

谢菲尔德大学先进制造研究中心（AMRC） 研究报告

政策研究室

2022 年 5 月 25 日

谢菲尔德是英国工业革命的发源地之一，是昔日的工业重镇。从 19 世纪起，谢菲尔德开始以钢铁工业闻名于世。但 20 世纪 60 年代以后，受到国际竞争和产业转移的影响，英国煤炭和钢铁等传统制造业衰退，环境污染严重，谢菲尔德沦为“锈带”^①城市。幸运的是，依托谢菲尔德大学建立的 AMRC 充分发挥了其核心引擎作用，依靠在高科技行业的专业化领域主导创新，帮助谢菲尔德市开启了产业复苏和繁荣的新阶段。

一、基本情况

谢菲尔德大学是英国老牌名校，位于英国英格兰中部谢菲尔德市，是英国极具影响力的研究型大学之一，也是世界著名的教学科研中心。经过一百多年的发展，谢菲尔德大学已经培养出了多位诺贝尔奖得主，在教学与科研方面有着崇高的声誉。

谢菲尔德大学先进制造中心（The University of Sheffield Advanced Manufacturing Research Centre，以下简称 AMRC）是属于谢菲尔德大学的一个工业研究机构，它专注于高价值制造业领域的技术研发，为工业企业提供业界尖端研究设备进行实验生产，打通了从知识产权共享、核心技术攻关、大学科技成果转化到金

^① 铁锈地带（简称锈带）最初指的是美国东北部五大湖附近传统工业衰退的地区，现可泛指工业衰退的地区。

融投资的各个环节，使得高端制造业技术可以在这样的机制内快速迭代。该机构主要建在罗瑟勒姆镇的先进制造园区（Advanced Manufacturing Park，以下简称 AMP），研究方向涉及航空航天、汽车、民用核能和医疗健康等多个领域，得到了全球几百家制造企业的认可，成为这些企业共享的新技术研发中心，其创新模式现已成为全球范围内政产学研用协同创新的典范。

（一）历史沿革

AMRC 的起源可以追溯到 20 世纪 90 年代末谢菲尔德大学与当地一家名为 Technicut 的切削工具商的合作。这项合作采取了“教学公司计划”的形式，是一个政府资助的项目，旨在培养企业界与大学之间的伙伴关系。随后在美国飞机制造商波音的参与下，这项合作得到了进一步的发展。波音先进制造研究中心于 2001 年正式成立，地区发展机构约克郡发展署为 AMRC 提供了一片位于原奥格里夫煤矿区的工地，用于该项目的建设，从而开启了 AMRC 的辉煌发展之路，被英国城市智库^②描述为“皇冠上的宝石”和“在国家层面具有重大意义的创新资产”。AMRC 二十多年的发展历程如下：

1998 年，AMRC 创始人、谢菲尔德大学基思里奇韦教授和 Technicut 的阿德里安艾伦开始讨论产学合作。到了 2001 年，在美国飞机制造商波音公司的参与下，这项合作得到了进一步的发

^② 英国城市发展规划方面著名智库，自 1972 年成立以来一直致力于促进行业、政府和公众之间的有效沟通，研究活动主要集中在三个领域：政府关系、城市发展研究、教育。

展，谢菲尔德大学 AMRC-Boeing 建立。在 2006 年的时候，地区发展机构约克郡发展署开放了技术园区 AMP，并为高价值制造企业提供办公区和会议空间。2008 年，欧洲最大的航空发动机企业罗尔斯·罗伊斯公司（下称罗罗公司）寻求合作，AMRC 的罗尔斯·罗伊斯未来工厂开放。2011 年，隶属于谢菲尔德大学罗罗学部的 NAMRC 成立，学部出资 1500 万英镑用于商业、创新研究和技术的发展，地区发展机构约克郡发展署出资 1000 万英镑。2013 年，AMRC 培训中心成立，旨在为下一代世界领先的工程师提供教学服务。2014 年，AMRC 医疗中心开展初步研究。2016 年，2050 工厂建成开工。2017 年，迈凯伦汽车集团宣布将在谢菲尔德城区建立工厂，用于制造超级跑车底盘，工厂位于其长期合作伙伴 AMRC 的周边。波音公司宣布将在谢菲尔德大学 AMRC 周边建立一个制造中心，也是它在欧洲的第一个制造工厂。2018 年，迈凯伦和波音公司联合建立的新制造工厂开始运营。

（二）发展现状

经过 20 多年的发展，AMRC 逐步搭建了一批有影响力的研究平台，在机械加工、铸造、焊接、增材制造、复合材料、制造设计、测试和培训方面积累了多维度综合性的先进制造能力。基于这些能力，AMRC 能够为先进制造公司提供专门的知识和服务。比如，为企业提供利用尖端研究设备进行试验生产的机会，为精密制造行业提供高质量的定制零件研发等等。世界各地

