

精通

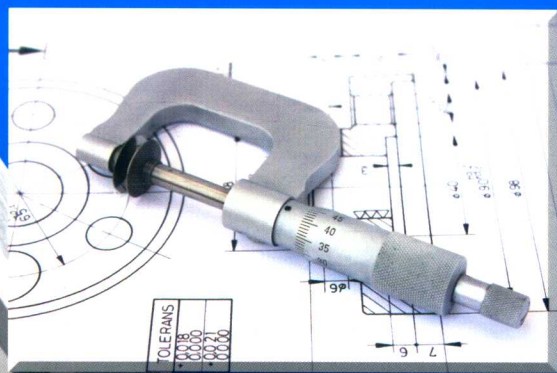
JINGTONG

JIHE GONGCHA

几何公差

玩转

GD&T



子谦 编著

- 轻松学习几何公差
- 快速提升应用能力



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

精通几何公差

子 谦 编著



机械工业出版社

本书通过典型的应用实例介绍了几何公差工程应用方法。本书共分5章,第1章阐述了几何公差的一些基础知识,包括独立和包容原则、尺寸的分类和应用、几何公差发展概括等;第2章介绍了常用基准选取方法、基准常见错误等;第3章详细分析了形状、方向、位置和跳动公差之间的关系和区别;第4章介绍了公差应用过程中常见的补偿或补充符号;第5章着重介绍了公差实践应用的理念和思路,包括检测量具的选用思路、检具设计原理、实效边界设计中的应用、机械产品图样设计流程。每章配有练习题及答案,便于帮助读者巩固所学知识。

本书可供机械行业工程技术人员使用,也可供机电类专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

精通几何公差/子谦编著. —北京:机械工业出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-111-56386-0

I. ①精… II. ①子… III. ①公差-配合 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第070676号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊

责任校对:陈越 封面设计:张静

责任印制:李昂

三河市国英印务有限公司印刷

2017年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·8印张·146千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-56386-0

定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

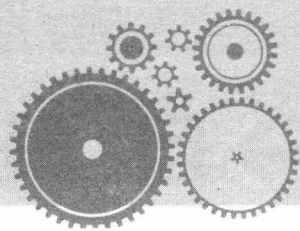
网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com



➔ 前 言 ➔

在机械制造业中，零部件的互换性是指在同一规格的一批零件或部件中，任取其一，不需任何挑选或附加修配就能装在机器上，达到规定的性能要求。在机械制造中，遵循互换性原则，不仅能显著提高劳动生产率，而且能有效保证产品质量和降低成本。所以，互换性是机械制造中的重要生产原则与有效技术措施。为保证机械零部件的互换性，必须对几何误差加以控制，规定形状、方向、位置和跳动公差等。为了帮助广大读者快速提升对几何公差的理解并掌握其应用原则，特编写了本书。

