

JIXIE JIAGONG
CHANGYONG CELIANG JISHU SHOUCHE

机械加工

常用测量

技术手册

刘 森◎主编



金盾出版社

机械加工常用测量 技术手册

刘森 主编

金盾出版社

内 容 提 要

本手册介绍了机械加工常用的测量工具和测量方法,对现行国家标准《产品几何技术规范(GPS)》中有关极限与配合、几何公差、表面结构等内容作了详细解释,并附有大量典型零件的极限配合与测量技巧。主要内容包括:常用量具,产品几何技术规范(GPS),技术测量,典型零件的极限配合与测量,尺寸链,实用测量技巧等。

本手册的特点是将常用量具的使用、产品几何技术规范(GPS)的解释,以及测量方法和技巧汇集于一册书中,便于从事机械加工业的工人和技术人员快速查阅,也适合机械加工类企业资料室和院校图书馆收藏。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工常用测量技术手册/刘森主编. -- 北京:金盾出版社,2013.7

ISBN 978-7-5082-8387-6

I. ①机… II. ①刘… III. ①金属切削—技术测量—技术手册 IV. ①TG8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 094880 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路5号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京精美彩色印刷有限公司

正文印刷:北京万友印刷有限公司

装订:北京万友印刷有限公司

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:15.875 字数:472千字

2013年7月第1版第1次印刷

印数:1~5 000册 定价:50.00元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

随着市场经济不断发展和完善,全球经济一体化已成为必然的趋势。只有性能符合国际标准的产品,才能市场中占有一席之地,为市场所接受。产品的几何技术规范(GPS)是符合国际标准 ISO 的技术标准,包括极限与配合、几何公差和表面结构三大类几何技术规范。本手册对 GPS 标准做了大量释译,可帮助读者尽快理解、准确执行主要现行标准。GPS 标准的推广和应用,对促进我国经济发展具有重要的意义。

技术测量是检验、判断产品几何技术特征是否符合规范的最终手段。《机械加工常用测量技术手册》是基于 GPS 标准现行最新版本编写的,参照了我国 40 余个相关国家标准和行业标准,为读者提供了较全面、规范的测量知识和技术。书中还收录了大量实用测量技巧,针对机械加工中经常遇到的选用测量方法、确定测量精度、控制测量误差等实际问题,做了详细的讲解,对于从事机械加工的工人、技术人员都有较高的参考价值。

本书由刘森主编,参加编写的还有张灏、吴复宇、

陈继荣、陈英年、居永梅、李春华、栾庭森、赵怀志、张京华、耿玉岐、常淑芳、盛桂芬，特邀请郝秀云主审。鉴于《产品几何技术规范(GPS)》尚在推广应用初始阶段，难免会受传统观念的影响，致使出现不当之处，敬请读者予以批评指正。

作 者

目 录

1 常用量具	1
1.1 概述	1
1.1.1 常用量具的种类	1
1.1.2 常用量具的适用标准	1
1.2 测量基准器	2
1.2.1 平板	2
1.2.2 方箱	3
1.2.3 V形块架	3
1.3 卡尺	6
1.3.1 游标卡尺	7
1.3.2 深度游标卡尺	14
1.3.3 高度游标卡尺	14
1.3.4 齿厚游标卡尺	18
1.3.5 带表卡尺	19
1.3.6 带表深度卡尺	20
1.3.7 带表高度卡尺	21
1.3.8 数显卡尺	21
1.3.9 特殊用途卡尺	24
1.4 千分尺	26
1.4.1 外径千分尺	29
1.4.2 杠杆千分尺	37
1.4.3 公法线千分尺	39
1.4.4 螺纹千分尺	40
1.4.5 深度千分尺	40
1.4.6 内径千分尺	41

