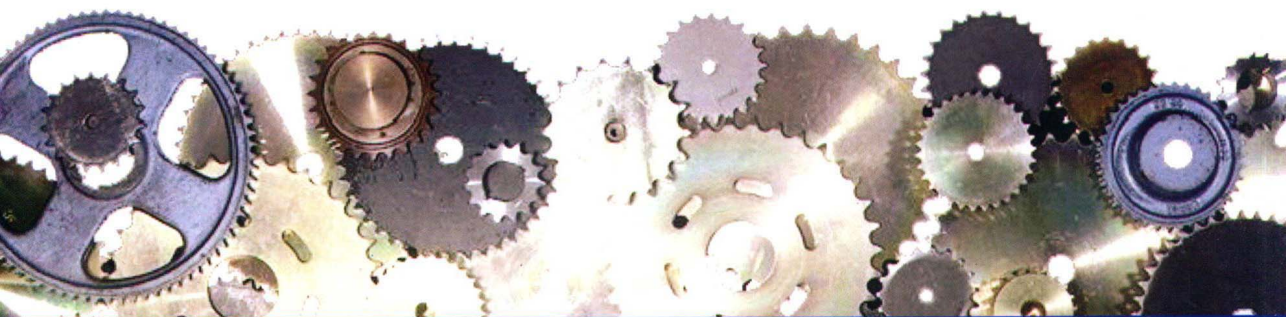




21世纪高职高专规划教材
· 机 · 械 · 基 · 础 · 系 · 列 ·



工程材料与热加工实践

刘劲松 主编

夏卿坤 主审

清华大学出版社



21世纪高职高专规划教材
·机·械·基·础·系·列·

工程材料与热加工实践

刘劲松 主 编

蒲玉兴 李艳华 副主编

夏卿坤 主 审



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共 14 章,包括材料基础知识、常用工程材料及热加工实践三大部分内容,各章之前均有学习目的、教学重点及难点。主要知识点后附有释疑解难,奇闻逸事及工程应用典例。各章之后附有小结和复习思考题,重点章节后还有针对性的技能训练。

本书适用于高职高专机械类或近机类专业用书,也可供电视大学、职工大学的师生和有关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

工程材料与热加工实践/刘劲松主编. —北京:清华大学出版社,2011.4

(21 世纪高职高专规划教材. 机械基础系列)

ISBN 978-7-302-24327-4

I. ①工… II. ①刘… III. ①工程材料—高等学校:技术学校—教材②热加工—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TB3②TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 252087 号

责任编辑:田 梅

责任校对:刘 静

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:27.5 字 数:621 千字

版 次:2011 年 4 月第 1 版 印 次 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.00 元

产品编号:032871-01

本书是以教育部最新要求为指导,从学科系统化和整体化改革的趋势出发,考虑到职业技术教育的特点,对传统的课程体系进行重组优化,并结合编者们的多年的教学实践经验及对课程改革的探索编写而成的。本教材在以下几个方面进行了探索和尝试。

(1) 优化课程内容,完善课程体系。在保证基础知识和基本理论的前提下,删除陈旧老化的知识、简化繁琐的内容,把材料基础知识、常用工程材料和材料热成形工艺与技能实训有机地融合在一起,整合为现行课程教材,并适当拓宽知识面,力图反映近年来在工程材料和制造工艺领域的最新成果。

(2) 注重工艺设计训练,培养综合分析能力。抓住材料“服役条件—成分—组织—工艺—性能”的主线并贯穿课程始终。从理论和实践两个方面铺垫基础,加强选择材料及强化工艺、零件成形方法的训练,注重培养学生分析问题和解决问题的能力,以适应社会需要,突出职业教育特色。

(3) 结构编排突出新颖性及易读性,图文并茂、深入浅出、通俗易懂、文字简练、直观形象,便于教学。各章之前均有指导学习的学习目的、教学重点、本章难点。各章之后附小结和形式多样的思考题,重点章节后附技能训练,主要知识点后附奇闻逸事、释疑解难和大量的工程应用典例剖析,并增加了材料的选用及典型零件加工剖析实例,具有较强的针对性与实用性。

