

农机工人技术培训教材

弹簧制作工艺学

(初、中 级)

机械工业部农机工业局 统编

机械工业出版社

本书是机械部农机工业局统编的农机工人技术培训教材，它是根据原农机部《工人技术理论教学计划，教学大纲》编写的，全书内容包括：弹簧材料；弹簧的设计计算；制造弹簧的常用设备；弹簧制作工艺；弹簧热处理；弹簧的检验等共六章。

本书除作为初、中级弹簧制造工的培训教材外，也可供高级工及有关的工程技术人员参考。

本书由上海中国弹簧厂项松年同志任主编并编写绪论，第1、2、6章，孙云秋同志编写第5章。天津弹簧厂赵向善同志、沈阳拖拉机厂姜增同志编写第3、4章。

本书稿由天津弹簧厂肖裕霖同志任主审、上海中国弹簧厂石继宗同志任副审。

弹簧制作工艺学

(初、中级)

机械工业部农机工业局 统编

责任编辑：王明贤

封面设计：田淑文

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

河北永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 5¹/₂·字数 378千字

1988年1月北京第一版·1988年1月北京第一次印刷

印数 0,001—5,000·定价：3.25元

ISBN 7-111-00964-1/TG·38



前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育制度体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国农机行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套农机有关专业工种的初级、中级工人技术培训教材。

这套教材编写的依据是农业机械部一九八二年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和农机行业的特点，既坚持“少而精”的原则，又注意了知识的科学性、系统性、完整性，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。

这套教材的出版，得到了有关省市机械（农机）厅和有关企业、学校的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部农机工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八六年三月

目 录

前 言

绪 论1

第一章 弹簧的材料5

第一节 机械弹簧对材料的要求5

第二节 弹簧材料的分类7

第三节 常用弹簧材料的化学成分9

第四节 弹簧材料的机械性能及其试验方法12

第五节 碳素弹簧钢18

第六节 合金弹簧钢21

第七节 油淬火弹簧钢丝22

第八节 特殊用途的弹性材料25

复习题29

第二章 弹簧的设计计算31

第一节 螺旋弹簧的主要几何尺寸和参数31

第二节 螺旋弹簧的机械图画法35

第三节 弹簧的特性线和刚度35

第四节 圆截面圆柱螺旋拉、压弹簧的负荷计算39

第五节 圆截面螺旋压缩和拉伸弹簧的受力分析44

第六节 圆柱螺旋拉伸弹簧的初拉力和初应力46

第七节 圆柱螺旋扭转弹簧49

第八节 弹簧的主要技术标准54

第九节 螺旋弹簧的设计58

第十节 不等节距螺旋弹簧62

第十一节 矩形截面螺旋弹簧66

第十二节 碟形弹簧71

第十三节 几种常用异形弹簧的计算80

复习题85

第三章 制造弹簧的常用设备88

第一节 自动卷簧机88

第二节 自动卷簧机的基本结构和工作原理91

第三节 半自动卷簧车床和异形弹簧成形机97

第四节 热卷弹簧机100

第五节 磨簧机102

第六节 喷丸机106

第七节 冲床107

第八节 国外弹簧制造主要设备概况108

复习题118

第四章 弹簧制作工艺119

第一节 各种弹簧的工艺流程119

第二节 车床卷簧及校正121

第三节 自动卷簧机卷簧124

第四节 弹簧端面的磨削及倒角135

第五节 直尾卷簧机的调整140

第六节 喷丸处理及分析144

第七节 立定处理、强压（拉、扭）处理、加温强压（拉、扭）处理146

第八节 常用的弹簧防锈处理152

第九节 高精度弹簧制作典型工艺159

第十节 多股弹簧及碟形弹簧的制作方法165

第十一节 热卷弹簧的制作方法170

复习题176

第五章 弹簧热处理178

第一节 钢加热和冷却时的组织转变178

第二节 弹簧的淬火与回火184

第三节 热处理设备189

第四节 碳素钢弹簧的热处理200

第五节 合金钢弹簧的热处理202

第六节 铜、不锈钢及弹性合金的热处理205

第七节 热处理常见疵病及预防211

复习题214

第六章 弹簧的检验215

第一节 概述215

第二节 产品的抽样217

第三节	原材料检验.....	221
第四节	弹簧几何尺寸的检验.....	226
第五节	弹簧负荷的检验.....	229
第六节	弹簧喷丸质量和疲劳性能的 检验.....	232

第七节	弹簧热处理和表面处理 的质量检验.....	235
第八节	弹簧的无损检验.....	238
复习题		240
附 录		242

绪 论

什么叫弹簧？这是我们学习这门课程首先遇到的一个问题。人们一提起弹簧就会联想到沙发弹簧。的确，从钢笔套上的夹头，到自动关闭的弹簧门，在我们的日常生活中，弹簧是经常接触到的一种普通零件，更不用说在各类机械设备中弹簧的广泛应用了。

要给弹簧下一个十分确切的定义并不容易，然而可以根据它的作用原理对弹簧定义作以下表述即：弹簧是一种弹性体，它在承受一定大小的压力、拉力、弯矩或扭矩时，会发生压缩、拉伸、弯曲或扭转等变形，而当外加的载荷消失后，就会恢复到原来的形状和尺寸。概括地说：弹簧是利用材料的弹性变形进行缓冲、复位、储能的机械零件。

