中国智慧教育白皮书

——基于信创体系的智慧教育

（2022）

CIO 时代研究院

北达软架构咨询与培训中心

大信创圈

高校信息技术创新应用产教融合联盟

二〇二二年十二月

目录

一、教育信创的背景 1
二、教育信创的目标与指导原则 3
1.1 教育信创的目标 3
1.2 教育信创的原则 3
1.2.1 建立体系，架构牵引 3
1.2.2 场景驱动，方案创新 3
1.2.3 优化标准，选型有据 4
1.2.4 统筹规划，分步实施 4
1.2.5 生态建设，能力保障 4
三、智慧教育的架构框架 5
3.1 智慧教育架构框架介绍 5
3.2 智慧教育架构开发方法 6
3.3 智慧教育架构内容框架 8
3.4 智慧教育业务参考模型 9
3.5 智慧教育应用参考模型 10
3.6 智慧教育技术参考模型 12
3.7 智慧教育运营参考模型 14
四、教育信创的技术体系 16
4.1 技术底座 16
4.1.1 基础硬件层 17
4.1.2 基础软件层 20
4.1.3 新兴信创层 22
4.1.4 行业应用层 23
4.1.5 信息安全层 25
4.2 信创云技术体系 25
4.2.1 信创云总体概述 25
4.2.2 信创云基础设施与软件定义的数据中心 26
4.2.3 信创云原生平台与容器云 27
4.2.4 信创裸金属云服务器 29

4.2.5 信创桌面云.....30
4.2.6 信创云化路径.....31
4.3 信创大数据技术体系.....33
4.4 基于信创技术的创新应用.....35
4.4.1 移动 APP 应用.....35
4.4.2 物联网应用.....36
4.5 教育信创产业图谱.....39
五、智慧教育与信创化转型.....40
5.1 智慧教学的主要应用场景.....40
5.2 智慧科研的主要应用场景.....43
5.3 智慧校园的主要应用场景.....45
5.4 智慧管理的主要应用场景.....47
5.5 智慧教育的信创化转型.....49
六、高校信创教育体系建设.....51
6.1 高校信息技术信创化转型.....51
6.2 高校信创教育方案.....52
6.2.1 人才培养方案.....52
6.2.2 课程建设思路.....54
6.2.3 产学合作框架.....56
6.2.4 实训建设实践.....60
七、教育信创的实施方法.....65
7.1 教育信创能力评估模型.....65
7.1.1 IICAM 评估体系.....65
7.1.2 IICAM 评估过程.....66
7.2 教育信创工作推进实施过程.....66
7.2.1 信创化现状分析评估.....67
7.2.2 信创化目标及体系设计.....68
7.2.3 制定信创化实施策略及计划.....69
7.3 教育信创的可信工程.....70
7.4 教育信创运营体系建设.....72

八、教育信创的保障体系.....76
8.1 强化组织保障.....76
8.2 加强资金保障.....76
8.3 建立人才保障.....76
附件.....78
1.锐捷云坞解决方案.....78
2.云积软件云考试+数字化考点信创解决方案.....79
3.太湖信创实训平台解决方案.....80
4.北达软信创架构师培训.....82
致谢&版权声明.....83
相关机构介绍.....84

一、教育信创的背景

百年大计，教育为本。未来的产业结构决定了未来的人才结构；反之，未来的人才结构也决定了未来的产业结构。教育需要面向未来，为适应未来经济社会发展需要培养合格的人才是教育之根本目的。

世界政治经济格局正在发生深刻的变化。传统的国际分工和供应链安全正在被重塑。如何建立起自主可控的中国技术体系，保证供应链和产业链的安全，实现科技自立自强，是摆在中国产业界和教育界面前共同的课题。从技术架构和技术体系来看，信息技术发展正在新的技术架构下形成新的技术体系，中国的产业界和教育界应该抓住这一历史性机遇，实现信息技术应用创新（信创）下的“升级替代”。即在新一代信息技术的技术架构体系和模式下，构建创新的中国技术体系。

教育作为一个特殊的行业，在信创中起着非常独特的作用。首先，教育机构本身也是信创的用户，不管是智慧教学、智慧科研、智慧校园和智慧管理，教育机构的数字化建设本身也是信创的应用阵地。教育的数字化转型需要实现基于信创技术体系的数字化转型。其次，信创工作需要大量的人才，而教育机构是信创人才供给的主要来源。为深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，教育系统陆续推出教育信息化 2.0 计划、新工科建设计划、卓越工程师培养计划、高技能人才培养计划等具体措施，推进教育信息化和产业人才的培养。教育机构需要将信创教育（也就是基于信创技术体系的计算机相关教育）纳入其教育体系，从而为培养大批信创技术体系的 CPU、操作系统、数据库及各种应用型人才。第三，以云计算、大数据、移动互联网、物联网等为代表的新一代信息技术，带来新的架构模式和技术体系。教育信创需要基于新的架构模式和技术体系，做好教育信创的顶层设计，重视规划，做出自身特色和差异化，构建长远的竞争优势。

信创技术的成功很大程度上决定于教育体系的成功，特别是信创教育的成功。

教育机构的信创及信创教育的发展，将在中国信创事业中起着举足轻重的作用。本白皮书以高等学校为蓝本，主要为高等学校基于信创体系的数字化转型及信创教育和信创人才培养提供指南。

二、教育信创的目标与指导原则

1.1 教育信创的目标

教育信创的目的是建立起符合“信创”要求的技术底座和技术体系，并基于这样的技术底座和技术体系实现教育信息系统“升级替代”和教育数字化转型，最终目的是推动教育机构建立基于信创体系的智慧教学、智慧科研、智慧校园与智慧管理，并培养符合未来产业需要的信创人才。教育信创应服务于教育机构数字化战略目标，支持教育机构实现“自主可控”的数字化转型，通过构建“创新高效、安全稳定“的数字化技术平台，支撑学校业务应用场景的创新，提升学校业务运营效率与师生服务能力。

1.2 教育信创的原则

教育机构在落实相关信创化战略，并在具体的推进与实施过程中会面临各种各样的问题与挑战，甚至存在不同层面、不同程度的风险。为保证信创化是为了实现“自主可控“的数字化转型这一目标，同时规避信创化推进过程中，可能遇到的各种风险，教育信创应遵循以下五个原则：

1.2.1 建立体系，架构牵引

教育机构的信息化、数字化是系统工程。教育信创化涉及到信息化、数字化建设的架构、解决方案，软硬件选型等方方面面，同样应是一个体系化的系统工程。教育机构需要对信创进行体系化思考与规划，通过 IT 总体架构的规划设计创新来牵引信创的体系化建设。

1.2.2 场景驱动，方案创新

从信创化应更好支持数字化大目标来说，教育信创不是教育机构现有 IT 相

关技术与产品的简单国产化替代，也很难简单替代。信创化的技术与产品要通过融入支持业务应用场景的解决方案创新，才能使信创化的 IT 资产投资产生业务价值，在实现数字化的业务应用场景创新的同时，推动实现 IT 资产的全面信创化升级。

1.2.3 优化标准，选型有据

标准化是教育机构有序进行数字化建设与管理的有效手段，建立融入信创化要求的 IT 技术与产品标准，才能避免混乱与无序简单的国产化替代。教育机构在进行 IT 技术与产品的选型时，才能以我为主，有据可依。同时要注意 IT 技术标准的制定，也要通过细化 IT 技术架构框架，进行体系化的 IT 技术标准建设，避免 IT 技术标准体系混乱，可用性不强。

1.2.4 统筹规划，分步实施

教育信创化的工作推进，应完全融入到数字化建设的过程中进行统筹规划，根据业务应用场景需求的紧迫程度，以及总体 IT 架构设计及解决方案的成熟度，教育机构的数字化组织人才及各种资源等的约束条件，排定合理的实施计划，分步推进实施。

1.2.5 生态建设，能力保障

教育信创化是通过 IT 架构与解决方案创新的牵引，选择符合信创化要求的 IT 技术与产品来完成的，这项工作是涉及到各个层面的系统工程。教育机构需要以业务场景的需求为导向，建立一个支持方案创新，支持引入 IT 技术与产品的信创供应商生态，通过供应商生态的能力补足教育机构自身在应用创新的解决方案、技术与产品的能力短板。当然，教育机构自身也要建立适合信创要求的人才组织与专家团队，这样才能保障信创工作持续推进，信创化的数字化技术平台稳定运营。

三、智慧教育的架构框架

3.1 智慧教育架构框架介绍

智慧教育（包括基于信创体系的智慧教育）需要总体架构框架的指导，智慧教育架构框架（Smart Education Architecture Framework：SEAF）（见图3.1）可以为智慧教育和教育信创工作提供方法论指导，包括做什么、怎么做、以及如何处理各要素之间的关系。智慧教育架构框架主要包括架构开发方法、架构内容框架、业务参考模型、应用参考模型、技术参考模型和运营参考模型六大部分内容。



图 3.1 智慧教育架构框架（SEAF）

智慧教育的架构开发方法（SEAF-ADM）可以为智慧教育和教育信创的总体架构设计及信创相关工作中的架构分析提供系统性方法。架构设计与架构分析是用系统性的架构方法去描述转型（包括信创转型）过程中各要素的动态匹配关系，包括业务与 IT 的关系、部分与整体的关系、当前与长远的关系。通过各领域、各层级、各要素之间的匹配关系分析，可以指导相关工作的决策，从而保证相关人做正确的事。

智慧教育架构内容框架（SEAF-ACF）可以为智慧教育提供一个总体内容框架，该内容框架包括了战略、业务、IT、项目和组织五大部分的视点模型。内容框架给出了架构开发成果的展现形式，具体采用哪个模型以及每一个模型的开发（包括开发到什么细节程度），都是根据实际决策的需要而定。

智慧教育的业务参考模型（SEAF-BRM）可以为智慧教育（包括基于信创的智慧教育）的业务能力建设提供一个分类蓝图。通过该蓝图，用户可以找到需要构件的能力在整个能力体系中处于什么位置，并避免这些能力建设过程中该合作的没有合作，该共享的没有共享，该重用的没有重用。

智慧教育的应用参考模型（SEAF-ARM）可以为智慧教育（包括基于信创的智慧教育）的应用能力建设提供了一个分层分类模型。通过该模型，用户可以理解每一层能力建设的内容，并尽量避免这些能力的重复建设或无序带来的复杂性。

智慧教育的技术参考模型（SEAF-TRM）可以为信创工作提供业界已有的最佳实践作为参考。参考模型一般是从业界最佳实践中抽象总结出来的，参考模型的使用可以为用户方节省大量的摸索时间和成本。这里，智慧教育的技术参考模型主要提供了信创云端技术参考模型和信创终端技术参考模型。

智慧教育的运营参考模型（SEAF-ORM）是推进智慧教育和信创工作做“升级替代”的重要组成部分。信创工作不仅要做产品技术的转型，也要做建设运营模式的转型，从而使教育机构基于信创的数字化转型从过去瀑布式的项目建设模式走向迭代式的运营模式。ITIL 和 DevOps 相关运营理念和方法将可作为信创运营模型的核心内容。

3.2 智慧教育架构开发方法

信创是一个新的技术体系，实现信创本身也是一个转型过程，而这个过程同样遵循数字化转型的基本方法。企业架构（Enterprise Architecture)作为数字化转型的通用方法，同样适用于信创转型，其主要作用是通过架构开发或设计来描述转型涉及的各领域、各层级、各要素之间的匹配关系，从而正确地处理在这一转型过程中的各种复杂关系。

智慧教育架构框架之架构开发方法（SEAF-ADM）（见图 3.2）采用的是数字化转型中的通用架构方法。该方法是北达软在参考国际上 TOGAF、DoDAF 和 FEA 等方法论基础上总结出来的，既适合自上而下的架构开发与分析，也适合自下而上的架构开发与分析。

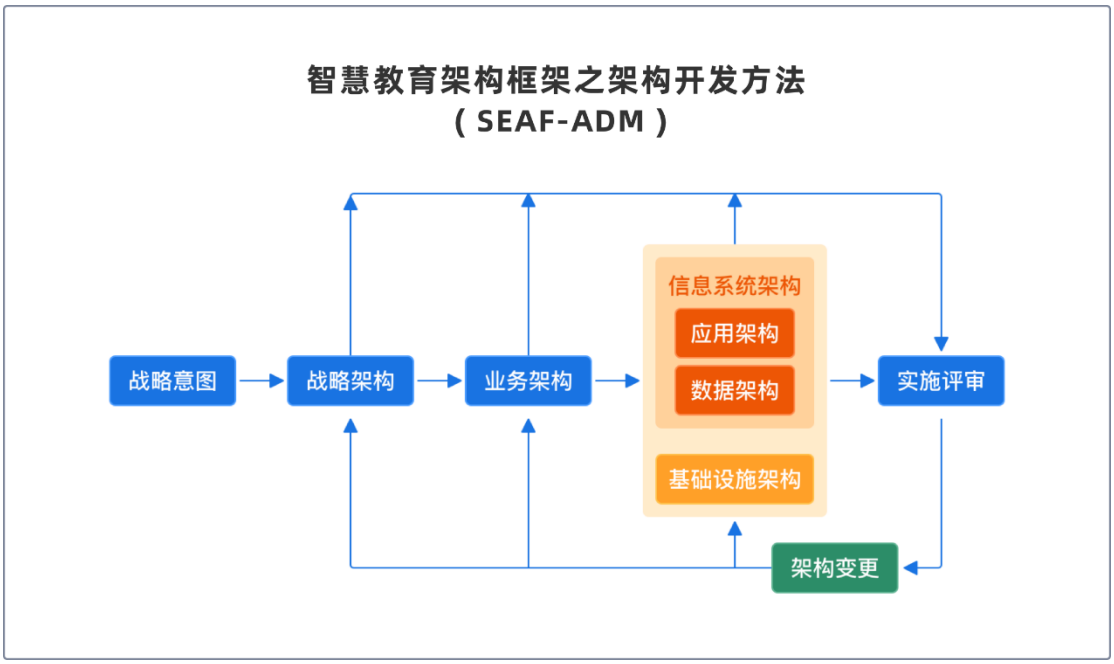


图 3.2 智慧教育架构框架之架构开发方法（SEAF-ADM）

对于自上而下的架构开发与分析，我们首先将信创的愿景和需求等放到战略意图里，然后分析这一战略意图对未来整个战略架构产生什么影响？这里可以是与信创相关的战略主线与目标。在新的战略主线和目标下，业务架构会发生什么样的变化？如业务模式或业务流程会不会有什么变化？这里需要特别说明一下：如果采用“升级替代”的思路，一些创新的移动应用或物联网应用将可能改变业务模式和业务流程；如果只是部分基础软硬件的“简单替代”，业务模式和业务流程将不会发生大的改变。不管业务架构是否发生大的改变，信创相关的战略主线和目标都会或多或少影响基础设施架构（基础软硬件和云等）和信息系统架构（包括数据架构和应用架构）。整个架构开发过程应该遵循一个迭代的过程，也就是每一层架构内容的开发成果都需要一个评审过程，不一致或不符合的需要走架构变更管理，从而进入一个新的迭代开发。整个架构开发过程形成的成果是为信创相关的工作提供的一个实施指导和管控约束，以避免大量无效的和错误的工作。

对于自下而上的架构开发和分析，以教育信创为例，我们首先将要采购的信创产品放到基础设施架构或信息系统架构中进行分析，看看这些信创产品对现有基础设施架构或信息系统架构的影响，进而分析它对业务架构和战略架构的影响，例如某个产品和系统的替换有可能会影响到之前某一战略目标的实现，架构工作

可以通过各层级的影响要素分析，为相关的决策提供依据和指导。

不管是自上而下还是自下而上，架构的开发与分析可以将信创实施过程中各要素及关系展现出来，为相关的决策提供依据，从而保证做正确的事。

3.3 智慧教育架构内容框架

企业架构框架一般除了架构开发方法，还要有架构内容框架。架构开发方法给出了架构开发的流程和步骤，而架构内容框架一般给出了架构开发的成果怎么样表达（一般用目录、矩阵、图表甚至文字描述等方式表达）。架构内容框架作为一个总体的框架，主要是将需要开发的视点列出来（如战略视点、业务视点、应用视点、数据视点、项目视点等）。每一个视点用哪些方式表达（如目录、矩阵、图表、文字描述等）需要根据具体需求来定。不同视点模型表达了机构中各要素之间的关系，这些关系的描述实际上是企业架构为相应决策提供了依据。

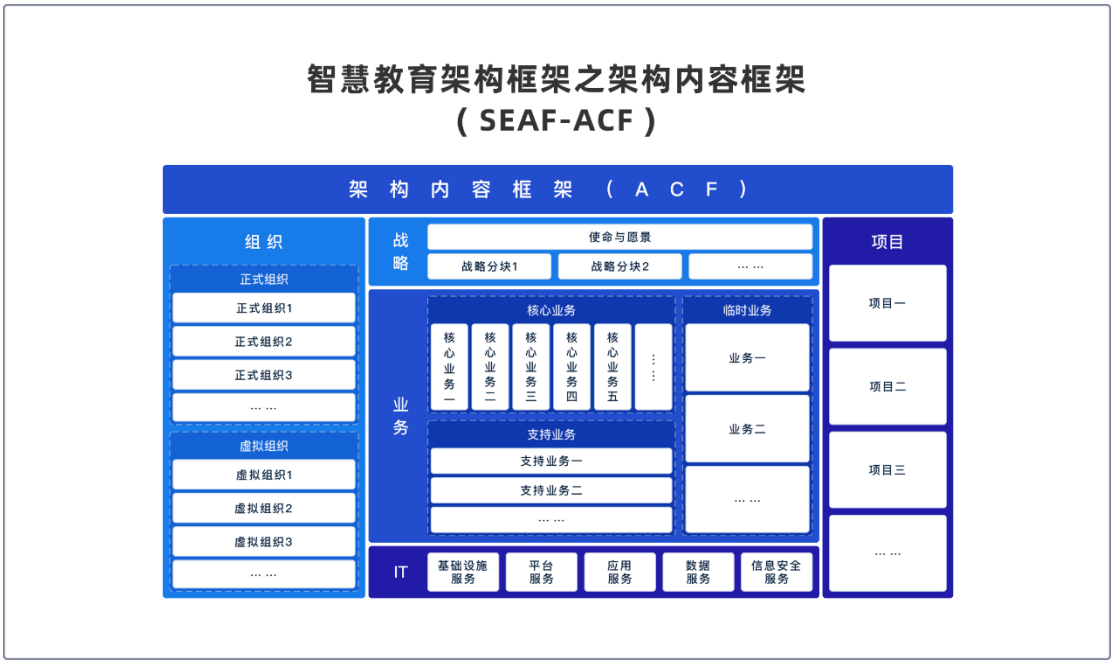


图 3.3 智慧教育架构框架之架构内容框架（SEAF-ACF）

智慧教育架构内容框架（如图 3.3）主要从战略、业务、IT、项目和组织五个视点来进行企业架构内容描述。其中 IT 视点又包括了基础设施、平台、应用、数据和安全五个分视点。架构内容框架可以让我们从各个视角（自上而下、自下而上、自中间往上下）来分析每一件事情涉及的要素及各要素之间的匹配关系。

例如，领导层关心的某个战略重点，我们可以将这个战略重点作为一个架构战略分块，通过这个战略分块的架构开发（可采用 3.2 中的架构开发方法，但不需要完整的架构开发，只需要开发可用于相应决策的那部分架构内容），我们可以分析这个战略重点涉及到哪些业务（包括核心业务、支撑业务或临时业务）？需要哪些 IT 能力支撑？哪些项目在构建这些 IT 能力？哪些组织（包括正式组织和虚拟组织）在参与这件事？同样，我们也可以分析执行层需要构建的 IT 能力，这些能力要通过哪些项目去构建？具体支撑了什么样的业务和战略目标？哪些组织在参与？等等。

总之，架构内容框架给出了企业架构（我们可以把学校看做一个企业）需要构建的架构内容，通过各要素之间的匹配关系的描述，可以为智慧教育的相应决策（包括对智慧教育项目的指导和管控）提供依据。

3.4 智慧教育业务参考模型

业务架构主要包含的内容有业务模式（商业模式、运营模式等），业务分块（如按业务领域划分的模块）和业务流程（如一级、二级、三级等不同层级的流程）等。其中，业务流程的分类一般也是按业务域的分块进行划分。智慧教育架构框架之业务参考模型（SEAF-BRM），即智慧教育业务参考模型，采用的是业务分类模型。业务分类将有利于整个智慧教育（包括基于信创的智慧教育）建设中发现合作、共享和重用的机会，也有利于将复杂的问题简单化、系统化，分类分层去解决。

智慧教育业务参考模型（如下图 3.4）将业务分为教学、科研、校园和管理 4 个业务域，10 个业务线和 35 个业务应用。其中，教学业务域分为教学计划、教学实施和教学评估 3 个业务线及相应的 10 个业务应用；科研业务域分为科研服务和科研管理 2 个业务线及相应的 6 个业务应用；校园业务域分为平安校园、健康校园和绿色校园 3 个业务线及相应的 8 个业务应用；管理业务域分为业务管理和综合管理 2 个业务域及相应的 11 个业务应用。

