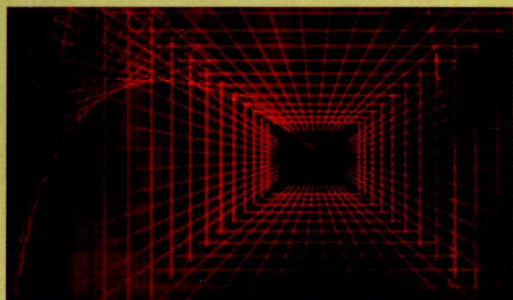




张显权 编著

木材/金属复合中密度 纤维板 工艺原理



东北林业大学出版社

木材/金属复合中密度纤维板 工 艺 原 理

张显权 编著
刘一星 审

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木材/金属复合中密度纤维板工艺原理/张显权编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2007.9

ISBN 978 - 7 - 81131 - 083 - 2

I. 木… II. 张… III. 金属复合材料—半硬质纤维板—生产工艺
IV. TS653.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 147984 号

责任编辑: 戴 千

封面设计: 彭 宇



NEFUP

木材/金属复合中密度纤维板工艺原理

Mucui / Jinshu Fuhe Zhongmidu Xianweiban Gongyi Yuanli

张显权 编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨地图出版社印刷厂印装

开本 850 × 1168 1/32 印张 7.375 字数 185 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978-7-81131-083-2

TS·23 定价: 23.00 元

前 言

随着社会的发展和科技的进步，电器设备和用品也越来越多，但随之带来的电磁波辐射也成为引起人们高度重视的问题。如何使用相应的材料屏蔽电磁波，防止它对人类生命健康的侵害，防止机密性信息的泄露，是十分重要的。金属材料的电磁波屏蔽性能好是公认的，然而单纯地应用金属材料于室内空间，则不利于居室的居住环境特性。将具有优异环境特性的木质材料和优异屏蔽性能的金属材料复合，开发环境特性和屏蔽功能俱佳的新型复合材料，对于保障人类生命健康、提高生活质量均具有重要意义。同时又赋予木基复合材料更多的功能，拓宽木质复合材料的使用空间，对推进我国木材工业产品的结构调整，提升我国林产品的国际竞争力也具有重要意义。

本书相应的研究工作在国家“863”项目的支持下展开，通过具有代表性的四种不同形态的金属原料（金属网、金属纤维、金属粉和金属箔）与木材纤维相复合，全面探讨了木质纤维材料与这些金属材料的复合特性和复合工艺。通过调整金属材料的形态种类和应用新型胶粘剂（异氰酸酯），改善了复合材料的胶结性能，同时赋予了复合材料良好的电磁屏蔽效能。采用近代分析方法研究了不同类型胶粘剂的混合体系的固化机理和界面反应机理，分析了异氰酸酯与金属材料表面之间的界面特性和不同材料间的结合特性。

本书主要简述了电磁波的特点、电磁屏蔽材料的发展、木材/金属复合材料的研究现状、意义和发展趋势；论述了木材/金属

复合中密度纤维板屏蔽效能的测试方法、生产木材/金属复合中密度纤维板的原材料及制造工艺过程；详细阐述了木材纤维/金属网、木材纤维/金属纤维、木材纤维/金属粉以及木材纤维/金属箔复合中密度纤维板的制造工艺原理和电磁屏蔽效能的变化规律；并对在木材/金属复合界面上施加的脲醛树脂和异氰酸酯树脂的混合树脂胶的固化机理以及异氰酸酯树脂胶与铜等金属反应的胶合机理做了一定的分析。

本书是在国家高技术研究发展计划（863 计划）“木材/金属复合材料制造技术”课题（2002AA245151）和东北林业大学优秀图书出版基金资助下出版的。书中主要内容是本书作者在参加完成的“863”课题的研究过程中取得的部分研究成果。刘一星教授在本书的选题、技术路线和实验方案的制定以及最后定稿等方面均给予了全面、细致和具体的关怀和指导，并对此书提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心的感谢。本书有关内容的研究工作还得到了“863”项目负责人李坚教授的关心和支持，在此也表示诚挚的谢意。同时对东北林业大学出版社的大力支持表示由衷的谢忱。

