



# 飞机检测与维修

## 实用手册

主编：姜波（航空航天大学副教授）

V 267-62

1:3

# 飞机检测与维修实用手册

主编：姜 波

(第三卷)



吉林科学技术出版社

## 第五篇

# 飞机复合材料结构修理



## 第一章 先进复合材料概述

### 一、先进复合材料

复合材料一般是由两种材料的组合而成,一是纤维增强物,是主要传递载荷的材料,另一是基体,它将纤维粘接在一起,并在侧面支持纤维,这种组合形成了很高的强度重量比。

就本教程而言,主要涉及的是民航飞机的修理,先进复合材料定义为:通过在基本上均质的基体中埋置高强度、高模量纤维而制成的复合材料,如石墨/环氧,kevlar/环氧等等。新型的玻璃/环氧也是先进复合材料。

### 二、复合材料的一般描述

#### (一) 材料的形式

##### 1. 长丝

长丝亦称长纤维,是一根根连续纤维,除了在几何不连续处以外,在一个构件中通常没有长丝的端头。股是由 1000 到 1200 根长丝并在一起,一般又称为丝束,纱或束。中等强度的纤维在飞机复合材料结构中用得最多。用长丝束制成单向带和布。

##### 2. 单向带

单向带是由纱在树脂基体中沿着单一方向排列而成。常常以预浸的形式提供,树脂的作用是将纱粘在一起。

##### 3. 织物

织物是由纱、纤维或长丝织成的材料。经纱指的是沿纵向的长纱,大致平行于卷料的展开方向,一般经线方向设为零度。在编织图案里纬纱垂直于经纱,通常经纱的数量多于纬纱,经向的材料强度大于纬向,因此在复合材料制造与修理中,正确识别经向十分重要。为便于识别,常间隔地插入其他颜色的示踪纱定义经纱,如插入黄色的 kevlar 经纱,抽掉一根线形成 2"×6" 的矩形格子来定义经向。此外,在预浸料的塑料底膜上用红色示踪线表示经向,或用沿着经向的菱形图案来确定经向。

#### (二) 布边

布边是防止织物绽裂所织的边,因为布边的编织与布本身不一样,而且强度也不

一样,因此,在制造和修理使用之前应除去布边。

为了防止层合板的扭曲,在修理操作过程中,应当特别注意各铺层之间的顺序均衡和方向的对称。铺层方向的符号作参考用。

### 三、纤维制造

碳/石墨纤维是由聚丙烯腈、聚乙烯及人造丝合成,预先氧化并保持在 200 - 300℃ 大约一小时。预氧化纤维更能承受碳化/石墨化的温度,且有较好的碳链方向。以制造中等强度的纤维。进行碳化石墨化发生在 2000 - 3000° 温度下 1 - 2 分钟,这样便制成了高强度高模量纤维。电炉的高温去除了碳键上的氢、氧及氮,留下了具有方向性的碳链。碳化形成任意的无定形的结构。而石墨化使结晶的方向密度与模量增加。对新的纤维进行表面氧化处理来提高与基体树脂的粘接性。有时在处理纤维时适量涂抹环氧树脂,然后将这种材料缠绕起来送到材料制造厂织成布或带。

### 四、纤维布的织造图案

纤维布有许多编织方式,最常用的方式如图。最常见到的形式是玻璃纤维 120 型, Kevlar 120 型,石墨纤维 3K - 70 - PW 型。因为它们编织得很紧,可以防止湿气浸入。因此,它们总是用作蜂窝夹芯的面板。

8 综觥破斜纹缎织布是一种较松的编织物,因而易作复杂外形的铺层,它们大约是平纹布厚度的两倍,主要用于厚的层合板和有较大曲度的复合材料面板。

#### 1. 平纹编织

平纹编织是最简单的编织形式,每股交替地上下平行穿过。图例所示是用一个由两个较小的纱束拧在一起的丝束。显然它是在经向和纬向上用同等数量纱束的平纹编织。

#### 2. 众丝平纹

双丝平纹是用两个丝束代替每一个单个丝束而制成的平纹编织。

#### 3. 斜纹或缎纹编织

在这些编织类型中,在把一个单束编到下面之前,这束要平行穿过几个束。如果它搭在两个上面,叫斜纹编织,如果一个弧形搭在三个或四个上面或多于四个,叫缎纹编织。一个“5 综纡缎纹”是四股在上,一股在下的编织,一个“8 综统缎纹”是七股在上一股在下的编织。