本教材共有 14 章,分三大模块:材料基础知识、常用工程材料(侧重于课堂理论教学)、热加工(侧重生产实训,内容包括铸造、锻压、焊接基础知识与操作实例)。建议教学课时为 70~90 学时,各项实训教学为 30 学时。本教材兼顾教学与培训实训使用,也可以作为企业上岗培训教材。适用于高职高专机械类、机电类专业(机电一体化、数控技术应用、模具设计与制造等)或近机类专业使用;也可作为成人教育学院、职业大学、业余大学等有关专业学生的教学用书;还可供有关专业技术人员参考。

本书由刘劲松任主编,蒲玉兴、李艳华任副主编。具体编写情况:空军航空维修技术学院刘劲松(编写绪论、第 5 章、第 13 章),谭目发(编写 14 章),黄利银(编写第 7 章),湖南大学蒲玉兴(编写第 6 章、第 8 章、第 9 章),长沙职业技术学院李艳华(编写第 1 章、第 10 章),长沙航空职业技术学院陈儒军(编写第 11 章)、杨丰(编写第 2 章)、吴云锋(编写第 12 章),长沙学院刘煜(编写第 4 章),湖南电子科技职业学院王井玲(编写第 3 章)。全书由夏卿坤教授审稿,刘劲松负责统稿定稿。

本书在编写过程中得到了空军航空维修技术学院、长沙职业技术学院、湖南电子科技职业学院等单位领导和同行们的大力支持和帮助,对本书的修改提出了许多宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢!

由于我们水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请各兄弟院校师生和读者批评指正。

编 者

2010 年 3 月

CONTENTS

绪论	1
----------	---

模块 1 材料基础知识

第 1 章 材料的性能	7
学习目的	7
教学重点	7
教学难点	7
1.1 概述	7
1.2 静态力学性能	8
1.3 动态力学性能	18
1.4 高温力学性能	22
1.5 物理和化学性能	24
1.6 工艺性能	28
小结	29
复习思考题 1	31
第 2 章 材料的结构与结晶	32
学习目的	32
教学重点	32
教学难点	32
2.1 概述	32
2.2 纯金属的晶体结构与结晶	36
2.3 合金的结构与结晶	45
2.4 非金属材料的结构简介	49
小结	51
复习思考题 2	52
第 3 章 材料的变形	53
学习目的	53

教学重点	53
教学难点	53
3.1 概述	53
3.2 金属的塑性变形	54
3.3 高分子材料的变形	62
3.4 陶瓷材料的变形	65
小结	66
复习思考题 3	66
第 4 章 铁碳合金相图	68
学习目的	68
教学重点	68
教学难点	68
4.1 概述	68
4.2 铁碳合金的基本组织	69
4.3 铁碳合金相图	72
小结	81
复习思考题 4	81
第 5 章 钢的热处理	82
学习目的	82
教学重点	82
教学难点	82
5.1 热处理原理	82
5.2 热处理工艺	91
5.3 热处理设备简介	115
小结	120
复习思考题 5	122
技能训练:热处理基本操作实例	123

模块 2 常用工程材料

第 6 章 碳素钢与铸铁	129
学习目的	129
教学重点	129
教学难点	129
6.1 概述	129
6.2 碳素钢	130

6.3 铸铁	136
小结	148
复习思考题 6	148
第 7 章 合金钢	150
学习目的	150
教学重点	150
教学难点	150
7.1 概述	150
7.2 合金结构钢	155
7.3 合金工具钢	166
7.4 特殊性能钢	178
小结	187
复习思考题 7	189
第 8 章 有色金属及其合金	191
学习目的	191
教学重点	191
教学难点	191
8.1 铝及铝合金	191
8.2 铜及铜合金	203
8.3 钛合金与镁合金	209
8.4 滑动轴承合金	215
8.5 粉末冶金材料	217
小结	219
复习思考题 8	220
第 9 章 非金属材料	222
学习目的	222
教学重点	222
教学难点	222
9.1 高分子材料	222
9.2 陶瓷材料	240
9.3 复合材料	248
小结	261
复习思考题 9	261