本书共分5章，每章配有练习题及答案，便于帮助读者巩固所学知识点。

第1章阐述了几何公差的一些基础知识，包括独立和包容原则、尺寸的分类和应用、几何公差发展概括等。

第2章介绍了常用基准选取方法、基准常见错误等。

第3章详细分析了形状、方向、位置和跳动公差之间的关系和区别。

第4章介绍了公差应用过程中常见的补偿或补充符号。

第5章着重介绍了公差实践应用的理念和思路，包括检测量具的选用思路、检修设计原理、实效边界设计中的应用、机械产品图样设计流程。

本书主要特色如下：

1) 本书以小说的形式展开，在故事的展开中帮助读者建立几何公差的工程应用思路，提高使用水平。

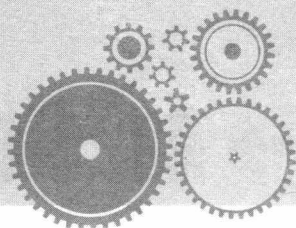
2) 本书含有大量的工程应用实例，通过实例总结出几何公差背后的原理和技术。

3) 本书采用了最新的国家标准和制图标准。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

→ 目 录 ←

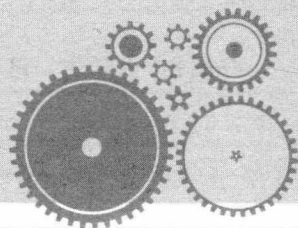


前言

第 1 章 几何公差概述	1
1.1 扬帆启航	1
1.2 测量基准	1
1.3 独立与包容	4
1.4 尺寸的分类和应用	8
1.5 几何公差的发展历史和现状	11
1.5.1 位置度与位置尺寸的应用	11
1.5.2 几何公差的发展史	14
1.5.3 ISO 1101 与 ASME Y14.5 的区别	14
1.5.4 线性尺寸公差与几何公差的区别	14
1.5.5 第三代公差的猜想	15
总结与思考	16
第 2 章 基准的应用	18
2.1 直接法、模拟法和目标法	21
2.1.1 直接法	21
2.1.2 模拟法	21
2.1.3 目标法	21
2.2 常见基准标注	22
2.3 理论正确尺寸	23
总结与思考	23
第 3 章 几何公差	28
3.1 跳级测量	28
3.1.1 形状公差	29
3.1.2 方向公差	32
3.1.3 位置公差	34
3.1.4 跳动公差	37
3.2 四大公差的区别	38

3.3	位置度的实体补偿	42
3.4	相对位置	46
3.5	同时要求和不同同时要求	48
3.6	基准补偿	50
	总结与思考	55
第4章	补偿因子	63
4.1	不对称公差①	63
4.2	控制半径 <i>CR</i>	64
4.3	正切平面①	65
4.4	自由状态②	66
4.5	最小实体要求①	67
4.5.1	最小实体特征补偿	67
4.5.2	最小实体基准补偿	69
4.6	延伸公差带③	71
	总结与思考	73
第5章	GD&T 工程实践应用	76
5.1	检测量具的选择	80
5.2	实效边界在零件公差设计中的应用	82
5.3	GD&T 检具设计与检具原理	86
5.4	GD&T 知识应用思路	89
5.4.1	GD&T 检测工作流程	90
5.4.2	设计和工艺关于 GD&T 知识应用思路	91
5.4.3	工装夹具设计思路	92
5.5	尺寸链计算	92
5.6	机械产品图样设计流程	93
	总结与思考	95
答案部分		98
附录		109
附录 A	尺寸链计算手册	109
附录 B	几何公差应用总结表	115
附录 C	复合公差的应用	116
附录 D	位置度检具的应用	118

→ 第1章 ←



几何公差概述



1.1 扬帆启航

又是一年毕业季，黄浦江畔的黄浦理工大学校园里又是一幕辞旧迎新的场景。哈瑞轻快地骑着自行车在校园里穿行，脸上洒满了阳光，显得分外自信，回到401宿舍，迫不及待地说：“兄弟们，我挑了家最满意的单位，达路斯机床DNC，全球排名前五的锻压设备制造商。”

胖子：“这种企业没兴趣，我老爸已给我联系国企，去中航工业。”

哈瑞：“我的要求是第一找整机厂，第二做设计。现在这两个都满足，哈哈！”

山鸡：“你小子就死心眼，搞技术，在核心期刊发了论文，又能如何？在我国目前的情况下，还是跟我学做生意，闯事业吧！”

哈瑞：“山鸡哥，就算外界环境不好，理想没有吃饱饭重要。但一不小心理想实现了呢？因此年轻人内心还是要有理想的。所以我的理想很简单：一，二，三。”

杨风：“愿闻其详？”

哈瑞：“一是方向，机械工程；二是在有生之年，能参与多项产品并主导一项全新产品的开发；三是在50岁时回学校当老师，教授我在机械工程方面的毕生所学。谢谢各位大哥，祝我好运吧！”

1.2 测量基准

哈瑞第一天上班，与温斌一同被研发部沈经理派去进料检验室学习，并由海挺带领。



海挺：“大学生，这张图（图 1-1）能看懂吗？”

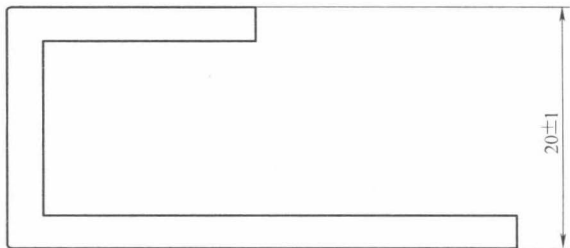


图 1-1

哈瑞和温斌：“能，两个面之间理论距离 20mm，公差 ± 1 mm。”

海挺：“好，这有 10 件，你们先测，我先出去会儿。”

温斌找来一把卡尺，结果产品太长放不进去，两人傻了。一愣之后，哈瑞看见温斌身后的大理石平台，大声说道：“我们可以把零件放到上面，用高度尺量高度呀！”

