

中等专业学校教学用书

# 非金属材料工艺学

邝曙民 單錦淮 合編

人民铁道出版社

71.224  
56

中等专业学校教学用书

# 非金属材料工艺学

邝曙民 单锦淮 合編

zk547/20

人 民 出 版 社



本书系铁道部教材编审委员会组织编审，并推荐为中等专业学校教学用书，适用于车辆制造专业，也可供从事铁路车辆制造的工程技术人员参考。

本书是根据中等专业学校车辆制造专业“非金属材料工艺学”教学大纲编写的，介绍车辆用非金属材料的知识。书中对木材、油漆、塑料和橡胶的性质、在车辆制造工业中的应用的情况，以及它们的施工方法。反映了我国近年来车辆制造方面，应用非金属材料的经验；并吸取了苏联有关非金属材料工艺学的先进科学知识及经验。

主编单位：大连铁路机械学校车辆教研组

主 编 人：邱曙民 单锦淮

中等专业学校教学用书  
**非 金 属 材 料 工 艺 学**

邱曙民 单锦淮 合编

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店北京发行所发行

人民铁道出版社印刷厂印

书号1871 开本787×1092 $\frac{1}{16}$  印张8 $\frac{7}{8}$  字数248千

1962年8月第1版

1962年8月第1版第1次印刷

印数 0,001—900 册 定价(8) 1.15 元

# 前 言

木材、油漆、塑料和橡胶等非金属材料，是車輛制造中的基本材料。木材与油漆在車輛制造工业中需要数量多、品质要求又很高，是仅次于金属的材料。塑料与橡胶在車輛工业中的应用逐渐增多。这些材料的应用技术，是車輛制造工业的产品設計与現場施工的重要問題。因此，从事車輛制造的工作人員必需具备有这方面的基本知識。

根据我国生产事业发展的实际需要，在1958年教育革命后，开始将木材工艺学，車輛制造工艺学中的木材工艺与油漆工艺部份合并起来，并补充了塑料与橡胶方面的內容，形成“非金属材料工艺学”这门課程。

针对学生有关基础知識水平和学时分配，根据教学需要，本书介紹了車輛用木材、油漆、塑料和橡胶的知識。全书共分两篇。第一篇为木材工艺学，分章闡述了木材的基本知識、原木鋸制成材、木材人工干燥和木材机械加工等內容。第二篇为高分子工艺学，分章闡述塑料、橡胶和油漆等三类材料的組成、性能、应用和施工法；在施工法方面，其中油漆工艺介紹較為詳細，而塑料与橡胶的施工工艺介紹比較簡略。

本书是以大連鐵路机械学校的“非金属材料工艺学讲义”为基础編写的。編写时主要参考了林德寬和周希真等編譯的“航空非金属材料施工法及应用”，左洛夫著“造船用非金属材料工艺学”和上海交通大学編“車輛用非金属材料工艺学讲义”等文献。

本书由大連鐵路机械学校車輛教学組单錦淮同志和大連鐵道学院邴曙民同志編写，并由单錦淮同志負責校对。在編写过程中，大連鐵道学院和大連鐵路机械学校的领导同志和許多老师、職員和学生給予很大关怀和帮助。因此，本书实际是集体劳动成果。

編者知識淺薄，經驗不足，且編写時間仓促，謬誤之处在所难免，敬希讀者批評指正。

編 者

1962年3月

# 目 录

|         |   |
|---------|---|
| 緒論..... | 1 |
|---------|---|

## 第一篇 木材工艺学

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>第一章 木材的基本知識.....</b> | <b>3</b>  |
| §1. 木材的构造 .....         | 3         |
| §2. 木材的缺陷 .....         | 4         |
| §3. 木材的物理性質 .....       | 7         |
| §4. 木材的力学性質 .....       | 9         |
| §5. 木材的耐久性 .....        | 13        |
| §6. 木材的特性分析 .....       | 14        |
| §7. 木材在車輛制造中的应用 .....   | 15        |
| <b>第二章 原木鋸制材材.....</b>  | <b>18</b> |
| §1. 鋸解的特征 .....         | 18        |
| §2. 鋸解用机床与工具 .....      | 19        |
| §3. 鋸解工艺 .....          | 22        |
| §4. 木材的儲存 .....         | 27        |
| <b>第三章 木材人工干燥.....</b>  | <b>28</b> |
| §1. 木材干燥的一般概念 .....     | 28        |
| §2. 木材干燥室的构造 .....      | 31        |
| §3. 木材干燥过程 .....        | 35        |
| §4. 木材干燥周期 .....        | 42        |
| §5. 木材干燥出材率 .....       | 44        |
| §6. 天然干燥与熏烟干燥 .....     | 46        |
| §7. 木材的快速干燥法 .....      | 48        |
| §8. 木材干燥时的安全技术 .....    | 50        |
| <b>第四章 木材机械加工.....</b>  | <b>51</b> |
| §1. 配截毛料 .....          | 51        |
| §2. 毛坯加工成零件 .....       | 53        |
| §3. 木零件的修补 .....        | 61        |
| §4. 車輛木材加工場地組織 .....    | 62        |
| §5. 胶合和弯制 .....         | 63        |
| §6. 木材的綜合利用 .....       | 67        |

## 第二篇 高分子工艺学

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>第五章 塑料的組成及其性質.....</b> | <b>71</b> |
| §1. 塑料的組成和分类 .....        | 71        |
| §2. 聚合树脂与聚合塑料 .....       | 73        |
| §3. 縮合树脂与縮合塑料 .....       | 75        |
| §4. 天然高分子加工塑料 .....       | 78        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| §5. 塑料性能測定 .....          | 79  |
| <b>第六章 塑料的应用与施工</b> ..... | 81  |
| §1. 塑料制品的特性 .....         | 81  |
| §2. 塑料在車輛制造中的应用 .....     | 84  |
| §3. 塑料加工方法 .....          | 88  |
| <b>第七章 橡胶及其应用</b> .....   | 93  |
| §1. 橡胶的組成 .....           | 93  |
| §2. 橡胶的性質 .....           | 96  |
| §3. 橡胶在車輛制造中的应用 .....     | 99  |
| §4. 橡胶的加工 .....           | 101 |
| <b>第八章 油漆涂料</b> .....     | 103 |
| §1. 油漆涂料的組成 .....         | 103 |
| §2. 常用油漆涂料的性質及其用途 .....   | 111 |
| §3. 油漆涂料調配的方法及設備 .....    | 116 |
| §4. 油漆涂料性能的測定 .....       | 119 |
| <b>第九章 油漆的施工</b> .....    | 122 |
| §1. 油漆在車輛制造中的应用 .....     | 122 |
| §2. 油漆施工的基本工序 .....       | 123 |
| §3. 車輛油漆工艺 .....          | 130 |
| §4. 油漆工作的安全技术 .....       | 134 |
| <b>主要参考資料</b> .....       | 136 |

