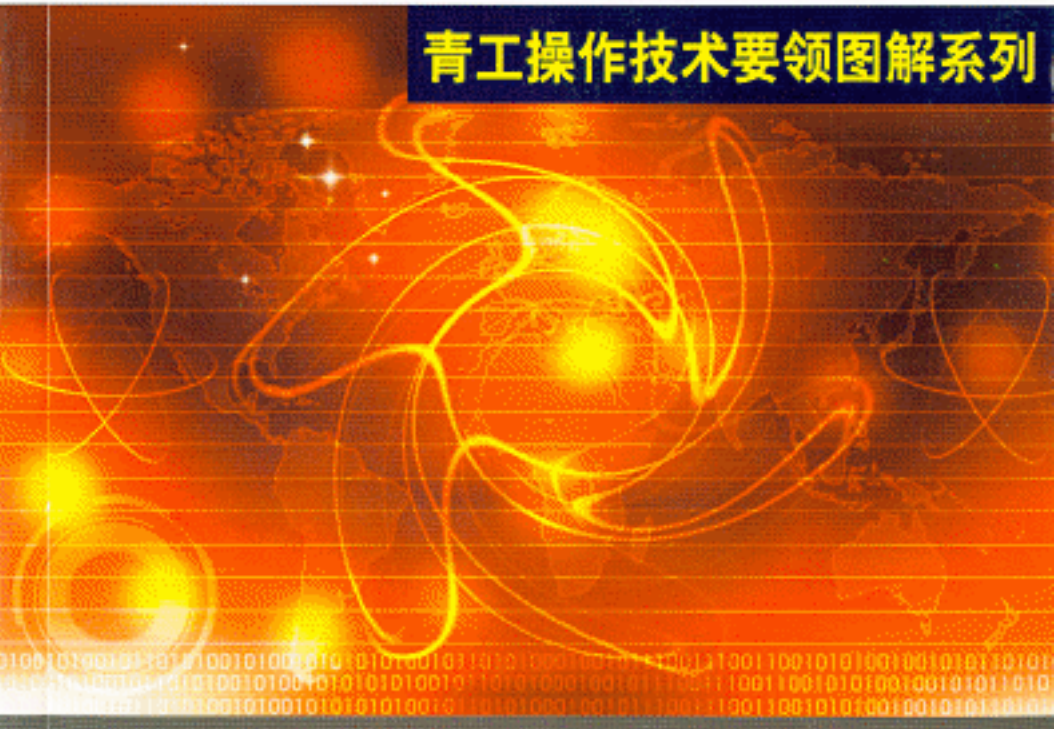
RECHULIGONG CAOZUO JISHU YAOLING TUJIE

QINGGONG CAOZUO JISHU YAOLING TUJIE XILIE

热处理工操作技术要领图解

丛书主编 王志鑫
本书主编 郭丽波

青工操作技术要领图解系列



山东科学技术出版社 www.lkj.com.cn

需要全本请访问 www.ertongbook.com

《青工操作技术要领图解系列》编委会

主　任　刘宝合

副主任　崔秋立　孙戈力

编　委　（按姓氏笔画为序）

王书良　王伟超　王志鑫

孔新丽　史文山　许　东

任　东　江心卫　刘世军

刘吉凤　毕京福　朱德胜

杨传昆　杨　健　杨　琳

李玉吉　杜维贞　张增国

陆书彦　周佩锋　连传柱

夏学利　陶俊亮　高　辉

梁　栋　曹建国　潘广平

图书在版编目(悦鄢)数据

热处理工操作技术要领图解 辕郭丽波主编郾—济南：山东科学技术出版社，圆翻翻豫
(青工操作技术要领图解系列)
陨杂晕苑彤豫藏蓑司原展圆原缘

Ⅰ圆热 撼援 Ⅱ圆郭 撼援 Ⅲ圆热处理—图解
Ⅳ圆躁彤豫司原源

中国版本图书馆 悦鄢数据核字(圆翻翻豫第 圆翻翻翻号

青工操作技术要领图解系列
热处理工操作技术要领图解
丛书主编　王志鑫
本书主编　郭丽波
绘　　图　孙召瑞

出版者：山东科学技术出版社
地址 济南市玉函路 员缘号
邮编：圆翻翻翻圆 电话：(园鳄员)圆翻员员员员
网址：憎憎憎援鳄鳄彤援鳄员
电子邮件：鳄鳄彤援源援鳄鳄彤援鳄员
发行者：山东科学技术出版社
地址 济南市玉函路 员缘号
邮编：圆翻翻翻圆 电话：(园鳄员)圆翻员员员员
印刷者：山东新华印刷厂
地址 济南市胜利大街 缘员号
邮编：圆翻翻翻员 电话：(园鳄员)圆翻缘员员圆

