



物联网导论

第二章 参考模型与技术体系

皇甫伟

北京科技大学

计算机与通信工程学院



北京科技大学

回顾

□ 物联网产生的背景

- 牵引力 + 驱动力

□ 物联网形成的线索

- 网络视角、标识视角、感知视角、普适计算、工业4.0等

□ 物联网的概念与特征

□ 物联网的国内外战略计划

□ 物联网的经济社会价值



思考

- 谈谈你对物联网概念的理解。
- 简述美国“智慧地球”物联网战略的主要内容。
- 为什么说物联网是数字经济的使能者？

本章内容

2.1 物联网系统的组成

2.2 物联网的参考模型

2.3 物联网的功能域与技术体系

2.X 课程内容前瞻

2.1 物联网系统的组成

物联网系统

- 物联网是跨行业的复杂巨系统
- 物在不同领域存在显著差异
- 组成元素的数量巨大、类型多样、连接关系复杂



绿色农业



工业监控



公共安全



智能交通



环境监测



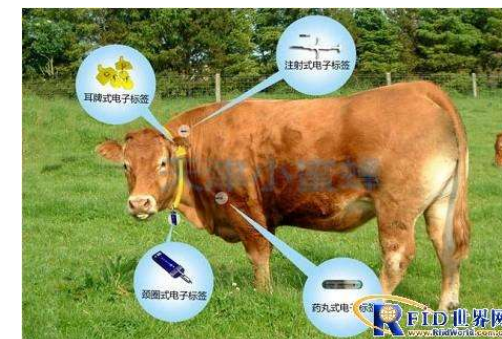
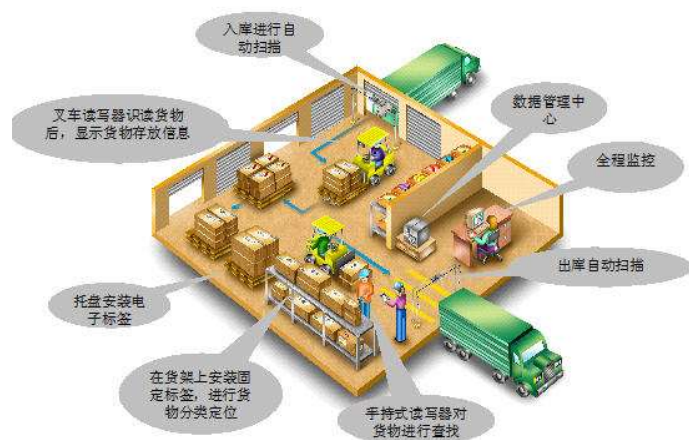
电子广告



远程医疗



智能家居



典型的共性结构

计算机群
(应用相关)

计算机群
(共性平台)

云计算

应用服务器

应用服务器

网络
(核心网)

核心网

网络
(接入网)

物
(边缘设备)

企业/住宅局域网

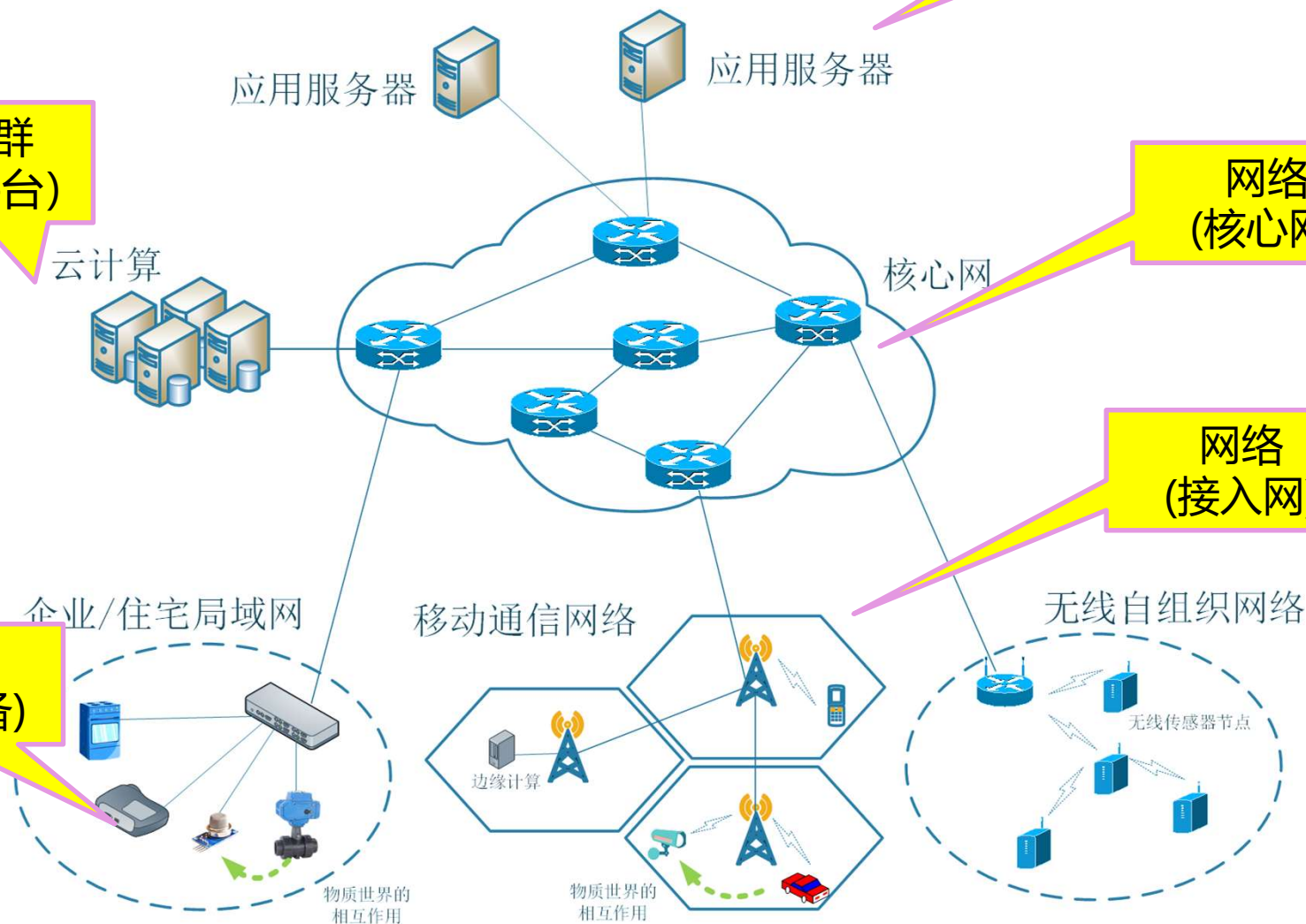
移动通信网络

无线自组织网络

无线传感器节点

物质世界的
相互作用

物质世界的
相互作用



典型的共性结构

□ “物”