作者完成此书，以期在生物质复合材料领域起到抛砖引玉之效，为新型生物质复合材料的研究和发展提供理论基础和工艺、工程技术。限于作者水平，疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著

2007 年 7 月

目 录

1	文献综述	(1)
1.1	电磁波的性质、特点及对环境的危害	(1)
1.2	电磁屏蔽材料的现状及发展趋势	(6)
1.3	木材—金属复合电磁屏蔽材料的研究现状发展趋势和 意义及市场前景分析	(22)
2	木材—金属复合中纤板性能及分析测试方法	(28)
2.1	木材—金属复合中纤板物理力学性能及测试 方法	(28)
2.2	木材—金属复合中纤板电磁屏蔽材料屏蔽效能的 测试方法	(29)
2.3	其他分析测试方法	(35)
3	木材/金属复合中纤板生产原料	(39)
3.1	生产纤维板的植物纤维材料	(39)
3.2	金属原料	(55)
4	木材/金属复合材料的工艺过程	(59)
4.1	原料准备	(59)
4.2	木材—金属复合材料的成型	(78)
4.3	预压和热压	(84)
4.4	后期加工	(89)
5	木材/金属复合材料的分类和用途	(92)
5.1	木材/金属复合材料的分类	(92)
5.2	木材/金属复合材料的用途	(92)
6	木材纤维/金属网复合材料工艺及材料性能	(94)

6.1	木材纤维/不锈钢丝网复合 MDF 的研究	(95)
6.2	木材纤维/铜丝网复合 MDF 的研究	(104)
6.3	木材纤维/铁丝网复合 MDF 的研究	(112)
6.4	不同金属网复合 MDF 屏蔽效能的对比	(120)
6.5	结 论	(122)
7	木材纤维/金属纤维复合 MDF 工艺及电磁屏蔽效能研究	(123)
7.1	木材纤维/铜纤维复合 MDF 的研究	(126)
7.2	木材纤维/不锈钢纤维复合 MDF 的研究	(134)
7.3	木材纤维/铁纤维复合 MDF 的研究	(144)
7.4	木材纤维/铝纤维复合 MDF 的研究	(153)
7.5	不同金属纤维材料复合 MDF 电磁屏蔽效能的对比分析	(160)
7.6	结 论	(164)
8	木材纤维/金属粉复合 MDF 工艺及电磁屏蔽效能研究	(166)
8.1	木材纤维/铜粉复合 MDF 的研究	(168)
8.2	木材纤维/镍粉复合 MDF 的研究	(177)
8.3	木材纤维/金属粉复合 MDF 导电和电磁屏蔽机理的分析	(185)
8.4	结 论	(187)
9	木材纤维/金属箔复合 MDF 电磁屏蔽效能研究	(189)
9.1	研究方法	(189)
9.2	木材纤维/金属箔复合 MDF 的电磁屏蔽效能	(190)
9.3	结 论	(198)
10	UF - PMDI 混合胶胶接机理及 PMDI 与金属反应的机理研究	(199)
10.1	脲醛(UF)树脂的固化机理简述	(200)

10.2	异氰酸酯(PMDI)的固化机理简述	(203)
10.3	混合胶体系中 PMDI 促使 UF 固化过程改变的分析	(207)
10.4	PMDI 与金属反应的机理研究	(213)
10.5	结 论	(220)
参考文献		(221)

1 文献综述

1.1 电磁波的性质、特点及对环境危害

1.1.1 电磁波的性质和特点

随着环保意识的增强，人们越来越注意到所生活的环境中对人体健康有害的因素。随着现代电子工业的高速发展和各类电子产品的普遍使用而产生的一种新的环境公害——电磁波干扰（EMI），这已经引起了人们的高度重视（姚耿东等，2000）。

电磁波是指在空间传播的交变电磁场。1865 年麦克斯韦根据两个基本假设——涡旋电场与位移电流的电磁理论预见了电磁波的存在。1888 年，赫兹通过振荡偶极子的实验，首次直接验证了电磁波的存在。在任何 LC 振荡电路中，原则上都可以认为是产生电磁波的振源，只要有不断的能量补充，电磁波就会源源不断地产生并向周围发射出去。如广播电视塔、BP 机发射台、移动电话发射台等（黄根法，2000；董德春，2001）。