#### 4. 纱绉

这种图案的编织是把纬向的丝束固定在有一定空间的两经向丝束中。这种图案允许用两个丝束缠绕交替来编织织物。

#### 5. 混杂

混杂织物是两种或多种纤维共用一个基体,以使织物具有更广的性能,例如弹性、刚度、抗损伤性,吸附树脂,或降低价格。混杂形式多种多样。

### 6,中间层

用在不同层中的两种或多种增强材料,用来获得所希望的性能(见图2-8)。

### 五、预浸单向带的制造

石墨单向带总是以预浸带的形式提供。它的处理及固化特性和预浸布相似。

石墨单向带根据宽度需要以卷轴的形式提供。丝束和涂着树脂的背纸一起被加热并经过压轮。热和压力一起使得石墨丝束嵌入树脂,纸仍然在里面作为分离介质。预浸带和纸在过程的末端卷起来,形成最终的带。

标记:标记是预浸料制造商在材料卷轴的末端所作的记号。标记表明附近范围内有缺陷存在。从预浸料中切取修理层时,应避免这些缺陷。允许制造商在一卷材料上有一定数量的缺陷而用户不能拒收。这就是为什么挑选符合规格的材料是非常重要的原因。

仅在石墨纤维材料里才有带。带易于在复杂外形上平展拼合。在制造过程中应用铺带机使铺层损伤减到最小。修理时一般不用带。

带的优点是:

(1)如果制造的部分均在带与织物的承力范围之内,带比布便宜。

(2)其宽度较窄,能减少间隙和重叠。

(3)在制造过程中,材料的浪费比布少。

(4)带能形成光滑而严实的表面。

(5)带比织物的强度和刚度高,能高出10%。但如结构修理手册(SRM)有规定,那末,可以用织物来替代带进行修理。

带的缺点是:

(1)带是单向的,只能承受一个方向的载荷。

(2)易产生边缘层间分离,因为没有纬纱来使单向的经纱固定在一起。

### 六、预浸织布的制造

最初的预浸织布是用户将织物在树脂中直接浸润而成的。一卷卷的织物通过一个盛有液态树脂的容器,制成的浸润材料,立即铺用,形成复合材料组件。

这种方法不能提供稳定的树脂含量和其他性质。因此浸润过程换为一个能在严格范围可控过程的单独设备。

今天的预浸料是由织物或非织材料与树脂处理到B-阶段(又称乙阶段树脂),准备用于最终处理。B-阶段是热固性树脂的中间固化阶段,介于未处理与完全处理

之间。预浸料含有 35 - 38% 的树脂重量,其余是纤维。

对于 B - 阶段材料的固化处理工作量随不同的材料供应商而不同。B - 阶段的程度随材料时效而不断变化。冷冻可以使固化过程延缓达一年。

kevlar 和玻璃纤维材料一般以织物的形式提供,石墨材料可以以带或织物的形式提供,使用哪种材料要根据使用要求而确定。复杂形状必须用织物。绝大部分修理使用织物。

织物的优点:

- (1) 比带抵抗纤维断裂和层间分离能力强。
- (2) 损伤容限高,对“固化皱损”要求低,对于修理工作比带好。
- (3) 编织中减少了丝束分离。几乎允许形成任意外形,但随着产品外形的复杂会提高织物的成本。
- (4) 抗疲劳损伤。

### 七、基体

基体是一种将复合材料中的纤维或长纤维粘接在一起的均匀材料。热塑性材料是能不断反复进行物理变化的材料,加热使它软化,冷却使它硬化。它可以模压成型,且冷却时形状不变。在热塑性树脂这一软化硬化周期中加热,只要符合温度范围要求,不过冷,不过热,可以按需要重复多次。热固性树脂是通过热、催化剂、紫外线等进行化学反应的材料(和热塑性的物理变化不同)。一旦变硬,不像热塑性材料,再多的热也不能使它变回液态。即热固塑料加热时不会软化,且在溶化之前会发生焦化进而燃烧。热固性塑料本身的强度不高,但通常与纸、布、玻璃纤维、kevlar 纤维、碳纤维和硼纤维加强后会形成强度非常高且重量轻的结构材料,现代飞机的许多零部件就是用这种材料制成的。绝大部分飞机构件中使用的树脂是热固性的环氧树脂体系,不断提高环氧树脂的韧性,近年也用耐高温且冲击韧性好的双马树脂系列。

