

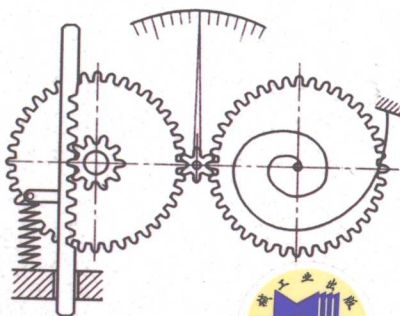
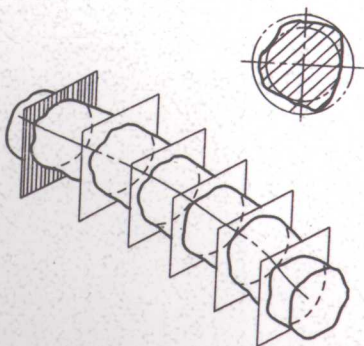


形位公差 应用技术问答

GB/T

GB/T1182-2008
GB/T13319-2003
GB/T18780.1~2-2002.2003

傅成昌 傅晓燕 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

形位公差应用技术问答

傅成昌 傅晓燕 编著



机械工业出版社

旧国家标准中的“形状和位置公差”(简称形位公差)在新国家标准《产品几何技术规范(GPS)几何公差形状、方向、位置和跳动公差标注》(GB/T 1182—2008)中改为几何公差。几何公差国家标准是机械工业基础标准,对实现互换性生产,提高产品性能和质量,延长其使用寿命具有重要作用。为满足改革开放和国民经济、科学技术持续高速发展的需要,我国先后制订了与国际标准一致的一系列国家标准,初步建立起较完整的几何公差标准体系。

本书采用最新国家标准,全面、系统地介绍了几何公差及误差的基本概念、术语定义、符号代号及标注方法,几何特征项目及公差原则,几何误差的检测及评定方法。全书内容密切联系生产实际,并配有形象的插图和生产中常用数表,通俗易懂,实用性强,便于在工作中学习、查阅。

本书可供机械工人、工程技术人员和有关院校师生作为技能培训学习资料 and 工作中查阅,也可供标准化工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

形位公差应用技术问答/傅成晋,傅晓燕编著. —北京:机械工业出版社,2009.5

ISBN 978-7-111-26870-3

I. 形… II. ①傅…②傅… III. 形位公差/问答

IV. TG801-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第060903号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王英杰 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京双青印刷厂印刷

2009年7月第1版第1次印刷

140mm×203mm·16.125印张·432千字

0 001-4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-26870-3

定价:31.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

前 言

旧国家标准中的“形状和位置公差”在新国家标准《产品几何技术规范 (GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注》(GB/T 1182—2008) 中已改为几何公差。几何公差国家标准是机械工业一项重要的技术基础标准, 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。我国自 1980 年颁布了这项标准以来, 对推动机械工业发展起到积极作用。为适应国际化生产发展的需要, 遵循与国际标准接轨的原则, 近年来又陆续对该标准进行了修订、充实、完善。目前已初步建立起包括几何公差术语、定义, 特征项目, 标注方法和几何误差检测等内容的较完整的标准体系。

为满足广大机械工人和技术人员学习和贯彻几何公差标准的要求, 正确理解和掌握有关标准规定, 并能在实际生产中贯彻、执行, 我们根据最新国家标准规定, 结合生产实际需要, 编写了《形位公差应用技术问答》一书。

本书以问答的形式, 简明地介绍了几何公差及几何误差的基本概念, 系统地介绍了几何公差特征项目、标注方法及几何误差的检测原则、检测方法和评定原则。本书以通俗的语言、形象的插图, 结合生产中典型实例, 深入浅出地对几何公差及其误差检测的应用技术作了全面介绍, 以帮助读者正确地掌握新标准, 并能在生产实践中熟练地应用。