第 10 章 工程应用新型材料	263
学习目的	263
教学重点	263
教学难点	263
10.1 概述	263
10.2 形状记忆合金	265
10.3 纳米材料	269
10.4 新型永磁合金	273
10.5 非晶态合金	273
10.6 超导材料	276
小结	279
复习思考题 10	279

模块 3 热加工实践

第 11 章 铸造	283
学习目的	283
教学重点	283
教学难点	283
11.1 铸造工艺基础	283
11.2 铸造工艺实践	293
小结	313
复习思考题 11	314
技能训练:铸造基本操作实例	315
第 12 章 锻压	321
学习目的	321
教学重点	321
教学难点	321
12.1 锻压工艺基础	321
12.2 锻压工艺实践	329
小结	354
复习思考题 12	355
技能训练:锻压基本操作实例	356
第 13 章 焊接	359
学习目的	359

教学重点·····	359
教学难点·····	359
13.1 焊接工艺基础·····	359
13.2 焊接工艺实践·····	374
小结·····	389
复习思考题 13 ·····	390
技能训练:焊接基本操作实例 ·····	391
第 14 章 零件的选材与加工 ·····	396
学习目的·····	396
教学重点·····	396
教学难点·····	396
14.1 零件的失效·····	396
14.2 零件的选材·····	398
14.3 毛坯的选择·····	403
14.4 热处理工艺的应用·····	411
14.5 典型零件的选材及工艺范例分析·····	414
小结·····	426
复习思考题 14 ·····	426
参考文献 ·····	427

绪 论

材料是人类从自然界获取的经济有效地制造有用器件的物质,相关的科技主要有材料科学技术、生物科学技术、能源科学技术、信息科学技术,这些技术支持着航天探索、海洋开发等未知领域,都以材料作为基础。如能源开发所用的合金钻头、输油和输气管道、运输传送带;信息科学技术中的锗、硅半导体材料及光导纤维;生物技术工程中人造器官所用的不锈钢、钛镍合金和高分子材料。

材料是人类文明发展的前提,每一种重要材料的发现和广泛使用都使人类社会的生产力出现新的飞跃,并给社会生产和人们的生活带来巨大的变化。纵观从石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代到以半导体硅为基础的信息时代,以及即将进入的纳米时代,不难发现材料的应用与发展在社会进步中的巨大作用。

材料的种类繁多,按实用性大致可分为金属材料、非金属材料及复合材料,其基本体系如图 0-1 所示。

此外,按材料的物理形态来分,可分为晶体材料、非晶态材料和纳米材料;按材料的几何形态来分,可分为三维材料、二维材料和一维材料等;按材料的使用性能来分,可分为结构材料 and 功能材料两大类。结构材料用量大,经济效益高,对结构材料主要要求其力学性能,钢是用途最广和用量最大的金属结构材料。对功能材料则主要利用它们的物理性能,如热学、声学、光学、电学和磁学性能。

1. 本课程的性质与主要内容

机械零件是机械产品最基本的单元,是通过机械制造工艺过程获得的。机械零件的制造工艺过程主要包括零件材料的选择、毛坯的生产、切削加工、热处理等,如图 0-2 所示。

由机械零件的制造工艺过程可知,从事机械制造的人员必须具备工程材料、热处理和铸造、压力加工、焊接等热加工技术的基本知识。

本课程是以材料与热加工工艺为主的工艺技术性基础课,其任务是通过本课程的学习,使学生掌握材料科学中基础和共性的知识,如机械工程材料的性能特点,热处理方法及其在零件加工工艺中的应用等,了解热加工工艺基础知识,为专业课程的学习和毕业后从事生产技术工作打下坚实的理论基础。

《工程材料与热加工实践》主要研究金属材料及其热加工技术,主要包括:

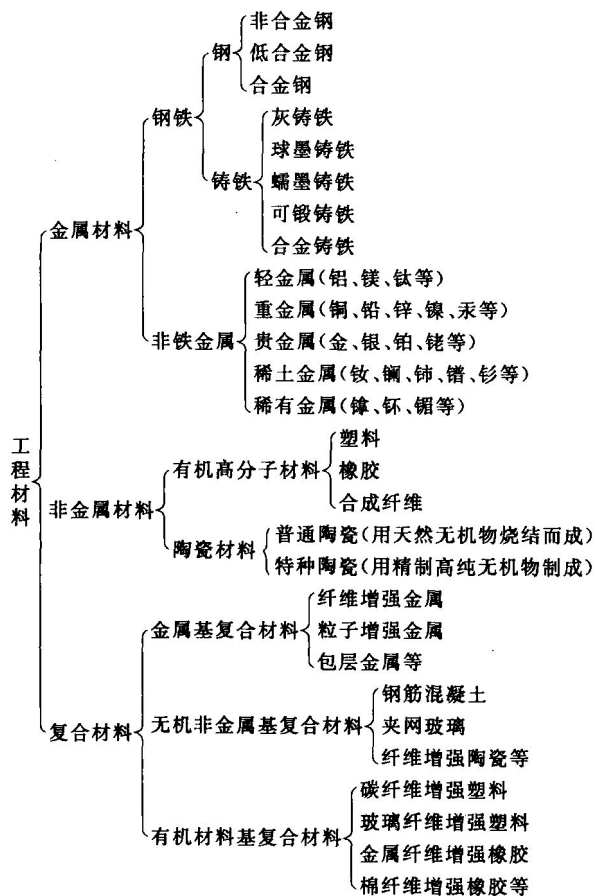


图 0-1 工程材料基本体系

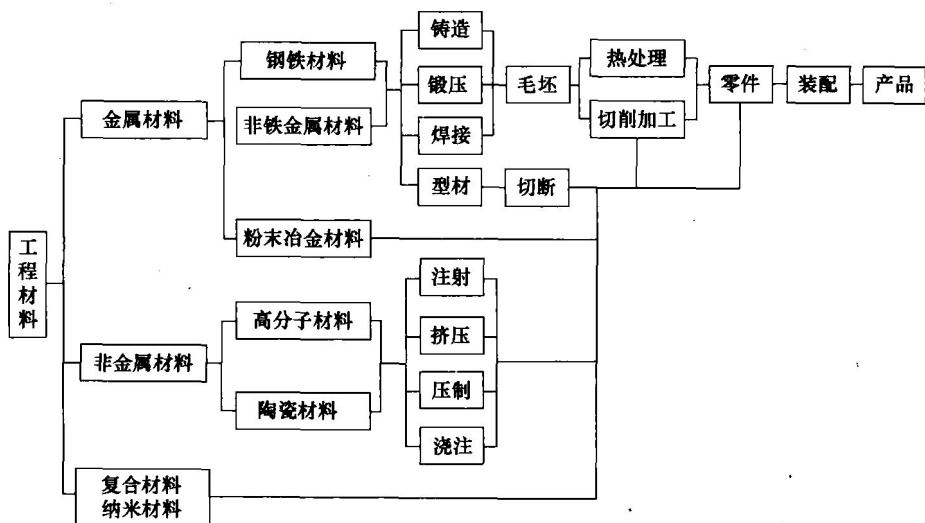


图 0-2 机械零件的制造工艺过程

(1) 材料基础部分。概述了材料的性能、结构与结晶、塑性变形和再结晶、铁碳相图。

(2) 热处理。介绍了热处理基本原理与基本工艺,重点介绍了热处理方法的实质、工艺特点及应用范围。

(3) 常用工程材料。重点介绍了碳素钢、铸铁、有色金属及非金属材料的牌号、性能及用途,典型机械零件选材及工艺分析。

(4) 材料热加工工艺与技能实训。介绍了金属零件的铸造、锻压、焊接的基本原理,工艺特点及应用范围,并选取典型案例对学员基本技能进行训练。

本课程呈现出综合性强、信息量大、知识点覆盖面广的特点,是机械类各专业的入门课程,也是承上启下的课程,在专业课程体系中占有非常重要的地位。本课程着重培养学生的知识应用能力、工程实践能力和创新设计能力,使学生完成从对机械制造知之甚少到“业内人士”这种角色的转变。