因此，为达到上述目的，弹簧必须具备二个条件：其一是弹簧的原材料要有足够的弹性；其二是人们通过各种巧妙的设计方法，充分利用材料的弹性，制造出各种结构、各种形状的弹性件，目的是利用它的弹性变形。

弹簧的种类很多，结构形状各异。表1和图1列出了弹簧的结构、形状及变形状况的类别。表中内容不包括橡胶弹簧、塑料弹簧、空气弹簧、波纹管 and 膜片等弹性元件。

表1 弹簧的分类

图 示 编 号		按 结 构 或 形 状 分 类								
		螺旋 弹簧	板 簧	碟 形 弹簧	扭 杆 弹簧	涡 卷 弹簧	片 弹 簧	环 形 弹簧	平 卷 弹簧	恒 力 弹簧
按 变 形 状 况 分 类	压缩弹簧	a	d	e	—	h	j	k	—	—
	拉伸弹簧	b	—	—	—	—	—	—	—	n
	扭转弹簧	c	—	—	f	i	—	—	i	—

和其它机械零件一样，弹簧是随着各类机械设备的发展而不断地完善和改进的。现在，几乎所有的机械设备中都用着各类弹簧。弹簧已成为机械设备必不可少的组成部分。弹簧的作用大致可以归纳为以下五种：

1. 贮能和作为动力

对弹簧施加载荷，弹簧会发生变形。这样就将这一分能量存贮在弹簧中，需要时就可使用。例如给钟表上发条，钟表可持续走时一天以上。除钟表外，许多仪表发条和摩托车的起动弹簧等都属此类型。这种情况是将能量贮藏后逐渐释放使用。另一种情况是将贮藏的能量突然释放使用，例如枪炮上的击针簧，扣动扳机后，击针簧急速弹出，撞击子弹或炮弹，点燃引信，使子弹或炮弹发射出去。