本书可供机械制造工人、技术人员、计量检测人员技能学习使用, 也可供有关院校师生教学参考。

由于我们水平所限, 书中难免存在错误与不妥之处, 恳请读者批评、指正。

编 者

目 录

前言

概述	1
1. 什么是产品几何量? 几何特性对互换性有何重要作用?	1
2. 什么是几何公差? 它对产品质量有何重要意义?	2
3. 什么是几何误差? 影响几何误差的因素有哪些?	3
4. 公差与误差在概念上有何不同?	6
5. 为什么要制订“几何公差”国家标准? 现行标准有哪些内容?	7
基本概念	9
6. 什么是要素? 构成机械零件的要素可分为哪些类型?	9
7. 什么是理想要素? 什么是实际要素?	9
8. 什么是组成要素? 组成要素有哪些定义项目?	10
9. 什么是导出要素? 导出要素有哪些定义项目?	11
10. 什么是被测要素? 被测要素有哪些种类?	13
11. 什么是基准要素? 基准要素有哪些种类?	15
12. 什么是单一要素? 什么是关联要素?	17
13. 什么是几何公差带? 确定几何公差带的四个要素是什么?	18
14. 评定几何误差的基本原则是什么?	21
几何公差的标注	26
15. 什么是公差框格标注法? 它包括哪些内容?	26
16. 标注公差框格及带箭头的指引线有哪些规定要求?	27
17. 什么是几何特征符号? 标准中规定有哪些几何特征符号?	30
18. 几何公差公差值的标注有哪些规定?	33
19. 怎样标注框格外的说明性内容?	35
20. 图样上怎样标注基准要素?	36
21. 什么是三基面体系? 怎样标注三基面体系?	39
22. 什么是基准目标? 怎样标注基准目标?	41
23. 什么是公共公差带? 怎样标注公共公差带?	43



24. 什么是延伸公差带? 怎样标注延伸公差带?	44
25. 什么是非刚性件? 怎样标注非刚性件几何公差?	49
26. 怎样标注螺纹、齿轮、花键的几何公差要求?	51
27. 几何公差有哪些简化标注方法?	53
28. 新标准中已废止的标注方法有哪些?	55
29. 几何公差的标注原则是什么?	58
形状公差	60
30. 什么是形状公差? 形状公差可分为哪些项目?	60
31. 什么是直线度? 直线度公差有哪些不同形式的要求?	61
32. 怎样正确标注直线度公差?	62
33. 怎样选择直线度公差值?	66
34. 什么是平面度? 平面度公差有哪些不同形式的要求?	68
35. 怎样正确标注平面度公差?	69
36. 怎样选择平面度公差值?	72
37. 什么是圆度? 怎样正确标注圆度公差?	72
38. 怎样选择圆度公差值?	74
39. 什么是圆柱度? 怎样正确标注圆柱度公差?	76
40. 怎样选择圆柱度公差值?	78
41. 什么是线轮廓度? 线轮廓度有哪两类不同性质的要求?	78
42. 怎样正确标注线轮廓度公差?	79
43. 什么是面轮廓度? 面轮廓度有哪两类不同性质的要求?	81
44. 怎样正确标注面轮廓度公差要求?	82
方向公差	85
45. 什么是方向公差? 方向公差分为哪些几何特征项目?	85
46. 什么是平行度? 平行度公差有哪些不同形式的要求?	85
47. 怎样正确标注平行度公差?	87
48. 怎样选择平行度公差值?	92
49. 什么是垂直度? 垂直度公差有哪些不同形式的要求?	94
50. 怎样正确标注垂直度公差?	96
51. 怎样选择垂直度公差值?	101
52. 什么是倾斜度? 倾斜度有哪些不同形式的要求?	101
53. 怎样正确标注倾斜度公差?	103
54. 怎样选择倾斜度公差值?	108



位置公差	110
55. 什么是位置公差? 位置公差分为哪些特征项目?	110
56. 什么是同轴度? 怎样正确标注同轴度公差?	110
57. 怎样选择同轴度公差值?	115
58. 什么是对称度? 对称度公差有哪些不同形式的要求?	116
59. 怎样正确标注对称度公差?	117
60. 怎样选择对称度公差值?	120
61. 什么是理论正确尺寸? 它是怎样标注的?	121
62. 什么是位置度? 位置度公差有哪些不同形式的要求?	122
63. 怎样正确标注位置度公差?	124
64. 什么是几何图框? 什么是复合位置度要求?	131
65. 怎样选择位置度公差值?	134
跳动公差	135
66. 什么是跳动公差? 跳动公差分为哪些特征项目?	135
67. 什么是圆跳动? 圆跳动公差有哪些不同形式的要求?	135
68. 怎样正确标注圆跳动公差? 怎样选择圆跳动公差值?	136
69. 什么是全跳动? 全跳动公差有哪些不同形式的要求?	139
70. 怎样正确标注全跳动公差? 怎样选择全跳动公差值?	140
公差原则	142
71. 什么是公差原则? 它对生产有何重要意义?	142
72. 什么是独立原则? 独立原则应用范围有哪些?	143
73. 什么是作用尺寸?	145
74. 什么是实体状态? 什么是实体实效状态?	146
75. 什么是边界? 边界分哪些类型?	151
76. 什么是包容要求? 图样上怎样标注包容要求?	154
77. 包容要求应用范围有哪些?	154
78. 什么是最大实体要求? 图样上怎样标注最大实体要求?	156
79. 最大实体要求应用范围有哪些?	158
80. 什么是最小实体要求? 图样上怎样标注最小实体要求?	163
81. 最小实体要求应用范围有哪些?	165
82. 什么是可逆要求? 怎样标注可逆要求?	169
83. 可逆要求应用范围有哪些?	169
84. 什么是零几何公差? 零几何公差应用范围有哪些?	173



