

卓越工程师教育培养计划配套教材

工 程 基 础 系 列

互换性与技术测量 学习指导及习题集

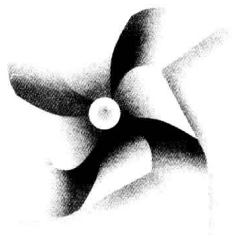


周玉凤 茅健 华忆苏 编

清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

工程基础系列



互换性与技术测量 学习指导及习题集

周玉凤 茅健 华



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

为了实现卓越本科教育,本书在编写过程中结合了近年来的教育改革成果,并考虑了卓越工程师相关专业的培养要求。

本书共分8章,前4章总结了互换性与技术测量的基础知识,包括绪论、极限与配合、几何公差、表面粗糙度;第5章介绍了滚动轴承、键和花键、圆柱齿轮等典型常用标准件的精度设计;第6章为典型零件精度设计实例;第7章为部分习题答案;第8章为模拟试题及参考答案。

本书前5章配置了简答题、判断题、选择题、填空题和综合题,并对于航空、汽车设计的相关国际及美国标准做了介绍。

本书可作为工科院校机械设计制造类专业以及其他相关专业的辅助教材,也可以供从事机械设计制造相关工作的工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量学习指导及习题集/周玉凤,茅健,华忆苏编. --北京:清华大学出版社,2012.11
(卓越工程师教育培养计划配套教材·工程基础系列)

ISBN 978-7-302-30403-6

I. ①互… II. ①周… ②茅… ③华… III. ①零部件—互换性—高等学校—习题集 ②零部件—技术测量—高等学校—习题集 IV. ①TG801-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第242795号

责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:6.5 字 数:154千字

版 次:2012年11月第1版 印 次:2012年11月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:18.00元

产品编号:049395-01

卓越工程师教育培养计划配套教材

总编委会名单

主 任：丁晓东 汪 泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委 员：（按姓氏笔画为序）

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余 粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李 毅	陆肖元	陈因达	徐宝纲	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏 建	

卓越工程师教育培养计划配套教材

——工程基础系列编委会名单

主 任：徐新成 程武山

副主任：张子厚 刘晓民 余 粟

委 员：（按姓氏笔画为序）

王明衍 刘立厚 朱建军 汤 彬 吴建宝

张学山 张敏良 张朝民 李 路 陈建兵

林海鸥 范晓兰 胡义刚 胡浩民 唐觉民

徐红霞 徐滕岗



《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020)》明确指出“提高人才培养质量。牢固确立人才培养在高校工作中的中心地位,着力培养信念执著、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专门人才和拔尖创新人才。……支持学生参与科学研究,强化实践教学环节。……创立高校与科研院所、行业、企业联合培养人才的新机制。全面实施‘高等学校本科教学质量与教学改革工程’。”教育部“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”)是为贯彻落实党的“十七大”提出的走中国特色新型工业化道路、建设创新型国家、建设人力资源强国等战略部署,贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020)》实施的高等教育重大计划。卓越计划对高等教育面向社会需求培养人才,调整人才培养结构,提高人才培养质量,推动教育教学改革,增强毕业生就业能力具有十分重要的示范和引导作用。

上海工程技术大学是一所具有鲜明办学特色的地方工科大学。长期以来,学校始终坚持培养应用型创新人才的办学定位,以现代产业发展对人才需求为导向,努力打造培养优秀工程师的摇篮。学校构建了以产学研战略联盟为平台,学科链、专业链对接产业链的办学模式,实施产学合作教育人才培养模式,造就了“产学合作、工学交替”的真实育人环境,培养有较强分析问题和解决问题能力,具有国际视野、创新意识和奉献精神的高素质应用型人才。

上海工程技术大学与上海汽车集团公司、上海航空公司、东方航空公司、上海地铁运营有限公司等大型企业集团联合创建了“汽车工程学院”、“航空运输学院”、“城市轨道交通学院”、“飞行学院”,校企联合成立了校务委员会和院务委员会,企业全过程参与学校相关专业的人才培养方案、课程体系和实践教学体系的建设,学校与企业实现了零距离的对接。产学合作教育使学生每年都能够到企业“顶岗工作”,学生对企业生产第一线有了深刻的了解,学生的实践能力和社会适应能力不断增强。这一系列举措都为“卓越工程师培养计划”的实施打下了坚实基础。