弹簧的贮能作用使弹簧被誉为“第二动力”，如美国“阿波罗”登月舱里就装有一件涡卷发条弹簧，作为执行某项指令的动力。

2. 避振和缓冲

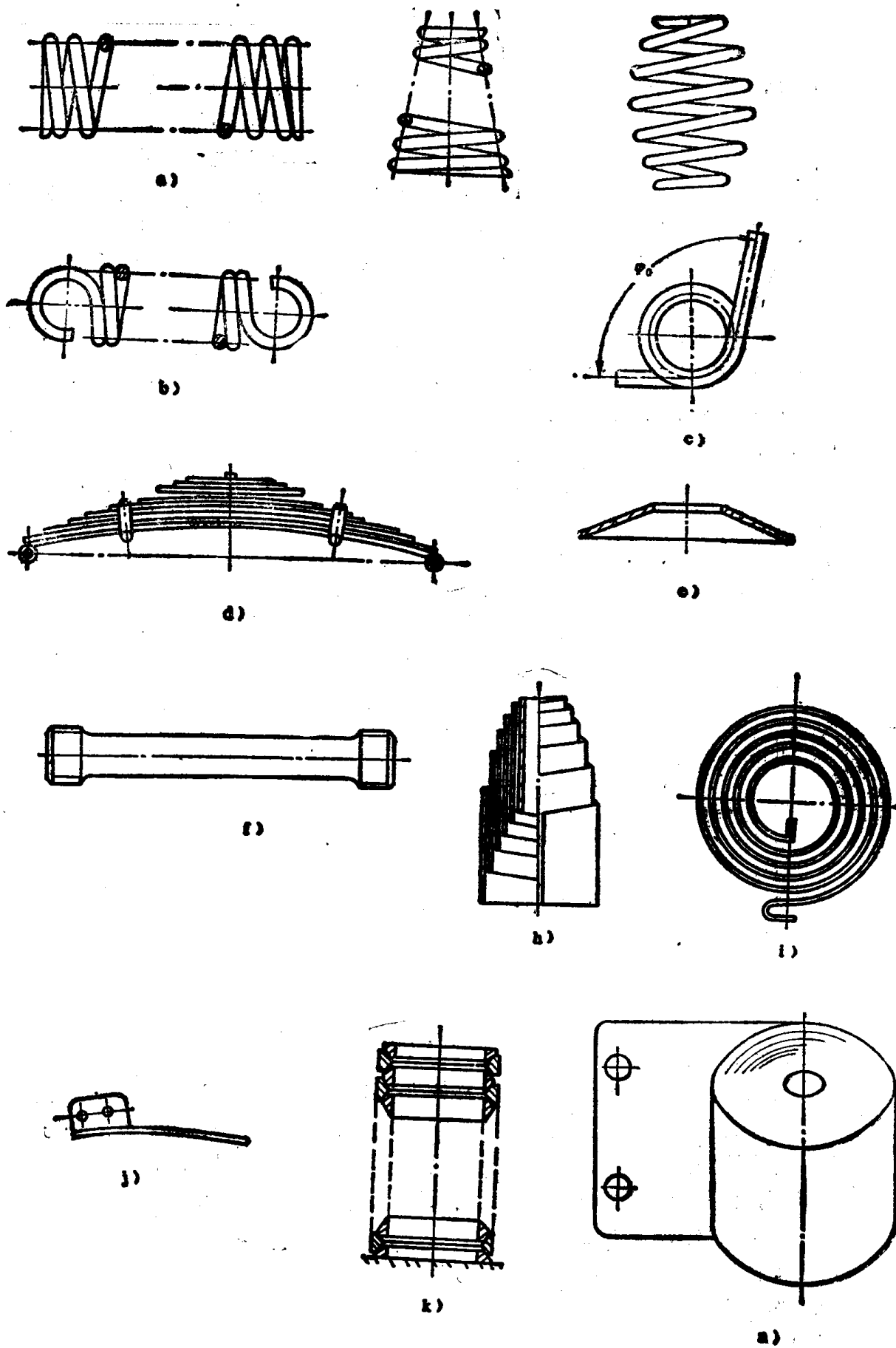


图1 各类弹簧示例

用弹簧来支撑运动着的机械，通常有两个目的：一方面为了减少运动体本身的振动和冲击；另一方面是为了减少因地面或其它振动对运动体的影响。它们的机能是利用弹簧来吸收振动和减少冲击。

几乎所有的车辆，如火车、汽车、拖拉机、工程建筑机械以及坦克和自动火炮等都用弹簧来避振。乘坐轿车时，即使行驶在不平的道路上，也不会感到有激烈的振动，这是因为在轿车底盘上的悬架弹簧具有减振作用。在电站锅炉，电梯、行车、大型气体压缩机和矿山、化工设备及振动运输机上，也广泛使用弹簧作为避振器，以减少激烈振动。对厂房和其它设备方面使用弹簧既能降低噪声又能减轻设备自身的有害振动，还有利于延长机械的使用寿命。由于有些精密仪器设备对防振有很高的要求，以及某些科学试验和产品的装配和调试上也需在无振动的环境中进行。为满足上述工件条件要求，不但可以将设备或仪器安装在避振器上，甚至可将整个实验室或车间置于弹簧组成的防振器基座上。

3. 应用弹簧的某一确定的载荷（力或力矩）

这方面的应用以内燃机较多。例如，配气机构的气门弹簧，油泵柱塞弹簧等。气门弹簧给气门从动件上一个力，使它紧压在凸轮上。汽车、拖拉机和和其它机械的离合器有时采用碟形弹簧，使离合器摩擦片之间保持不变的压力，以保持传递的扭矩不变。调速器弹簧，则是利用弹簧的力量来平衡转速，从而达到控制柴油机转速的目的。

锅炉和其它压力容器安全阀中所用的弹簧，其作用是当容器压力达到临界值时，使安全机构动作，从而起到保护作用。

4. 指示和控制载荷

弹簧、测力环等，都是应用弹簧受载后的变形量（或角度）大小来反映所承受载荷（力或力矩）的大小的测力器具，最常见的例子是弹簧秤。用来测量、记录地震和核爆炸的地震仪也是用弹簧作为敏感元件的。在照相机快门机构中，弹簧是关键零件之一，快门的开启速度，由弹簧力的大小来控制。机械手表的走时精度，主要取决于手表的游丝——平面涡卷弹簧。这些弹簧都是很精密的零件。

5. 弹性紧固件

各类弹簧圈、卡圈等在机械中起紧固件的作用，弹簧垫圈是将垫圈和弹簧两者巧妙地结合在一起，使紧固件之间保持一定压力，防止松脱，并可补偿因机件的磨损和温度的变化所引起的尺寸变化。弹簧垫圈虽是一个普通零件，但在机械中也是必不可少的。

螺纹丝套是由菱形截面的不锈钢丝绕制成的，见图2。用于螺纹之间的弹性结合，它不但能提高螺纹连接的强度，而且能保护内外螺纹，因此在飞机、船舶、动力机械和精密仪器等方面获得广泛的应用。

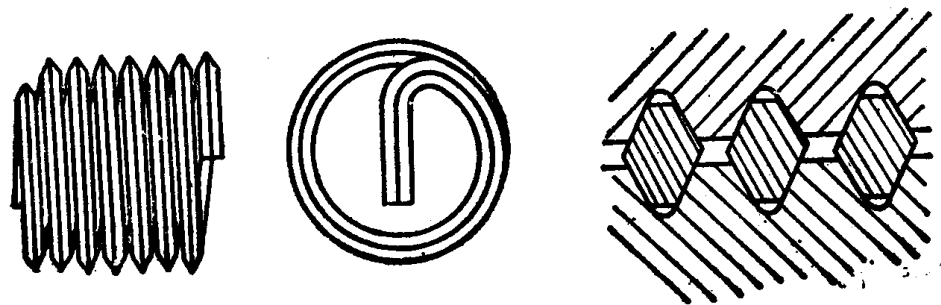


图2 螺纹丝套弹簧

弹簧作为一种基础的机械零件，它的重要性是不容置疑的。然而由于人们在以前对这一点缺乏足够的了解和认识，曾引起了一些重大的质量事故。

例如：某地安装了一条全自动的铸造生产线，该生产线机械部分采用了液压和气动作为动力，控制部分采用了半导体逻辑接插件集中控制。然而投产后不能正常生产。经调查，发现问题都出于液压系统的油泵和电磁阀弹簧的永久变形，造成了油压下降，动力不足。控制系统的接插件弹簧夹的压力不足，形成电气接触不良，控制经常失灵。

