

国产支线客机技术交付项目进度管理

一、项目背景

“翔凤客机”全称为“Advanced Regional Jet”，即“21 世纪新一代支线喷气机”（简称 ARJ21）由中国商用飞机有限责任公司研制成功。ARJ21 是我国自行研制的具有自主知识产权的新型涡扇支线飞机，座级覆盖 78-97 座，航程覆盖 2200-3700 公里，主要用于从中心城市向周边中小型城市的辐射型航线的使用。ARJ21 项目自 2002 年 4 月立项研制至 2016 年 6 月首架飞机正式投入商业运行，实现了从无到有的跨越和从能到专的蜕变。2020 年 6 月，ARJ21 分别交付国航、东航、南航国内三大航空公司；2022 年 12 月，正式交付首家海外客户印尼翎亚航空，开启了 ARJ21 飞机商业运营的新纪元，也标志这我国的航空产业取得了长足进步和阶段性成果，极大提升了我国国产民机的市场竞争力。

一架飞机从设计、生产到试飞交付，要历经材料成品采购、零部件制造、大部件装配、试飞检查、交付检查等多个环节。在交付工作时，双方需要在短时间内完成飞机技术资料的交付及飞机本体的出厂验收，飞机交付工作的完成是由主制造商各部门严控质量、确保交付计划按时完成来保证。因此，飞机制造项目具有高度的复杂性和不确定性，新型号的飞机生产交付管理工作是世界民机研制的难题。作为新兴的民机主制造商，中国商飞公司也经历了数次推迟才于 2015 年底首次交付 ARJ21-700 新支线喷气式飞机，实现了零的突破。该机型在实际交付工作中存在诸多不确定性，需保证承诺客户方的交付计划周期按时完成、需解决客户根据成熟机型运营经验提出针对首次交付飞机的专项检查等技术问题等。本案例以 ARJ21-700 新型支线客机的技术交付项目为研讨对象，通过应用项目计划管理的知识和方法对项目计划进行合理的管理，期望提高飞机技术交付计划的准确率，提出与我国飞机技术特点相适应的技术交付方案。

二、项目进度管理

2.1 飞机技术交付工作

飞机的技术交付工作，主要包括以下几个方面：

（1）外观检查：在不需拆除整流包皮、装饰板、隔音材料、设备和构件的情况下就能打开窗/盖板/门，或进行目视检查。通过目视或辅以其它手段来判定机身外表清洁、无明显损伤、裂纹、脱层、磨损、腐蚀、过热、擦伤、老化迹象；机件有准确的连接，没有错位以及润滑效果差等问题，保险丝、开口销、锁销符合规定；管道、电线、接头无松动、渗漏；防腐涂层无脱落、表面光洁；活动部件的活动区域应无干涉，其中锁扣的操作符合规定要求。

（2）功能试验：主要是按照 AMM 手册标准，对客户选定的飞机系统进行一定程度的功能试验，以表明系统的完整性，安全性，可靠性。包括通信、导航、飞控、环控、电源、内话等多个系统的静态测试，以及单独的动力装置发动机、APU 试车工作。

（3）交付试飞：由厂家飞行员与客户飞行员组成飞行机组，按照双方确认的科目，依

据交付试飞手册实施的飞行活动，主要目的在于在飞行状态下检查飞机的系统完好，操作反应良好，部分性能包线，并试验应急备份系统等。

(4) 特殊检查：一般对于二手飞机，航空公司会依据 AP21-03 表，运营人检查单中的要求，进行一些客户要求的检查项目，包括不限于发动机、APU 孔谈，一些计划维护项目 (MPD) 的执行工作等。

技术交付的流程包括：技术交付团队根据前期与客户航空公司确定的检查项目编制《新型科技标准接机检查大纲》(简称《大纲》)，试飞中心技术部门按照《大纲》中的检查项目，进行工艺文件准备，生产准备完成后，按照大纲分类在飞机上实施检查。交付中心的技术人员模拟客户在现场做检验，待检查结束后，再由制造厂生产车间组织对发现的问题进行整改关闭，在确保检查时发生的问题得到关闭或是转入商务谈判后，确认飞机达到交付状态，技术交付工作结束。