的企业通过缴纳相应的会费成为 AMRC 的会员，从而共享 AMRC 的协同创新资源。在 20 多年的建设中，AMRC 得到了全球几百家制造企业的认可，行业成员包括波音、劳斯莱斯、BAE 系统公司和空客等全球巨头以及众多小公司，成为了这些企业共享的产学研协同创新研发中心。

如今，AMRC 集团包括 AMRC-Boeing、NAMRC、AMRC 培训中心、国际铸造技术中心、国家金属技术中心、AMRC 知识转移中心、2050 工厂等诸多研发平台，同时在英国西北及中部地区、威尔士、韩国和澳大利亚建立了分中心，形成了一个先进制造技术的国际协同创新网络（如图 1 所示），致力于打造一个能够为先进制造业带来重大改变的卓越创新中心。

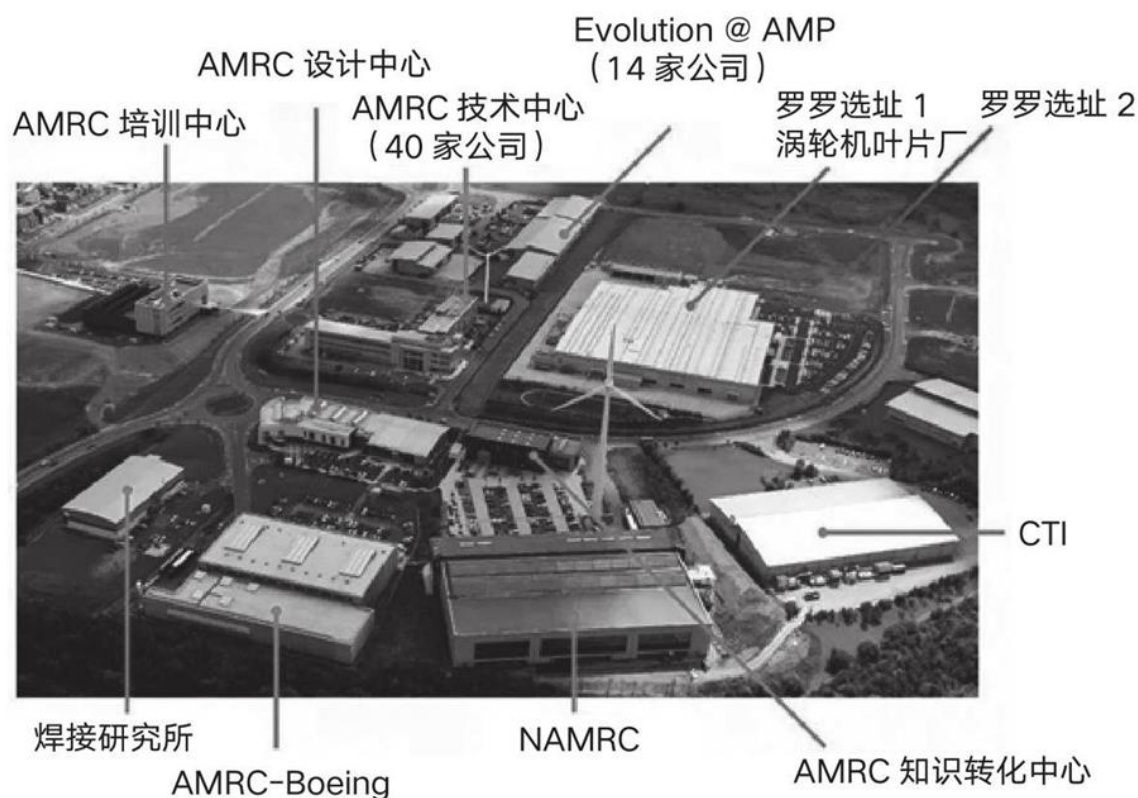


图 1 AMRC 的研究部门分布

（三）近期研发成果

3D 打印无人机。小型无人飞行器（UAVs）是非常灵活的一种设备，经常用于空中测量、摄影和环境监测。但其多数的设计非常昂贵，且生产起来非常耗时。来自 AMRC 的工程师和波音公司合作，采用先进设计工具和 3D 打印技术，设计和试制出一个创新性小型无人飞行器。这架无人机的机身零部件全部使用 FDM 技术打印而成。为了节省材料成本和制造时间，AMRC 团队为每个部件具体设计了增材制造所需结构，因此这些部件可在无需任何支撑材料的情况下被打印出来。

车间自主移动机器人。AMRC 集成制造小组和空客公司合作开发研究车间自主移动机器人。该车间自主移动机器人的研制基于丹麦移动工业机器人 MiR 公司生产的 MiR200 机器人，有效载荷为 200 千克，最高时速为 4 公里/小时。AMRC 的工程师对其进行了改造，使车间自主移动机器人能够安全运输钻具等小型物品。内置激光扫描仪用于绘制环境地图，在没有人类干预的情况下进行导航，闪烁的信号灯则向附近人员显示当前状态和预期方向。