### 八、环氧树脂体系

环氧树脂由两部分组成:树脂和催化剂(或称固化剂)。环氧树脂提供了很好的机械和抗疲劳性能,尺寸稳定性相当好,抗腐蚀,层间结合强度高,有良好的电学性能和低的吸湿性。

先进复合材料使用的环氧树脂相对较粘稠,这使得它难于调合并难于浸润丝束。为了克服这个困难,环氧树脂制造商将树脂浸润纤维到 B - 阶段。在室温条件下它呈现弱粘性,必须冷冻存贮以防止树脂固化。

环氧树脂是以重量来度量的,而不是体积。例如 90 份的树脂对 1 份催化剂。它们必须用以克作单位的天平,非常精确地测量。如果要求有长的保存时间或固化时



间,则采用不同的但相适合的催化剂。千万不要自行改变树脂与催化剂的比例。

纤维所嵌入的树脂是结构件的粘合剂,液态的树脂用于浸润纤维织物,二者一起固化形成制件。当树脂用得太多,则这部分就称为富脂区,如果太少,就称为贫脂区。富脂区由于缺少纤维支持而易于断裂。贫脂区则较弱,因为存在空隙,且纤维没有固定在一起,其支持条件没有树脂完全浸透时好。树脂体系对温度要求很严,必须保持相应的正确的固化温度。环氧树脂在室温到 350°F 都能固化。聚酯树脂固化温度在室温到 250°F 之间,聚酰-亚胺树脂(高温)固化温度在 500-600°F。

### 九、纤维增强材料

#### (一)玻璃纤维

玻璃纤维增强材料有许多形式,例如带、织物、编织成的预成型件、或者是缠绕用的长丝。

E 玻璃、C 玻璃和 S 玻璃是玻璃纤维中使用最广的三种。E 表示有电磁场使用要求的玻璃,用于雷达天线罩等。S 表示强度,用于有强度要求的结构部分。C 表示化学性能好,用于防腐部分。此外还有 M 玻璃,其弹性模量较高。L 玻璃含铅较多,用于电磁辐射的屏蔽,D 玻璃用于介电。一根纱线有的含有多达 2000 根长丝。

我们常说“先进复合材料”,所谓先进是指最近发展的材料,除碳、芳纶、硼纤维等先进复合材料以外,还应包括新近发展的特种玻璃纤维材料,一般的玻璃纤维材料早在 40 年前就已出现,不属于先进复合材料,但近年发展的特种玻璃材料,经过适当的处理之后,特性十分优越且成本低廉,应该包括在先进复合材料范围之内。

玻璃纤维是使加热到 1200°C 的融化了的玻璃球通过小孔制成纤维。然后在完全凝固之前拉伸以减小直径。

#### (二)Kevlar 纤维—芳纶纤维

Kevlar 是 El Dupont De Nemours & Company 的注册商标,它在许多次要结构中取代了玻璃纤维。它有很高的拉伸强度和良好的抗冲击能力,在许多飞机结构中,取代了玻璃纤维,但由于它抗拉伸性能太好,切割时就发生了麻烦,在芳纶上钻孔,一般钻头会被纤维缠住甚至拉断,切断的材料看起来起毛,如果紧固件的孔是毛绒绒的,就会破坏密封,还会像灯芯一样吸收湿气、水、滑油、燃油和液压油,这些液体不会损伤纤维,但会引起树脂老化、分层。此外芳纶对温度的灵敏性也太高。“Kevlar 49”是飞机机构级,其他级是 29 和 129。

Kevlar 129 用作防弹背心,美国的警察和美国陆军用的头盔,军舰和车辆的防弹钢板。

Kevlar 29 很轻,重量仅相当铝的一半。

Kevlar 49 是承载能力很好的结构用材,它和 Kevlar 有相同的强度,但有更高的模量, Kevlar 29 和 49 不像碳纤维那样,既不导电也不透波,而是像玻璃纤维可作雷达天线罩。但 Kevlar 的介电系数比一般 E 玻璃纤维要好。Kevlar 纤维的直径与碳纤维和玻璃纤维很相似,但材料供应的方式不同。

### (三) 碳/石墨

碳纤维是从聚丙烯腈或一种特殊石油的产品沥青中所得到的。让聚丙烯腈或沥青通过高温炉(1200 - 2000℃),进行碳化,形成仅仅几微米粗的纤维,很强、刚硬且易碎。通过高温和长时间加热,碳纤维变成石墨纤维。(美国一般称之为石墨纤维而欧洲人则称之为碳纤维,二者是通用的)。