## 緒 論

随着工农业生产和交通运输业的发展，各种工程材料的应用技术及基本理論，逐漸产生并发展起来。在現代化的工业生产中，材料是生产的关键性問題之一。車輛制造中也不例外。在車輛产品設計和施工制造过程中，要正确貫徹党的社会主义建設总路綫，做到多、快、好、省，那么，掌握有关車輛材料的基本知識是非常必要的。

車輛制造中所用的材料很多。有鋼鐵、有色金属、木材、油漆、塑料、橡胶、潤滑剂、保温材料、紡織品、玻璃、搪瓷等等。他們可以分成金属和非金属两大类。金属工艺学是介紹金属材料及其施工法的知識的。本书是討論車輛用主要非金属材料的基本性能、应用和施工技术。根据現場生产情况，并考虑到材料应用的发展趋势，选择了木材、塑料、橡胶和油漆等四种非金属材料进行介紹；其中以木材为重点。

木材是車輛制造的基本材料，消耗量很大，每輛全金属客車要使用木材二十多立方米，每輛貨車要使用十立方米左右。

我国地跨热、温、寒三带，生长树木在五千种以上，居世界之冠；广泛应用的也有两三百种。但是森林面积不多，木材蓄积量少；森林采伐虽然提前四年达到第二个五年計划指标，逐年还在增长，仍然不能完全滿足我国社会主义建設的需要。我們必須努力節約木材，有效利用現有木材；严禁大材小用、长材短用和优材劣用；提倡綜合利用木材。

我国使用木材的历史悠久、經驗丰富。相傳黃帝作指南車，其时距今約五千年，而指南車的結構已相当复杂，可見当时木工技术水平就不低了。春秋战国时代的公輸般和墨翟，在木工方面均有擅長；至今民間还尊公輸般（即魯班）为木工祖师。其后如三国时代的木牛流馬、明代郑和下西洋时所造四十余丈长的海船，以及封建統治者强迫人民为之修建的宮殿等等，都反映了我国人民的丰富智慧和木工艺术天才。近几百年来，由于殘酷的封建統治、軍閥混战和帝国主义的侵略，使我国的現代化木工技术，反而落后了。解放后，木材工业的生产与加工工艺水平发展很快。現代化的木材加工设备与新型干燥室，从无到有，从土到洋；生产机械化程度增长很大。生产水平的提高，使木材干燥的速度和干燥出材率，木制品的质量与木材利用率均提高不少。木材綜合利用已在全国形成基础，人造板生产单位已經遍及各大小工厂及农村人民公社。

塑料是新型材料，在車輛制造中的用量正逐年增多。解放前我国塑料工业差不多是一个空白点。解放后，我国塑料工业逐步建立起来。酚醛塑料、脲醛塑料、聚氯乙烯塑料和有机玻璃等等。已在第一个五年計划中先后建厂生产和加工成型，而且大部分应用于工农业生产中。1958年大跃进之前塑料年产量已有2~3万吨，二、三十种重要塑料的合成技术即已掌握。1958年大跃进以来，塑料工业遍地开花，出現不少新品种。例如玻璃鋼作小船船体、小轎車車身以及无声齿輪等等。在車輛上应用米波拉代替毛毡作保温材料，在客車內部鋪复塑料布等重大革新已推广应用；其他象塑料閘瓦、玻璃鋼車体、以塑料在客車設備方面代替有色金属等，均有所尝试并取得一些經驗教訓。

应用橡胶件在車輛上进行减振、消音，作軟管和密封垫片的地方很多，每輛客車橡胶制品的重量約130公斤。橡胶是現代車輛制造中不可缺少的材料，而且逐漸增多。

橡胶工业在我国只有四十多年的历史。解放前，加工能力和产品质量均不甚高，所需原料和設備完全依賴从外国进口。解放后，在我国海南島及亚热带地区，广泛种植三叶橡胶树（即巴西橡胶树），并培植橡胶草及其他橡胶植物。同时，大力发展合成橡胶，已經掌握了氯丁橡胶、丁苯橡胶、聚硫橡胶等等品种的合成技术；氯丁橡胶、丁苯橡胶以及丁腈橡胶和

丁鈉橡胶，先后設厂生产。橡胶制品的成型加工技术发展也很快，已初步掌握国防用高級橡胶件的制造技术；各种工农业及日用橡胶制品的质量，許多指标已达到国际水平。車輛制造中应用新橡胶件的試驗不少，如橡胶空气彈簧、橡胶緩冲器等等先后制成并試驗其运用性能。

由于旧中国化学工业基础薄弱，塑料和橡胶生产的发展受到限制。目前，塑料和橡胶生产的原料还有部分依靠进口。在車輛制造中，大量采用和推广塑料橡胶件在供应方面尚有困难。同时，我国从事車輛制造业的人員，对塑料和橡胶尚缺乏必要的基本知識，在塑料和橡胶应用于車輛方面，产品設計和成型施工都經驗很少。这就要我們努力提高这方面的知識水平和技术水平。

油漆在車輛制造用作保护材料，涂上油漆是延长車輛使用寿命的有效措施；油漆也是美化車輛的基本方法。車輛制造业每年消耗油漆很多，每輛客車要用油漆一吨左右，而且质量要求較高；貨車用漆量也不少。

油漆的应用在我国有悠久的历史和丰富的經驗。夏商时代即用于房屋、舟、車之美化，而后应用于木材防腐，逐渐用于保护其他物体。桐油和生漆为我国之特产，不仅产量丰富，性能也极为优良，是制造油漆之原料。很多国家之油漆工业，要从我国购买原料。近代新兴之合成树脂所制的油漆，我国解放前生产能力极为低下，解放后，在党的英明领导下，发展一日千里，現已掌握各种优质新型油漆的制造技术，生产能力也大为提高。如环氧树脂漆、过氯乙烯漆、酚醛漆和氯化橡胶漆都是具有优良耐蚀性能，均已研究成功并投入生产。美观耐久的醇酸漆也普遍生产供应。北京化工研究院沈阳分院还比較系統地研究了生漆的性能和施工方法，該院和天津化工研究所利用生漆的有效成分制成了多种改进漆，其中有些品种具有优良的耐热性能。