复合材料机器人机床。AMRC 的加工、复合材料和集成制造专家联合制造出世界首个可重构的碳纤维复合材料机器人机床。碳纤维复合材料机器人项目是 AMRC “未来飞行器工厂”项目的一部分，项目由英国政府航空技术研究所支持。项目联合了空客、

并联运动机器人系统制造商 Exechon，开发一个新型轻量化和模块化版本，由 AMRC 制造和测试。

海上风力涡轮机叶片制造。AMRC 与赫尔大学合作开展一项价值 125 万英镑的项目，以帮助西门子公司解决海上风力涡轮机叶片制造中的一个关键挑战。

3D 多层编织预成型件。面料生产商 AntichandSons 通过与 AMRC 开展的一项开创性项目，在其制造能力方面实现了一个进步，即生产用于航空航天和汽车的先进复合材料的成品 3D 多层编织预成型件。碳纤维的 3D 编织是一种具有成本效益的方法，用于生产高质量、耐损坏、大规模和高厚度的层压板，用于液态树脂注射工艺以制造轻质复合材料。

分布式自动切割系统。由 EuroviaUK 与 LoopTechnology 和 AMRC 合作的分布式自动切割系统(DACS)项目将能够最大限度地减少现场干扰并帮助加速英国的城市复兴。DACS 将扫描要铺砌区域的数据并自动创建机器人切割路径。然后，人工智能将用于评估可用的板坯和边角料，以选择最佳部件，以最大限度地利用材料并最大限度地减少浪费。

二、体系架构

（一）AMRC 管理体系

AMRC 集团管理体系主要由工业董事会、技术委员会、管理委员会、商业导向型指导小组、管理职能部门以及各分中心组成（如图 2 所示）。

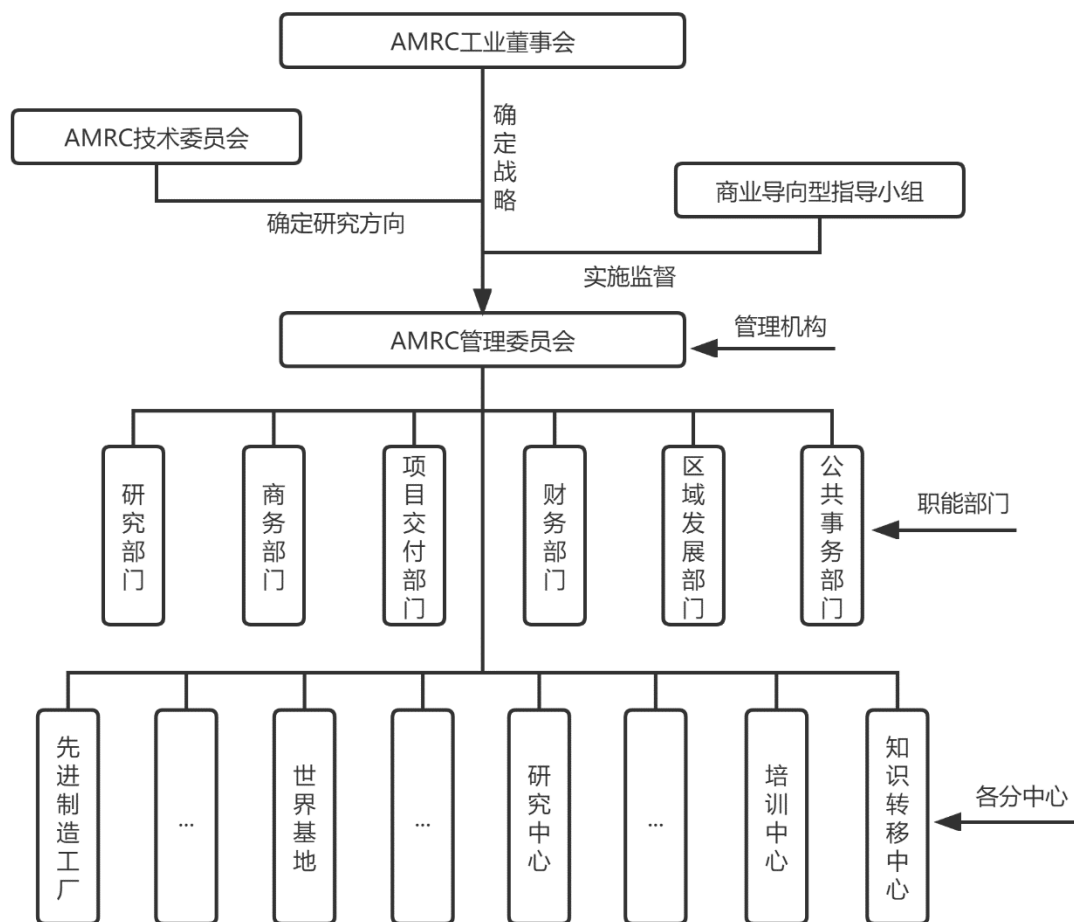


图 2 AMRC 集团管理体系

工业董事会是 AMRC 的最高权力机构，在每年在 5 月和 11 月召开会议，主要职责是审查 AMRC 的运营并确定其未来发展战略。其中 5 月份的会议由 AMRC 的一位商业合作伙伴主持,11 月份的会议由 AMRC 主持。董事会成员包括：谢菲尔德大学的主要人员、每个一级会员的 1 名代表、所有二级会员的 4 名代表。另外每个一级合作伙伴还可以提名一名观察员，但不得对任何提案进行投票。