2.2 工作分解结构

技术交付团队根据《大纲》进行梳理，将技术交付中涉及的检查点分为 5 大类，共 282 个检查点。具体包括：外部外观检查、内部外观价差、静态功能测试、动力单元测试、交付试飞测试。在此基础上，技术交付团队对飞机的技术交付工作进行分析，见图 1 所示。

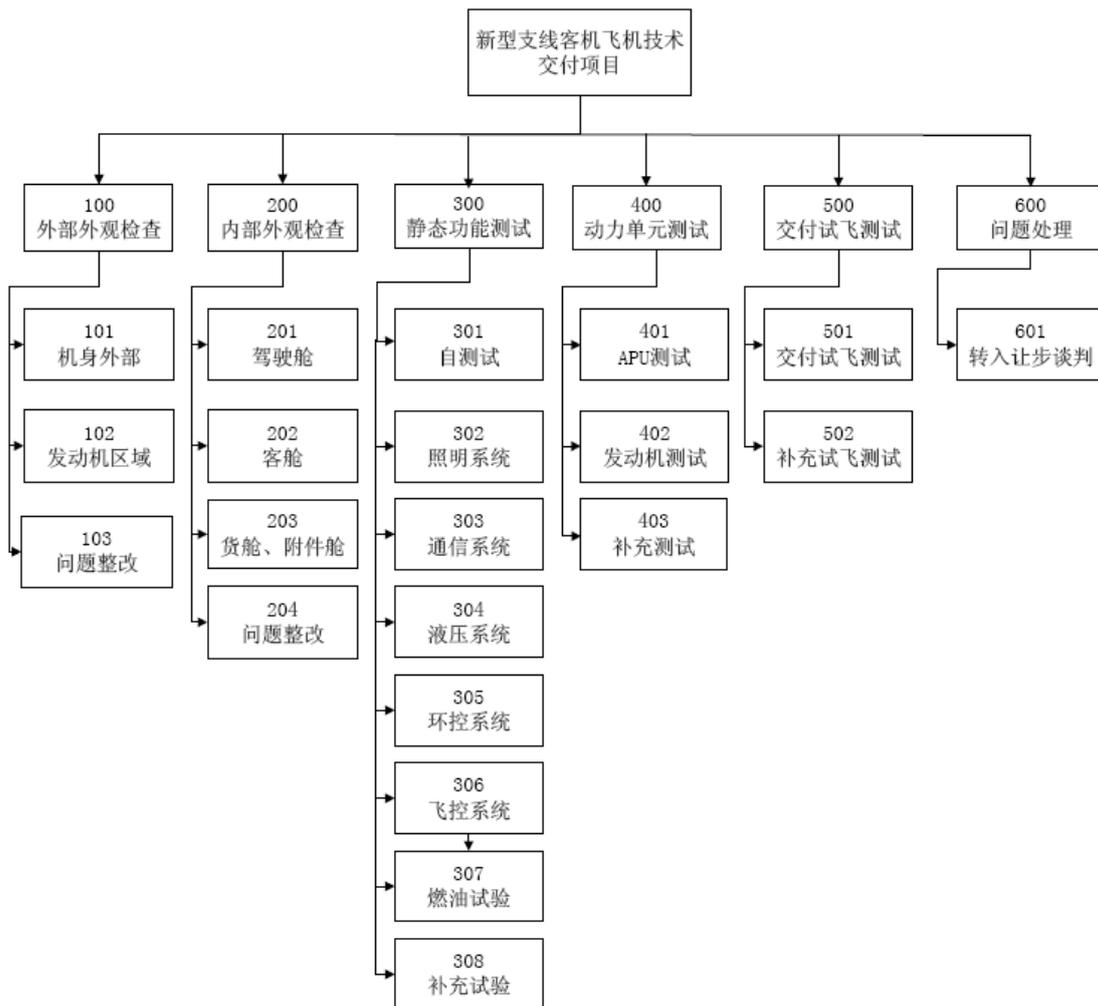


图 1 飞机技术交付工作 WBS 示意图

2.2 进度计划编制

在技术交付工作开始前，将工作的逻辑关系进行梳理，让项目成员对于自己的工作量、前后链接关系、以及对应联系人等信息及时掌握，确保项目的顺利实施和进行。同时也可以分析出哪些任务可以共享资源、并行处理，可以大大缩短项目完成时间。在强制性逻辑关系、组织关系、外部制约关系的约束下，双方的交付团队共同制定任务间的逻辑关系，见表 1。

