案例使用说明：

大国智慧：中国商用大客机特色协同创新之路[1]

一、教学目的与用途

1．适用课程：本案例主要适用于《技术创新管理》与《企业战略管理》中复杂产品创新战略、协同创新等知识点的教学。同时，本案例还有助于推进工商管理学科相关课程思政的建设与教学。

2．适用对象：本案例主要适用于 MBA、EMBA 学生以及“商用大客机”专题培训，同时也适用于工商管理专业本科生和研究生的教学以及有一定工作和管理经验的学生和管理者。

3．教学目标：中国商用大客机翱翔天际，标志中国在复杂产品创新领域实现了历史性突破。本案例围绕中国商用大客机打破国际封锁、实现自主研制的历程，识别其作为复杂产品的基本内涵和技术特征，分析不同技术特征所带来的复杂产品研制挑战以及应对挑战的协同创新路径。以期提炼中国特色协同创新模式，回应中国后发企业如何平衡复杂产品的自主研制与开放合作、落实创新战略这一核心议题。本案例的知识点讲授，有利于提升学生相应的能力。

同时，本案例也有助于课程思政教学。习近平总书记在党的二十大报告中指出：“加快实施创新驱动发展战略，加快实现高水平科技自立自强”，深化了对创新发展规律的认识，为提升自主创新能力、构建国家创新体系指明了方向。本案例启发学生思考面对国家战略需求与未来发展道路时，应该如何在航空精神的引领下，将个人发展、所处企业发展融入国家创新体系建设中，实现科技自立自强。

综上所述，教学目标具体体现在如下 4 个方面，如表 1 所示。

---

[1] （1）本案例由北京航空航天大学经济管理学院的欧阳桃花教授、张凤副研究员（通讯作者），北京交通大学经济管理学院的曾德麟副教授，北京航空航天大学经济管理学院的陈昕童、郑舒文博士生、北京交通大学经济管理学院翟瑞婷硕士生、石河子大学经济与管理学院刘文霞教授撰写，作者拥有著作权中的署名权、修改权、改编权。

（2）本案授权北京航空航天大学经济管理学院案例研究创新中心使用，北京航空航天大学经济管理学院案例研究创新中心享有复制权、修改权、发表权、发行权、信息网络传播权、改编权、汇编权和翻译权。

（3）由于企业保密的要求，在本案例中对案例企业名、其他有关名称、数据等做了必要的掩饰性处理。

（4）本案例只供课堂讨论之用，并无意暗示或说明某种管理行为是否有效。

表 1 案例教学目标

Table 1 Case Teaching Objectives

知识传授点	
核心知识点	协同创新的作用路径与特色模式
具体知识点	复杂产品内涵：结构件、系统件（what）
	复杂产品技术特征：显性技术、隐性技术（what）
	协同创新理论：横向协同创新、纵向协同创新（how）
	中国特色协同创新模式（why）
能力提升点	
分析能力	识别复杂产品结构件、系统件的内涵和技术特征及由此带来的研制困境，提升学生对新场景、新业态的认识及在此类情境下的分析能力。
应对能力	深入了解案例中不同协同创新路径的选择与应用，提升学生面对复杂问题的科学应对能力。
思辨能力	通过复盘特色协同创新实践，提升学生思考如何开展后发企业复杂产品创新的思辨能力。
观念改变点	
核心观念	随着第三次科技革命的不断深入，**复杂产品**的研发涵盖了日益广泛且深入的专业领域和技术层次，这使得任何单一组织或个人难以独立拥有完成研发所需的全方位知识与技术能力。在此背景下，**横向协同创新**与**纵向协同创新**日益凸显其重要性，成为突破技术局限与促进产业升级的新途径。
辅助观点	中国商用大客机的一飞冲天并非偶然，而是国家意志、企业使命与历史机遇共同驱动的必然结果。 ● 在国家层面，中国将大客机项目纳入国家战略蓝图，倾注政策扶持与资金投入，依托国家力量整合资源，展现了突破技术封锁、迈向高端制造的坚定决心。

	● 企业层面，承载着民族航空梦想，以自主研制为核心，通过产学研深度融合，不仅跨越技术难关，更在打破国外寡头垄断的产业格局。 ● 国际环境的变迁为中国商用大客机的成功提供了宝贵的机会窗口，助力企业抓住全球合作契机，吸纳国际先进经验，培育国内供应商研制能力以及自身的集成创新能力。 这一过程标志着中国航空工业的崛起，是**自主研制**与**开放合作**的最佳平衡，也是国家实力与**大国智慧**的综合展现。
思政学习点	
微观层面	弘扬航空人创新精神
中观层面	强化企业创新主体地位
宏观层面	建设国家创新体系

二、启发思考题

1．作为典型复杂产品的商用大客机，其基本内涵和技术特征是什么？

2．围绕商用大客机结构件的技术特征，主体单位如何进行协同研制？

3．围绕商用大客机系统件的技术特征，主体单位又是如何进行协同研制？

4．结合中国商用大客机研制过程，归纳提炼中国特色的协同创新模式。

三、分析思路

教师可根据教学目的，灵活使用本案例，此处仅提出可供参考的分析思路。本案例通过识别复杂产品（商用大客机）的基本内涵和技术特征，围绕结构件和系统件的研制历程展开，带领学生逐步分析大客机研制的挑战，并结合协同创新理论探讨主体单位如何通过不同的协同创新路径化解挑战。进而引导学生提炼中国后发企业平衡“自主研制”与“开放合作”的特色协同创新模式。启发思考题的设计遵循由浅入深、循循善诱的原则。

综上所述，本案例的分析思路步骤如图 1 所示。

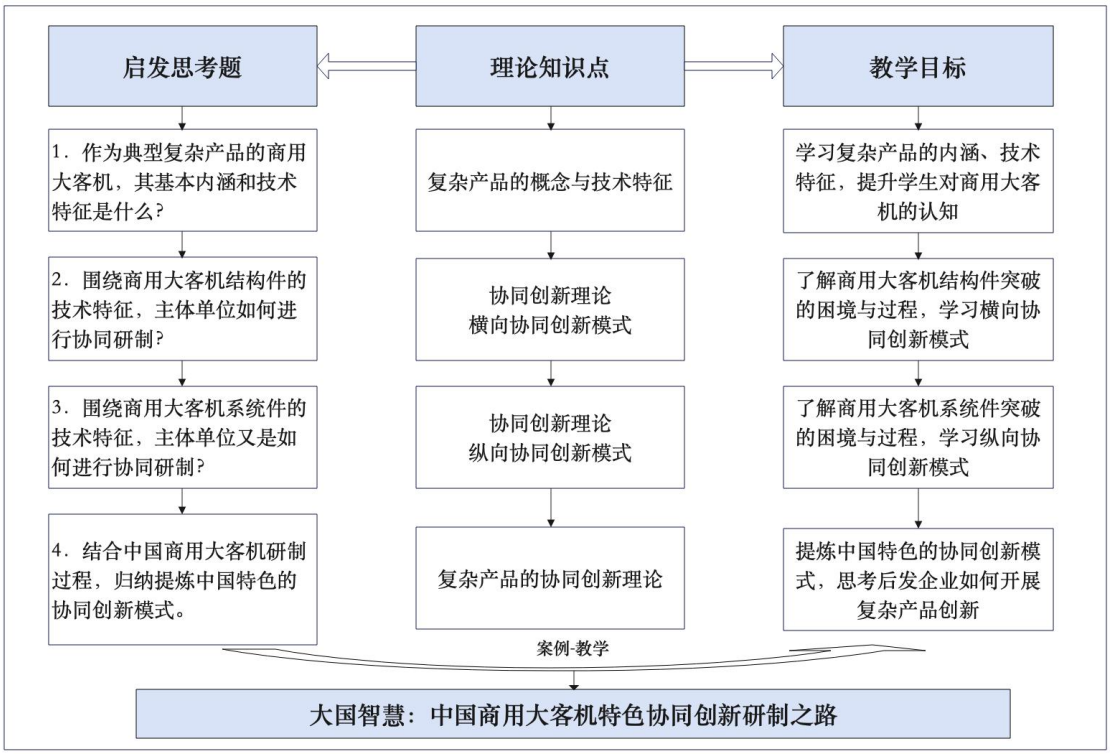


图 1 案例分析思路与步骤

Figure 1 Case Analysis Ideas and Steps

阶段一：引入案例情境。探讨中国研制商用大客机的难点与动因，基于商用大客机基本内涵的梳理引出结构件与系统件的定义。本阶段主要讲授复杂产品技术特征，提升学生的识别判断能力。

阶段二：复盘案例实践——商用大客机结构件研制的难点与化解举措。①引导学生基于结构件的显性技术特征，识别商用大客机结构件研制过程的难点；②探讨主体单位如何采取横向协同创新方式，应对上述挑战。本阶段主要讲授横向协同创新理论，提升学生理论运用与分析、应对能力。

阶段三：复盘案例实践——商用大客机系统件研制的难点与化解举措。①引导学生基于系统件的隐性技术特征，识别商用大客机系统件研制过程的难点；②探讨主体单位如何采取纵向协同创新方式，应对上述挑战。本阶段主要讲授纵向协同创新理论，提升学生理论运用与分析、应对能力。

阶段四：案例实践总结升华。①商用大客机的成功研制是一项复杂系统工程。围绕“主体单位为什么能够实现结构件和系统件成功研制”这一问题，引导学生总结提炼实现“自主研制”与“开放合作”辩证统一的协同创新模式，讲授“后发企业如何实现复杂产品创新的协同模型”；②引导学生思考我国商用大客机的协同创新模式与国外的异同，培育学生创新性与批判性思维。

四、理论依据及分析

1. 核心理论

（1）复杂产品

复杂产品（Complex Products）由多个子系统组成，也称其为复杂产品系统。复杂产品系统（Complex Productsand Systems，简称 CoPS）从过去的大型技术系统演进而来，包括航空发动机、高速列车、人造卫星、喷射战斗机、空间火箭等高端工程产品与系统（Hansen & Rush，1998）。CoPS 与现代工业休戚相关，在当今的经济社会中扮演着越来越重要的角色，甚至影响到一国的综合国力和产品的国际竞争能力。英国大学中心研究人员通过长期的研究发现，英国之所以能够维持其在世界经济中的地位，CoPS 的创新功不可没（Miller & Hobday, 1995）。事实上，CoPS 已成为欧盟经济对抗美国经济的一大法宝，是继美国提出规模化定制概念之后的又一重大产品创新认识突破（Davies, 1997）。

在实际工业中，不同用户对其各自产品的特殊需求较多，复杂产品的研制一般采用定制化、少批量或单批量方式进行（Alblas et al., 2014）。由于复杂产品的研制任务复杂、数量繁多，且其高价值及高成本往往带来高设计风险（Williams, 1999；Browning, 2014）。为提高研制效率、降低研制风险，复杂产品多采用协同模式，如机电设备、风电机组等离不开信息、物料、设备、人力等各项资源有机结合，整个工作流程涵盖定制需求分析、产品功能定义、架构分析、方案评价等（Baccarini, 1996；Turner & Cochrane, 1993）。

（2）协同创新理论

协同创新作为一种复杂产品的创新模式，在推动科技进步和经济发展方面扮演着至关重要的角色。协同创新不是各种组织形式的简单堆叠，而是构建在有机互动基础上的创新生态系统。这一系统以大学、企业、研究机构等为核心要素，通过合作与协调，实现资源共享、信息交流、技术创新和价值创造（陈劲等，2012）。协同创新的形成与外部环境密切相关，随着科技和市场的不断演进，协同创新生态系统也在不断调整和变化。

我国的航空产业作为战略性技术密集产业，是协同创新的重要领域之一（柳卸林和葛爽，2022）。在国家意志的引导和机制安排下，企业、政府、知识生产机构（如大学和研究机构）、中介机构和用户等通过大规模整合的创新组织模式，共同致力于实现航空关键技术创新和重大型号研发。这样的协同创新模式也能促进产业链上下游的知识、技术、人才的连带溢出效应。