- 感知烟雾的传感器、控制水流通断的阀门等。
- 这些传感器、执行器等装置虽然属于信息设备，但同时与物理实体相联系，既具有**信息属性**，也具有**物理属性**
- 位于物质世界与信息世界的连接处，称为边缘设备（edge device）或边缘节点（edge node）。

□ 网

- 不同的形式接入到网络中来，接入网络包括局域网、移动通信网络、自组织网络等。
- 网络之间还将相互连接，构成一个庞大的、全球性的整体网络，这就是互联网（Network of Networks）。

典型的共性结构

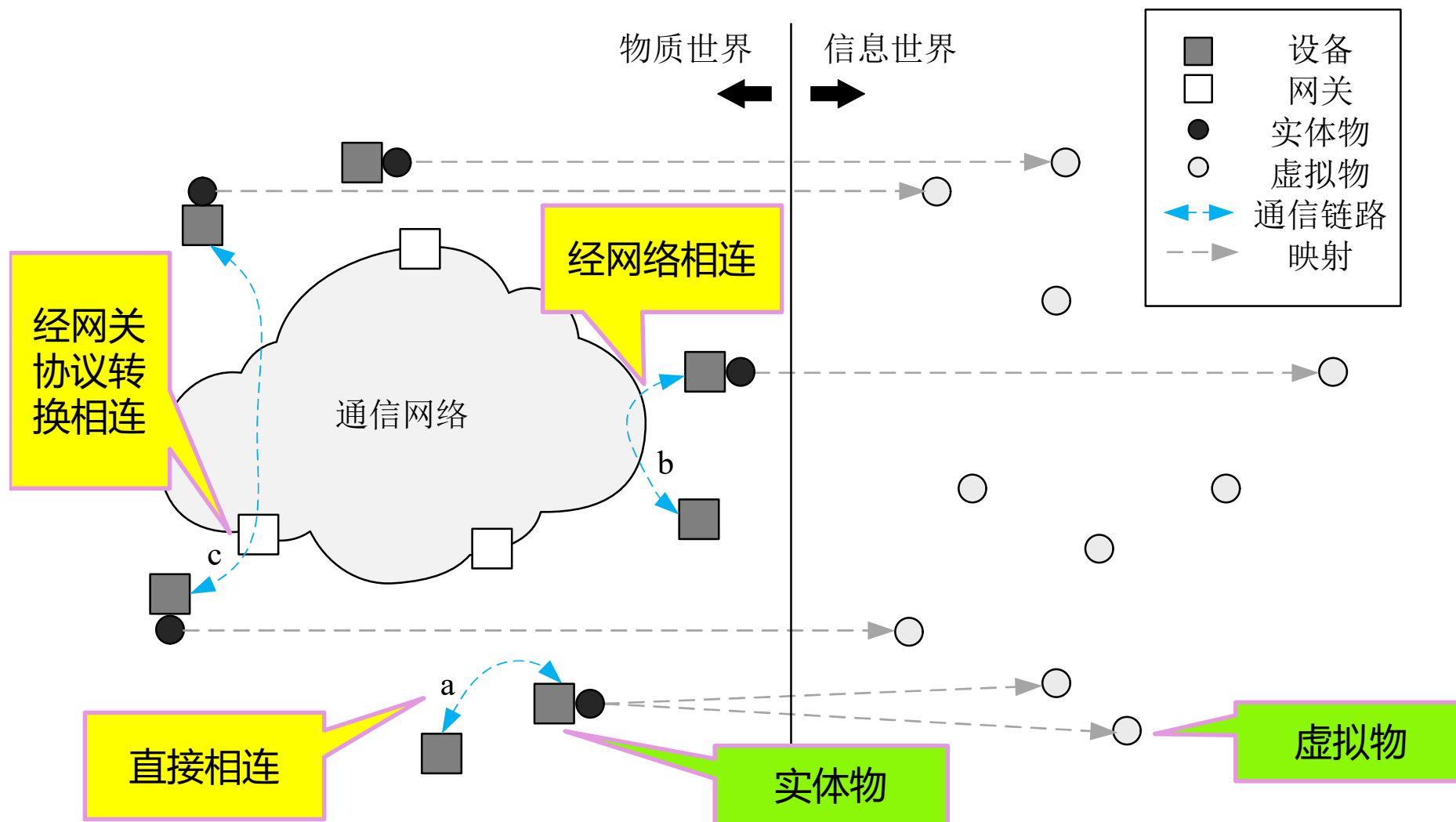
□ 计算、存储

- 存在具有高性能计算和存储能力的大规模计算机集群或存储介质
- 云计算（cloud computing）、数据湖（data lake）等