国外某公司生产的一种航空发动机上用的卡圈，表面采用了镀锡处理。由于设计和工艺问题，镀锡的质量不好，飞行中镀锡层在高温腐蚀气体中剥落损坏，以致高温腐蚀气体渗过卡圈损坏了一些零件，结果造成机毁人亡的严重事故。

内燃机中的气门弹簧、油泵调速弹簧和柱塞弹簧以及喷油器、出油阀弹簧等，它们有的承受交变载荷，工作频率很高，每分钟达2000Hz以上，有的要在较高温度下承受很大的载荷而不容许变形。这此弹簧的损坏都会使内燃机不能正常工作。

弹簧的历史可以追溯到古代。弓箭的发明就是最早应用弹簧的例子。古代马车上的弓形弹簧是现代车辆中钢板弹簧的雏型。近代，由于机械、汽车、电器等现代大工业生产的需要，促使弹簧生产走上了自动化、大批量生产的道路。而宇航、航空、石油、化工及核技术等工业的发展，则对弹簧的生产提出了新的要求。现代冶金科学的发展，为弹簧生产提供了优异的弹性材料。机械部门为弹簧生产提供了现代化的生产设备，使弹簧的生产逐步走上了采用新设计、新工艺、新材料的广阔发展道路。

我国的弹簧工业在解放后才得到较迅速的发展。目前国内已有数百家专业弹簧厂，为国民经济各部门提供了高质量的弹簧。广大工人和技术人员在长期生产实践中，已总结出一整套弹簧生产工艺，本书就是在此基础上编写而成的。

弹簧的制造方法有其本身的特点和要求，除了要保证几何尺寸参数外，还要保证有足够的弹性，准确的负荷和高的可靠性。制造弹簧要利用和控制材料的弹性和塑性，以使弹簧既符合零件尺寸要求，又满足负荷性能和寿命要求。

弹簧制作工艺学是机械加工工艺学的一门分支，是弹簧生产工人必须认真学习的基础课程。希望读者能理论联系实际，学好这一课程，为提高我国弹簧制作的工艺水平而作出贡献。

思考题

1. 什么叫弹簧？
2. 弹簧的种类有哪些？
3. 弹簧的作用有哪几种？试加以说明。

第一章 弹簧的材料

第一节 机械弹簧对材料的要求

弹簧是一种利用材料弹性特点的机械零件，它的性能和材料的关系十分密切。根据弹簧的工作性能，要求材料必须具有充分的弹性，材料的弹性极限要足够高。同时由于很多弹簧工作时承受交变载荷，它的变形量随载荷变化而变化，因此除要求材料具有高的弹性外，还要有高的疲劳强度，能经受长时期的交变载荷作用。弹簧的使用场合非常广泛，根据服役条件和工作环境的不同，对弹簧材料还要提出各种各样的特殊要求。例如要求弹簧材料具有耐腐蚀、耐热、耐低温、恒弹性、非磁性及良好的导电性等等。此外还要求材料具备优良的加工性能，总而言之，弹簧材料应具备加工容易，制造简便，性能稳定，价格低廉等特点。

一、高的强度

在通常情况下，材料的弹性极限与屈服强度成正比，即材料的屈服强度越高，它的弹性极限也越高。因此弹簧的设计者和制造者总是希望材料具有高的屈服强度。

图1-1是典型的弹簧材料拉伸试验曲线，图中 σ_b 是抗拉强度， σ_s 是屈服强度。弹簧材料的 σ_b 和 σ_s 较接近，如冷拔碳素钢丝的 σ_b 约为 σ_s 的90%左右。由于抗拉强度比屈服强度容易测得，在材料的交货中提供的都是抗拉强度数据，故在设计 and 制造时一般都用抗拉强度作为依据。但材料的抗拉强度并不是越高越好，强度过高会降低材料的塑性和韧性，增加脆性倾向。

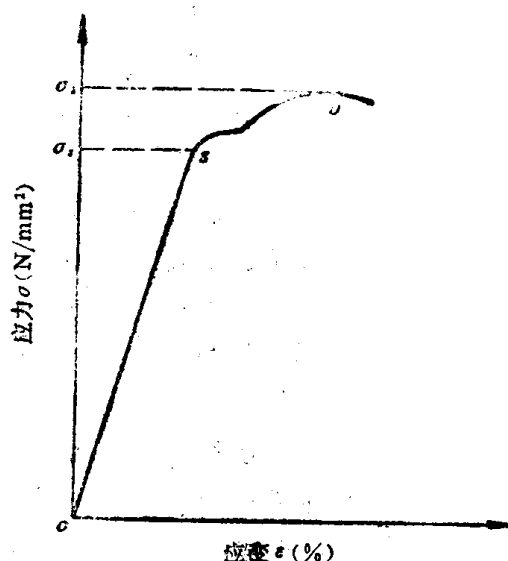


图1-1 弹簧钢的拉伸试验曲线

材料抗拉强度的高低与其化学成分、金相组织、热处理状况以及冷加工程度等许多因素有关。通常热加工卷制的弹簧材料，它的抗拉强度与热处理的关系较为密切；冷加工卷制的小型弹簧材料，材料的冷变形程度对抗拉强度的影响较大。抗拉强度与疲劳强度之间也有一定的关系，一般来说，当材料的 σ_b 在1600N/mm²以下时，其疲劳强度随着抗拉强度的增高而增高，大致上材料的疲劳强度与抗拉强度遵循如下关系：

