的构造与工作原理是怎样的?	101
64. 自准直仪的基本构造与工作原理是怎样的?	104
65. 什么是投影仪? 投影仪的基本构造和工作原理是怎样的?	106
66. 什么是圆度仪? 圆度仪的基本构造与工作原理是怎样的?	109
67. 什么是平台测量? 平台测量可分为哪两种方法?	110
68. 平台测量常用哪些设备和工具?	112
69. 怎样正确地选用量具与量仪?	116
形状误差及其检测方法	

70. 什么是形状误差? 评定形状误差的基本原则
是什么?118
71. 什么是最小区域? 各项形状误差的最小
区域怎样确定?119
72. 怎样检测圆柱(锥)表面素线的直线度误差?120
73. 怎样检测平面素线的直线度误差?122
74. 怎样检测轴线的直线度误差?127
75. 什么是误差的测量过程与评定过程?133
76. 判别直线度误差最小区域的准则有哪些?134
77. 怎样用两端点连线法判别直线度误差?136
78. 怎样用作图法评定直线度误差?137
79. 怎样用计算法评定直线度误差?138
80. 怎样求解任意方向的直线度误差?141
81. 怎样用直接测量法测量平面度误差?142
82. 常用平面度误差测量的布点方法有哪些?
选择测量点的要求是什么?146
83. 什么是平面度误差间接测量法? 怎样用水平
仪测量平面度误差?148
84. 怎样用准直仪法测量平面度误差?150
85. 怎样判别平面度误差最小区域?155
86. 怎样用对角线法评定平面度误差?156
87. 怎样应用旋转计算法评定平面度误差?158
88. 怎样用图解法评定平面度误差?161
89. 怎样用半径法检测圆度误差?164
90. 圆度误差的评定方法有哪几种?167
91. 怎样用两点法测量圆度误差?170
92. 怎样用三点法检测圆度误差?171

93. 常用圆柱度误差检测方法有哪些?174
94. 线轮廓度误差常用有哪些检测方法?176
95. 常用面轮廓度误差检测方法有哪些?181

基准的建立与体现

96. 什么是基准要素? 基准要素可分为哪些形式?185
97. 基准的建立原则是什么?186
98. 怎样由单一基准要素建立基准?187
99. 怎样由组合基准要素建立基准?189
100. 什么是三基面体系? 怎样由实际基准要素建立三基面体系?190
101. 什么是基准目标? 怎样在图样上标注基准目标?193
102. 什么是任选基准? 检测时怎样来体现?194
103. 什么是基准体现方法? 常用的基准体现方法有哪些?195
104. 模拟法体现基准常用有哪些方法?195
105. 怎样用直接法来体现基准?202
106. 怎样用分析法来体现基准?203
107. 怎样用目标法来体现基准?204
108. 怎样体现三基面体系?205

定向误差及其检测方法

109. 什么是定向误差? 定向误差可分为哪几个项目?207
110. 什么是定向最小区域? 各项定向误差的最小区域如何确定?207
111. 常用面对面的平行度误差检测方法有哪些?209
-

112. 怎样检测线对面的平行度误差?	212
113. 怎样检测面对线的平行度误差?	214
114. 怎样用测微仪法检测线对线的平行度误差?	215
115. 怎样用水平仪法检测线对线的平行度误差?	219
116. 怎样检测外圆轴线间的平行度误差?	221
117. 怎样用综合量规法检验零件的平行度误差?	222
118. 怎样判别平行度误差的定向最小区域?	223
119. 怎样检测面对面的垂直度误差?	224
120. 常用线对面的垂直度误差检测方法有哪些?	230
121. 常用面对线的垂直度误差检测方法有哪些?	234
122. 检测线对线的垂直度误差常用有哪些方法?	236
123. 怎样判别垂直度误差的定向最小区域?	242
124. 怎样检测面对面的倾斜度误差?	244
125. 怎样检测线对面的倾斜度误差?	245
126. 怎样检测面对线的倾斜度误差?	246
127. 常用线对线的倾斜度误差检测方法有哪些?	247
定位误差及其检测方法	
128. 什么是定位误差? 定位误差包括哪些项目?	251
129. 什么是定位最小区域? 各项定位误差的定 位最小区域如何确定?	252
130. 常用两轴的轴线间同轴度误差检测方法 有哪些?	253
131. 怎样测量以公共轴线为基准的同轴度误 差?	257
132. 常用孔对孔的轴线同轴度误差检测方法 有哪些?	259
133. 检测孔与轴的轴线间同轴度误差的方法	

有哪些?	261
134. 怎样检测面对面的对称度误差?	263
135. 怎样检测面对线的对称度误差?	264
136. 线对面的对称度误差有哪些检测方法?	266
137. 怎样测量点的位置度误差?	269
138. 怎样检测线的位置度误差?	270
139. 怎样用换算表或换算图来评定位置度 误差?	273
140. 怎样用作图法来评定位置度误差?	277
141. 怎样检测以极坐标标注的位置度误差?	280
142. 怎样用综合量规检验线的位置度误差?	283
143. 怎样测量面的位置度误差?	284