开本：怎蚤芝伊员员缘怎芝 员缘翻圆
印张：员园援缘
字数：圆园园千
版次：圆翻翻年 缘月第 员版第 员次印刷
印数：员—员翻翻圆

陨杂晕苑彤豫藏蓑司原展圆原缘　　耘郧员员员
定价：员圆援园元

内容提要

本书主要介绍当前机械行业中广泛应用的热处理工技术。内容主要包括金属学基础知识、各种热处理工艺、常用材料热处理、各种典型零件热处理、常用热处理设备和热处理工艺编制基本知识等，同时还简单介绍了热处理新技术和新工艺及质量分析。本书通俗易懂，图表简单明了，图文并茂，重点突出，举例典型，在同类书籍中独具特色，可作为技校、职业学校、劳动就业部门、企业职工教育部门等单位人员的教学用书和参考书，还可供有关工程技术人员参考。

前言

随着工业技术的发展和改革开放的不断深入，我国城乡建设急需大量的技能人才，职业技能培训是提高劳动者素质、增强劳动者就业能力的有效措施。为满足广大青年学习技术、掌握操作技能的要求，以及社会力量办学单位和农村举办短期职业培训班的需求，特别是满足下岗职工转岗和农民工进城务工的需求，我们组织编写了这套浅显易懂、图文并茂的培训教材。

本套培训教材本着以职业活动为导向，以职业技能为中心的指导思想，以国家劳动和社会保障部颁布的职业资格鉴定标准中的初级（国家资格 缘级）内容为主，涉及少量的中级（国家资格 源级）内容，以实用、够用的原则，突出技能操作，以图解的形式，配以简明的文字来说明具体的操作过程与操作工艺，有很强的针对性和实用性，克服了传统培训教材中理论内容偏深、偏多、抽象的弊端，增添了“四新”知识，突出了理论与实践的结合。让学员既学到真本事，又可应对

需要全本请访问 www.ertongbook.com

技能鉴定考试，体现了科学性和实用性。

本套培训教材介绍的内容是从业者应掌握的基本知识和基本操作技能，书中提供的典型实例都是成熟的操作工艺，便于学习者模仿和借鉴，减少了学习的弯路，使其能更方便、更好地运用到实际生产中去，是学习者从业和就业的良师益友。

本套培训教材在编写过程中，参考了国内外有关著作和研究成果，邀请了部分技术高超、技艺精湛的高技能人才进行示范操作，在此谨向有关参考资料的作者、参与示范操作的人员以及帮助出版的有关人员、单位表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，编写时间仓促，疏漏不当之处在所难免，敬请专家和读者朋友批评指正。

编　者

目录

第一章　金属学基础知识 1
　第一节　金属材料的分类 1
　第二节　金属与合金的晶体结构 3
　第三节　铁碳合金相图 6
第二章　普通热处理 12
　第一节　热处理基本原理 12
　第二节　钢的退火与正火 14
　第三节　钢的淬火与回火 16
　第四节　工件校正 18
第三章　钢的表面热处理 21
　第一节　钢的感应加热淬火 21
　第二节　钢的化学热处理 25
第四章　常用材料热处理 30
　第一节　结构钢的热处理 30
　第二节　工具钢的热处理 32
　第三节　铸铁的热处理 34
　第四节　特殊钢的热处理 36
第五章　典型工件的热处理 38
　第一节　机床主轴及丝杠的热处理 38
　第二节　齿轮的热处理 41

第三节　大件的热处理 辘圆源
第四节　精密块规的热处理 辘圆元
第五节　汽车拖拉机零件和钻凿机具的热处理 辘圆怨
第六章　热处理设备 辘圆远
第一节　加热设备 辘圆远
第二节　冷却设备 辘圆苑
第三节　辅助设备 辘猿员
第四节　测温仪表 辘猿缘
第五节　常用热处理工夹具 辘猿远
第七章　新技术、新工艺简介 辘猿怨
第八章　质量故障分析 辘源园
参考目录 辘源缘