85. 独立原则与相关要求的应用有何不同?	176
几何公差的应用	178
86. 几何公差的选择包括哪些内容?	178
87. 怎样正确选择几何公差项目?	178
88. 怎样选择基准?	180
89. 怎样选择公差值?	182
90. 什么是未注公差值? 未注公差值有哪些规定?	185
91. 未注公差值怎样在图样上表示? 它在生产中有何重要意义? ...	188
92. 怎样选择公差原则?	189
93. 怎样标注圆锥面几何公差要求?	190
94. 键联结几何公差要求有哪些规定?	195
95. 滚动轴承配合件几何公差要求有哪些规定?	197
96. 齿轮传动件几何公差要求有哪些规定?	199
几何误差检测基本概念	204
97. 什么是几何误差? 什么是几何误差检测?	204
98. 国家标准《产品几何量技术规范 (GPS) 形状和位置公差 检测规定》包括哪些内容? 它对生产有何重要意义?	205
99. 几何误差检测基本规则有哪些规定?	206
100. 什么是几何误差检测原则? 标准中规定有哪些检测原则?	207
101. 什么是几何误差检测方案? 检测方案代号表示什么意义?	210
102. 几何误差检测包括哪些过程?	212
103. 什么是测量误差? 测量误差分哪几类?	213
104. 测量误差对生产有何重大影响? 怎样选择适宜的测量精度?	215
105. 几何误差评定的仲裁原则是怎样规定的?	216
几何误差检测用测量器具	217
106. 什么是测量器具? 常用测量器具有哪些种类?	217
107. 测量器具基本计量参数有哪些?	220
108. 什么是测量方法? 测量方法的选择原则是什么?	222
109. 什么是量块? 怎样正确使用量块?	224
110. 什么是塞尺? 怎样正确使用塞尺?	227
111. 什么是游标量具? 游标量具常用有哪些构造形式?	228
112. 游标量具的读数原理是什么? 怎样正确读数?	231
113. 怎样正确使用游标量具?	234



形位公差应用技术问答

114. 什么是微动螺旋副式量具? 该类量具有哪些构造形式?	235
115. 微动螺旋副式量具读数原理是什么? 怎样正确读数?	238
116. 怎样正确使用测微螺旋副式量具?	239
117. 什么是机械式测微量具? 其常用有哪些构造形式?	240
118. 百分表的工作原理是什么? 怎样正确使用百分表?	242
119. 杠杆百分表的工作原理是什么? 怎样正确使用杠杆百分表?	245
120. 内径百分表的工作原理是什么? 怎样正确使用内径百分表?	247
121. 什么是水平仪? 水平仪的构造与工作原理是怎样的?	248
122. 什么是自准直仪? 其基本构造与工作原理是怎样的?	250
123. 什么是投影仪? 投影仪的基本构造与工作原理是怎样的?	253
124. 什么是圆度仪? 圆度仪的基本构造与工作原理是怎样的?	255
125. 什么是平台测量? 平台测量分为哪两种方法?	256
126. 平台测量常用哪些设备和工具?	258
127. 怎样正确选用测量器具?	263
形状误差及其检测方法	264
128. 什么是形状误差? 评定形状误差的基本原则是什么?	264
129. 什么是最小区域? 怎样判别最小区域?	265
130. 什么是直线度误差? 直线度误差检测方法分为哪几类?	270
131. 直线度误差有哪些直接检测方法?	270
132. 直线度误差有哪些间接检测方法?	276
133. 直线度误差有哪些组合检测方法?	281
134. 什么是直线度量规检测法?	285
135. 直线度误差评定方法有哪些?	287
136. 什么是平面度误差? 平面度误差检测方法分为哪几类?	294
137. 什么是测量布点形式? 平面度误差检测常用布点形式有哪些? ...	294
138. 平面度误差有哪些直接检测方法?	297
139. 平面度误差有哪些间接检测方法?	301
140. 平面度误差有哪些组合检测方法?	305
141. 怎样进行平面度误差测量示值数据处理?	308
142. 平面度误差有哪些评定方法?	310
143. 什么是圆度误差? 圆度误差的检测方法有哪些?	312
144. 圆度误差有哪些评定方法?	317
145. 什么是圆柱度误差? 圆柱度误差的检测方法有哪些?	320