自2010年教育部“卓越工程师教育培养计划”实施以来,上海工程技术大学先后获批了第一批和第二批5个专业8个方向的试点专业。为此,学校组成了由企业领导、业务主管与学院主要领导组成的试点专业指导委员会,根据各专业工程实践能力形成的不同阶段的特点,围绕课内、课外培养和学校、企业培养两条互相交叉、互为支撑的培养主线,校企双方共同优化了试点专业的人才培养方案。试点专业指导委员会聘请了部分企业高级工程师、技术骨干和高层管理人员担任试点专业的教学工作,参与课程建设、教材建设、实验教学建设等教学改革工作。



“卓越工程师教育培养计划配套教材——工程基础系列”是根据培养卓越工程师“具备扎实的工程基础理论、比较系统的专业知识、较强的工程实践能力、良好的工程素质和团队合作能力”的目标进行编写的。本系列教材由公共基础类、计算机应用基础类、机械工程专业基础类和工程能力训练类组成,共 19 册。公共基础类有:《高等数学》(上、下册)、《大学物理学》(上、下册)和《物理实验》;计算机应用基础类有:《C 语言程序设计》、《计算机应用基础教程》及配套的《计算机应用基础实践教程》;机械工程专业基础类有:《互换性与技术测量学习指导及习题集》、《机械原理》、《理论力学》、《机械设计》、《材料力学》、《现代工程图学》和《现代工程图学习题集》;工程能力训练类有:《制造技术基础》、《电工技术》、《电子技术》、《电工电子技术综合性实验指导书》和《现代制造技术实训练题集》。整个系列涵盖了“卓越计划”各试点专业公共基础及专业基础课程。

该系列教材以理论和实践相结合作为编写的理念和原则,具有基础性、系统性、应用性等特点。在借鉴国内外相关文献资料的基础上,加强基础理论,对基本概念、基础知识和基本技能进行清晰阐述,同时对实践训练和能力培养方面作了积极的探索,以满足卓越工程师各试点专业的教学目标和要求。如《高等数学》适当融入“卓越工程师培养计划”相关专业(车辆工程、飞行技术)的背景知识并进行应用案例的介绍。《大学物理学》注意处理物理理论的学习和技术应用介绍之间的关系,根据交通(车辆和飞行)专业特点,增加了流体力学简介等,设置了物理工程的实际应用案例。《C 语言程序设计》以编程应用为驱动,重点训练学生的编程思想,提高学生的编程能力,鼓励学生利用所学知识解决工程和专业问题。《现代工程图学》等 7 本机械工程专业基础类教材在介绍基础理论和知识的同时紧密结合各专业内容,开拓学生视野,提高学生实际应用能力。《现代制造技术实训练题集》是针对现代化制造加工技术——数控车床、数控铣床、数控雕刻、电火花线切割、现代测量等技术进行编写。该系列教材强调理论联系实际,体现“面向工业界、面向世界、面向未来”的工程教育理念,努力实践上海工程技术大学建设现代化特色大学的办学思想和特色。

这种把传统理论教学与行业实践相结合的教学理念和模式对培养学生的创新思维,增强学生的实践能力和就业能力会产生积极的影响。以实施卓越计划为突破口,一定能促进工程教育改革和创新,全面提高工程教育人才培养质量,对我国从工程教育大国走向工程教育强国起到积极的作用。

陈关龙

上海交通大学机械与动力工程学院教授、博士生导师、副院长
教育部高等学校机械设计制造及自动化教学指导委员会副主任
中国机械工业教育协会机械工程及自动化教学委员会副主任



互换性与技术测量课程是工科院校机械类及近机械类专业必修的一门实用性较强的专业技术基础课。它是联系设计类和工艺类课程的纽带,又是从技术基础课程过渡到技术实践课程的桥梁,其内容涉及机械产品及其零部件的设计、制造、维修、质量控制与生产管理等多方面标准及技术知识。

本习题集编写时参考了许多同类教材,所涉及的标准均采用最新颁布的国家标准和专业标准。为适应新形势下国家对“卓越工程师教育培养计划”的要求,本书总体分为4个层次:基本内容和学习要求,综合导学,习题,典型零件精度设计综合训练,另外本书附自测题4套。本书具有如下特点:

- (1) 依据教学大纲的基本要求,其结构安排与教材相对应,好学好用。
- (2) 总结各章的重点、难点,针对汽车、航空用的典型零部件精度设计给出详细的解题过程。
- (3) 习题量大面广,涵盖本课程全部内容,各类题型灵活多样、难易均有、并附有部分习题答案,适应各类人员选做。
- (4) 对于航空、汽车设计的相关国际及美国标准做了简单介绍。