2. 案例分析

启发思考题 1：作为典型复杂产品的商用大客机，其基本内涵和技术特征是什么？

出题目的：引入讨论话题，让学生进入教师设定的教学情境中，并明确理论知识点的基本含义。

知识点：复杂产品的基本概念与技术特征

【理论依据】

（1）复杂产品基本概念

Hobday（1995）最先提出复杂产品系统的概念，其指大量专用子系统相互作用的、 高成本工程和信息密集型的定制产品。复杂产品具有研究开发投入大、技术含量高、集成度高、附加值高、产品辐射面宽、连带效应强等特点（Davies, 1997；Kiamehr et al., 2015）。就产品本身的系统性来看，既包含代表复杂功能界面的硬件系统，又含有内嵌式的软件系统。因此，其竞争战略的焦点在于不同系统部件的设计与开发，且以系统集成的方式完成生产。

（2）复杂产品技术特征

技术复杂性是复杂产品的普遍技术特征。依据技术的明示化程度，可将复杂产品的技术特征分为显性技术特征和隐性技术特征。其中显性技术特征指技术易明示化或诉诸文字、图纸等具象化的实物载体（樊霞和赵丹萍，2012），其学习成本相对较低；而隐性技术特征指技术不易明示化，特别是在信息时代极有可能以代码、程序等非具象化方式呈现，且难以在主体间流动共享，因此学习成本相对较高（宋艳丽和王九云，2011）。

【教师引导】

教师基于“案例情境引入（why：商用大客机为什么是一款复杂产品）→关键特征识别（What：作为复杂产品商用大客机有什么技术特征）”的逻辑引导启发思考题 1 的探讨。

首先，引导学生结合复杂产品的内涵，探讨商用大客机为什么是复杂产品，以期理解研制商用大客机的难度和重要性；进而根据复杂产品的系统构成，引出商用大客机的结构件和系统件这一组概念；

其次，引导学生结合复杂产品的技术特征，识别和分析结构件与系统件的技术特征。

【案例分析】

结合教师引导，从以下两方面对本题开展案例分析：

（1）商用大客机为什么是一款复杂产品？

教师先播放案例企业相关视频（九“2．教学辅助视频”）。随后，通过“商用大客机为什么是一款复杂产品？”的问题导入案例情境，使学生初步了解复杂产品的概念、商用大客机的基本信息，以期理解研制商用大客机的难度和重要性。

学生可能的回答：

- 零部件非常多，制造很复杂
- 要保障安全的同时，还要先进和经济
- 商用大客机研制是高风险、高投入、长周期，行业门槛高，只有少数国家可以进入

教师总结分析：

①从研制复杂产品的复杂性和高难度来看，商用大客机是一款复杂产品。复杂产品具有开发投入大、技术含量高、波及范围广以及整合多元技术与知识等特点，而商用大客机正是这一特点的典型代表。首先，商用大客机的复杂性表现为投入大、周期长，从设计、试验、制造到启动生产，每一款机型至少需要数年甚至数十年的攻关以及 20 亿-40 亿美元的资金投入；其次，商用大客机的复杂性表现为工艺难技术难。商用大客机由数十万甚至上百万个零部件组成，制造工艺极其复杂且要求极高。生产过程中会用到大量先进材料和加工技术；最后，商用大客机的复杂性表现为管理复杂，由于商用大客机的高难度技术特点，创新过程必须依靠跨企业的深度合作联盟。所需零部件覆盖多个产业和国家，涉及的供应商多达数千家，管理的复杂程度远超一般产品。这种跨国、多企业的协同合作进一步增加了商用大客机研发和生产的难度与风险。

②从研制复杂产品所带来的重大影响与意义来看，商用大客机是一款复杂产品。商用大客机制造业作为国家经济的中流砥柱与国际竞争力的核心标志，不仅驱动国民经济的发展，也推动产业链的转型升级。总之，商用大客机是国家整体实力的象征，凝结了科研能力、工业制造力及基础工业的精华，是推动国家自主创新、实现战略飞跃的关键点。因此，自主研发商用大客机，不仅是促进我国经济与科技进步的重大举措，更是强化国家综合实力、提升国际地位的战略要务。

综上，教师总结如下：商用大客机作为典型的复杂产品，尽管面临着高风险、高投入、长周期等诸多难题，商用大客机无可争议地占据着战略性高技术产业的显著位置（见图 2）。它不仅是技术与创新的集大成者，也反映了一国在科研、制造及综合国力方面的高端水准。因此，商用大客机作为关键的战略资产，尽管其研制之路充满挑战，但对于国家而言具有极其重要的战略意义。

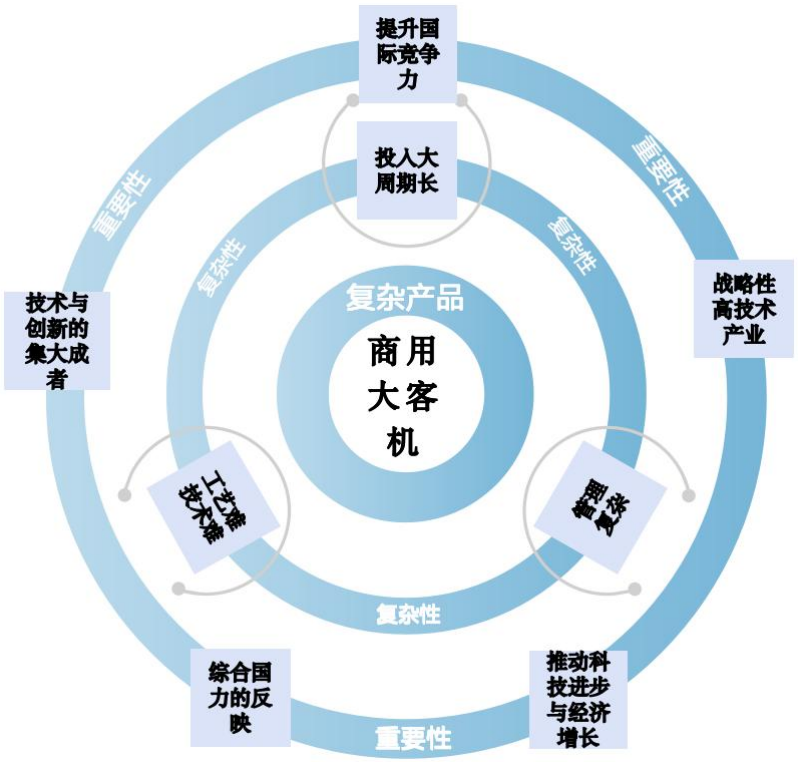


图 2 商用大客机的复杂性与重要性

Figure 2 Complexity and Importance of Commercial Aircraft

（2）商用大客机作为复杂产品，其基本内涵和技术特征是什么？

引导学生学习复杂产品的基本内涵和技术特征。商用大客机分为结构件与系统件两部分，并基于对结构件与系统件的认识，理解复杂产品的技术特征。

授课提醒：教师可引导学生关注复杂产品话题，并理解与认识复杂产品的基本内涵和技术特征。

学生可能的回答：

- 商用大客机包括机翼、机身等机体件以及飞控、航电等机载系统
- 商用大客机的机体是能看得见摸得着的
- 机载系统是看不见摸不着的

教师总结分析：

①复杂产品的概念定义有助于我们理解商用大客机的基本内涵。根据复杂产品定义，复杂产品需要有复杂的功能界面以及内嵌式的系统。据此，可以认为商用大客机的基本内涵有两方面：承担复杂功能界面的结构件与内嵌于商用大客机的系统件。具体来看：

其一，结构件是飞机机体骨架的重要构成，涉及机身、机翼、尾翼三大部

分（如图 3）。决定结构件技术水平的两个关键要素是气动布局与制造材料，前者直接关系到飞机的减阻，先进的气动外形令飞机具有良好的流线型，从而减小飞行阻力，提高飞行效率，降低使用成本；而后者则关系到飞机的减重，在保证飞机有足够强度、刚度和抗疲劳度的情况下，使飞机材料的重量最轻，提高载客（货）率。无论是气动外形设计还是先进材料使用，都表明飞机结构件技术可视化程度较高，存在大量标准件，易于拆分成不同的零组件，同时不同零组件互相影响与牵制关系较小。

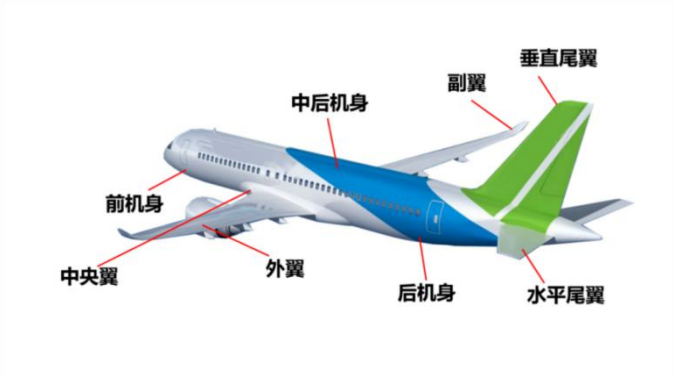


图 3 商用大客机结构件示意图

Figure 3 Schematic Diagram of Large Aircraft Structural Parts

其二，系统件则是为完成各种任务而安装的设备与系统的总称，主要有航电、飞控、环控、通信导航、高升力、液压、着陆、燃油与发动机九大系统（如图 4）。如果说结构件代表飞机的身材与颜值，那么系统件则是飞机的神经，决定着飞机技术先进性。以最复杂的飞行控制系统（简称“飞控”）为例，其主要作用是提高飞机的稳定性与操纵性，保障飞行安全，减轻驾驶员的工作负担，提高乘客的舒适度。不同于结构件，飞机系统件涉及较多的电子元器件与机载软件，其技术往往具有黑盒性质，且更新迭代速度较快，内在的技术逻辑不容易被解构。同时，系统件依据不同机型定制开发，且各个系统件之间、系统件与结构件之间存在互相制约关系，可谓是“牵一发而动全身”，因此系统件的关键技术往往是企业核心机密。

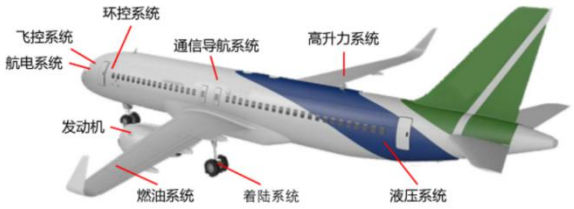


图 4 商用大客机系统件示意图

Figure 4 Schematic Diagram of Large Aircraft System Components

②复杂产品技术特征相关概念有助于理解商用大客机的技术特征。

首先，根据商用大客机结构件的基本内涵识别，可知结构件包含作为功能外观的机身、机翼、尾翼三大部分，以显性技术为主、明示化程度**高。**一方面，不同飞机的外观设计可以通过观察飞机实体、相关文字与图片报道等，直接获取信息。另一方面，结构件研制往往面临的“可以使用哪些机体材料”“包含哪些结构参数”“怎么制造结构件”等问题。中国在承担 AB 公司转包生产过程中，在这方面积累了一定的经验。因此，可以发现代表商用大客机颜值身材的结构件，具备显性技术特征，即较高的明示化程度、具象化的实物载体，以及较低的学习成本等。

其次，根据商用大客机系统件的基本内涵，其包含航电、飞控、环控、通信导航、高升力、液压、着陆、燃油与发动机九大系统，以隐性技术为主。一方面，系统件存在于飞机的内部，同时系统件涉及较多子系统分级且多以代码的形式集成于微小芯片中，难以凭借视觉观察就能够解构出有效的技术信息。另一方面，我国自运-10 搁置后，国内系统件的研制几乎停滞不前，而国外在系统件已经日新月异，迭代了好几代。因此，可以发现代表商用大客机类似大脑灵魂的系统件具备隐性技术特征，即表现为较低的明示化程度、缺少完整具象化载体，以及较高的学习成本等。