技术委员会是 AMRC 的最高决策机构，在每年的 4/5 月和

11 月召开会议，技术委员会始终设在 AMRC。技术委员会的主要职责是考虑如何使用工业董事会决议通过的资金，同时考虑资金如何使整个组织受益，以及从其他来源获得资金从而发挥杠杆作用。技术委员会成员包括：谢菲尔德大学的主要人员、每个一级会员的 1 名代表、所有二级会员的 4 名代表。会议规定出席人数必须达到技术委员会成员数的一半以上，并且出席者中至少一半以上的代表是 AMRC 的商业合作伙伴，从而充分保证 AMRC 的研究方向支持商业伙伴的利益。

商业导向型指导小组是 AMRC 的监督机构。指导小组由产业界、学术界的专家以及政府部门人员组成，审核 AMRC 业绩年度报告，同时负责监控 AMRC 投资的整体战略。

管理委员会是 AMRC 的日常管理机构。AMRC 已实现集团化发展，集团 CEO 负责协调 AMRC 管理委员会整体事务，集团总部设有研究部门、商务部门、项目交付部门、财务部门、区域发展部门、公共事务部门等支持集团业务发展。

在集团总部之下，AMRC 在世界各地设有多个制造工厂、研究中心、培训中心、知识转移中心，形成了一个辐射全世界的先进制造创新网络。

（二）AMRC 业务架构

依靠在机械加工、铸造、焊接、增材制造、复合材料、制造设计、测试和培训方面拥有的强大专业知识，AMRC 集团致力于打造世界级创新中心集群，形成了创新中心、先进制造工厂、世

界研究基地协同发展的格局（如图 3 所示）。

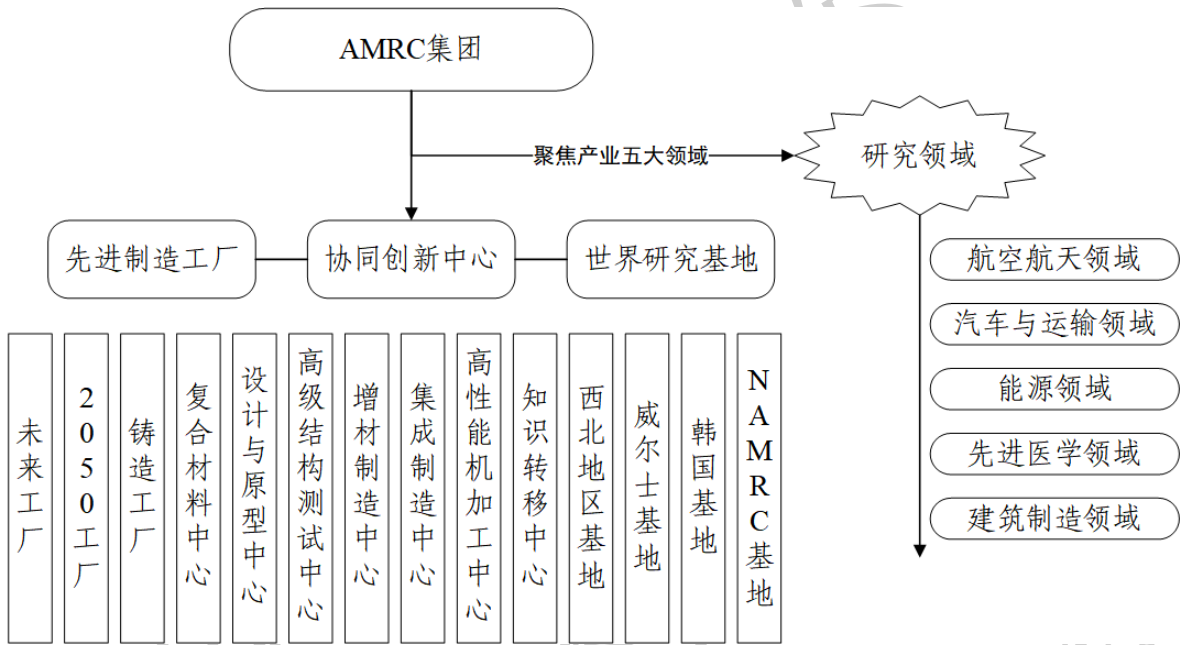


图 3 AMRC 业务架构

AMRC 集团根据其主要研究方向将公司业务划分为航空航天、汽车与运输、能源、先进医学、建筑制造五大板块。每一板块的业务主管负责统筹该领域各分中心的业务发展，同时负责与其他相关业务板块进行交流协调，以及职能支撑部门的配合。从整体上来看，每一板块的业务主管充当了“超级项目经理”的角色。