本书可以作为工科院校机械设计制造类专业及其相关专业的辅助教材,也可以供从事机械设计制造相关工作的工程技术人员参考。

由于编者水平和时间有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

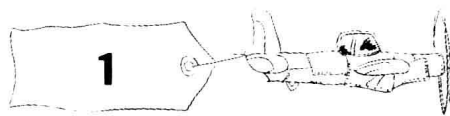
2012年8月



1 绪论	1
1.1 基本内容及学习要求	1
1.2 重点和难点	1
1.3 习题	1
2 极限与配合	3
2.1 基本内容及学习要求	3
2.2 综合导学	3
2.2.1 知识要点	3
2.2.2 例题剖析	3
2.3 习题	7
3 几何公差	17
3.1 基本内容及学习要求	17
3.2 综合导学	17
3.2.1 知识要点	17
3.2.2 例题剖析	19
3.3 习题	19
4 表面粗糙度	37
4.1 基本内容及学习要求	37
4.2 综合导学	37
4.2.1 知识要点	37
4.2.2 例题剖析	39
4.3 习题	40
5 常用标准件的互换性	45
5.1 滚动轴承	45
5.1.1 基本内容及学习要求	45
5.1.2 综合导学	45



5.1.3 习题	48
5.2 键和花键	50
5.2.1 基本内容及学习要求	50
5.2.2 综合导学	51
5.2.3 习题	52
5.3 圆柱齿轮	54
5.3.1 基本内容及学习要求	54
5.3.2 综合导学	54
5.3.3 习题	56
6 典型零件精度设计	59
6.1 基本内容及学习要求	59
6.2 重点和难点	59
6.3 典型题例解	59
6.3.1 轴类零件的精度设计	59
6.3.2 盘盖类零件精度设计	63
6.3.3 箱体类零件精度设计	64
7 部分习题答案	66
7.1 第1章判断题答案	66
7.2 第2章部分习题答案	66
7.3 第3章部分习题答案	68
7.4 第4章部分习题答案	68
7.5 第5章部分习题答案	69
7.5.1 5.1节部分习题答案	69
7.5.2 5.2节部分习题答案	69
7.5.3 5.3节部分习题答案	70
8 模拟试题及参考答案	71
8.1 试卷	71
8.1.1 试卷一	71
8.1.2 试卷二	73
8.1.3 试卷三	76
8.1.4 试卷四	79
8.2 参考答案	82
8.2.1 试卷一参考答案	82
8.2.2 试卷二参考答案	84
8.2.3 试卷三参考答案	87
8.2.4 试卷四参考答案	89
参考文献	92



绪 论

1.1 基本内容及学习要求

1. 基本内容

- (1) 互换性、标准化概念。
- (2) 优先数系及其特点。
- (3) 几何量测量与检测的意义。

2. 学习要求

- (1) 掌握互换性的基本概念和应用环境；掌握互换性的作用和种类。
- (2) 熟悉互换性与公差、标准化之间的关系。
- (3) 了解优先数系的基本原理及其应用。
- (4) 了解测量的意义及本课程的性质和任务。

1.2 重点和难点

- (1) 教学重点：互换性的概念、种类及实际意义；公差、标准化和优先数系概念。
- (2) 教学难点：优先数系的选用。

1.3 习题

1. 简答题

- (1) 什么叫互换性？为什么说互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则？列举互换性应用实例(至少 3 个)。
- (2) 按互换程度来分,互换性可分为哪两类？它们有何区别？各适用于什么场合？
- (3) 公差、检测和标准化与互换性有何关系？
- (4) 按标准颁布的级别来分,我国的标准有哪几种？



- (5) 单件小批生产也要遵守互换性原则吗?
- (6) 互换性在机器制造业中有什么作用和优越性?
- (7) 什么叫优先数系和优先数?
- (8) 下面两列数据属于哪种系列? 公比为多少?

① 机床主轴转速为 200、250、315、400、500、630r/min。

② 表面粗糙度 Ra 的基本系列为 0.012、0.025、0.050、0.100、0.200 μm 。

(9) 代号“GB321—1980”、“JB179—1983”和“ISO”各表示什么含义?