大跃进以来，油漆在車輛制造中的应用与施工技术进步相当大。1958年鉄道部召开了客車油漆定型會議，总结了解放以来的經驗，并制訂了決議，对油漆在客車上的采用作了明确规定。在技术革新运动中，机車車輛工厂在无烟噴漆，油漆的紅外線干燥，工业頻率电流干燥和热空气干燥方面进行了試驗研究并收到一定效果。在节约使用油漆方面也取得了一些經驗。

学习本課程的目的，在于让大家在今后能正确的选用材料，改进車輛性能；有效的利用材料，力求用料最省；正确的指导生产，使生产效率提高，增加产量，要做到上述各点，必須政治挂帅，在党的领导下，深入生产实际，到現場生产劳动，用三結合的方法丰富实际知識。在书本知識方面，除了掌握金属的基本知識外，必須掌握几种主要非金属材料的性能，及其合理应用，正确施工的技术及其所用的机床与工具的知識。

本課程是一門实用科学，而生产实际在不断进步。这就要求在学习过程中，联系实际，采取批判的态度，适时增新革旧。生产实践本身就是比較复杂的，不断发展变化的，本課程因而头緒紛繁。学习本課程时必须注意各部分的內在联系，加强比較，区别各种材料的特点，找出共同之处；掌握材料的科学規律性。我們今后討論的内容，着重在理解，要求在一般了解的基础上重点記憶部分常用知識。

# 第一篇 木材工艺学

## 第一章 木材的基本知識

### §1. 木材的构造

生长着的树又叫立木。它由树根、树干、树冠三部分构成。

立木伐倒之后，打掉枝桠（即树冠），所得树干就是木材。由于木材构造是异向异性的，要正确了解木材，需要确定三个基本切面（图1）：

横切面——垂直于树干轴线的断面；

径切面——通过树干髓心的纵向断面；

弦切面——距离树干髓心一定尺寸的纵向断面。

锯解树干取得的木板，如果宽面是径切面就叫径切板；如果是弦切面就叫弦切板。

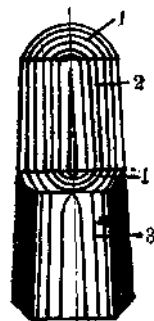


图1 树干的基本剖面

1——横切面；  
2——径切面；  
3——弦切面。

### 一、树干的组成

树干横断面（图2）由髓心、木质部和树皮组成。

（一）髓心——树干的中心部分称为髓心。髓心并不一定在树干的正中，因为树木向阳的一面生长较快，所以髓心多偏在靠北一面。这部分松软而脆，节子和裂紋也都集中在这附近，要求高的木材应当不留髓心。

（二）心材——髓心附近颜色较深的部分的木材称为心材。心材的材质较重，内含栲胶树脂等物质，因而耐久性强，是很好的木料。

（三）边材——边材是心材外圈的木材。它的颜色较心材浅，耐久性也差些。在生长过程中，树木的边材部分并不固定，经过一定时期后就会变成心材。

木质部是心材和边材的总称。

（四）树皮——树皮是树木的保护层。它性质松软，不可充当木材。

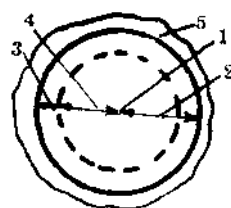


图2 树干的横断面

1——髓心； 2——木质部；  
3——边材； 4——心材；  
5——树皮。

### 二、木质部的构造

（一）年轮——在横切面上看到很多的同心圆圈，这叫做年轮。每一年轮靠近里边的一层叫早材；靠近外面的一层叫晚材。树木年轮数目每年增加一个，靠近树根处年轮的数目就表示树木生长的年龄。

1. 早材——早材是树木在春季和夏初生长旺盛时，吸收了充足的水分和养料生长成的。木材生长比较迅速、材质比较松软。

2. 晚材——晚材是树木在夏末和秋季生长成的。这时生长速度较小，所得木材比较紧密坚硬。在每个年轮中，晚材所占比例越大，强度就越好。

（二）导管——阔叶树木的水分的通道称为导管。在横切面是许多小孔，叫做管孔。阔叶树木按管孔的分布情况，可以分为环孔和散孔材（图3）：

1. 环孔材——有些阔叶树木，有粗大的管孔环状排列在早材部分，称为环孔材。例如

麻櫟和水曲柳就是环孔材，它們的木材較为粗糙；在弦切面上可以取得美观的花紋。

2. 散孔材——有些闊叶树木，其管孔較小而且均匀地分散在年輪內，称为散孔材。例如樺木和柾木就是散孔材。它們的木材較为細致，可作雕刻之用。

(三) 木射綫——从髓心有許多向四周放射的条带，叫做木射綫。这些木射綫是树干內外的通路，担任橫向輸送水分和养料的任务。这是木材最弱的地方，木材容易在这里开始产生裂紋。

木射綫有些是从髓心开始的，又有的不从髓心开始(图4)；但所有的木射綫都深入到树皮。

(四) 树脂道——松木橫断面的晚材部分，有淺色发亮的小点(孔)，叫做树脂道。它是树木生长期間产生和流通树脂的沟道，自松树上采取的松脂和松节油，就是来自树脂道里面。

(五) 細胞——細胞是树木組成的基体，它由細胞壁和細胞腔构成。如果树木中大部分細胞的壁厚而腔窄小，則木材較为密实；反之則木材松软。

树木細胞壁由纖維素組成；在生长过程中，約有一半纖維素产生化学变化，部分变成了木素，此过程謂之木化；另一部分变成半纖維素。纖維素为白色絨状物質，他使木材具有很高的力学强度，彈性和耐久性。木素为褐色粉末。木化过程使木材顏色加深，同时增加了木材的力学强度、硬度和剛性，耐久性也有所加强。