综上，教师总结如下：通过学习复杂产品的基本内涵和技术特征识别，发现商用大客机结构件的关键技术特征是以显性技术为主，而系统件的关键技术特征是以隐性技术为主（见图 5）。

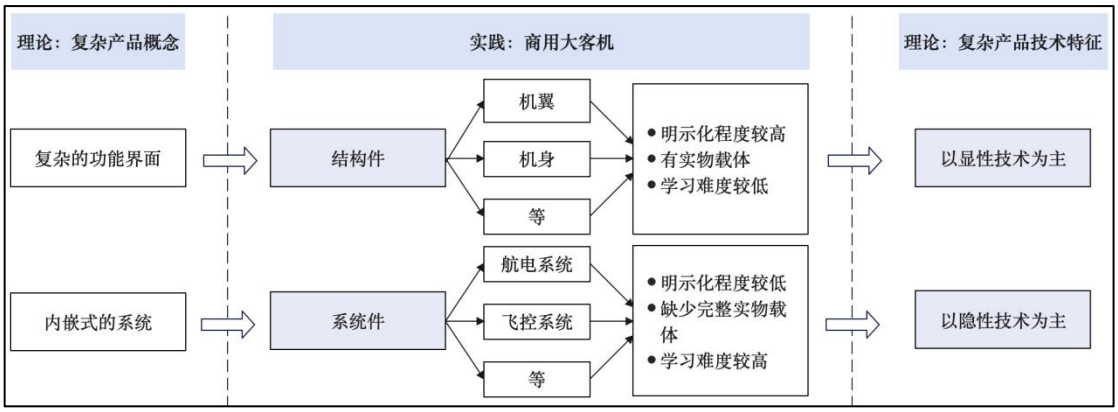


图 5 结构件与系统件对比

Figure 5 Comparison of Structural Parts and System Parts

启发思考题 2：围绕商用大客机结构件的技术特征，主体单位如何进行协同研制？

出题目的：引导学生认识结构件的技术特征与挑战，企业又是如何解决的。

知识点：横向协同创新模式

【理论依据】

（1）横向协同创新模式

横向协同模式主要指产学研范畴内的协同，创新主体一般涉及企业、政府、高校与科研院所等（Etzkowita，2010；刘勇，2016）。横向协同模式的机制应有利于探索新技术或基础研究，侧重于对各主体创新资源的探索。产学研协同创新能力的形成不仅取决于技术创新成果，更取决于在创新过程中是否充分发挥各自所拥有的资源。高校和科研机构的知识创造管理越强，越有可能形成新技术的涌现和现有技术的升级；企业的创新能力越强，越有可能实现技术成果的转化（周正等，2013）。

【教师引导】

教师通过“引导学生案例讨论”与“知识点讲解”穿插的方式进行授课。

首先，引导学生基于结构件的技术特征，识别出企业面临的挑战（What）；

其次，引导学生分析如何通过协同创新应对结构件研制挑战，教师基于小组讨论，协同与相关知识点（How）。

最后，依据“起点—过程—结果—条件保障”分析思路对案例进行分析，进而总结归纳所采用的协同创新路径。

【案例分析】

（1）围绕结构件的显性技术特征，商用大客机研制面临哪些挑战？

目标是引导学生围绕结构件技术的特征，深入思考企业在研制商用大客机的结构件过程中，面临哪些挑战？

学生可能的回答：

- 只知道波音、空客的飞机长什么样，但不知道为什么要设计成这样
- 材料是结构件研制的重点，需要又轻、又安全又经济的材料

教师总结分析：

结构件的显性技术特征主要表现在结构件的气动外形和机体材料两个方面。前者直接关系到商用大客机的先进性与经济性的平衡，即先进的气动外形令商用大客机具有良好的流线型，从而减小飞行阻力，提高飞行效率，降低使用成本。而后者则关系到商用大客机的安全性与经济性的平衡，即在保证飞机有足够强度、刚度和抗疲劳度等高安全性的情况下，总体重量越轻，载客（货）率越高，经济性越突出。虽然企业承接 AB 公司结构件转包生产时，获得了相关参数、资料。但他们只知道结构件该怎么制造，有哪些材料可以选择，却不知道其背后的原理。因此，当主体单位决定研制结构件之时，围绕气动外形和机体材料，面临以下两个挑战：

第一，气动外形的破解难题。气动外形的挑战不仅需要同时兼顾航速、巡航高度与重量等各类参数，同时还要破解各参数背后的原理。企业虽然能够自主选择怎样的气动外形设计，但如何给出科学且明确的结构件参数，这对于企业而言，其经验几乎为零。以气动外形设计为例，一架飞机要先由其市场定位来决定飞行参数，而后依据这些参数设计相应的气动外形。商用大客机若想在市场上具有竞争力，就必须比 AB 公司同类机型飞行效率更高。这“高效率”代表在规定航速与高度下，能够产生足够升力，并且拥有最低阻力。因此，对于企业来说，不是单纯气动布局的设计技术追赶，而是第一次就要设计出比 AB 公司同型号更高效的气动布局，这时候就必须兼顾航速、高度、升阻力等各种飞行参数。以往作为转包生产商的角色，中国虽能接触到具体参数指标，但并未完全掌握这些参数背后的科学原理及它们是如何综合考量各种飞行条件而设定的。而企业作为新进入者即没有“参数”实验数据积累，也买不来“参数”，更无法获知“参数”为什么能兼顾的原理。因此在中国决定自主设计商用大客机时，就不得不面对参数破解的难题，既需要知道气动参数设置为多少，又需要知道气动参数兼顾背后的原理。否则，中国商用大客机的竞争优势将无从谈起。

第二，机体材料的平衡难题。机体材料的挑战在既要满足先进性，又要满足

经济性，这意味着机体材料不仅需要在极端变化与恶劣环境中，保证安全稳定，还需要机体材料的制造成本低。一方面，复合材料看似具有轻质化优势和潜力，但受工艺制约，极有可能将先进性大打折扣，同时还有可能影响安全性；另一方面，铝锂合金作为金属材料，设计方法、加工方法都较为传统，容易掌握，看似没有复杂材料先进，但我国具备一定的工艺基础，安全性易把控，同时还具有经济性。因此，商用大客机项目的核心难题之一便是在这两种材料间找到理想的平衡点——既要发挥复合材料的轻质高效优势，又需充分利用铝锂合金的成本效益和可靠性，这一平衡不仅关乎商用大客机的先进性，更是其能否在 AB 公司中取得竞争优势的关键。

综上，教师总结如下：结构件的显性技术特征在一定程度上降低了其学习成本，并为我国能够参透其原理性技术难题提供了可能。但由此而来的是需要重点解决气动外形与机体材料两方面难题，实现先进性、经济性与安全性的最佳平衡。

（2）企业采取何种协同创新模式破解的呢？

本小题属于决策型问题，目标是基于上一题中的挑战和对案例正文相关细节的理解，引导学生分析企业主如何通过协同创新应对结构件挑战的，帮助学生掌握横向协同创新模式知识点。

学生可能的回答：

- 集中国内飞机气动专业百位顶尖专家
- 产学研合力突破新材料
- 举国体制保障、理想信念驱动

教师总结分析：

结合上述归纳的挑战可以发现：一方面，结构件自身的显性技术特征以及中国参与 AB 公司结构件转包生产的经验积累，使得商用大客机的结构件研制有望实现原理性突破；另一方面，为打造具有市场竞争力的商用大客机，企业还需要在气动外形设计和机体材料选择方面持续发力。**为此企业基于横向协同创新路径，通过与高校、研究院所开展原理性、前沿性攻关，实现结构件研制（见图 6）。**具体路径如下：

起点：聚合科研力量，实现原理性探索。①在气动外形设计方面，首先主体单位集中了来自高校、研究院等组织的 100 名国内飞机气动专业最顶尖的专家，组成 8 个团队联合攻关，为商用大客机设计出千余种气动外形方案。其次为实现优中选优，主体单位创新提出对气动外形方案进行三维数字建模并利用超级计算机进行分析优选。由此不仅改变了以往二维图纸的传统工作方式、提高了研制效

率，还依托先进工具，探索了气动外形设计的底层逻辑。②在机体材料突破方面，综合考虑我国工艺积累与产品定位，既延续主流方案使用碳纤维复合材料，又适当降低其机体覆盖率，并尝试使用第三代铝锂合金材料平衡了复合材料在安全性和经济性方面的不足，顺利推进铝锂合金从第二代到第三代的跨越。

过程：牵头成果转化，形成原理性溢出。①气动外形设计方面，优选的原理性方案还需要通过风洞试验的检验方可投入应用。在我国风洞试验设施尚不健全的背景下，主体单位尝试与国外风洞机构谈判与合作，通过参与风洞试验全过程，掌握气动外形各项参数的“来龙去脉”。由此，也形成了推动我国民机风洞试验力量建设的溢出效应，在此之后哈尔滨、绵阳、沈阳等各地先后建立起大型风洞，可以承担越来越多国产商用大客机的风洞试验任务。②机体材料突破方面，正因为主体单位走出了一条复合材料与铝锂合金两者都用、互为补充的道路，进而建立起中国人自己的材料规范。这在行业内是首次的，也将对行业发展带来极大的溢出效应。

结果：企业主导的产学研深度融合创新联合体。面向商用大客机项目结构件的自主研制，形成了以主体单位为中心的创新联合体，实现了结构件原始性知识与技术的探索与溢出，推动了我国航空产业的巨大跨越。

条件保障：举国体制与使命驱动。正因为商用大客机项目承担着振兴中国民航工业、推动中国制造产业转型升级的重任，因此在结构件横向协同创新路径中，企业形成了不同于西方或一般产品供应链模式下的、基于博弈的利益交易，快速实现国内各高校、研究院所和企业的高度协同。这是我国举国体制的优势所在，也是各协同单位“大国重器”使命感的重要体现。

综上，教师总结如下：结构件具有显性技术的特征，即明示化程度高，学习成本相对较低。企业可通过横向产学研协同、实现结构件原理知识技术攻关。进而言之，原理性攻关往往具有高风险和长周期的特点，这对于大部分企业来说，往往难以独自承担全部的攻关任务。而高校和科研院所的自由探索却为原理性攻关提供了前沿性积累。因此在企业的横向协同创新得以顺利实施：一方面在于高校和科研院所贡献创新成果与攻关人才，另一方面在于企业为其创新方向提供市场需求导向，从而研发出更符合市场需求的技术，促进原理性成果的顺利转化。而高校和科研院所在此过程中也获得了前沿技术发展趋势，为后续理论创新提供知识储备，从而实现横向协同创新的正向循环。

