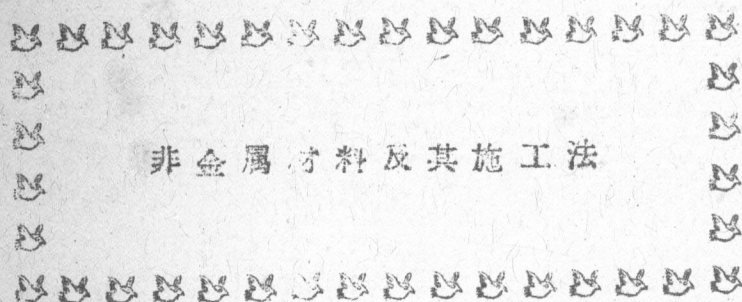




非金屬材料及其施工法

五系四年級設計班

林德寬 合編
周希真

西北工業大學五〇一教研組

一九五七——一九五八學年第二學期

前 言

为了适合目前飞机設計专业学生的学习要求，我們根据去年北京航空学院与西安航空学院非金属材料教学小組联合編寫的講义，修改和編寫了这本講义。

由于教課时数和資料的限制，这本講义只重点的介紹了木質材料、塑料、橡胶材料及胶接材料等四种材料。当然从“非金属航空材料”这一名詞概念上来說它是顯得太少了。

講义对每一类材料都講述了它們的特性、在航空工业上的应用及它們的加工工艺。在修改过程中，我們曾做了相当的努力。但是現在看来这种努力还是遠遠不够的。

講义第一、二、四、五章由林德寬同志執筆，第三章由周希真同志執筆。限於水平講义一定有許多缺点和錯誤，我們誠懇希望接觸到本講义的同志們惠予指教，帮助我們提高講义質量。

我們特別希望航空方面各有关单位，能協助我們收集有关航空非金属材料資料，以便逐渐增加材料种类（如油漆涂料、紡織材料、陶瓷材料等）。豐富講义內容。

我們仅向講义編寫过程中提供資料的单位（南京202信箱，上海847信箱）及其他提供意見的同志致謝，並向所附参考資料及书籍的作者致敬，因为通过他們的劳动使我們学到不少東西。

編者

1958年6月

目 录

第一章 緒論	1-1
第二章 木質材料	2-1
§1、木材的构造及性質	2-1
I、木材的构造	2-1
1. 目見构造	2-1
(1) 基本断面	2-1
(2) 生长层 (年輪)、早期材和晚期材、边材和心材	2-4
(3) 导管和脂道	2-6
(4) 射出髓	2-6
2. 顯微构造	2-7
II、木材的物理—机械性質	2-8
1. 木材的物理性質	2-8
(1) 吸湿性及其影响	2-9
a、木材中的水份及其变化	2-9
b、干縮与膨脹	2-11
c、变形	2-14
d、內应力和开裂	2-15
(2) 重度 (单位体积重量)	2-16
(3) 导电性	2-18
2. 木材的机械性質	2-19
(1) 木材机械性質指标确定的特点	2-19
(2) 压縮	2-20
(3) 剪切	2-22
(4) 拉伸	2-23
(5) 靜力弯曲	2-25
(6) 撞击弯曲	2-25
(7) 劈裂与釘子握住力	2-25
(8) 硬度	2-26
(9) 彈性系数	2-27
(10) 影响木材机械性質的因素	2-27
a、重度	2-27

b、晚期材含量	2-27
c、年輪数目	2-27
d、含水率	2-27
e、温度	2-31
f、木材在树干上的位置	2-31
g、木材的缺陷和它們的影响	2-31
h、試驗过程中的因素	2-37
§2、木材的优缺点及改善方法	2-37
I、木材的优缺点	2-38
II、木材的改善	2-38
1.干燥处理	2-39
2.防湿防腐处理	2-31
3.防火处理	2-42
4.原片和层板加工	2-43
5.木質塑料	2-44
§3、航空用木質材料	2-44
I、木材	2-44
1.木材的品种	2-44
(1)針叶类	2-44
(2)闊叶类	2-45
2.木材的类型	2-46
(1)圓材	2-46
(2)鋸料	2-46
(3)航空備料	2-48
II、层板	2-48
III、但爾他木	2-50
IV、化学精制层板	2-51
V、選擇和使用木材的原則	2-53
1.設計强度和重量标准	2-53
2.品种選擇	2-54
3.构件和另件設計	2-56
§4、木質材料的施工	2-57