人们生活环境中的电磁辐射按其来源可以分为天然产生和人工产生两类。天然产生的电磁辐射如地球表面的热辐射、雷电等。人工产生的电磁辐射是指一切电器设备在运行时都会产生的电磁辐射，其中主要的有：专用信号发射类，如广播、电视、通讯等；漏能辐射类，如热合机、热疗机、高频冶炼机等；高压电线附近感生类，如高压输电、高压变压等；电火花类，如汽车电打火、电气化机车、电车等。尽管电磁辐射一直存在于人们的生活环境中，但人们认识它还是近二百年的事情。尤其是随着现代

工业的发展,电磁辐射对仪器、设备造成的危害日益严重,发生了许多起机毁人亡的事故,对人体健康的不良影响也日益加剧,甚至导致产生怪胎、形成脑瘤等,被称为“电子杀手”、“电子幽灵”等(薛风景,1998),这已引起了社会专家和工程技术人员的高度重视。

目前,电磁辐射应用已经涉及人们生产、生活的各个方面。电磁辐射对人是非常有用的资源,但它在服务人类的同时也带来了各种不良影响,其本身对人类也是一种严重的污染要素,即它对人类也存在有害的一面(刘英杰,2002)。科学研究发现,许多电子设备,如空调器、微波炉、吸尘器等,在正常工作时都会产生各种不同波长和频率的电磁波(有人称之为电子雾)。德国专家研究指出,功率超过5W的无线电话有碍人体健康(孙玉传,2001)。电子工业的电磁辐射、电磁泄露已形成一种新的污染源,世界卫生组织已经把电磁污染列为继污水、废气之后的第三大公害(金磊,2001)。

1.1.2 电磁波对人体健康的危害

电磁辐射对人体健康的危害日益引起人们的关注。电磁波辐射到达人体后,可发生反射、散射、穿透和吸收现象。其情况随频率不同而异。人体本身是由正负粒子组成的氨基酸的有机体,体内大量的具有极性的分子、电解质的离子随电磁场的变化而变化,这种振荡是组织致热的原因。电磁辐射对人体还能引起特殊作用称非致热作用,体内较强的局部热作用可引起晶状体、睾丸的损伤。某些体液具有封闭回路性质,在低频段作用下,可产生局部感生涡流,引起一系列神经体液调节功能的紊乱。电磁辐射对人体的影响,首先是引起中枢神经系统及植物神经系统的功能失调,表现为神经衰弱综合症,常有头昏乏力、睡眠障碍、记忆力减退,情绪不稳定、多汗、消瘦等。长期较大强度的作用,可引起脑电图的改变,心血管系统机能紊乱,常见有心悸、胸闷等

症状。出现心窦性心率不齐、窦性心动徐缓、阵发性心动过速，大多为非器质性损害，一般脱离接触 2 到 3 个月后，症状可减轻或消失。电磁辐射还能影响内分泌功能，可出现月经紊乱、性欲减退、甲状腺轻度肿大等（吴银彪，1999）。

世界卫生组织告诫，电磁波辐射有致癌的可能性。2001 年 11 月世界卫生组织所属的国际癌症研究组织提出电磁波有致癌的可能性，要求各国政府和电力行业应采取相应对策。世界卫生组织从 1996 年起就开始了为期 10 年的“国际电磁波项目”研究，其中对是否导致癌症的评价则由国际癌症研究组织担负。从统计结果来看，电磁波有致癌可能的证据是清楚的，世界卫生组织已决定重新制定标准，不论电磁波致癌的可能性有多大，要求各国政府及电力行业要采取预防措施，包括向居民提供充分的信息，为民众提供安全、廉价的防电磁波对策和加强对健康风险的研究等（姜槐等，2002）。

