


国家“十二五”重点规划图书

产品几何技术规范(GPS)系列标准应用问答丛书

# 几何误差检测问答

刘巽尔 编著



 中国质检出版社  
中国标准出版社

国家“十二五”重点规划图书

产品几何技术规范(GPS)系列标准应用问答丛书

# 几何误差检测问答

刘巽尔 编著

中国质检出版社

中国标准出版社

北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

几何误差检测问答/刘巽尔编著. —北京:中国标准出版社,2012

(产品几何技术规范(GPS)系列标准应用问答丛书)

国家“十二五”重点规划图书

ISBN 978-7-5066-6622-0

I. ①几… II. ①刘… III. ①几何误差-检测-问题-解答 IV. ①TB92-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 249649 号

中国质检出版社  
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/32 印张 8.25 字数 223 千字

2012 年 6 月第一版 2012 年 6 月第一次印刷

\*

定价 28.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

## 编者的话

几何误差的检测是保证产品质量的重要环节。本书根据最新和现行国家标准,以问答的形式,简明扼要地论述了关于几何误差检测的基本概念,各种几何误差特征的定义与评定方法,基准与基准体系的建立与体现,形状、方向、位置和轮廓误差及跳动等各种几何误差特征的检测方法,以及功能量规的基本概念、公差标准及其工作尺寸的设计计算等。本书主要为了满足中、初级工程技术人员和直接从事加工、检验和装配的技术工人,以及各级技术管理人员学习和初步掌握有关几何误差检测的基本理论与应用的需要。为此,本书不涉及几何误差检测中有关以坐标测量机为代表的数字化检测的内容,也不介绍各种形状误差的复杂、繁琐的计算方法。此外,由于科学技术的发展,不同年代发布的各种几何误差检测的国家标准中对于有关概念的表述及具体规定必然有所差异。本书对此均作了适当的说明。为方便读者,本书对关于要素以及几何公差和几何公差带的概念也作了简要的介绍。

有关 GPS(Geometrical Product Specifications)的国家标准现已统一称为“产品几何技术规范”。21 世纪初的若干年内发布的一些 GPS 国家标准曾错误地称为“产品几何量技术规范”。本书在有关部分中仍按标准发布时采用的名称引用,特此说明,望勿误解。

鉴于近年来我国高等院校的理工科专业严重忽视对学生工程实际知识与能力的培养与训练的现状,本书也可作为大学毕业生岗前培训的参考教材。

刘巽尔

2011 年 12 月

# 目 录

## 一、基本概念

1	什么是几何要素? .....	1
2	什么是尺寸要素? .....	2
3	什么是理想要素? .....	2
4	什么是实际要素? .....	3
5	什么是公称要素? .....	3
6	什么是组成要素和导出要素? .....	3
7	组成要素可分成几种? .....	4
8	导出要素可分成几种? .....	6
9	如何得到提取导出要素? .....	6
10	如何得到提取要素的局部尺寸? .....	9
11	什么是被测要素和基准要素? .....	10
12	什么是单一要素和关联要素? .....	11
13	什么是几何公差和几何公差带? .....	11
14	几何公差带有哪几项特征? .....	12
15	什么是几何误差? 什么是几何误差值? 什么是 最小包容区域? .....	14
16	什么是最小条件? .....	15



## 目 录

- |    |                    |    |
|----|--------------------|----|
| 17 | 什么是几何误差的评定值? ..... | 18 |
| 18 | 什么是检测? .....       | 30 |

### 二、几何误差检测的一般规定

- |    |   |    |
|----|---|----|
| 19 | 几何误差特征有多少项? .....                                 | 35 |
| 20 | 测量几何误差时,应如何处理被测要素的表面粗糙度、<br>划痕、擦伤以及塌边等外观缺陷? ..... | 36 |
| 21 | 几何误差的检测原则有哪几种? .....                              | 36 |
| 22 | 几何误差检测的标准条件是什么? .....                             | 38 |
| 23 | 对几何误差检测的测量不确定度有何规定? .....                         | 38 |