I、木材加工方法	2-57
II、木材切削加工	2-58
1. 木材切削原理	2-58
(1) 木材的基本切削	2-59
(2) 頂面切削	2-60
(3) 縱向切削	2-62
(4) 橫向切削	2-64
(5) 单位切削抵抗力及其影响因素	2-65
a、木料纖維方向的影响	2-66
b、樹木品种的影响	2-66
c、含水率的影响	2-67
d、切削角的影响	2-67
e、後角的影响	2-67
f、切刀鈍鈍程度的影响	2-67
g、屑片厚度的影响	2-69
h、切削速度的影响	2-69
2. 切削施工的品质及影响因素	2-70
3. 木材切削加工的刀具和机床	2-72
(1) 木材切削刀具和机床的一般特点	2-72
(2) 鋸解	2-74
(3) 銑削与鉋削	2-76
(4) 鑽削	2-84
(5) 車削	2-84
(6) 磨削	2-86
III、木質材料的彎曲	2-89
1. 木材彎曲	2-89
(1) 彎曲原理	2-89
(2) 彎曲方法	2-92
a、木料的選擇与準備	2-92
b、增加木材塑性的处理	2-93
c、彎曲方法和設備	2-95
d、彎曲件的最後干燥与定型	2-98

2. 层板弯曲	2-101
3. 木質塑料的弯曲 (但爾他本和化学精制层板)	2-107
IV、木制件的接合技术	2-107
1. 釘子和木螺釘接合	2-108
2. 鋤釘和螺栓接合	2-109
3. 胶接	2-112

第三章 塑料

§1、塑料的基本概念及在航空上的应用	3-1
§2、高分子化合物的結構及物理机械性質	3-2
I、高分子化合物的結構	3-2
1. 高分子化合物的基本概念	3-2
2. 高分子化合物的合成方法	3-5
聚合反应	3-5
縮聚反应	3-6
3. 高分子化合物的分子結構	3-7
(1) 綫型結構的高分子化合物	3-7
(2) 網型結構的高分子化合物	3-9
(3) 体型高分子化合物	3-9
II、高分子化合物主要的物理机械性能	3-10
1. 机械性質	3-10
(1) 綫型高分子物的机械性質	3-10
(2) 網型高分子物的机械性質	3-15
(3) 体型高分子物的机械性質	3-15
2. 电导性能	3-15
3. 粘附性	3-17
III、高分子化合物的老化	3-18
§3、塑料的組成	3-18
I、粘料	3-18
1. 合成树脂	3-19
聚合树脂:	
(1) 聚乙烯	3-19

(2)聚苯乙烯	3-19
(3)聚氯乙 烯	3-20
(4)聚四氫乙 烯	3-20
(5)聚乙 烯醇縮醛	3-21
(6)聚甲基丙 烯酸甲脂	3-21
縮合树脂:	
(1)酚醛树脂:	3-22
a、热塑性树脂: 綫型酚醛树脂	3-22
b、热固性树脂: 可溶酚醛树脂	3-22
(2)脲醛树脂:	3-24
脲甲醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂、苯胺甲醛树脂	
(3)改有机树脂	3-25
(4)聚脂树脂	3-27
a、甘油鄰苯二甲酸树脂 (醇酸树脂)	3-27
b、不飽和聚脂树脂	3-28
(5)环氧树脂	3-30
(6)聚醯胺树脂	3-30
2.纖維素脂和纖維素醚	3-32
II、填 料	3-32
1.粉狀填 料	3-32
2.纖維狀的	3-33
3.碎屑狀的	3-33
4.屑狀的	3-33
III、增塑劑及硬化劑	3-34
IV、着 色 劑	3-36
§4、塑料的制造:	3-36
I、酚—甲醛塑料	3-36
1.酚—甲醛树脂的制造	3-36
2.酚—甲醛塑料的制造	3-39
(1)粉狀塑料的制造	3-39
(2)纖維狀塑料的制造	3-39
(3)成层塑料的制造	3-39

a、所用原料对成品性能的影响	3-41
b、制造条件对成品性能的影响	3-43
(4)碎屑状塑料的制造	3-43
II、有机玻璃铸板	3-44
§5、塑料制品生产工艺	3-46
I、概述	3-46
II、塑料制品的模塑	3-47
1.塑料的工艺性质	3-47
(1)压缩率	3-47
(2)颗粒度和磨匀度	3-47
(3)松散性	3-47
(4)流动性	3-47
(5)水份和挥发物含量	3-49
(6)硬化速度	3-49
(7)收缩率	3-51
2.塑料的模塑	3-51
(1)压制模塑	3-52
a、热固性塑料在压制前的准备	3-52
压片	3-52
预热:	3-52
加热:——热板法、电烘箱法、红外线法、高频电热法。	
b、制品的压制	3-58
c、压机与压模	3-60
压机	3-60
压模	3-61
压模与压制零件的设计	3-66
(2)压铸模塑	3-70
a、热塑性塑料在压制前的准备	3-70
b、制品的压铸	3-71
c、压铸机与压铸模	3-73
d、压铸法的优点	3-76
(2)铸造模塑(又称傳遞模塑)	3-76