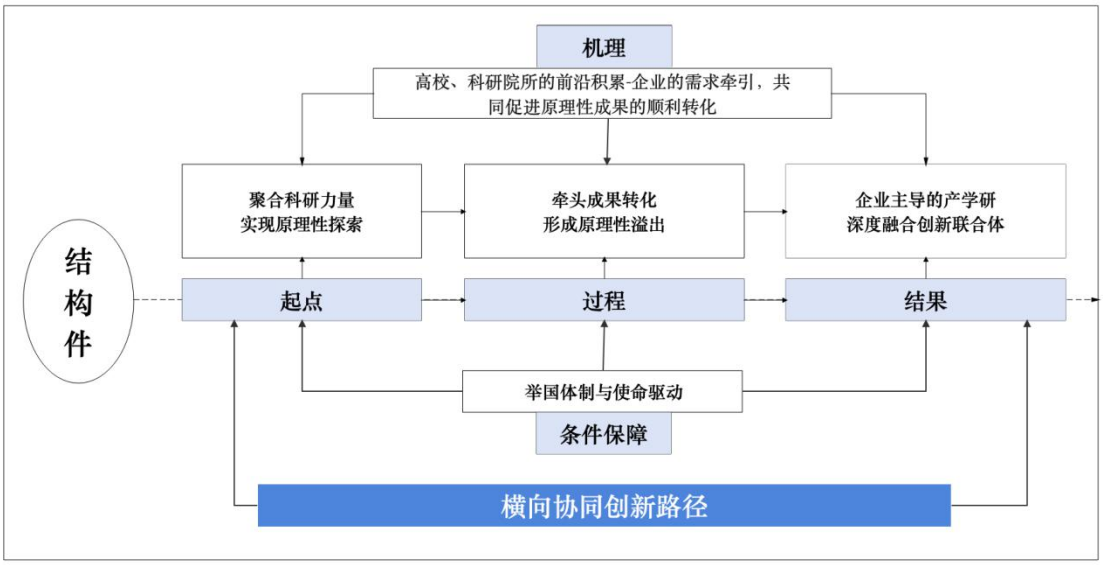


图 6 围绕结构件的横向协同创新路径

Figure 6. Horizontal Collaborative Innovation Path around Structural Parts

启发思考题 3：围绕商用大客机系统件的技术特征，主体单位又是如何进行协同研制？

出题目的：让学生基于对系统件技术特征的认识，思考系统件的技术特征，企业会面临的挑战有哪些，又是如何解决的。

知识点：纵向协同创新模式

【理论依据】

（1）纵向协同创新

纵向协同创新一般指基于产业价值链的相关企业建立的协同，创新主体往往具有上下游关系的企业群（Bergeni et al., 2011; 王明辉，2015）。纵向协同创新的机制有利于整合产业价值链各主体的技术与资源，从而快速满足市场需求。产业价值链的协同创新能够使分散的创新资源要素集中起来，提高资源的有效利用效率，优化资源配置，避免资源的重复利用和浪费。同时，突破创新主体间的壁垒，从单个企业向跨领域、多主体的协同创新网络转变，并直接影响产业链中各个节点企业的知识的流动和共享，加快知识的更新速度，提高企业创新绩效和竞争优势（李宇和王俊倩， 2013）。总之，正如 Duysters 和 Lokshinp（2011）的研究发现，企业追求纵向整合是为了确保现有产品或服务的成功商业化，而与科研单位的横向合作则是为了开发新的基础性技术。

【教师引导】

教师可以通过“引导学生案例讨论”与“知识点讲解”穿插的方式进行授课。

首先，引导学生识别系统件研制过程中的主要挑战（What）；

其次，引导学生分析如何通过协同创新应对系统件研制挑战？总结归纳所采用的协同方式与相关知识点（How）。

【案例分析】

（1）围绕系统件的隐性技术特征，商用大客机研制面临哪些挑战？

学生可能的回答：

- 本身技术难度很高、不容易解构，先发国家还会进行封锁和管控
- 先发国家会专注于系统件的迭代，以期进一步拉开距离
- 通过制定一些技术标准让中国更难达到国际市场准入的门槛

教师总结分析：

不同于结构件，商用大客机的系统件往往会包含多个复杂的子系统，存在多层嵌套关系。这使得其内部技术原理难以被观察到，技术逻辑更是难以被解构和学习。由此表现出鲜明的隐性技术特征。不仅如此，系统件作为商用大客机的核心竞争力体现，先发国家还会针对其设立严苛的防护与独占机制以防后发者追赶，由此带来了如下两方面挑战：

技术标准的符合难题。评判商用客机的技术标准就是其是否能够安全地在空中航行。每一架客机只有进行“适航取证”后才可投入商业运营，这需要适航标准来进行评判，所以商用客机的技术标准就是适航标准。而要符合这一标准并不容易，原因在于彼时中国在商用大客机研制方面存在技术和市场双重劣势：技术方面，虽然中国的航空产业在军机领域有较多的技术积累，但军机系统与民机系统的开发标准截然不同，军机因其不需要商业化所以可自定适航标准，而民机有公众、飞机制造商与航空运营商普遍达成共识的适航标准；市场方面，由于 AB 公司垄断着绝大部分商用大客机市场，因此拥有制定适航标准、严把国际市场准入的绝对话语权。反观中国，在商用大客机的系统件研制期间，极有可能面对国际上陆续出台一系列新的适航条款和修正案。那么企业就要在缺乏相关技术知情权、话语权的背景下，花更长的时间、更多的成本来持续逼近这一不断变更的国际性适航标准，以期获得投入市场运营的资质认可。

技术迭代的壁垒难题。系统件以信息技术与半导体技术为依托，根据摩尔定律其性能将会以指数的形式增长。先发国家往往致力于通过系统件的更新迭代进一步拉开与后发追赶者间的距离、筑起更高的技术壁垒。以飞控系统为例，从 20 世纪 50 年代起共发生了三次技术飞跃，这意味着我国若继续沿用以往购买国际供应商所提供的成熟产品的路线，则即使买得来系统件，也难以持续、密切跟

进其最新的产品参数设计。这不仅增加了研制周期和风险，同时即使研制出来也极有可能被国际市场先进水平淘汰。

综上，教师总结如下：商用大客机系统件的隐性技术特征，使得我国既要严格按照由先发国家所主导的适航标准进行系统件研制，又要避免被快速迭代的系统件先进技术水平拉开差距甚至淘汰。这就要求企业既要开放合作，优选达到国际适航标准、具备适航审定经验的海外供应商，又要培育自身的系统件开发与集成能力以掌握核心主导权。

（2）企业采取何种协同创新方式破解呢？

本小题属于决策型问题，目标是引导学生分析企业如何通过协同创新应对结构件挑战的，帮助学生掌握纵向协同创新模式知识点。

学生可能的回答：

- 与优质的国外供应商开展合作
- 重点培育国内供应商的能力
- 国内外供应商联合供应

教师总结分析：

系统件的研制不能“闭门造机”，开放合作的必然选择。但如何进行开放合作以免丧失对系统件的主导权是企业需要重点考虑的问题。庆幸的是，在全球金融危机的背景下，许多系统件供应商因市场需求锐减而面临销售压力、亟待寻求合作，这为企业得以与国际供应商谈判合作提供了良好机遇。**企业采用纵向协同创新路径，以合资合作形式联合上游国内外供应商开展集成性创新，实现系统件研制（见图 7）。**具体路径如下：

起点：抓住历史性机遇，明确供应商标准。2008 年世界金融危机对国外系统件供应商带来巨大的冲击，为中国企业与之合作提供了历史性机遇。对国外系统件供应商来说，如果能出现除了 AB 公司以外的第三家商用大客机研制主体，理论上也能增强他们的议价能力。因此在双方的共同促成下，纵向协同具备了良好开端。在此之后，企业以合资合作为准则，严把供应商选择标准，即不仅评估供应商的技术实力和产品性价比，更将合作态度视为核心考量因素。原因在于，企业希望通过合资合作模式最大程度地吸引国际顶尖供应商加入，从而提升国内供应商系统级产品的自主研制，批量量产与售后服务能力。

过程：把握核心主导权，孕育集成创新能力。为了紧跟系统件迭代升级趋势、把握全过程主导权，企业一改以往采购成套产品、不过多介入研制细节的模式，而是选择了挑战极高的自主设计集成。这一过程的思路是：首先需要研究整体工

作包如何分解和集成，在综合考虑先进性和经济性基础上，对分系统进行自主设计，再选择相应的下游供应商承担分解后的工作包及分系统的研制任务。由此，企业不仅具有更高的主动权和对项目的掌控能力，同时还能促进系统件开放性和灵活性的提升，即可以随时根据市场需求进行创新设计、升级换代。

结果：供应链上下游协同的合资合作联合体。围绕商用大客机的系统件研制，形成以主体单位为中心、国内外供应商合资合作的联合体，围绕系统件的分解与集成，构建其研发、生产装配和实验能力，以期缩小我国航空产业在系统件领域的巨大差距并带动国内航空产业链发展。

条件：市场竞争与国产替代。对于由国外提供的系统件产品，企业有两手准备。一方面，尽量杜绝唯一国外供应商，通过不同供应商的充分竞争来保证合理经济性与供货周期。另一方面，在进口的同时坚持研发可替代产品，掌握产品开发的核心知识，不断提高国产化率，防止技术被卡脖子。因此，正是由于市场竞争的存在，企业才能主导与国外多个供应商形成长期合作的关系，同时，由于国产替代的要求，企业有动力主动参与国内供应商的系统件研发之中。

综上，教师总结如下：系统件的隐性技术特征，即非明示化和学习成本高，使得企业要想在短时间内实现兼具安全性与先进性的系统件研制，就需要联合国内外供应商、以合资合作形式协同攻关。其背后的逻辑在于：其一对于国外供应商来说，经济危机对其订单需求的削弱以及打破 AB 垄断增加议价能力的需要，使得其愿意加入这一协同路径以拓展全球战略布局。其二对于国内供应商来说，与国际先进供应商合作将有助于促进隐性技术知识的转化、传递与共享，以期提升国内供应商的系统件自研能力、加速系统件的国产替代化进程。其三对于企业来说，这既有助于项目风险的管控与分摊，也有助于辐射带动中国航空产业链的成长与发展，更为重要的是探索了一种新型协同创新路径。这种路径不是基于单纯的买卖关系，而是致力于实现协同多方的共同体式成长。

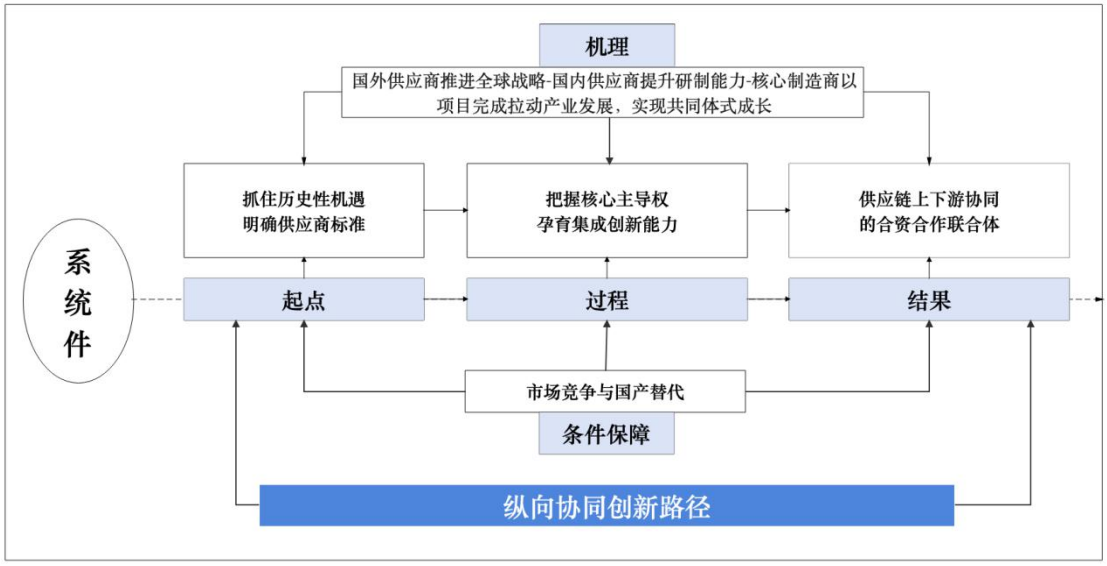


图 7 围绕结构件的横向协同创新路径

Figure 7. Horizontal Collaborative Innovation Path around Structural Parts

启发思考题 4：结合中国商用大客机研制过程，归纳提炼中国特色的协同创新模式？

出题目的：引导学生结合复杂产品的协同创新知识点，共同提炼中国特色的协同创新模式，并与国外相关模式进行对比，思考中国特色的具体表现。

知识点：复杂产品的中国特色协同创新理论

【课程思政元素】

国家创新体系建设

科技自立自强

国家战略科技力量

【理论依据】

（1）复杂产品的协同创新理论

后发国家的复杂产品技术创新往往面临技术劣势和市场劣势弥补劣势，为提高价值增值活动的过程，不仅是简单模仿新技术，更是通过创新超越先行者（李、利姆，2001）。基于此，现有研究指出商用大客机结构件的自主可控与系统件的开放创新，是后发国家进行商用大客机等复杂产品技术追赶的关键。商用大客机的研制是高度复杂的系统工程，其成功的关键并不在于某个单项技术是否足够先进，而在于中国是否具有从顶层把握产品设计概念，并且整合各个独立零部件以实现整机协调的能力。该能力涉及多组织的协同合作，对提高超复杂产品的创新绩效至关重要。主体单位作为制造商，自主进行飞机的总体设计与系统集成，分