木材細胞腔內以及細胞間隙中，还含有一些細胞分泌物，常見的有树脂、栲胶、树脂和香精油。树脂为透明粘稠液体、在空气中会很快凝固，可溶于水中而制成胶粘剂。栲胶中含有单宁酸，广泛应用于制革工业中。树脂可分餾得松香和松节油，但它会使木材涂漆和胶合質量降低。香精油主要有樟脑、樟油、柏木油和楠木油，是重要的化工原料。此外，天然橡胶和生漆也是树木細胞分泌的乳液。

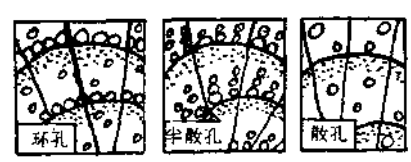


图3 管孔的分布

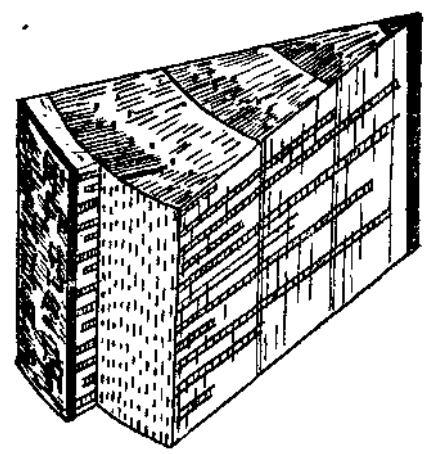


图4 松木之切面上的构造

## §2. 木材的缺陷

按国家标准 (GB) 155—59 木材缺陷分为九大类，各类缺陷又細分好几种，茲列于表1中。

表 1

木材缺陷分类 GB155-59

| 类        | 别 | 种                                       | 别 |
|----------|---|-----------------------------------------|---|
| 一、节      | 子 | 1.活节 2.死节 3.漏节                          |   |
| 二、变色及腐朽  |   |                                         |   |
| (一) 变 色  |   | 1.外部变色 2.内部变色                           |   |
| (二) 腐 朽  |   | 1.外部腐朽 2.内部腐朽                           |   |
| 三、虫      | 害 | 1.表皮虫沟 2.小虫眼 3.大虫眼                      |   |
| 四、裂      | 紋 | 1.径裂 2.輪裂 3.干裂                          |   |
| 五、树干形状缺陷 |   | 1.弯曲 2.尖削 3.凹兜 4.大兜                     |   |
| 六、木材构造缺陷 |   | 1.斜紋 2.乱紋 3.渦紋 4.偏寬年輪 5.髓心 6.双心         |   |
| 七、伤      | 疤 | 1.外伤 2.夹皮 { (1) 外夹皮 (2) 内夹皮 } 3.偏枯 4.树瘤 |   |
| 八、不正常沉积物 |   | 1.木层 2.树脂漏 3.树脂囊                        |   |
| 九、木材加工缺陷 |   | 1.鈍棱 2.弯曲                               |   |

木材缺陷是树木发育不正常或者木材加工和保管方法不适当, 改变或丧失木材原有性质的现象。各种不同的缺陷, 对木材性质的影响也不同; 在使用时, 要分别适当加以限制。下面简单介绍几种主要缺陷。

## 一、寄生缺陷

木材的腐朽变色和虫害, 是由于生物寄生于木材而引起的。其中以腐朽的危害最大, 車輛上禁止使用有腐朽的木制品。变色影响不大, 但是它容易腐朽, 而且变色不美观。虫害不太大的可以修补使用, 关系较小。

(一) 腐朽(图5)是由于真菌的菌丝于木材细胞壁内分泌酵素, 使木材化学成分分解, 真菌以此分解物为营养而滋生, 致使木材腐朽。按腐朽时破坏的化学组成, 木材有白腐和褐腐之分。白腐剩下的纤维素较多, 呈白色, 其中木素多被分解掉了。褐腐剩下的木素较多, 呈褐色。腐朽在树木生长时或木材中均可能产生, 而且做好的木制品中也可能产生。为了避免好木材被腐朽, 木材要进行干燥或者沉没水下保存; 在木制品使用过程中, 保持木材的干燥, 最好事先经过防腐处理。

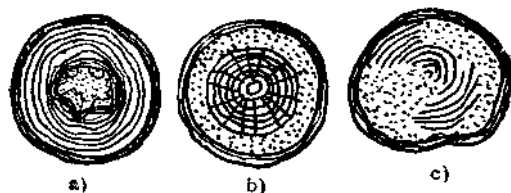


图5 腐朽

a——心材腐朽; b——边材腐朽; c——杂斑腐朽。

(二) 变色是变色菌寄生引起, 这种菌类以细胞腔内含物及木薄壁细胞为营养, 不破坏主要的厚壁细胞。因而变色的木材除要求美观的地方以外, 几乎可以和好木材一样使用。变色菌的防止和防腐办法一样; 但是木材上变色的发展标志着适宜于腐朽菌的寄生, 这点要特别警惕。青皮和红斑是不同颜色的变色。

(三) 虫害是昆虫寄生所致(图6)。小蠹虫多寄生于边皮, 产生小虫眼和表面虫沟。

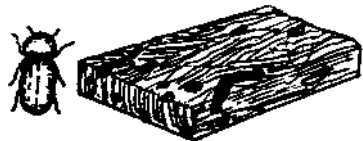


图6 虫害

天牛产卵于树皮, 幼虫寄生树木中, 由皮至心, 蚕食木材; 其形如蚕, 为害极大。白蚁是损坏木建筑的大敌, 常使高楼大厦的栋梁蛀蚀一空, 是人们多年来防治的对象。我国白蚁专家李始美掌握了消灭白蚁的一套办法, 取得了白蚁防治的秘密(详见1958年5月23日中国青年报), 具有极大的科学价值。

## 二、生理缺陷

树木生长中, 由于遗传性或生长条件影响, 形成木材构造不正常, 是生理缺陷。包括节子、树干形状缺陷和木材构造缺陷。

(一) 节子是树干中活枝条或枯死枝条在树干中着生的断面(图7)。节子根据质地及其与周围木材相结合的程度, 主要分为活节、死节、漏节三种。

1. 活节, 节子与周围木材全部紧密相连, 节子的质地坚硬, 构造正常的叫做活节。它对木材性质影响不太大, 一般木材中不作严格限制。

2. 死节, 节子与周围木材部分或完全脱离, 在板材中已经脱落而形成空洞的叫做死节。死节按其质地又有死硬节(节子坚硬)、松软节(节子松软)和腐朽节(节子腐朽, 但还没有透入树干内部)三种。