### 三、形状误差的检测

#### (一)直线度误差的检测

- |    |                            |    |
|----|----------------------------|----|
| 24 | 什么是直线度误差? .....            | 40 |
| 25 | 直线度误差有哪几种检测方法? .....       | 41 |
| 26 | 直线度误差有哪几种评定方法? .....       | 42 |
| 27 | 什么是直线度误差的最小包容区域评定方法? ..... | 42 |
| 28 | 如何判别直线度误差的最小包容区域? .....    | 43 |
| 29 | 什么是直线度误差的最小二乘评定方法? .....   | 45 |
| 30 | 如何判别最小二乘中线包容圆柱面? .....     | 46 |
| 31 | 什么是直线度误差的两端点连线评定方法? .....  | 47 |
| 32 | 如何判别两端点连线包容圆柱面? .....      | 48 |
| 33 | 直线度误差的测量有哪几种直接方法? .....    | 49 |

34	什么是直线度误差直接测量的间隙法? .....	49
35	什么是直线度误差直接测量的指示器法? .....	50
36	什么是直线度误差直接测量的干涉法? .....	52
37	什么是直线度误差直接测量的光轴法? .....	53
38	什么是直线度误差直接测量的钢丝法? .....	54
39	直线度误差的测量有哪几种间接方法? .....	54
40	什么是直线度误差间接测量的水平仪法? .....	55
41	什么是直线度误差间接测量的自准直仪法? .....	56
42	什么是直线度误差间接测量的跨步仪法? .....	56
43	什么是直线度误差间接测量的表桥法? .....	58
44	什么是直线度误差间接测量的干涉法? .....	59
45	直线度误差的测量有哪几种组合方法? .....	60
46	什么是直线度误差组合测量的反向消差法? .....	60
47	什么是直线度误差组合测量的移位消差法? .....	63
48	什么是直线度误差组合测量的多测头消差法? .....	64
49	什么是直线度误差的量规检验法? .....	65
50	获得被测线各测点的坐标值 $Z_i$ 以后,如何进行 数据处理以得到直线度误差值? .....	65
51	如何按最小包容区域法评定直线度误差? .....	66
52	如何按最小二乘法评定直线度误差? .....	69
53	如何按两端点连线法评定直线度误差? .....	69
54	对于直线度误差的测量结果发生争议时,应如何 进行仲裁? .....	71



## 目 录

- 55 GB/T 1958—2004 规定了哪几种直线度误差的检测方案? ..... 71
- 56 能举几个直线度误差测量的计算示例吗? ..... 78

### (二) 平面度误差的检测

- 57 什么是平面度误差? ..... 80
- 58 平面度误差有哪几种检测方法? ..... 81
- 59 平面度误差有哪几种评定方法? ..... 81
- 60 什么是平面度误差的最小包容区域评定方法? ..... 82
- 61 如何判别平面度误差的最小包容区域? ..... 82
- 62 什么是平面度误差的最小二乘评定方法? ..... 83
- 63 什么是平面度误差的对角线平面评定方法? ..... 84
- 64 什么是平面度误差的三远点平面评定方法? ..... 84
- 65 测量平面度误差时,有哪几种测量布点形式? ..... 85
- 66 平面度误差的测量有哪几种直接方法? ..... 88
- 67 什么是平面度误差直接测量的间隙法? ..... 88
- 68 什么是平面度误差直接测量的指示器法? ..... 90
- 69 什么是平面度误差直接测量的光轴法? ..... 90
- 70 什么是平面度误差直接测量的干涉法? ..... 91
- 71 什么是平面度误差直接测量的液面法? ..... 92
- 72 平面度误差的测量有哪几种间接方法? ..... 93
- 73 什么是平面度误差间接测量的水平仪法? ..... 93
- 74 什么是平面度误差间接测量的自准直仪法? ..... 94