聚焦五大领域板块，AMRC 集团设立了众多的创新中心、先进制造工厂，并在世界范围内建设研究基地，这些分中心成为集团业务发展的基础和核心。例如，AMRC 未来工厂专注于机械加工研究，设有一系列最先进的机械加工中心和其他制造设备。合作公司在将新设备引入自己的生产工厂之前，会先在这里进行研

发和测试新技术、新工艺。通过这些创新中心帮助会员企业实现了制造技术的快速升级迭代，也不断吸引更多的先进制造企业成为 AMRC 会员企业。

三、AMRC 运行机制

（一）会员运营机制

AMRC 实行会员制运营，会员分一级会员和二级会员。一级会员每年大约需要缴纳会费 20 万英镑，二级会员约 3 万英镑。不同等级的会员在理事会中占有不同席位。AMRC 拥有数百位付费会员，从波音、空客、罗罗、英国宇航公司等全球巨头到本地的中小型企业都加入了 AMRC 会员（如图 4 所示）。

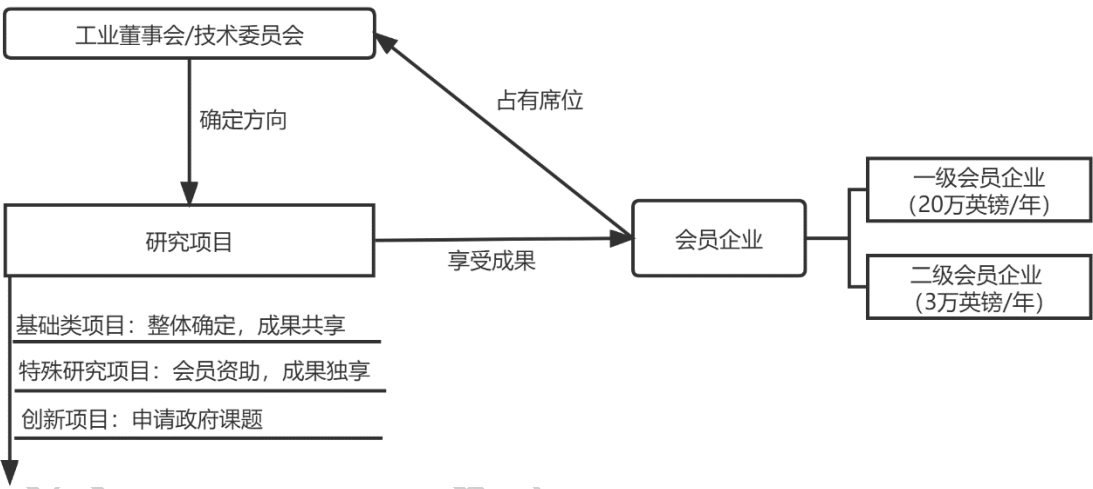


图 4 AMRC 会员运营机制

AMRC 的研究任务分为三类：**1）**会员和技术委员会共同制订的基础类项目研究方向，AMRC 负责实施研发，研究成果由会员企业共享。**2）**特殊研究项目：会员企业自己单独投资，AMRC 实施研发，研究成果由出资会员企业独享。**3）**创新项目：申请欧盟等区域和国家机构的高新技术项目立项，企业、大学和政府

共同资助研发和实现产业化。

AMRC 也与数百家其他公司一起制订具体研究项目和工程教育课程，支持了 300 多家中小型企业的技术培训，由此形成了一个创新生态系统，吸引了大量的创新型企业以及有才华的工程师参与其中。

（二）资金来源

到 2015 年，谢菲尔德大学、地方政府和产业界为 AMRC 总计投资 1.4 亿英镑。英国政府为其提供了将近 600 万英镑的初期启动资金，约克郡发展署、谢菲尔德大学、欧洲区域发展基金和波音公司相继提供了资金，波音公司还承诺将对 AMRC 的研发进行长达 10 年的投资。AMRC 现有大量企业合作伙伴，其中包括罗罗公司、英国宇航公司，它们不仅支付会员年费，还会委托该研究中心进行有偿项目研究，以重要合作伙伴的身份开展多项战略计划。其中包括由罗罗公司牵头的“通过领先环保技术在英国发展战略性低成本制造业”项目，该项目获得了超过 4500 万英镑的政府资金支持。

AMRC 的资金来源可大致归为以下几类：

一是研究设施投资。主要是由国家和地方政府提供的基础设施建设、设备维护以及日常运营资金。为了获取这部分资金，AMRC 需要提供投资计划书，讲清楚这些设施的研发价值（助力企业研发）和商业价值（3-5 年商业可行）。这里的投资不仅仅有地方政府的投资，更有来自国家和欧盟层面的投资。