(4)噴射模塑	3-78
(5)擠出模塑	3-79
(6)成层塑料	3-82
(7)人造假革	3-83
III、塑料的加工成型	3-86
1. 热固性塑料的成型	3-86
2. 有机玻璃成型	3-87
(1)有机玻璃加热	3-87
(2)有机玻璃的成型	3-88
热弯扭	3-89
綑套	3-89
在压延模上模压	3-89
在压形模上压形	3-90
真空成型	3-91
充气成型	3-91
3. 成型物的减脆性热处理	3-93
IV、塑料的机械加工	3-93
1. 塑料机械加工的特点	3-93
2. 层狀塑料的机械加工	3-94
(1)下料	3-94
(2)銑削	3-94
(3)鑽削	3-95
(4)車旋	3-95
(5)磨光与抛光	3-96
3. 有机玻璃的机械加工	3-96
(1)下料	3-97
(2)銑削	3-97
(3)鑽削	3-97
(4)打磨和抛光	3-98
§6、塑料制品的性能和檢驗	3-98
I、物理性能	3-98
比重、傳热系数、綫膨脹系数、耐热性、吸水性、透光性、光学畸变、耐燃性。	

II、机械性能	3-103
III、介电性	3-106
§7、飞机构造上用的塑料	3-111
I、分类和应用	3-111
1. 受力塑料	3-111
(1) 结构用受力塑料	3-111
(2) 摩擦塑料	3-117
(3) 减磨塑料	3-118
(4) 受力电绝缘塑料	3-118
2. 不受力塑料	3-121
(1) 不受力透明塑料	3-121
(2) 不受力辅助塑料	3-122
(3) 不受力电绝缘塑料	3-123
(4) 不受力隔热隔音塑料	3-126
(5) 不受力装饰塑料	3-128
(6) 不受力的衬垫及密封塑料	3-129
II、选择材料必须注意之点	3-129

第四章 橡胶材料

§1、橡皮的基本概念和组成	4-1
I、生胶	4-1
1. 天然生胶 (HK)	4-1
(1) 天然生胶的种类和提炼方法	4-1
从橡胶树提炼橡胶	4-2
从橡胶草中提炼橡胶	4-4
(2) 天然生胶的性质	4-5
2. 人造生胶	4-8
(1) 丁钠生胶 (CKE)	4-8
a、丁钠生胶的制造方法	4-8
b、丁钠生胶的性质	4-8
(2) 丁苯生胶	4-10
a、丁苯生胶的制造方法	4-10

b、丁苯生胶的性质	4-10
(3) 氯丁生胶	4-11
a、氯丁生胶的制造方法	4-11
b、氯丁生胶的性质	4-11
(4) 丁腈生胶 (CKH)	4-13
a、丁腈生胶的制造方法	4-13
b、丁腈生胶的性质	4-13
(5) 丁基生胶	4-14
a、丁基生胶的制造方法	4-14
b、丁基生胶的性质	4-15
(6) 聚硫生胶	4-15
3. 再生胶	4-16
II、配合剂	4-17
1. 硫化剂	4-17
2. 硫化促进剂	4-17
3. 软化剂	4-18
4. 活性填充剂	4-18
5. 非活性填充剂	4-20
6. 着色剂	4-20
7. 防老剂	4-20
§2、橡胶工业用纺织材料及辅助材料	4-21
I、纺织材料	4-21
II、其他辅助材料	4-23
§3、橡胶制品制造工艺	4-26
I、坯料制备	4-26
1. 配方	4-26
2. 素炼	4-2
3. 混炼	4-2
II、半成品制造	4-2
1. 研光 (压延)	4-2
2. 压出 (螺旋挤出)	4-3
3. 刮胶	4-3