中国优生优育协会第二届理事会的统计资料表明，由于近年来电脑等家用电器的普及，我国每年出生的 2 000 多万婴儿中，有 35 万为缺陷儿，其中 25 万为智力缺陷。事实上早在十几年前美国科学家就有人大声疾呼，电磁污染已成为当今社会的一大公害。《中华人民共和国环境保护法》也将电磁辐射列为有害的环境污染源（韦绍波，2001）。

电热毯是电器产品中长时间与人体发生密切接触的典型产品。医学调查表明电热毯直接接触皮肤，而且使休息状态的细胞长时间处于电磁波中，从而引起人体健康障碍。再如微波炉是现代烹饪工具，深受城市家庭主妇欢迎。不过美国有调查报告显示，微波炉释放的电磁场会影响人的情绪稳定，令人感到烦躁不安，容易激起家庭冲突。科学研究认为这些绝非巧合，而是微波炉的电磁射线对人体大脑产生不良的影响，能令人生怒或情绪沮丧（Lim SY, Sauter SL, Schnorr TM, 1998）。

近期研究发现，人体暴露在强电磁场中确实会出现一些有害

效应,其中包括白内障、体温调节效应的过荷、热损伤、行为方式的改变、痉挛和耐力下降等(张勤勋,1999)。电磁辐射作用于人体神经系统,影响新陈代谢及脑电流,使人的行为及相关器官发生变化,并进而影响人体的循环系统、免疫及生殖和代谢功能,严重的甚至会诱发癌症。1999年,华盛顿州的卡洛博士花了6年时间研究使用手提电话对健康构成的影响得出结果并对外界公布,他的研究结果发现手提电话使用者死于脑癌的机率较高,患脑外肿瘤的机率更增加两倍。

邓桦(2002)在电磁辐射和微波的生物学效应研究结果认为,电磁辐射可以对健康和患病人群的心理和行为产生一定影响,资料证明电磁波影响睡眠。Sher L等(2000)和 Speer MA等(1998)认为,电磁场对睡眠的影响是对患者心理、行为和识别能力影响的反映,进而推断暴露于人工电磁辐射中的人员,其睡眠异常也许是其精神紊乱的开始。

中枢神经对电磁辐射有很高的敏感性,长期进行接触高频的作业,主要引起中枢神经系统和植物神经系统功能紊乱,表现为头疼、乏力、失眠、多梦、记忆力减退、易激动、多汗、口干和心悸等。赵梅兰等(2003)所做的动物实验证明,电磁脉冲可导致动物神经行为的障碍,学习和记忆能力的降低,脑组织出现血液循环障碍和实质细胞的变形、凋亡等病变,一些相关的细胞因子、原癌基因出现相应的改变。

电磁场对人类生殖的影响也日益被各国学者所关注。经流行病学调查分析,生殖障碍(主要是自发性流产、出生低体重、先天畸形等)可能与下列来源的电磁辐射有关:母亲的居住环境、电热床、职业性辐照等(严玉平等,1997)。睾丸由于其结构和生理功能的特殊性,更易于受到微波等非电离辐射的影响。有研究结果证实(Tornqvist S., 1984),微波慢性辐射可导致睾丸超微结构异常、精原细胞染色体含量增加、多聚ADP核糖基在睾丸组织中的含量改变,睾丸生精细胞的凋亡和微波辐射存在

着剂量效应关系，微波作用可使睾丸酮水平下降，促黄体素和促卵泡素水平上升（De Roos AJ, Teschke K, Savitz D, 2001）。

关于电磁辐射对心血管系统影响的研究到目前为止还没有取得一致的结论。High WB（2000）认为如果在辐照时没有产生热量，主要的心血管效应是血流的变化，例如电休克所引起的血流变化。至于电磁场的长期效应，前苏联科学家早在 20 世纪 60 年代就报道，工作在高压开关场地的工人易出现心率不齐、心动过速，长期暴露与射频辐射可能导致低血压、心博过缓或心博过速。

1.1.3 电磁波对电器设备的干扰

电磁辐射对环境的污染不仅表现在对人体健康的危害上，还表现在对电器设备的干扰方面。电磁辐射过强，会对电视机等家电的使用有不同程度的影响，会对船舶、飞机的电控系统仪器有较大的干扰，使之失效、失灵和失控。如船舶之间的电子战，在飞机上使用移动电话会使通讯仪器失灵等。另外，大型船舶内部的电磁波较强的电器设备同时使用，会有一定程度的相互干扰（Robert E, 1998）。