□ 应用服务器

- 这些服务器负责收集它们所关注的“物”的信息，调用数据中心提供的算力资源进行分析决策，并将决策结果信息经由通信网络下发到边缘设备，最终作用于物质世界的“物”。

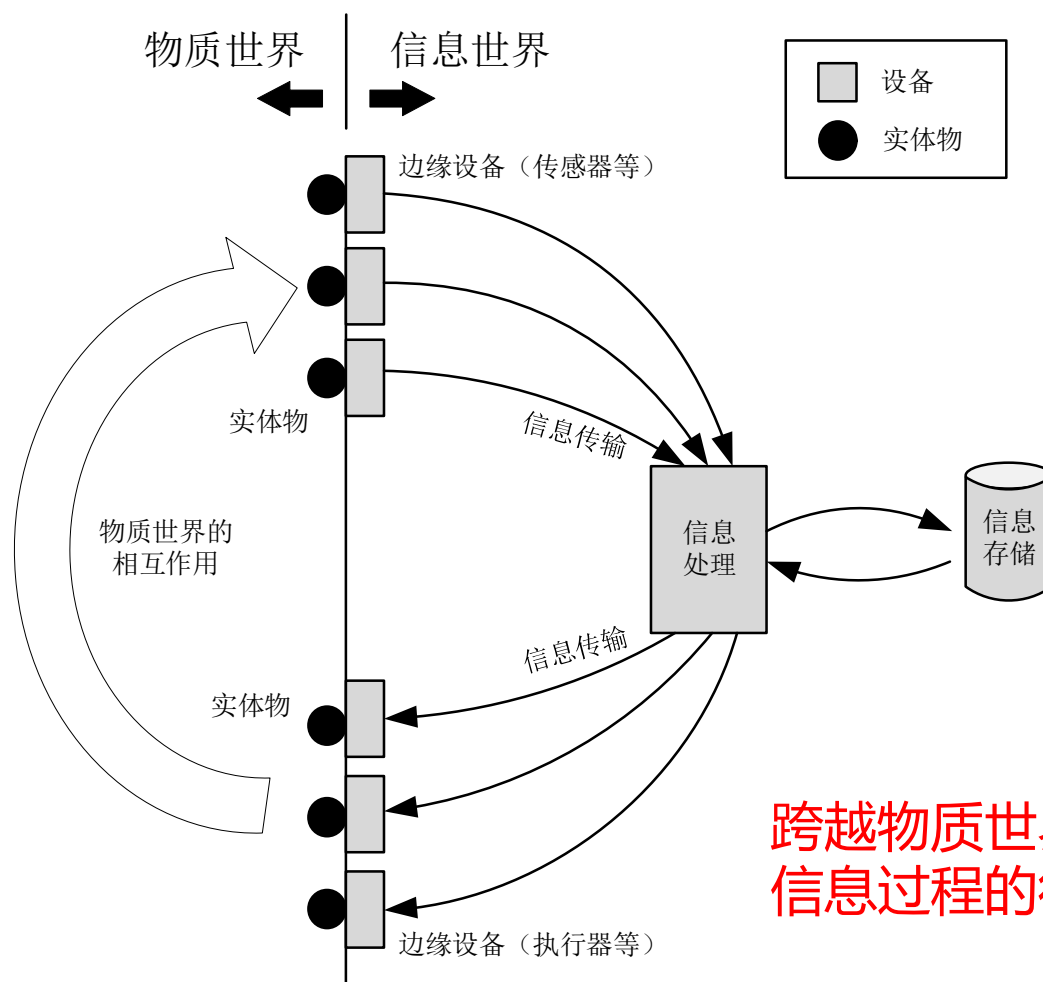
设备连接与“物”的映射



实体物与虚拟物

- 边缘设备收集的各种**信息描述着物理实体的状态**，因此可以等价地认为在信息世界中存在着该“实体物”的**镜像**，称为“虚拟物”。
- 相反方向，边缘设备可以接收信息并执行控制操作，改变对应的物质世界中“物”的状态，因而可以等价地视为**对信息世界“虚拟物”的操作**映射到了**对物质世界中的对等实体物的操作**。
- 一个实体物可以映射为一个或多个虚拟物。
- 存在特殊的“虚拟物”在物质世界没有对应。
 - 虚拟栅栏