别针对结构件采取国内产学研联合攻关的模式，系统件采取促进国外供应商与国内企业合资合作的模式，最终实现超复杂产品创新。

【教师引导】

教师可以通过总结商用大客机自主研制的轨迹，引导学生思考后发国家企业之所以能够实现复杂产品的技术创新，关键在于走出了一条特色创新协同之路、达成了“自主研制”与“开放合作”的辩证统一；进而从理论层面进一步提炼这一特色协同创新的理论模型，以期启发学生深入理解中国特色的协同创新模式。

首先，教师总结中国复杂产品协同创新模式，以及为什么可以成功研制商用大客机（How+Why）；

其次，引导学生通过对比中国这一模式与以 AB 公司为代表的发达国家寡头企业所采用的模式的不同，思考其背后的“特色”所在（What）。

（1）中国商用大客机的协同创新模式是什么？

本小题的目标是围绕复杂产品协同创新理论知识，引导学生思考中国协同创新模式特色以及“自主研制”与“开放合作”的辩证统一。

【案例分析】

学生可能的回答：

- 产学研合作实现了结构件的研制
- 国内外供应商合资合作解决了系统件的问题

教师总结分析：

商用大客机的研制是高度复杂的系统工程，其成功的关键在于，通过分解复杂产品的内涵与技术特征，选择匹配的协同创新路径，实现“自主研制”与“开放合作”的辩证统一。具体来看：

在结构件的研制方面，主体单位采用横向协同创新路径。这一路径将高校、科研院所的自由探索与原理性积累优势，与企业贴近市场的需求导向和生产经验紧密整合，形成了原理性探索、转化、溢出、反馈的闭环。由此不仅实现了结构件在气动外形设计、机体材料突破等领域的原理性攻关，同时还推进国内相关试验基础设施建设以及材料规范制定，引领科学技术的进步与发展。

在系统件的研制方面，主体单位采取纵向协同创新路径。通过引进国际先进的系统供应商与国内供应商建立合资合作战略伙伴关系，跨越了系统件技术壁垒、加速了系统件的适航认证进程。同时还培育了国内供应商，在系统级产品的研发集成创新能力，辐射产业链发展，为推动我国航空产业综合技术水平与国际先进

水平的快速接轨提供了强有力的支持。

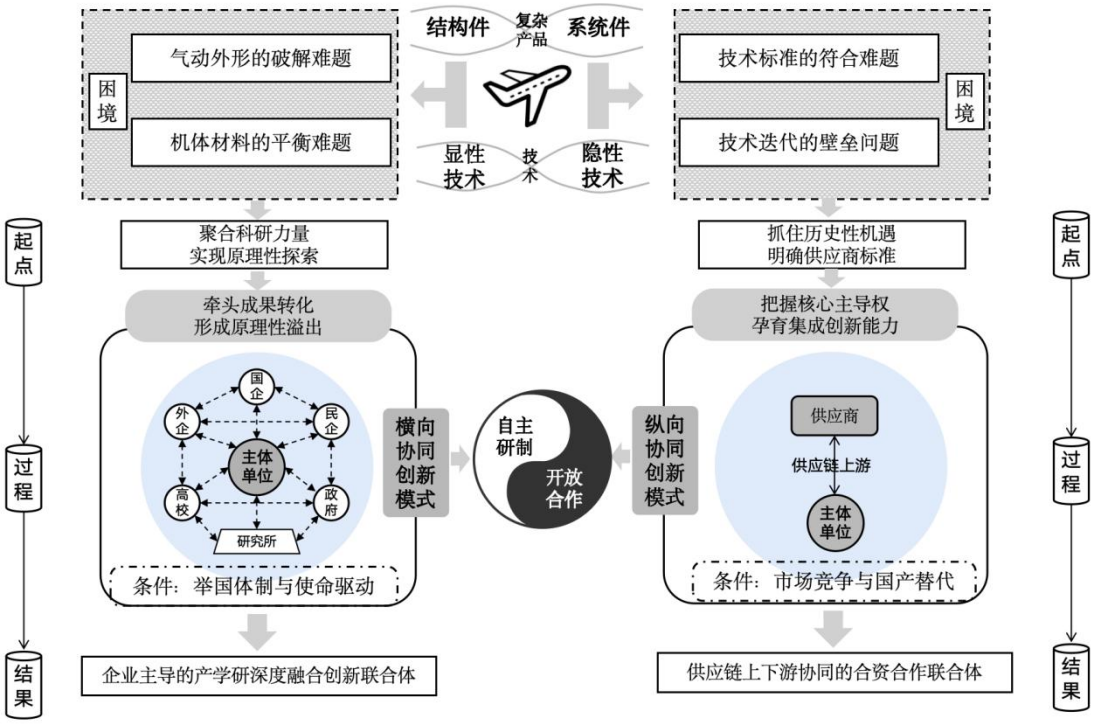


图 8 中国特色的协同创新理论模型

Figure 8 Theoretical Model of Collaborative Innovation with Chinese Characteristics

总体来看，商用大客机不仅在总体设计与系统集成上保持了自主权，还在关键部件的研制上实现了开放合作与自主研制的有机结合。这种协同模式不仅体现了对全球资源的高效整合能力，还展现了中国在复杂产品创新中的战略智慧，如图 8 所示。

（2）中国特色的协同创新模式有何独特之处？

本小题的目标是引导学生开展对比讨论，比较中外商用大客机的协同创新模式，思考我国模式的独特之处。

学生可能的回答：

- 非利益主导
- 多方共同成长

教师总结分析：

中国特色协同创新模式与发达国家寡头企业常用的协同创新模式有所不同，前者具有成长型**协同创新模式特征，后者则具有成本型协同创新模式。**具体表现在目标、基础、形式、逻辑和内核五个方面的差异（如表 2）：

表 2 成长型协同创新模式与成本型协同创新模式差异比较

Table 2 Comparison between Growth Collaborative Innovation Model and Cost Collaborative Innovation Model

比较要素	成长型协同创新模式（中国企业）	成本型协同创新模式（AB 公司）
目标	研制商用大客机，并带动民航产业发展	选择质优价廉的组件
基础	知识限制，经验缺乏	知识雄厚，经验丰富
形式	结构件：横向协同创新 系统件：纵向协同创新	AB 公司直接管理全球的核心供应商
逻辑	强调共同成长的共生逻辑	强调市场竞争的博弈逻辑

从基础与目标来看：发达国家寡头企业如 AB 公司的协同创新行为全赖于先进企业的优势资源能力如知识基础与开发经验，以全球价值链低成本采购为导向，致力于选取质优价廉的配套组件以优先保证 AB 公司的利益。然而后发国家企业直面知识有限、经验缺乏的制约，以追求技术突破与产业发展为导向，凸显打造“大国重器”的使命感。

从形式与逻辑来看：发达国家寡头企业直接管理全球供应商的行为，本质是建立在西方经典的“资源基础”与“交易成本”理论体系上，通过强调成本与效率，凸显主体单位与供应商之间基于交易的博弈逻辑。而中国商用大客机针对结构件采用横向协同创新路径，针对系统件采用纵向协同创新路径，这一形式构建于主体单位与供应商共同成长的共生逻辑体系上，这既有助于后发国家发挥举国体制优势、集中力量联合攻关，也有利于其通过平衡核心技术自主可控与全球资源开放共享，以实现技术创新。

综上，教师总结如下：成长型协同创新模式体现出“命运共同体”思想，即：一方面中国企业即案例中的主体单位与国外供应商的合作本质上是国与国之间的利益共同体，即：不仅有助于中国利用国际技术优势提升本国技术水平；同时也有助于双方共享市场份额，打破 AB 公司垄断，助力国外供应商议价能力提升与全球市场开拓。另一方面中国企业即案例中的主体单位与国内供应商的合作（多以国内外供应商合资合作形式推进）本质是企业之间、产业之间的责任共同体，即：不仅有助于克服本土企业自主研发的创新惰性，扶持本土零部件生产和服务企业参与制造，实现本土供应链的自主化和国产化；同时还有助于带动航空设备、机场地面设备的研发制造以及航空维修、物流、培训等周边产业的发展，

构建完整的产业创新生态系统。基于命运与共的视角，宽广博大的世界处处充满合作的机遇，只有把本国的利益同世界各国的利益统一起来，才能真正促进全人类的共同成长。

（3）中国商用大客机的崛起有何实践启示？

本题为开放式问题，要求学生在充分认识案例企业研制经历与策略选择的基础上，站在国家或企业家的角度，总结和思考如何实现复杂产品技术创新。

学生可能的回答：

- 国家层面：整体意识和全局思维，
- 企业层面：加大技术研发力度，自主可控

教师总结分析：

在国家层面，重大科技工程如商用大客机的研制被视为国家战略的重要组成部分，强调了国家主导的必要性。由国家决策并成立专门机构来执行，确保了科学、技术和工程层面的问题得到多部门协同解决。例如，商用大客机项目不仅仅依赖单一地方政府或企业的资源，而是通过中央政府的统筹，整合了来自不同部门和地区的资源和技术力量。这种从国家层面统一领导和规划的模式，使得项目能够超越地方限制，发挥全国的技术潜力和资源优势，避免了资源分散和重复建设的问题，同时激发了地方和企业的参与积极性。

在企业层面，作为商用大客机项目的主导者，承担了从技术研发到产品运营的全过程，体现了自立自强和自主可控的重要性。中国企业即案例中的主体单位通过建立自主产权的复杂产品开发平台，不断提升复杂技术产品的自主研制能力。面对高度复杂的技术挑战，没有简单依赖国外技术，而是选择适合的协同创新模式，逐步解决技术和工艺问题，培育了企业的核心竞争力。

综上，教师总结如下：大国之翼的崛起，特别是在商用大客机项目中，深刻揭示了国家主导与企业勇担相结合的强大驱动力。国家层面的战略部署凸显了集中力量办大事的体制优势，与此同时，也需要企业勇担先锋，勇于探索、敢于突破，在协同创新中走出自立自强、自主可控之路。这不仅是我国科技进步与国家崛起的重要基石，更是大国智慧的充分展现。

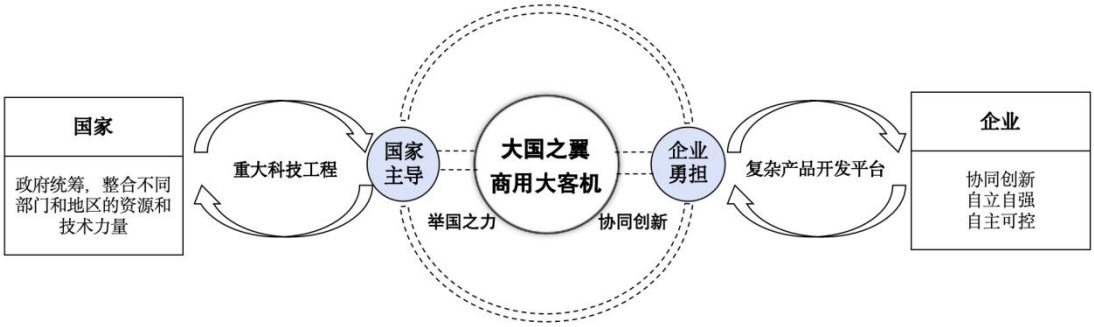


图 9 大国之翼的崛起

Figure 9 The Rise of the Wings of Great Powers

【思政教育】

商用大客机的一飞冲天，其背后既离不开每个航空人“不驰于空想，不骛于虚声”的实干精神；也离不开一批装备制造企业积极发挥科技创新主体地位、推动创新链产业链资金链人才链深度融合；更离不开面向科技自立自强的国家创新体系的支撑和引领。由此，本案例有助于引导学生从个人微观层面、企业中观层面和国家宏观层面来学习相关思政内容。具体如下，