146. 什么是线轮廓度误差? 线轮廓度误差的检测方法有哪些?	322
147. 什么是面轮廓度误差? 面轮廓度误差的检测方法有哪些?	325
基准的建立与体现	329
148. 什么是基准要素? 基准的建立原则是什么?	329
149. 怎样由单一基准实际要素建立基准?	330
150. 怎样由组合基准要素建立基准?	332
151. 怎样由基准实际要素建立三基面体系?	334
152. 什么是基准体现方法? 基准体现方法有哪些种类?	337
153. 怎样用模拟法体现基准?	337
154. 怎样用直接法体现基准?	344
155. 怎样用分析法体现基准?	345
156. 怎样用目标法体现基准?	346
157. 怎样体现三基面体系?	346
方向误差及其检测方法	349
158. 什么是方向误差? 评定方向误差的基本原则是什么?	349
159. 什么是定向最小区域? 怎样判别定向最小区域?	349
160. 怎样检测面对面的平行度误差?	354
161. 怎样检测线对面的平行度误差?	357
162. 怎样检测面对线的平行度误差?	358
163. 怎样检测线对线的平行度误差?	360
164. 怎样用综合量规法检验零件的平行度误差?	364
165. 怎样检测面对面的垂直度误差?	365
166. 怎样检测线对面的垂直度误差?	370
167. 怎样检测面对线的垂直度误差?	373
168. 怎样检测线对线的垂直度误差?	375
169. 怎样用综合量规法检测垂直度误差?	378
170. 怎样检测面对面的倾斜度误差?	380
171. 怎样检测线对面的倾斜度误差?	381
172. 怎样检测面对线的倾斜度误差?	382
173. 怎样检测线对线的倾斜度误差?	383
位置误差及其检测方法	387
174. 什么是位置误差? 评定位置误差的基本原则是什么?	387
175. 什么是定位最小区域? 怎样判别定位最小区域?	388



176. 怎样检测轴对轴的轴线间同轴度误差?	389
177. 怎样检测孔对孔的轴线间同轴度误差?	392
178. 怎样检测孔与轴的轴线间同轴度误差?	394
179. 怎样检测以公共轴线为基准的同轴度误差?	395
180. 怎样用综合量规法检验同轴度误差?	396
181. 怎样检测面对面的对称度误差?	398
182. 怎样检测面对线的对称度误差?	399
183. 怎样检测线对面的对称度误差?	400
184. 怎样用综合量规法检验对称度误差?	402
185. 怎样检测点的位置度误差?	402
186. 怎样检测线的位置度误差?	404
187. 怎样检测多孔孔组的位置度误差?	405
188. 怎样检测以极坐标标注的位置度误差?	410
189. 怎样检测面的位置度误差?	411
190. 怎样用综合量规法检验位置度误差?	412
跳动误差及其检测方法	415
191. 什么是跳动误差? 跳动误差的检测原则是什么?	415
192. 怎样检测外圆表面径向圆跳动误差?	416
193. 怎样检测内孔表面径向圆跳动误差?	418
194. 怎样检测内、外圆柱面间径向圆跳动误差?	418
195. 怎样检测端面圆跳动误差?	420
196. 怎样检测斜向圆跳动误差?	422
197. 怎样检测径向全跳动误差?	423
198. 怎样检测端面全跳动误差?	424
附录 几何误差检测方案	425

概 述

1. 什么是产品几何量？几何特性对互换性有何重要作用？

答：产品几何量是指构成机械零件几何要素的特性量。所有的机械零件都是由各种几何要素，按不同尺寸、形状和位置有机地组合而成的。如图 1 所示喷油泵凸轮轴，它是由若干个直径为 30mm、37mm 的圆柱体、锥度为 1:5 的圆锥体和由特征曲线构成的非圆曲面体等，按一定排列顺序和方位，沿同一轴线组合在一起构成。这是根据零件的功能要求所确定的。