双世界融合视图



跨越物质世界与信息世界的物理过程与信息过程的往复循环。

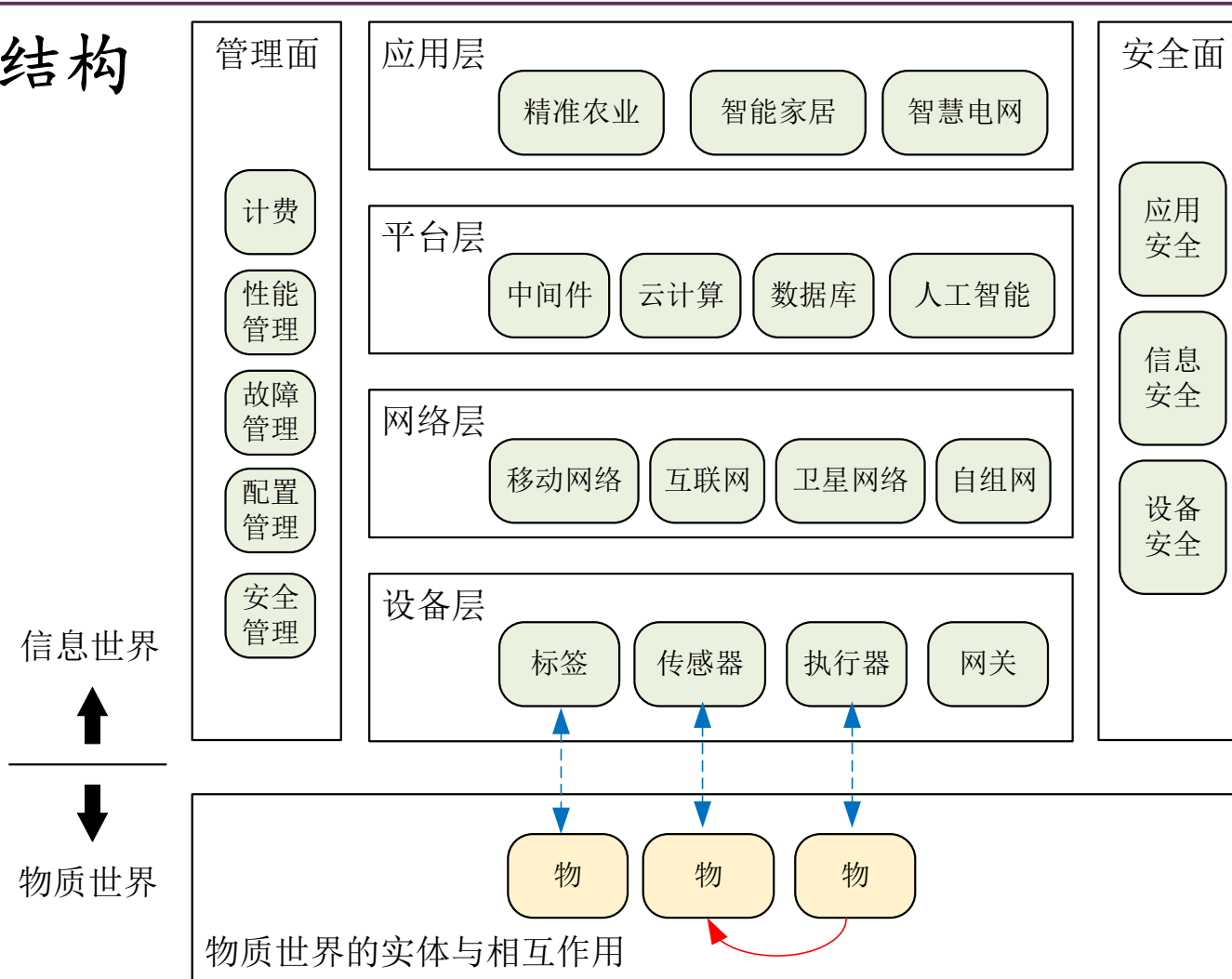
2.2 物联网的参考模型

参考模型

- ❑ 为了研究、分析和设计物联网系统，人们对其进行了**抽象**，按照环节、功能或关系对物联网系统中的元素凝练为**不同的抽象部分**，并说明这些抽象部分之间的**分工和协作关系**，这就是物联网的参考模型（reference model）
- ❑ 从理论上对物联网的结构和功能进行了描述，为物联网的分析和设计提供了指导思想与架构规范。
- ❑ ITU-T Y.2060标准提出的参考模型
- ❑ 物联网全球论坛（IWF）提出的参考模型
- ❑ 参考模型不是唯一的

ITU-T的物联网参考模型

□ 四层两面结构



ITU-T的物联网参考模型

□ 设备层

- 处于参考模型的最底层。
- 既包括用于计算、存储和通信的通用设备，也包括与物质世界的实体物紧密耦合具有感知、执行、数据捕获的边缘节点设备，例如传感器、执行器、电子标签等，这些与物质世界紧密耦合的设备是物联网有别于其他系统的显著特征。

□ 网络层

- 实现组网与传输两项基本功能。
- 组网功能是将设备组织为网络，网络之间通过网关等网络设备相互连接。不同设备通信手段与传输格式差异很大，网关用于协议转换以解决连通性问题。
- 传输功能是指物联网内相应的应用、控制、管理信息的传输。