2. 课程教学目标

(1) 知识要求

① 掌握材料的性能、结构和铁碳相图等材料科学的基本知识。

② 掌握常用工程材料的性能、结构、牌号和应用范围,了解常用非金属材料的组成、特性及应用。

③ 掌握热处理的基本原理,熟悉常用热处理方法及其应用。

④ 熟悉铸造、压力加工和焊接方法的基本原理、工艺特点和应用范围。

⑤ 了解选择材料及加工方法的经济性,具有选择材料、毛坯和制定简单零件加工工艺流程的能力。

(2) 能力要求

① 初步掌握常用工程材料的性能与应用,初步具有合理选择材料的能力。

② 初步具有正确选定一般零件的热处理方法及确定其工序位置的能力。

③ 初步学会分析一般零件毛坯结构工艺性,并具有初步设计毛坯和零件结构的能力。

④ 初步具有选择简单毛坯和安排工序的能力。

⑤ 通过实验,提高测量金属材料力学性能的能力,学会识别钢的基本金相组织和显微镜的基本操作,学会热处理的基本操作。

⑥ 通过实验和实习,培养一定的热处理、铸造、锻造、焊接等实践动手操作能力。

(3) 素质要求

① 培养学生热爱科学、实事求是的学风,培养学生科学的思维方法。

② 培养学生严肃认真、勇于实践的工作作风和创新精神。

③ 培养学生的质量意识和职业道德意识。

④ 培养学生动手能力,并能运用理论知识解决工程实际问题。

3. 教学建议

《工程材料与热加工实践》是对大学生进行现代机械工程制造技术和综合工程素质教育的重要基础课程,本课程具有两大特点:一是课程内容的广泛性、综合性和工艺方法的多样性;二是具有很强的实践性。

针对这些特点,在本课程开始前,必须完成金工实习和机械制图课程的基础教学内容。在教学时要注意学生综合分析能力的培养,特别注意贯彻启发式的教学方法,破除满堂灌式的教学方法。建议采取灵活多样的教学方式,并辅以现代化的教学手段,使课堂教学既丰富多彩,又可收到良好的效果。为了提高课程的实效,应坚持“贯穿主线、突出重点、强调实用”的原则。“贯穿主线”就是要在课堂教学中,以材料的成分、工艺、组织和性能之间的关系这条主线贯穿始终。课程讲授围绕这条主线展开,分合相济,有利于给学生建立起完整体系的概念。变分散为集中,变模糊为清晰,保证教学内容的基础性和系统性。“突出重点”就是对教学内容采用“删繁就简,削枝保干”的方法进行调整,删减那些与核心理论无关的繁琐的数学推导,着重强调重点内容的物理意义,促进学生对重点内容的掌握。淡化那些与核心理论无关的内容,强调主线,以避免产生见木不见林的感觉。“强调实用”就是坚持实用性原则,对机械类及近机类专业学生,重点培养其对不同材料的选择和制定零件加工工艺的能力,为后续课程打下良好的基础。

除教师讲授为主外,教学还应配合课堂讨论、作业和作业讲评以及自学等不同方式完成。在学时锐减的情况下,不用面面俱到,而应对基本内容着重讲清思路,讲好重点,讲明难点,加强对学生的引导和培养学生的自学能力。对于学生在实践教学中未曾见过而又不理解的内容,要尽可能组织学生到生产现场参观,相应组织必要的实验或利用现代化的教学手段如录像,CAI 课件和多媒体课件等教学手段,以提高教学质量和教学效益。学生的成绩考核除了采用开卷或闭卷的方式外,还可以结合课堂讨论、提问、作业、报告和写小论文等多种方式,综合评价及保证学生的学习效果。