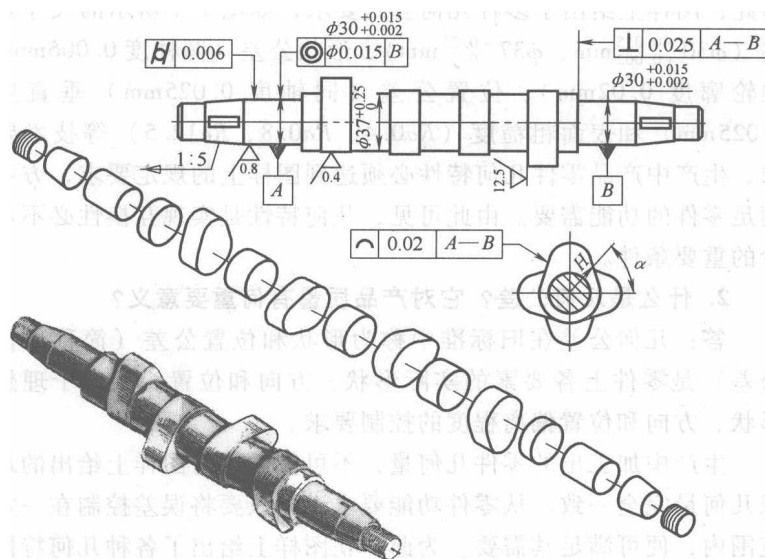


图 1 喷油泵凸轮轴

现代机械工业生产的特点是：生产规模越来越大，技术要求高，生产协作广泛，为此，必须采用互换性原则进行生产。所谓



互换性即从大批量生产出的同一规格零件中,任意取出一件,不需要再经任何选择或修配,便可直接安装到机器所在部位上去,并能完全符合规定的使用功能要求。

实现互换性生产,除要满足零件的材质特性要求外,还必须保证零件的几何特性符合一定要求。零件的几何特性是指零件的实际要素对其几何理想要素的偏离状态。它包括尺寸偏差、零件要素的几何误差、表面粗糙度和表面波纹度等。

所有零件都是通过各种不同加工方法制作而成的,由于受加工设备、工具及工作环境和操作者技术水平等条件的限制,加工出的零件不可能与图样上给出的几何量完全一致,必然会产生加工误差。为满足零件的功能要求,必须对其几何特性给出一定限制要求,使各类误差控制在一定范围内,才能满足互换性要求。为此,图样上给出了多种几何公差要求,如图1中所示的尺寸公差($\phi 30^{+0.015}_{+0.002}\text{mm}$ 、 $\phi 37^{+0.25}_0\text{mm}$)、形状公差(圆柱度 0.006mm 、线轮廓度 0.02mm)、位置公差(同轴度 0.025mm)垂直度 0.025mm)和表面粗糙度($Ra0.4$ 、 $Ra0.8$ 、 $Ra12.5$)等技术要求,生产中产品零件几何特性必须达到图样上的规定要求,方可满足零件的功能需要。由此可见,几何特性是实现互换性必不可少的重要条件。

2. 什么是几何公差?它对产品质量有何重要意义?

答:几何公差在旧标准中称为形状和位置公差(简称形位公差)是零件上各要素的实际形状、方向和位置,相对于理想形状、方向和位置偏离程度的控制要求。

生产中加工出的零件几何量,不可能做成与图样上给出的理想几何量完全一致。从零件功能要求讲,只要将误差控制在一定范围内,便可满足其需要。为此,在图样上给出了各种几何特性公差要求。其中,几何公差是为了保证零件上各要素的形状、方向和位置精度所给出的规定要求。生产中通过几何公差各项要求的控制,以达到必要的几何精度,从而保证产品零件的工作性能。



以图1所示的喷油泵凸轮轴为例,该零件的功用是借助于轴上凸轮升程 H 的变化,驱动喷油泵柱塞往复运动,以实现定时、定量、定压向燃烧室内喷射燃油。该轴是通过两端 $\phi 30^{+0.015}_{+0.002}$ 轴颈支承在泵体的轴承座孔内,左侧1:5锥体处安装有传动齿轮,以驱动其旋转。油泵柱塞则通过滚轮挺柱直接与各凸轮表面相接触。工作时,随着凸轮轴的转动,凸轮升程发生变化,从而驱动柱塞产生往复运动。

