

国防科工委资助项目

农林飞机结构

防腐蚀设计指南

江西洪都航空工业集团 编著



江西出版集团
江西科学技术出版社

国防科工委资助项目

农林飞机结构

防腐蚀设计指南

江西洪都航空工业集团 编著

编委会名单

总 编	姚 志		
副总编	姜晓春	白佐周	
主 审	薛景川		
编 委	马凌建	吴自珍	任三元
	郝立新	董登科	韩志军
	姜志峰	张国颂	王 强
	孔令军	卢维富	刘朝妮



江西出版集团
江西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农林飞机结构防腐蚀设计指南/江西洪都航空工业集团主编. —南昌:
江西科学技术出版社, 2008.3

ISBN 978 - 7 - 5390 - 3249 - 8

I. 农… II. 江… III. 农业飞机—防腐—结构设计—指南
IV. V271.3 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 024121 号

国际互联网(Internet)地址:

<http://www.jxkjcs.com>

选题序号: ZK2007004

图书代码: B08017 - 101

农林飞机结构防腐蚀设计指南

江西洪都航空工业集团主编

出版	江西出版集团·江西科学技术出版社
发行	
社址	南昌市蓼洲街2号附1号 邮编: 330009 电话: (0791)6623491 6639342(传真)
印刷	江西新华印刷厂
经销	各地新华书店
开本	850mm × 1164mm 1/32
字数	50千字
印张	3.5
印数	1500册
版次	2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷
书号	ISBN 978 - 7 - 5390 - 3249 - 8
定价	7.00元

(赣科版图书凡属印装错误,可向承印厂调换)



彩图① 机身左侧舱门前部



彩图② 机身左侧舱门下部

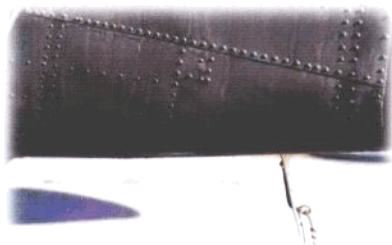


彩图③ 后机身下部 (1)



彩图④ 后机身下部 (2)

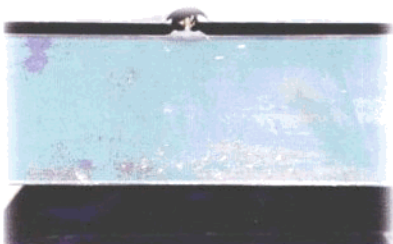
彩图⑤ 后机身下部 (3)



彩图⑥ 中翼前缘



彩图⑦ 下翼后缘

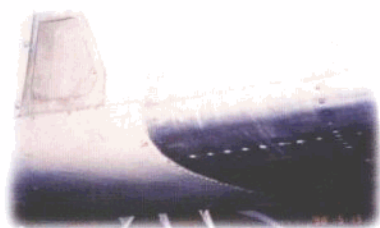


彩图⑧ 加药接头及机身侧壁铆钉处腐蚀严重





彩图⑨ 加药接头处腐蚀严重



彩图⑩ 机身侧壁铆缝处补一块不锈钢板



彩图⑪ 机身内下壁、框缘长桁腐蚀严重

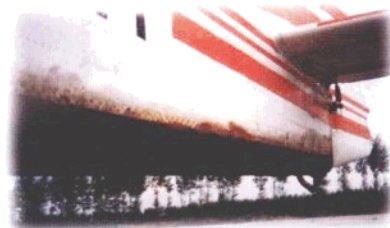


彩图⑫ 机身内下壁、框缘、长桁腐蚀严重处补一块不锈钢板

彩图⑬ 后机身尾橇处铆钉
缝腐蚀严重



彩图⑭ 机身下壁与侧壁铆
缝(10~18框)腐蚀严重



彩图⑮ 后机身尾橇处腐蚀
严重



彩图⑯ 喷液管腐蚀严重



前 言

我国研制专用农林飞机起步较晚,对结构防腐蚀考虑不够充分,基本上是套用了军用飞机结构设计理念,进行防腐蚀设计,选择防腐蚀涂层。使用结果表明,机体防腐蚀能力明显不如国外飞机好。2003年经国防科工委批准,开展“农林飞机结构防腐蚀设计技术”课题研究。由洪都航空工业集团牵头,中国特种飞行器研究所、中国飞机强度研究所、石家庄飞机工业有限责任公司、西北工业大学等单位参加,进行了两年多的研究。对农林飞机结构腐蚀严重程度有了深刻认识,基本上摸清了腐蚀原因,提出了解决办法。