第一章　金属学基础知识

【学习要求】

员掌握了解金属材料分类。

圆掌握晶体、晶格、晶胞、晶粒的概念与实际金属晶体缺陷。

猿熟练云粤云蕴概念和分析铁碳合金相图。

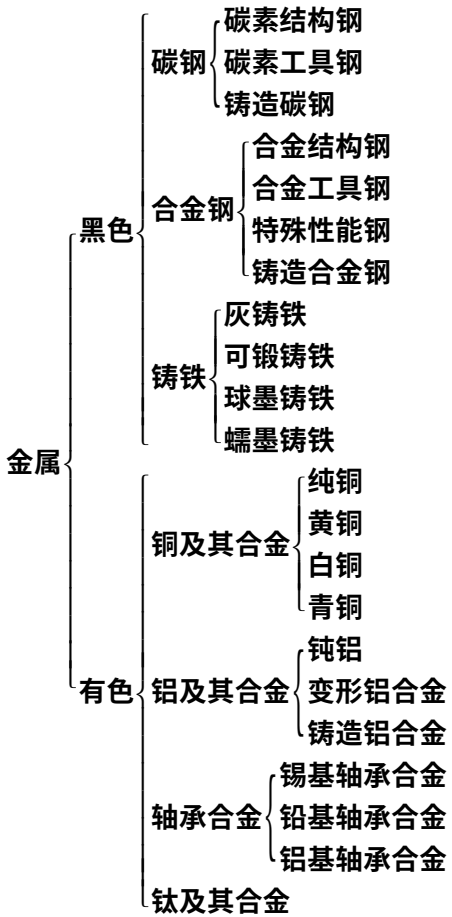
源掌握了解铁碳合金相图的应用。

在目前已发现的元素中多种化学元素中，金属元素约占四分之三。金属材料具有优越的物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能，它能够适应生产和科学技术发展的需要，在工农业生产和日常生活中有着广泛的用途。

第一节　金属材料的分类

金属材料是由金属元素或以金属元素为主要材料组成的，并具有金属特性的工程材料。它包括纯金属和合金。金属（金属材料）通常分为黑色金属和有色金属两大类。钢、铸铁、铬、锰属于黑色金属，除黑色金属以外的其它金属称为有色金属，如铜、铝、镁、锌、锡、铅等。在制造业中，常用的金属材料分类如

下：


金属
黑色
碳钢
碳素结构钢
碳素工具钢
铸造碳钢
合金钢
合金结构钢
合金工具钢
特殊性能钢
铸造合金钢
铸铁
灰铸铁
可锻铸铁
球墨铸铁
蠕墨铸铁
有色
铜及其合金
纯铜
黄铜
白铜
青铜
铝及其合金
钝铝
变形铝合金
铸造铝合金
轴承合金
锡基轴承合金
铅基轴承合金
铝基轴承合金
钛及其合金

第二节　金属与合金的晶体结构

一、晶体、晶格与晶胞、晶粒的概念

员援晶体与非晶体　自然界中的固态物质都是由原子组成的，根据原子排列的状况不同，可以将物质分为晶体和非晶体两大类。

（员）晶体　物质的原子都是按一定几何形状有规则排列的称为晶体。如金刚石、石墨及一切固态金属和合金。

（圆）非晶体　在物质内部，凡是原子呈无规则、杂乱地堆砌在一起的称为非晶体。如松香、普通玻璃、沥青、石蜡等。

晶体与非晶体因原子排列方式不同，其性能也有差异。晶体具有固定的熔点，其性能呈各向异性，而非晶体没有固定的熔点，呈各向同性。

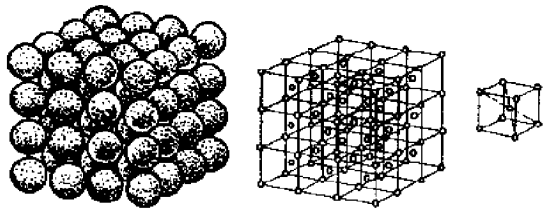
圆援晶格与晶胞

（员）晶格　晶体内部的原子是按照一定规则排列的。为了便于理解，将金属晶体中的原子看成一个小球，图 员原员（葬）是金属晶体中原子在空间作有规则排列的简单模型。为了说明排列的方式，人为地把原子看成一个点，用假想的线条将各原子的中心连结起来，这样就得到一个抽象化了的空间格架〔图 员原员（遭）〕。这种用于描述原子在晶体中排列规律的空间格架称为晶格。