二是科研项目经费。由政府 and 大学提供的竞争性科研经费。AMRC 需要通过竞争去获取各级政府的科研资助项目。

三是研发外包费用。包括由企业提供的研发外包合同，企业会员费以及其他知识产权授权费等收入。

除此之外，AMRC 还有其他的收入来源。其中包括知识产权使用许可或商业化、会员费，以及使用设备给予的补助等。但知识产权的授权收入，不足其总收入的 10%。

（三）人才培养机制

如今的工业技术越来越复杂，往往承载着大量隐形知识，如果完全用说明书甚至专利证书的方式交付，企业往往会面临着二次消化甚至二次开发的难题。“人带着技术”——能够交付懂得这项技术，甚至是参与到相关技术研发的人才，越来越成为企业所希望得到的更加彻底的解决方案。对于依托大学的 AMRC 来说，只需要让大量硕士和博士研究中参与到项目中来，与项目一起成长，就可以让人才随着项目一起交付到企业中，AMRC 与企业之间就形成了一种合作关系，而不是零和关系（如图 5 所示）。正是由于背靠谢菲尔德大学，AMRC 集团应企业的人才需求，开设了 AMRC 培训中心。本着需求导向的指导思想，培训中心同样会按照会员企业提出的对工程师的需求数量和技术的要求来定向培养合格的工程师。

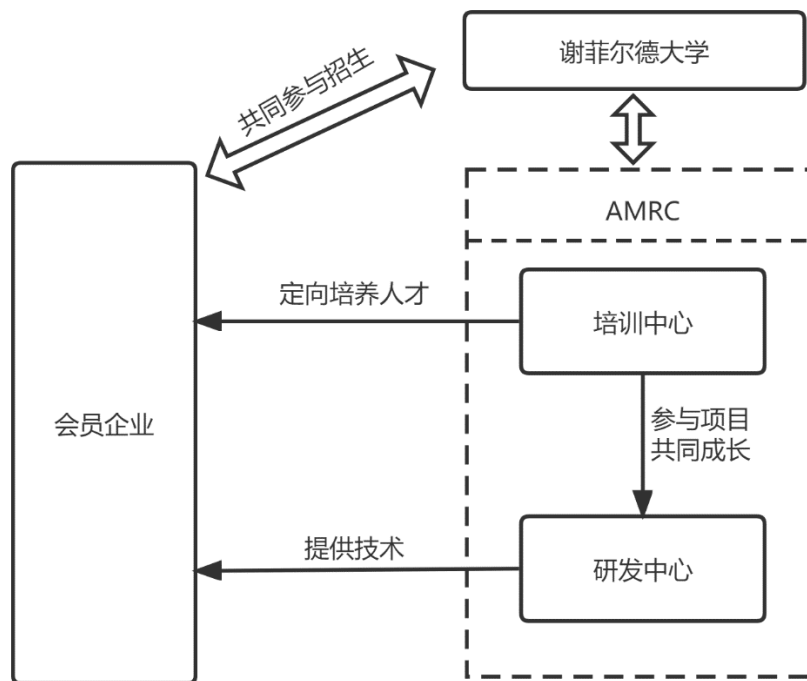


图 5 AMRC 人才培养模式

四、AMRC 协同创新体系

AMRC 的成功在于搭建了一个“创新三角”：谢菲尔德大学、AMRC 和广泛的行业内公司。从技术成熟度的角度，“创新三角”构建了创新链与产业链紧密融合发展模式。其中，谢菲尔德大学负责技术成熟度 1-3 级的研究端，AMRC 负责 4-7 级的科技成果转化端，企业负责后面的产业化端。AMRC 填补了创新链和产业链之间的鸿沟，真正实现了科技经济紧密融合发展（如图 6 所示）。