为满足上述工作性能要求,首先应保持凸轮轴转动平稳,为此应保证两支承轴颈和锥体轴的轴线同轴,故给出对旋转轴线(以 A 、 B 轴颈公共轴线为基准)的同轴度公差要求;同时为控制各缸供油量和供油压力均匀、一致,对各凸轮外形给出线轮廓度公差要求。

由此可见,几何公差要求对产品的工作性能、工作精度、使用寿命、可靠性和制造成本的经济性将产生重要影响。

3. 什么是几何误差?影响几何误差的因素有哪些?

答:零件上各要素的实际形状、方向和位置相对于理想形状、方向和位置的偏离量,叫做几何误差。

生产中按照产品图样加工零件。图样中所给出的零件上各要素的形状和相对位置都是理想的几何形状和位置。加工过程中由于受到各种因素的影响,不可能达到理想形状和位置,必然要产生误差。影响产品零件几何误差的主要原因有:

1) 加工设备的精度。零件是通过各种加工设备加工完成的,由于加工设备本身存在误差,致使零件在加工过程中产生几何误差。如图2a所示,由于机床主轴与尾座顶尖之间连线(作为工件加工轴线定位)与机床导轨(作为刀具移动定位面)不平行,造成加工过程中背吃刀量(旧称切削深度)沿轴向变化,产生零件圆柱度误差。

图2b所示,由于刨床滑枕导轨与工作台定位面间不平行,造成切削厚度不均匀,产生零件平行度误差。

图2c所示,由于钻头轴线与工作台间存在垂直度误差,加

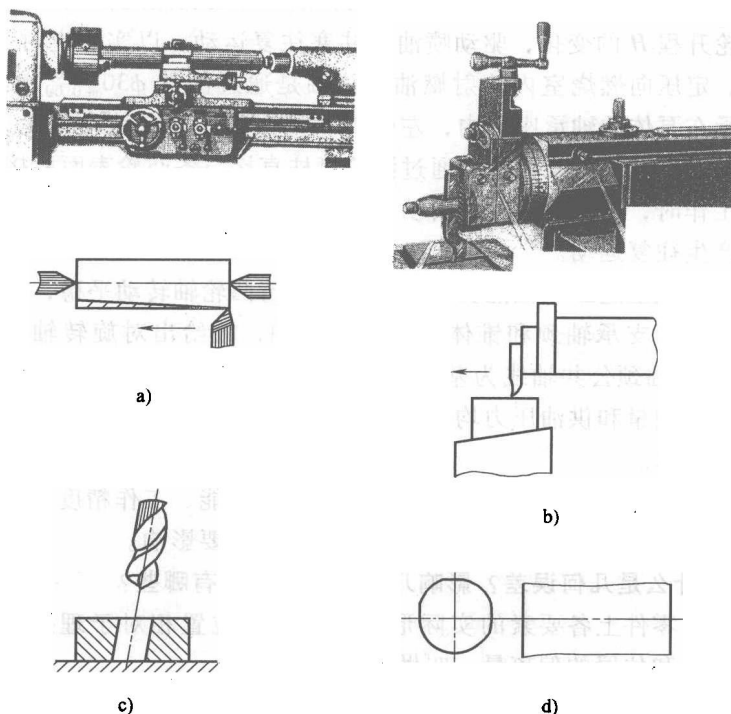


图2 加工设备精度对几何误差的影响

工出的零件孔的轴线与端面间产生垂直度误差。

如图 2d 所示，由于机床振动严重，使主轴回转精度受到影响，加工出的零件会产生圆度和圆柱度误差。

2) 加工用工艺装备的精度。零件加工时，通常采用各种工艺装备对零件进行定位、夹紧和切削，如夹具、钻模、刀具等。由于所使用的工装精度影响，致使加工过程产生几何误差。如图 3a 所示，由于夹具两定位面之间不垂直，且刚性较差，在切削力作用下，使夹具产生变形，导致背吃刀量发生变化，造成加工出的零件表面产生垂直度误差。如图 3b 所示，采用钻模加工零件上的孔，由于钻模套之间存在位置和方向误差，加工后零件上