微观层面：深入航空人的精神内核，展示了他们面对极端挑战时，不仅具备深厚的专业技能，更怀揣着对国家使命的忠诚和不懈的创新、工匠精神。商用大客机研制的艰辛历程，满载着航空人突破极限、日夜兼程、战胜封锁的感人故事，这些事迹不仅教授了创新实践的真谛，更激发了学生将个人命运与国家前途紧密相连的责任感，让他们深刻体会到，在国家科技发展的洪流中，每个人的奋斗都是国家辉煌篇章的宝贵章节。

中观层面：强调企业作为协同创新体系核心的引领作用，旨在促进创新链、产业链、资金链、人才链的融合，加速科技成果转化。通过确立企业创新主导地位，并纳入国家科技战略决策，建立长效协同机制，不仅推动了企业向创新驱动转型，更为学生呈现了紧跟国家战略、勇担创新重任的企业典范，启迪他们理解企业行为与国家发展战略的内在契合。

宏观层面：在全球科技的竞技中，国家通过构建开放创新生态系统，拓宽国际合作界面，实现技术、资本、人才的全球流动与思想文化的深度交流。商用大客机案例生动诠释了如何在国家引导下，企业与国际伙伴合作，既汲取前沿技术，又自主创新，实现了技术飞跃与国际地位的提升，向学生展示了国际合作与维护国家利益的双赢路径。

五、背景信息

商用大客机由数百万零部件构成，覆盖了机械、电子、材料等几乎所有的工业门类，涉及空气动力学、系统工程、项目管理等数百种学科，因此世界上能研制生产商用大客机的国家少之又少，主要以美国、俄罗斯、欧洲等国为代表，商用大客机的成功研制，不仅意味着中国跻身世界一流国家行列，也能带动几百个产业升级、促进国家提高产品附加价值与高端制造业水平。纵观飞机制造业近百年的历史，自 20 世纪 50 年代初喷气飞机问世以来，几乎每隔 10 多年就出现一批具有不同技术特点的商用大客机。至今，商用大客机的发展已经进入第五代飞机，而全球商用大客机市场也经历了从百花齐放、到美国独霸、再到美欧双巨头垄断，直至今日后起之秀中国商用大客机初登舞台的演化历程。

第一代到第二代：百花齐放中渐显美国霸主。第一代商用大客机于 20 世纪 50 年代投入航线运营，代表机型有美国的波音 707、DC-8 和前苏联的图-104 等。其主要技术特点是采用涡轮喷气发动机作为动力装置并改变机翼的气动外形，从而提高了飞机的巡航速度和客运量。这三款机型的诞生背景及影响如下：①脱胎于军用飞机制造公司的波音公司二战后在商用大客机领域崭露头角。它凭借原有的军机厂房、设备，并借助政府对军品的投入，在为美国空军研制的 KC-135 空中加油机的基础上，成功研制波音 707 飞机并于 1958 年交付使用，为之后占据全美乃至全球商用大客机霸主地位奠定基础。②生产 DC-8 的美国道格拉斯飞行器公司（后来与麦克唐纳飞行器公司合并成为“麦道”）早在 1936 年就推出了著名的 DC-3，该飞机能载客 30 人，只需在中途一次加油便能横越美国东西岸，再加上首次于飞机上出现的空中厨房及能在机舱设置床位，这款飞机为商业飞行带来了革命性的突破。而 DC-8 则是在此基础上进一步实现飞行距离、速度和载客量的突破，成为 20 世纪 50 年代波音 707 的最大竞争对手。③图-104 由苏联图波列夫设计局（现全名为图波列夫航空科学技术联合体）在图-16 轰炸机的基础上设计制造。早期的图-104 内装简陋，可载客 48 人，飞行中短程航线。后来发展出 70 座的图-104A 以及 100 座的图-104B。图-104 在 1955 年 6 月 17 日首飞成功，比同样是喷气式飞机的波音 707 早了一个月，由此，推动世界民航业进入“喷气式”时代。

第二代商用大客机于 60 年代开始投入航线运营，代表机型包括美国的波音 727、波音 737、DC-9、英国的“三叉戟”和苏联的图-154。其主要技术特点是进一步降低发动机油耗，提高了中近程航线运营的经济性，各系列型号覆盖了从 100 座至 180 座的各个座级，满足了中近程航线的运输需求。这些机型中除了较为熟悉的波音系列、麦道系列和图波列夫系列，有一个新面孔引人注意——英国

本土飞机“三叉戟”。其实这不是英国的第一款本土飞机，早在 1949 年英国的德 •哈维兰公司所研制的人类历史上第一款喷气民用飞机就首飞成功，然而 1953 年至 1954 年期间“彗星”1 型飞机接连发生了 3 次坠毁事故，导致彗星飞机停飞，后续的试验改进也影响了飞机和公司的商业前景。在这一背景下“三叉戟”诞生：1956 年 7 月，为了应对法国南方飞机制造厂新研制的快帆2（号称空客的“序章”），英国欧洲航空公司（BEA）向各个飞机制造商招标，需要研制一款中短程喷气飞机。1958 年 2 月，德 • 哈维兰公司的 1 方案以其先进的技术如自动进近与着陆设备，以及独特的 T 型尾翼和三发设计中选。1962 年 1 月 9 日，“三叉戟-1C”顺利完成首飞。然而这样一款在当时技术先进的飞机，却在商业化运营中被设计类似还有所改进的波音 727 以 10 倍的销量碾压，最终被迫停产。之后波音与洛克希德马丁、麦道三大美国公司占据了全球 97%的民机市场份额，美国在全球商用大客机市场的霸主地位由此显现。

第三代到第四代：美欧双寡头垄断格局形成。第三代商用大客机包括 70～80 年代投入使用的美国的波音 747、757、767、DC-10，苏联的伊尔-86，以及欧洲的空客 A300B、A310 等为代表的宽体飞机。这一代飞机在技术特点上除了进一步降低发动机的油耗外，还重点改善了飞机的巡航气动效率，创新采用铝合金材料以降低机体结构重量。这一时期的全球商用大客机市场可谓欣欣向荣：波音推出了具有划时代意义的空中女王 747，麦道公司推出了日后被改进成 MD-11 的三发宽体机 DC-10，甚至和波音相同岁数的洛克希德公司也推出了他们的第一款也是唯一一款宽体飞机，与 DC-10 设计异曲同工的三发宽体飞机 L-1011 三星飞机。而此时在大洋彼岸，1970 年 12 月 18 日，一家名叫“空中客车”的公司在法国悄悄成立。作为一个由英国、法国、西德共同发起建立的公司，其目标非常明确：欧洲需要在航空制造领域达成更加密切的合作以应对美国的冲击，不然，曾经创造了众多辉煌的欧洲航空工业，将沦为美国航空制造业的附庸。为此空客首先启动了 A300 的研制工作，这也是继协和飞机3之后欧洲的第 2 个主要的联合研制飞机计划。之后空客还推出首次采用电传操纵等一系列新技术的 A320 对标波音 737 系列参加商用大客机市场竞争，并迅速在中短程航线上设立了舒适性和经济性的行业标准，由此奠定了空客公司在民航飞机市场中的地位，打破美国垄断飞机市场的局面。

第四代商用大客机从 90 年代开始陆续投入航线运营，机型以美国的波音 777、波音 737N、欧洲空客的 A330/A340、俄罗斯的图-204 以及伊尔-96 为代表。这一代飞机在机体结构上加大复合材料用量，以大幅度降低机体结构重量；同时动力

装置上采用推力大、油耗低、停车率低、污染小、噪声低的先进发动机。伴随着波音、空客的商用大客机特色与优势越发突出，这一阶段国际商用大客机市场格局发生了系列动荡，如：①波音公司面对空客公司市场份额的快速增长，选择以兼并与收购战略巩固垄断地位。其中最具影响力的当属 1996 年底波音公司与麦道公司合并，使得波音不仅成为全球最大的制造商，而且是美国市场唯一的供应商，占美国国内市场的份额几乎达 100%。②空客公司为了完善机种、打破波音 747 在超大型飞机市场的垄断，开启了超大型飞机研发计划。其代表机型号称“空中巨无霸”的 A380 工程研制工作始于 90 年代中期，2000 年底项目正式启动，于 2007 年 10 月投入运营，成功打破了波音 747 的垄断。③商用大客机制造的全球化与专业化分工逐渐显现，波音和空客两大公司开始将飞机制造产业向中国、日本等需求大国转移，通过跨国合作模式进一步拓展市场。其中日本三菱重工、川崎重工、富士重工三商用大客机公司先后参与了波音 767、777 的机体生产，并签署协议有望共同开发和制造波音 787；同时伴随着空客不断向中国市场投放先进的空客系列商用大客机，空客也逐步在中国建立起工程技术中心以及 A320 系列飞机总装线。

第五代商用大客机：动荡中或迎新格局。如今商用大客机发展到第五代，主要以波音 787、737 MAX、空客 A350XWB、A321XLR 等为代表。这一代飞机极其注重客舱的舒适性和飞行的可靠性、稳定性，同时更大范围地使用复合材料以提高机体可维修性。另外从宽体向窄体发展也是这一阶段的特色之一，因为在新冠肺炎疫情和俄乌冲突的影响下，全球民航市场也受到随之而来的经济通胀影响，呈现航空运输需求不断走高但亏损持续的态势。因此如空客的 A321XLR 作为窄体超长航程飞机，楔入了国际民航运输市场一个独特的领域，突破了以往长航程往往与大容量、宽体飞机相挂钩的技术瓶颈，有助于将航线拓展到那些距离较远、旅客人数和旅行频次又不足以支撑宽体飞机运营的地区。同时尽管波音 787、737MAX 曾先后面临停飞的困境，但波音公司凭借多年的积累依然可以与空客公司在商用大客机市场上分庭抗礼。当然伴随着中国自主研制的商用大客机投入商业运营，未来商用大客机市场格局也许会有更多变数。但如果市场继续保持健康的发展态势，更多具有竞争力的厂商和产品参与其中必将会带来更多益处。

总的来看，大浪淘沙下，美国著名的道格拉斯、洛克希德，后来的麦道，英国、荷兰曾经挑战百人座级飞机的制造厂商，都在商用大客机项目上倾尽全力但最后被淘汰出局。由此可见商用大客机领域技术含量之高、风险之大。且当下商用大客机的市场竞争已不仅仅是产品硬实力之争，波音和空客为了保持其垄断地位和利益的持久最大化，试图通过适航标准、规范的制定和推广将产品的直接市

场竞争演变为市场准入限制这类“软竞争”。在这一背景下，后来者要想在国际商用大客机市场上占有份额，可谓困难重重但又意义重大。

六、关键要点

1. 案例分析关键点

本案例的关键点包括以下三个方面：

（1）结合复杂产品的概念与技术特征相关知识点，引导学生结合我国自主研制商用大客机的背景，思考结构件与系统件的技术特征为其研制所带来的挑战。

（2）结合协同创新理论，引导学生从横向协同创新与纵向协同创新深入分析如何应对结构件、系统件各自的研制挑战，归纳相应的协同创新路径。

（3）基于案例实践，提炼中国情境下后发企业复杂产品的特色协同创新模型，并引导学生思考商用大客机崛起所带来的理论、实践和思政启示。

2. 关键知识点

本案例围绕国产商用大客机通过协同创新实现结构件、系统件研制这一逻辑主线，主要涉及 3 个关键知识点：

（1）复杂产品基本内涵与技术特征

（2）协同创新理论

（3）后发企业实现复杂产品协同创新理论模型

3. 关键知识能力点

（1）识别判断与问题分析能力：通过对案例分析与启发思考题的讨论，提升学生识别关键概念、分析主要矛盾与矛盾主要方面的能力。

（2）理论运用与管理决策能力：通过教师的引导与知识点的讲解，提升学生理论工具与理论知识的运用能力，进而提升学生的决策能力。

（3）创新性与批判性思维：在理解现有理论与实践内在逻辑的基础上，创新性拓展分析对象，以批判性思维归纳提炼一般规律简介。

4. 关键育人元素

（1）构建国家开放创新生态的必要性。

（2）强化企业创新主体地位的重要性。

（3）深入理解航空人的创新精神。

七、建议课堂计划

1. 课前计划

发放案例正文和相关补充材料，提供启发思考题给学生，请学生在课前完成阅读和初步思考，并预习有关“协同创新”的相关知识点。同时，本案例建议采取小组讨论的形式使用，每组 5~6 人为宜，如教师使用小组讨论方式进行教学，建议课前完成小组组队。