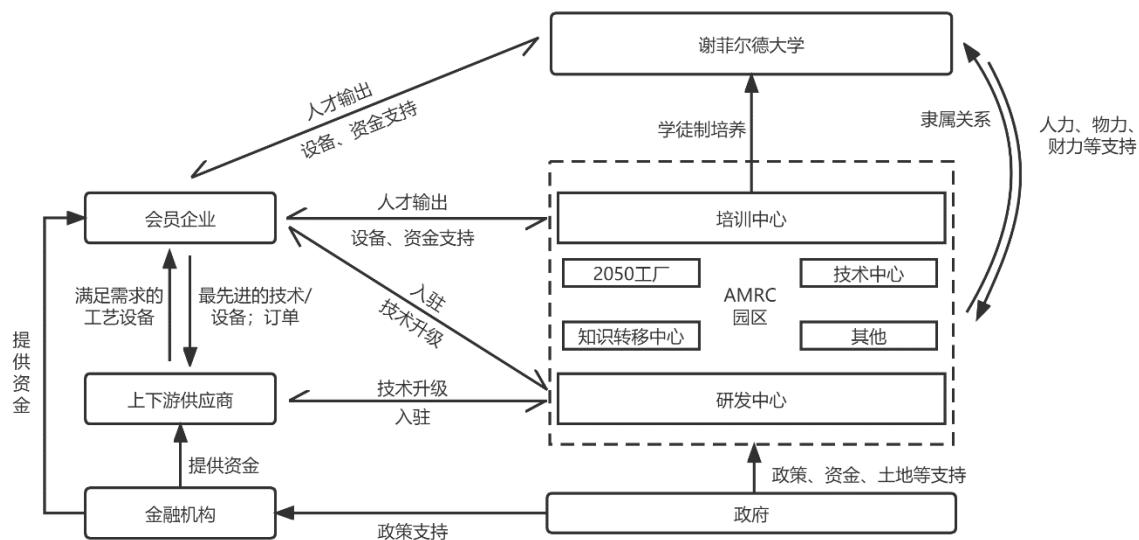


图 6 AMRC 协同发展模式

专栏 协同创新实际运行案例

案例 1: 对于波音飞机这种复杂的先进制造产品而言，某一供应商技术水平的提升，会倒逼其他零件供应商的升级。零件供应商进行新产品研发，就需要寻找新设备、新工艺和新材料。由于生产设备众多，“零件制造商需要知道哪款设备既能最好地配合以前的生产经验和工艺要求，又能满足新的需求”，进而需要把不同系列的设备和相关材料都买回来做研发测试。这对于供应商来说是一项巨大的资产投入。而且即使斥巨资购买了设备和材料，还需要漫长的工艺试错过程，这又会带来巨大的人力和时间成本。这些都会导致企业研发成本居高不下。

供应商创新的这些难题，都可以在 AMRC 平台上解决。AMRC 的工程师可以协助零件供应商一起利用平台的设备联合研发。一方面，AMRC 的众多平台有大量的先进设备，很多设备供应商本身就是 AMRC 的平台会员，AMRC 可以在设备供应商提供的新型设备上从事产品研发；另一方面，AMRC 的工程师拥有长期积累的丰富工艺经验，可以减少工艺试错时间。零件供应商可以在研发完成并稳定工艺后，再决定购买哪些设备。而且，在 AMRC 平台上生产出来的试用产品，可以直接提供给同样也是 AMRC 会员的波音做测试和使用，一旦测试符合要求，波音就直接可以给企业下新订单。如果有购买设备的资金压力的话，零件供应商可以用来自波音的订单获得银行贷款和投资机构的投资。有了资金，零件供应商就可以购买新设备。这样，对于零件供应商而言，既节省了设备投资成本，也缩短了研发和验证周期，还降低了资金压力。

案例 2: 传统意义上，罗罗公司航空发动机系统使用的涡轮机刻槽的标准工艺流程需要 52 分钟。但是，谢菲尔德大学材料学系的一位教授通过计算机模拟散热分析得出，这个工艺流程在理论上可以减到 14 分钟。于是，在罗罗公司的支持下，大学的教授和研究生一起，在 AMRC 进行研发验证。AMRC 一夜之间组织了仪器

工程师、流程工程师、设备工程师和材料工程师等 30 多人，再加上其他相关会员企业，一起联合攻关，最终使制造航空发动机涡轮盘的时间大幅度缩短。在此基础上，罗罗公司航空发动机制定了新的标准工艺流程，在 AMP（AMRC 所在的园区）的罗罗公司工厂每年可生产 2500 个风扇涡轮盘，并可应用于大多数特伦特系列航空发动机。

从上述两个案例中我们可以清楚的看到 AMRC 链接了创新链、产业链和资金链三方面的资源，通过提供专业园区、设施设备和专业知识服务，搭建了一个协同创新平台，使得企业、设备、技术、人才、资金等要素高度集聚，降低了企业创新门槛，加速了科技成果市场化，使得先进制造技术在这个协同创新平台上能够快速更新迭代。最终，通过 AMRC 这样一个协同创新平台，实现了多方共赢：