跳动误差及其检测方法

144. 什么是跳动误差? 跳动误差包括哪些 项目?	286
145. 跳动误差的检测原则是什么?	287
146. 怎样检测外圆表面径向圆跳动误差?	287
147. 怎样测量内圆表面径向圆跳动误差?	289
148. 怎样检测内、外圆柱表面间的径向圆跳动 误差?	290
149. 怎样检测以外圆柱面轴线为基准的端面圆 跳动误差?	292
150. 怎样检测以孔的轴线为基准的端面圆跳动 误差?	293
151. 怎样测量斜向圆跳动误差?	294
152. 怎样检测径向全跳动误差?	295
153. 怎样检测端面全跳动误差?	297

概 述

1. 什么是形位误差？它对产品质量有何影响？

答 生产中按照产品图样加工零件时，因受机床和工夹具的精度、加工工艺方法，以及操作者的技术水平等因素影响，加工出来的零件不可能达到理想形状和各要素间完全准确的位置。零件的实际形状和位置相对于理想形状和位置的偏离量，叫做形状和位置误差（简称形位误差）。

如图 1 所示的齿轮轴，图样上给出的零件形状为两个 $\phi 32$ 圆柱体和一个 $\phi 80$ 圆柱体，其轴线位于同一直线上所构成的组合体。

图样上所给出的几何形状，叫做理想形状。图样上所给出的两个或两个以上几何要素之

间相对几何位置，叫做理想位置。

零件加工后所得到的实际存在的形状，叫做实际形状。各要素之间实际所处的位置，叫做实际位置。

如图 2 所示，加工后所得到的齿轮轴，其圆柱横截面不是一理想圆，该实际形状偏离理想形状的变动量，即为形状误差。同样，各圆柱面的实际轴线位置，也不在同一理想直线位置，该零件上各要素实际位置偏离理想位置的变动量，

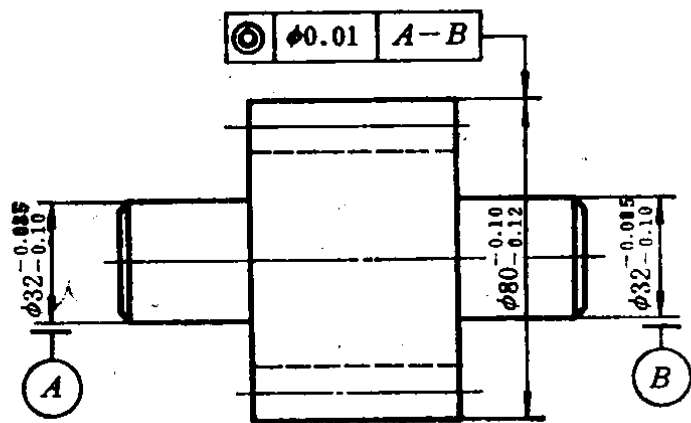


图 1 齿轮轴

即为位置误差。

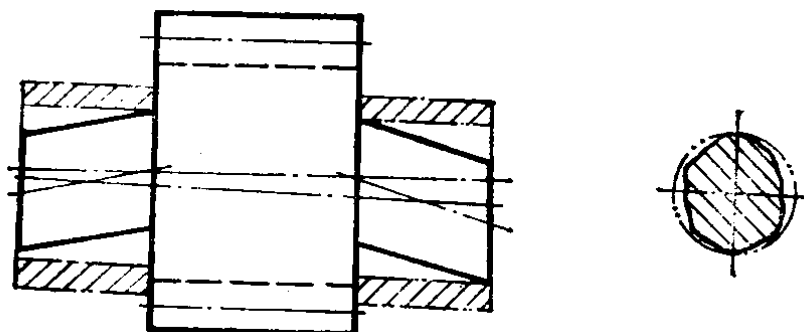


图2 零件的形状误差和位置误差

形位误差是影响产品质量的重要因素之一，从上述齿轮轴可以看出：该零件两端轴颈是用于支承中间齿轮，传递旋转运动。当轴颈存在有形状误差时，与衬套内孔的配合间隙产生不均匀现象，使局部表面应力急剧增大，破坏了油膜，工作时便产生严重地磨损，甚至发生烧损现象。同样，由于轴线间位置误差的存在，使轴颈位置偏移，装配时出现卡滞现象，甚至装不进去，即使勉强装入，将造成配合间隙不均匀，还会造成中间齿轮旋转轴线偏移，使齿轮间啮合不良，产生严重磨损和噪声，甚至出现卡死现象。

由此可见，形位误差和大家所熟悉的尺寸误差、表面粗糙度一样，都是影响产品质量的重要因素。它对机器、仪器、量具和刀具等所有机械产品的工作精度、连接强度、密封性、耐磨性，以及使用寿命和噪声等都产生很大的影响。特别是对高速、高温、高压、重载条件下工作的精密机器和仪器，有着更加重要的意义。随着现代科学技术的高度发展，国民经济各个部门都要求提供性能优良的各种机械装备。在机械工业生产中，形位误差的影响越来越显得重要。