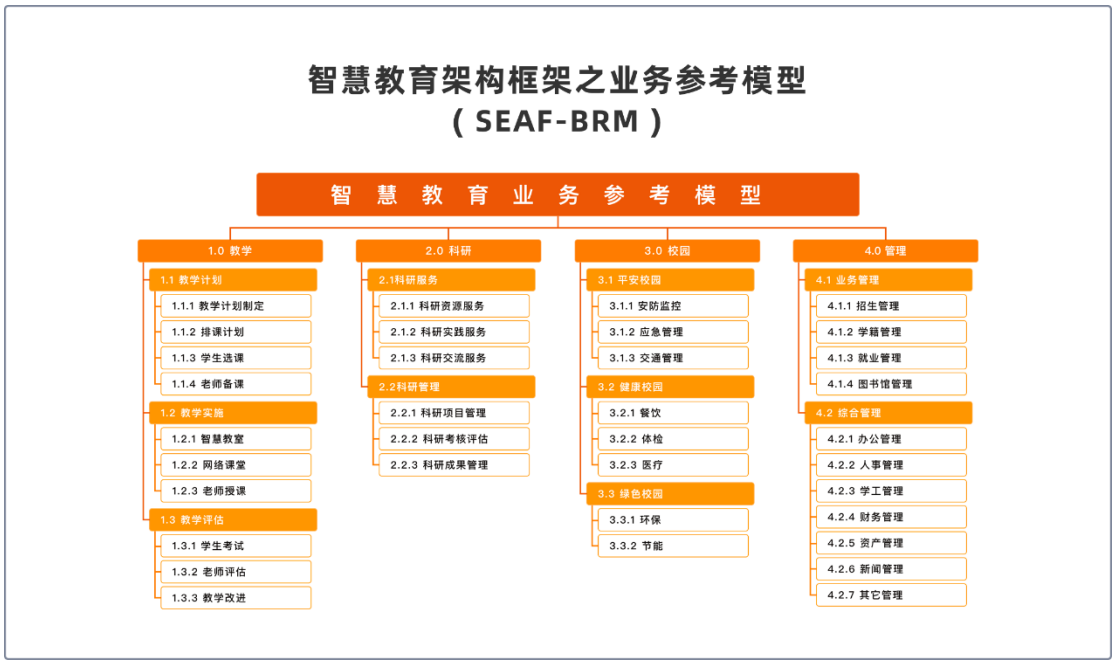


图 3.4 智慧教育架构框架之业务参考模型（SEAF-ARM）

智慧教育业务参考模型中的每个业务应用（即 35 个业务应用）都应该有一个分块架构的开发，也就是把每一个应用作为一个分块进行架构开发。开发方法可采用智慧教育架构开发方法 SEAF-ADM。最初的分块架构开发应该是一个高阶的架构内容，如战略意图（需要解决的核心问题等），战略架构（数字化后将要达到的未来状态等）及业务与信息需求（与其他业务的交叉协作需求及相互的数据支撑等）。等具体需要时再做进一步细化的架构开发，如详细的业务架构、数据架构和应用架构开发等。所有架构内容的开发都是为相应的决策服务，避免大量的重复建设和无效劳动，并减少系统的复杂性。

3.5 智慧教育应用参考模型

应用架构主要包括的内容有应用分层分类模型、应用集成模型、业务应用矩阵，应用数据矩阵等。智慧教育架构框架之应用参考模型，即智慧教育应用参考模型，采用的是应用分层分类模型。应用的分层分类将有利于智慧教育（包括基于信创的智慧教育）尽量避免重复建设，并更多地复用已有的能力，包括系统能力和人员能力等。

智慧教育应用参考模型（如下图 3.5）将应用划分为平台支撑、通用应用、

业务应用、应用入口和服务对象五个层级，其中每个层级都代表了不同的能力建设需求。

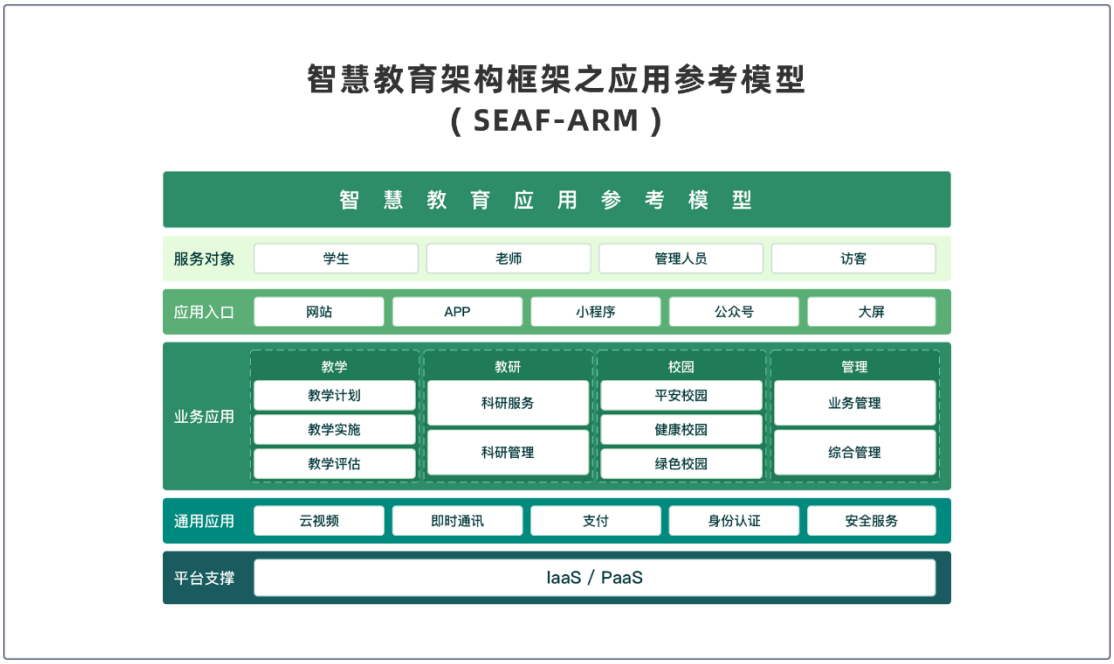


图 3.5 智慧教育架构框架之应用参考模型（SEAF-ARM）

平台支撑层：应用有可能直接部署在 IaaS 云计算平台上（对上提供弹性的计算、存储和网络等资源服务），也可能部署在 PaaS 云平台上（如基于容器的微服务管理平台等）。不管是 IaaS 还是 PaaS，都是为上层的应用提供通用的资源和平台能力支撑。按照“升级替代”的思路，这种资源和能力的提供应该是弹性的、可随时扩展的，所有的应用都不独占资源，也就是说，哪里需要资源就提供给哪里，要多少提供多少，不需要了就把资源释放出来。

通用应用层：通用应用是指与行业业务无关的一些标准化应用，包括云视频、即时通讯、支付、身份认证等。由于通用应用一般专业性较强，对于厂商来说也有规模效益，用户方一般不宜自行开发，否则开发和维护的成本太高，得不偿失。

业务应用层：业务应用是指与行业业务相关的应用。对于教育机构（以高校为例），业务应用可以采用智慧教育业务参考模型（3.3）中业务域、业务线和业务应用的划分，即业务应用可以划分为教学、科研、校园和管理四大类。按照企业架构层次的划分（基础架构、共同系统架构、行业架构和组织特定架构），业务应用也可以划分为行业通用业务应用和组织个性化应用。其中，行业通用应用可直接采用市场上的成熟套件，组织个性化应用可让相应厂商进行二次开发或自

行开发。业务应用的功能模块，不管是采购还是自行开发，都应该遵循业务参考模型中提到的业务分块架构内容的指导和约束。

应用入口：应用入口是指用户可以采用何种前端应用方式来进入并使用应用功能和服务。目前主要的前端应用入口包括网站、APP、小程序和公众号等。其中，网站适合大屏显示，长时间观看和大文件传输；APP 适合内部人员的高频使用（如老师和学生每天都要使用一些学校的服务，属于高频应用，每个学校适合开发自己的 APP）；小程序适合“用完即走”的低频应用（如给外部访客使用的一些应用）；公众号适合信息推送（如关注之后可以随时推送提醒信息）。

服务对象：教育机构（以高校为例）的服务对象主要有学生、老师、管理人员和访客四大类。所有的应用开发和提供都要体现以用户（服务对象）为中心的原则。一方面，要通过不断地调查用户的需求（主要是痛点和问题等），以解决用户问题为出发点，去开发新应用或改进原有应用。另一方面，所有的业务应用开发和修改时，都要考虑对用户的影响，以及如何推送给用户（包括以何种应用入口方式等）。

3.6 智慧教育技术参考模型

根据数字化的发展方向及新的数字化模式特点，信创的整个技术体系可以划分终端和云端两大部分，所以智慧教育架构框架之技术参考模型（SEAF-TRM）（如图 3.6）可以分为信创终端技术参考模型和信创云端技术参考模型两部分。

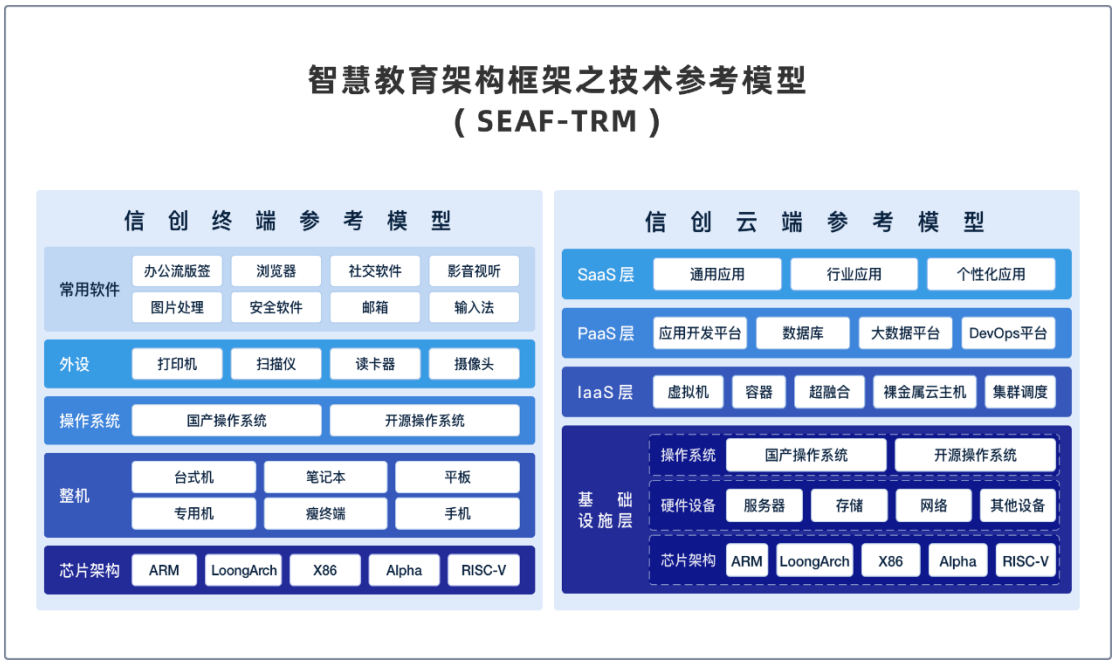


图 3.6 智慧教育架构框架之技术参考模型（SEAF-TRM）

信创终端主要考虑芯片架构、整机、操作系统、外设和常用软件几层技术产品的选择。其中，芯片架构主要有 ARM（如鲲鹏、飞腾），LoongArch 架构（如龙芯），Alpha 架构（如申威），X86 架构（如兆芯、海光），RISC-V（如阿里平头哥）。开源操作系统主要有 Unix 和 Linux。Linux 的发行版本大体有两个：一个是商业公司版本 RedHat，一个是社区维护版本 Debian。目前国产操作系统均是基于 Linux 内核进行二次开发的。国产操作系统主要有统信 UOS、麒麟、中科方德、华为鸿蒙等。

信创云端主要考虑基础设施层、IaaS 层、PaaS 层和 SaaS 层几层技术产品和服务的选择。其中基础设施层的硬件设备与终端设备类似，只是硬件形态不一样，操作系稍有差异（如在服务器端，华为推出了欧拉操作系统）。信创云的 IaaS 层主要提供弹性的计算资源，包括虚机、容器及超融合等。PaaS 层主要提供标准化的应用开发能力和套件，包括应用开发平台、数据库、大数据平台和 DevOps 平台等。SaaS 层主要提供各种应用服务，包括通用应用、行业应用和组织个性化应用。

按照企业架构四个层级的划分（基础架构、通用系统架构、行业架构和组织特定架构），信创云中的基础设施层、IaaS 层和 PaaS 层都属于基础架构内容。SaaS 层的通用应用属于通用系统架构层，SaaS 层的行业应用属于行业架构层，

SaaS 层的个性化应用属于组织特定架构层。信创技术参考模型，特别是云端技术参考模型，将有利于我们充分利用业界已有的最佳实践，处理好标准化与个性化的关系，并尽量按标准的方式去构建每一层能力。

3.7 智慧教育运营参考模型

整个数字化转型都在从孤立的大项目建设走向微服务的迭代开发与持续运营。信创工作不能只做“简单替代”，而要在“升级替代”的思路下，在新的数字化模式中建立起持续运营的体系。智慧教育架构框架之运营参考模型（SEAF-ORM）（如图 3.7）可以大体划分为基础设施的运营参考模型和软件开发的运营参考模型两大部分内容。

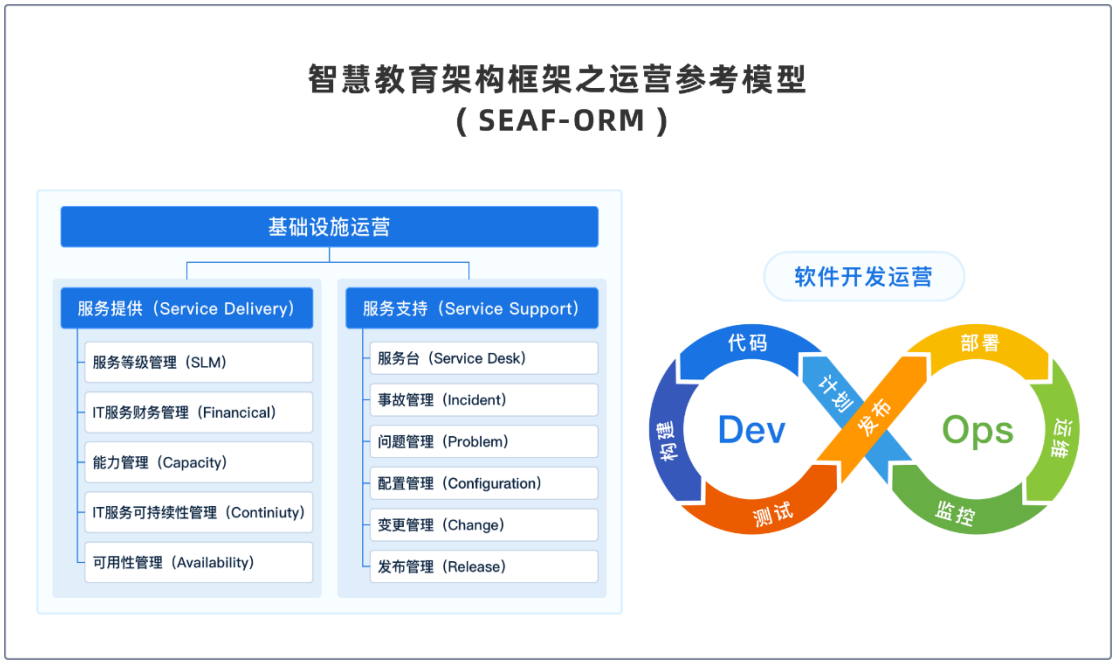


图 3.7 智慧教育架构框架之运营参考模型（SEAF-ORM）

在信创工作中，由于软硬件产品的不成熟，更需要一套完善的运营体系来保证快速地解决问题。基础设施运营参考模型可以参考国际上的 ITIL 模型。ITIL 本身起源于基础设施的运营维护管理，它主要分为服务交付和服务支持两大部分。其中，服务交付包括服务级别管理、服务财务管理、服务能力管理、服务可持续性管理和服务可用性管理等。服务支持包括服务台、事件管理、问题管理、配置管理、变更管理和发布管理等。

业务系统不仅要持续演进，而且要快速演进，基于信创体系的软件开发需要通过敏捷开发去满足业务快速创新和应对市场变化的需求，软件开发运营参考模型可以参考 DevOps 开发运营一体化管理模型。DevOps 是源于敏捷开发与运营的需要，是将软件开发、测试和运维结合在一起，从而实现更快速的迭代，更频繁的发布和更高效的协作。

基础设施运营和软件开发运营的参考模型是借鉴国际已有的最佳实践，这些流程和方法将为信创工作的可持续发展提供重要支撑。

四、教育信创的技术体系

教育信创技术首先要考虑自主可控的技术底座，国产芯片、操作系统和数据库是构成信创技术体系的三个主要支柱。

本着不是“简单替代”，而是“升级替代”的理念，教育机构的信创技术体系应该优先采用云计算、大数据等新一代信息技术架构和技术体系，在基础架构方面要利用云计算和大数据的软件定义、分布式计算和弹性扩展等特点，以资源池方式，实现“单机低性能，但整体高可用”的计算模式，也就是实现计算模式从单机的纵向扩展到跨单机的横向扩展。正如工业和信息化部原副部长杨学山在CIO时代主办的“2020中国信息技术应用创新网络展览会”上所讲：应用的性能需求开始达到天花板；同样的需求可以用不同的架构实现。

在创新应用方面，要充分利用移动互联网、物联网等随时连接、数据驱动和实时互动等特点，以丰富多彩的移动应用和物联网应用驱动场景变革，从而真正实现“把数据作为生产要素”的数字化转型目的。

4.1 技术底座

信创技术体系离不开自主可控信创产业的支持。信创产业是指信息技术应用创新产业，其核心在于通过行业应用拉动构建国产化信息技术软硬件底层架构体系和全周期生态体系，解决核心技术关键环节“卡脖子”问题。信创产业生态系统主要由基础硬件、基础软件、新兴信创、行业应用、信息安全五部分构成。基础硬件包括芯片、存储器、整机、网络设备等；基础软件包括操作系统、数据库、中间件等；新兴信创包括信创云、大数据、人工智能等；行业应用包括应用软件、行业应用等；信息安全包括密码技术、网络技术、信息对抗等。图4.1和图4.2分别展示了信创产业链和信创产业图谱。



图 4.1 信创产业链



图 4.2 信创产业图谱

4.1.1 基础硬件层

4.1.1.1 中央处理器

通用型 CPU 是信息产业的基础部件，是电子设备的核心器件，是关系到国家命运的战略产品。其发展直接关系到国家技术创新能力，关系到国家安全，是国家的核心利益所在。

我国 CPU 研发从 1950 年起步，先经历了“完全自主但没有市场”的国内小循环阶段，打破封锁为“两弹一星”研制计算机，后经历了“造不如买”的融入

国际大循环阶段，CPU 研发工作开始落后于西方国家。2001 年以来，随着国家对芯片产业的扶持力度加大，国产 CPU 迎来发展机遇，诞生了以龙芯中科、华为、天津飞腾为代表的国产 CPU 设计企业，产品性能逐年提高，应用领域不断扩展，扭转了长期无“中国芯”可用的被动局面，为构建安全、自主、可控的国产化计算平台奠定了基础。

目前，国内 CPU 厂商按照指令集架构分为三种技术路线：一是以龙芯、申威为代表的采用自研指令架构；二是以华为、飞腾为代表的购买 ARM 指令架构授权；三是以海光、兆芯为代表的采用 X86 指令架构，通过合资方式解决技术授权问题。购买或合资获取技术授权的方式在芯片流片时需部分依托国外产线完成，产品销售上有被技术授权公司审计的风险。

指令系统是 CPU 所执行的软件指令的二进制编码格式规范，是计算机的软硬件界面，也是 CPU 最重要的知识产权体现，承载着产业生态，目前国际 CPU 主流生态的话语权主要由 Wintel 体系（X86+Windows）和 AA 体系（ARM+Android）掌握。采用技术授权或者国外合资的 CPU 企业，无法规避国外企业的授权问题，有一定断供风险；采用自主指令集架构的 CPU 企业，自主可控程度最高，需进一步完善生态建设。考虑信息产业长远发展需要，应构建独立于 Wintel 体系和 AA 体系的自主可控技术体系和产业生态，形成 Wintel、AA 和自主生态三分天下的格局。

RISC-V 是开放开源的指令集，允许全世界任何人免费实现一个 RISC-V 处理器，可以商用，也可以开源。正如中国工程院院士倪光南在 CIO 时代主办的“2020 中国信息技术应用创新网络展览会”上所讲：未来 RISC-V 可能发展成为世界主流 CPU 之一，从而在 CPU 领域形成 Intel、ARM、RISC-V 三分天下的格局；中国应抓住 RISC-V 的发展机遇，形成信息技术领域的“中国体系”。

4.1.1.2 存储器

存储器是计算机的存储部件，用于存放程序和数据。按照存储介质的不同，存储器主要包括光学存储、磁性存储和半导体存储三类，光学存储，根据激光等

特性进行存储，常见的有 DVD/VCD 等；磁性存储，常见的有磁盘、软盘等；半导体存储器，又称存储芯片，以半导体电路作为存储媒介，具有体积小、存储速度快等特点，是目前应用最多的存储器。半导体存储器又可分为随机存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。根据断电后信息是否保留，分为易失性（VM）存储器与非易失性（NVM）存储器。易失性存储器无法保留数据，这类产品包括 DRAM 和 SRAM，其中 DRAM 为半导体存储主流方案，SRAM 产品主要用于 CPU 的主缓存以及辅助缓存。非易失性存储器产品在断电后存储器仍保留数据，代表产品为 NAND Flash 和 NOR Flash。