1.4.7	内测千分尺	45
1.5	指示表	47
1.5.1	百分表	48
1.5.2	千分表	54
1.5.3	数显百分表和数显千分表	54
1.5.4	内径百分表	55
1.5.5	杠杆百分表	58
1.6	角度尺	62
1.6.1	直角尺	62
1.6.2	万能角度尺	64
1.7	坐标测量机	69
1.7.1	二坐标测量机	70
1.7.2	三坐标测量机	71
1.8	专用量具	71
1.8.1	卡规	72
1.8.2	塞规	75
1.8.3	螺纹量规	81
1.8.4	半径样板(R 规)	83
1.8.5	表面粗糙度样块	84
1.8.6	塞尺	87
1.8.7	测量转轴用的专用支架	88
2	产品几何技术规范(GPS)	89
2.1	极限与配合	89
2.1.1	极限与配合国家标准	89
2.1.2	极限与配合常用术语	90
2.1.3	标准公差等级和孔、轴极限偏差	99
2.1.4	极限与配合的选择	114
2.2	几何公差	124
2.2.1	几何公差国家标准	124
2.2.2	几何公差的标注	125

2.2.3	形状公差	137
2.2.4	方向公差	153
2.2.5	位置公差	164
2.2.6	跳动公差	173
2.2.7	几何公差的选择	177
2.2.8	公差原则	185
2.3	表面结构	200
2.3.1	表面结构国家标准	200
2.3.2	表面粗糙度	201
2.3.3	表面粗糙度的选用	205
2.3.4	表面粗糙度的标注	209
3	技术测量	211
3.1	光滑工件尺寸的技术测量	211
3.1.1	尺寸的传递	211
3.1.2	测量器具的性能	216
3.1.3	测量方法的类型及特点	217
3.1.4	测量误差	218
3.1.5	光滑工件尺寸的检验	223
3.2	几何误差的检测	228
3.2.1	形状误差的检测	228
3.2.2	方向误差的检测	256
3.2.3	位置误差的检测	256
3.2.4	跳动的检测	256
3.3	表面粗糙度的检测	323
4	典型零件的公差配合与测量	325
4.1	普通螺纹结合的公差配合与测量	325
4.1.1	螺纹的种类	325
4.1.2	普通螺纹的几何参数	325
4.1.3	螺纹几何参数误差对互换性的影响	326
4.1.4	螺纹的可旋合条件和螺纹合格条件	327

4.1.5	普通螺纹的公差与配合	327
4.1.6	普通螺纹的测量	334
4.2	平键、花键联接的公差配合与测量	336
4.2.1	平键联接的公差与配合	337
4.2.2	平键联接的检测	340
4.2.3	矩形花键联接的公差与配合	341
4.2.4	矩形花键的检测	347
4.3	滚动轴承的公差配合与测量	348
4.3.1	滚动轴承的公差	348
4.3.2	滚动轴承与轴和外壳孔的公差带	349
4.3.3	轴颈和外壳孔的几何公差和表面粗糙度	351
4.3.4	滚动轴承配合和公差的标注	353
4.3.5	滚动轴承配合件的测量	354
4.4	渐开线圆柱齿轮的公差与测量	354
4.4.1	渐开线圆柱齿轮的精度制	354
4.4.2	齿轮替代检验项目	374
4.4.3	渐开线齿轮的公差	374
4.4.4	齿轮国家标准应用示例	386
5	尺寸链	388
5.1	尺寸链的组成	388
5.1.1	尺寸链概念	388
5.1.2	尺寸链的特点	389
5.1.3	尺寸链的组成	390
5.1.4	尺寸链图	390
5.2	用极值法解尺寸链	390
5.2.1	用极值法解尺寸链的步骤	390
5.2.2	尺寸链的基本公式	391
5.3	尺寸链应用示例	392
5.3.1	尺寸链正计算的应用示例	392
5.3.2	尺寸链中间计算的应用示例	393