$$\sigma_{-1} \approx (0.35 \sim 0.55) \sigma_b$$

式中 σ_{-1} ——材料在对称循环下的疲劳强度。

二、良好的塑性和韧性

在弹簧制造过程中材料需经受不同程度的加工变形。因此要求材料具有一定的塑性。例如形状复杂的拉伸弹簧和扭转弹簧的钩环及扭臂，当曲率半径很小时，在加工卷绕或冲压弯曲成形时，弹簧材料均不得出现裂纹、折损等疵病。同时弹簧在承受冲击载荷或交变载荷时，材料应具有良好的韧性，这样对提高弹簧的使用寿命会有很大的裨益。

三、优良的表面状态和疲劳性能

内燃机气门弹簧和压缩机的阀门弹簧、油泵柱塞弹簧和汽车、摩托车的悬架弹簧等，都要求有几百万次，几千万次甚至更长的循环寿命。这就对材料的疲劳性能提出了很高的要求。影响材料疲劳性能的因素很多，如材料的化学成分、硬度、钢材的纯净程度、表面质量和金相显微组织等等，尤为重要是材料的表面质量。材料的表面缺陷，如裂缝、折迭、鳞皮、锈蚀、凹坑、划痕和压痕等等，都易使弹簧在工作过程中造成应力集中。其应力集中的部位常常是造成疲劳破坏的疲劳源。疲劳源还易在表面脱碳的部位首先发生。

为了提高弹簧材料的表面质量，可以采用多种方法，如对材料的表面进行磨光或抛光，在钢丝拉拔前采用剥皮工艺剥除一层材料的表皮，这样可以将大部分的表面缺陷去掉。采用剥皮工艺的钢丝常常用于制造要求较高的弹簧，如气门弹簧、油泵弹簧等。汽车悬架弹簧常采用磨光的棒料来制造。图1-2是钢丝拉拔前的剥皮工艺示意图。

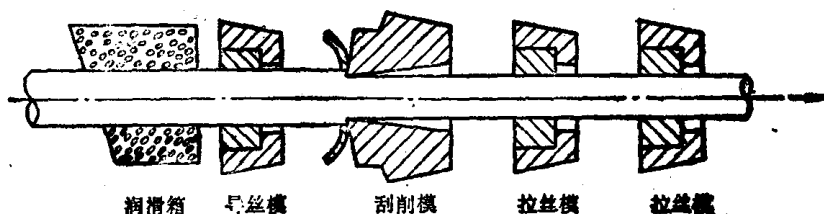


图1-2 冷拔钢丝的剥皮工艺示意图

四、严格的尺寸精度

许多弹簧对负荷精度有较高的要求，例如气门弹簧的负荷偏差不得大于规定负荷的5~6%。以具有圆截面的拉、压弹簧为例，如果钢丝直径偏差为1%，负荷就会产生4%左右的偏差。由此可见，严格的尺寸精度对保证弹簧的质量也是十分重要的。

五、对材料的均匀性要求

对材料的均匀性要求是指对材料的化学成分，机械性能，尺寸偏差等各项指标要求均匀和稳定一致。对一批材料或一捆钢丝，要求它的化学成分、物理、力学性能变化很小。如果材料各方面性能不一致，会给弹簧生产带来很大的困难，造成产品的几何尺寸、硬度、负荷等参数的离散性，严重的材料不均匀性甚至会造成废品。

在实际生产时，不论用车床进行有芯卷绕或是用自动卷簧机卷绕，都希望同一批材料卷绕出的弹簧几何尺寸稳定，长度、直径、节距偏差很小。因此要求材料的软硬要一致，卷制弹簧后的回弹量相同（回弹是指卷绕后放松时所产生的直径增大现象），见图1-3所示。