目前我国外部存储器市场上国产品牌已经占据约 60%的市场份额。其中，华为目前排名第一，市场占有率约为 20%；Dell EMC 排名第二，市占率 14%；第三到六名分别是海康威视、IBM、中科曙光和浪潮。半导体存储器方面，DRAM 和 NAND 对整个半导体市场具有重大影响，占全球半导体行业的约 25%。而在 PC、移动和企业（数据中心/服务器）方面约占所有 DRAM 和 NAND 需求的 80%。DRAM 是一个垄断度集中的市场，全球主要供应商集中在三星、海力士和美光这三家公司。在非易失性存储（ROM）市场，NAND Flash 占比最大，供应商主要有三星、海力士、美光、KIOXIA（铠侠）、西部数据和英特尔等。近年来，中国陆续攻克了 3D NAND Flash 和 DRAM 技术。随着国产厂家长江存储、兆易创新、东芯半导体、长鑫存储、福建晋华等的逐渐崛起，国产存储实现了从无到有的突破，打破了长期被垄断的局面，开创了国产存储的新局面，有望实现国产替代。

4.1.1.3 整机

在基础硬件领域，整机是最早实现关键领域国产化替代的环节之一。信创对于供给端厂商底层架构及核心技术自主可靠的要求，使得整机厂商协同能力逐渐凸显，话语权得到提升。整机厂商常扮演集成商角色，将国产软硬件产品集成在 PC 整机或服务器上，借由自身的品牌、资质、相对成熟的供应链能力参与党政军、央企等招投标，推动信创产品的行业应用。整机厂商向下对接客户需求，向上（芯片/存储环节）反馈改进意见，是推动信创产业链生态融合的关键环节。

国内信创整机厂商主要有 706 所、长城、华为、联想、曙光、浪潮超越、同方、黄河、百信等。

4.1.1.4 网络设备

网络设备泛指构建整个网络所需的数据传输、路由、交换等设备。网络设备包含路由器、交换机、网络安全设备、SD-WAN 设备、无线产品、服务器等。网络设备行业是支撑国家经济发展的战略性、基础性和先导性产业，受到政府的大力支持，近年来网络设备市场规模整体呈增长趋势。2021 年中国网络设备市场规模达到 664 亿元，同比增长 3.53%，其中 SD-WAN 发展迅速，同比增长 89.9%。国内交换机市场的主要参与企业为华为、新华三、锐捷网络、迈普技术和中兴等，2021 年市场份额合计达到 95.9%；企业级路由器市场的主要参与企业为华为、新华三、锐捷网络、迈普技术等，2021 年市场份额合计达到 95.9%；无线产品市场的主要参与企业为新华三、华为和锐捷网络等，2021 年市场份额合计达到 88.6%；SD-WAN 产品市场的主要参与企业为华为、新华三、轻网科技、锐捷网络等 2021 年市场份额合计达到 68.8%。

4.1.2 基础软件层

4.1.2.1 操作系统

操作系统是连接硬件和数据库、中间件、应用软件的纽带，向下适配硬件系统、发挥终端硬件性能，向上支撑应用软件功能、影响用户的最终体验，起到了承上启下的关键作用，是构建国产 IT 底层生态环境的重要组成部分。目前主流操作系统主要有 PC 端的 Windows、Linux、OSX 等；服务器操作系统 Unix/Linux，Windows Server，OS X；嵌入式操作系统 μClinux、μC/OS-II、eCos、FreeRTOS 等；PDA 手持终端操作系统 Palm OS、Pocket PC 等。国内操作系统厂商主要有麒麟 OS（中标麒麟、银河麒麟）、深度科技、统信 UOS、普华软件、中兴新支点、凝思、中科方德等公司。另外，华为也推出了自己的终端操作系统鸿蒙和服务器

操作系统欧拉，并在开放原子基金会下推出了社区开源版本开源鸿蒙（Open Harmony）和开源欧拉（OpenEuler）。

4.1.2.2 数据库

数据库是一种用于存储和管理拥有固定格式和结构数据的仓库型数据管理系统。根据数据模型的不同，数据库可以分为关系型数据库和非关系型数据库，在党政、金融等集中式通用关系型数据库领域优势明显。国产数据库可以分为传统商用数据库、云数据库以及开源数据库，传统商业数据库主要包括武汉达梦、南大通用、人大金仓和神州通用；云数据库以阿里 OceanBase、华为 Gauss DB、腾讯云、百度云等为代表，具备较强的自研能力，但在生态方面较前两类薄弱很多；开源数据库，主要包括瀚高科技、优炫软件、巨杉数据库和星环科技。数据库领域信创可以利用云数据库和开源数据库推进建立并形成符合自身利益的数据库生态，目前国内全栈的云厂商，占据云生态优势，使其在软硬件协同方面有机会做一步优化，实现数据库整体性能的提升，新兴厂商主要是最新一代的面向云原生架构的数据库，架构优势更为明显。

4.1.2.3 中间件

中间件主要用于解决分布式环境下数据传输、数据访问、应用调度、系统构建和系统集成、流程管理等问题，是分布式环境下支撑应用开发、运行和集成的平台。稳定化、商业化、中台化是国产中间件的重要发展方向。国产中间件相对于其他基础软件具有较强竞争力，在市场化产品中占据较大份额。国产中间件龙头包括东方通、炎黄盈动、普元信息、宝兰德、中创股份及金蝶天燕等。

公司名称	主要中间件产品	主要行业/客户
东方通	应用服务器 TongWeb 系列、消息中间件 TongLink 系列、交易中间件 TongEasy 系列、负载均衡软件等	政府、金融、电信、交通等
金蝶天燕	应用服务器、消息中间件、云计算平台	主要依托母公司金蝶中国销售

炎黄盈动	流程中间件、低代码开发平台、BPM PaaS 平台、iPaaS 集成平台、aPaaS 平台、信创应用模板	教育机构、党政、军工、金融、电信、能源、交通、教育、医疗、汽车、建筑、IT 等
中创股份	应用服务器、消息中间件、分布式对象中间件、工作流中间件、企业服务总线、门户中间件、数据传输平台	政府、电信、工业互联网等
普元信息	SOA 集成平台、云应用平台、大数据中台（偏平台，产品化收入低）	大中型企业、政府、软件开发商
宝兰德	应用服务器、消息中间件、交易中间件、SOA 集成平台，以及云管理平台软件等智运维产品	主要客户为电信（中国移动），向金融和政府领域拓展

表 4.1 中间件重点企业及主要产品

4.1.3 新兴信创层

4.1.3.1 信创云

信创云，是指在信息技术应用创新的背景下，以国产化的 CPU、操作系统为底座的自主研发的云平台，统筹利用计算、存储、网络、安全、应用支撑、信息资源等软硬件资源，发挥云计算虚拟化、高可靠性、高通用性、高可扩展性及快速、弹性、按需自助服务等特征，提供可信的计算、网络和存储能力。云计算整体架构包括：基于国产 CPU 的基础设施层，如整机、网络、存储等；IaaS 层——包括操作系统和云管理平台；PaaS 层——主要是通过使用容器环境对应用软件进行微服务化定制封装，使用 DevOps 理念对云原生应用进行持续部署和集成，使用容器编排工具对容器进行统一集群管理；SaaS 层包括政府、金融、电信等各行业业务软件。此外，还包括整个平台的安全管理、运维管理及相应的标准制定遵循。我国拥有全产业链能力的综合型云厂商主要有阿里云、腾讯云、华为云、天翼云、金山云、百度云、浪潮云和京东云。

4.1.3.2 大数据

目前国内大数据公司分为两类：一类是有能力收购大数据的公司，比如百度、

腾讯、阿里巴巴等互联网巨头，华为、中兴、浪潮等国内龙头企业，涵盖了数据采集、数据存储、数据可视化、数据分析以及数据安全等领域；另一类是初创的大数据公司，它们依靠大数据工具为市场带来创新解决方案，并促进技术发展，其中的大多数大数据应用程序仍然需要第三方公司的服务，包括百分点（营销大数据）、国信优易（媒体大数据）、国双科技（营销大数据）、拓尔思（解决方案）、数据堂（数据交易）等。

可以通过建设海量数据训练库、标准测试数据集、工具库等行业数据资源平台，重点培育数据采集、标注、存储、传输、管理、应用等全生命周期产业体系来实现大数据信创。

4.1.3.3 人工智能

在人工智能领域可以通过开发具有自主知识产权的通用性人工智能操作系统和控制软件，研发基于 CPU/GPU/ASIC/FPGA 异构体系的云计算服务平台，研发同时支持逻辑推理、概率统计、深度学习等范式的统一计算框架，来实现信息技术创新。

国家新一代人工智能开放创新平台是国家认可、由企业主导的 AI 开放创新平台，目前已经有百度（自动驾驶）、商汤（智能视觉）、旷视（图像感知）、科大讯飞（智能语音）等 15 家公司的平台入选，除了这些公司还有云知声（多模态 AI）、第四范式（智能化转型）、字节跳动（个性化信息流）、寒武纪（AI 芯片设计）等平台也各有特色。

4.1.4 行业应用层

4.1.4.1 应用软件

应用软件包括办公软件、业务软件、社交软件、工业软件等。办公软件是自主创新领域最核心的应用软件，办公软件企业包括金山办公、永中科技、中标普华等，版式软件企业主要有福昕软件、数维科技等；OA 协同办公企业主要有泛

微、华宇软件、九思、慧点、致远等，可以通过国产替换实现信创。业务软件厂商数量广泛，涉足领域繁多，但是重要性次于办公软件，以恒生电子、用友网络、浪潮、炎黄盈动、金蝶等为代表的龙头厂商，已完成信创适配，推出全国产化解决方案，将带来新的增量需求。社交软件主要包括微信、QQ、抖音、快手、微博等。狭义上的工业软件主要指研发设计类和生产控制类两个环节的工业软件。主要包含以 CAx、PLM、BIM、EDA 等为代表的研发设计类软件和 PLC、DCS、SCADA 等为代表的生产调度和过程控制类软件。研发设计类软件是国产工业领域“卡脖子”的深水区。在核心工业软件领域中的 CAD 研发设计类软件市场，法国达索、德国西门子、美国 PTC 以及美国 Autodesk 公司在我国市场占有率达 90%以上。国内数码大方、中望软件、山大华天等只占不到 10%的市场。CAE 仿真软件市场领域，美国 ANSYS、ALTAIR、NASTRAN 等公司占据了 95%以上的市场份额。中望软件在 CAx 领域正在逐步崛起，国产导入正在加速进行。而华大九天、概伦电子等正在持续破局，有望打破 EDA 软件领域被 Synopsys、Cadence 垄断的市场局面。生产控制软件领域主要被西门子、施耐德、GE、罗克韦尔等国外巨头占据。浙大中控、和利时、宝信软件、石化盈科等公司在 PLC、DCS、SCADA 等领域加速国产替代。

4.1.4.2 行业应用

对于行业应用信创产业推进，业界提出了 “2+8”体系，“2”指党、政；“8” 指关于国计民生的八大行业：金融、电力、电信、石油、交通、教育、医疗、航空航天。目前信创产业的落地节奏呈现“2+8+N”的发展态势。作为信创起步最早的领域，党政部门很早便从电子公文和办公系统开始。在党政部门的引领下，金融、电信、电力、交通等八大重点行业也开始加快信创步伐。行业信创中，金融行业推进最快，紧跟党政部门的步伐，共处第一梯队。然后是电信、交通、电力、石油、航空航天行业，位列第二梯队；最后是教育、医疗行业，信创渗透率最低，同处第三梯队。“2+8”体系之外，汽车、物流、烟草、电子等 N 个行业有望在 2023 年左右开始发力。信创行业应用更需要服务能力的支撑，软

通动力等有望在各行业信创应用中提供各种人才服务。

4.1.5 信息安全层

信息安全指通过密码技术、网络技术、信息对抗等手段对搭建在计算机系统上的软硬件、系统数据及相关业务进行保护。随着云计算、人工智能等技术的普及、渗透率的不断提升，零信任、数据安全、云安全、工控安全、物联网安全、开发安全、业务安全、威胁检测与管理、安全 SaaS 服务和网络靶场等信息安全重点领域不断发展。对于“2+8”这些关乎国计民生的重要行业，数据的安全重要性不言而喻。在数据的生产、储存、使用、传输、销毁等各个环节，数据保护都需要得到重视。目前，包括党政、金融、航空航天等在内的多个重要行业都已加紧网络安全、数据安全的建设，并寻求信创环境下的国产替代方案，这对于国内的信息科技发展来说，是具有长远建设意义的举动。信息安全企业包括北信源、中孚信息、360、启明星辰、绿盟科技、深信服、天融信和安恒信息等。

4.2 信创云技术体系

4.2.1 信创云总体概述

云计算通过虚拟机、容器等方式弹性地提供计算资源，使整个计算资源可以做到横向扩展，既提高了性能和可用性，也提高了效率和易用性。作为信创技术体系实现“升级替代”的重中之重，信创云将在整个信创技术体系构建中起到重要作用。

由于经过多年发展，云已经成为各类新技术的交付手段和新业务的承载平台，整个云技术栈内容比较多与其他技术线存在交集，很多内容已经由白皮书其他部分覆盖，该章节主要讨论如下内容：

- 信创云基础设施与软件定义的数据中心
- 信创云原生平台与容器云
- 信创裸金属云主机

- 信创云化路径

4.2.2 信创云基础设施与软件定义的数据中心

信创云基础设施的核心是虚拟化（Hypervisor）、存储和网络。随着过去多年软件定义存储、软件定义网络等技术的发展，“软件定义的数据中心”已经成为数据中心云化基础设施建设的主流模式。相比传统数据中心，软件定义的数据中心具备高规模可扩展性、高可用性、高灵活性等优势。遵循着“升级替代”的原则，信创替代以国产化为契机，推动数据中心建设模式从传统模式转为“软件定义”的模式。

在软件定义的数据中心信创建设中，首先考虑的是虚拟化（Hypervisor）层面对 VMware vSphere 替代。有可能用于填补 vSphere 空白的国内虚拟化产品都是基于 KVM 进行开发的，但目前 KVM 的性能保障得益于 Intel VT-x 等硬件辅助虚拟化技术。在信创替代中，应当考虑国内虚拟化软件厂商与 CPU 等硬件厂商合作改进 KVM 适配国产 CPU 等芯片，基于硬件辅助虚拟化技术，优化虚拟机性能，提升虚机密度的能力。

在存储层面，与传统的数据中心采用集中式硬件设备为重要数据提供持久化存储不同，软件定义存储技术采用分布式存储软件与标准服务器硬件构建可持续扩展、具备更强容错能力的数据中心存储系统。国外厂商在传统存储设备方面具备较大的先发优势，在信创替代中，采用软件定义存储等新一代存储技术，对国外产品进行替代的同时，实现从传统集中式存储设备向软件定义和分布式存储升级转型。

在网络层面，云化数据中心的软件定义网络技术，能够支持在标准网络硬件和扁平的物理网络基础上，通过软件技术构建具备复杂拓扑结构的数据中心虚拟网络。采用软件定义网络技术，一方面有助于我们摆脱对 Cisco 等传统网络设备大厂的依赖，另一方面，软件定义网络与虚拟化等技术相结合，让数据中心能够更灵活、安全地承载多样化的负载。

在从传统数据中心到软件定义数据中心的改造过程中，有些用户也有可能将

计算、存储、网络分离部署的方式替换为更加简单、弹性敏捷的超融合基础设施（HCI）。HCI 将数据中心基础设施融合在一台标准化的普通服务器上，通过软件实现计算、存储、网络等多种基础设施资源，并将其池化和服务化，通常支持以三台起步持续扩展到较大规模。

国产超融合方案已经在生产环境得到规模化验证。同时，选择国产自主研发的超融合产品不仅意味着实现 VMware 替换，更能实现从传统 IT 架构到分布式架构和软件定义数据中心的转型——简化了数据中心硬件的层次结构，落地容易，弹性很好，按需扩展，风险更低。

超融合架构除了具备软件定义和分布式架构带来的优势，因为包含了虚拟化、存储和网络多种核心组件，可以同时实现信创替代。从信创角度看，国产超融合方案普遍具备软硬件的解耦能力，能够循序渐进实现数据中心的信创全栈升级替代。

4.2.3 信创云原生平台与容器云

4.2.3.1 容器云和云原生对于信创的意义

追根溯源，信创产业建设所面临的诸多问题的根本原因在于，在传统的 IT 生态体系的集成逻辑和技术路线上，去试图追赶国外先进科技公司持续数十年的技术研发和生态积累，注定会充满挑战。

而云原生作为新一代的 IT 技术体系，正展现出改变上述信创建设中被动局面的巨大潜力。云原生平台在数据中心发挥操作系统的作用，能够屏蔽底层异构基础设施的复杂性，直接支持新一代应用的构建；容器轻量级虚拟化技术，能够极大弱化对硬件辅助虚拟化技术的依赖。云原生模式与技术能够彻底重构信创软件上下游生态集成逻辑，把传统操作系统从需要长期积累的软件生态兼容适配中解放出来，形成全新的生态整合规则，实现对原有科技产业链整合的破局。

从全球云原生产业的角度来看，中国力量迅速崛起，相比传统 IT 产业生态，中国在云原生领域具备以下几点优势：

（1）中国拥有巨大的数字经济规模，全世界最丰富的应用场景，需求牵引技术创新。例如“618”、“双 11”等复杂场景背后，都离不开云原生技术的支撑，其核心是中国工程师们的不断创新。相关技术经过中国工程师们的打磨优化，在国际上具有不可替代的优势。

（2）中国科技公司在云原生的核心赛道中占据了重要地位。从开源代码贡献量统计可以看出，中国科技公司在云原生平台、容器运行时等云原生核心赛道中的代码贡献度排名纷纷进入了世界前 20，甚至进入了世界前三。

（3）中国科技公司整体的云原生技术实力跻身世界前列。根据云原生计算基金会（CNCF）等机构公布的数据，中国科技公司对云原生技术的贡献度位居全球第二。

这些优势使得中国可以借助其在云原生领域具备的系统化和先进性的技术能力，为信创产业建设提供全新的发展方向和路径，从而给中国的信创产业带来弯道超车的机会。

4.2.3.2 信创云原生解决方案

信创云原生解决方案是一项系统化的工程，而非局部的国产化替代，从底层的存储、网络，到中间的云原生操作系统核心，再到上层的分布式治理、可观测、服务编排，都是一个拥有自主技术，且经过了国内大规模场景验证和实践落地，在全球都具备一定领先性的技术体系。因此，信创云原生解决方案能够在满足企业信创要求的同时，实现科技创新。

在软硬件的兼容适配方面，基于信创云操作系统在纳管不同 CPU 架构的服务器方面具备天然优势，各种信创和非信创体系的基础设施都能够被统一管理；同时，上层应用通过容器的标准化封装之后，信创云操作系统可以为容器提供自动化的环境识别、资源分区、应用调度等能力，从而屏蔽了服务器集群使用多个传统操作系统带来的差异性。这也为信创过渡和综合选型提供了技术手段。

4.2.3.3 信创容器运行时

容器运行时是组成云原生环境的“原子”，在信创改造中起到至关重要的作用。中国工程师除了积极参与国际技术社区以外，也在积极探索原始性创新，尤其在安全容器等领域，已经部分达到国际领先水平。

Kata Containers 是由国内工程师开发，国内多家云公司和 IT 公司共同发起并托管在 OpenStack 基金会，在国际技术社区具备广泛影响力的开源容器项目。Kata Containers 提供直接在裸机上运行容器管理工具并实现工作负载强安全隔离的能力，将虚拟机的安全优势与容器的速度和可管理性统一，目前已经在生产中得到规模化应用。

4.2.4 信创裸金属云服务器

由于硬件辅助虚拟化技术起步较晚，国产 CPU 性能在虚拟化条件下损耗较大，应用容器化改造又存在较高的门槛和落地周期，如果转而采用传统物理服务器部署方式来承载信创 IT 系统又存在丧失云化能力，无法实现信创“升级替代”愿景的问题。随着近年来国产 DPU 技术的发展，相比传统 CPU 和 GPU，国内技术力量在 DPU 方面具备较高的水平，部分具备国际领先优势。在 DPU 赋能下，“裸金属云服务”能够兼顾传统物理服务器的性能和安全性优势，又能具备传统云服务器的敏捷性和灵活性，是实现信创云落地的又一“升级替代”手段。

裸金属云服务器与传统物理机和虚拟机的比较如下表 4.2 所示：

功能分类	功能	裸金属服务器	物理机	虚拟机
下发方式	自动化发放	Y	N	Y
计算	无特性损失	Y	Y	N
	无性能损失	Y	Y	N
	资源无争抢	Y	Y	N
存储	拥有本地存储	Y	Y	N
	使用云硬盘（系统盘）启动	Y	N	Y
	使用镜像，免操作系统安装	Y	N	Y
网络	使用虚拟私有云网络	Y	N	Y
	物理机集群和虚拟机集群之间通过VPC通信	Y	N	Y
管控	远程登录等用户体验和虚拟机一致	Y	N	Y
	支持监控以及关键操作审计	Y	N	Y

表 4.2 裸金属云服务器与传统物理机和虚拟机的比较

DPU 作为裸金属云服务器实现的关键部件，主要实现 5 大能力：网络、存储功能卸载；DPDK、SPDK 和 RDMA 等技术集成；针对特定业务逻辑进行硬件加速；解决裸金属存储网络的安全隐患；业务端到端网络可视化。