- 75 什么是平面度误差间接测量的跨步仪法? ..... 95
- 76 什么是平面度误差间接测量的表桥法? ..... 96
- 77 平面度误差的测量有哪几种组合方法? ..... 96
- 78 什么是平面度误差测量组合方法的用一个指示器  
的反向消差法? ..... 97
- 79 什么是平面度误差测量组合方法的用两个指示器  
的反向消差法? ..... 98
- 80 用间接方法测量平面度误差时,如何将仪器的  
示值转换为坐标值? ..... 99
- 81 如何进行坐标值的旋转变换? ..... 102
- 82 在确定各测点的坐标值后可以用哪几种方法评定  
被测面的平面度误差值? ..... 103
- 83 如何按最小包容区域法的旋转变换法评定平面度  
误差值? ..... 103
- 84 如何按对角线平面法的旋转变换法评定平面度  
误差值? ..... 104
- 85 如何按三远点平面法的旋转变换法评定平面度  
误差值? ..... 104
- 86 对于平面度误差的测量结果发生争议时,应如何  
进行仲裁? ..... 105
- 87 GB/T 1958—2004 规定了哪几种平面度误差的  
检测方案? ..... 105

### (三) 圆度误差的检测

- 88 什么是圆度误差? ..... 109



## 目 录

- |     |   |     |
|-----|---|-----|
| 89  | 如何判别圆度误差的最小包容区域? .....                    | 109 |
| 90  | 圆度误差有哪几种检测方法? .....                       | 110 |
| 91  | 用何种仪器进行圆度误差半径变化量的测量? .....                | 110 |
| 92  | 国家标准对圆度仪的触头有什么规定? .....                   | 111 |
| 93  | 如何确定圆度仪触头的静压力? .....                      | 112 |
| 94  | 圆度仪的频率响应是如何规定的? .....                     | 112 |
| 95  | 圆度仪主要有哪些误差? .....                         | 112 |
| 96  | 圆度误差有哪几种评定方法? .....                       | 113 |
| 97  | 如何根据图样标注,确定用圆度仪测量圆度<br>误差时的测量条件? .....    | 115 |
| 98  | 用圆度仪测量圆度误差时需要注意哪些问题? .....                | 116 |
| 99  | 什么是圆度误差评定的两点、三点法? .....                   | 117 |
| 100 | 如何根据两点、三点法的测量结果确定被测工件<br>的圆度误差值? .....    | 119 |
| 101 | GB/T 1958—2004 规定了哪几种圆度误差的<br>检测方案? ..... | 124 |

### (四) 圆柱度误差的检测

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 102 | 什么是圆柱度误差? .....                            | 129 |
| 103 | 如何判别圆柱度误差的最小包容区域? .....                    | 130 |
| 104 | 圆柱度误差有哪几种评定方法? .....                       | 130 |
| 105 | 圆柱度误差有哪几种检测方法? .....                       | 130 |
| 106 | GB/T 1958—2004 规定了哪几种圆柱度误差的<br>检测方案? ..... | 130 |



#### 四、基准和基准体系

107	什么是基准? .....	133
108	什么是基准要素? .....	135
109	什么是模拟基准要素? .....	135
110	什么是拟合基准要素? .....	135
111	什么是基准体系? .....	136
112	如何由实际基准要素建立基准? .....	136
113	如何由多个实际基准要素建立基准体系? .....	138
114	采用多基准标注时,基准的标注顺序对基准的 建立有何影响? .....	139
115	什么是基准目标? .....	140
116	基准目标在设计图样上是如何标注的? .....	141
117	GB/T 1958—2004 对基准的建立是如何规定的? ..	143
118	能举若干基准建立的示例吗? .....	143

#### 五、方向误差的检测

119	如何确定平行度误差的定向最小包容区域? .....	147
120	GB/T 1958—2004 规定了哪几种平行度误差的 检测方案? .....	148
121	如何确定垂直度误差的定向最小包容区域? .....	159
122	GB/T 1958—2004 规定了哪几种垂直度误差的 检测方案? .....	160



- 123 如何确定倾斜度误差的定向最小包容区域? ..... 169
- 124 GB/T 1958—2004 规定了哪几种倾斜度误差的检测方案? ..... 169