5.3.3	尺寸链反算的应用示例	394
6	实用测量技巧	399
6.1	半径和直径的测量	399
6.1.1	利用小量程卡尺测量大外圆直径	399
6.1.2	利用改制卡尺直接测量外圆弧的半径	399
6.1.3	利用自制量具测量大尺寸内、外圆的直径	400
6.1.4	利用自制鞍形量具测量内、外圆弧	402
6.1.5	间接测量外径的方法	402
6.1.6	滚柱法测量汽车制动蹄缺圆弧半径	402
6.1.7	端面环槽直径的测量方法	403
6.1.8	小孔径的钢球测量法	404
6.1.9	自制的小孔量具	404
6.1.10	大直径内孔环槽直径的间接测量法	405
6.1.11	孔内精密凹槽直径的测量方法	406
6.1.12	钳式高精度内孔环槽底径检测仪	408
6.1.13	固定剪式内径量具	409
6.1.14	深孔环槽直径测量仪	409
6.1.15	利用卡钳测量毛坯件的壁厚和型腔	411
6.1.16	工件上等分奇数圆弧段直径的测量方法	412
6.1.17	利用深度千分尺测量凹圆弧的半径	413
6.1.18	内腔直径的双球测量法	413
6.1.19	外圆内球零件的内球直径测量法	414
6.1.20	测半内球面的直径	414
6.2	锥面参数和角度的测量方法	415
6.2.1	大直径内锥角环规的正弦规测量法	415
6.2.2	测量内锥大径的简易方法	416
6.2.3	测量外锥小径的简易方法	416
6.2.4	测量圆锥孔锥角和大径的方法	417
6.2.5	锥孔锥度的圆环测量法	418
6.2.6	外圆锥锥角的套环测量方法	419

6.2.7	测量外锥面锥角的简易方法	419
6.2.8	用钢球和深度千分尺测量锥孔的锥角	421
6.2.9	外锥面大端直径和锥角的测量方法	421
6.2.10	用大、小两钢球测量锥孔的锥度和大小直径	422
6.2.11	磨削加工过程中测量锥面精度的方法	423
6.2.12	利用钢球测量锥孔大径的方法	424
6.2.13	利用分度头和百分表测量曲轴 曲柄间的夹角误差	424
6.2.14	内燃机曲轴连杆轴颈 120° 夹角及 其误差的测量方法	425
6.2.15	转向节主销孔倾角的检验方法	427
6.2.16	利用四销法测量斜面的斜角	428
6.2.17	自制的测量倾角水平仪	429
6.3	螺纹参数的测量	430
6.3.1	三针测量法	430
6.3.2	自制曲别针代替三针测量螺纹的中径	431
6.3.3	利用钢球和外径千分尺测量大直径 内螺纹中径的方法	431
6.3.4	在游标卡尺上安装内螺纹测头 测量内螺纹中径	432
6.3.5	用螺纹梳刀作测头的内螺纹量具	434
6.3.6	在车削过程中利用半齿形样板 控制齿形和齿距	434
6.3.7	滚珠螺杆螺母副滚道直径的测量	435
6.4	齿轮的测量	436
6.4.1	齿条齿厚的间接测量方法	436
6.4.2	用万能角度尺与百分表组合 测量锥齿轮的轮冠距	438
6.4.3	直齿圆锥齿轮支撑端距的检轴量块测量法	439
6.4.4	改制游标卡尺测量小蜗杆齿高	439

6.4.5	滚切蜗轮时滚刀杆位置的检测	440
6.4.6	奇数齿直齿圆柱齿轮齿顶圆 直径的测量及计算	441
6.4.7	用卡板间隙法判断锥齿轮的轮冠距	442
6.4.8	测量标准齿轮公法线长度跨测齿数的 快速计算方法	443
6.4.9	用分度头辅助测算斜齿轮螺旋角	443
6.5	几何误差的简易测量法	445
6.5.1	在平台上使用可调整高度的靠表 测量垂直度误差	445
6.5.2	自制测量两轴平行度的简易量具	445
6.5.3	测量活塞销孔轴线对裙部轴线垂直度的量具 ..	447
6.5.4	内燃机气缸套外圆素线对中心线 平行度的检测	448
6.5.5	齿轮安装孔与端面垂直度的检测	448
6.5.6	利用方箱和千分表检测垂直度	449
6.5.7	孔与端面垂直度的简易测量装置	450
6.5.8	导轨燕尾面平行度的测量	451
6.5.9	连杆两孔平行度的测量	452
6.5.10	在车床上检测大型十字轴的 垂直度和对称度	453
6.5.11	测量连杆结合面与联接螺纹孔 垂直度的方法	455
6.5.12	测量薄壁套外圆素线平行度的简易方法	456
6.5.13	利用楔块测量键槽对称度的方法	457
6.5.14	检测键槽对称度的综合量规	458
6.5.15	铣轴键槽用的对刀器对称度的测量方法	459
6.5.16	改制旧千分尺测量轴键槽的对称度	460
6.5.17	测量缸套同轴度的量具	461
6.5.18	液压缸装配后位置度误差的测量	463