农林飞机的主要腐蚀介质已不是潮湿大气,而是农药浸泡。结构已不是缓慢轻微腐蚀,而是蒙皮很快烂通,长桁烂断。

尽管农林飞机腐蚀环境恶劣,但如果分析农林飞机性能特点,了解作业方式和农药制剂之后,选择合适的结构型式、材料和机械连接,采用耐农药侵蚀的涂层,结构防腐蚀能力会有明显提高的。

参加编写单位有洪都航空工业集团公司、中国特种飞行器研究所、中国飞机强度研究所和石

家庄飞机工业有限责任公司。本书的编写与出版始终是在国防科工委、中航第二集团公司主管机关的指导与大力支持下进行的。编写期间,洪都航空工业集团公司领导与技术人员给予了有力的支持;同时得到了西北工业大学、江西长江通用航空有限公司、黑龙江垦通航空公司、新疆通用航空公司、冀华航空公司等厂、院校、专家的大力帮助与支持,在此一并表示感谢。

本书是我们两年多的研究总结,由于时间短,且技术水平有限,若有不妥之处,恳请读者、专家批评指正。

作 者

2006年 11 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 课题的提出	1
第二节 结构腐蚀的严重性	2
第三节 基本思路	4
第二章 飞机农林作业	6
第一节 飞机农林作业技术发展	6
第二节 施药设备	10
第三节 农林飞机种类	11
第四节 飞机施药操作准则	13
第三章 农药	17
第一节 农药种类	17
第二节 农药剂型	20
第三节 农药溶剂	24
第四节 农药剂型的使用技术	25
第五节 农药的腐蚀性	26

第四章 农林飞机结构腐蚀	28
第一节 在役农林飞机结构腐蚀状况 ...	28
第二节 结构腐蚀原因	33
第三节 腐蚀环境分区	36
第五章 农林飞机防腐蚀设计	40
第一节 概述	40
第二节 飞机总体布局和机身构形	42
第三节 铝合金铆接结构	45
第四节 构架式熔焊结构	47
第五节 胶接点焊结构	51
第六节 夹层结构	52
第七节 玻璃纤维复合材料结构	54
第八节 紧密机械连接	61
第九节 结构清洗设计	67
第十节 涂层优选	72
第十一节 合理选材	78
第六章 农林飞机制造和使用	92
第一节 说明	92
第二节 无余量装配制造技术	93

第三节	制孔和铆接	93
第四节	密封装配技术	95
第五节	胶接点焊	96
第六节	玻璃纤维复合材料制造技术 ...	96
第七节	涂漆工艺	97
第八节	农林飞机作业飞行控制	98
第九节	飞机维护保养	99
结束语	103

第一章 绪 论

第一节 课题的提出

当今,用户对飞机都提出长寿命、高可靠性、低维修费用要求。疲劳开裂和腐蚀是飞机结构的两种主要损伤型式。为此,国家投资,组织众多科研单位,对疲劳开裂进行了近 20 年的研究,编写了不少手册,用来指导型号设计工作。对结构腐蚀也作了研究,编写了《军用飞机腐蚀控制设计细则》、《民用飞机结构腐蚀控制设计手册》、《海军飞机结构腐蚀控制设计指南》、《飞机结构腐蚀疲劳》,但还没有农林飞机防腐蚀设计指导性文件。

农林飞机属低速轻型飞机,载荷小,结构应力水平低,但腐蚀环境特别恶劣,腐蚀损伤成为结构的主要损伤型式。国内研制的农林飞机,如农 5A,结构腐蚀比较严重,使用 3 年时间(300 飞行小时),后机身蒙皮和骨架就会发生严重腐蚀,需要修补。使用 1000 飞行小时,腐蚀更为严重,用户反映强烈。

19 世纪 90 年代以前,我国没有自行研制的专用农林飞机,只能用多用途运输机(如运 5、运 11)执行农林作业。80 年代由国外购进了专用农林飞机,如 M-18(波兰)、GA-200(澳大利亚)。专用农林飞机轻巧,布局合理,作业

效率高,维护简单,运行费用低。在有专用农林飞机的机队,一般不再使用多用途运输机执行农林作业。专用农林飞机在作业季节,常常连续执行喷洒农药任务。由于对农林飞机腐蚀恶劣环境认识不足,在设计制造时没有采取应有措施,国产农林飞机不如国外飞机防腐蚀能力好。

目前,我国农林飞机种类、数量有限,还不能满足实际需要。如位于黑龙江省佳木斯市的龙垦通用航空公司,拥有各类型农林飞机 29 架,在作业季节,加班加点也只能顾及三分之一农田。而农作物灭虫追肥季节性强,如果过了最佳时机,则施药、追肥效果甚微。及时灭虫、追肥的作物可明显增产。大面积农田只靠地面人工施药,不仅劳动强度大,而且赶不上最佳时机。我国地域辽阔,农林飞机有广阔应用前景,如果不解决结构腐蚀问题,国产农林飞机很难得到广泛使用。