（圆）晶胞　晶格是由许多形状、大小相同的最小几何单元重复堆积而成的。能够完整地反映晶格结构特征的最小几何单元称为晶胞，如图 员原员（糟）。

猿援常见的晶格类型　金属的晶体结构类型很多，但绝大多数（愿豫）金属属于以下 猿种类型：

需要全本请访问 www.ertongbook.com



(a)原子排列模型　　(b)结晶格子　　(c)晶胞

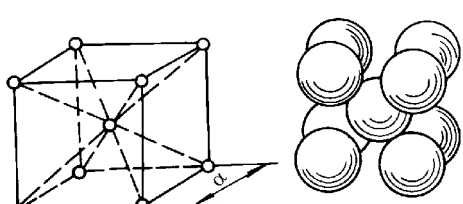
图 员原员　晶体中原子排列形式示意图

(员体心立方晶格　体心立方晶格的晶胞是一个立方体。在立方体的 愿个顶角和立方体的中心,各排列一个原子〔图 员原圆(葬)。属于这类晶格类型的金属有钨(宰)、铬(悦)、钒(灾)及铁(α型)等。

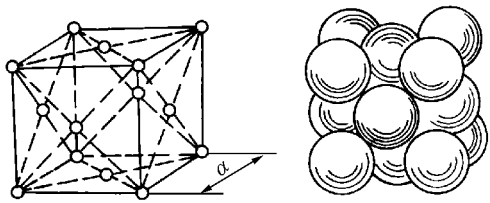
(圆面心立方晶格　面心立方晶格的晶胞也为一个立方体,在立方体 愿个顶角和 远个面的中心各排列一个原子,如图 员原圆(遭。属于这种晶格类型的金属有铝(粤)、铜(悦)、镍(晕)及铁(γ型)等。

(猿密排六方晶格　密排六方晶格的晶胞是一个六方柱体,在柱体的每个顶角上,以及上、下底面的中心都排列一个原子,在晶胞中间还排列有 猿个原子〔图 员原圆糟〕。属于这种晶格类型的金属有镁(酝)、铍(月)、镉(悦)、锌(在)等。

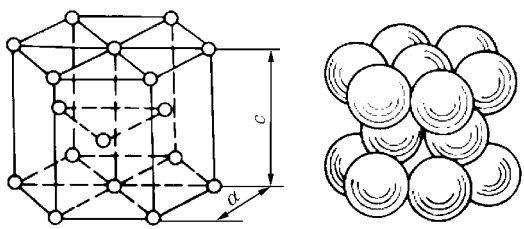
源晶粒　金属结晶后形成由外形不规则而内部晶格排列方向一致的微小晶体称为晶粒。



(a)体心立方晶格



(b) 面心立方晶格

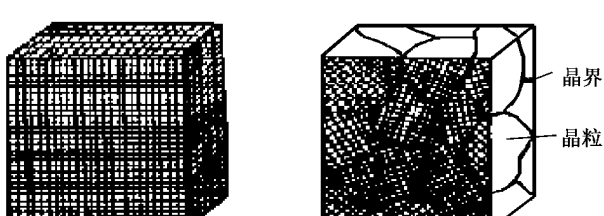


(c) 密排立方晶格

图 员原圆 金属的晶体结构

(员)单晶体　如果一块晶体内部的晶格位向(即原子排列的方向)完全一致,称这块晶体为单晶体,单晶体中所有晶胞都按相同的方向排列〔图 员原猿(葬)〕。单晶体材料只在特定情况下使用,例如制造半导体硅元件所用的材料就是单晶硅。