(10) 试写出 R10 从 250 到 3150 的优先数。

(11) 试写出派生系列 R10/5 从 0.08 到 25 的优先数。

(12) 试写出派生系列 R10/3 从 0.012 到 100 的优先数。

2. 判断题 (正确的打○,错误的打×)

() (1) 不经挑选、调整和修配就能相互替换、装配的零件,装配后能满足使用性能要求,就是具有互换性的零件。

() (2) 互换性原则只适用于大批量生产。

() (3) 为了实现互换性,零件的公差应规定得越小越好。

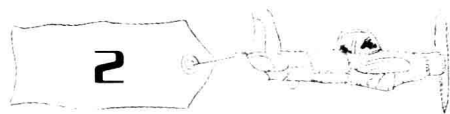
() (4) 国家标准中,强制性标准是一定要执行的,而推荐性标准执行与否无所谓。

() (5) 企业标准比国家标准层次低,在标准要求上可稍低于国家标准。

() (6) 优先数系是一些十进制等差数列构成的。

() (7) 优先数系 R5、R10、R20、R40,它们的优先数之间并无联系,各自独立。

() (8) 完全互换性的装配效率一定高于不完全互换性的装配效率。



极限与配合

2.1 基本内容及学习要求

1. 基本内容

- (1) 基本术语及其定义：孔和轴、尺寸、公差、偏差、配合及有关基准制的术语及定义。
- (2) 孔轴公差与配合国家标准的构成：标准公差系列、基本偏差系列、公差与配合标注。
- (3) 常用尺寸孔轴公差与配合的选择：基准制、公差等级及配合种类的选择原则及方法。

2. 学习要求

- (1) 掌握基本术语及其定义；熟悉各概念之间的关系；了解各概念的应用环境。
- (2) 掌握公差带图画法。
- (3) 通过学习孔轴公差与配合国家标准的构成，对标准化有更深刻的认识，掌握标准公差系列、基本偏差系列的正确表达方式，熟练查阅相关表格，熟悉常用公差带，掌握公差、偏差标注。
- (4) 熟练掌握零件精度设计原理与方法。
- (5) 了解大尺寸、小尺寸、未注尺寸公差。

2.2 综合导学

2.2.1 知识要点

- (1) 教学重点：公差与偏差的区别与联系；基本偏差的概念，零件精度设计的原则和方法。
- (2) 教学难点：基本偏差国家标准的构成规律；孔、轴基本偏差的计算与换算原则。

2.2.2 例题剖析

例 1 我国在航空工业方面从美国、英国和加拿大等国引进先进技术和资料，均采用英制公差与配合标准。现行美国标准 ANSI B4.1—1967(R1994)最为人们关注。



例如,在 ANSI Y14.5 中规定:

(1) 采用极限尺寸标注时,最大极限尺寸和最小极限尺寸位数必须一致,如 $0.748 \sim 0.750\text{in}$ 。

(2) 采用正负偏差标注时,上偏差: 0in ; 下偏差: -0.005in ; 正确标注: $0.500^{+0.000}_{-0.005}$ 。

ANSI B4.1 与我国标准配合的对照表如表 2.1 所示。

表 2.1 英制公差与配合与中国国家标准极限与配合的对照表

配合分类 及其代号	相当于 GB	配合说明
转动或滑动间隙配合	RC1	H5/g4
	RC2	H6/g5
	RC3	H7/f6
	RC4	H8/f6
	RC5	H8/e7
	RC6	H9/e8
	RC7	H9/d8
	RC8	H10/c9
	RC9	H11/—
定位间隙配合	LC1	H6/h5
	LC2	H7/h6
	LC3	H8/h7
	LC4	H10/h9
	LC5	H7/g6
	LC6	H9/f8
	LC7	H10/e9
	LC8	H10/d9
	LC9	H10/c10
	LC10	H12/—
	LC11	H13/—
定位过渡配合	LT1	H7/js6
	LT2	H8/js7
	LT3	H7/k6
	LT4	H7/n6
	LT5	H8/n8
	LT6	H8/n8



续表

配合分类及其代号		相当于 GB	配合说明
定位过盈配合	LN1	H6/n5	定位过盈配合为小过盈量的配合,用于定位精度特别重要,有刚性和对中性要求的零件,不适用于依靠配合的紧固性承受压力和传递负荷
	LN2	H7/p6	
	LN3	H8/r6	
加压或冷缩配合	FN1	H6/—	轻压配合。用于要求装配力较小且能得到永久性结合的部位。适用于薄壁零件,铸铁零件以及配合面较长的零件
	FN2	H7/s6	中等压配合。适用于一般钢件,薄壁零件的冷缩配合,高级铸铁件的最紧密的配合
	FN3	H7/t6	重压配合。适用于大型钢件或中等壁厚的冷缩配合
	FN4	H7/u6	高压或冷缩配合。适用于承受高压的零件或冷缩的零件
	FN5	H8/x7	