ITU-T的物联网参考模型

□ 平台层（服务支持与应用支持层）

- 通用平台能力，如数据库、云计算、大数据处理引擎
- 专用平台能力：如地理信息系统（GIS）

□ 应用层

- 实现具体的物联网应用
- 例：智能家居通过住宅内家电的互连协同提升生活品质，精准农业基于农田中传感器的测量结果进行合理的灌溉施肥提升作物产量等。

□ 管理面

- 通用管理功能：故障管理、配置管理、性能管理、计费管理等
- 特定应用管理功能：某一家庭家用电器间进行配对管理。

ITU-T的物联网参考模型

□安全（Security）面

□通用安全能力：物联网数据的机密性和完整性保护、用户的授权、鉴别、隐私保护、安全审计、病毒防护、设备可用性等。

□专用安全能力：如移动支付的金融安全等

□注：中文“**安全**”较英文**Security** 宽泛，还指**Safety**。

□Security强调**免受来自外部或内部的“蓄意或恶意”伤害**，因而采取措施防止这样的伤害发生。

□Safety强调是**系统正常运转的“稳定状态”**，其**风险主要来自意外事件**，因而采取措施确保系统能正常运行。

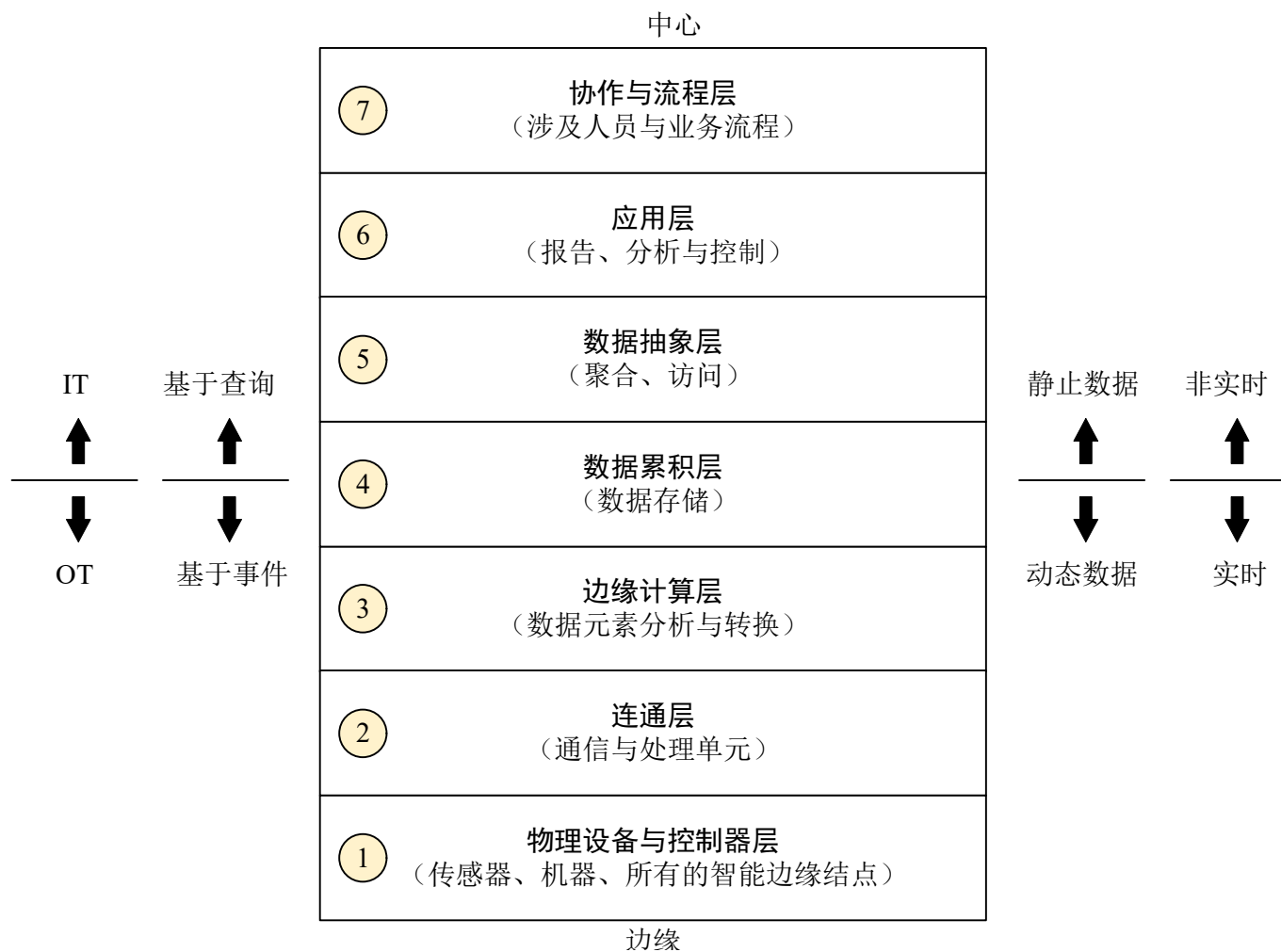
□在物联网中，既可能存在恶意攻击，也可能存在意外失效，前者属于安全面的功能职责，后者属于管理面中故障管理模块的功能职责。

IWF参考模型

- 由IBM、英特尔、思科（Cisco）等工业界头部企业推动的物联网全球论坛（IWF）在2014年发布了物联网参考模型，以加速工业界的物联网部署。
- ITU-T模型主要关注设备层，对平台层和应用层的描述相对简略，因此IWF模型更倾向于关注应用、中间件和支持功能的开放。

IWF参考模型

□ 七层两面结构（此处：管理和安全面略）



IWF参考模型

□物理设备与控制器层：

- 主要是指物联网中的“物”，如传感器、控制器等。大体上与ITU-T模型的设备层对应，但主要是指边缘设备。

□连通层：

- 主要实现设备间的通信和边缘计算所需的底层通信，包括路由器、交换机、网关、防火墙等网络设备。
- 大体对应ITU-T模型的网络层，但网关在ITU-T模型中处于设备层，而本模型中处于连通层。

□边缘计算层（雾计算层）：

- 贴近“物”进行信息处理，降低处理时延以及后续数据处理规模。

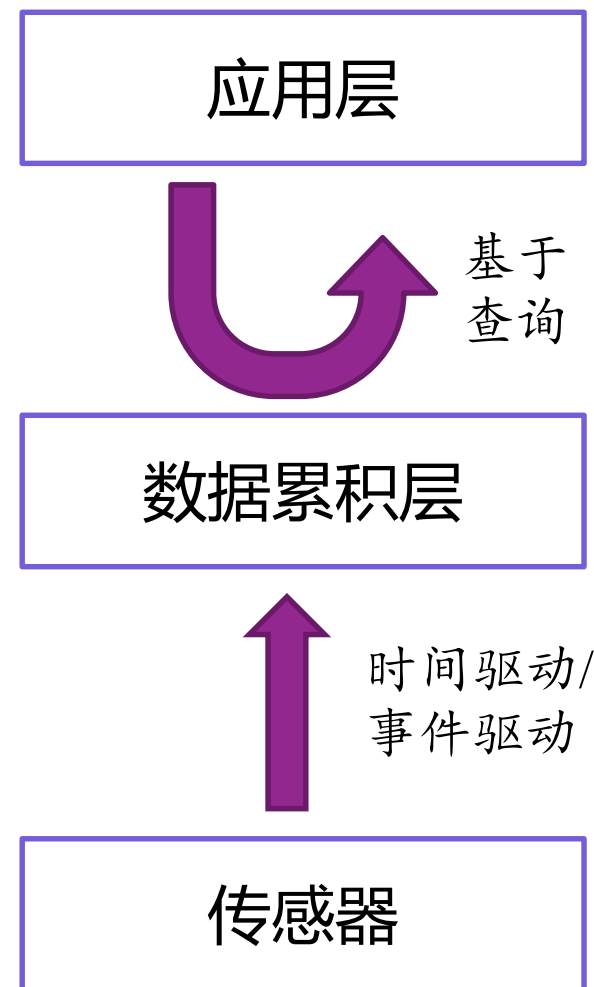
IWF参考模型

□数据累积层：

- 数据的存储，负责将来自于大量设备并由边缘计算层所预处理的数据放置在存储设备中，以提供高层查询使用。
- 动态数据（data in motion）与静止数据（data in rest）的分界
- 信息技术（information technology, IT）与运营技术（operational technology, OT）的分界