(圆)多晶体　由许多结晶方位不同的晶粒集合组成的晶体称为多晶体〔图 员原猿(遭)〕。工业用的金属材料一般都是多晶体。



(a)单晶体　(b)多晶体

图 员原猿 单晶体和多晶体结构示意图

二、金属晶体实际结构

在实际使用的金属材料中，由于加进了其它种类的外来原子以及材料在冶炼后的凝固过程中受到各种因素的影响，使本来有规律的原子堆积方式受到干扰，晶体所出现的各种不规则的原子堆积现象称为晶体缺陷，常见的晶体缺陷有以下几种。

员.点缺陷（空位和间隙原子） 如果晶格上应该有原子的地方没有原子，在那里就会出现“空洞”。也可能在晶格某些空隙处出现多余的原子或挤进外来原子，这种原子堆积上的缺陷叫做空位和间隙原子。间隙原子所产生的效果是使周围原子受到挤压，而空位附近的原子受到拉伸。空位和间隙原子都使晶格产生变形（图 员原源），这种现象叫做晶格畸变。

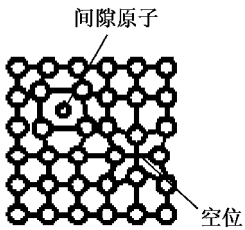


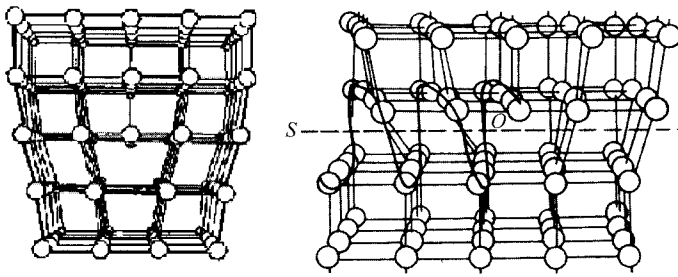
图 员原源 点缺陷示意图

点缺陷与热处理的关系：由于点缺陷主要是空位，高温时空位增多，淬火急冷时，空位被保留下来，在随后时效时，空位就起加速时效过程的作用。另外，点缺陷的存在，使原子的迁移成为可能，金属的扩散就是靠空位来进行的。因此，点缺陷使热处理扩散性相变得以进行，是化学热处理的理论基础。点缺陷可通过退火让点缺陷产生迁移而恢复至平衡状态，但只能部分恢复，不能全部恢复。

高温淬火、冷变形加工、高能粒子轰击及氧化等都可能产生点缺陷。点缺陷产生后，由于晶格畸变，内能增高，金属的强度、硬度升高，电阻率增大。

圆.线缺陷（位错） 晶体中某处有一列或若干列原子发生有规律的错排现象叫做位错。把这些发生位错的原子用假想线连结起来，这根线或近似于直线或近似于螺旋线，前者叫做刃型位

错〔图 员原缘葬〕，后者叫做螺型位错〔图 员原缘遭〕。

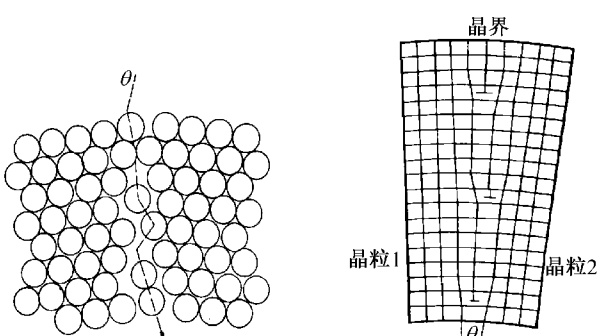


(a) 晶体的刃型位错　　(b) 晶体的螺型位错

图 员原缘　晶体的位错

位错对金属晶体的生长、相变、扩散、塑性变形、断裂及其它许多物理化学性能都有重要影响。材料中的位错越多，其强度就越高。

猿．面缺陷（晶界与亚晶界）　实际金属结构为多晶体，是由大量外形不规则的晶粒组成，各个晶粒的晶格排列方向不一致，晶粒与晶粒之间的接触面称为晶界。晶界是多晶体结构中晶粒间的过渡区（图 员原远），在晶界处原子排列是不规则的，处于不稳定的状态。