温斌：“太好了，主意是你想到的，那我去找高度尺吧。”

说完出了进料检验室。

哈瑞弯腰把产品从地上搬到大理石平台上，发现大理石下面恰好有一把高度尺，于是就拿出来开始按图 1-2 所示测量。

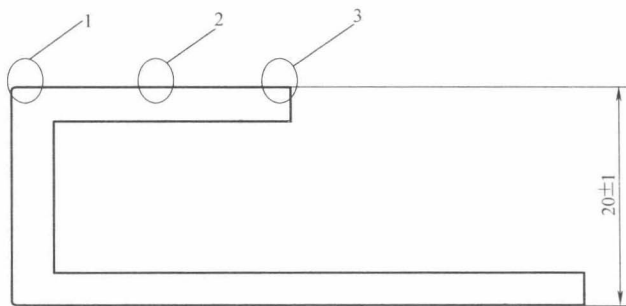


图 1-2

每个零件取 1, 2, 3 三个点，求平均值，并写入报告（表 1-1）。

这时温斌回来了，看见后说：“你太坏了，都不等我一起测。”

哈瑞：“没事，您再测一遍（表 1-2）吧，哈哈！”

10min 后，温斌大叫道：“哈瑞，你测错了吧？有 2 个不合格呢！”

哈瑞一看读数，的确不对，测量值有 21.3，18.7。



表 1-1

(单位: mm)

件号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
点 1	19.1	19.5	20.4	20.5	19.7	19.5	20.4	19.8	20.4	20.3
点 2	20.0	19.1	20.8	20.0	19.6	19.6	20.4	20.6	20.4	20.2
点 3	20.9	19.5	20.9	19.0	19.6	20.8	19.8	19.3	20.6	21.0
均值	20.0	19.4	20.7	19.8	19.6	20.0	20.2	19.9	20.5	20.5
判断	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表 1-2

(单位: mm)

零件	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
点 1	19.1	19.6	20.7	20.3	20.4	20.3	19.8	20.1	19.3	20.9
点 2	21.0	18.8	19.9	19.3	19.7	20.2	19.9	20.7	19.3	20.3
点 3	23.8	17.8	20.6	20.9	19.1	20.4	20.3	20.1	20.3	20.8
均值	21.3	18.7	20.4	20.2	19.8	20.3	20.0	20.3	19.6	20.6
判断	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

再认真看了看, 笑道: “哥们, 你搞错啦, 零件不是这样 (图 1-3) 测的, 应该反过来, 大面向下才稳定。”

温斌摸摸脑袋: “不对呀, 就算大面稳, 我这样压紧后, 零件也稳定呀!”