6.5.19	改制公法线千分尺测量轴键槽的对称度	465
6.5.20	轴键槽对称度的简易测量法	466
6.5.21	利用精密圆柱滚轮支承测量大工件的同轴度	467
6.5.22	测量均布圆孔位置度的检具	468
6.5.23	检测花盘中心与尾座中心同轴度的方法	469
6.5.24	车削端面平面度的简易测量方法	469
6.5.25	用锥度心轴定位测量外回转面跳动	470
6.5.26	检测小模数薄片齿轮径向跳动	471
6.5.27	精密轴承孔圆度、圆柱度误差的测量	472
6.5.28	检测内、外径跳动量	473
6.5.29	箱体上大尺寸孔几何误差的测量	475
6.5.30	气缸套支承肩端面跳动的测量	476
6.5.31	高效检测盘类零件跳动量	477
6.5.32	大平面平面度的检测	478
6.6	其他测量	479
6.6.1	利用方箱改制成多用途检测台	479
6.6.2	多功能游标卡尺的应用	480
6.6.3	自制大尺寸百分表量具	482
6.6.4	自制两米精密游标卡尺	483
6.6.5	卡尺与百分表组合做高精度相对测量	484
6.6.6	滚动轴承径向间隙的测量	484
6.6.7	配合件的同轴度、偏心距及长度尺寸的检测	486
6.6.8	卧式车床溜板箱与床身之间的装配测量	487
6.6.9	机床主轴轴承的预紧和测量	488
6.6.10	车床主轴综合精度的斜面支承测量法	490
6.6.11	测量汽车前桥部分尺寸	490
6.6.12	用多功能表架找正工件	492
6.6.13	利用普通量具制作钻头主切削刃夹角的检具	494
参考文献		495

1 常用量具

1.1 概 述

1.1.1 常用量具的种类

机械加工中常用量具有通用量具和专用量具两大类,常用量具的种类及主要功能见表 1-1。

表 1-1 常用量具的种类及主要功能

量具类型	量具名称	主要功能
通用量具	卡尺、千分尺、指示表、角度尺、坐标检测设备	用于测定零件单一要素(线尺寸或角度)测量值
专用量具	卡规、塞规、螺纹规、圆弧规、粗糙度样板、塞尺、其他专用量具	判断零件是否符合规定要求

1.1.2 常用量具的适用标准

大多数量具采用 GB,个别的采用 JB 或其他行业标准。主要适用标准如下:

(1)基准器标准 测量基准器有平板、方箱和 V 形铁架,目前适用的标准有:

GB/T 22095—2008 铸铁平板;

JJG 194—1992 中华人民共和国国家计量检定规程 方箱;

JB/T 8047—2007 V 形块架。

(2)卡尺类标准

GB/T 21389—2008 游标、带表和数显卡尺;

GB/T 21388—2008 游标、带表和数显深度卡尺;