### (四) 硼

硼纤维是通过蒸发把硼蒸气沉淀在很细的钨丝或碳丝上面。纤维直径大约 0.004in。有很优良的压缩强度和刚度。颜色是黑的,剧毒。

### (五) 陶瓷纤维

陶瓷纤维用于近 2200°F 左右的高温区如防火墙,发动机部件等。陶瓷纤维是白色的。

## 十、粘接剂

有三种形式的粘接剂:薄膜状、糊状、和液状。它们需要不同的处理过程。

### (一) 胶膜

胶膜是涂在一层支持薄膜上的粘接剂。混合物涂在网状涤纶、尼龙或玻璃纤维布的载体上。胶膜的主要优点是易于使用,不需要混合的设备,性能稳定,厚度均匀。缺点是必须冷冻保存。为了获得满意的粘接必须加温和加压,并且较贵。

### (二) 糊状粘接剂

两种组分的糊状粘接剂可在室温或加热固化。保存期长月一不需冷冻。但临使用之前仓促混合,有导致人为错误的可能。例如,混合不充分和重量不准确等。

### (三) 泡沫粘接剂

泡沫粘接剂是含泡沫剂的环氧树脂体系。泡沫剂在固化过程中膨胀。它用于蜂窝搭接区域的边缘填充和修理。膨胀比在 1.3 到 5.0 之间,可以有糊状和膜状两种。

### (四) 填充剂/填充剂的类型

填充剂是在混合后的树脂中加入材料,它可以改变树脂的物理性能,如密度、强度、弹性等等。其他的填充剂是触变胶的,以控制粘性。这些对于蜂窝修理和防止脱开很有作用。

(1)短纤维:短纤维是由玻璃纤维、Kevlar 或碳纤维切成的。用于外形修理和错位孔及冲击孔的修理。

(2)碎纤维(FLUX):碎纤维是更小的磨碎纤维,用于小的表面缺陷、划伤、V形小刻痕及孔的修理。

(3)Cab - O - Sil:这是一种硅粉做的添加剂,用于控制粘性,并不提高树脂强度。因为它很轻,在使用打开容器时须十分小心。处理这种材料时要带面罩。

(4)微珠:微珠是由玻璃或酚醛树脂做的微小的球体。当加入树脂中时,可降低树脂的密度和弹性。在蜂窝部分用于芯板的边缘填充和紧固件的填充,以及孔的修理。

在复合材料的热修补中使用的多种粘接剂,一般引注于SRM说明书中。胶膜用于预浸料,泡沫粘接剂用于替换芯体与原有芯体的粘接。在固化过程中,胶膜和泡沫粘接剂都要发生化学变化。这两型粘接剂必须具有同一个固化温度

### 十一、蜂窝制造

目前有两种蜂窝制造的方法,拉伸法和波纹法。

#### (一)拉伸蜂窝

将成卷的蜂窝腹板原料送入高精度的涂胶机,再通过上胶轴用连续的平行条带状胶液涂抹,每层都切好并一层层地叠成HOBE(Honeycomb Before Expansion)(蜂窝拉伸前)的样子。从HOBE块切成所需厚度的HOBE片拉伸成蜂窝板。拉伸法在制造增强塑料、芳纶纸和铝箔蜂窝中用得最为广泛。

芯体材料:当固接在两面板之间时,芯体提供了一个刚硬且质轻的结构部件。民用航空工业中使用较广的两种主要夹芯材料是蜂窝芯和泡沫芯,蜂窝具有更大的强度重量比,但泡沫更具耐久性。如受损伤,它具有记忆性,并将恢复到原强度的80%。夹心板的面板的作用,像“工”字梁的腹条一样承受弯曲载荷,一个面板受压,另一个面板受拉。而蜂窝芯则对应于“工”字梁的腹板承受剪力。由于它使面板分离,提高了结构的高度。但是它和“工”字梁的腹板不一样,它给予了面板连续支持。芯和面之间的胶膜将夹心和板的各部分牢固地粘在一起,使它们像一个整体,具有高的抗弯、抗剪和抗扭刚度。

#### (二)波状蜂窝

波纹法主要用在制造密度更大的蜂窝。厚的铝箔片(0.006in)可以制成芯格尺寸为1/8in或更大的窝格,用粘接剂涂在波峰,叠合、固化可以得到密度在9到38lb/ft<sup>3</sup>密度的波状蜂窝。