模块1

材料基础知识

材料的性能

〔学习目的〕

1. 掌握强度和塑性指标的符号、单位及意义；
2. 掌握布氏硬度和洛氏硬度的测定原理、方法、符号及应用；
3. 了解拉伸试验方法和拉伸曲线图；
4. 了解多次冲击试验和疲劳试验的概念。

〔教学重点〕

强度、塑性、硬度、韧性和疲劳极限的意义与应用。

〔教学难点〕

力学性能指标和零件失效的关系,拉伸试验、布氏硬度与洛氏硬度试验、一次冲击试验的测试原理。

1.1 概述

工程材料在现代工业、农业、国防及科学技术等部门之所以能获得如此广泛的应用,不仅由于其来源丰富,而且还由于其具有优良的性能。

材料的性能一般分为使用性能和工艺性能。使用性能是指材料制成零件或构件后,为保证其正常工作和一定的工作寿命所必须具备的性能,包括物理性能(如密度、磁性、导电性)、化学性能(如耐腐蚀性、热稳定性)、力学性能(如强度、塑性、韧性);工艺性能是指材料在冷、热加工过程中,为保证加工过程的顺利进行,材料所必须具备的性能,包括铸造、锻压、焊接、热处理和切削性能等。

所有机器结构零件或工具,在使用过程中往往会受到各种形式外力的作用。例如起重机上的钢索,受到悬吊物拉力的作用;一列满载的火车,会给钢轨以很大的压力;柴油机上的连杆是用来传递动力的,在工作时不仅受拉压的作用,还要承受冲击力的作用等。这些外力作用的结果,对材料有一定的破坏性,使零件或工具不同程度地产生变形或断裂。

材料在外力作用下抵抗变形或破坏的能力,称为材料的力学性能,力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。为了便于理解工程材料的力学性能,先简单介绍载荷的种类和工程材料变形的知识。

工程材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷,按其性质不同,可以分为静载荷和动载荷两类。

① 静载荷:指大小不变或变动很慢的载荷。如飞机停放时起落架支柱上受到的载荷便是静载荷。

② 动载荷:主要有冲击载荷和交变载荷两种,冲击载荷指以很大速度作用在物体上的载荷,例如飞机着陆时起落架就承受着巨大的冲击载荷;交变载荷指大小反复变化的载荷,或大小与方向都反复变化的载荷,例如飞机上的单向活门中的弹簧,就受到大小反复变化的交变载荷作用。

工程材料受力都会变形,即发生形状和尺寸的改变。当受力较小时,变形在外力去掉后会消失,这种在外力去除后能够消失的变形称为弹性变形。当受力增大到一定程度,外力去掉后,其变形有一部分不能消失,这部分在外力去除后不能消失的变形称为塑性变形。如果外力继续增大,最后工程材料将会断裂。

工程材料受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部作用着与外力相对抗的力称为内力。单位截面积上的内力称为应力。工程材料受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力 σ 按下式计算:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1-1)$$

式中: F ——外力,N;

S ——横截面积, m^2 ;

σ ——应力,Pa。

在机械设备及工具的设计、制造中选用工程材料时,大多以力学性能为主要依据,因此,熟悉和掌握材料力学性能是非常重要的。

1.2 静态力学性能

1.2.1 强度

材料在载荷作用下,抵抗变形和破坏的能力称为强度。由于载荷有拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转等不同形式,相应的强度也分为抗拉强度 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 τ_b ,和抗扭强度 τ_t 等,通常用金属的抗拉强度来表示金属的强度。

材料的抗拉强度是通过拉力试验测定的。进行拉力试验时,将制成一定形状的金属试样装在拉伸试验机上(如图 1-1 所示),然后逐渐增大拉力,直到将试样拉断为止。试样在外力作用下,开始只产生弹性变形,当拉力增大到一定程度时,就产生塑性变形,拉力继续增大,最终试样会被拉断。

试验前,将被测的金属材料制成一定形状和尺寸的标准试样。拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两类,常用的试样截面为圆形。试样拉伸前后状态如图 1-2 所示。图 1-2 中 d_0 是试样的直径(mm), l_0 为标距长度(mm)。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0 = 10d_0$)和短试样($l_0 = 5d_0$)。