3. 漏节, 这种节子不但节子本身的木质的构造已大部破坏(常形成筛孔状、粉末状的腐朽或成空洞), 而且已深入树干内部, 和树干的内部腐朽相连。如由于树干外伤、夹皮、曝木鸟眼、树瘤等而致腐朽菌由该处侵入树干内部, 因而使树干内部也呈腐朽时, 这类缺陷亦按漏节计算。

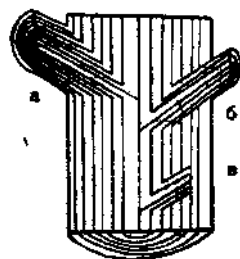


图7 节子

a——活节; b——死节。

节子能破坏木材的均匀性，有时甚至还破坏木材的完整性，降低木材的力学性能。活节影响尚小，死节次之，漏节影响最大。活节和死硬节硬度高于木材，使加工困难。节子是评定各类木材等级的主要依据。

(二) 树干弯曲：它直接影响到木材加工，一般只适于短用，长度大时易引起木材利用率剧烈降低，并造成木材加工缺陷。因而在木材规格上有严格限制。

(三) 尖削就是树干上下直径相差太大。这种木材利用率也不高，同时容易形成板材和木制品的人工斜纹，从而降低了木材的力学性质。

(四) 斜纹(图8)作为木材构造的缺陷是指天然斜纹，也就是树干表面的螺旋状纤维构造(亦称扭转)。这种缺陷使木制零件无法避免斜纹，降低木材的强度并使木材刨光困难。高级木材中对斜纹有严格限制，斜纹的大小以材长方面上一米纤维偏斜数(厘米)表示。



图8 原木斜纹

### 三、伤害缺陷

这类缺陷是树木在生长过程中遇到机械损伤和气候灾害(剧热和酷冷)所引起的。

(一) 裂纹：(图9)是由于气候条件剧变而引起木材中水分和尺寸的不均匀变化，从而产生裂纹。裂纹依形状分为径裂纹和轮裂，径裂是木材沿木射线开裂，轮裂是沿年轮方向开裂。裂纹破坏了木材的完整性，增加制材时的废料，损坏板面。因要降低木材等级，车辆上对它有一定限制，应当特别注意的是，已经产生裂纹的木材，保管和干燥过程不适当，就会继续扩大，要小心在意。

(二) 伤疤：是木材受机械损伤，火烧或病害而引起的。刀斧鸟兽的侵害形成的缺陷叫外伤(机械损伤)。受伤部分生长愈合时，往往包入一些树皮，这种缺陷名为夹皮。树瘤是树木受伤后因病生长的瘤状物，很多树种木材(多树脂树材除外)的树瘤下面都已成空洞，要特别注意。各类伤疤都或多或少的破坏木材的完整性，通常可依其形态按裂纹，腐朽节(带空洞树瘤)等缺陷处理。

(三) 树脂囊(油眼)：是沿木材年轮局部或全部充满树脂的间隙部分(图10)，常见于松科各树种。其中树脂流出，能污损木制品表面，而且象轮裂般破坏木材的完整。因此在木材中对它的尺寸和数量要加以限制，同时不得用带有这种缺陷的木材做精致美观的木器。

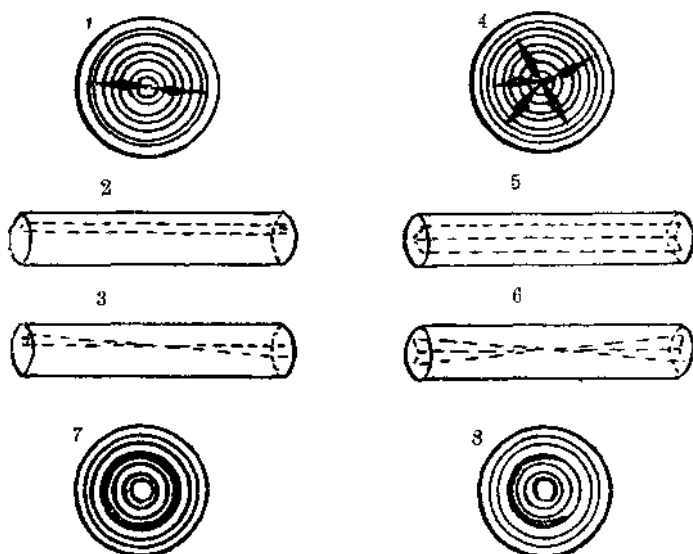


图9 原木裂纹

- 1——单径裂； 2——平行单径裂； 3——不平行单径裂；  
4——折径裂； 5——平行折径裂； 6——不平行折径裂；  
7——环状轮裂； 8——局部轮裂。

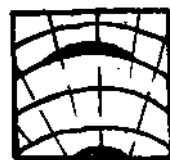


图10 树脂囊

### 四、加工缺陷

木材由原木加工(锯解、干燥)成材时，施工不当而产生的缺陷，谓之加工缺陷。

(一) 钝棱：是指成材(板、枋材)的边棱欠缺部分。车辆上按缺棱部分的宽厚长加以限制。它是用小直径原木锯大板所形成，从提高材利用率着眼，钝棱应力争达最大允许限

度。

(二) 弯曲：是由于成材堆积不良及干燥不均匀所致，按变形方向不同分为三种，即顺弯（上下弯亦叫弓形弯）横弯（左右弯亦叫旁弯）和翘弯（亦叫瓦形弯）。它对木材加工余量和木工装配有很大影响，故应加以限制。

### §3. 木材的物理性质

木材的物理性质主要有木材含水率、容积重、变形和开裂、导热性与导电性等。

#### 一、木材中的水分

(一) 含水率——木材中水分的重量与木材绝干重量之比称为木材含水率，以百分率表示：

$$W = \frac{G_H - G_0}{G_0} \times 100\%$$

式中  $W$ ——木材含水率；

$G_H$ ——木材的原始重量；

$G_0$ ——木材的绝干重量，即木材在  $100 \pm 5^\circ \text{C}$  烘烤至数值不变时的重量；

$G_H - G_0$ ——木材中水分的重量。

木材中的水分一部分被细胞壁所吸收，其余在细胞腔中。细胞壁吸收的水分称为结合水，细胞腔中的水分称为自由水。当木材的细胞壁水分吸收至饱和状态，而细胞腔中不存在自由水时，这个含水率的数值叫做纤维饱和点。纤维饱和点即木材中结合水含水率的最大值，它介于  $25\% \sim 35\%$  间，随树木的种类而定；一般为  $30\%$ ，以  $W_{kp}$  表示。