例 2 (1) 查表确定 $\phi 45\text{H}7/\text{g}6$ 的极限偏差和极限间隙; (2) 求 $\phi 45\text{G}7/\text{h}6$ 的极限间隙或极限过盈,并画出公差带图。

解: (1) 求出 $\phi 45\text{H}7/\text{g}6$ 的极限偏差和极限间隙。

查标准公差值得,基本尺寸为 45 时, $\text{IT}7=25\mu\text{m}$ $\text{IT}6=16\mu\text{m}$ 。

由配合代号知,该配合为基孔制,孔的基本偏差为下偏差, $\text{EI}=0$ 。

可得上偏差为

$$\text{ES}=\text{EI}+\text{IT}7=0+25=+25\mu\text{m}$$

由查轴的基本偏差数值表得: $\text{es}=-9\mu\text{m}$ 。

则轴的下偏差为

$$\text{ei}=\text{es}-\text{IT}6=-9-16=-25\mu\text{m}$$

所以得 $\phi 45\text{H}7(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix})/\text{g}6(\begin{smallmatrix} -0.009 \\ -0.025 \end{smallmatrix})$, 因孔的下偏差 EI 大于轴的上偏差 es, 所以该配合为间隙配合, 即

$$X_{\max}=\text{ES}-\text{ei}=+0.025-(-0.025)=+0.050=+50\mu\text{m}$$

$$X_{\min}=\text{EI}-\text{es}=+0.009-0=+0.009=+9\mu\text{m}$$

(2) 求 $\phi 45\text{G}7/\text{h}6$ 的极限间隙或极限过盈。

因为孔 $\phi 45\text{G}7$ 和轴 $\phi 45\text{g}6$ 同名, 所以, 满足通用规则, 孔的基本偏差与轴的基本偏差绝对值相等, 符号相反。

可用公式: $\text{EI}=-\text{es}=-(-9)=+9\mu\text{m}$

$$\text{ES}=\text{EI}+\text{IT}7=+9+25=+34\mu\text{m}$$

而轴 $\phi 45\text{h}6$ 有

$$\text{es}=0$$

$$\text{ei}=\text{es}-\text{IT}6=0-16=-16\mu\text{m}$$

极限间隙为

$$X_{\max}=\text{ES}-\text{ei}=+34-(-16)=+50\mu\text{m}$$

$$X_{\min}=\text{EI}-\text{es}=-(-0.009)-0=+9\mu\text{m}$$

从以上两组计算结果看出,它们的最大间隙和最小间隙相同,因此,它们的配合性质相同。尺寸公差带图如图 2.1 所示。

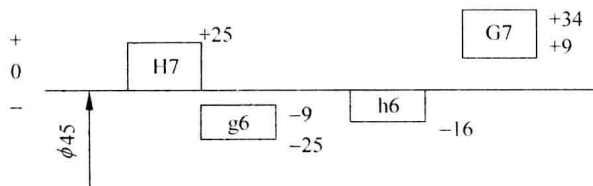


图 2.1 尺寸公差带图

例 3 汽车气缸活塞、连杆机构中,活塞销为 $\phi 28$,要求连杆衬套内圆柱面与活塞销中部配合为 $\phi 28H6/h5$,活塞销两端与活塞上的两个销孔的配合要求为过盈在 $-2 \sim -25\mu\text{m}$ 之间,试确定活塞销两端与销孔公差带代号。

解: (1) 确定基准制。

本题活塞销基本尺寸为 28mm ,分别与活塞、连杆衬套配合,并且配合松紧要求不同,为了方便加工和有利于装配,所以,选择采用基轴制。

(2) 确定公差等级。

配合公差为

$$T_f = |Y_{\max} - Y_{\min}| = |(-2) - (-25)| = 23\mu\text{m}$$

根据使用要求,即所选孔轴公差之和 $T'_f \leq T_f$,而 $T'_f = T_s + T_h$ 。查标准公差值表得:活塞销与销孔公差等级介于IT6和IT5之间($IT6 = 13\mu\text{m}$, $IT5 = 9\mu\text{m}$),取销孔比活塞销轴低一级,故选为IT6级,活塞销轴为IT5级,即 $T'_f = T_s + T_h = 13 + 9 = 22 < 23(T_f)$,因此满足使要求。