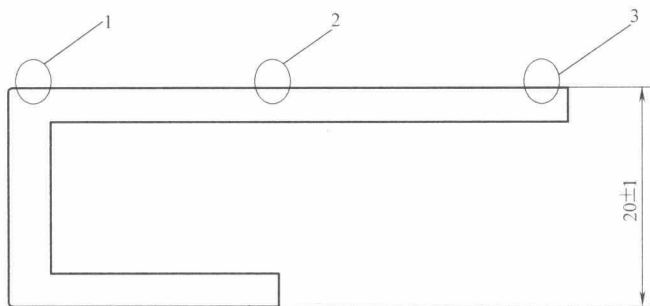


图 1-3

于是, 两人把零件重新用两种方法测量, 找到最极端的零件, 结论如图 1-4 所示。

这时, 海挺开完会回来了, 俩人像找到救星一样抓住海挺就问为什么。

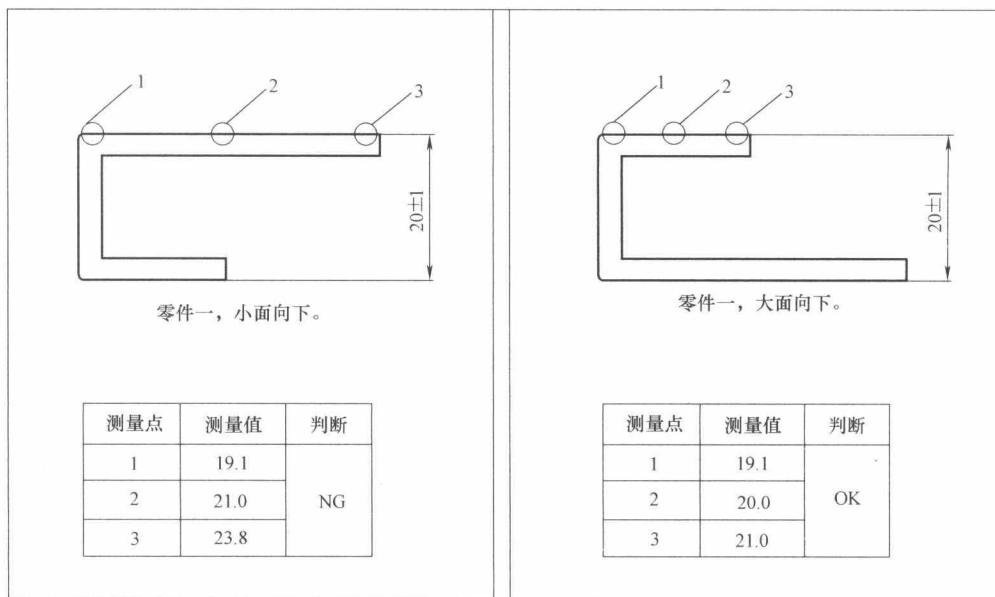


图 1-4

海挺哈哈笑道：“刚才走得急，忘了告诉你们，这有检验指导书，上面定义了如图 1-4 右边测量。”

哈瑞：“为什么这样定义呢？”

海挺：“装配时先装长边。”

哈瑞和温斌百思不得其解：“教授们说要用厚大的面作为基准的呀？测量和装配是什么关系呢？”

下班后，哈瑞还在想这事，想着想着进入了梦乡……突然来了一位同事，他是来自火星的火星星人，正在测量一张桌子，他把桌子搬到大理石平台上，让桌面和大理石平台贴平，测桌腿的高度。这显然是错误的呀！哈瑞一下想明白了，因为桌子在使用时四个腿放在地上，桌子的使用功能是桌面的高低，测量时当然也应按使用的状态（装配）进行测量。

“温斌，温斌，我知道啦……”哈瑞开心地大叫道，同时转身想告诉温斌，结果摔下床来，才知道自己在做梦。

1.3 独立与包容

三个月的现场实习生活一晃而过，哈瑞信心满满地来到研发部报到，自以为



熟悉了工程师设计图样时常犯的错误，自己不会出现这些问题，于是大胆地向沈经理要设计任务，结果被分到了一个顶杆的设计任务。顶杆从压力机下模板和模具的孔中伸出来，用于顶出工件，结构如图 1-5 所示。

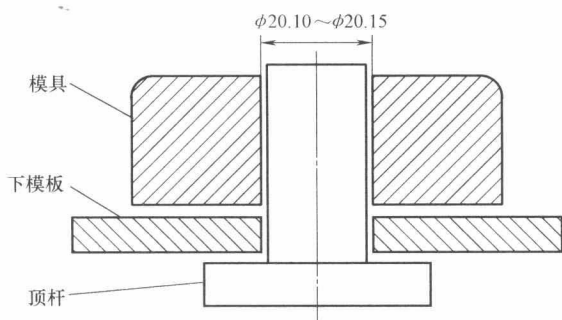


图 1-5 顶杆装配结构图

于是哈瑞快速出图，如图 1-6 所示。

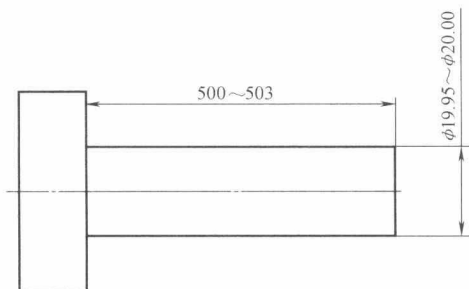


图 1-6 顶杆

三周之后，装配车间打来电话，说顶杆装配不良，无法从下模板中伸入到模具中，但是供应商的测量结果是合格的。这是怎么回事？哈瑞立即检查图样，发现下模板、模具孔径是 $\phi 20.10 \sim \phi 20.15\text{mm}$ ，顶杆直径是 $\phi 19.95 \sim \phi 20.00\text{mm}$ ，计算间隙有 $0.10 \sim 0.20\text{mm}$ ，那么问题出在哪里呢？