(二) 含水率的变化：木材含水率随周围空气的温度和相对湿度而变化（图11）。当含水率较高时，木材就会向空气中蒸发水分，这个过程叫做木材干燥。如果空气温度和相对湿度不变，干燥使木材最终含水率趋于一定数值，这个数值叫做平衡含水率（ $W_p$ ）。

木材含水率高于  $30\%$  的叫湿材；经过干燥之后，含水率在  $20\% \sim 30\%$  之间的叫半干材；空气干燥可使含水率降低到  $15\% \sim 20\%$ ，在北部比较湿些，南部则较干，在温暖的室内可以使木材含水率进一步降低，我们把含水率在  $8\% \sim 13\%$  的木材叫室干材。

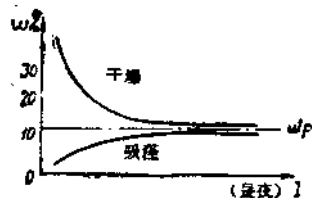


图11 含水率的变化

干材在潮湿的空气中，会吸收水分而趋于平衡含水率，这种现象称为木材的吸湿性。干材浸入水中则很快的吸收水分而变为湿材这种现象称为木材的吸水性。

木材含水率的变化直接影响木材的性质。我们规定含水率  $15\%$  为标准含水率作为比较木材性质的基本条件。

#### 二、木材的变形和开裂

(一) 变形——随着木材中水份变化会生两种不同的现象：木材的尺寸和形状产生变化。

1. 收缩——木材含水率降低时，其尺寸就要收缩。衡量木材收缩采用收缩率，其计算方法如下：

$$Y = \frac{l_H - l_0}{l_0} \times 100\%$$

$Y$ ——木材收缩率；

$l_H$ ——木材的原始长度（或体积）；

$l_0$ ——木材的绝干长度（或体积）。

木材收缩率的大小，随干燥前木材原始含水率而定（图12）。当含水率高于纤维饱和点时，收缩不因自由水多少而变化；当含水率低于纤维饱和点时，收缩率因结合水的多少而增

減。在木材的不同方向上，收縮率也不一致。湿材的收縮率，順紋为0.1~0.2%，可略去不計；徑向为3~8%；弦向为6~12%。

木材含水率（指結合水）每增減1%时，收縮率变化的数值称为收縮系数，用 $K$ 代表，其計算方法如下：

$$K = \frac{Y}{W} \times 100\%$$

湿材收縮率和木材干縮系数，在同一方向上随树种不同而有所差异。表2是国产几种木材的收縮性能数据。

表 2

木 材 的 干 縮

| 树 种   | 干 縮 率 % |       |       | 干 縮 系 数 % |      |      |
|-------|---------|-------|-------|-----------|------|------|
|       | 徑 向     | 弦 向   | 体 积   | 徑 向       | 弦 向  | 体 积  |
| 杉 木   | 3.90    | 8.67  | 12.39 | 0.13      | 0.29 | 0.41 |
| 紅 松   | 3.66    | 9.63  | 13.77 | 0.12      | 0.32 | 0.46 |
| 落 叶 松 | 5.04    | 12.13 | 16.62 | 0.16      | 0.41 | 0.55 |
| 水 曲 柳 | 5.91    | 10.59 | 17.31 | 0.20      | 0.35 | 0.53 |
| 柞 木   | 5.97    | 9.48  | 17.70 | 0.20      | 0.32 | 0.59 |
| 麻 櫟   | 6.99    | 13.23 | 20.19 | 0.23      | 0.44 | 0.67 |
| 樺 木   | 7.71    | 10.29 | 18.80 | 0.26      | 0.34 | 0.62 |

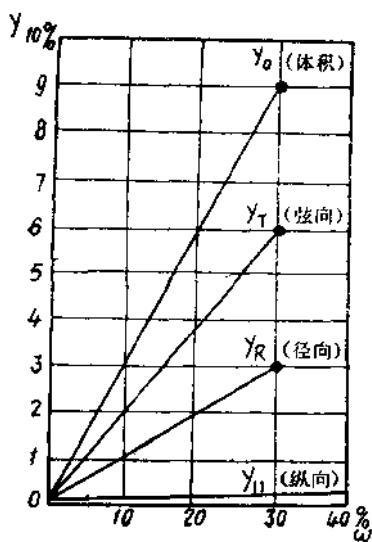


图12 紅松干縮

2. 变形——木材收縮不仅改变尺寸，由于各方向收縮大小不同，还要产生变形（图13）。由于变形的結果，正方形断面会变成梯形和菱形，圓的变成了橢圓；甚至引起弯曲，平板卷成瓦形就是其中一种；木材弯曲变形有时是扭轉式的（图14），这种情况发生在斜紋木材中。

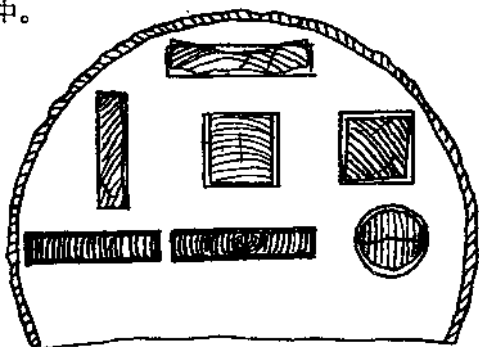


图13 木材的干縮变形

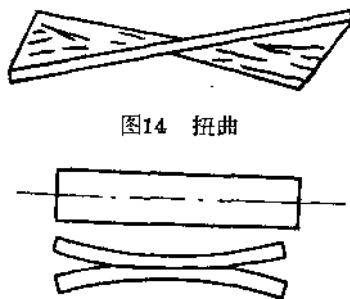


图15 由于木材干縮应力引起变形

（二）开裂——湿材干燥的初期，表面含水率降低很快，要产生較大的收縮；內层含水率降低較少，以致阻碍表层木材自由收縮，引起了木材表面的張应力。这时将木材沿对称綫1——1剖开，新剖面就要变形（图15）。如果这种表面应力很大，木材就要形成表面开裂或端裂（图16）。