国内包括阿里云、华为云在内的诸多云厂商和一些芯片厂商、专业 DPU 厂商均有相关产品，国产可控率高。

4.2.5 信创桌面云

信创桌面云作为云基础设施的一种成熟使用方式，它采用云计算技术将用户桌面镜像在云数据中心进行集中存储和管理，然后按需把桌面资源发布给用户，用户可使用多种类型终端访问个人的云桌面，并获得与本地桌面相同的体验，为用户提供方便快捷、体验良好的个性化桌面云服务。

信创桌面云具有移动性好、管理运维方便、数据安全性高等优点，受到能源、交通、金融、党政等行业用户的关注和青睐，现已广泛应用于日常办公、开发设计、窗口业务等多种应用场景。

随着我国云计算技术和产业的飞速发展，桌面云技术和产业也将得到快速发

展，必将进一步推动桌面云在各行各业的广泛应用，助力用户快速迁移到信创办公环境，加速信创产业的发展和信创生态大融合，并为用户带来更安全、更便捷、更高效的办公体验。

4.2.6 信创云化路径

近几年，信创大潮的推进，正值各行业传统 IT 架构云化迁移、云原生改造之际，有助于各行业将信创替代和云化升级相结合，破旧立新，实现弯道超车。

根据应用升级改造条件不同，分为信创平迁上云和云原生改造上云两种。

4.2.6.1 信创平迁上云

如下图所示。从架构上，采用软件定义的数据中心架构升级替代传统 IT 架构。具体技术上，采用国产的软件、服务器和以太网交换机，替代传统国外产专用的存储硬件和网络交换机，采用国产分布式存储系统替代传统集中式存储系统，采用国产虚拟化平台替代国外虚拟化平台。交付形式上，可以采用新型的具备一体化交付能力的超融合方案替代传统的计算、存储、网络分别规划、部署、实施的方案。

该云化路径对于信创改造的优点与价值包括：

（1）传统服务器-存储架构升级与信创替代同步开展

（2）同时实现虚拟化、存储和网络基础设施的信创转型，可降低核心组件信创转型难度

（3）采用超融合方案仅需三节点起步，快速上线，弹性扩展，能够显著降低架构转型风险

（4）架构精简，有效降低运维难度和总拥有成本

（5）兼顾信创与云化转型、当前与未来需求，为业务带来长期价值

4.2.6.2 云原生改造上云

相比平迁上云，云原生改造上云更具备长期优势，但同时也更为复杂，实施周期更长。

- **应用容器化**

应用容器化大致分为五个步骤：

（1）应用现状分析。梳理应用使用的资源、系统的逻辑架构拓朴、应用服务的所有数据依赖、应用上下游服务依赖关系、服务所依赖的进程、系统中需要保留的重要日志及数据、数据和文件权限等。

（2）迁移规划和设计。根据前期对应用系统现状的调研和分析结容器平台特性，产出新的系统架构图和迁移改造计划，比如是直接容器化上云还是改造后再容器化上云，以及容器化后业务系统功能和性能测试方案、系统的割接方案等。

（3）设计镜像。若要打包应用程序以供在容器和云原生环境中运行，需要设计用于运行应用的容器镜像，并编写脚本文件，用于自动执行所有应用程序部署时需要执行的步骤。这通常包括一些 Shell 配置命令，以及用于复制应用程序包、设置所有依赖项的指令，也可以解压缩已压缩的存档或安装包。容器镜像是一个特殊的文件系统，除了提供容器运行时所需的程序、库、资源、配置等文件外，还包含了一些为运行时准备的一些配置参数（如匿名卷、环境变量、用户等）。在容器镜像使用中，我们最好把经常变化的内容和基本不会变化的内容要分开，把不怎么变化的内容放在下层，创建一个基础镜像供上层使用。

（4）生成镜像。直接将运行中的容器环境持久化为容器镜像。或者使用命令和工具基于脚本构建镜像。后者的优势在于可以溯源镜像的生成过程，并且消除了把一些不需要的东西误保存到镜像中的隐患，提高了安全性。镜像构建成功后，将镜像推送到镜像仓库中去。

（5）应用部署。将容器镜像部署到信创云原生环境中，一般可采用部署模板，实现在不同用户环境中的快速部署和敏捷升级。

- **应用架构微服务化**

应用的云原生改造上云，往往伴随着应用架构的微服务化。随着各行业的数

字化业务发展，传统单体应用会面对复杂度高、迭代周期变慢等问题，使得组织的数字化和云化进程受阻。对于业务复杂的单体应用系统，可以应用上云和信创替代为契机，采用微服务化改造重构上云，推进组织 IT 架构的云原生化演进，加速业务数字化。

微服务化改造方案需要针对不同的业务系统具体设计，但基本上可遵循以下共性原则：

（1）渐进式，不要“推倒重来，一步到位”。快速见效、快速收到回报、可挑选出高价值的模块先进行服务化改造，更早的拿到结果来获得业务团队的支持。

（2）减少对单体应用的改动。单体应用的修改是不可避免的，重要的是要减少改动，同时保持数据一致性。

（3）改造主要从业务维度入手，少量的技术维度。

（4）拆分时做“垂直切分”，含业务逻辑、库表结构等前后端逻辑。

由于信创升级替代是一个循序渐进的过程，微服务架构应用本身作为分布式应用，也要考虑信创和传统环境共存的需求。采用双注册和双订阅模式，保证在不同环境的服务之间能够相互调用。

4.3 信创大数据技术体系

与云计算一样，大数据平台也是构成未来信创技术体系的重要内容，也是实现“升级替代”的重要技术之一。图 4.3 大数据总体架构展示了大数据主要技术栈及相应技术组件。

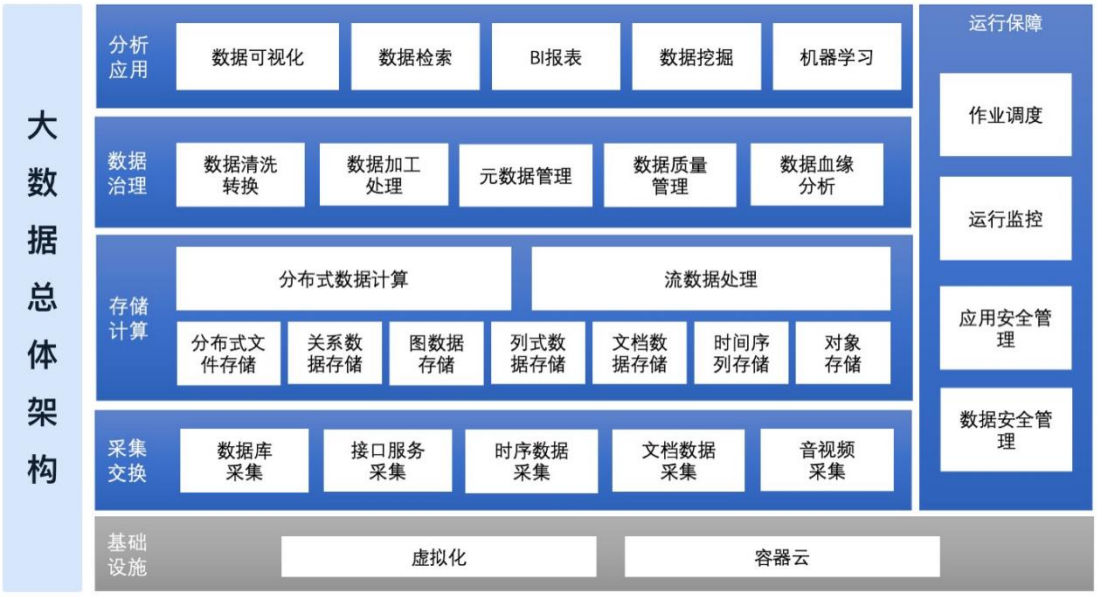


图 4.3 大数据总体架构

采集交换：数据采集和数据交换相关的技术工具，通过数据采集完成多种来源的数据间的传输与交换。

存储计算：数据存储和计算相关的工具技术与方法，提供文件数据、结构化数据和对象数据等不同形态数据的组织方式，基于这些方式实现数据的分布式批量计算和流式计算。

数据治理：基于数据采集交换、存储计算能力实现数据治理中的清洗转换、和加工处理，实现组织的元数据管理、数据质量管理和数据血缘分析等能力。

分析应用：基于大数据的分析应用主要包括数据可视化、数据检索、BI 报表、数据挖掘和机器学习等。

运行保障：大数据系统是一个分布式系统，大量的后台活动和任务需要管理，系统的任务调度、运行监控和安全管理都是系统安全、高效运行的基本保障。

根据上面大数据总体架构，我们需要在每一次的产品上实现信创化替代，保证自主可控。同时，还要使这些各层级的大数据组件能够适配满足信创要求的芯片、操作系统及数据库等。另外，在数据存储、计算、应用环节，采用国密算法，以透明加密、半透明加密等方式实现对重要数据进行加密保护。比如，在大数据分析处理方面，国内在 GPU 加速数据库计算和大数据分析计算，以及隐私计算支持等方面的起步并不算晚。在人工智能方面，国内的芯片厂家也在积极呼应现有生态的基础上，联合产业链各个环节，取长补短共建生态，以降低用户学习成本

和使用成本，适应不同用户场景对于产品及解决方案的易用性、稳定性和可迭代性的要求。

4.4 基于信创技术的创新应用

信创技术体系的成功离不开各种创新应用的支撑，其中，移动应用和物联网应用将为信创技术体系开辟一个新的应用空间，从而使整个信创技术体系采取“农村包围城市”的策略，从边缘系统的创新应用开始，逐步走向核心业务系统的变革。不管是移动 APP 应用还是物联网应用，这些改变业务场景和业务模式的创新应用，将可以帮助信创技术体系实现“弯道超车”和“换道超车”，并提供原动力和生态支撑。另外，利用低代码开发平台实现后台业务的快速开发与迭代，也将是实现业务快速创新的重要方式。

4.4.1 移动 APP 应用

移动 APP 应用通过随时随地连接每一个人，使各种碎片化需求不断的得到满足。不管是生活场景还是生产场景，移动应用在深刻的改变人们的生产生活方式。信创技术体系的成功，一定要结合移动 APP 的应用，这样才能真正有生命力，有可持续发展的生态和动力。

目前移动 APP 开发模式大体分为三种，即原生 APP 开发 Native App、网页 APP 开发 Web App 和混合开发 Hybrid App。

其中 Native App 是基于相应操作系统特有的开发语言和工具开发，最终以二进制运行，可直接调用底层原生移动设备的 API。原生 APP 强依赖于其所运行的操作系统，目前移动端操作系统，主流有 IOS 和 Android，以及国内的 Harmony。而国内其他手机厂家，如 OPPO 的 colorOS、vivo 的 OriginOS 和小米的 MIUI 都是基于 Android 做的深度定制化。值得一提的是，Harmony OS 完全兼容 Android APP。由于 Native APP 是直接以二进制运行在操作系统，所以有着最佳的界面和性能体验。而缺点是需要对不同的操作系统做不同的开发，所以成本较高，同时 APP 的更新需要对客户端进行重新下载安装。

Web APP 则是依赖于 Mobile Browser——移动设备中的浏览器运行，内部执行普通的是网页代码。所以其开发技术也是用的 Web 技术，即 HTML5、CSS、JS 等。由于 Web 技术相对简单，且由于 Web APP 是基于浏览器运行，对操作系统无依赖，可以做到一套程序，在多移动设备上运行。所以 Web APP 是成本和难度最低的开发模式，而且无需下载，无感更新。但在性能上有缺陷，且在对原生设备的调用上有一定的局限性。

Hybrid App，顾名思义是结合了原生及 web 两种 APP 模式，其依赖一个原生容器为原生代码部分提供，程序主要的业务实现、界面展示是利用 Web 技术进行实现。目前国内绝大部分超级 APP 都是此模式。Hybrid App 兼顾了原生的能力、体验和跨平台的需求，对于 APP 更新也降低了下载频次。开发成本中等，但对开发人员要求高。图 4.4 展示了混合开发的 Hybrid App 架构。

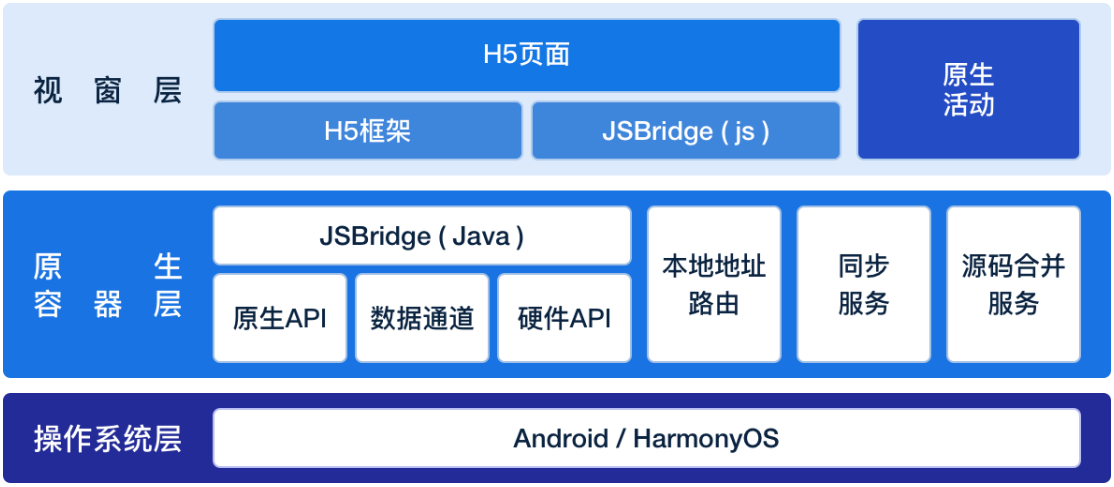


图 4.4 Hybrid App 架构

4.4.2 物联网应用

物联网（Internet of Things）通过互联网的连接技术（如 HTTP、5G 等）和互联网平台技术（如云计算、大数据等）使物理设备之间的连接和数据采集变得廉价和高效，也为相关的数据分析及智能应用打开了巨大的创新空间，大大突破了过去 M2M（Machine to Machine）点与点之间连接的限制。基于信创技术体系的物联网应用将是信创体系成功的重要组成部分，丰富多彩的物联网应用也必将给信创体系注入创新的活力。

物联网通信模组、物联网操作系统及物联网平台等是物联网技术的重要组成部分，也是物联网应用实现信创技术体系的重要内容。

物联网通信模组，集成基带、射频、电源、存储等芯片与阻容感等电子元器件，配特定封装形式和软件设计，以满足各物联网应用场景的联网需求。模组厂商从上游采购芯片等原材料，经软硬件设计、测试、认证、生产及销售等环节，交付下游终端。通信模组可以分为蜂窝模组和非蜂窝模组，蜂窝类通信模组主要包括 2/3/4/5G 以及授权频段的 NB-IoT、eMTC，非蜂窝类通信模组主要包括 WiFi、蓝牙、Zigbee 以及非授权频段的 LoRa。随着 2G、3G 逐渐被替代，NB-IoT、4G、5G 正成为主流。

物联网操作系统是面向物联网领域的嵌入式实时操作系统，实现数据采集、任务调度、网络协议封装、数据收发等功能，可助力物联网终端设备及业务快速接入各物联网云平台。物联网操作系统在智能家居、智能制造、公共事业、智慧能源等多个垂直行业都得到了广泛的应用。国外主流物联网操作系统包括 Micrium 公司 μC/OS、FreeRTOS 等，其中 FreeRTOS 2003 年发布，2018 年被亚马逊收购，改名为 AWS FreeRTOS。国内各大厂商研发自己的物联网操作系统，如华为的 HarmonyOS、Huawei LiteOS、阿里的 AliOS Things、腾讯的 TencentOS tiny，中移动的 OneOS，睿赛德科技的 RT-Thread 等。

物联网平台通过整合、适配各网络环境和协议类型，支持传感器、执行装置及智能硬件等异构设备的快速接入，通过丰富的 API 与应用模板，支持智能硬件和行业应用开发，有效降低各场景物联网应用开发与部署成本，助力物联网项目快速落地，满足物联网设备连接、协议适配、数据存储、数据安全、大数据分析等平台级服务需求。

可从设备层、平台层和应用层三个层次来全面构建物联网信创技术体系（如图 4.5）。物联网信创技术体系将进一步融合 6G、AI、数字孪生等新兴技术，服务于本地垂直行业应用生态打造，为各行各业持续赋能物联信创价值。



图 4.5 物联网信创技术体系

作为物联网应用的传感器应用十分广泛，传感器种类也很多，包括物理、化学、生物等各种类型的传感器。目前，国内高精度的传感器，其核心元器件仍旧依赖进口，同时也表明其信创化替代的空间也十分巨大。

4.5 教育信创产业图谱

教育作为一个行业，在基于信创体系的智慧教育推进过程中，拥有广泛的技术与产品需求。根据 3.4 智慧教育业务参考模型对应用的划分，我们可以将所有国内从事智慧教育的产品和服务厂商分为平台支撑层（包括 IaaS 和 PaaS）、通用应用层、业务应用层和应用入口层，如下图 4.6



图 4.6 教育信创产业图谱

五、智慧教育与信创化转型

智慧教育是教育信息化 2.0 导向的学校智慧化的全新状态，是学校信息化系统和资源高度整合、高度感知，高度协同、高效服务的有机整体。智慧教育以人为本，包括智慧教学、智慧科研、智慧校园和智慧管理等几个部分。随着信创在各行业的推进，教育信创将成为智慧教育的一个重要组成部分。

5.1 智慧教学的主要应用场景

智慧教学是利用云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术和智能硬件，实现教学全流程的数字化、网络化、智能化和多媒体化。将教学课前、课中、课后教与学一体化、平台化、自助化，实现规模化教育与个性化学习有机结合，支撑启发式、探究式、讨论式、参与式等以学习者为中心的教学模式，是教育信息化 2.0 对教育现代化的基本要求。

在具体形式和方式上，国内有不少企业在智慧教学领域提供了多种产品和服务。从一体化智慧教学平台，智慧教室软硬件、仿真实验室、VRAR 教学器材，到利用大数据，人工智能等技术对智慧教学进行全流程的数据采集、分析、利用和测评，形成了从课前、课中、课后完整的技术服务、监测及反馈改进的闭环。智慧教学汇聚、共享、管理教学套件和学习资源，依据课程图谱和学习路径，动态采集学生学习结果和方式数据，精准刻画学生学习画像和教师教学画像，诊断学生学习问题和教师教学问题，为学生供给个性化学习路径和学习资源，为教师提供有针对性的教学活动调整和优化建议，是智慧教学的重要方向。



以下是智慧教学的部分场景：

- 智慧备课提升教师效率

备课是教学的重要环节。面对新形势下的教学目标、教学要求，以及以互联网原住民为主的学生群体，照本宣科的方式显然不能满足智慧教学的要求。在智慧教学技术推广之前，教师备课主要依赖备课老师个人的知识范围、阅读范围和责任心，主要目标是把知识点讲全面，完整，没有足够精力顾及到教学内容的延伸，以及和其它学科的交叉、课堂的互动性、生动性。借助智慧教学系统，可将海量的教学资源，教材、试题、素材等作为备课的公共库，教师能随取随用，大大降低老师们的备课负担，让备课老师专注于教材的研读，增强课堂的互动性，让课堂变得更生动有趣，学生学习更具获得感。同时，老师授课的资源同步到智慧教学资源库，方便学生进行课后二次学习和复习，成为学校公共资产。

- “云课堂、云学习”提升学习效率

通过互联网，现在的学生可以更方便的随时随地根据自己的需要进行云学习。

比如我们可以 MOOC 的形式获得更多国外知名教授的授课资源，可以通过国家推动的精品课程学习国内最优秀的课程。三年疫情，云学习极大的纾解了我们不能线下集中授课的困局，也让更多学生养成了通过线上授课，线上主动学习的习惯。

学校通过建设云课堂，支撑校内师生和分布在全球的国际学生开展线上线下相融合的混合教学。不仅满足了疫情下分散跨班授课需求，还为远程学生提供身临其境的班级教学氛围和便利的双语翻译，新型的视频课堂互动方式激发了线上线下课堂的活跃性和趣味性。同时在实时交流方面，弹幕功能也成为云课堂的一种手段，学生能够随时提问，并将学习状态反馈给老师，而教师则可及时为其解答，把握教学进度，让课堂交流不再受位置局限性的影响。

- 大数据助力“教学相长”

教与学是一个相互促进的过程。通过智慧教学系统，将教师的备课、授课及作业反馈，将学生课前预习的困惑、课程中的互动以及课后作业的实际反馈等数据进行即时收集，并通过大数据学习分析功能帮助确认师生教学的痛点和难点，帮助教师更好的改进教学的内容和方式，将更多的教学经验进行沉淀成果化，实现线上线下混合教学向“精准教学”的转变，助力“教学相长”的正向循环。

- VR\AR 技术助力实操课搬进课堂

很多学科，尤其对于新工科而言，很多课程需要采用大量的实际操作学习环节，让学生身临其境的感受，并通过动手增强学习效果。但是，很多实际操作环境或者设备不大可能搬到授课教室，部分能有实验室的课程，让每个学生动手操作也具备极大的危险性，比如高压电、反应剧烈的化学实验等。这类的教学要求，目前可以借助 VR\AR 技术，就可以让将实验环境和实际操作搬到课堂，比如新能源汽车虚拟仿真实验室、智能制造虚拟仿真实验室、工业机器人虚拟仿真实验室、化学反应虚拟仿真实验室等等。学生不能仅能真实感受到生产作业环境，还能实际获得真实的操作体验。事实上，未来数字孪生的广泛使用，产业工人更多的也是在虚拟层面下达指令，物理层通过指令执行实现实际的生产。