IWF参考模型

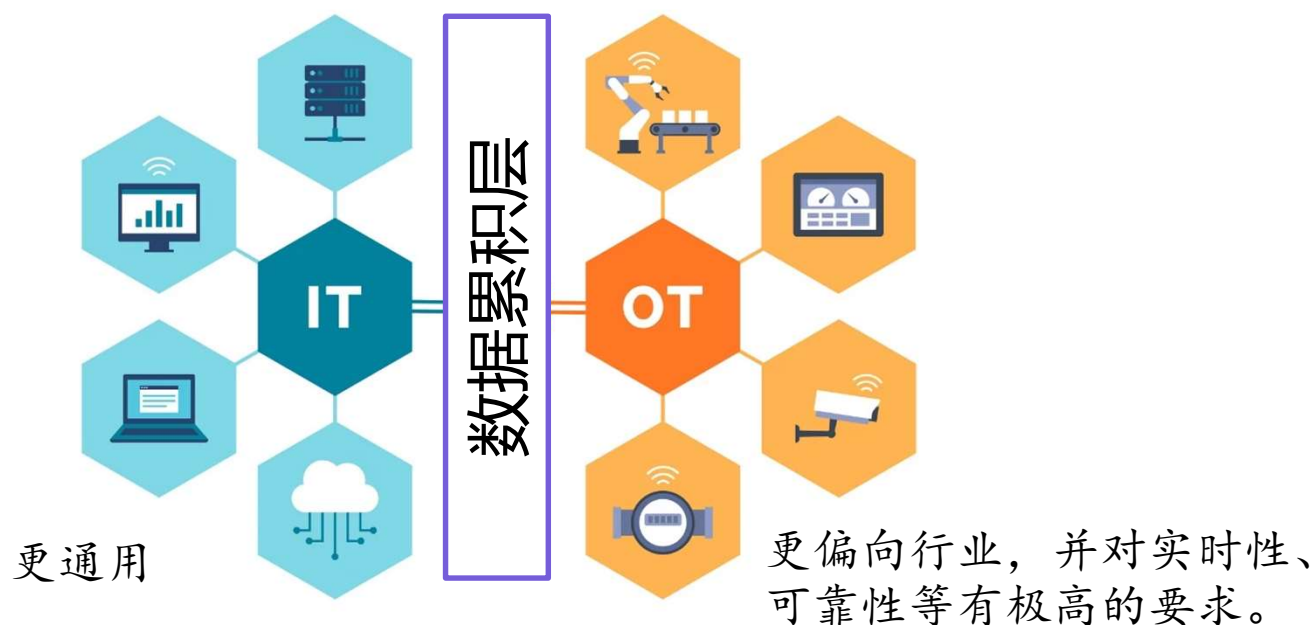
- 动态数据是由于物质世界中的“物”的运动变化产生的，数据的产生是时间驱动（time-driven）或事件驱动（event-driven）的。
- 静态数据是存储在服务器的硬盘或其他存储介质上的数据。高层使用这些数据主要是以查询为主，通常会处理海量的、非短期的、多样类型的数据进行智能决策。



IWF参考模型

□IT通常包括软件、硬件、通信技术与信息服务等，但一般不包含企业应用中的产生数据的嵌入式技术。

□OT通常指对企业的物理设备、进程和事件进行直接检测、控制、触发、调整的技术。



IWF参考模型

边缘计算层、数据累积层、数据抽象层大体对应着ITU-T参考模型的平台层。

□数据抽象层：

- 主要是对源自底层类型多样、格式千差万别的数据进行统一抽象，以便高层应用能够更容易地使用数据。
- 具体而言，这一层可以对数据进行必要的转换，为不同来源的数据提供一致的语义，或者对不同来源的数据进行组合，形成复合的数据形式等。

□应用层（application layer）：

- 应用层可以与下层进行**非实时的交互**，其处理速率与底层传感器或控制器的数据速率无关。
- 在特殊情况下，应用层**可以跨越中间层次直接与底层交互，提供相对实时的调控能力**。
- 本层大体对应着ITU-T参考模型的应用层。