每个电子设施在工作过程中，在向周围环境释放出大量电磁波的同时，也受到外界电磁辐射的干扰。电磁干扰会使计算机、导弹、人造卫星失控，引起爆破效应的提前或推迟，直接对国家和人身安全构成威胁，因此，以色列等国已颁布了不得在医院使用手机以及其他一切遥控电子设备的行政法令和通令，我国也已明文规定禁止在飞行的飞机上使用移动电话（赵福辰，2001）。

宋军杰等（1998）实地测试了雷达附近的电子设备在雷达开机的情况下发生工作失效、部件损坏和可靠性下降的实例。研究发现，在距离雷达 240m 的计算机房中的计算机在雷达开机时根本无法正常工作，计算机的显示屏上出现干扰条纹、键盘报警、数据丢失；彩色绘图仪及光盘刻写都因雷达干扰而中断工

作,使进行中的操作失败。位于距雷达 200m 的电视机房在雷达开机时多次发生电视机输出管烧毁等故障。位于距雷达 220m 的电化教研室,因雷达干扰无法完成录像片的编辑和配音工作。这说明雷达等发出的电磁波对电子设备有强烈的干扰作用。

于鑫等(1999)在分析火箭弹储运、勤务处理和战场使用过程中发生意外发火或瞎火现象时认为,其内在原因大部分出在点火具上,而使点火具意外发火或毁坏的外部原因主要是由于静电和雷电产生的电磁辐射,所以,切断外界静电和雷电产生的电磁波对火箭弹的电磁干扰,是解决这一问题的关键。

1.2 电磁屏蔽材料的现状及发展趋势

目前世界上对已有的电磁波辐射进行控制采取的措施,比较有效的主要包括以下两个方面:一是优化电路设计、配线分开,包括含接地线的线路板设计;二是屏蔽技术,事实上,电磁波虽有穿透能力,但其弱点是可以特殊材料加以屏蔽和阻隔,屏蔽包括壳体屏蔽、电缆屏蔽、窗口屏蔽等。壳体屏蔽中以工程塑料、建筑物内墙、木质结构板材为主。

1.2.1 电磁屏蔽的基本原理

电磁屏蔽主要用来防止高频电磁场的影响,从而有效地控制电磁波从某一区域向另一区域进行辐射传播,其基本原理是:采用低电阻大导体材料,并利用电磁波在屏蔽导体表面的反射和在导体内部的吸收以及传输过程的损耗而产生屏蔽作用,通常用屏蔽效果(SE)来表示。屏蔽效果为没有屏蔽时入射或发射电磁波强度与在同一地点经屏蔽后反射或透射电磁波强度的比值,即为屏蔽材料对电磁信号的衰减值,其单位用分贝(dB)表示,可写成如下方程式:

$$SE = 20\log(E_b - E_a)$$

$$SE = 20\log(H_b/H_a)$$

$$SE = 10\log(P_b/P_a) \quad (1-1)$$

式中: E_b 、 E_a ——屏蔽前、后的电场强度;

H_b 、 H_a ——屏蔽前、后的磁场强度;

P_b 、 P_a ——屏蔽前、后的能量场强度。

衰减值越大,表明屏蔽效果越好。根据 Schekunoff 电磁屏蔽理论,金属材料的屏蔽效果可用下式表示:

$$SE = R + A + B \quad (1-2)$$

式中: R ——电磁波的反射损耗;

A ——电磁波的吸收损耗;

B ——电磁波在屏蔽材料内部多次反射过程中的损耗。

当 $A > 10$ dB 时, B 可以忽略不计,故式 (1-2) 可表示为:

$$SE = R + A \quad (1-3)$$

其中, $R = 168 - 101\log(u_r/\alpha_r) \quad (1-4)$

$$A = 1.31t \sqrt{f \cdot \alpha_r \cdot u_r} \quad (1-5)$$

式中: u_r ——屏蔽材料的相对磁导率;