此外还要求钢丝平整度要好，没有不规则的翘曲现象。一捆钢丝打开后不得散乱、扭转或呈“∞”字型。

对弹簧材料表面还需要采取防锈蚀措施，如涂防锈油或采取镀铜和镀锌等表面

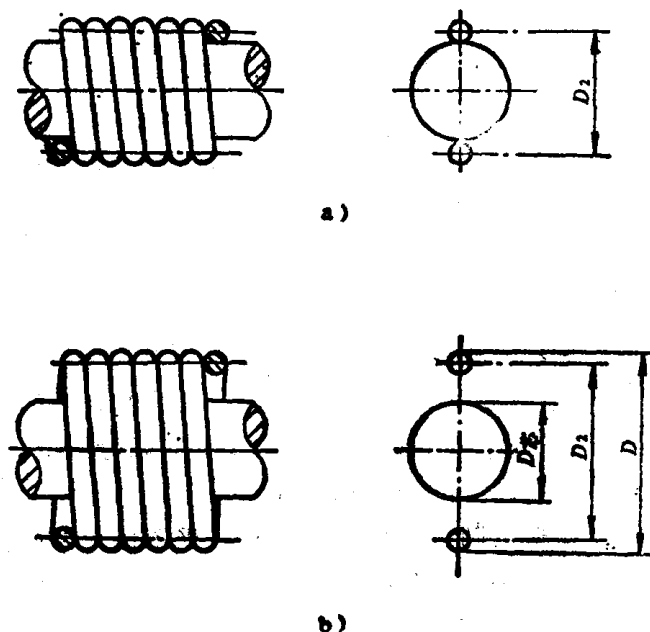


图1-3 有芯卷簧时的回弹现象

a) 放松前簧丝贴紧芯轴 b) 放松后簧丝发生回弹

处理。这些镀层既能防护材料的锈蚀，卷簧时又能起到润滑作用。

六、对弹簧的特殊要求

除以上的几项要求外，在特殊场合下使用的弹簧，对材料还需提出特殊的要求。

化工、石油和船舶等工业部门所用的弹簧通常在潮湿或腐蚀介质的情况下工作，要求弹簧材料应具有较高的抗腐蚀能力，此时可采用耐腐蚀性能较好的铜合金材料或不锈钢材料。

原子能、航空、兵器等工业部门的一些弹簧，要求能在较高的工作温度下服役，例如燃气轮机中的喷油器弹簧，其工作温度高达200~500℃。航空发动机和核反应堆某些关键部位的弹簧，工作温度可高达300~500℃。在这种条件下工作的弹簧材料往往要求具有低的弹性模量温度系数和高的持久强度。这时，需采用特殊用途的弹簧材料。

一些电气和电工仪表上的弹簧和弹性元件，需要有良好的导电性能，常采用铜合金材料制造。

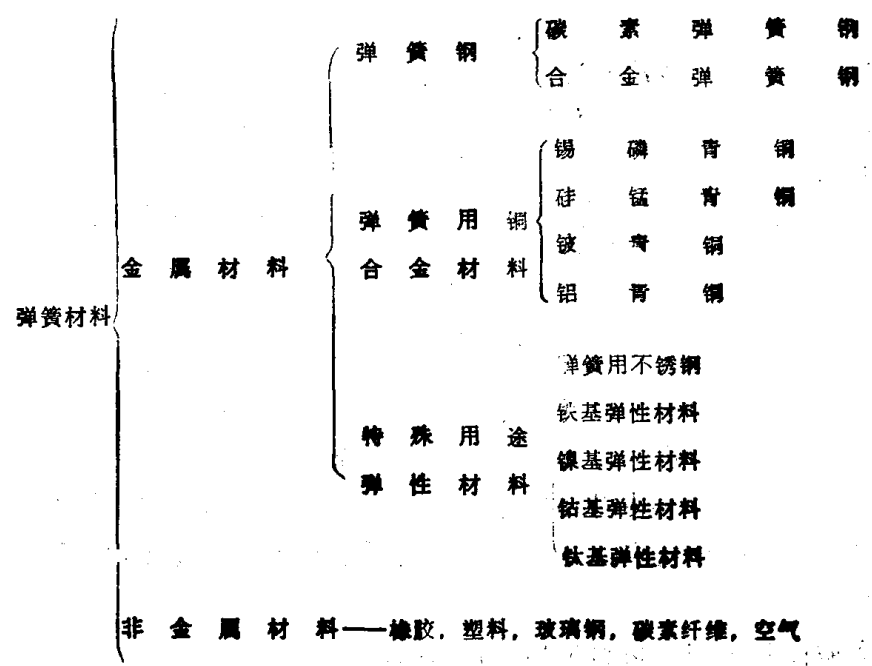
七、脱碳对疲劳性能的影响

承受交变载荷的弹簧，在交变应力的作用下材料的表面受到最大的应力，首先形成疲劳源。一般来说，弹簧从开始工作到形成疲劳源，这段时间，要占整个使用寿命的80%左右。而一旦疲劳源形成后裂纹就会很快扩展并导致弹簧的断裂。因此，要提高弹簧的使用寿命，首先必须从防止形成疲劳源方面着手。脱碳会使弹簧承受应力最大的表面部位形成一层强度很低的脱碳区，疲劳源往往就容易在此区域内首先发生，从而造成弹簧的疲劳断裂。故对弹簧材料来说，脱碳层深度是一个很重要的质量指标，阀门用的弹簧钢丝脱碳层一般都限制在材料直径的1%以下。

第二节 弹簧材料的分类

一、按化学成分分类

弹簧材料大致可以分为下列几大类：



弹簧材料按材质可以分为金属和非金属两大类，机械工程中大量采用的是金属弹性材料

料。金属弹性材料中又根据材料中的主要金属元素成分分为几种不同的种类，其中弹簧钢是使用量最大，使用范围最广的弹簧材料。弹簧钢中，碳素弹簧钢和合金弹簧钢都是以铁为主要成分，合金弹簧钢中还适当地添加了锰、硅、铬、钒、钨、钼、铌、硼等合金元素，以得到所需要的性能。

二、按交货状态分类

相同化学成分的弹簧材料可以有不同的交货状态，例如按钢材的轧制方法不同，可以分为热轧弹簧钢和冷轧弹簧钢两种。热轧钢的尺寸精度和表面质量都不及冷轧钢。我国生产的冷拔合金弹簧钢丝盘料最大直径为8 mm，热轧弹簧钢截面尺寸一般较大，如圆钢棒材大都在8 mm以上，最大可达80 mm。