IWF参考模型

□ 协作与流程层： 本层在ITU-T参考模型中没有对应的层面。

□ 支持多方协作的物联网服务，通常会涉及到人的参与，或者存在横跨多个物联网应用的业务流程。



例：智能工厂、智能交通、智能零售等都是独立的物联网应用，如果能够打通这些环节，有助于实现跨行业、跨区域、跨应用的“万物互联”，实现智慧和集约的服务。

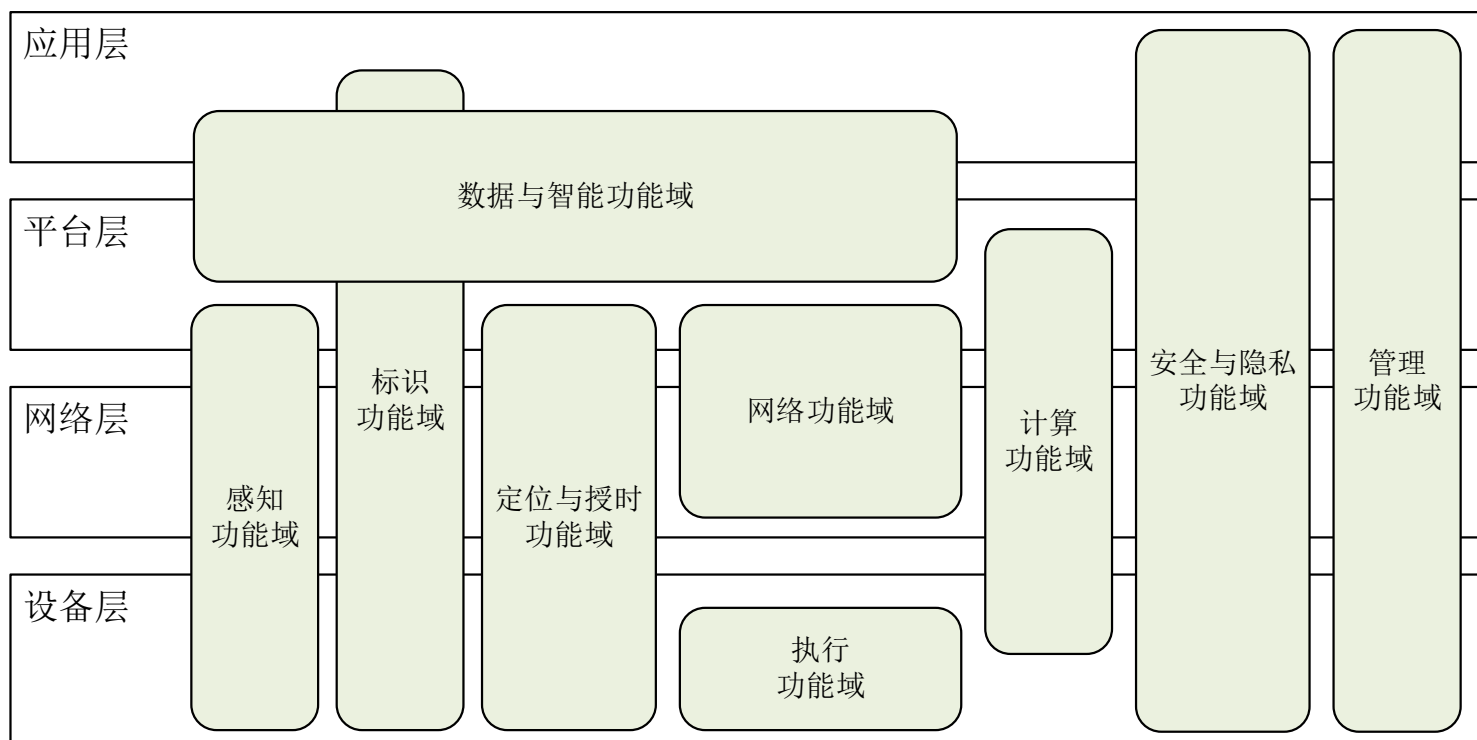
IWF参考模型

- 管理面与安全面 与ITU-T参考模型中类似
- 跨层，与所有层面均有关系。
- 以安全为例，需要确保每个设备的安全，需要确保每层中所有数据处理流程的安全，还需要确保相邻层间南向接口（**southbound interface**）或北向接口（**northbound interface**）通信的安全。

2.3 物联网的功能域与技术体系

功能域

- ❑ 物联网涉及到大量的技术方向，不少技术具有跨层面的特点。
- ❑ 技术体系根据功能域进行划分：



感知功能域

发展历程：传感器→无线传感器→无线传感器网络（大量微型、低成本、低功耗的传感器节点组成的多跳无线网络）

应用举例：

- VigilNet:** 美国弗吉尼亚大学研制的用于军事监测的系统。传感节点具有自主成网，多跳传输等特点。
- Mercury:** 美国哈佛大学研制的可穿戴的医疗监控传感器。传感器具有设计人性化，高精度感知，连续长期采集数据等特点。
- GreenOrbs（绿野千传）：** 森林监测传感网系统，适用于长期、大规模、自动化的环境监测任务

选修课：无线传感器网络

标识功能域

基本组成：工业界经常将RFID系统分为标签，阅读器和天线三大组件。

工作原理：阅读器通过天线发送电子信号，标签接收到信号后发射内部存储的标识信息，阅读器再通过天线接收并识别标签发回的信息，最后阅读器再将识别结果发送给主机。



定位与授时功能域

位置信息拓展：所在地理位置+处在该地理位置的时间+处在该地理位置的对象（人或设备）

定位系统与技术：GPS，蜂窝基站定位，无线室内环境定位（红外线/超声波/蓝牙），新兴定位系统（A-GPS/无线AP/网络定位）；距离/距离差/无线信号特征

物联网环境下对定位技术的挑战：

- ✓异构网络、多变环境下的精准定位
- ✓大规模应用
- ✓基于位置的服务（Location based Services）
- ✓位置信息带来的信息安全和隐私保护问题

选修课：Wifi定位技术，UWB定位技术

网络功能域

- 网络是物联网最重要的基础设施之一。
- 物联网的网络和现有网络有何异同？物联网是下一代互联网吗？无线网络在物联网中究竟扮演了什么角色？
- 网络构建层在物联网四层模型中连接感知识别层和管理服务层，具有强大的纽带作用，高效、稳定、及时、安全地传输上下层的数据。

课程：计算机网络、无线网络原理、物联网无线通信基础与应用、信息论与编码、通信原理概论、现代通信技术导论。

计算功能域

云计算、端计算、边缘计算

数据中心不仅包括计算机系统和配套设备（如通信/存储设备），还包括冗余的数据通信连接/环境控制设备/监控设备及安全装置，是一大型的系统工程。通过高度的安全性和可靠性提供及时持续的数据服务，为物联网应用提供良好的支持。

典型的数据中心：Google/Hadoop

课程：云计算；大数据技术工程实践

数据与智能功能域

需求分析：

- 更透彻的感知要求对海量数据多维度整合与分析
- 更深入的智能化需要普适性的数据搜索和服务

数据挖掘技术从大量数据中获取潜在有用的且可被人理解的模式，基本类型有关联分析，聚类分析，演化分析等。

应用举例：

- 精准农业：实时监测环境数据，挖掘影响产量的重要因素，获得产量最大化配置方式
- 市场营销：通过数据库行销和货篮分析等方式获取顾客购物取向和兴趣

课程：人工智能与机器学习、数据科学、模式识别基础；
基础编程语言：Python（Python程序设计）

安全与隐私保护功能域

RFID安全

主要安全和隐私隐患：窃听、跟踪、中间人攻击、欺骗/重放/克隆、物理破解、篡改信息、拒绝服务攻击、RFID病毒...

保护手段：物理安全机制/密码学安全机制/PUF...