4. 模压和加压模鑄	4-35
(1) 模压法	4-35
(2) 加压模鑄	4-39
5. 橡胶糊制作	4-41
6. 橡皮金属複合零件的制造	4-42
7. 压模	4-45
III、硫化	4-46
1. 硫化的必要性与原理	4-46
2. 硫化的因素	4-48
3. 硫化設備	4-50
§4、橡皮的主要性能及其測定法	4-53
I、机械性能	4-54
1. 可塑性	4-54
2. 断裂强度与延伸率	4-55
3. 彈性	4-56
4. 硬度	4-57
5. 耐磨性	4-58
II、物理化学性質	4-58
1. 耐寒性	4-58
2. 化学稳定性	4-59
3. 抗老化性	4-99
III、电特性	4-60
§5、航空工业用橡胶材料及其制品	4-63
I、橡皮板	4-63
1. 普通橡皮板	4-63
2. 生胶板	4-63
3. 海棉橡皮板	4-63
4. 石棉胶板	4-64
5. 硬橡胶板	4-64
II、胶布	4-64
III、胶管	4-64
1. 夾布胶管	4-65

2. 棉綫編織膠管	4-65
3. 銅絲編織膠管	4-66
4. 蛇形軟管	4-67
IV、減震制品	4-67
1. 緩衝繩	4-67
2. 型材和密封膏	4-67
3. 減震另件	4-69
V、輪胎	4-70
1. 內胎	4-72
2. 外胎	4-72
VI、橡皮油箱	4-73
1. 硬油箱保護套	4-73
2. 軟油箱	4-76
VII、橡皮囊	4-77
VIII、除冰裝置	4-77
IX、压制橡皮	4-77
XI、橡皮制品的保護與儲存	4-79

第五章 膠接材料

§1、概述	5-1
§2、膠的組成和分類	5-3
§3、航空用膠合劑	5-5
I、蛋白質膠	5-6
1. 動物膠或皮膠	5-6
2. 酪素膠	5-6
II、以合成樹脂為基礎的膠接材料	5-8
1. 酚—甲醛樹脂	5-8
(1) БУАМ-Б3 與 КБ-3 樹脂膠	5-8
(2) 全能膠 (БФ-2、БФ-4、БФ-6)	5-9
(3) Redax 膠	5-11
2. 環氧樹脂膠	5-11
3. 脲—甲醛樹脂膠	5-12

4. 甲醇胶	5-13
5. 其他树脂胶	5-13
(1) A M K 胶	5-13
(2) X BK-2a 胶	5-14
(3) AK-20 胶	5-14
(4) 有机玻璃胶	5-14
Ⅲ、以橡胶为基础的胶接材料	5-14
1. 橡胶糊	5-14
2. 橡胶与树脂混合胶	5-15
B-10 胶液	5-15
88 號胶液	5-15
§4、胶接工艺	5-16
I、胶接准备工作	5-17
1. 胶接另件的准备	5-17
(1) 木质材料	5-17
a、胶接面	5-17
b、紋向和胶縫	5-17
c、另件含水率	5-20
(2) 金属	5-21
a、胶接面	5-21
1) 潤湿及吸附理論	5-21
2) 金属另件表面处理	5-23
3) 表面处理的質量鑑定	5-25
b、胶接接头選擇	5-25
1) 对接	5-25
2) 搭接	5-26
3) 圓柱受扭矩的对接	5-28
4) 其他形成	5-28
(3) 其他材料	5-29
2. 胶液的制備	5-30
(1) 胶的選擇	5-30
(2) 胶液的調制	5-30

a、酪素胶調制	5-31
b、树脂胶調制	5-33
II、涂胶和晾置	5-34
III、合攏和攔置	5-35
IV、加壓或加热加壓	5-36
V、胶接質量檢驗	5-39
1. 工序檢驗	5-40
2. 成品質量的檢驗	5-40
(1) 試件試驗	5-40
(2) 成品試驗	5-41
VI、胶接安全技術	5-41
§5、胶接設備	5-42
I、調胶与涂胶設備	5-42
II、加壓設備	5-44
1. 气压机与液压机	5-44
2. 外廊梁与外廊夾子	5-46
3. 螺旋压力机	5-48
4. 楔塊	5-49
5. 各种夾子	5-49
III、加热設備	5-51
1. 接觸式加热器	5-51
2. 反射式加热器	5-51
3. 热吹風机	5-52
4. 热压器	5-52
5. 紅外線走廊	5-52
6. 高频电加热設備	5-52
7. 干燥室	5-53