冷轧弹簧材料根据加工和热处理方法的不同又可分为下列几种不同交货状态

1. 退火状态

这种材料在弹簧成形后需要进行淬火和回火处理，工艺比较复杂，弹簧在热处理过程中也容易变形。它的优点是加工容易，尤其适用于卷绕旋绕比很小的弹簧，如喷油器调压弹簧和某些需要进行冲压的弹簧（如蝶形弹簧等），其价格也比较便宜。

2. 铅浴等温 + 冷变形（派顿处理）状态

经过这种处理的材料称为铅淬冷拔钢丝，具有很高的强度。如1 mm直径的弹簧钢丝，其抗拉强度可达到3000 N/mm²左右，琴钢丝就是用这种方法制造的。弹簧成形后只需进行消除应力回火即可使用，因此可以简化工艺，缩短生产周期。目前，这种交货状态的材料已大量用于制造弹簧，产量占冷轧弹簧材料之首位。它的缺点是抗松弛能力较差，使用温度只能在120℃以下。

3. 油淬火一回火状态

材料交货时已经过淬火和回火处理，国内简称油淬火钢丝，国外则通称为油回火钢丝。弹簧成形后同样不用淬火，只需进行消除应力回火，而且抗松弛性优于铅淬冷拔钢丝，不足之处是成本较高。

4. 冷变形状态

这类材料在供货时已经过反复多次的冷变形，对材料进行了强化。这些材料都是主要一些无法通过热处理方法强化的弹簧材料，如奥氏体不锈钢和某些铜合金等。

5. 固溶 + 冷变形状态

这类材料大都是作特殊用途的弹簧材料，弹簧成形后可以通过时效处理，进一步提高材料的强度水平，这些材料一般都含有较高的合金元素，价格较贵。

三、按材料截面分类

弹簧材料按型材截面分类，大致可分为圆形、方形、矩形、梯形、菱形、扁钢、板材、带材等等。其中以圆截面和扁钢的使用最多，绝大部分的螺旋弹簧使用的都是圆截面材料，而扁钢则主要用于制造板弹簧。矩形、方形和梯形截面的弹簧材料主要用于制造刚度大而装配又很紧凑的弹簧，如兵器和模具上使用的一些弹簧。菱形截面的材料主要用于制造与螺丝或螺钉配合使用时的弹簧，如螺纹丝套。带材和板材主要用于制造涡卷弹簧、碟形弹簧、片弹簧、恒力弹簧等。

近年来也有使用变截面和中空的材料来制造弹簧的。

四、按弹簧制造工艺分类

按弹簧制造工艺分类,可分为热卷弹簧钢和冷卷弹簧钢丝两类。热卷弹簧钢的直径一般在8mm以上,材料要通过加热卷制成弹簧,但表面质量较差。冷卷弹簧钢丝则是在冷状态下直接卷制成形的。随着弹簧制造工艺的不断完善,原采用热卷弹簧钢成形的现已改成冷卷成形。根据统计,有不少工厂对 $\phi 14\text{mm}$ 以下的弹簧材料,大都采用了冷卷工艺成形。

第三节 常用弹簧材料的化学成分

常用弹簧材料中大部分是碳素弹簧钢,其化学成分中除含有铁以外还含有一定量的碳,以及其它杂质,还有一部分碳素弹簧钢具有较高的含锰量,称为高锰碳素弹簧钢,典型的有65Mn。合金弹簧钢和一些特殊用途的弹簧材料,则是在碳素钢的基础上添加了一定量的合金元素,从而使材料具有碳素弹簧钢所没有的优良性能,如高的弹性极限、良好的淬透性和耐腐蚀性等等。各种合金元素在弹簧材料中的作用如下所述:

碳 (C) 是钢中重要的化学元素。碳素弹簧钢的含碳量在0.60~0.90%之间,合金弹簧钢的含碳量在0.45~0.75%之间。含碳量越高,钢的硬度和强度越高,但塑性降低,脆性增加。钢的含碳量与硬度的关系见图1-4。

硅 (Si) 在碳素钢中的含量通常不超过0.4%,它是作为冶炼过程中的脱氧剂而加入钢中的。含硅的合金弹簧钢其硅的含量在1.4~2.8%之间。由于硅能溶于铁素体中,从而能提高钢的强度和屈服比(σ_s/σ_b)。硅还能提高钢的淬透性和耐热性能。但弹簧钢中的含硅量不能过高,否则会造成钢的晶粒粗化,增加石墨化倾向。

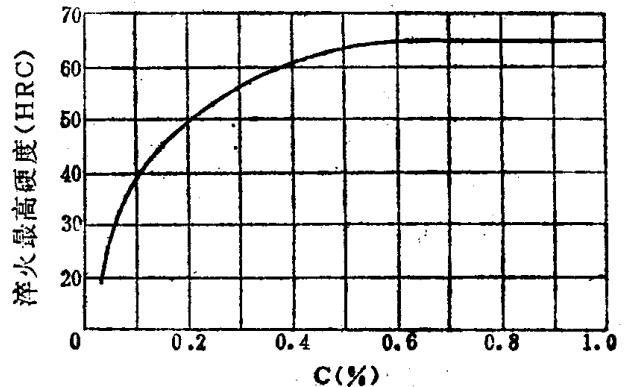


图1-4 钢的含碳量与硬度的关系

锰 (Mn) 能有效地提高钢的淬透性,它和硅都是我国弹簧钢中的主要添加元素,一般加入量为1%左右。锰的缺点是脱碳倾向较大,容易过热。

铬 (Cr) 能提高钢的淬透性,细化晶粒,是制造高疲劳性能的弹簧所用合金钢中的重要合金元素之一,当铬的含量达到13%以上时,具有很好的防腐蚀能力,是制造弹簧所用不锈钢中的主要添加元素。