波状蜂窝用于形状复杂的双曲率外形结构,例如雷达罩头部是有双曲率外形的

结构,其蜂窝芯层常用这类蜂窝。

### 十二、编织预制件

用预浸的或干燥的纤维编织在芯轴阳模之上,编织成的管件可用于制造网球拍、液压管和油管等。

### 十三、长丝缠绕

基本的长丝缠绕过程是把预浸单向带缠到芯轴上形成复合材料制件。用一系列的相同或不同缠绕角度的层,形成所需厚度。两种缠绕方法中,较通常的是芯轴旋转,线头经向移动来覆盖芯模。另一种是线头绕着芯轴转。

### 十四、脱模剂/脱模织物

用作两个表面之间的界面,以防止两个表面相互粘接在一起。

#### (一)脱模织物

脱模织物/层在许多情况下均用作分离层,它是一般不允许树脂渗透或气泡渗透的隔离物。又称可剥保护层。当树脂固化后,去除可剥保护层,形成一个不需打磨就可胶接或油漆的表面。

脱模织物的例子:

脱模层 C:脱模层 C 是一种合成的织物,其上不带脱模涂层。它经过电学处理,织造光滑,应用于高剪应力处。

脱模灵 234 TFNP 或 TFP:脱模灵 234 是有特氟隆脱模层的玻璃纤维材料。具有光滑的织物表面,用于高温。234 有透气性和不透气性两种。

234 TFNP——Teflon Fiberglass Non—Porous,即特氟隆玻璃纤维,无孔,不允许树脂透过覆层。

234 TEP——Teflon Fiberglass Porous,即特氟隆玻璃纤维,有孔,允许树脂和气体渗透。

#### (二)液态脱模剂

制造复合材料部件中,许多问题都与部件不能与模具脱开,或脱模剂流到部件上使油漆粘不上有关。于是就发展了脱模保护层。用它在模子上涂抹二到三层,然后烘烤。它们可以保护新的或旧的模子。使用保护层后脱模剂将更有效。在使用时当喷、刷或涂脱模剂时必须小心,很可能忽略了小块地方。为了防止这种情况发生,发展了对紫外线敏感的脱模剂,在黑暗中也能借助紫外线看清被忽略了的地方。Frekote 可喷涂脱模剂,广泛应用在制造与修理中。

## 十五、吸胶和透气材料

### (一)吸胶布或泄流层

在复合材料工件制造和修理过程中使用的一种非结构材料,可使固化过程中多余的气体和树脂逸出。吸胶布在固化完成以后要去掉,不属于复合材料成品构件中的一部分。

### (二)透气材料

一种像玻璃纤维织物一类的疏松结构,盖在工件表面,作为连续的真空通路,但不与树脂接触。

### (三)吸胶和透气材料的例子

Air WeaveFR(透气材料)——合成的防火材料,温度范围在 250—350°F 之间,与 234 TFP 一起使用。

Air WeaveN9(透气材料)——聚酯材料,能拉伸覆盖到全部外形。温度范围在 400°F,可与 4000 外形脱模剂一起使用。

## 十六、可剥层脱模剂

一种光滑的尼龙织物,当作脱模织物使用。直接置于需要胶接或喷漆的胶接线或层上。

注意:为了排气通畅,在一个叠层中,吸胶和透气材料,必须保持相互接触。玻璃纤维可作为吸胶和透气材料的替代物。

## 第二章 安 全

### 一、安全指导通则

每用一种材料,都附有一份材料安全数据表(M. S. D. S) (Material Safety Data Sheet),其中包括物理数据、成分、防火性、防爆性、防飞溅和渗漏的信息。使用材料之前务必细读。

#### 材料安全数据表

部门:航空材料部

商品名称:

Scotch—Weld(TM)	AF—163—2K/06	wt	结构的粘合剂薄膜
3MI . D. 数值:62—0187—0000—5	62—0187—0155—7	62—0187—0305—8	62—0187—0455—1
62—0187—1005—3	62—0187—1105—1	62—0187—1685—2	62—0187—1701—7
62—0187—1736—3	62—0187—1755—3	62—0187—2205—8	62—0187—2320—5
62—0187—2405—4	62—0187—2805—5	62—0187—3305—5	62—0187—3902—9
62—0187—3905—2	62—0187—3906—2	62—0187—4205—6	62—0187—4355—9
62—0187—4356—7	62—0187—4505—9	62—0187—4506—7	62—0187—4805—3
62—0187—5306—1	62—0187—5307—9	62—0187—5308—7	62—0187—5345—9