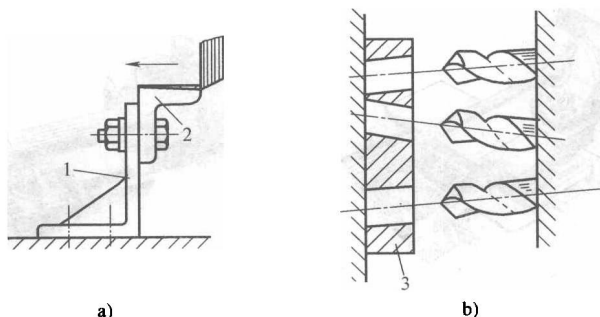


图3 工艺装备对几何误差的影响

1—夹具 2—加工件 3—钻模

各孔之间产生位置度误差。

3) 加工工艺方法及操作不当的影响。零件加工应根据其结构特点选择合理的加工方法,若选用加工方法或加工操作不当,会造成零件产生较大的几何误差。如图4a所示,在加工细长零件时,仅采用两端支承,加工时在两端夹紧力和切削力的作用下,工件产生弯曲变形,造成吃刀量不均匀而产生圆柱度误差。图4b所示,在悬臂状态下加工工件时,工件在切削力作用下产生弯曲变形,因吃刀量不同而造成圆柱度误差。图4c所示,加工时工件固定在工作台上,由于夹紧方法不当,夹紧力使工件发生变形,加工后造成两孔轴线间产生平行度误差。图4d所示,加工一薄壁零件,加工时采用三爪自定心卡盘夹紧,由于受夹紧力的作用,工件产生变形,加工后零件产生圆度误差。图4e所示,加工一阶梯轴零件,调头加工另一端轴颈时,由于定位基准的变化,加工后产生同轴度误差。

综上所述,工件在加工过程中,因受各种因素的影响而产生几何误差。为满足工件的功能要求,就必须采用合理的加工方法,选用适宜精度的加工设备和工艺装备,以确保其加工精度要求。

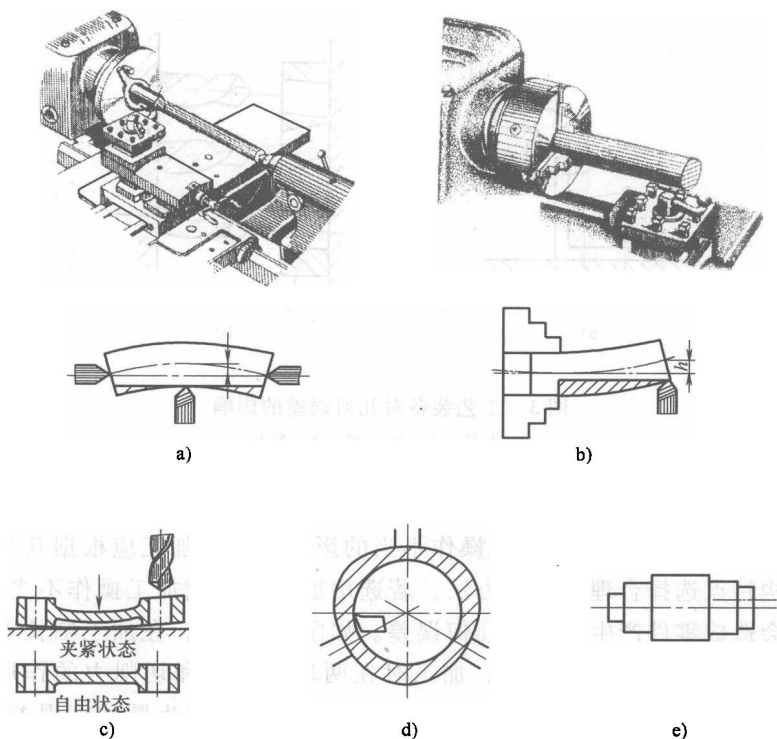


图4 加工工艺对几何误差的影响

4. 公差与误差在概念上有何不同？

答：公差与误差是两种完全不同的概念。公差是根据零件的功能需求及其构造特点，在图样上给出的技术要求，是图样上给定值，用来控制误差的变动范围。而误差表示零件的实际存在状况，是指加工完成后零件的实际形状和位置相对于理想形状和位置的偏离量。它反映着每个具体零件的形状和位置精度。

生产过程中，应根据图样上给出的几何公差要求，采用适宜的工艺方法完成零件的加工。加工好的零件必须按照图样要求，采用适宜的检测方法，判别其几何误差的大小。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