镍 (Ni) 是我国资源较少的元素,一般弹簧钢中很少使用,它是奥氏体不锈钢的主要成分之一。与铬一起加入钢中,对于某些特殊用途的弹簧材料,如GH145 (InconelX-750)、GH169 (Inconel718)来说。镍也是其中的主要成分之一。由于含镍的弹性材料价格较贵,因此在能满足使用性能的前提下尽量不用。

钒 (V) 是强碳化物元素,和碳能结合成熔点很高的碳化钒。钒在弹簧热卷和热处理过程中能起到细化晶粒的作用,合金弹簧钢中钒只需加入很少量,则细化晶粒的作用就已十分明显。如合金弹簧钢中的50CrVA的含钒量仅为0.1~0.2%。

钨 (W) 主要作用是提高钢的淬透性和耐热性能,使弹簧在较高的温度下仍能保持高的强度和弹性,钨还能细化晶粒,如常用的弹簧材料65Si2MnWA,其淬透性、耐热性能都优

于50CrVA。

钼 (Mo) 的作用和钨类似, 钼还能消除硅锰钢中的第二类回火脆性。近年来, 我国新发展的一些弹簧钢, 如55SiMnMoV、55SiMnMoVNB都含有钼。

硼 (B) 能大大提高淬透性, 加入极微量的硼 (十万分之几), 作用就极为明显。我国新研制的一些合金弹簧钢, 就是在硅锰的基础上加入了微量的硼。如55SiMoVB中加入了0.001~0.0035%的硼以后淬透性有明显的提高, 在某些耐高温的合金弹簧材料中加入了硼, 能增加材料的持久强度, 如GH132 (A-286) 中便含有0.001~0.01%的硼。

铝 (Al)、钛 (Ti)、铌 (Nb) 主要添加在弹簧用不锈钢或其它特殊用途的弹簧材料中, 主要目的是提高材料的耐腐蚀性能或与镍、钼等组成沉淀硬化相, 起到沉淀强化作用。

钴 (Co) 是恒弹性材料, 钴在3J21、3J22中作为主要添加元素, 能使弹簧材料获得高的弹性极限, 低的非弹性效应, 并且弹性模量温度系数也很小。但钴是贵重的合金元素, 除非必要, 一般不轻易使用。

铜 (Cu) 常作为铜合金中的基体元素与其它添加元素组成铜合金弹性材料。如与锡 (Sn)、磷 (P) 组成锡磷青铜, 与硅、锰组成硅青铜, 与铝组成铝青铜, 与铍 (Be) 组成铍青铜等。以铜镍为主的蒙乃尔弹性合金有很好的耐腐蚀性能。

铍 (Be) 主要是加入铜中组成铍青铜。铍青铜有优良的弹性性能。但铍有毒, 且价格也很贵, 故铍青铜只有在十分必要时才使用。

上述各种合金元素可以单独添加, 也可以几种元素一起添加, 几种元素一起添加所起的作用要远大于每种元素单独添加所起作用的叠加, 所以现在新研制的弹簧钢, 在合金元素方面, 都倾向于采用少量多元的办法。如55SiMnMoVNB, 55SiMnVB, 55SiMnMoV等钢种, 都同时含有4~5种合金元素。

钢中除了以上这些有益元素外, 还不可避免地存在一些有害的杂质。如硫 (S)、磷 (P) 等。这些杂质会降低钢的塑性和韧性, 增加脆性, 形成夹杂物严重地降低弹簧的寿命, 所以要求这两种有害元素在钢中的含量越少越好。根据规定, 优质钢中硫和磷的含量不能超过0.040%, 高级优质钢 (牌号后面标有“A”者即表示高级优质钢), 硫的含量不能超过0.030%, 磷的含量不能超过0.035%。但例外的是有些铜合金中加入了0.1~0.4%的磷以后, 可以提高其弹性。

一、碳素钢和合金钢的化学成分

我国常用碳素弹簧钢和合金弹簧钢的化学成分见表1-1所列。GB1222—84是热轧弹簧钢的标准, 冷拔碳素弹簧钢丝和合金弹簧钢丝的化学成分大都与此相同。

二、弹簧用不锈钢和铜合金材料

弹簧用不锈钢的化学成分应符合GB1220—75不锈钢技术条件和GB1221—75耐热钢技术条件的规定。常用的牌号中马氏体不锈钢有3Cr13, 4Cr13, 1Cr17Ni2等。奥氏体不锈钢有1Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti等; 沉淀硬化不锈钢有0Cr17Ni7Al (17-7PH)、0Cr15Ni-7Mo2Al (PH15-7Mo) 等。化学成分见表1-11。

铜合金的化学成分应符合YB453—64, YB454—64和YB565—64的规定。用于制造弹簧的主要材料有锡青铜如QSn6.5-0.1, QSn6.5-0.4; 无锡青铜如QSi3+1, 铝青铜QAl7及铍青铜如QBe2等。其化学成分见表1-15和表1-16。