在干燥过程的后时期，木材含水率是內部下降較多，使得內部要求較大的收縮，因而产生內部張应力。这种应力过大会形成极其危险的內裂（蜂窩裂）。

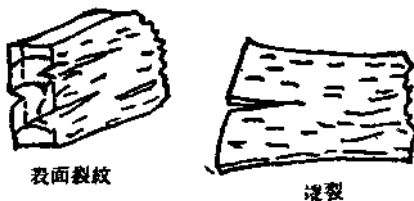


图16 开裂

### 三、木材的容积重

木材在自然状态下的单位体积重量叫做木材容积重；它包括木材孔隙占有的体积，以及木材中水分的重量。計算方法如下：

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{克/厘米}^3$$

$\gamma$ ——木材容重 (克/厘米<sup>3</sup>)；

$G$ ——木材的重量 (克)；

$V$ ——木材的体积 (厘米<sup>3</sup>)。

在测定木材容重时，重量以天平称出，而体积的求法有三种，直尺量尺寸计算，排水法和排水银法，其中以排水银法最准确。由于木材有吸水性，排水法求木材体积应用很少。

木材容重受木材含水率的影响很大，含水率高木材容重就大。标准含水率 (15%) 的容重，可用干材作试材求得它的容重和含水率，利用下式可以换算：

$$\gamma_{15} = \gamma_w [1 + 0.01(1 - K_0)(15 - W)]$$

式中  $\gamma_{15}$ ——木材含水率为15%时的容重；

$\gamma_w$ ——木材含水率为 $W$ 时测得容重；

$K_0$ ——木材体积收缩系数，对樟木和落叶松以及其他收缩较大的树种，规定为0.6，而一般树种为0.5；

$W$ ——测定容重时的木材含水率，其数值在20%的范围内应用上式是合用的。

木材容重反映材的松紧程度，粗松多孔的木材容重较小，紧密细致的则较大，一般在0.4~0.7克/厘米<sup>3</sup>，比普通金属材料比重小得多。广泛应用木材可以降低车辆本身的重量。

#### 四、木材的其他物理性质

(一) 导热性与导电性——木材是热和电的不良导体。木材的导热系数约为钢铁的三分之一，干燥而容重小的木材导热性最差，这是对车辆保温方面十分有利的性质。

木材的电阻极大，可作电绝缘材料。木材的电阻随木材含水率增加而降低，利用这种原理制成电力测湿计，可以很快的测出木材的含水率。但是只有含水率在7—33%范围内适用，而且有±1.5%的误差。

(二) 声音和颜色——木材的声音和颜色可以判别木材的好坏。敲击木材发出的声音，如果清晰响亮表示木材干燥坚实，湿材发声沉闷，而腐朽木材发声喑哑。

大多数木材为淡黄褐色，日久转灰色，若颜色发蓝或发红表示木材已经变色并开始腐朽了。有些高贵的树种、木材具有美丽的颜色，对装饰客室很有价值。

#### §4. 木材的力学性质

木材的力学性质，是讨论木材在外力作用下，保持形状和完整性而不受破坏的能力。木材力学性质包括强度、硬度、弹性和塑性等方面。木材构造的方向性，对木材力学性质影响十分明显。例如木材的抗拉强度，顺纹方向为横纹方向的三十倍。因而要注意力学性质在不同方向上的特点。

##### 一、强度和硬度

(一) 木材的强度——即抵抗外力破坏作用的能力。主要有压缩、剪切、拉伸和弯曲四种。

1. 压缩力作用于木材，分为顺纹方向和横纹方向。木材顺纹抗压强度比较大，因而常用木材制作受压配件。木材顺纹压缩的破坏，是由于木材纤维丧失了稳定性，弦切面出现了倾斜的滑线，径切面沿木射线方向折裂 (图17)。破坏时载荷突然下降，所以测得数值比较准确。

木材横向受压时，其载荷与变形的关系如图18所示。外力使细胞被压扁，当应力超过比例极限 ( $\alpha$ 点)，即可认为木材已经破坏。因而取比例极限的应力数值，作为木材横纹抗压

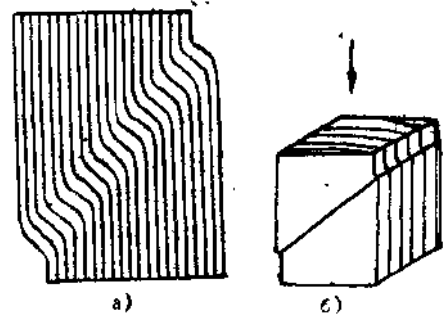


图17 顺纹受压时的破坏

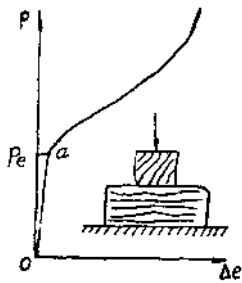


图18 横压变形

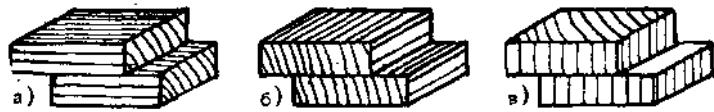


图19 剪切

a——順紋剪切； b——橫紋剪切； c——截断。

强度。木材横紋抗压能力差，只有順紋抗压的三分之一到十分之一。

2. 剪切使木材的一部分相对于另一部分滑移。根据外力方向和滑移面的不同，可以分为順紋剪切、橫紋剪切和截断（图19）。順紋剪切作用的方向順着木紋，滑移产生在纵向剖面，其强度值较为稳定。橫紋剪切的滑移也产生在纵向剖面，而作用力垂直于木紋；其强度数值与順紋剪切相近，不过测定起来不如順紋剪切准确。如果剪滑移面为横切面，这叫截断；它有順紋剪切强度的4~5倍。但在木结构中，木材截断破坏之前，首先由于木材横向抗压而起皺，因为橫紋抗压强度非常小，以致截断强度不便充分利用。