## 六、位置误差的检测

- 125 如何确定同轴度误差和同心度误差的定位最小包容区域? ..... 177
- 126 GB/T 1958—2004 规定了哪几种同轴度误差和同心度误差的检测方案? ..... 178
- 127 如何确定对称度误差的定位最小包容区域? ..... 188
- 128 GB/T 1958—2004 规定了哪几种对称度误差的检测方案? ..... 189
- 129 如何确定位置度误差的定位最小包容区域? ..... 195
- 130 GB/T 1958—2004 规定了哪几种位置度误差的检测方案? ..... 195

## 七、轮廓误差的检测

- 131 什么是轮廓误差? ..... 203
- 132 如何确定线轮廓度误差和面轮廓度误差的最小包容区域? ..... 203
- 133 GB/T 1958—2004 规定了哪几种线轮廓度误差和面轮廓度误差的检测方案? ..... 203



## 八、跳动的检测

- 134 GB/T 1182—2008 规定了哪几种跳动公差? ..... 209
- 135 什么是径向圆跳动? ..... 209
- 136 什么是轴向圆跳动? ..... 209
- 137 什么是斜向圆跳动? ..... 210
- 138 GB/T 1958—2004 规定了哪几种圆跳动的  
检测方案? ..... 210
- 139 什么是径向全跳动? ..... 217
- 140 什么是轴向全跳动? ..... 217
- 141 GB/T 1958—2004 规定了哪几种全跳动的  
检测方案? ..... 217

## 九、功能量规

- 142 什么是功能量规? ..... 220
- 143 功能量规的工作部位由哪些部分组成? ..... 220
- 144 功能量规主要有哪几种结构型式? ..... 221
- 145 用功能量规检验工件的方向或位置误差时,  
可以采用哪两种不同的检验方式? ..... 222
- 146 如何确定功能量规的定位部位? ..... 223
- 147 GB/T 8069—1998 对功能量规的使用  
有何规定? ..... 223
- 148 功能量规公差设计中采用哪些代号? ..... 224
- 149 什么是综合公差  $T_1$ ? ..... 226



## 目 录

150	功能量规检验部位的尺寸公差带位置是如何规定的? .....	226
151	功能量规定位部位的尺寸公差带位置是如何规定的? .....	227
152	功能量规导向部位的尺寸公差带位置是如何规定的? .....	228
153	功能量规工作部位的公差数值和基本偏差数值是如何规定的? .....	229
154	功能量规工作部位为尺寸要素时,其尺寸公差和相应导出要素的几何公差应遵循何种公差原则? ...	237
155	功能量规非工作部位的尺寸公差和几何公差应如何设计? .....	237
156	GB/T 8069—1998 规定的数值和功能量规设计图样上标注的尺寸与公差以什么工作条件为准? .....	238
157	功能量规的生产除了工作尺寸及其公差以外,还应符合哪些技术要求? .....	238
158	能举若干功能量规工作尺寸及其公差设计的示例吗? .....	238
附录	各种检测方案示意图中的常用符号及其说明 .....	247

# 一、基本概念

## 1 什么是几何要素?

几何要素就是构成固态产品几何特征的点、线或面。

GB/T 18780.1—2002《产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第1部分:基本术语和定义》规定的定义:要素(feature)——点、线或面。

在 GB/T 1182—2008《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》中,作为基本概念,要素的定义是:工件上的特定部位,如点、线或面。

要素是几何要素的简称。它只包括几何概念上的点、线和面,但不包括“体”。也就是说,在 GPS 系列标准中,只有“点要素”、“线要素”和“面要素”,而没有“体要素”。例如,我们只讨论圆柱面,而不讨论圆柱体;只讨论圆锥面,而不讨论圆锥体。

在图 1-1 所示零件上,圆球面的球心是点要素,圆柱面的素线、圆锥面的素线、圆柱面的轴线、圆锥面的轴线等都是线要素;圆柱面、圆锥面、圆球面、端面、槽侧面、槽的中心平面等都是面要素。