第一章 緒論

由于航空科学的迅速发展，在“航空材料”这门科学面前摆着十分艰巨的任务，从对飞机的飞行性能的要求讲，我们要求航空材料有高的强度，低的比重，宽范围的温度稳定性，良好的耐各种腐蚀的性能以及高度的表面光滑度等；从对飞机制造的工艺性能的要求讲，我们要求航空材料是加工性能很好的，容易成型的，所加工（或成型出来）的零件是易于装配的，以及来源丰富，价钱便宜；从对飞机的各种复杂的要求讲，我们要求航空材料是透明的，高弹性的，高摩擦系数或低摩擦系数的、电绝缘的、绝热的以及隔音的，可以看出，要满足这些形形色色的要求绝不是某一種或某一類材料所能辦到的。因此用于製造飛機的材料品種遠遠地超過任何其它机體。

可以大致地將材料分为金属和非金属兩類或结构的和非结构的兩類，直到今天为止，用做飛機結構材料的主要還是金属——鋁合金、鉄合金、合金鋼以及鈦合金等；但是非金属材料中的木材一直也是主要結構材料之一，近來塑料的發展，已經可以用做結構材料了。塑料有優異的性能：比重低（根据須要在 $0.02-2$ 之間），强度大（某些塑料在一定条件下强度可和金属相比），可以用整体壓制飛機部件從而大大簡化了飛機的製造過程以及它具有高度優良的空氣动力性能和抗蝕性。因此塑料結構已經成为今天飛機結構的一个新的方向。目前已經有某些飛機已經成功的使用塑料結構，這種結構對象導彈這一類要有大量生产的飛行器是特別有利的。在飛機的非結構部分，非金属材料佔着主要的地位，這些非金属材料不僅是用來代替過去是金属的部分，並且它們本身就往往是不能被代替的，譬如輪胎用的橡皮，坐艙罩用的有机玻璃等即是一些不可代替的獨立的材料。

一方面，非金属材料在飛機結構中越來越佔有重要的地位。一方面在飛機的非結構部分主要地是採用非金属材料；此外在飛機生产設備上也廣泛地使用着非金属材料，因此，非金属材料在航空工業中佔有無可非議的重要地位。

在培養飛機設計和飛機工艺工程師的教學計劃中規定有“非金屬航空材料及其施工法”一門課程即是非金属材料在航空工業中的地位

的反映，隨着非金屬材料的發展，這門課程也必然地要不斷發展，在現階段，這門課程只能簡要地講述現代飛機製造業中所運用的非金屬材料——天然的和人工合成的——的特性，它們在飛機上的應用及對它們的加工工藝的基本知識。一個好的飛機設計或飛機工藝專家，除了須要掌握空氣動力學、飛機構造等理論和一般的飛機工藝知識外，還必須對飛機設計和工藝所賴以存在的航空材料有足夠的了解，一個好的飛機設計或飛機工藝專家不僅應當善于根據需要方向的為各個科學技術部門提出要求，並且應當善于及時地將各個科學技術部門的最新成就運用到自己的工作中。在各個科學技術部門里面首先是“航空材料”。

飛機上所採用的非金屬材料種類很多，在本課程中只能講述其中最主要的：木質材料、塑性材料、橡膠材料、膠接材料及紡織材料和油漆塗料。

木材是最古老的航空材料，它具有一系列的優點，但是由於它的嚴重的缺點：容易腐朽、強度不大、彈性系數低、不容易得到大材等因此限制了它做為飛機結構的應用範圍，它只能用於速度不大的，小型和中小型的飛機，今天雖然能夠製造以木材為基礎的木質材料，如層板、壓縮木、精制木材等，可以改善木材的品質，但仍是不徹底的。除了做為結構材料外，木材在飛機生產上用的也很廣泛，可用以製裝模型、夾具、模胎和其他輔助設備。

塑性材料是本課程中最重要的材料，它是用便宜的水，空氣、木材、煤、石灰等原料經特殊加工做成的入造材料，由於這種材料的優異性能和性能的多样性使我們不可能將其應用範圍加以限制，在必要的時候它可以是象金屬般的牢固，木材般的輕盈，玻璃般的透明，紙般的易撓性，岩石般的堅硬和鉛一般的化學穩定性。它們很容易加工，加工質量也很好。由於塑料的出現以及它們在航空工業中的使用，飛機上很多零件從窄狹的境地走向了康莊大道，大大地促進了航空工業的發展。如過去飛機上透明的坐艙罩是由普通玻璃制成的，這即限制了飛機的空氣動力性能的提高，過些時候，人們學會了用賽璐珞來塑制流綫型的坐艙罩，但由於它在陽光的直接作用下會很快地變黃，嚴重地降低了透明度，大大影響了它的效能，一直到有機玻璃這種透