2. 课中计划

（1）课堂开场白

作为不可或缺的工业皇冠，商用大客机的每一颗铆钉都展示着一个国家的工业智慧与科技内涵。2023 年 5 月 28 日，随着东航 MU9191 航班由上海飞抵北京，由主体单位研制的国产商用大客机的商业首飞圆满成功，正式走向全球民航市场。作为我国首次按照国际通行适航标准自行研制、具有自主知识产权的喷气式大型民用客机（以下简称“商用大客机”），商用大客机的一飞冲天标志中国民航制造业实现了历史性创新突破，这一路的艰辛不言而喻。众所周知，在此之前美国波音公司与欧洲空中客车公司（简称波音、空客或合称 AB 公司）几乎垄断了干线客机总体设计与制造技术及全球市场。那么，面对以 AB 公司为代表的先发者竖起的铜墙铁壁，主体单位携其明星产品商用大客机究竟如何破局？进而言之，商用大客机成功的背后蕴含着怎样的特色协同创新模式？

（2）课中教学环节与时间安排

基于案例进行的课中教学环节分为 3 个步骤：情境认知、案例复盘、案例总结升华，整个案例课的课堂时间控制在 90 分钟左右。以下是按照时间进度提供的课堂计划建议，仅供参考，课中计划参考表 3。

表 3 建议课堂计划

Table 3 Suggested Classroom Plan

环节	教学活动	时间	知识点/能力点
情境认知	播放主体单位官方宣传视频《中国商用大客机来了》[①]（3 分 31 秒）	20 分钟	了解商用大客机作为复杂产品的基本架构和技术特征，识别自主研制原因。 学习复杂产品相关内涵、架构、特征； 培养学生系统思考、识别判
	引导学生对启发思考题 1 进行讨论		
	小结：教师基于学生讨论分析启发思考题 1、讲授复杂产品基本架构和技		

	术特征		断与案例分析能力。
案例复盘	引导学生对启发思考题 2 进行讨论	45 分钟	了解商用大客机的结构件、系统件相应技术专用性所带来的自主研制困境与破解措施； 学习协同创新理论； 培养学生理论运用能力、问题解决能力、决策能力。
	小组呈现		
	小结：教师基于学生讨论分析启发思考题 2、讲授横向协同创新理论		
	引导学生对启发思考题 3 进行讨论		
	小组呈现、教师点评		
	小结：教师基于学生讨论分析启发思考题 3、讲授纵向协同创新理论		
案例总结升华	引导学生对启发思考题 4 进行讨论	25 分钟	了解商用大客机作为复杂产品自主研制的中国特色协同创新模式； 学习协同创新理论模型以及中国企业模式与 AB 模式的差异； 培养学生创新性思维与批判性思维。
	小组呈现		
	小结：教师基于学生讨论分析启发思考题 4、讲授**“中国特色的协同创新理论模型”**和**“中国特色的协同创新模式与 AB 公司成本型协同模式差异比较”**		
备注	①链接：http://www.comac.cc/dmt/spzx/		

（3）课中教师引导逻辑

首先，在情境认知的基础上，以国产商用大客机通过协同创新实现结构件、系统件自主研制为主线进行总结与梳理，提问学生商用大客机针对不同的技术特征分别面临了怎样的研制困境，进而讲授相关概念，使学生能够更清晰、全面地了解案例主要内容，引导思路如图 10 所示。

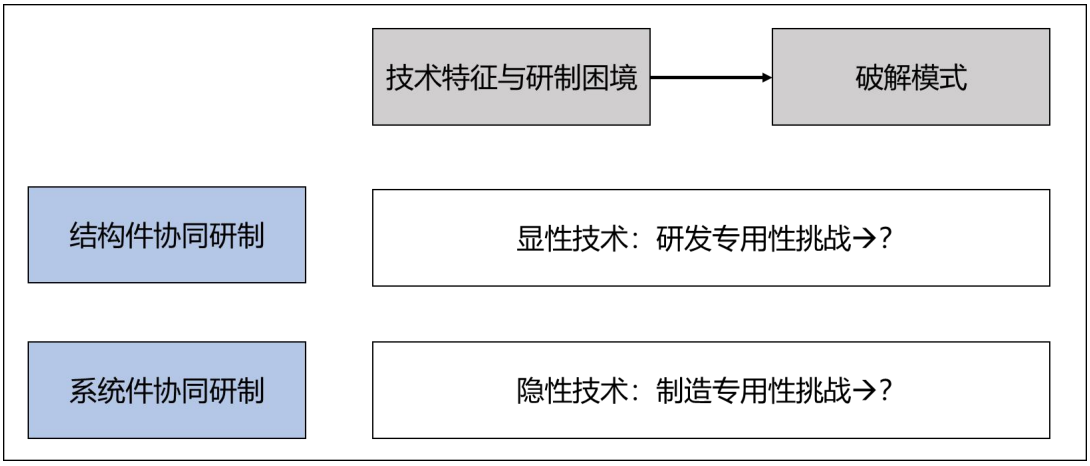


图 10 提问思路

Figure 10 Questioning Ideas

其次，针对国产商用大客机实现结构件、系统件自主研制过程中面临的不同研制困境，引导学生探讨协同创新困境的破解路径，进而引导学生基于国产商用大客机通过协同创新实现结构件、系统件自主研制过程思考后发企业复杂产品的协同创新路径，讲授复杂产品与协同创新的知识点，如图 11 所示。

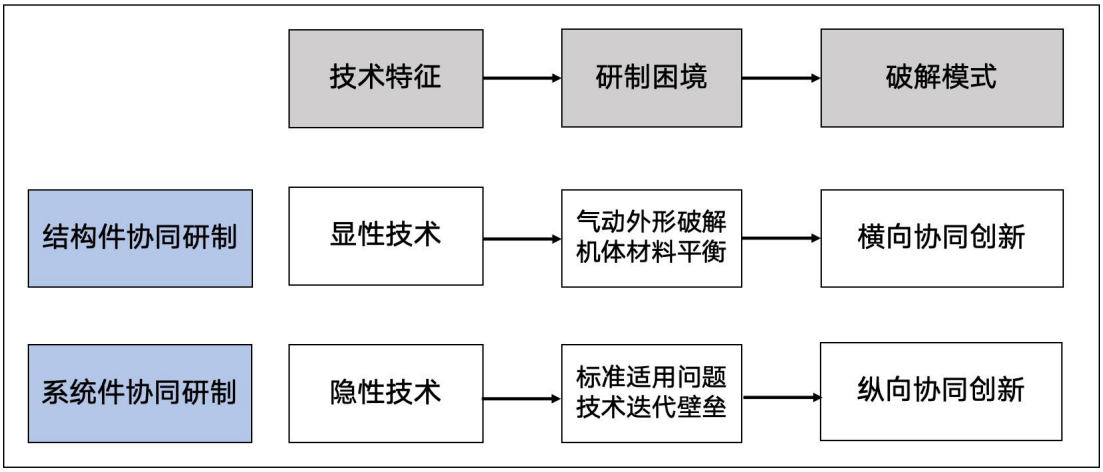


图 11 分析思路

Figure 11 Analysis Ideas

最后，进行案例总结与升华。引导学生总结商用大客机实现结构件、系统件自主研制的协同创新路径及特色模式，教师总结复杂产品与协同创新的知识点，使学生对于商用大客机实现结构件、系统件自主研制的协同创新路径及特色模式有一个系统、全面的认识，进而引导学生思考为什么商用大客机可以通过协同创新实现结构件、系统件的自主研制？探讨协同创新模式，并引导学生思考个人启示。

（4）课堂提问逻辑

在学生课前预习的前提下，可以通过如下提问进行课堂教学，针对案例启发思考题的提问建议可以在小组讨论前抛出问题或讨论后基于问题进行总结，教师可以基于课堂计划灵活调整。9 道问题的课堂提问逻辑建议如下：

- **环节：情境认知**

针对案例启发思考题 1 的提问逻辑

提问 1：大家乘坐过中国商用大客机，商用大客机为什么是复杂产品吗？

*播放商用大客机官宣视频，回应课堂提问，让同学们了解中国商用大客机，引入案例讨论；

*待学生完成讨论后，介绍世界商用客机的发展历程

提问 2：请同学们思考商用大客机作为复杂产品，其技术有何特征？

- **环节：案例复盘**

针对案例启发思考题 2 的提问逻辑

提问 1：基于结构件显性技术的特征，大家认为主体单位在商用大客机自主研制过程中面临哪些困境？

提问 2：主体单位采取何种协同创新模式破解的呢？

针对案例启发思考题 3 的提问逻辑

提问 1：基于系统件隐性技术的特征，大家认为主体单位在商用大客机自主研制过程中面临哪些困境？

提问 2：主体单位又是采取何种协同创新模式破解的呢？

- **环节：案例推演**

针对案例启发思考题 4 的提问逻辑

提问 1：结合中国商用大客机的独特研制情境与历程，同学们能否描述一下我国航空产业的协同模式是怎样？

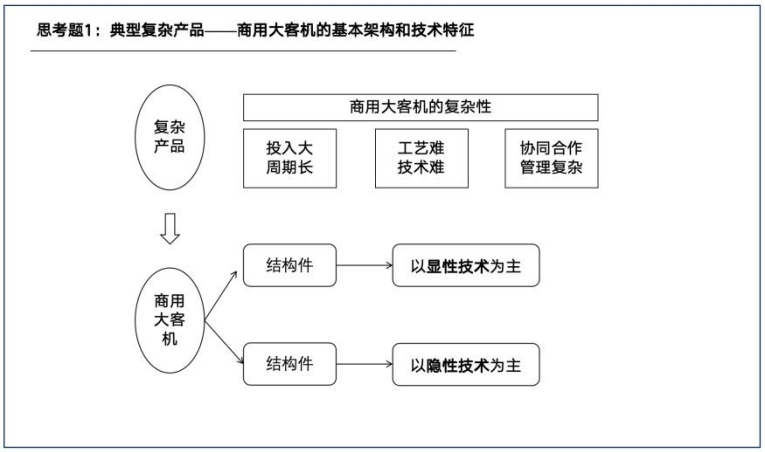
提问 2：与国外商用大客机研制相比较，我国特色的协同创新模式有何特点？

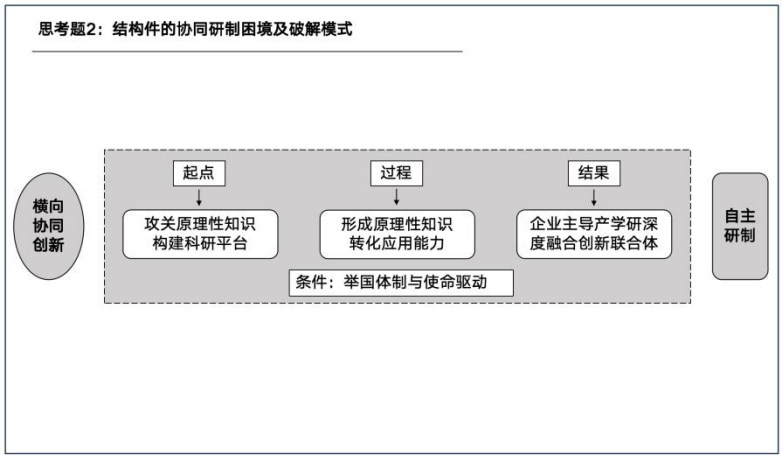
提问 3：国产商用大客机通过协同创新实现结构件、系统件自主研制的故事令人振奋，如果你是某后发装备制造企业董事长，案例会给你带来了哪些启示呢？