颁发:1990年11月14日

代替:1990年1月1日

文件:10-2504-8

		1……暴露极限……1			
1. 组成部分	cA. s. 编号	百分比(%)	价值单位	类型	审定
聚合环氧树脂反应产品 (M. W. >700)—商业秘密	商业秘密	45.0—70.0	无 无	无	无
环氧树脂	1675—54—3	10.0—20.0	无 无	无	无
环氧树脂	2568—38—6	1.0—10.0	无 无	无	无
n,n'—(甲烷—1,3—次苯基) 双(n'n'—二甲基塑料)	26604—41—1	1.0—10.0	无 无	无	无
双氰胺	461—58—5	1.0—10.0	无 无	无	无
无挥发的氨基化合物—商业秘密	商业秘密	1.0—10.0	无 无	无	无
对暴露部分的限制: ——无:未建立					
2. 物理数据					
沸点 .....	N/A				
气体压力 .....	N/A				
气体密度 .....	N/A				
蒸发速率 .....	N/A				
溶于水性 .....	不溶				
比重 .....	N/A				
挥发性百分比 .....	0.00%				
有机挥发 .....	N/A				
pH .....	N/D				
粘度 .....	N/D				
外形和气味:红色,固体薄膜粘接剂,无气味					
3. 易燃易爆数据					
闪点 .....	N/A				
可燃极限—LEL .....	N/A				
可燃极限—LEL .....	N/A				
自燃温度 .....	N/A				
灭火剂介质:CO <sub>2</sub> ,泡沫,干燥化学剂,水					
特殊的灭火步骤:当扑灭此材料的火灾时,灭火人员应该带有自身的呼吸器					
特殊的易燃易爆性: 无					
国家防火防害协会代号      健康 1      火 0      反应性 1					
有害的特殊反应:无					

图 5-2-1 M. S. D. S 例子

### 二、皮肤防护

环氧树脂对皮肤有害,有人对这些物质尤其敏感。因此需用手套或手膏保护。使用胶粘剂时务必用手套,因为手膏对胶接操作可能产生相反的影响。进行湿法铺层修理时,必须戴上内衬棉垫的氯丁橡胶手套、防护服和护目镜,以防溶剂及其蒸气的有害影响。

保护皮肤的最好措施是用内衬布垫的橡胶手套。这种手套能吸汗,因此不用时最好把内翻出晒干。当手套被污染或使用多次后应更换,不然易引起真菌感染或皮疹。工作服或实服可防止衣服沾染和皮肤接触。实验服一般能保护膝盖以上部位,工作服能保护全身。

### 三、眼睛与面部防护

在复合材料生产与维修的大多数阶段都需要保护眼睛。常见的危险是在分发、混合及使用树脂时产生的树脂、固化剂和溶剂的飞溅。

下面列举保护措施:

#### (一) 护目镜/安全眼镜

能保护脸前部及侧面来的冲击伤害、飞溅液体和灰尘。护目镜可单独使用或与按规定要求的眼镜一起使用。

#### (二) 面罩

用来保护工人的脸部免受创伤、化学物飞溅和辐射热(烘箱)。它用来补充护目镜或防撞眼镜。面罩可在分发大批量溶剂及混合大批量树脂时使用。

### 四、呼吸器官防护

#### (一) 通风设备

为保护人身安全,工作场所需要有良好的通风设备。在密封的空间里若没有充分的通风设备,空气中的环氧树脂与清洁剂可能引起不适与疾病。

铺设与切割硫化复合材料时,必须有良好的呼吸道保护措施。由于高速切割产生的磨擦热将分解复合材料。在这类操作时材料实际上被高温点燃并产生了有毒气体。

#### (二) 面罩与安全眼镜

打磨操作人员及周围人员须配带防尘面罩与安全眼镜,并建议使用真空吸尘器。



### 五、工作环境

由于复合材料工序与材料的自身要求,为技术人员提供好的环境管理很重要。工作区应保持干净、整洁、无飞溅和无碎片。且垃圾须堆积在远处。

树脂—由于其特有的粘性,成为管理的一大问题。很容易对工作区、椅子、容器及地板造成污染。

装置的周围地区及通道应保持干净畅通。不要阻碍去到洗眼器及灭火器的通道。

如果工作人员工作谨慎,就能安全、成功地应用先进的复合材料。

### 六、维修设备——铺设区

铺设区须避开灰尘、水汽、油雾、逸出的火焰及其他对粘着不利的材料。需注意铺设区的洁净。

建议:铺设区最好不要与切割、打磨、钻孔在同一个房间里进行。