GB/T 21390—2008 游标、带表和数显高度卡尺。

(3) 千分尺类标准

GB/T 1216—2004 外径千分尺；

GB/T 8061—2004 杠杆千分尺；

GB/T 1217—2004 公法线千分尺；

GB/T 1218—2004 深度千分尺；

GB/T 10932—2004 螺纹千分尺；

GB/T 8177—2004 两点内径千分尺；

GB/T 6314—2004 三爪内径千分尺。

(4) 指示表类标准

GB/T 1219—2008 指示表；

GB/T 18761—2007 电子显示指示表；

GB/T 8122—2004 内径指示表；

GB/T 8123—2007 杠杆指示表。

(5) 其他标准

GB/T 6092—2004 直角尺；

GB/T 6315—2008 游标、带表和数显万能角度尺；

GB/T 3934—2003 普通螺纹量规 技术条件；

GB/T 1957—2006 光滑极限量规 技术条件；

GB/T 6060.2—2006 表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及
刨加工表面；

JB/T 7980—1999 半径样板；

GB/T 22523—2008 塞尺。

1.2 测量基准器

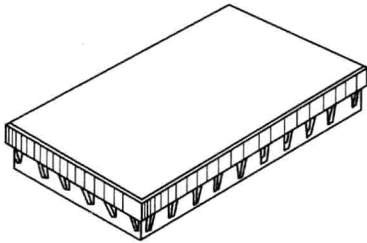
工件的检测，一般将工件置于基准器具上进行，只有在机械加工过程中，停车检测已加工表面（工艺过程检测）可以例外。测量基准器主要包括平板、方箱和V形块架。

1.2.1 平板

平板是机械测量中最常用的基准定位器具，多用铸铁制成。常用

铸铁平板的规格和精度等级见表 1-2。

表 1-2 常用铸铁平板的规格和精度等级(摘自 GB/T 22095—2008)

简 图	规 格				
	平板规格(长×宽) /(mm×mm)	平面度公差值/ μm			
		0 级	1 级	2 级	3 级
	250×250	3.5	7	15	30
	400×250	5.0	10	20	39
	400×400	4.5	9	17	34
	630×400	5.0	10	20	49
	630×630	5.0	10	21	42
	1000×630	6.0	12	24	49
	1000×1000	7.0	14	28	56
	1600×1000	8.0	16	33	66
	2500×1600	11.5	23	46	92

注:①平板精度共有 0、1、2、3 四级,以 0 级精度最高,3 级最低。

②0、1、2 级平板作为测量基准面;3 级平板用作划线平台。

③用涂色法检验经刮研平板每边 25mm 平面内的斑点数为:1 级平板不少于 25 个;2 级平板不少于 20 个;3 级平板不少于 12 个;0 级平板在以涂色法补充检查时,斑点数同 1 级平板要求。

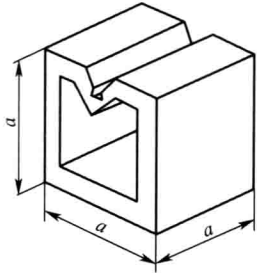
1.2.2 方箱

方箱主要用于测量工件平行度、垂直度和划线时支撑工件。方箱一般用铸铁制成,外形为正方形或长方形。常用方箱的规格及精度等级见表 1-3。

1.2.3 V 形块架

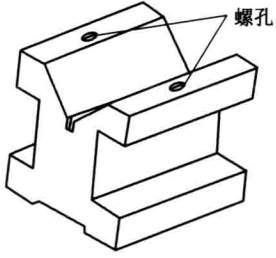
V 形块架主要用于轴类零件加工或检测时做紧固定位的辅助器具。常用 V 形块架的四种结构类型见表 1-4。

表 1-3 常用方箱的规格及精度等级(摘自 JJG 194—1992)

简图	规格(边长) /mm	工作面的平面度/ μm			工作面的垂直度、平行度及 V 形槽对底面的平行度偏差/ μm		
		1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级
			100	3.5	7	15	7
	160	4.0	9	17	8	18	35
	200	4.5	10	20	9	20	40
	250	5.0	11	22	10	22	45
	315	5.5	12	25	11	25	50
	400	6.5	15	30	13	30	60
	500	—	17	35	—	35	70

注:方箱的精度等级以 1 级最高,3 级最低。

表 1-4 常用 V 形块架的四种结构类型(引自 JB/T 8047—2007)

结构简图	特 点
 <p>I 型</p>	<p>体积较大,需借助于螺孔来移动,属于 0 级精度的 V 形块架,V 形槽夹角为 90°</p>