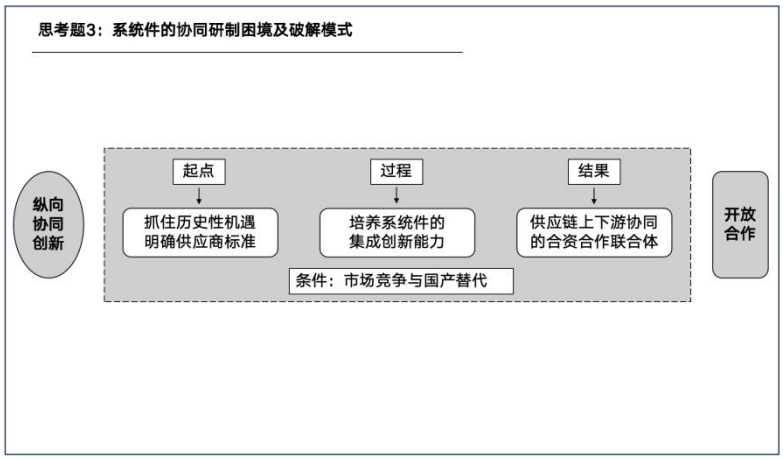
（5）课堂板书设计建议

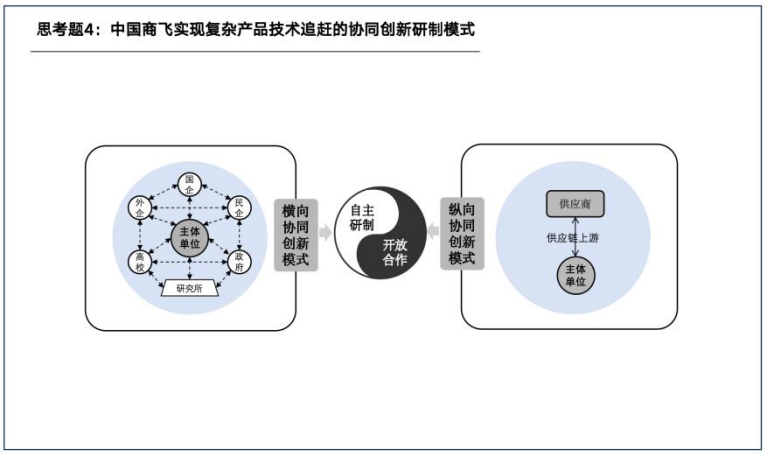
通过梳理案例分析内容，整理案例逻辑脉络绘制的教学板书示意图，详见如

下组图。教师可以根据教学计划进行调整，同时，可以单独使用或结合教学 PPT（见图 12）共同使用。











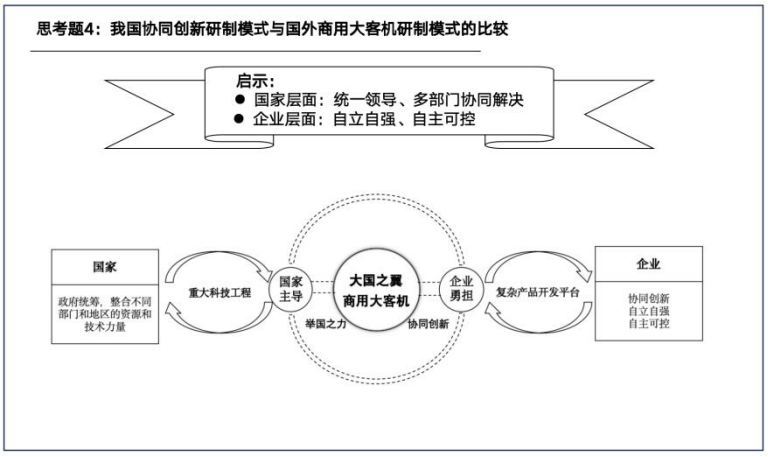


图 12 课堂板书设计图

Figure 12 Classroom Blackboard Writing Design

（6）课程思政建议

本案例具有丰富的课程思政元素，基于知识点与课程思政元素的契合度，将课程思政元素与问题分析的对应关系列举如表 4 所示，思政元素贯穿课程的全过

程。

表 4 课程思政设计

Table 4 Curriculum Ideological and Political Design

课程思政元素	课程思政讲授策略
微观层面：航空人创新精神引领	商用大客机的成功，凝聚着无数航空人夜以继日的汗水与智慧，他们的故事是对“空谈误国，实干兴邦”的最好诠释。通过这些鲜活的个人经历，让学员们意识到个人价值的实现与国家命运紧密相连，每个人的奋斗都是国家荣耀不可或缺的一部分。（可对应启发思考题第 1 题）
中观层面：企业创新主体地位强化	在主体单位的引领下，我们看到了一个以市场为导向、产学研紧密结合的协同创新体系的形成，它不仅促进了科技与经济的深度融合，还加速了科技成果的转化应用。这一过程启示学员，企业的茁壮成长与国家的战略布局息息相关，只有积极响应国家号召，勇担创新使命，企业才能在激烈的市场竞争中屹立不倒，成为驱动国家进步的中坚力量。（可对应启发思考题第 2、4 题）
宏观层面：国家创新体系建设	商用大客机的项目研制不仅引入了国际先进技术，更在合作中坚持自主研发，展现了中国在全球科技舞台上的自信与担当。借此，我们引导学员理解，如何在维护国家利益的同时，积极参与国际科技合作，培养具有全球视野的家国情怀和创新意识。（可对应启发思考题第 3、4 题）

3. 课后计划

结合国产商用大客机通过协同创新实现结构件、系统件自主研制的实践历程，基于复杂产品研制、协同创新等知识点，请学生自选企业案例，进行小组讨论，探究我国后发高端装备制造企业如何实现协同创新？并于下一节课进行小组汇报（汇报时间：7 分钟左右）。

八、案例的后续进展

商用大客机诞生至今，已获得国内外多家航空公司的订单，累计超过 1300 多架，全球超过 31 家客户。特别是航空工业规划总院中标大型客机批生产条件

能力（二期）建设项目。预计到 2028 年，商用大客机年产量能达到 150 架。同时，主体单位正积极推进商用大客机的批量生产和交付准备工作，预计交付时间将越来越快，这对于中国民用航空制造业来说是一个重大的里程碑，也是中国从“制造大国”向“制造强国”转型的一个缩影。

不仅如此，商用大客机高原型也受到市场的青睐。2024 年 2 月 20 日，在新加坡航展开幕当天，西藏航空与主体单位签署 40 架商用大客机高原型订单。商用大客机高原型是商用大客机飞机系列化发展的重要机型之一，在商用大客机基本型的基础上，通过缩短机身和实施高原改装满足高原地区运输要求。座位数为 140-160 座，起降性能满足中国区域内全部高高原机场。这也进一步彰显了主体单位和国产商用大客机不断精进、行远不止的实力。

面向未来，主体单位还将继续贯彻“以客户为中心”的理念，统筹推进干支线飞机研制和客户服务保障工作。结合市场需求，不断丰富拓展产品谱系和系列化发展。

九、其他教学支持材料

1. 教学 PPT

为了方便教师课堂教学，案例开发团队制作了此案例的配套 PPT（如图 13 所示），教师可下载使用，并根据课堂内容与教学计划灵活使用。



图 13 教学 PPT 总览图

Figure 13 Teaching PowerPoint Overview

下载链接： https://pan.baidu.com/s/1-MOLfLp3hpji5sB5qmnP-A　密码：gr2n

2. 教学辅助视频

为了方便教师课堂教学，案例开发团队整理了相关视频，教师可以根据教学需求，在课前、课中或课后使用，相关视频如表 5 所示。

表 5 视听辅助手段支持

Table 5 Audiovisual Support

序号	简介	视频摘录
1	**全球十大客机排名，波音 747 只能排第二，第一名已停产** 介绍了目前按照载客量排名全球十大客机的特点与优势，以及我国国产商用大客机在其中所处的位置。	
	链接：https://v.qq.com/x/page/x3511bqbx8o.html	
2	**商用大客机宣传影片（中字自制）** 利用全方位视图详细介绍了商用大客机的外观配置、航程、载客量、内部设施等特征。	
	链接：https://b23.tv/dbw5ydA	
3	**6 分钟看商用大客机的 16 年** 介绍了从 2007 年商用大客机立项开始，到 2017 年首飞成功，再到 2022 年正式交付东航的艰辛历程。	
	链接：https://b23.tv/bxJjbMV	
4	**中国商用大客机首飞——剪辑** 记录了商用大客机从起飞到顺利着陆的全过程。	
	链接：https://b23.tv/EGYB3c0	

5	**逐梦蓝天！记国产商用大客机适航取证** 介绍了商用大客机经历多地极限实验试飞、失速试飞、最小离地速度试飞、溅水实验、大侧风试飞等试验最终成功取得适航证。	
	链接：https://b23.tv/UVXF7tL	
6	**中国人自己的商用大客机** 商用大客机总设计师吴光辉讲述“中国人自己的商用大客机”如何在探索中创造。	
	链接：https://tv.cctv.com/2018/09/01/VIDEJ0accifSFkfkimEHs6Is180901.shtml	

3. 参考文献与推荐阅读

（1）相关课程与教材

[1] 银路. 技术创新与管理[M]. 北京：清华大学出版社，2022.

[2] 乔·蒂德，约翰·贝赞特. 创新管理（第 6 版）[M]. 北京：中国人民大学出版社，2020.

（2）参考文献

[1]樊霞,赵丹萍.技术属性对中小企业技术获取策略选择影响的实证研究[J].科学学与科学技术管理,2012,33(10):129-136.

[2]柳卸林,葛爽.中国复杂产品系统的追赶路径研究——基于创新生态系统的视角[J].科学学研究,2023,41(02):221-229.

[3]欧阳桃花,曾德麟.中国商用客机后发技术追赶模式研究：复杂系统管理视角[J].管理评论,2023,35(06):323-334.DOI:10.14120/j.cnki.cn11-5057/f.2023.06.014.

[4]宋艳丽,王九云.隐性技术、贸易溢出和模仿策略[J].运筹与管理,2011,20(03):140-145.

[5]曾德麟,欧阳桃花.复杂产品后发技术追赶的主供模式案例研究[J].科研管理,2021,42(11):25-33.DOI:10.19571/j.cnki.1000-2995.2021.11.004.

[6]Baccarini D. The concept of project complexity－A review [J]. International

Journal of Project Management, 1996, 14: 201-204.

[7]Browning T R. Managing complex project process models with a process architecture framework [J]. International Journal of Project Management, 2014, 32(2): 229-241.

[8]Ethiraj S K, Posen H E. Do product architectures affect innovation productivity in complex product ecosystems [J]. Advances in Strategic Management, 2013, 30: 127-166.

[9]Hansen KL, Rush H. Hotspots in Complex Product Systems: Emerging Issues in Innovation Management [J]. Technovation, 1998, 18(8):555-561.

[10]Hobday M. Product complexity, innovation and industrial organisation[J]. Research policy, 1998, 26(6): 689-710.

[11]Roger Miller,Mike Hobday. Innovation in Complex Systems In-dustries: the Case of Flight Simulation[J]. Industrial and Corpomte Change,1995,4(2):362-400.

[12]Turner JR, Cochrane RA. Goals-and-methods matrix: Coping with projects with ill defined goals and/or methods of achieving them [J]. International Journal of Project Management, 1993, 11: 93－102.

[13]Williams TM. The need for new paradigms for complex projects [J]. International Journal of Project Management, 1999, 17(5):269-273.

（案例使用说明字数：26672）