α_r ——屏蔽材料的相对电导率;

r ——电磁波频率 (Hz), 为屏蔽材料厚度。

由式 (1-4)、式 (1-5) 可知,对于银、铜、铝等良导体, α_r 大,则 R 值大,即在高频电场的屏蔽作用主要取决于材料表面反射损耗,且金属 α_r 的越大,屏蔽效果越好,而对于铁和铁镍合金等高磁导材料, u_r 值大则 A 值大,这表明当屏蔽材料衰减的是低频电磁场时,吸收损耗将起主要作用。因此,凡做低频屏蔽的导电层必须具有良好的电导率和磁导率,并且要有足够的厚度。

通常,屏蔽效果的具体分类为 (孙酣径, 1990): 0 ~ 10 dB 几乎没有屏蔽作用; 10 ~ 30 dB 有较小的屏蔽作用; 30 ~ 60 dB 为中等屏蔽效果,可用于一般工业或商业用电子设备; 60 ~ 90 dB 屏蔽效果较好,可用于航空航天及军用仪器设备的屏蔽; 90

dB 以上的屏蔽材料则具有最佳的屏蔽效果,适用于要求苛刻的高精度、高灵敏度产品。根据实用需要,对于大多数电子产品的屏蔽材料,在 30 ~ 1 000 MHz 频率范围内,其 SE 值至少要达到 35 dB 以上(相对应的体积电阻率在 $10\Omega \cdot \text{m}$ 以下),就认为是有效的屏蔽。

目前,研究和应用较多的电磁屏蔽材料主要包括两大类:表面导电材料和导电复合材料,前者是使复合材料表面金属化来反射电磁波;后者则通过在复合材料中填充导电材料,形成导电网络,达到屏蔽效果,另外还有金属非晶电磁屏蔽材料等。表 1-1 列出了几种常用的方法以及电磁屏蔽材料的特点(王锦成,2002)。其中,表层导电型屏蔽材料(包括导电涂料、金属熔射、贴金属铂和电镀塑料等)的开发和应用已取得一定的进展,尤其是导电涂料以其低成本和中等屏蔽效果目前仍占据电磁屏蔽材料的主要市场。而填充复合屏蔽材料由于其便于大量生产等特点,是目前电磁屏蔽材料的一个主要发展方向。

表 1-1 几种电磁屏蔽的方法及其特点

方法种类	材料及用法	优 点	缺 点
导电涂料	将金属粉末、碳黑等导电填料与各种合成树脂混合制成导电涂料,然后涂敷于塑料表面 银系导电涂料 碳素系导电涂料 镍系导电涂料 铜系导电涂料 银铜复合导电涂料	可在复杂形状上涂敷,设备费少,成本低,可批量生产,可应用于各种塑料 导电性好,稳定性好 价格低 导电性和价格适宜 导电性和价格适宜 导电性好	价格高 导电性不好 易氧化 价格稍高
金属熔射	把金属在电弧高温下瞬间熔融后,立即用高压空气吹成雾状喷到塑料上	导电性好	附着力差,需特殊的熔融装置

续表 1-1

方法种类	材料及用法	优点	缺点
真空镀金属	在真空容器中将铝等低沸点的金属气化并使之在塑料表面凝结成膜	导电性好, 适用于各种塑料	真空容器的大小限制了塑料制品的大小
阴极溅镀	在真空容器中将氩离子用高能量冲击到金属上使金属气化, 然后在塑料表面凝结成金属薄膜	导电性好, 适用于各种塑料	设备费高
贴金属铂	用单面涂黏合剂的方法把金属铂贴到所需的部位	导电性好, 不易部分脱落	复杂形状难施工, 操作麻烦
还原银	把氯化银涂到塑料表面, 然后使之还原析出一层金属	导电性好, 设备费低	施工困难
化学镀金属	通过化学方法将 ABS 等可镀树脂镀上一层金属	导电性好, 不易部分脱落	适用的塑料种类有限, 设备费高, 需特殊技术, 有公害
导电塑料	将导电填料直接混入塑料	成型与屏蔽一体, 价格低	导电性差, 塑料强度下降
加金属网	加上金属网		网眼大屏蔽效果降低