3. 拉伸力作用可以是順紋的或者橫紋的。木材順紋抗拉强度最大，为順紋抗压的两倍到三倍。在实际结构中順紋抗拉强度不能充分使用，这是因为零件的端部很难完善地固定。木材橫紋抗拉强度极小，如果木材上有裂紋，则可能使它的橫紋抗拉强度完全丧失，因而在结构中不許有橫紋抗拉力存在。木材橫紋拉伸如果偏于一端，则相当于木材在順紋方向受尖楔作用；木材抵抗这种力破坏的性质称为抗劈强度（图20）。抗劈强度以标准試件受偏心橫紋拉伸，其破坏时的載荷与試件寬度之比值确定之。

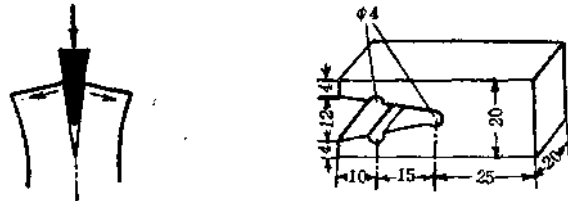


图20 試驗劈裂用的試件

$$S = \frac{P_{\max}}{a} \text{ 公斤/厘米}$$

式中  $S$ ——木材抗劈强度（公斤/厘米）；  
 $P_{\max}$ ——木材破坏前最大載荷（公斤）；  
 $a$ ——木材破坏面寬度（厘米）；

4. 木材受弯曲有靜力抗弯曲度和受冲击力抗弯曲强度。木材靜力弯曲强度很好，約为順紋抗压强度的1.5—2倍，因而获得广泛应用。木材受冲击力而弯曲时，其强度代表木材的韧性；具体計算方法如下：

$$A = \frac{Q}{bh^2} \text{ 公斤米/厘米}^3$$

式中  $A$ ——木材的韧性（公斤米/厘米<sup>3</sup>）；  
 $Q$ ——冲击破坏时所消耗的功（公斤米）；  
 $b$ ——木材的寬度（厘米）；  
 $h$ ——木材的高度（厘米），就是冲击力作用方向的木材尺寸。

（二）木材的硬度——即抵抗硬物体压入木材的能力。木材的硬度以端面为最大，徑切面和弦切面相近。通常把木材分为硬木和軟木；硬木泛指闊叶树材，如紅松、白松和杉木之类；也有些闊叶树材的硬度并不大，如椴木和楓楊；落叶松有高硬度，而它是針叶树材。硬度高的木材强度也大，耐磨性也强。从耐磨性着眼，端面最好，徑切面比弦切面好，所以地板宜用徑切板。

（三）木材强度和硬度的变异性——木材强度和硬度数值的大小，除了受作用力的方向

和性质的影响外，还受其他很多因素的影响；也就是说，木材强度和硬度的变异性很大。主要的影响因素有木材的容积重、含水率、温度和木材的缺陷，等等。

1. 木材的容积重大，则木材的强度和硬度也比较好。这是因为容积重大的木材比较密实，有更多的细胞壁抵抗外力的破坏或压入。

2. 木材的含水率大，木材细胞壁内部结合就比较松散，因而木材强度和硬度也比较低。含水率为 $W$ 的干材的强度和硬度换算为标准含水率为15%的计算方法如下：

$$\alpha_{15} = \alpha_W [1 + \alpha(W - 15)]$$

式中  $\alpha_{15}$ ——含水率为15%时的木材强度或硬度；

$\alpha_W$ ——含水率为 $W$ 时的木材强度或硬度；

$W$ ——测定强度或硬度时木材含水率，其数值应在8~23%的范围之内；

$\alpha$ ——含水率修正系数（表3）。

表 3

含水率修正系数

| 强度种类   | 修正系数 $\alpha$                                |
|--------|----------------------------------------------|
| 一、顺纹抗压 | 1. 松、柏、落叶松、橡、桦、水曲柳 0.05<br>2. 櫟木及其它闊叶树材 0.04 |
| 二、顺纹抗拉 | 1. 闊叶树材 0.015; 2. 針叶树材 0                     |
| 三、顺纹抗剪 | 一切树种 0.03                                    |
| 四、静力弯曲 | 一切树种 0.04                                    |
| 五、冲击韧性 | 1. 水曲柳、洋槐 0.006; 2. 松木 0.01; 落叶松、桦 0.015     |
| 六、横纹抗压 | 一切树种 0.035                                   |
| 七、横纹抗拉 | 1. 径向 0.01; 2. 弦向 0.025                      |
| 八、劈裂   | 一切树种 0                                       |

3. 木材长期处于高温状态，会使强度降低，其中以木材的韧性降低最显著（表4）。

如果温度大于140°C，则更加危险。冰冻处理过的木材，强度有所增加。

4. 木材的缺陷使木材的强度降低。其中以腐朽影响最大，节子和裂纹也有不良的影响；因而在木材中要对它们加以限制。按照木材具有缺陷的严重程度，国家标准中把木材分成一等、二等、三等和四等。一等材缺陷最少，是最优质的木材。

温度对木材韧性的影响

表 4

| 木材温度 °C | 80    | 100 | 140 | 150  |
|---------|-------|-----|-----|------|
| 持续日数    | 15    |     |     |      |
| 韧性降低 %  | 10-15 | 30  | 70  | 开始焦化 |

除了上述因素以外，树木生长的地区和气候状况、木结构中载荷的特点，也都影响木材的强度。例如在振动载荷的作用下，木材的疲劳强度极限只有普通情况下的三分之一到四分之一。

（四）许用应力——木结构承载所允许的最大应力。它比按照标准情况所测得的强度数值要低，这中间要考虑安全系数。

在車輛木结构的设计中，许用应力采用以下数值，硬木如柞木、麻櫟、槐木、榆木之一等材，在顺纹抗拉，顺纹抗压及弯曲为100公斤/厘米<sup>2</sup>，截断及横纹抗压为30公斤/厘米<sup>2</sup>，顺纹抗剪为20公斤/厘米<sup>2</sup>。

上述硬木之二等材及松木、杉木之一等材在顺纹抗拉，顺纹抗压及弯曲为70公斤/厘米<sup>2</sup>，截断及横纹抗压为25公斤/厘米<sup>2</sup>，顺纹抗剪为10公斤/厘米<sup>2</sup>。

松木及杉木二等材，在顺纹抗拉，顺纹抗压及弯曲为50公斤/厘米<sup>2</sup>，截断及横纹抗压为15公斤/厘米<sup>2</sup>，不允许有顺纹抗剪的应力存在。

至于其他情况下之许用应力，可根据表5之值以适当比例修正之。