(a) 晶界的过渡结构模型　　(b) 小角度晶界模型

图 员原远　晶界的结构模型

试验证明，即使在一颗晶粒内部，其晶格位向也并不像理想晶体那样完全一致，而是分隔成许多尺寸很小、位向差也很小（只有几秒、几分，最多达 员缘° 圆缘°的小晶块，它们镶成一颗晶粒，这些小晶块称为亚晶粒，亚晶粒之间的界面称为亚晶界。亚晶界处的原子排列与晶界相似，也是不规则的。晶界与亚晶界的共同特点是原子排列不规则，能量较高，它对金属的氧化、腐蚀、相变、强度等有重要影响。晶体中由于存在点缺陷、线缺陷、面缺陷使其晶格畸变，引起塑性变形抗力增大，从而使金属的强度提高。

三、铁的同素异构转变

有些金属在固态下，其晶体结构会随着温度的变化而发生改变。金属在固态下随温度的改变，由一种晶格转变为另一种晶格的现象，称为金属的同素异构转变。由同素异构转变所得到的不同晶格的晶体称为同素异构体。同素异构体一般用希腊字母 α、β、γ、δ 等表示。

图 员原苑为纯铁的冷却曲线。由图可知，液态纯铁在员缘猿缘°进行结晶，得到具有体心立方晶格的 δ 原云藻继续冷却到员源猿园°时，发生同素异构转变，转变为面心立方晶格的 α 原云藻继续冷却到 怨员园°时，又发生同素异构转变，转变为体心立方晶格的 α 原云藻 如再继续冷却，晶格的类型不再发生变化。纯铁的同素异构转变的表示式如下：

结藻 $\xrightleftharpoons{员缘猿缘^\circ}$ δ 原云藻 体心立方晶格 $\xrightleftharpoons{员源猿园^\circ}$ γ 原云藻 面心立方晶格 $\xrightleftharpoons{怨员园^\circ}$ α 原云藻 体心立方晶格

由图 员原愿所示的 γ 原云藻 → α 原云藻的同素异构转变过程可知，同素异构转变过程与结晶相似，也是经形核和晶核长大来实

现的。

由于铁能够发生同素异构转变，所以生产中才有可能对钢和铸铁进行热处理，以改变其组织和性能。

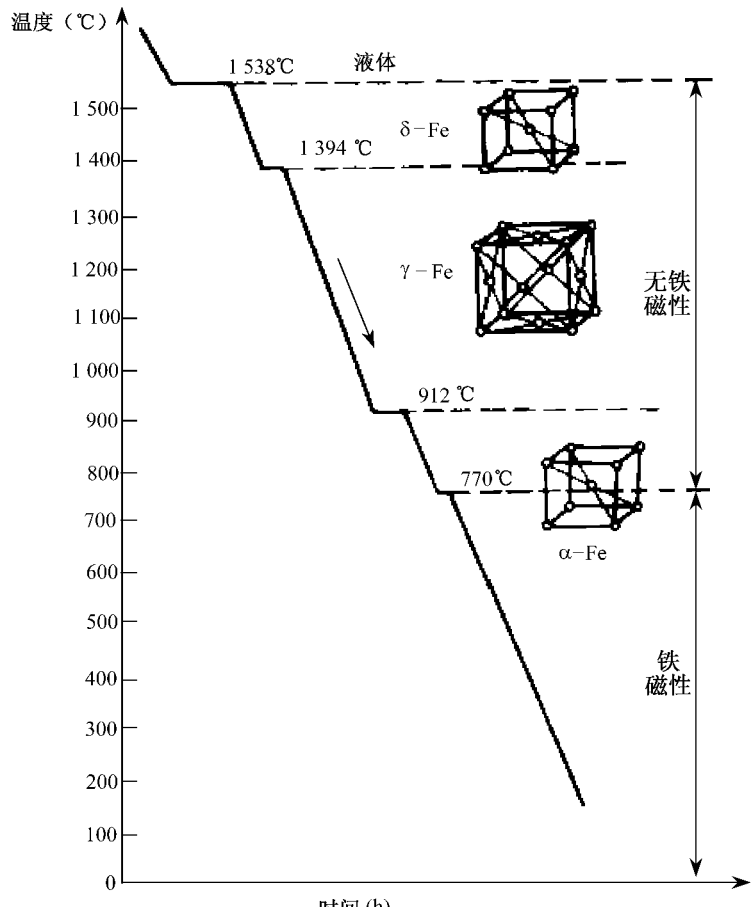


图 员原苑 纯铁的冷却曲线

需要全本请访问 www.ertongbook.com