VR\AR 技术不仅对于需要采用实操的课程增强授课效果，对于大量知识性讲解的课程，VR\AR 技术可以生成的有趣的模拟动画，给授课带来直观的感受。不仅增加知识性课程的趣味性、互动性，也更便于学生将理论知识具象化，更好的

吸收所学知识。

- 多元评价指标推动学生个性化发展

传统教育中过于注重量化的考核(即将期末考试成绩当做标准)，只会让“考前抱佛脚”的行为在学生中频繁发生，不仅会对学生的学习积极性、主动性造成较大打击，也会导致学生的知识基础不牢，大大影响教学效果。智慧教学将学生预习阶段的准备情况，将课程中的互动情况以及课后的作业情况进行全流程、全环节的预习进度、答题情况、出勤率.课堂参与度等记录，构建学生的学习态度、参与程度以及在互动学习中的创新精神、实践能力等评价指标，形成多元的立体化的评价体系。借助外部约束，能够显著增强学生的自律意识，循序渐进地学习课程。同时也可将良好学习习惯养成，自我学习能力得到提升，从而凭借良好的实践基础助力今后的自我提升或就业。

- 智慧考试

智慧考试智慧考试以数字治考,围绕"数据、管理、指挥"三条主线,聚焦数据驱动、系统融合和智能提升三大关键要素,积极推进新一代信息技术和考务的深度融合,建设“云考试+数字化考点”的一体化考试服务管理平台。围绕线上考试和线下考试两个考试场景，覆盖从考前、考中到考后的全生命周期考试流程体系,实现端到端的考试应用。业务场景上支持常态化在线考试，传统纸笔考试，居家考试，移动端考试，听说口语考试，残疾人考试等。从功能上覆盖涵盖了报考、题库、考务组织，身份核验、考风考纪，纸考网考阅卷，成绩、统计等。依托考试大数据深度挖掘数据价值，形成学生成绩画像，持续促进教学质量的提高。

5.2 智慧科研的主要应用场景

科研是高校的重要功能和能力，高校科研涵盖科研项目立项、成果、转化和奖励等多个环节，需要多个部门的数据交互与协同，科研项目管理信息化和智慧化对提升学校的科研能力具有重大意义。

- 科研情报助手

科研情报助手可以帮助高校师生大幅度提升科技信息获取能力和效率，全面

掌握产业科技情报，快速了解技术应用的场景，深入解读企业的技术合作情况，梳理企业专家的技术水平，协助评估技术应用领域及市场需求程度。科研情报助手还能在线生成分析报告，为产学研合作提供全面详实的科技信息决策服务，加速技术与市场结合的速度，有效减少项目投入风险，提高投入产出比。同时，通过科研情报助手，高校老师可以获取支持研发项目的地区、潜在的企业客户、潜在合作单位等信息，为高校老师开辟更多的科研经费获取渠道，也打通了科研机构与实际需求方之间的信息不对称问题。

同时，提供全球专利搜索功能，轻松获悉国内外技术及全球布局情况，了解技术的发展脉络，发现潜在的竞争对手和合作伙伴，帮助科研人员提高研发起点，缩短研发周期。

- 智慧科研管理平台

科研一体化智慧管理平台，支撑科研院所全流程、全要素、全业务的数字化运作，实现组织与人才、科研与项目、预算与财务、资产与耗材、采购与合同、行政与办公、实验与伦理等核心领域的一体化应用。移动化的应用，使科研人员随时随地参与各种科研协作，包括实时沟通、远程会议、日程管理、公文签批、任务协作等。为了支持科研院所的高效运营，平台还对接了外部的招聘、支付、差旅和采购等互联网平台服务。

- 基于大数据的一体化科研平台

大数据在改变科研模式，并走向基于数据的科研模式。以医疗大数据为例，医疗大数据科研关键一步是建立一个大范围内医疗数据共享、整合和分析的平台。该平台将是灵活的、可重构的，再加上平台本身的数据安全和入口控制等功能，使得任何数据共享机制都能快速实施。医疗数据多为非结构化数据，且多系统数据相对独立、关联性较弱。所以海量医疗的数据的整合，使其从凌乱转换为结构性的，从零碎的转化为黏连的，十分有必要。这需要医学、自然语言处理和信息学等多方面的专家紧密协作。每一种疾病，专业的医生和数据科学家都应该紧密合作，找出其关键的数据变量，并设计出一个模型，用于提取与该疾病诊断、预后和治疗相关的分类或数值特征。毫无疑问，建立这样的具体疾病数据资源需要大量的工作，同时也需要结合更深的医学知识。而一旦结构化的单病种临床数据

被挖掘、处理，并实现最后应用，这会让数据研究者、医院、医生、乃至患者均有“数据+”的获得感。基于大数据的一体化科研平台将为很多领域的科研工作进入到“数据科研”时代。

- 智慧科研决策系统提升资源利用效率

科研项目复杂，有效管理比较难，造成了学校的资源无法充分利用，耗费了科研人员大量的时间和精力在非科研项目上。智慧科研决策系统基于科研成果量化体系，计算每个教师、学院、实验室的科研考核分数，帮助学校进行教职工绩效考核；通过计算投入、产出指标与科研相对效率的影响，分析每个指标对科研发展趋势的影响，帮助学校调整投入产出的策略；通过爬取互联网数据，横纵向对比学校科研项目情况，帮助学校了解科研项目实力情况。通过研究人员、科研平台、科研经费投入等投入和产出指标计算学校的科研投入产出效率（相对效率），然后预测每个指标对相对效率的影响，便于学校分析科研投入产出的合理性，以及调整科研投入产出策略。通过智慧决策系统，将科研支持的决策依据在线化、公开化，透明化，为科研人员的科研方向提供有效的引导。

- 智能化科研过程管理平台释放科研动能

利用移动化、在线化、大数据技术搭建科研过程管理平台，构建 “以科研为核心”的一体化工作门户。实现精准预算、经费管控，从科研课题申报、科研成果记录、论文发表申请等全流程电子化管理，在满足科研工作保密性的前提下，简化科研审批和签署环节，规范论文发表申请，使得科研工作更加便捷，有效提高科学研究效率，改善科研工作环境。科研工作是“人”在做主导作用，把科研工作者从不合理的科研管理体制中解放出来，构建能让科研人员安心沉浸在创造性活动中的环境，释放科研人员的创造性。

5.3 智慧校园的主要应用场景

智慧校园的目标是利用新一代信息技术，对校园环境（包括卫生、环保、交通等）和校园资源（如教学楼、宿舍、图书馆和室外部件等）各个方面和环节进行的综合管理。智慧校园的实质是实现平安校园、健康校园和绿色校园。

- 校园一卡通

校园一卡通是师生在校园内的通行证，可以根据技术路线选择带有芯片身份的实体卡，或者具有 SIM 卡和银行卡功能，可以通过手机使用的定制卡，或者基于微信搭载二维码集成。一卡通集成校内几乎所有服务，包括学生 ID、楼宇门禁、图书馆借阅、校车、校内食堂等消费、水卡、网络鉴权等功能。学生离校后，可以转为校友卡继续使用，校友卡可以在与学校有合作的消费场所，或者校友开办的消费场所进行打折消费等。校园一卡通，成为师生在校、离校后一直伴随的身份卡。

- 健康校园环境管理

社会的发展，空气环境变得越发复杂。空气问题存在于校园的各个场所，用于改善空气质量的设备和种类复杂多样。面对校园甲醛超标、PM2.5 污染、刺激性异味、交叉感染、冷热不均等空气问题，通过校园环境智慧管理系统，将空气环境机、新风机、除臭机、消毒空调等产品和校园内教室、会议室、食堂、宿舍、体育馆、卫生间等场景聚集起来，将全校各区域、各场景的空气数据，以及某栋教学区、某个教室的空气质量通过系统进行在线监测，并实时查看，同时还能查看历史数据，导出数据报表，直观感受校园空气质量的变化，并对异常进行有效预警，为校园师生提供安全、健康、舒适的室内空气环境。

- 智慧能源管理

智慧能源管理是高校打造节约型校园，绿色校园的重要手段。通过将学校水、电、燃气等能耗进行采集与分析，利用 BIM 地图直观显示学校各区域用水量、用电量等，按照建筑物显示不同水、电等用量和节能量；按照区域、部门建立能耗分析模型，呈现能耗统计结果，识别不合理的能源消耗量，针对性进行管控。同时，通过积累的大数据，能够对运行的设备进行针对性的健康评估和故障早期预警，识别隐患，及时安排维保，提升设备使用寿命；基于设备的历史数据分析更科学判断设备维保效果，减少虚假维修和反复维修，降低综合维保成本；通过智慧能源管理系统，在线监测水、电等能源开启或关闭状态并进行远程控制，这样就可以结合学校的作业时间表，例如教室的使用特点，设置设备控制策略，实现教室和教学区域能源利用自动控制。这些措施将有力推动学校“谈达标、碳综合”

目标的实现。

- 智慧校园安全管理

利用大数据、人工智能等技术将学生身体素质（校医院、体育场行为）、学习行为（挂科、逃学、逃课）、校园轨迹（消费、夜归）等数据科学分析、挖掘，生成学生画像，洞悉学生相关安全行为，及时实现学生相关行为的预警预测。部分高风险行为即时报警，比如 48 小时未回到宿舍等具体行为。例如智慧宿舍项目通过在公寓出入口安装人脸抓拍摄像头，快速、动态无感知抓拍出入人员人脸，并将抓拍结果与人脸数据库比对，实现楼栋内出入人员的无感知识别和记录。基于比对的数据，自动生成“正常”、“早出”、“晚归”、“未归”、“多日未出”、“多日未归”等学生名单，学生管理人员能够实时查询到所管理学生的出入数据。系统还能够对无法识别的人员播报“陌生人”语音警报并自动记录，提升公寓安全防护水平。

5.4 智慧管理的主要应用场景

智慧管理是指智慧教育中围绕教学、科研和校园三大业务领域形成的辅助性的智慧化管理，包括业务管理（如招生管理、学籍管理、就业管理、图书馆管理）和综合管理（如办公管理、人事管理、财务管理、资产管理、新闻管理等）。

- 校情分析管理

通过全方位、快速、生动的展示学生的总和特征，涵盖生源信息、成绩分析、选课情况、日常行为特征等，同时挖掘出影响学业成绩的各项因素，用于教学管理决策参考；通过对教学数据、教学效果、考勤记录、个人数据、管理数据进行综合分析，建立科学的、真实客观的教师绩效评价体系，改变传统人为评价的主观性，让大数据选出真正优秀的教师。通过对宿舍分配、教室使用、网络消耗、食堂消费、图书馆利用等办学条件进行综合分析，建立各资源利用率指数，实现数据可视化，引导管理工作的精细化和管理的扁平化。

- 智慧办公管理

通过协同办公 OA 的建设，以无需代码化配置方式以及低代码构建能力实现

学校全生命周期的公文管理。涵盖学校发文、收文、二级单位发文，从公文模板设置、公文拟稿、在线编辑、核搞、签批、套红、印发、归档以及发布的全生命周期管理。实现公文流转过程中的各种灵活签批、撤回或退回、转办、抄送等功能，并构建发文库、收文库，智能检索，方便学校内部有权限情况下的各种汇总与查询。

通过协同办公 OA 平台按照学校实际需求构建以学校党委常委会、校长办公会议管理，实现线上议题征集、议题库管理、议程审批、会议材料管理、议题上会，会议决策、会议纪要存档与检索、会议室资源预约、会议日程同步，以及会议转督办应用等全过程管理，提升学校两会管理组织协同力。

通过协同办公 OA 平台实现学校关注事件的督办、校领导信箱、领导日程以及各类事务线上快捷高效审批的校院两级一体化的综合管理系统。并且实现无纸化、无地域、无时间限制的电子化审批和移动办公，并打造校领导、教职工只通过一部手机一个账户就能了解所有资讯，汇总集成所有审批和数据的统一管理平台，以此来提高校园内部沟通办公效率，构建高效文事会一体化的事务办公平台。

- 智慧后勤管理

通过建设以设备接入，设备管理、设备安全为核心的“物联网中间件”，建设三维可视化为核心的校园数据分析系统，提供智慧停车、智慧能源、智慧门锁、智能井盖为核心的设备接入服务和数量显示服务，将学校各类设备纳入“物联网”管理系统，实现学校“物物互联”的目标，并在此基础上实现后勤管理的全流程、可感知和高效率。

- 智慧招生管理

智慧招生管理系统针对招生部门，涵盖了整个招生流程，包括招生计划制定、招生计划安排、招生宣传部署、录取信息采集、公关记录、学生信息、录取管理以及录取证书的打印、邮寄等一体化的招生信息化管理。通过招生系统使得学校获得更多的学生生源，通过招生系统让学生快速的接触学校，架起一座通往学校的一座桥梁。招生系统为智慧校园提供源源不断的学生基础数据，为智慧校园迎新管理、教务管理，一卡通管理平台提供了大量的学生数据，学校通过平台可以更好的管理学生，通过基础数据为大数据分析提供支持。

- 智慧图书馆管理

随着信息技术的发展和智慧理念的兴起，图书馆也在数字化、智能化、人性化转变。智慧图书馆解决方案以图书馆为核心,打造多功能学习社区。通过智能标签等实现图书馆纸质源资源的智能化管理，在盘点、监测、安全防护、采访编目等工作上提升效率和质量。通过移动图书馆、微信图书馆等多终端的服务方式最大程度地延伸图书馆的服务深度。结合用户行为分析，实现用户的学术资源精准推送，满足轻阅读、准阅读的诉求，提升学术数据服务体验和服务黏性。通过人脸识别系统，改善图书馆用户识别流程体验，在门禁、门户统一认证、移动图书馆用户认证等流程实现刷脸识别,提升服务乐趣和服务效率。通过智慧机器人,实现图书馆实体空间内的问题咨询、空间引导、书目查询等服务，不仅节省图书馆人力资源，同时也提升学校的服务水准和服务趣味性。

5.5 智慧教育的信创化转型

智慧教育涉及的教学、科研、校园和管理的各个领域、各个环节都在进行全面的数字化转型。而这种转型，在没有信创化要求之前，一般不会考虑信创技术体系的应用。在信创化的背景下，教育的数字化转型和智慧教育建设需要全面考虑各领域应用的信创化转型。

在智慧教学方面，智慧教室、教学系统（包括远程教学系统等）是信创化的重点，这些教学的应用系统大多是国产化的或学校自主研发的，大部分的系统是运行在非信创的基础软硬件之上。后续，随着信创化的推进，这些教学系统需要迁移到符合信创要求的软硬件之上。

在智慧科研方面，计算机前沿领域的科研（信创方面主要考虑计算机方面的科研，其它领域的科研不在这里考虑）包括大数据、人工智能的科研，很大程度上应用的是开源软件平台或国际大公司的平台。随着国内大数据、人工智能技术的发展，已有相当一部分采用的是国内知名公司的平台，如百度、科大讯飞等公司的平台。在科研实验室环境搭建方面，目前基本上采用的是非信创软硬件搭建的。科研的信创化转型需要与科研的实际需求结合，不要追求没有必要的高性能，

也不能盲目故步自封，遗失科研创新的机会。

在智慧校园和智慧管理方面，高校的这些办公软件和应用软件虽然大多采用的是国产化的，但绝大部分是运行在非信创的基础软硬件之上。后续，高校一方面可以将原有的业务软件和业务软件迁移到信创平台之上，同时也要考虑“升级替代”思路，即如何在信创云的平台之上开发创新的应用，特别是通过“开放创新”方式，让高校老师和学生能够参与进来，既实现了创新升级的目的，也实现了信创化替代的目的。

六、高校信创教育体系建设

高校在智慧教学、智慧科研、智慧校园和智慧管理的所有工作中，应全面融入信创教育的内容。不管是教学内容、教学形式，还是教学环境和条件，以及思政体系化设计，高校应该将信创教育全面纳入整个教学过程之中。信创教育应该与已有的教学体系进行全面融合，不应该也不可能独立发展自成体系。

信息技术的快速发展，在产业升级的大背景下，人才需求矛盾尤为突出，软件人才需求缺口超过百万。当前信息技术产业结构、人才需求跟以前比已经有很大变化，信息技术自主创新背景下的产教融合，必然是以一种新的形式出现，也必须在原有校企合作形式的基础上升级与迭代。

政府在推动高校创新教育中发挥着举足轻重的作用，政府、学校、企业三方相互配合形成联动。政府牵引并制定监管机制，推动企业和高校共同承接课题、专项，企业提出现实需求，高校完成人才的培养过程。这种结合，通常以科研项目、精英定制班、实习实训基地、产业学院等形式共同推进落地。

6.1 高校信息技术信创化转型

目前，不管是信息技术应用还是信息技术的教学，高校都基本建立在非信创的技术体系之上。为了适应未来信创产业的发展，高校必须在信息技术应用和信息技术教学等方面，全面进行信创化转型。

教育数字化转型或智慧教育的工作目标要坚持“应用为王、服务至上、示范引领、安全运行”，把业务应用摆在优先突出位置，以应用需求驱动平台建设，加强内容建设和运营维护，不盲目追求最新技术，切实为师生提供能用好用的数字化资源。

需要强调的是，数字化转型过程中要以学习者为中心，以创新能力培养为重点，实现以问题为导向的差异化教学和个性化学习。要加强资源整合，建立示范引领和试点机制，做好教育数字化建设推广应用探索，推动教育信息化实现发展

标准化、成果品牌化，大力提升教育治理体系和治理能力现代化水平。同时要以标准安全运行保障为支撑，筑牢数据安全底线，探索创造富有中国特色的教育数字化治理标准，构建可持续的数据安全防护体系。

具体来看，全方位改造专业教育生态，打造数字经济背景下全新的人才培养体系。在信创技术应用的带动下 ，辅助其他的传统专业转型升级，推动以人工智能、大数据、区块链等为代表的新技术及相关知识进专业、进课程、进教材、进课堂。推进校企深度合作，探索信创背景下的数字化人才培养综合实践。与信创龙头企业开展深度的融合，创建数字化人才培养基地，共同开发高端的认证证书，并积极推动成为“X”证书，从而把企业产品标准、技术标准、服务标准转化为人才认证标准，构建高校专业与职业岗位间的桥梁。

高校信创人才培养，除了宏观上的合作模式升级外，更重要的是专业建设的全过程中，包括培养目标、毕业要求、课程体系、师资队伍、支撑条件等，都要与企业进行深度交互、结合。专业的培养方案要根据行业的发展需求、技术的演化趋势，并结合学校的具体条件与办校定位，来成体系的可持续地实现在“信息技术自主创新”驱动下的人才培养。

6.2 高校信创教育方案

信息技术与产业深度融合是高校信创教育的重点，在政策激励与引导下，通力协作的人才培养体系能够实现高校的高质量毕业生输出，为促进我国信创产业快速、健康、高质量地发展做好支撑，为加快数字化发展，建设数字中国持续贡献力量。

6.2.1 人才培养方案

当前国家信息产业发展的现况，国产化信息技术产品、应用生态建设刚刚起步的阶段情况，决定了建设信创人才培养生态，必须通过“产教融合”的模式，而信创产教融合的一个重要手段就是高校、信创头部企业共建信息技术创新产业

学院。

6.2.1.1 打造信创人才培养平台

信息技术创新产业学院建设的首要目标是打造信创人才培养示范平台。采用政府、高校、企业三方联动的合作模式，在这种协同机制中，政府、高校和企业围绕共同目标，调整自己的行动政策和价值追求，各展所长，各尽其力，共同致力于大学生创新创业能力的培养。政府着眼于整个国家综合竞争力和社会和谐稳定，出台有利于培养大学生创新创业能力的政策；高校根据企业对大学生创新创业能力的要求，深化教育教学改革，强化内涵建设，培养适销对路的人才；企业参与高校的教育教学计划的制定，并融入对人才在能力结构和程度的具体要求以选留符合自己要求的人才，降低了人才招聘和培训的成本。

通过三方联动机制实现共同目标，建设有规模，有内涵的现代信息技术产业学院，为国家的信创产业输送大量合格的人才。

6.2.1.2 建设信创科研与创新平台

信息技术创新产业学院建设目的之一是打造信创产业科技创新平台。通过积极拓展校企合作、共建项目，利用合作平台共同申报科研、教研立项，推动教学效果与科研能力的提高。通过项目孵化、双创大赛、创新经验交流、资金、项目筛选、创业指导、创业指导课融入思政课、发明专利成果转化等形式，实现信创产业科技创新的目标，是实现人才收益的重要渠道。

6.2.1.3 打造信创实践与实习基地

信息技术创新产业学院建设重要目标是打造实习与就业平台。在信创产业环境下，通过与企业岗位对接，为在校学生提供实习和就业的指导。通过项目进校园，把现实需求的项目作为课程来设置，企业项目经理与学校的指导老师一起带领学生设计、实施、完成真正的项目与课题。

通过与信创龙头企业的合作不仅将企业的设备、产品引进到实训基地，更重

要的是将他们的企业文化、管理经验、科技知识等融入到实训基地之中；老师、学生在实验、实习、实训中感悟到这些企业的文化理念、技术水准和职业素养、办事准则等，使学生的实践能力、综合素质得到了极大的提高，为社会培养具有创新、创业能力的高级应用型人才。