在确定任务逻辑关系的基础上，需要确定每项工作所需要的时间。在估算项目的工作时间时，经常使用的方法包括专家判断、类比估计、单一时间估计法。本项目采用三时估计法估算时间，具体的时间数据见表 1。三时估计法将工作的持续时间 t 作为一个变量，然后对悲观时间 c 、乐观时间 a 以及最有可能时间 b 估算出来，悲观时间指的是在项目进行时出现意外而导致项目完成推迟所用的时间；乐观时间指的是项目在顺利进行并能够提前完成的情况下所用的时间，而最有可能时间指的是根据实际工作的情况对完成时间估算的值。然后将三个估算出来的值根据 β 分布，将其进行加权平均以后得到的期望值便是工作的持续时间值。计算公式为：

$$\text{期望时间}t = \frac{(a+4c+b)}{6}$$

表 1 技术交付项目的任务逻辑关系及期望时间表（单位/时）

工作包代码	工作包描述	任务代码	任务描述	前置任务	乐观时间	最有可能时间	悲观时间	期望时间
100	外部外观	101	机身外部		5	6	10	
		102	发动机	101	2	3	4	
		103	问题整改	102	6	9	15	
200	内部外观	201	驾驶舱	102	1	2	3	
		202	客舱	102	3	4	5	
		203	货舱、附件舱	201、202	3	5	7	
		204	问题整改	203	6	10	17	
300	静态测试	301	自测试	203	3	5	7	
		302	照明系统	301	1	2	3	
		303	通信系统	301	3	5	7	
		304	液压系统	302、303	3	4	5	
		305	环控系统	302、303	4	6	8	
		306	飞控系统	304	2	4	6	
		307	燃油系统	305、306	5	8	11	
		308	补充试验	308	0	13	17	
400	动力单元	401	APU 测试	307	2	3	4	
		402	发动机测试	401	4	6	8	
		403	补充测试	402	0	7	20	
500	交付试飞	501	交付试飞	403	4	6	8	
		502	补充试飞	501	0	3	3	
600	让步谈判	601	让步谈判	103、204、308、502	2	5	8	

三、案例分析

3.1 专业计算题

请根据表 1 技术交付项目的任务逻辑关系及期望时间表，绘制双代号网络计划图，计算表 2 中每个工序的工期、最早开始时间、最早结束时间、最晚开始时间、最晚结束时间、总时差、自由时差及总工期（每天 8 小时工作时间，不考虑周末），并根据计算结果在网络计划图中标出关键路径，同时说明分析依据。

表 2. 项目时间参数表（单位/时）

编号	工期 (时)	最早时间		最晚时间		总时差	自由 时差
		开始	结束	开始	结束		
101							
102							
103							
201							
202							
203							
204							
301							
302							
303							
304							
305							
306							
307							
308							
401							
402							
403							
501							
502							
601							
总工期							

3.2 专业分析题

不考虑周末的情况下，如果客户要求技术交付工作于 2015 年 11 月 1 日开始，11 月 7 日完成全部交付工作，根据 3.1 中的时间安排，是否可以顺利完成交付工作？为什么？如果不能，可以采取哪些措施，进行工期的优化和调整？

3.3 思政分析题

2014年5月，习近平总书记在中国商飞设计研发中心考察时，指出：“我们要做一个强国，就一定要把装备制造业搞上去，把大飞机搞上去，起带动作用、标志性作用。”请分析自主研发和生产大型客机的重要作用和意义。

注：本案例改编自硕士学位论文。王嘉乐. 新型支线客机技术交付项目进度计划管理[D].上海交通大学, 2017