哈瑞首先想到的是供应商报告造假，于是抱着零件和图样来到了实验室，找海挺帮忙。海挺把零件放在大理石平台上，从侧面看了一下，发现顶杆中部与大理石之间有较大间隙，为 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ ，如图 1-7 所示。

海挺：“把图样给我看下。”

海挺看完后说：“黄浦理工的大学生，你这张图有问题，没出完整呀！你知

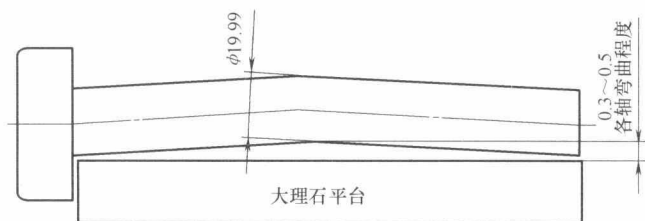


图 1-7

道独立原则吗？”

哈瑞：“知道呀，实体尺寸与表面形状是独立的，应分别满足图样要求。在这张图上， $\phi 19.95 \sim \phi 20\text{mm}$ 是尺寸，公差是 0.05mm ，形状，形状的要求……”

海挺追问道：“对呀，你对这个顶杆提出的形状公差呢？”

哈瑞：“没有，但有未注公差呀，那可不可以用未注公差来验收呢？”

海挺：“即便是未注公差，长 500mm ，H 级公差也是 0.4mm ，现在的产品依然可以超出装配的实效边界哦。”说完顺手画出了两张示意图（图 1-8 和图 1-9）。

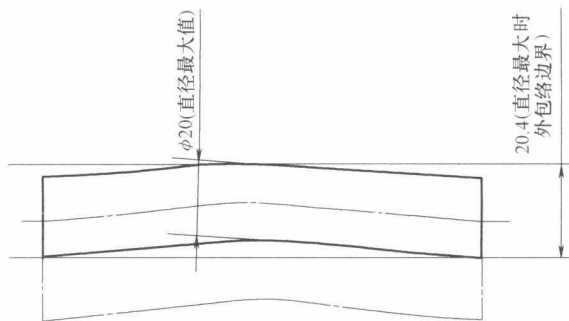


图 1-8 轴的极端状况

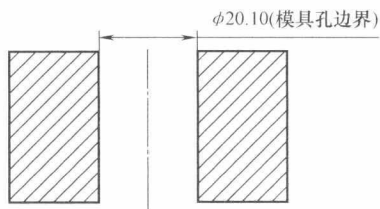


图 1-9 对手件极端状况



哈瑞看完后大呼明白，同时也苦着脸说：“那图样应该怎么出呢？”

海挺：“听过包容要求吗？”

哈瑞：“听过，但忘了。”

海挺：“包容要求表示提取组成要素不得超越最大实体边界（MMB），其局部尺寸不得超出最小实体尺寸。实体尺寸极限（最大实体）状态控制了零件的形状变化，如图 1-10 所示，当轴在包容要求下零件形状的约束边界（MMC）是 21mm 时，就有一个 $\phi 21\text{mm}$ 的理论圆柱，包容整个零件，如果轴想弯曲，也必须在 $\phi 21\text{mm}$ 的圆柱内变动，不得超出理论圆柱。但请记住在尺寸后加一个 \textcircled{E} ，才表示本尺寸遵守包容要求。”

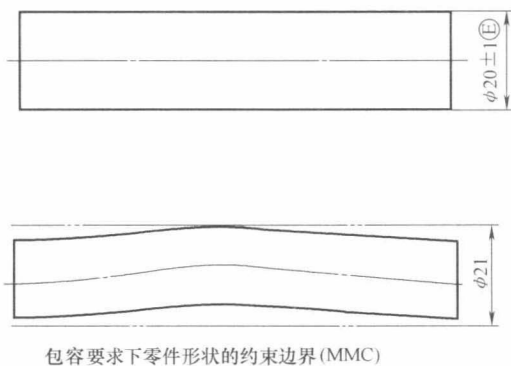


图 1-10

哈瑞点头说道：“哦，如图 1-11 所示标注的顶杆，其最极端状况尺寸如图 1-12 所示。在 $\phi 20\text{mm}$ 以内（轴最大包络外边界），对手件是 $\phi 20.10\text{mm}$ 以外，永远有 0.1mm 的间隙，这样就可以装配了，对吗？”