位置隐私

定义：用户对自己位置信息的掌控能力：用户能自由决定是否发布位置信息，将信息发布给谁，通过何种方式来发布，以及发布的信息有多详细。

保护手段：制度制约、隐私方针、身份匿名、数据混淆

课程：物联网安全技术、计算机系统安全、数字认证技术、现代密码学、网络安全与管理

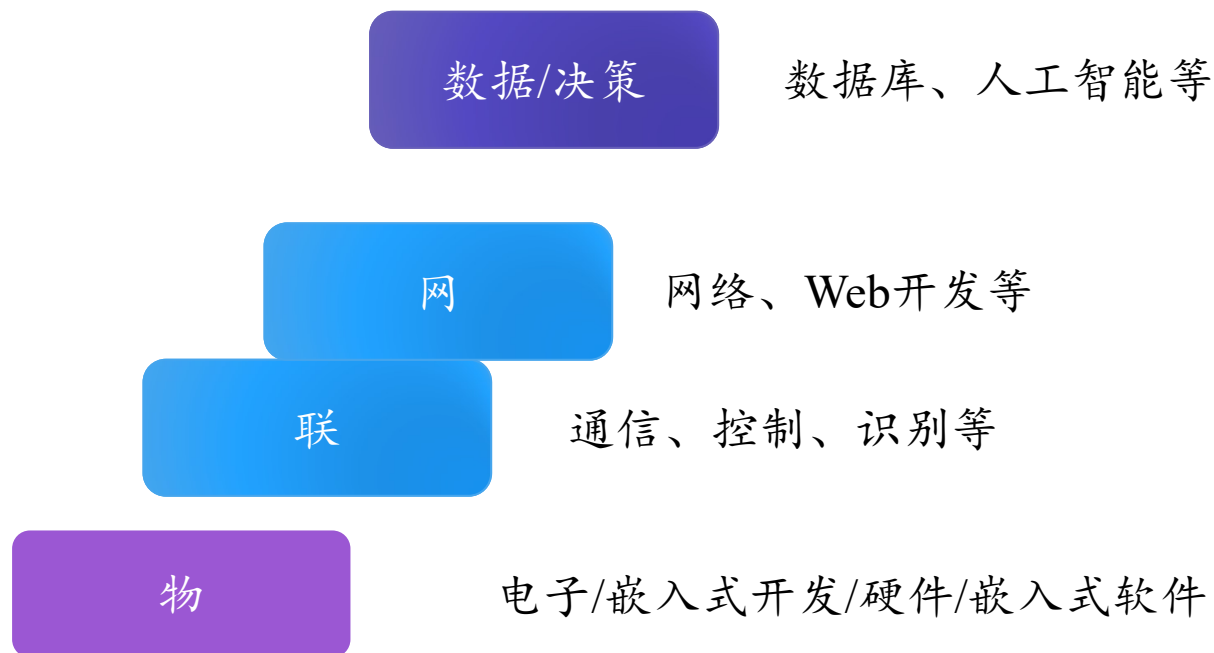
综合应用

- “实践出真知”，无论任何技术，应用是决定成败的关键。物联网丰富的内涵催生出更加丰富的外延应用。
- 传统互联网经历了以数据为中心到以人为中心的转化，典型应用包括文件传输、电子邮件、万维网、电子商务、视频点播、在线游戏和社交网络等；而物联网应用以“物”或者物理世界为中心，涵盖物品追踪、环境感知、智能物流、智能交通、智能电网等等。物联网应用目前正处于快速增长期，具有多样化、规模化、行业化等特点。

课程：工业4.0企业系统开发、工业物联网技术应用、
电子商务、工业互联网控制系统与人机交互

专业课程设计思路

- 智能物联网：AI+IoT
- 最早设置“人工智能”、“机器学习”的专业



你未来考虑如何选课，打造具有特色的知识体系

- ☐ A “物”：电路设计，嵌入编程：底层单元
- ☐ B “联”：连接交互、识别控制：通信/控制
- ☐ C “网”：网络协议、Web开发：互联互通
- ☐ D “智”：人工智能、机器学习：智能运筹
- ☐ E 我全部都要选.....

提交

人工智能+大模型

□ AI的发展日新月异

□ AI挑战



“将致力于培养一大批具备数字素养的教师，加强教师队伍的建设，把人工智能技术深入到教育教学和管理全过程、全环节，来研究它的有效性、适应性。让青年一代更加主动地学、让教师更加创造性地教。”

——教育部部长怀进鹏

十四届全国人大二次会议新闻发布会，

2024.3.9

蒸汽机技术引
发机械化革命

电力技术引发
电气化革命

计算机技术引
发信息化革命

大模型技术引发
智能化革命

你对大模型的了解和使用情况

- ☐ A 不知道
- ☐ B 听说过，但是没有使用过
- ☐ C 使用过，但不多
- ☐ D 在学习和生活中已经广泛使用

提交

大模型的能力

北邮近期在2024年计算机导论课程机试数据测试结果显示，星火大模型3.5的考试得分大幅度超过北邮元班学生（未来学院学生，从高考成绩最高的学生中选拔），与GPT4尚有差距，但差距不太大。

一. LLM的编程能力

(5) 2024年计导课程机试数据

	星火3.5	GPT4
函数题1	提示后可改正通过 8	一次过 10
函数题2	一次过 10	提示后可改正通过 8
函数题3	一次过 10	一次过 10
函数题4	提示后仍不正确 5	提示后可改正通过 8
编程题	提示后可改正通过 7	提示后可改正通过 8
得分	40	44

	元班学生	星火	GPT4
函数题40分	20.15	33	36
编程题10分	4.64	7	8
总分50分	24.79	40	44
百分制	49.58	80	88

小结

- 具体和抽象是思维的两种方法。
 - 具体是思维对事物多方面属性的综合，是从感性具体到理性具体的认识过程。抽象则是思维把事物整体中某一方面的本质抽取出来的认识方式。具体和抽象相互区别、相互联系，二者的辩证关系体现在具体反映了事物的整体形象，而抽象则是对事物某一方面本质的认识。
- 物联网的参考模型是抽象思维的产物
 - ITU-T参考模型更注重设备与网关的组织，而IWF参考模型更注重物联网的信息流转与行为逻辑
 - 源自不同的抽象思维视角，对物联网系统的设计与分析都有很好的指导价值。

小结

- 按照国际标准ITU-T Y.2060，物联网被抽象为四层两面模型，即设备层、网络层、平台层、应用层，管理面与安全面。
- 按照IWF参考模型，物联网呈现七层（两面）结构，自底而上分别是物理设备与控制器层、连通层、边缘计算层、数据累积层、数据抽象层、应用层、协作与流程层。

谢谢
THANKS