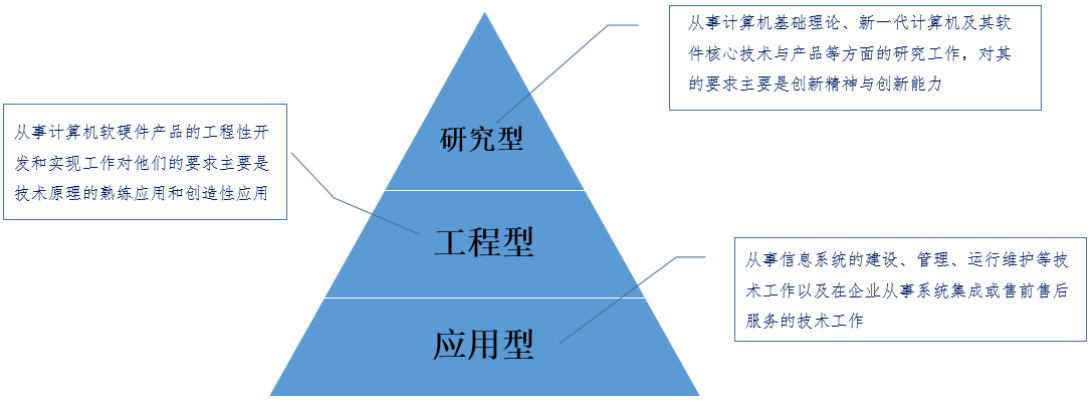
6.2.2 课程建设思路

在信息技术国产化替代的背景下，信息类、计算机类专业的原有的人才培养模式要适应时代发展，充分考虑自主产品与技术，各个环节充分融入信创元素，用工程实践的思维，引进中国自主的技术生态，引入中国信创产业前沿技术与产品。

6.2.2.1 实践教学体系

- 目标与原则

根据社会对计算机类人才的需求，可将计算机类人才培养类型分为研究型、工程型和应用型并呈金字塔结构。



根据未来工程师的培养目标： 培养具有工程能力、创新能力和综合素质的高级专门人才和成果导向教育培养模式，针对大学计算机专业本科实践设计中将上述三个类型普遍会涉及到的知识和能力通盘考虑，同时遵循如下标准和原则：

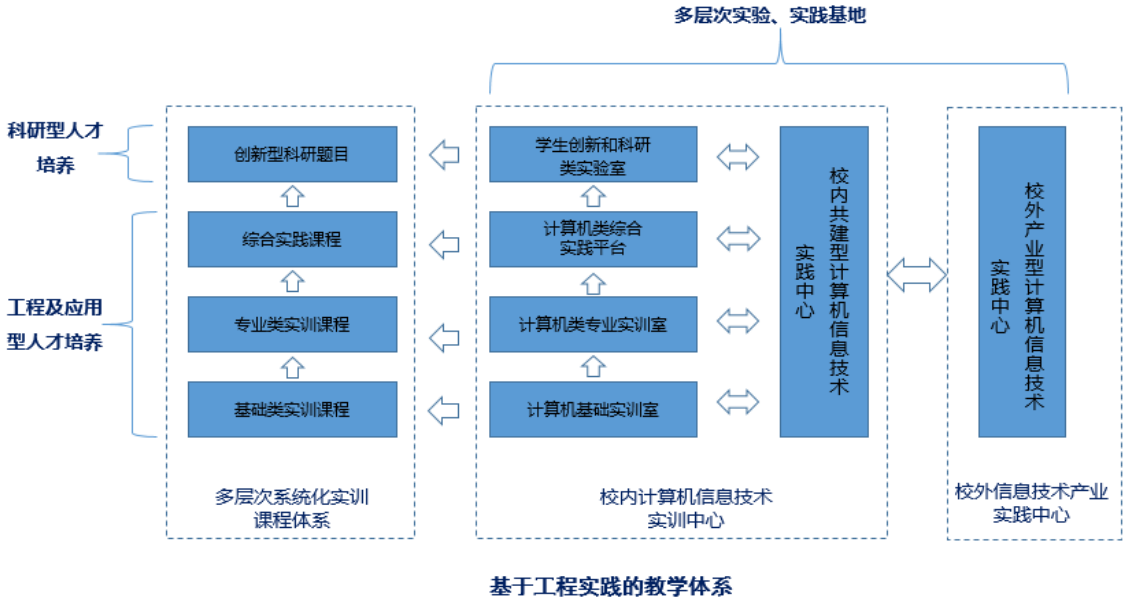
（1）体现工程教育认证标准中的“复杂工程问题”综合实训工程教育认证标准（ 2015 版）及计算机类专业认证补充标准；

（2）课程综合实训以“兴趣驱 动——实践贯通——能力强化”的教学模式；

（3）结合软硬件，体现创新性，考虑与研究生课程对接。

- 培养体系结构

根据培养目标和以上原则，构建如下图所示的四层次的实践教学体系。



基于工程实践的教学体系

（1）基础类实训课程：主要是给学生建立一些基础知识的概念，为其他专业课奠定良好的基础。

（2）专业类实训课程：在对应用技术有了初步了解的基础之上进入自主性较高的硬件和软件开发阶段。

（3）综合类实践课程：此阶段建议采用较高端的计算机技术与行业的业务相结合，实现技术 + 专业的创新组合，同时结合实际的业务需求进行创新的综合性的项目实战，通过软硬件相结合的系统工程项目让学生真真切切体会到商业项目中应该通过哪些流程、哪些技术、哪些资源针对应用开发出实用的产品。

（4）创新型科研题目：这个阶段只针对少数将来想从事科研的学生，可以考虑结合本校教师的科研项目引入相应的计算机专业的本科学生担任部分科研任务，从而使得学生能够了解科研的方式、方法等。

6.2.2.2 课程资源建设

- 课程资源建设内容

基于所构建的实践培养体系，以某大学计算机专业本科为例，从基础类、专业类、综合类和创新类四个方面对每个学期及假期应展开实训、实践类课程进行了资源的建设。课程资源建设内容包括课程开设学期、综合实践阶段、课程名称、培养目标以及课程所需时长。实践培养体系贯穿学生的完整大学时期，这些课程设置是由浅入深，由单一到综合，循 序 渐 进，逐步建立知识体系和提升技术能力。

- 培养体系的效果评价

针对所构建的实践课程体系，拟从学生自评、教师评价和学生对实训课程的反馈三个维度进行教学效果的考核与评价。

（1） 学生自评包括实训态度、设计速度、文明实训等几个方面，占整个成绩的 30% 。实训的态度主要是学生在实习过程中的到课情况，学习的态度等方面进行考核； 设计速度主要是学生是否按照计划完成任务； 文明实训是指学生是否可以团结同学，有团队精神。

（2） 教师评价分为设计质量、专业知识、实训的记录等几个部分，占整个成绩的 70% 。在每个单元模块实训的过程中，对各个项目学生的设计报告、设计答辩及实训的结果予以记录和评分。

（3）学生对实训课程的反馈主要是通过积极收集学生的反馈意见，进一步了解学生是否真正理解并掌握实训的重点内容，同时了解教师指导实训的思路是否清晰与教学态度是否规范，特别注意吸收学生对综合实训教学的合理化建议，不断总结并提高实训效果。

6.2.3 产学合作框架

信息技术自主创新的最终目的，是打造国家自主可控的新基建。未来的人才需求都是基于新基建建设的，这是信创专业、产业学院人才出口的巨大市场。而实现信创人才培养的主要途径是深化产教融合，其内容包括专业共建、课程共建、

教师培训、联合实验室、学科专业竞赛、科研项目合作、就业实习实训等形式。

6.2.3.1 合作形式

- 专业共建

高校与企业在校内联合共同建设、开办专业学科的办学模式，内容主要包括:(1)专业培养目标建设,使之符合人才成长规律;(2)专业课程体系、内容、方法建设。围绕培养目标调整优化课程体系,充实课程内容,改进课程教学方法;(3)专业教师队伍建设。优化教师队伍结构,提高教师素质;(4)专业设施建设。改善办学条件,优化教育教学环境;(5)专业管理建设。建立健全管理制度,提高管理效率和质量。专业建设的几个方面相互联系、缺一不可,而以专业教师队伍建设为关键。

在国产化替代的背景下，以创新、绿色、开放，协调发展的理念，以新基建建设为目标的创新型专业共建，方向不仅包括 5G、特高压、新能源、大数据技术、人工智能、工业互联网、智能制造、元宇宙等新技术专业。而且包括信创专业，如电子技术、微电子技术、计算机科学与技术为基础的核心芯片；以嵌入式技术、物联网技术为基础的基础硬件，以网络工程、网络技术、云计算、网络安全技术为重点技术为方向实现传统核心专业替换，兼顾基础硬件、基础软件、应用软件、信息安全领域。以人工智能、大数据、区块链等国家重点产业技术为主，实现基于信息技术创新国产化为基座的前沿专业。

- 课程共建

设计以信息技术创新人才为目标的课程，校企共建金课及配套教材。企业经验丰富的工程师和专业教师教学合作团队，精心制定课程内容，优化教学设计，将“三全育人”落实落细于各教学环节，推进综合型人才的培养。

- “双师”培养

建立健全行业龙头企业参与教师培养培训机制，依托高水平学校和头部信创企业建立“双师型”职业教育师资培养培训基地，探索地方政府、高等学校、行业企业、职业院校“四位一体”职业教育师资培养模式，形成强化教师技能训练、提升协同育人水平的良好环境，加快培养面向战略性新兴产业、现代农业、先进

制造业、现代服务业相关专业的教师。

以学校和在校学生的创新应用需求为牵引，通过和高水平企业合作搭建服务平台，企业将经验成果传授给创新型教师，培养信创培训师资。教师参加高水平信创技术培训，将学习成果进一步传授给在校学生。不仅有助于为创新课程不断补充新鲜的创新思维和特色，而且可以为信创产业输送大量的实践型人才。

- 实验室共建

共建实训基地及联合实验室。与企业共建科研平台，合理定位、目标明确、重点突出，共享科技发展成果和经验。发挥示范带动作用，服务区域创新，与其他形式的科技创新合作形成良性互动。

硬件实验设备：CPU 设计与体系结构实验箱、AIoT 开发板、安全服务器，数据库服务器，应用服务器，云计算节点，分布式存储节点，管理交换机，业务交换机，工作站，布线系统，机柜。软件：操作系统，数据库管理系统，服务器管理系统，分布式存储系统，云平台管理系统。

- 学科专业竞赛

学科竞赛是提升学生水平的重要途径之一，学科竞赛可以促进专业建设，除了搞好课堂教学和办好实验室建设外，每一门学科竞赛都是一个学科专业知识的综合运用体现，积极参加学科竞赛不仅能帮助学生提高动手能力、认知自己的专业，同时也能提高专职教师的业务水平。

积极参加信创行业头部企业举办的专业大赛，并根据竞赛的特点和方向来设置相应的教学内容，将专业理论知识应用到实践中，让学生体会到项目从选题、分组、确定创新点、功能、完成、迭代完善到最终完成的整个过程。这个过程中可以充分培养了学生创新思维、创新方法、创新实践、团队协作精神，为日后真正进入社会打下坚实的基础。

- 科研项目合作

包括教育部的产业学院合作项目、协同育人合作项目，工信部的信息技术创新课题，以及企业设立的横向课题和项目，甚至包括开源社区的建设与维护。

- 实习与就业实训

与企业共建研究生培养或实习实践基地，提供学生接触社会、提升自身的综

合能力及职业素养的平台。通过与信创企业岗位对接，企业导师对在校学生进行实习和就业的指导，学生通过实践与训练，增强了今后在企业工作的自信心及竞争力，这对学生的职业规划和就业预备工作起到了积极的推动作用，也为学生将来的发展方向奠定了坚实的基础。

6.2.3.2 国产化合作资源

产教合作信创企业资源如下表：

序号	合作形式	信创产品/企业
1	联合实验室	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　HUAWEI　奇安信　科大讯飞 iFLYTEK　SmartMore 鼎捷科技　Lenovo 联想　360
2	教材课程共建	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　HUAWEI
3	教师培训	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　章鱼大数据　科大讯飞 iFLYTEK
4	教学实验系统	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　章鱼大数据　Lenovo 联想　中国航天科工集团 CASIC　HUAWEI　360
5	科研项目合作	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　科大讯飞 iFLYTEK　360
6	学科专业竞赛	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　科大讯飞 iFLYTEK　HUAWEI　Lenovo 联想　360
7	实习与就业	龙芯中科 LOONGSON TECHNOLOGY　麒麟软件 KYLINSOFT　章鱼大数据　中国航天科工集团 CASIC　Lenovo 联想

6.2.4 实训建设实践

从教育部制定的教育信息化五大重点任务来看，教育数字化结合信创是大势所趋。教育信创既是数字教育的战略方向，也是建设数字中国的重要内容。从就业市场来看，随着国产化进程的加速，企业面临着商业蓝海，未来各行各业都将会爆发出大量的信创用人需求。

在当下，高校如何培养出既能解决复杂工程问题，又能做到技术自主可控的人才。如何解决学校理论教学与企业用人单位技术脱节的矛盾。是推进信创教学的主要难题。借鉴一些头部高校如清华大学、浙江大学、南京大学、北京航空航天大学的人才培养经验可以发现，这些学校在教学过程中，都十分重视实践实训教学，提升学生动手解决问题能力的同时，也巩固了理论知识的记忆。虽然这些学校实训教学方式的成绩斐然，但却难以在全国大部分高校落地，因为这种实训教学是建立在强大的师资、财力和科研环境上的。总结实训教学的优势，我们可以发现问题点主要在于以下四个方面：一是大部分院校缺少相关教学备课的材料；二是信创软件与传统环境的兼容适配冲突；三是学生对信创发展的不了解；没有刺激到学习的兴奋点；四是老师对市场上信创就业情况掌握的不清晰。

为了解决这些矛盾与问题，我们可以通过落地实训教学平台，来搭建起校企合作的桥梁。结合学校与企业的各方优势，从教学资源、信创行业发展、实训实操环境、就业实习等方面进行互补，并以计算机专业为先头部队，带动其他专业像国产化转型，培养出既有能力又有家国情怀的高素质人才。

6.2.4.1 实训平台功能

- 架构方面

下面以优选创新(北京)科技有限公司的“太湖信创实训教学平台”为例，在整体技术架构上，完全采用了国产化软硬件产品（见图 6.2.1）：

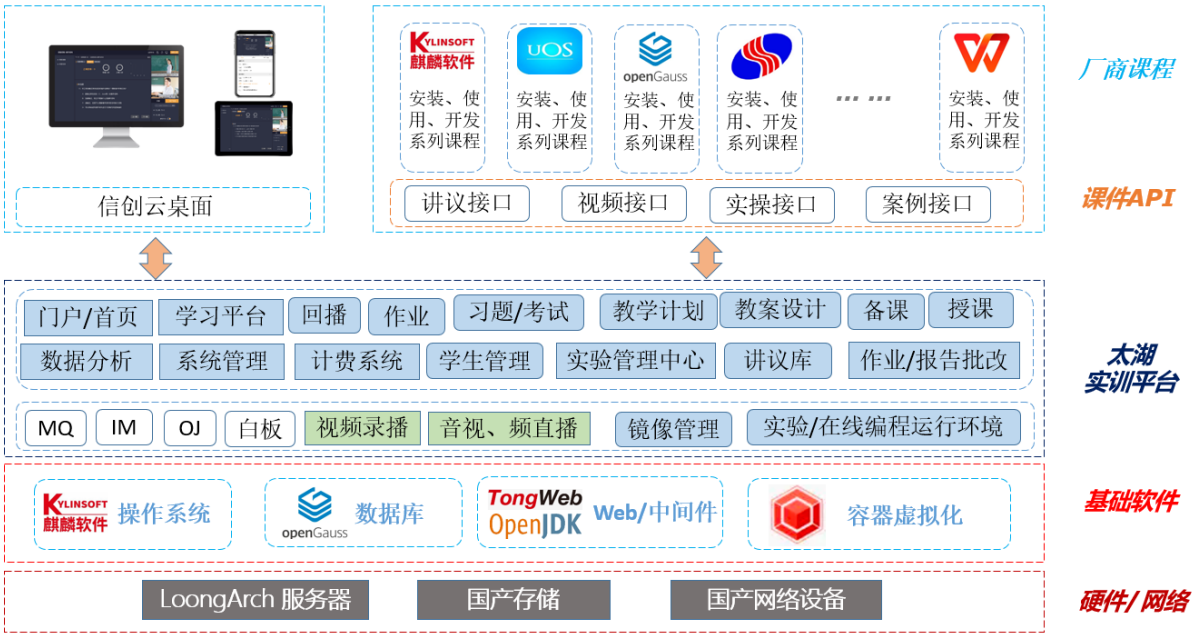


图 6.2.1 信创实训教学平台架构

- 教学方面

在教学方面，实训平台重点解决了备课机制及不同教学场景这两方面问题。在备份机制方面，平台能够支持教师在线备课，能够提供大量的模板课程供老师参考。其他老师公开的优秀课程也可以互相拉取使用，并可以在其基础上编辑修改。课程采用的是标准三级分级机制，使得章节清晰明了，内容流程化。

在教学场景方面，第一种场景是适用于课堂教学的，通过共享白板功能，教师电脑画面能够实时同步给学生，同时支持计时器、答题统计、师生交流区这些小工具。第二种场景是支持高校的 MOOC 教学，能够支持学生自学、教师答疑这种教学模式。第三种场景是支持学习广场，提供类似电子图书馆的功能，可以辅助学校开展通识课教学，或者学生的自由学习。

- 实训方面

目前实训教学的主要障碍是：由于涉及多系统、多软件的组合搭配使用，极易出现兼容报错、学生间环境不一致的问题，或因配置高端硬件而带来的费用问题，限制了实训教学的开展。

平台采用的是 B/S 架构，使用 KubeSphere 管理下的 Docker 和 KVM 虚拟化技术。能够同时提供多种国产操作系统，多种国产软件的使用环境。解决不同操

作系统、不同软件间的兼容适配问题，方便教师统一开展实训实操授课。实验环境还支持初始化操作，能提供操作回放、教师协助及实验报告自动检测等辅助功能。（见图 6.2.2）

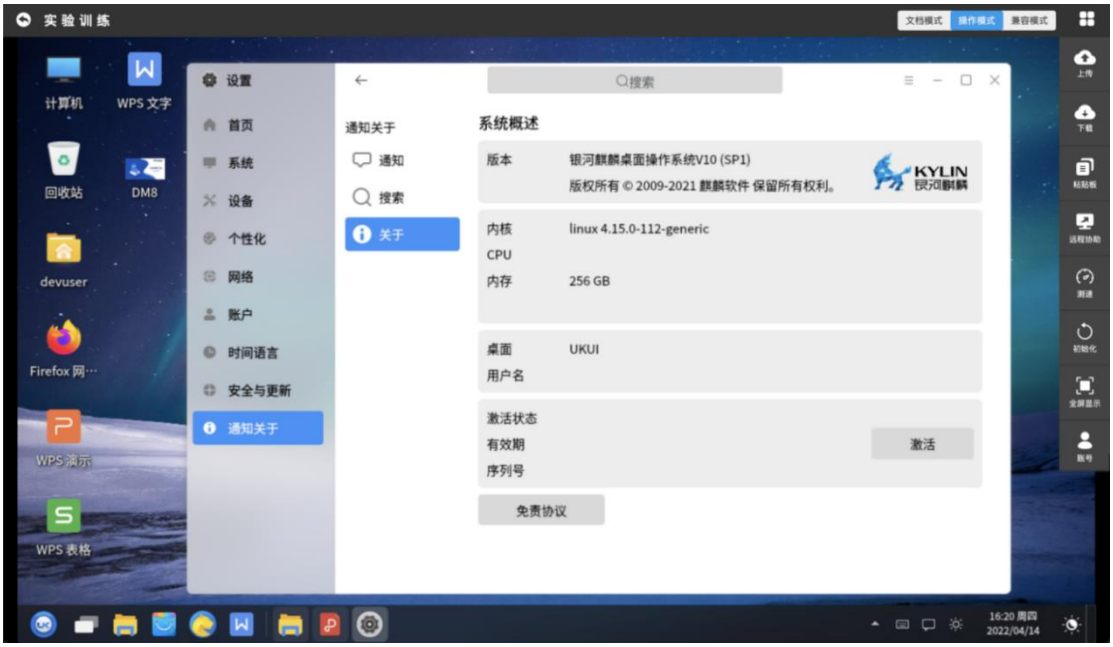


图 6.2.2 信创实训教学平台 实验机界面

- 课程迭代方面

在课程迭代方面，随着信创技术的发展突飞猛进，各技术框架及版本也都更新频繁，平台建立了完善的资源更新机制，来满足高校课程资源的适时性，保障学生能够学有所用。课程资源以课程包的形式进行传播，满足随时拉取、随时使用的教学需求。

- 数字化教学方面

在数字化教学的应用方面，平台对教师的授课数据、学生学习数据及考试数据进行了收集、管理，并支持了可视化报表分析及数据导出功能。可以帮助老师了解易错的知识点，及时的掌握学生的学习动态。同时平台也对接了工程教育认证的数据接口。

- 实习就业方面

学生的实习就业一直是人才培养的重要考核指标之一。而当下，学生与企业的沟通渠道单一和信息错位是制约就业率的主要因素。因此，平台的介入可以起到帮助高校与企业搭建沟通桥梁的作用，一方面可以定制一些基于企业实际业务