2. 形位误差检测是怎么一回事？它在生产中有什么重要作用？

答 利用适宜的量具或量仪，按照正确的测量方法，测出实际零件所存在的形位误差值的大小，用以评定零件加工的形状和位置精度，并判定是否符合图样要求的过程，这就是通常所说的形位误差检测。

形位误差检测是生产过程中不可缺少的重要环节，它不仅可以判断零件是否合格，而且还可以通过误差存在的状况，分析误差产生的原因，便于在生产中采取有效措施，提高产品加工精度。因此，形位误差检测是提高产品质量、改进加工工艺的重要手段。

3. 什么是形位公差？公差与误差在概念上有什么根本区别？

答 根据零件的功能要求和结构特征，在图样或技术文件中给出的，用以限制零件加工实际要素的形状和位置精度高低的技术要求，叫做形状和位置公差（简称形位公差）。

公差与误差是两种完全不同的概念。公差是根据设计需要在图样上给定的技术要求，是用来控制误差的变动范围，为图样上给定值。而误差是表示实际零件的存在状况，是指零件加工后的实际形状和位置，相对于理想形状和位置的偏离量。是反映每个具体零件的形状和位置的精度状况。

在生产过程中，人们根据图样上给出的公差要求，采用适当的工艺方法来完成零件的加工，加工好的零件必须通过检测，判别其形位误差的大小。当误差值小于或等于所给定的公差值时，该零件为合格品；若误差值大于公差值时，则为不合格品。

4. 形位公差有哪些标准规定?它对机械工业生产有何重要意义?

答 形位公差有以下几项国家标准规定:

GB1182—80《形状和位置公差 代号及其注法》

GB1183—80《形状和位置公差 术语及定义》

GB1184—80《形状和位置公差 未注公差的规定》

GB1958—80《形状和位置公差 检测规定》

上述四项国家标准,都是为满足现代机械工业生产互换性要求,提高产品质量而规定的。

互换性生产是指按照图样要求成批或大量生产同一规格的机器零件或部件,不经任何选择和修配,从中任意取出一件就可以直接装到所在部位上去,并能满足配合性能和使用要求。

当然,互换性生产并不是要求所加工的零件必须达到绝对准确的理想状态,只是要求把零件的尺寸、形状、位置和表面粗糙度等精度,控制在适当的范围内即可。该控制范围要求既要满足零件的功能要求和装配互换性要求,又使加工制造经济合理。

形位公差是评定产品质量的一项重要指标。过去,在机械制造业中人们对形位公差的重要性还认识不足,往往采用单纯收紧尺寸公差带的方法提高尺寸加工精度来适应机械功能的要求,导致成本大大增加,劳动生产率下降。近年来,随着人们认识的提高,广泛地按形位公差的要求进行生产,不仅最大限度地满足了机械的功能需要,而且也有效地降低了加工成本,提高了劳动生产率。正是如此,现代机械制造业对机械零件提出越来越广泛的形位公差要求。

为能在图样和技术文件中确切地表示形位公差要求,使

设计、制造和检验部门取得统一认识和统一解释，以利于机械设计、加工和使用维修，保证产品的精度、使用性能和寿命。所以，我国制订了统一的《形状和位置公差》国家标准。

《形状和位置公差》国家标准，对形位公差术语、定义、标注方法、公差值和检测原则等都作了统一的规定，生产中都必须严格贯彻执行，以统一全国技术语言。由于国家标准与国际标准的规定基本一致，对国际间技术交流创造了方便条件，有利于推动我国现代机械工业的发展。

5. 什么是要素？要素分为哪几类？

答 所有的机械零件，无论其结构形状多么复杂，都是由若干具有一定几何特征的点、线、面有机地组合在一起构成的。构成零件几何特征的点、线、面，称为要素。如图3所示手柄，是由球心、素线、轴线、平面、圆柱面、圆锥面和球面等要素构成的。形位公差实质上就是对构成零件各要素的形状和相对位置所给出的精度要求。

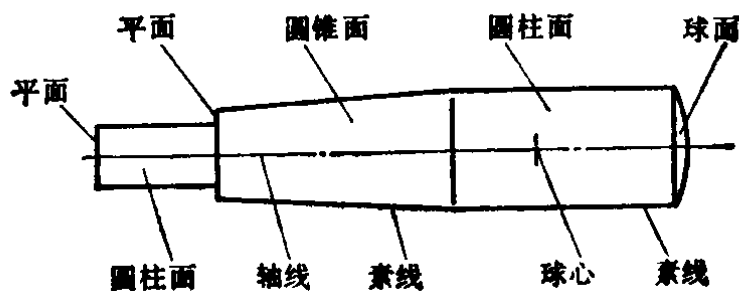


图3 手柄

为便于问题的分析，标准中根据要素的特征及其功能不同，可分以下几种类型：

1) 按要素存在状态不同，分为轮廓要素和中心要素两类。

轮廓要素是指构成零件的外形，为人们能直接感触到的