所以,活塞销为 $\phi 28h5(-0.009)$,销孔的公差等级为IT6。

(3) 确定销孔基本偏差代号。

本次设计为过盈配合,已知条件

$$Y_{\min} = -0.002\text{mm}。$$

由 $Y'_{\min} = ES - ei \leq Y_{\min}$ 可得

$$ES - (-0.009) \leq -0.002$$

得

$$ES \leq -0.011\text{mm}$$

由查孔的基本偏差数值表得:销孔的基本偏差代号为N;销孔的公差带代号为 $\phi 28N6(-0.011/-0.024)$ 。

确定活塞销与销孔配合代号为 $\phi 28N6/h5$ 。

(4) 验算设计结果。

$$Y'_{\min} = ES - ei = (-0.011) - (-0.009) = -0.002\text{mm}$$

$$Y'_{\max} = EI - es = (-0.024) - 0 = -0.024\text{mm}$$

均介于 $-2 \sim -25\mu\text{m}$ 之间,所以,活塞销两端与销孔 $\phi 28N6/h5$ 设计合理。详细标注见图 2.2。

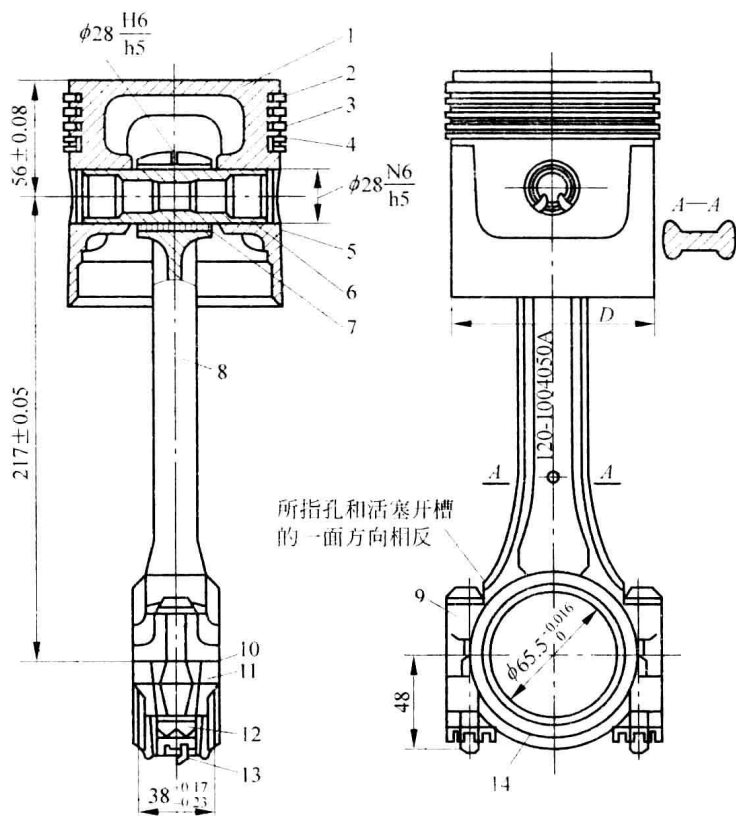


图 2.2 活塞连杆与活塞装配图

1—活塞；2—上活塞环；3—中活塞环；4—油环；5—锁环；6—活塞销；7—连杆衬套；8—连杆；
9—连杆螺栓；10—调整垫片；11—连杆盖；12—连杆螺母；13—开口销；14—连杆轴瓦

2.3 习题

1. 简答题

- (1) 什么是一般公差？线性尺寸一般公差规定几级精度？在图样上如何表示？
- (2) 什么是基孔制配合与基轴制配合？为什么要规定基准制？
- (3) 广泛采用基孔制配合的原因何在？在什么情况下采用基轴制配合？
- (4) 尺寸公差与配合公差有何区别和联系？
- (5) 选用公差等级要考虑哪些因素？是否公差等级越高越好？
- (6) 如何选择配合类别？
- (7) 确定配合的非基准件的基本偏差有哪些方法？
- (8) 什么叫配合？配合的种类有哪些？
- (9) 怎样解释偏差和基本偏差？为什么要规定基本偏差？
- (10) 在高等级精度情况下，为什么通常选孔的公差比轴的公差低一级？