的企业实训课程包，定向培养学生的专业技术能力。另一方面，也可以导出学生在校期间的日常学习、考试等分析报告，帮助企业快速了解学生的技能优势，建立起一个有效的双选机制。

6.2.4.2 实训教学资源

对于课程资源，平台按照高职、本科的不同培养目标，结合不同学校面向的行业属性，提供多套课程体系，课程资源类型包括教学大纲、PPT 课件、讲义、教学视频、实验任务指导书、综合项目案例、题库、行业数据集、OJ 习题等。帮助高校建立起符合自己发展定位的课程体系。

教学的内容从设计上，由浅入深，循序渐进。从底层的 CPU 设计原理开始、到国产操作系统的使用、运维，再到上层的办公软件、数据库等技术。包括但不限于信创体系架构与核心部件、CPU 产业的卡脖子之痛、国产 CPU 的发展历程、龙芯自主 CPU 生态体系、银河麒麟操作系统服务器管理、银河麒麟操作系统桌面管理、信创虚拟化技术应用、麒麟操作系统运维综合项目实训、麒麟应用软件开发基础、麒麟应用软件开发进阶、自动化运维项目实训、麒麟容器云管理、麒麟容器云综合项目实训、麒麟操作系统安全加固、麒麟高可用集群系统、Shell 编程开发、麒麟操作系统应用与实践、WPS Office 高级应用与设计、达梦数据库应用基础等。

6.2.4.3 实训相关服务

通过实训平台的落地，还可以通过各项相关服务，来达到产学合作、产教融合、以赛促学、以赛促教的目的。

- 师资培训

依托企业自身的发展优势，适时的开展一些师资培训活动，邀请国内信创龙头企业，如龙芯、麒麟等公司的技术专家介绍市场应用及人才需求，组织高校老师进行学科研讨，帮助高校快速提升师资能力建设，降级信创教学的门槛。

- 实训周

本着优势互补、资源共享的原则，依托平台开展实训周活动，能够为高校提供学生项目实训服务，在带领学生巩固专业技能的同时，也提升学生的项目实践能力，快速积累项目经验，激发学生的学习兴趣。

- 学科竞赛

依靠平台自身成熟的系统防作弊、自动判题技术，为学校的校内竞赛、全国竞赛提供技术支撑服务，起到以赛促学的推进作用。

七、教育信创的实施方法

7.1 教育信创能力评估模型

北达软根据软件开发能力成熟度模型（CMM）思想，结合信创体系中涉及的技术、流程和人员等要素，开发了信创能力评估模型（Information Technology Innovation Capability Assessment Model:IICAM）。

7.1.1 IICAM 评估体系

IICAM 评估模型从学校 IT 软硬件资产的国产化程度、信创化模式、信创化的 IT 技术标准、流程制度、组织与人才保障、信创 IT 技术与产品生态建设 6 个方面，确定了 20 多个量化或定性的综合评估指标。

IICAM 评估共分 LEVEL0~LEVEL5,初始、简单替代、系统升级、架构创新、体系化升级、持续创新 6 个等级，各等级的主要特征（如图 7.1）。



图 7.1 信创能力评估模型（IICAM）

7.1.2 IICAM 评估过程

IICAM 评估体系的使用，既可以融入到学校数字化现状的评估之中，从信创化视角对有信息化要求的学校再从信创化视角进行补充评估，也可以对于一些正在积极推进信创化的，需要专门的从信创化视角进行专项评估的学校进行评估。具体评估过程可参考图 7.2。

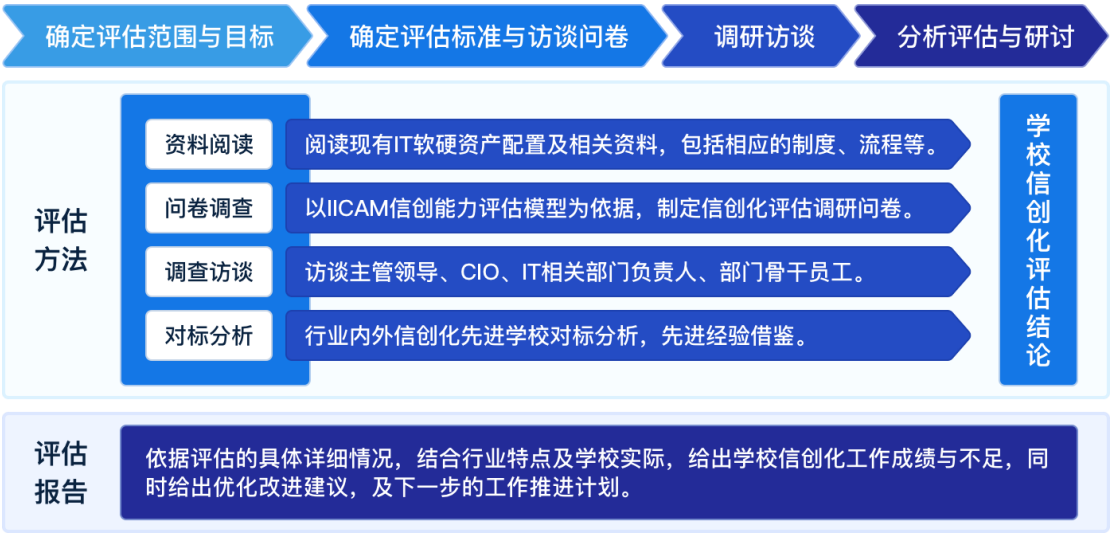


图 7.2 教育信创能力评估过程

7.2 教育信创工作推进实施过程

根据相关信创化发展战略，结合教育机构信息化、数字化建设及信创化工作的实际情况，在教育信创化目标与原则的指导下，总结提出教育机构实施过程，企业可以在此方法的指引下，体系化、有序化的推进信创化工作。基于智慧教育架构框架（SEAF）和信创能力评估模型（IICAM），教育信创工作推进可以分为四个阶段：信创化现状分析评估、信创化目标及体系设计、制定信创化实施策略及计划、信创化工作推进实施（如图 7.3）。

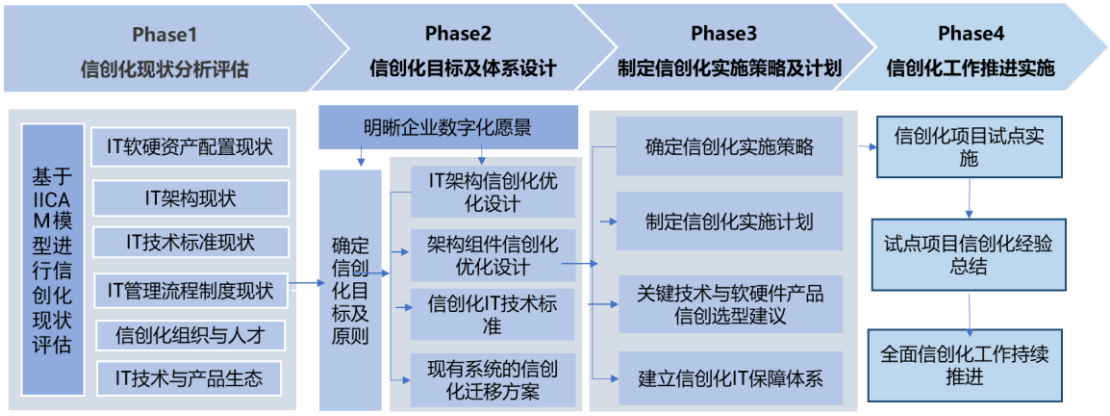


图 7.3 教育信创工作推进实施过程

7.2.1 信创化现状分析评估

基于信创能力评估模型（IICAM）对学校的信创化现状进行梳理、分析与评估，是制定教育机构未来信创化目标、体系框架与实施推进计划的前提基础。评估从 IT 软硬件资产配置的信创化程度、IT 架构、IT 技术标准、IT 管理流程制度、信创化组织与人才配置、IT 技术与产品的信创化供应商生态体系建设等方面的现状进行详细的梳理分析。

IT 软硬件资产的配置的信创化程度，是基于教育机构当前的 IT 软硬件资产配置真实数据的统计量化分析。IT 架构分析，是借鉴企业架构（EA, Enterprise Architecture）的方法论，主要利用智慧教育架构框架（SEAF),从教育机构总体视角对 IT 的总体架构现状进行梳理分析，从当前总体 IT 基础技术架构模式、架构对未来数字化转型各类业务应用场景的支持能力、架构的安全性、稳定性、先进性、可扩展性等方面进行分析。IT 技术标准现状是分析教育机构当前 IT 技术标准建设情况，IT 技术标准是否融入了信创化的要求；IT 管理流程制度现状，是分析现有的 IT 流程制度设计是否融入了有利于有序化推进信创化工作的管理要求。信创化的组织人才是分析评企业当前在信创化工作方面的组织岗位设置、人才配置情况以及信创化工作的相关职责划分是否明确，信创化组织人才是一个企业信创化能力建设的根本。IT 技术与产品生态是分析评估教育机构当前正在着手推进信创化工作，在引入信创化的技术与产品时，对于这些技术与产品实施以及后续的维护升级有没有一个可持续的产业供应商的生态。

另外，除从以上方面进行信创化现状分析评估外，还可以根据教育机构所在行业的信创化推进的总体状态，对被评估的学校进行行业内外的对标分析。通过以上方方面面的评估分析，识别出教育机构当前信创化的差距、并给出改进方向与改进建议。

7.2.2 信创化目标及体系设计

首先，根据教育信创化现状分析评估的结论，且在教育机构数字化发展愿景的指引下，确定教育信创化的目标及原则。确定的信创化目标应是清晰、量化、可达的，制定的信创化原则是明晰且具有指导性的。需要说明的是，教育机构数字化发展愿景，是确定信创化的目标与原则的方向性指引。如果一个教育机构已经制定了数字化发展规划，提出了数字化发展愿景可以对此愿景直接引用或进一步明晰确认；如果没有制定过数字化发展规划，还没有提出过数字化发展愿景，那么需要进行数字化愿景规划，这项工作可以与信创化体系的规划设计同步进行。

确定了信创化的目标与原则之后进行基于架构牵引的信创化体系设计，IT 架构的创新设计，是信创化体系设计的核心。IT 架构设计是基于 EA 的方法论指引，且结合数字化时代企业数字化 IT 架构一体化、平台化的发展趋势来进行。IT 架构的优化设计过程及优化后的 IT 架构，可参照前文提出的智慧教育架构开发方法与参考模型（包括应用参考模型和技术参考模型等）进行。在制定了总体的、一体化的 IT 技术架构框架后，再分层细化.制定组件层面的信创方案；然后根据各组件层面的信创方案，细化提出规范各组件实现的融入信创化要求的 IT 技术与产品标准。信创化的 IT 技术与产品标准的明确，才是一个教育信创工作体系化建设成熟的保证。

为了保证基于架构创新优化的信创体系设计的可落地，还要制定现有 IT 系统的信创化迁移方案，现有的 IT 系统正在支持教育机构的业务运营，这些系统的信创化改造难度大、风险高，甚至会直接影响教育机构的业务运营，根据总体架构的优化设计，制定出当前 IT 系统的信创化迁移、改造方案，是信创体系设计不能忽视的重要内容，是信创体系设计工作完整性的体现，也是保证信创体系

设计可落地性的关键。

7.2.3 制定信创化实施策略及计划

首先，基于信创化的现状评估分析与信创化的体系设计，根据教育信创化的能力与资源配置情况，制定信创化的实施策略。

为了确保教育信创化实施工作稳步推进，不对现有 IT 系统支撑的业务运营造成过大的影响与冲击，一般会采取如下信创实施策略，可供参考：

7.2.3.1 先基础，后应用

即 IT 架构创新优化及 IT 资产的信创化升级，先从 Iass 层的计算、存储、网络及网络安全、数据中心配套设施，以及各类终端，这些基础硬件及操作系统、云资源管理、信息安全管理、终端桌面等基础软件开始，然后再到应用系统及相关的应用软件的信创化。

7.2.3.2 先管理，后业务

对于应用系统及相关应用软件信创化，先进行 OA 类（协同办公及工作流、文档管理等）以及 BI 类（数据统计分析及基于大数据的决策支持系统等）的信创化，然后再进行直接支撑业务运营的应用系统及相关应用软件的信创化。

7.2.3.3 先边缘，后核心

对于直接支撑业务运营的应用系统及相关应用软件的信创化，应先进行非核心，对业务运营重要程度低的非核心应用系统及相关应用软件的信创化，然后再进行对业务运营重要程度高的核心业务应用系统及相关应用软件的信创化。

基于确定的信创化实施策略，把信创化的体系设计阶段设计的企业未来的 IT 架构创新优化方案以及现有 IT 系统的信创化方案，细化整合或分解为一系列的任务或项目，并制定这些任务或项目可执行落地的实施计划与资源配置，以及

责任部门或人员。

针对 IT 架构与 IT 系统的信创化方案，结合信创化 IT 技术标准的制定，给出能够支持 IT 架构与 IT 系统信创化方案的供应商及相关技术与产品的选型建议。

最后，基于已确定的信创化策略与信创化实施计划，结合教育机构的资源配置能力，建立信创化的保障体系，包括：信创化组织与人员、信创化的 IT 技术与产品供应商生态合作伙伴，及与信创化工作要求相适应的、融入信创化要求的管理流程制度等。

7.2.4 信创化工作的推进实施

根据制定好的信创化实施计划，有序开展信创化的实施工作。实施工作的开展，可以先试点，后推广的方式展开，通过试点的项目或任务的总结经验，适时优化方案与计划，然后再全面推广。当然教育机构的信创化工作将是一个持续优化创新的过程，所以需要建立一套运营体系，保证信创工作可持续地优化迭代。

7.3 教育信创的可信工程

可信工程是从信创供应链安全视角提出的开发运营理念，涵盖供应链的上下游各环节。可信工程的目标是系统产品和服务需要满足可信特征：“安全 Security、可靠 Reliability、可用 Availability、韧性 Resilience、隐私 Privacy、安全 Safety”。可信工程的特征是对数字基础设施和数字产品系统的研发全流程的要求，不仅要体现为产品外在表现结果的可信，更要体现在产品实现过程要求的可信，是信创过程和结果的生命安全底线。

对学校而言，通过可信工程供应链的入口（对内引用）、自身研发运营（自研应用）和出口（对外供给）三个阶段来落实打造可信的产品供应过程和可信的产品结果。

- **可信工程入口阶段**

可信工程入口阶段需要针对第三方商业采购依赖产品、开源产品和第三方合作开发产品进行管控。管控要素需要包括产品的来源、产品成分、产品合规及产品服务支持、安全应急响应。

对于第三方商采和合作开发的供应商，需要从其能力资质，人员组织稳定性，服务水平、财务信用状况，资金流水，信誉评级，营业执照及其相关行业认证等多方面进行供应商的评估管理，确保第三方产品供应商的可信。

对于开源软件、软件依赖组件来源，需要可追溯确保源头的安全可信，要可跟踪识别到开源软件官网、所属开源社区、所依存的代码托管平台、基金会等。

对于产品成分，需要保证物料清单，列举产品组件，包括商采组件、开源组件、自研组件，以及这些组件的详细信息以及各组件间的关系。

对于产品安全要求，需要明确需求方的安全需求并且通过需求方的安全测评验收，供给方需要提供安全测评报告，确保软件中不包含未加密的敏感信息，不存在开源许可证合规风险、安全后门及已知的影响产品及服务安全的漏洞，确保从系统架构和功能层面满足供需双方的要求。

对于软件漏洞和威胁情报管理，需要针对软件供应链所涉及的产品及服务进行安全监控防护，主动收集相关威胁情报，发现漏洞及安全风险及时进行信息同步，对漏洞进行动态的跟踪闭环管理，提供修复方案并进行修复验证。

对于服务支持和应急响应，需要明确针对软件的服务支持方式以及服务水平、安全服务协议，当发生紧急安全事件需要有明确的应急响应人员及流程机制，确保安全事件处理的及时有效。

- **可信工程自身研发运营阶段**

可信工程自身研发运营阶段需要涵盖从安全需求分析设计、开发验证、发布运营和停用下线全生命周期的可信管理。

对于安全需求分析过程，需要根据行业合规要求，用户安全要求、用户隐私要求、功能要求、行业安全标准、内部安全标准等进行安全需求分析，并且在日常工作积累中沉淀形成安全需求知识库进行复用。

对于设计过程，需要针对服务、产品系统进行整体的安全设计，对产品系统进行受攻击面分析，确定暴露面，根据分析结果形成威胁列表，针对识别出的威

胁风险进行安全功能设计保证产品的安全能力。

对于开发过程，需要采用自动化安全测试工具，识别编码过程中的安全风险，通过门禁针对提交的代码进行安全审查，把控开源及其依赖组件的安全风险。

对于测试验证过程，需要对系统及功能模块进行安全及隐私相关测试，漏洞扫描，模糊测试，渗透测试识别系统的可信风险。

对于发布过程，需要有规范的发布流程，有可信检查节点和应急响应预案。

对于运营过程，需要对已上线的软件应用服务、业务系统进行可视化安全监控与防护。对于风险和安全事件有统一的评估机制和处理流程，需要有持续的运营反馈机制闭环解决产品系统问题。

对于下线过程，需要制定服务和产品系统下线方案与计划，保护用户的隐私安全与数据安全。

- **可信工程出口阶段**

可信工程出口阶段需要管理好安全基线，对于产品的来源构成，成分结构依赖组件，服务支撑和安全应急响应有规定和保障，具体要求和入口阶段的管控相同。

7.4 教育信创运营体系建设

教育信创运营体系建设可以参考智慧教育架构框架之运营参考模型（SEAF-ORM），从基础设施运营体系和软件开发运营体系两个方面进行构建。同时，运营体系需要引入国际上成熟的 DevOps 理念与方法，并建立从工具到流程符合信创要求的信创 DevOps 体系（如图 7.4）。

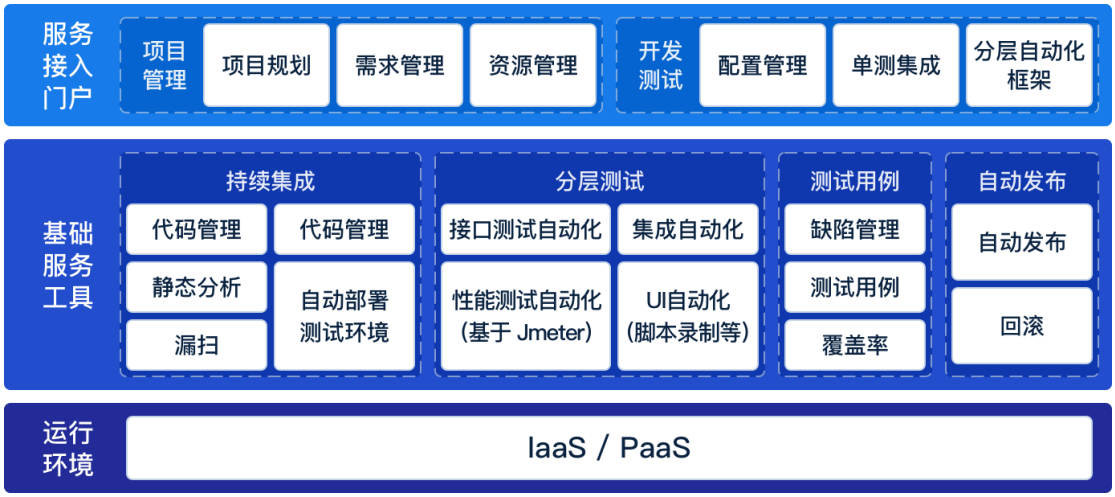


图 7.4 教育信创 DevOps 体系

信创 DevOps（开发测试持续集成自动化流水线）是学校 IT 持续交付能力的基础，通过信创 DevOps 将 IT 运维能力前移，既可以加快软件的交付效率，降低交付风险，还可以满足系统在高并发下自动伸缩的要求，再加上统一的运营监控，为应用提供全方位的保驾护航。针对开发、测试、运维的各个阶段的需求，通过自动化的流水线，集成主流的信创/开源工具链，打通端到端的研发交付过程。

通过对于学校信创建设过程中的研发、交付和运营相关的业务支撑能力、技术支撑能力、软件研发过程管理能力及组织保障能力的梳理，发现随着企业业务的快速增长，系统建设日益增多，在基础环境资源管理及需求开发管理上发现很多的问题。为适应软件研发交付的规范化要求，需要建立一套基于信创基础设施的高效、安全、稳定、统一的开发测试生产环境管理体系以及针对各类环境的统一规范服务平台，为项目的设计、开发、运维提供良好的规范和指导，并通过一体化开发平台对规范和标准进行固化，从系统和工具层面保证规范和标准的落实，为业务的发展提供支撑。

根据能力现状的调研与分析，需要从如下几个方面建设及提升能力。

（1）规范项目管理体系

企业在信创建设过程中，虽然使用了专业的项目管理工具，但仍存在缺乏规范、工具不统一等问题。建议建立规划化项目管理体系，包括统一项目管理规范，通过项目立项、项目团队管理、项目过程管理的流程及对应的输入、输出规范要求，提升项目的规范化管理能力；统一项目管理工具，建立项目立项流程，实现

在线化项目立项、评审，立项评审有记录、可追溯；与相关等工具集成，实现需求、任务和缺陷之间的关联，实现全过程追溯。

（2）统一软件研发环境

通过对过程成果的抽取，逐步沉淀如代码库、文档库、技术组件库、业务组件库、知识库等软件资产，形成统一的软件研发环境和企业级的复用体系，实现知识、经验、软件资产的逐步积累和共享，提高开发效率和质量。