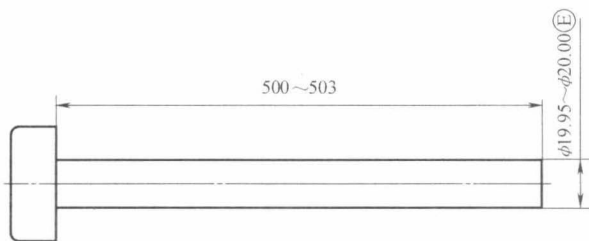


图 1-11

海挺点点头示之：“这就对了。另外，图纸遵循 ASME Y14.5 标准时请注意，



如果图中某个尺寸需要采用独立原则的可以用①标识在它的后面，表示本图样默认包容要求，但被标识的尺寸遵守独立原则。”

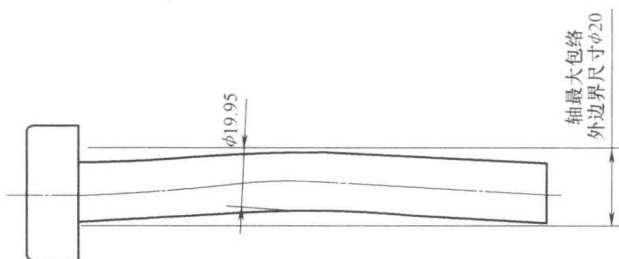


图 1-12

1.4 尺寸的分类和应用

随着福特 2000t 压力机的设计任务完成，哈瑞在达路斯机械工作了已整整一年。在这一年中哈瑞有了很大的进步，他同时也很感激许多前辈的帮助。首先，他想起了实验室的海挺前辈，于是趁今天有空去实验室看看，因为已经好久没去了。

走进实验室，哈瑞刚和海挺打完招呼，就有一位新检验员对海挺说：“老大，01-0103-006 这批零件（图 1-13）不合格，但奇怪的是我拿封存的样件测量也不合格。”

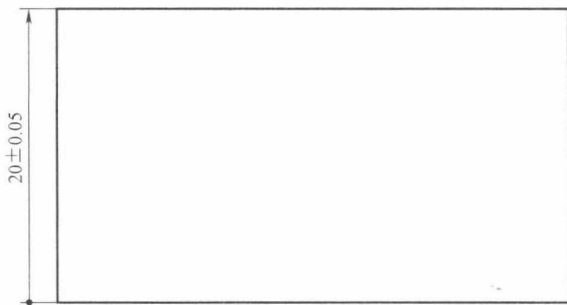


图 1-13

海挺：“怎么不合格？”

检验员：“ (20 ± 0.05) mm 不合格，所有产品如图 1-14 所示波动。”

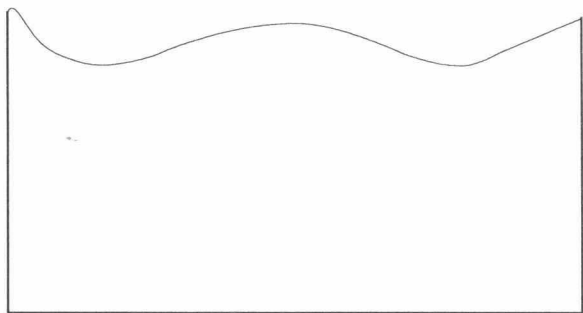


图 1-14

海挺：“好的，我马上来，你先去。”

哈瑞跟着检验员去了测量台。

哈瑞看完之后说：“你用卡尺测（图 1-15）不就行了吗？为什么要用大理石平台和高度尺（图 1-16）呢？测这么多点，然后还要计算，太麻烦了。”

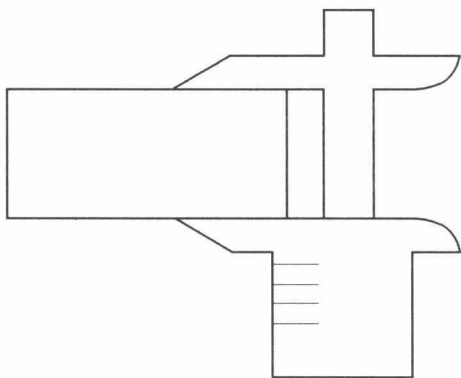


图 1-15

检验员：“检验书上这么写的，所以不敢用卡尺测。”

哈瑞向刚走过来的海挺问原因。

海挺说道：“这个零件必须按图 1-16 测，因为图样上标明，下面是基准，上表面为被控特征。”