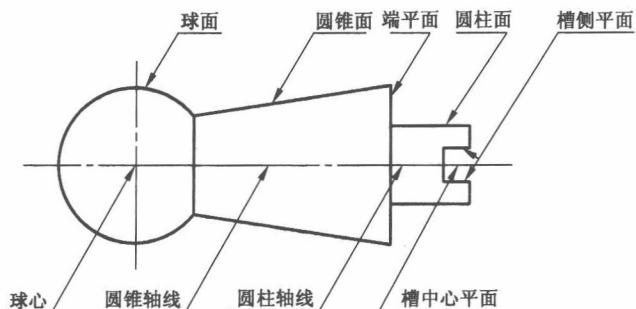


图 1-1



## 2 什么是尺寸要素?

尺寸要素(feature of size)——由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。

也可以说,尺寸要素是有尺寸(线性尺寸和/或角度尺寸)的要素,也就是可以用线性尺寸和/或角度尺寸表示其大小的要素。

所以,圆柱面、圆球面、两反向的平行平面、圆锥面等,都是尺寸要素。

相应地,可以把没有尺寸的要素称为非尺寸要素,如平面、直线、点等。因为,根据几何学理论,面是没有厚薄的、线是没有粗细的、点是没有大小的,它们都是非尺寸要素。

## 3 什么是理想要素?

在 GB/T 1183—1980《形状和位置公差 术语及定义》中,曾定义理想要素是“具有几何学意义的要素”。

例如直线、平面、圆柱面、圆锥面等,都可以根据几何学的定义来确定其理想的形状,并称之为理想要素。这种定义比较形象,也易于被一般技术人员和操作工人所接受。

但是,在各种计算软件中就需要用一定的数学表达式来体现。因此,在 GB/Z 24637.1—2009/ISO/TS 17450-1:2005《产品几何技术规范(GPS) 通用概念 第1部分:几何规范和验证的模式》中,理想要素(ideal feature)定义为:由参数化方程定义的要素。同时,在直线度、平面度、圆度和圆柱度的词汇和参数的标准中,用参数化方程来表达在 GB/T 1182—2008 中用几何概念描述的公差带。

由于 ISO 的 GPS 系列标准至今仍限于上述直线度、平面度、圆度和圆柱度四种形状公差,因此,理想要素的概念只限于要素的形状为理想的,而未计及要素的方向和位置特征。本书在讨论几何误差的方向误差和位置误差的概念时,理想要素不仅应具有理想的形状而且具有对基准的理想方向或理想位置,或称理论正确方向和理论正确位置。





#### 4 什么是实际要素?

GB/Z 24637.1—2009 中定义了工件实际表面(real surface of a workpiece):实际存在并将整个工件与周围介质分隔的一组要素。

上述定义与 GB/T 1183—1980 中将实际要素定义为“零件上实际存在的要素”是相一致的。

由于测量误差的必然存在,真正的实际要素是测量不到的。人们只能获得实际要素的替代——提取要素(测得要素)。所以,在有关标准中经常把实际要素和提取要素并列使用,并写作“实际(提取)要素”或“提取(实际)要素”。作为设计要求的控制对象和完工工件上的检测对象,理论上应该是实际要素,但客观上得到的只能是提取要素。同时,应该根据功能要求的不同,选取不同接近程度的提取要素来代替实际要素。所以,作者以为,采用“实际(提取)要素”的写法更为合理。

#### 5 什么是公称要素?

根据 GB/Z 24637.1—2009 的定义,公称要素(nominal feature)是不依赖于非理想表面模型的理想要素。

这一定义实际上只说明公称要素是理想的要素,而不是非理想的要素。但什么样的理想要素才是公称要素却没有说明,而只在 GB/T 18780.1—2002 中规定了公称组成要素和公称导出要素。

实际上,“公称”可以理解为只是一种公认的称呼而已。如公称尺寸、公称螺距等。

#### 6 什么是组成要素和导出要素?

组成要素(integral feature)——表面或表面上的线。

组成要素也就是轮廓要素。如图 1-1 所示零件上的圆球表面、圆柱表面、圆锥表面等。

导出要素(derived feature)——由一个或几个组成要素导出的中