（3）构建自主应用体系

基于信创建设，建立学校企业可控的应用研发体系，围绕体系逐步建立统一的应用开发实施标准与规范体系、技术架构体系、软件资产管理体系，从技术和管理的角度共同支撑业务应用的开发、运行、维护和使用。

提供全校级应用开发、运营、管理的工具平台和与之配套的集成、运行支撑、服务体系，满足未来基于信创的数字化发展。

（4）建立软件交付生产线

信息化建设应以用户体验优先为原则，采用持续集成、持续交付、持续测试、持续运营的研发管理模式。建立应用开发、应用交付及管理体系，建立业务规划、设计与开发、测试、发布与部署、运营监控到持续优化的信创生态系统，实现客户体验的快速反馈，支持业务创新的快速交付。实现开发运维一体化，逐步推行使用自动化部署、可视化运维等工具使用，不断增强系统开发和运维能力，提升生产效率。

以质量和安全为基础支撑保障，覆盖从需求到部署上线的软件生产全生命周期，并针对线上的问题实现反馈回环。将线下不透明的 IT 生产过程转变为线上高度自动化、可视化的 IT 生产线，提升产品研发效率，快速响应业务需求，并不断进行度量分析、趋势预判、优化提升，持续提升 IT 运营效率。

（5）长效的组织保障体系

打造一支自己的信创建设科技队伍，提供数字建设的人才保障。加强业务与技术融合，持续跟踪业界最新动态、新技术的应用，深入理解使用者的痛点和新需求，采取随需而变的迭代开发模式，不断优化完善系统功能，不断提升用户体验，积极引领业务创新和产品创新。

建立长效组织保障体系，增强现有团队的主动意识，主动承担起业务流程和技术架构管理工作，并建立与之相适应的鼓励竞争、激励创新的良性机制。使各团队人员熟练掌握相关的管理规范及 DevOps 平台及周边工具的使用，能够基于统一规范开展业务系统研发。充分在信创中发挥平台在开发、运维中的作用，在系统推广中展现信息队伍的创新引领作用。

DevOps 领域的概念、实践起源于国外，不断有新的概念和理念产生并发展。同时大量国外的商业产品提供 DevOps 的基础能力。在信创的工作中，有大量的国产替代工作需要完成。

- **国产标准**

对于学校信创研发和交付的能力和效果进行有效的评估，是一个很重要的问题。目前国内有相关的成熟的标准体系，能够有效的评价基于信创的企业业务系统研发交付能力的建设结果。基于标准体系的评价，企业可以有效借鉴业界成熟的研发交付模式和最佳实践，取长补短，有效融合业界先进理念和企业具体实际。

- **国产工具**

DevOps 工具平台中涉及到大量的工具。很难有单一工具平台可以将 DevOps 体系架构中的工具均能囊括其中，包括需求、设计、开发、构建、部署、测试、运营、知识管理等多种类型的工具。目前 DevOps 的理念和实践逐步得到国内众多企业的认可，国内公司也开发了很多 DevOps 体系的工具，随着这些工具的成熟，可用性、易用性和可集成能力越来越好，未来可以实现 DevOps 体系工具链中涉及到的工具的大量替代。

八、教育信创的保障体系

8.1 强化组织保障

信创工作需要强有力的组织保障，才能持续顺利的推进。教育机构应该成立信创工作领导小组、信创架构评审委员会和信创架构小组。其中，信创工作领导小组负责确定学校信创相关的制度和流程，并对信创相关的重要事项进行决策，如对学校信创总体规划和路线图进行审核确定，对学校 IT 相关采购是否符合信创要求进行评审，对不符合信创要求但必须要上的系统进行例外审核与管理。信创架构评审委员会负责对企业总体架构进行评审，并对所有 IT 相关的采购和项目进行架构评审，对于重大的架构不符合和架构变更，要上报信创工作领导小组进行决策。信创架构小组要负责整个学校级的架构开发，并保证其符合信创要求，同时要协助各项目小组进行架构开发和利用，确保 IT 采购和系统建设符合信创要求。如果学校之前已有架构评审委员会和架构小组，可以将信创架构评审委员会和信创架构小组融入其中。

8.2 加强资金保障

为了符合信创要求，很多信创产品与系统的采购或开发可能要比市面上成熟的非信创产品与系统成本要高，组织需要有相应的资金保障，包括信创的专项资金来支持现状工作的落地。在资金使用上，建议学校在预算中购买产品的同时，要加大购买服务的力度，以保证信创产品能够真正用好，并能够持续更新迭代。

另外，除了学校日常教育经费外，目前很多学校都获得了国家贴息的教育贷款支持。学校在利用这些资金购买科研设备或智慧教育系统时，要优先保证信创化采购的需求。

8.3 建立人才保障

信创工作的开展关键在于人，选对人、培养人、用好人是确保信创工作取得

成功的法宝。信创人才培养的特殊性在于，信创作为一个新技术体系，信创生态初步建立，信创人才缺口较大。产业本身以及信创相关的技术、产品和服务处于高频变化、持续优化完善中，信创人才的培养方式和培养内容需要保持灵活、动态调整。

从信创人才能力角度，根据信创产业的发展现状，以及学校开展信创工作的要求，信创人才的培养，可以按照信创决策人才、信创管理人才以及信创技能人才三个层面开展，如图 8.1 所示的教育信创人才体系。信创决策人才承担信创工作的战略制定及决策；信创管理人才承担企业信创工作的架构与管理，以及新技术路线的制定；信创技能人才承担信创相关产品技术落地以及系统运维等工作。

从培训内容角度，信创决策人才重点围绕企业信创工作的战略与决策、数字化转型模式、数字化领导力以及安全管理等内容展开；信创管理人才重点围绕架构与设计、新一代信息技术、新的开发及应用模式等，以知识性内容为主；信创技能人才围绕基本工具和实操方法，重点基于信创领域芯片、操作系统、数据库以及云计算、大数据应用开发、系统运维等内容的实操技能展开。



图 8.1 教育信创人才体系

学校本身就是人才培养的主阵地，学校在信创化推进过程中，要充分利用好本校计算机相关专业的师生资源。一定要将学校的信创人才培养和学校的信创化转型有效的结合起来，让本校师生有机会在“学中干”，在“干中学”。

附件

1.锐捷云坞解决方案

专注解决信创常态化场景中，用户业务及外设不兼容问题

方案概述

锐捷云坞解决方案，利用本地的信创OS，再加上本地应用虚拟化技术，将windows上运行的应用，通过本地投射的方式，可以在信创OS中融合使用本地应用和win应用。通过外设重定向，可以使用原有的外设。针对用户已购X86架构的应用创新终端，在上面安装云坞客户端搭配轻量化的服务端即可完成应用虚拟化方案部署，既满足了轻量化服务端成本要求，又满足了已购应用创新终端进行直接部署的场景需求。



业务功能

Win应用可在国产OS上显示图标，鼠标双击打开支持编辑和读取以及数据保存到本地；本地与云坞应用双向复制粘贴， 音视频播放，外设使用；还可以在信创OS上双击exe应用安装，对Win应用系统进行备份和恢复，接入统一域控管理等。



管理功能

应用安装与发布，按组进行策略配置、设置磁盘映射策略、网络模式、应用权限等，同时支持对外设的精细化管理分类权限管控。

应用效果

在用户的PC上安装云坞客户端即可使用，跟本地使用应用基本一致，应用打开速度不超过2秒，视频播放1080P不卡顿，拖拽窗口流畅，在国产环境中使用无障碍。

2.云积软件云考试+数字化考点信创解决方案

云积软件为考试而生，从教育考试网上巡查系统起步，倡导全流程的云考试服务。公司一直致力于多协议视频互联互通、千万并发云考试和千万题库等技术研究。秉承“千霄凌云积厚薄发的创业理念，推出云考试+数字化考点信创解决方案，为考试改革助力。



通过对考点复杂多变的信息重新定义度量，把考点在考试过程中产生的数据进行数字化建模，实现数字化考点。利用软件定义对考点硬件赋能，达到考点系统运行效率和能量效率最大化，并利用数字孪生完成从物理考点到虚拟考点的映射，实现考点设备在考试期间全生命周期的管理。达到考试数据流转畅通、决策指挥高效，保障考试公平、安全。

云考试信创一体化平台涵盖考前考生报名、题库管理、基础库管理、考务管理；考中考试管理、考风考纪管理；考后阅卷管理、成绩管理、统计分析的考试全流程管理，构建考试数据评价评测等值模型，生成考生成绩画像和能力画册，促进高质量办学与教研。可常态化在线考试、网上阅卷、居家考试、英语听说考试、英语口语考试、残疾人考试，又可结合数字化考点覆盖线下考试场景，提高组织、管理效率。

云考试信创一体化平台优势

1、安全稳定：嵌入国密 SM4/SMS4 分组密码，满足考试国密高安全性、高稳定性要求。

2、自主可控：兼容银河麒麟等国产化操作系统，并广泛适配国产数据库、中间件和应用厂家，全套自主可控产品，符合信创建设要求。

3、百万并发：基于微服务云计算架构，拥有超强的考试并发负载能力，同时在线进行考试可达百万级并发处理能力，支持亿级 PV、千万 QPS、百万 DAU 的云考试服务及 EB 级大数据云存储和等值测验，完全满足大型培训考试业务需求。

4、千万题库：具有千万级试题仓库和题库管理，根据智能组卷策略配置课程、章节、题型、标签、难易度等属性，采用 IRT Logistic 评价评测模型对考试试题信度、效度、难易度进行等值属性标定和测量，评价考试数据并形成考生成绩画像和能力画册。

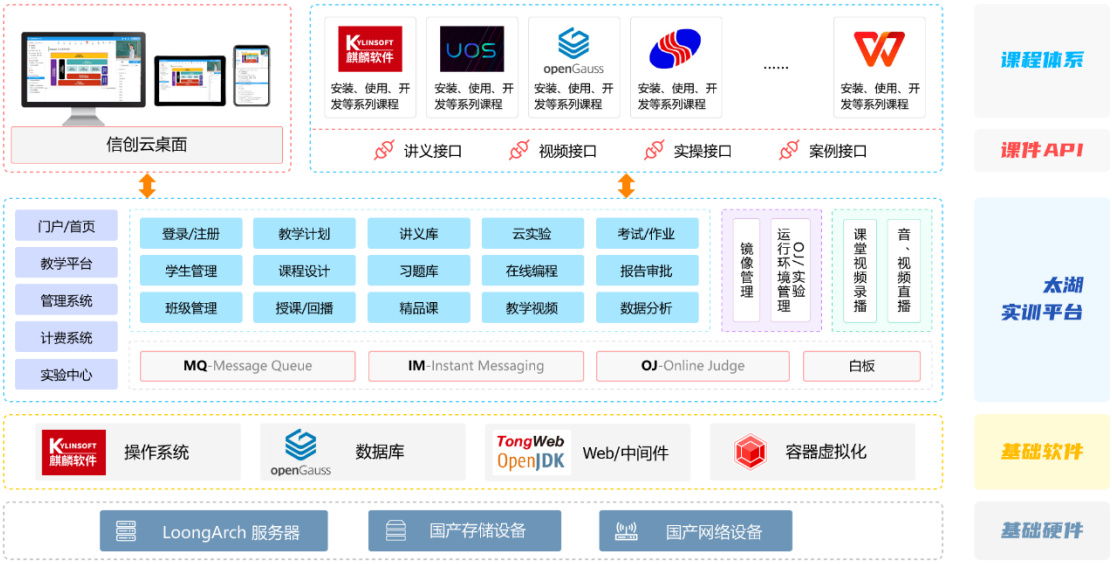
5、智能评分：引入 Tensorflow Lite、YOLO、Darknet、Surf、Orb 等国内外前沿、稳定的算法和模型，能快速准确评卷打分，实时获取评测数据。

3.太湖信创实训平台解决方案

优选创新（北京）科技有限公司是国内大数据、人工智能、AIoT、信创技术等领域提供教育和资源服务的国家高新技术企业；自主开发的“太湖”智能交互实训教学平台，为高校提供专业建设、实验室建设、教师发展及学生就业实训等一站式解决方案。

■ 平台架构

太湖实训平台是在信息技术自主创新和国家大力发展新基建设的历史背景下，为高校量身打造的，完全以国产化技术为底座的实训教学产品。



平台应用交互与虚拟化技术，提供直播教学、实训实操练习、在线考核、自动能力评估等技术手段，解决高校老师在教学过程中课程资源开发与配置、互动课堂的设计与实施、学生实验与实践、学情分析等痛点，辅助教师快速适应新型教学模式、优化配置教学资源，快速提升学生在大数据、人工智能、AIoT、信创技术等领域的实际操作能力及行业经验，最终实现高质量的人才输出。

■ 平台特点



- **灵活备课：**平台能够支持教师在线备课，同时提供大量的模板课程供老师参考，基于平台的资源中心模块能够轻松实现专业课程建设。



- **全场景教学：**平台覆盖线上、线下、OMO 等多种教学场景，同时兼顾课前、课中、课后教学阶段，为课堂改革提供更多可能性。



- **云实验环境：**平台应用多种虚拟化技术，能够同时提供多种国产操作系统、软件的使用环境，方便教师开展实训实操教学。



- **行为分析：**平台通过自动判分技术对学习数据全方位采集、分析，帮助老师实时把控教学效果，进而实现均衡、高效、精准教学。

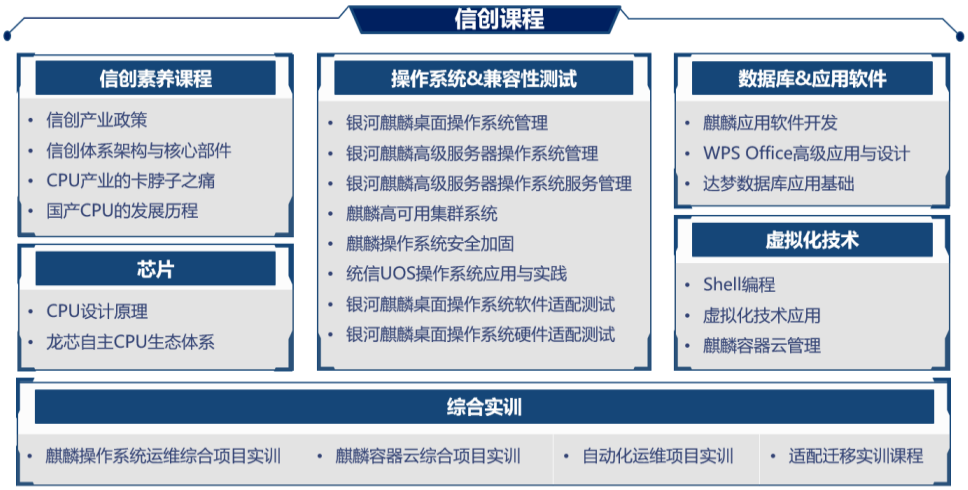
■ 课程体系

平台课程资源由教学视频、实验课程、项目案例、题库、数据集等构成，实践内容深入浅出，循序渐进。内容上围绕本、专科各专业的培养目标，覆盖各学历层次的不同教学阶段，以成果导向教育培养模式，培养具有工程能力、创新能力和综合素质的高级专门人才。



平台课程资源包含计算机基础课程、编程语言、大数据/人工智能专业核心课程、信创技术课程、名师精品课程、企业实战项目，以及以岗位为目标的技能实训课程。

平台提供的部分信创课程：



4.北达软信创架构师培训

中国电子技术标准化研究院 China Electronics Standardization Institute　CIO时代　北达软 www.bdrit.org

中国数字化架构师培训

随着企业的全面数字化转型和数字化的不断深入，数字化架构变得越来越重要，数字化架构师也变得越来越关键。为此，工业和信息化部电子工业标准化研究院联合北达软信息化咨询与培训中心和CIO时代，举办“中国数字化架构师认证培训”。“中国数字化架构师认证培训”将从架构理念、架构开发、参考架构和架构治理等4个维度18个主题进行系统讲解，从而使学员学习全面的架构知识框架，建立起基本的架构思维，并掌握基本的架构开发方法。

核心课程：



证书示例：





招生对象：

总架构师、各领域架构师、CIO、信息中心主任、CTO、项目管理人员、高级管理人员和其他对架构感兴趣的IT经理。

费用：6800元/人（包含培训和考试费用）

中国信创架构师培训

2022年 11月30日，《央国企信创白皮书 – 基于信创体系的数字化转型》正式发布。白皮书中推出了信创架构框架（IIAF），包括信创架构、开发方法、信创技术参考模型、信创运营参考模型和信创能力评估模型。除了信创架构框架，白皮书还推出了基于架构框架的实施方法等。本培训以《央国企信创白皮书》中的信创架构框架（IIAF）为基础，以央国企基于信创架构的数字化转型为主线，全面讲解企业信创架构的开发及应用。

培训内容：

信创架构师课程内容

- 《信创架构框架（IIAF）》
- 《IIAF架构开发方法》
- 《信创总体架构及技术体系》
- 《信创技术体系与产业体系》
- 《基于架构的信创实施方法》
- 《信创云架构及实施》
- 《信创运营体系建设》
- 《企业架构实践及架构治理》

招生对象：

总架构师、各领域架构师、CIO、信息中心主任、CTO、高级管理人员和其他对信创架构工作感兴趣的IT经理。

费用：4600元/人

联系方式：

联系人：王老师　　电话/微信：17638762702

邮箱：training@bdrit.org　　座机：010 – 62638907

致谢&版权声明

《中国智慧教育白皮书》编写团队

主　　编：

姚　乐　　刘九如

编写人员（按姓名拼音排序）：

蔡系海　　曹　亮　　高　鹏　　高留杰　　胡　颖　　景　韵　　李　赛

李明宇　　林江斌　　刘　晶　　刘　扬　　刘洪生　　刘会福　　刘胜文

鲁四海　　秦松疆　　唐　聃　　王　波　　王　娇　　王仰富　　魏　贝

姚　乐　　张　琪　　赵　刚

感谢以下单位参与和支持：

北京大学软件工程国家工程研究中心

深圳点用工业互联网研究院

北京赛智时代信息技术咨询有限公司

北京超弦互动企业信息咨询有限公司

北京万山数据科技有限公司

优选创新（北京）科技有限公司

重庆爱望科技有限公司

锐捷网络股份有限公司

广州云积软件技术有限公司

版权声明：
未经允许，任何个人和单位不得随意转载或摘录本报告中的文字和图片内容。

相关机构介绍

关于 CIO 时代

CIO 时代成立于 2003 年，由北大 CIO 论坛创始会长姚乐博士带领论坛骨干创建，也是北大科技园在北大校内征集项目并孵化的机构。从 2005 年北大 CIO 班开班到 2015 年，CIO 时代一直作为北大 CIO 班的唯一合作办学单位。CIO 时代主要从事 CIO 培训和各种新技术应用专题培训，并在培训基础上开展活动和新媒体运营。目前，CIO 时代与国家信息中心、国家卫生健康委统计信息中心、国家国防科技工业局信息中心、国家烟草专卖局信息中心、最高人民检察院检察技术信息研究中心等部门合作有各行业 CIO 班和信息化领导干部培训班。另外，CIO 时代与中国电子技术标准化研究院合作有中国首席数据官（CDO）认证培训和数字化架构师认证培训。CIO 时代也是联合国教科文组织高等教育创新中心全球战略合作伙伴和联合国教科文组织“国际网络教育学院”的联合发起单位。CIO 时代与国际信息科学考试学会（EXIN）进行了国际互认合作，CIO 时代认证培训也得到了 EXIN 正式认可。

关于北达软

北达软架构咨询与培训中心是一家专注于企业架构（EA）研究、咨询和培训的服务机构。公司成立于 2006 年，成立之初的主要目的是将国际企业架构领域的标准框架与方法引入中国。北达软最早将 TOGAF、FEA、DoDAF 和 Archimate 等企业架构认证培训引入中国。在 EA 方法论的基础上，北达软为中国企业和政府部门提供专业的信息化规划、总体架构设计、数字化顶层设计及数据治理等咨询和培训服务。

关于大信创圈

大信创圈是在新一代信息技术发展和国家新基建战略等背景下，为了支持各企事业单位广泛利用社会化的信创产品，实行对原有系统的升级替代，由 CIO 时代发起成立的信创产品资源汇聚与交流圈。大信创圈公众号将随时发布市场化的大信创产品目录及相关产品资讯。

关于高校信息技术创新应用产教融合联盟

高校信息技术创新应用产教融合是由电子工业出版社、CIO 时代、深圳点用工业互联网研究院、章鱼大数据、辽宁工业大学、成都信息工程大学、广东邮电职业技术学院、湖北工程职业学院等机构相关负责人联合发起，针对全国高校开展有关“信创教育”学术交流、平台搭建、技术支撑、资源对接及信创人才培养的一个公益性社会组织。以服务联盟高校信创人才培养和信创产业发展为宗旨，帮助高校在教学内容上融入信创技术体系，并基于信创技术体系完成高校智慧教学、智慧科研、智慧校园的“升级替代”。本联盟致力于推动信创教育、科研、应用和产业的发展，助力高校信创科研和教学，推进会员高校之间的深入合作。同时，为高校和企事业单位之间的合作搭建资源共享的平台，充分发挥联盟的桥梁纽带作用，构建形成产学研用多方深度融合、协调发展的信创教育生态体系，为信创产业发展与信创人才培养贡献力量。