哈瑞：“把图样改一下不就行了，这图谁出的呀！”

海挺：“你又错啦，这个零件的毛坯是精密铸造的，铸造表面（基准面是铸造出来的）已达到与底座的装配要求，但功能面（上表面）需要机加工才能达

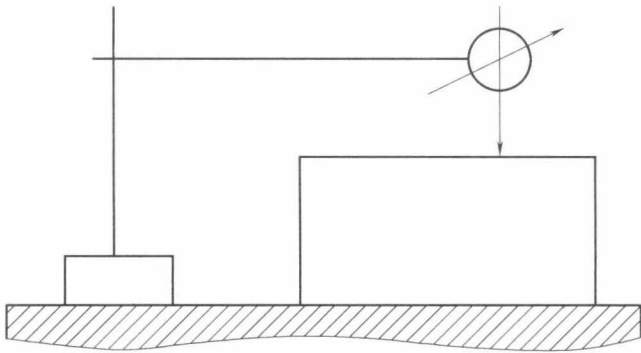


图 1-16

到装配要求。所以，只机加工一个面，可以节约成本。”

哈瑞：“原来这样标是有特别用意的呀！”

海挺：“当然，你知道尺寸标注分几种类型吗？”

哈瑞：“我猜，有长度、宽度、角度等吧。”

海挺：“错了，线性尺寸分为位置、实体、方向和形状四种，今天这样标就是位置尺寸。表示两特征是位置关系，换言之一个是被控特征，另一个特征是基准。”

哈瑞：“那昨天给你的图 1-17，孔中心到左边、下边的尺寸也是位置尺寸吗？但我没标图 1-18 中的黑点呀！而我的意图是以左边和下边为基准，那会对测量产生影响吗？”

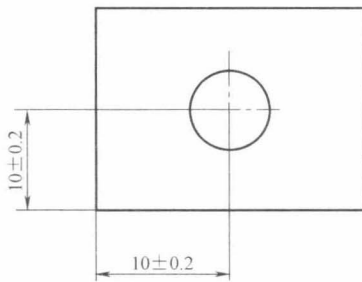


图 1-17

海挺：“我们已经习惯了这种零件，我们知道以左边和下边为基准测量，但最好请如图 1-18 一样标出基准。”

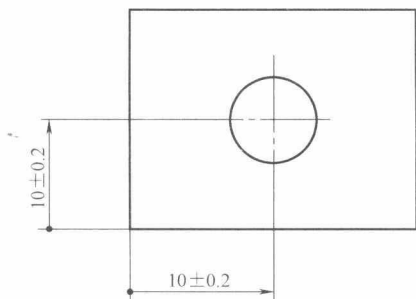


图 1-18

1.5 几何公差的发展历史和现状

沈经理来到办公室，大喊道：“兄弟们，好消息，今天总公司通知，我们已成功收购美国 STAMIC 公司，所以现在我们应该是本行业世界第三大巨头。最近 STAMIC 公司会有一位资深设计专家到我们研发部做友好访问。你们抓住机会好好交流。哈瑞你英文好，你负责接待。”

哈瑞：“是，一定完成任务。”

1.5.1 位置度与位置尺寸的应用

两周后，美国的 Mike 大爷来到了达路斯公司。哈瑞看到做了 30 年设计的白发苍苍的老前辈，如获至宝似地开心，立刻把自己的设计图给 Mike 大爷看。

Mike 大爷看完后，锁住眉说：“哈瑞，为什么这个孔的位置用线性尺寸公差，而不用几何公差呢？”

哈瑞回答：“位置度好吗？”

Mike 大爷马上画了两个零件，零件一，零件二（图 1-19）。假设零件一的轴径是 $\phi 6\text{mm}$ 并处于理想状态（尺寸正好是 6mm ，无尺寸公差和几何公差），轴到两边的距离是 10mm 也处于理想状态；零件二的孔径为 $\phi 8\text{mm}$ 并处于理想状态，假设产品两侧面装配时贴平。

Mike 大爷：“装配后如图 1-20 所示，那么零件二的两种标注（图 1-21、图 1-22），它们有什么区别呢？”

哈瑞：“ X 的最大值是 0.707mm ，公差带是一个正方形； Y 的最大值是 2mm ，公差带是一个直径为 $\phi 2\text{mm}$ 的圆；区别在于……”

这时，Mike 大爷拿出一份资料如图 1-23 所示，说道：“假设此时孔中心做