第二节 结构腐蚀的严重性

与国外先进飞机相比,我国研制的飞机使用寿命较短,维护费用较高,特别是对结构腐蚀防护比较薄弱。在强度规范和适航条例中,对腐蚀问题只有原则性要求,型号研制规范也很少提及结构腐蚀。在打样设计阶段,设计者花很多时间选择结构型式。详细设计阶段,反复推敲细节设计,目的只是求得传力路线短,强度(疲劳)好,重量轻。对腐蚀问题考虑不多,一般只是履行程序,很少推敲是否满足使用要求。总认为结构出现腐蚀,出不了大事。

用户反映农 5A 是一种低空性能优良的飞机，美国 FAA 飞行员对农 5A 也有良好评价。但与国外同类飞机比较，农 5A 的防腐蚀能力太差。运 5(运 5B)是仿制原苏联 AH-2 飞机的设计改型机，结构防腐蚀也没有特殊措施，喷洒农药同样会出现严重腐蚀。据龙垦通用航空公司介绍，公司每年 50%以上的结构维修是处置腐蚀与防腐蚀。喷洒系统 80%部件失效是由腐蚀造成的。追其根源，应该说是对结构腐蚀重视不够，缺乏深入分析研究，没有得当措施。比如飞机喷洒农药，喷嘴后部机身表面不可避免的要附着农药，结构不密封，农药进入连接缝隙，无法清除；纵横骨架交错，形成众多储液槽，实际上，后机身已经相当于半个农药箱，但仍然采用金属铆接结构，没有特殊密封防腐蚀措施；涂层套用军用飞机使用的涂料，不能经受农药侵蚀，漆层很快起泡、脱落，失去保护作用，造成后机身结构过早的发生严重腐蚀。

对腐蚀重视不够也反映在制造方面。装配时，随意敲打和锉修零件，破坏了防腐蚀层的完整性。施工环境不达标，工艺过程控制不严，导致涂层粘合不牢，过早脱落。人们早就察觉在质量控制方面与西方国家有不少差距。《航空制造工程手册》表面处理分册，对质量控制的重要性，具体要求有详尽说明，并且指出我国现行整机喷漆工序不合理，影响涂层粘合力。这些现象至今没有得到根本改变。

第三节 基本思路

农林飞机结构防腐蚀不能视为软任务，在型号规范中应提出明确要求，并制定相关技术文件，在型号研制各个阶段认真贯彻执行。要把它作为一项硬指标，考核飞机研制。正常使用维护情况下，飞机在大修期内不应出现可见严重腐蚀。

当前，大面积可见腐蚀是农林飞机结构主要腐蚀损伤型式，应力腐蚀和腐蚀疲劳尚未发现。解决农林飞机大面积结构腐蚀，首先应当由设计阶段入手，设计者应对农林飞机使用有基本的了解，了解农林作业内容、施药方法、作业方式，了解飞机维护保养和农林作业技术发展状况。这是分析原因，解决问题的基本依据。

农林作业要喷撒(洒)农药、化肥、灭火剂等化学物质，它们对结构都有强的腐蚀作用。农药是使用最多的化学物质，对农药种类和剂型以及农药的基本组成要有基本了解，从中找出造成金属腐蚀和防腐涂层失效的主要因素。

调查在役农林飞机腐蚀现状，分出轻、重区域。分析原因，对不同的区域，采取不同的措施，从而达到既能满足防腐蚀要求，又能控制制造成本的目的。

农林飞机属低速轻型飞机，载荷小，结构简单。套用重型飞机、战斗机设计思路，进行结构设计，是不合适的，不利于腐蚀问题的解决。应当根据农林飞机性能、载荷、

应力水平和使用特点,打破传统设计思路,在不增加结构重量和制造成本情况下,采用有利防腐蚀的结构型式,选用耐腐蚀性好的材料,积极采用紧密机械连接和玻璃纤维复合材料结构。

涂层是农林飞机不可缺少的防腐蚀屏障,军用飞机采用的航空涂料,往往不能满足农林飞机使用要求,它不能经受农药浸泡、冲刷。要根据农林飞机遇到的腐蚀介质,优选涂料品种。

好的设计没有先进的制造技术保证,仍然不能解决使用产品腐蚀问题。制造质量控制不可忽视。外场使用发生的故障(事故),许多是制造质量控制不严造成的。性能再好的涂料,如施工环境不达标,工序没有把住质量关,也是粘不牢的。

飞机合理的使用维护也是必要的,精心使用维护可以延长飞机使用寿命。否则,飞机腐蚀严重,修理费用增加,甚至可能提前进入大修。