（1）AMRC 会员企业：完成了技术升级，形成了持续性的市场引领。

（2）供应商企业：获得了完整的生产工艺，把构想变成原型机，再到试生产，甚至可以走完从研发到融资再到销售的产品全流程。

（3）设备制造商：在参与研发的过程中，既实现了设备直接销售，也基于客户反馈进行新的设备研发，AMRC 成了设备的销售和反馈平台。

（4）银行和投资机构：降低了贷款和投资的不确定性，有了稳定的贷款和投资收益。

（5）大学：通过获取经费推动了基础研究，也沉淀了技术和研发经验。

(6) 区域：以 AMRC 为核心的生态网络把先进制造经验留在了本地，吸引了大量的优秀人才、公司及相关机构，形成了产业集聚优势，实现了本地经济的快速发展。

五、总结启示

(一) 产学研先天结合是 AMRC 模式成功的关键

AMRC 一开始就是由行业巨头波音公司和谢菲尔德大学联合发起，强大的产研结合基因就奠定了其势必要承担起促进产业链与创新链融合发展的使命。在 AMRC 后期的发展中所形成的创新联合体，更是建立起政产学研用金协同、充分关注企业和产业创新需求的面向企业的高质量技术供给体系。这种由产业巨头联合高校院所打造的科技园区模式打破了高校院所、龙头企业及上下游供应链、政府之间的壁垒，使知识经济、技术变革、经济发展和人才培养成为一个连续的有机体。近年来，我国对这种模式也有一些探索，例如工业玻璃龙头企业福耀集团与福州市人民政府签订战略合作框架协议共同建设福耀科技大学，动力电池龙头企业宁德时代也与厦门大学牵头共建厦门时代新能源研究院。AMRC 模式的成功对我国打造类似的产学研深度融合平台，真正打破经济科技两张皮具有借鉴意义。

(二) 打造产业聚集区

依托隐性知识转移，建设共性技术平台，从而打造产业聚集区的思路对我国构建特色产业集群协同创新发展新格局具有借鉴意义。产学研协同创新的本质是知识在参与创新活动的不同组

织之间的合理配置，知识共享伴随着协同创新的全部过程，根据隐性知识“只可意会、不可言传”的特点，如何在产学研协同创新各主体间实现隐性知识共享，已经成为研究成果交付所必须面对的一个现实问题，而 AMRC 通过将诸多制造型企业的研发和生产活动聚集在同一个物理地点，形成产业集群，促进隐性知识转移的发展模式解决这一难题。对于我国创新发展来看，共性技术平台已经成为实现科技与经济紧密结合、推进产学研深度融合的重要桥梁和纽带。例如，武汉“光谷”就通过建设激光技术创新中心，搭建激光关键共性技术平台，从而构造了“一核多点”激光产业空间布局，围绕激光产业链上下游核心环节带动培育一批中小微创新企业。未来通过依托隐性知识转移，建设共性技术平台，从而打造产业链上下游协同创新发展的思路将能够弥合科技、经济之间的鸿沟，支撑创新链和产业链向中高端迈进。

（三）建立面向市场的研发共享体系

从我国协同创新发展现状来看，研发力量分散、重复研发等问题在一定程度上限制了创新整体效能的释放。2022 年全国两会期间，全国人大代表、中国石化石油工程技术研究院党委书记刘宝增就提出：“建立以任务为导向的科技创新参与和共享机制，统筹央企创新力量，明确重大科技任务承担范围，细化参与企业的任务、目标和共享权限，集中优势科技资源，破解“卡脖子”技术，实现共同研发、成果共享，扩大研发成果效益，提高研发效率，发挥央企引领支撑作用，推动产业链上中下游、大中小企

业融通创新，而 AMRC 打造的研发共享体系就提供了一种可借鉴的发展建设模式。通过 AMRC 的开源共享研发平台，会员企业之间可以迸发出新的想法，也可以通过项目进行合作。AMRC 的研究项目是由大学和会员企业所组成的理事会共同商定，从而确保研究项目之间的一致性，以及研究成果对会员企业有价值并可供公共使用。这也就意味着在 AMRC 进行的研究有 80% 左右的专利是可以被会员共享的。与此同时，有独立研发需求的小部分研究课题也可以由会员与 AMRC 签署开发协议，进行独立资助研究，以保证相关知识产权的独有和保密，而有需要的会员企业就可以通过支付合理代价获得技术共享。

（四）为我国构建新型举国体制提供经验

2021 年 11 月，党的十九届六中全会决议又一次强调，要把科技自立自强作为国家发展的战略支撑，健全新型举国体制，强化国家战略科技力量。新型举国体制就是要在实现产学研的闭环中，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，让科技企业成为创新主力军，让政府做好资源协调和战略把握，成为创新的助推者。AMRC 的成功为我们探索科技举国体制提供了宝贵经验。AMRC 作为英国国家推进器计划中工业界进行研究合作体系的一部分，英国政府在支持和推广 AMRC 协同创新平台中扮演着关键的角色。在成立之初，AMRC 就得到了约克郡和英国国家发展基金的支持，甚至英国政府提供了谢菲尔德市郊罗瑟勒姆镇一片工地用于其建设。后期为了 AMRC 创新生态的打造，本地政

府更是为相关企业提供研究补助金、减免税收等形式鼓励其参与 AMRC 的研究，同时根据实际发展情况成立了相关的产业发展基金，为 AMRC 科技成果转化提供服务。政府的战略支持加速了人才、技术、资本等创新要素的集成，推动产业链、供应链、资金链、创新链实现融通发展，形成互补协同的强大融合发展力量，这一模式实现了政府支持与市场机制的有机结合，使 AMRC 的创新活动成为区域经济发展的强大引擎。