

CNCC2019 时间敏感网络与高端装备制造论坛



# 确定性网络在电网自动化系统中的应用

蔡岳平 工学博士 副教授

先进计算与通信网络实验室(ACCNNet)

重庆大学 微电子与通信工程学院

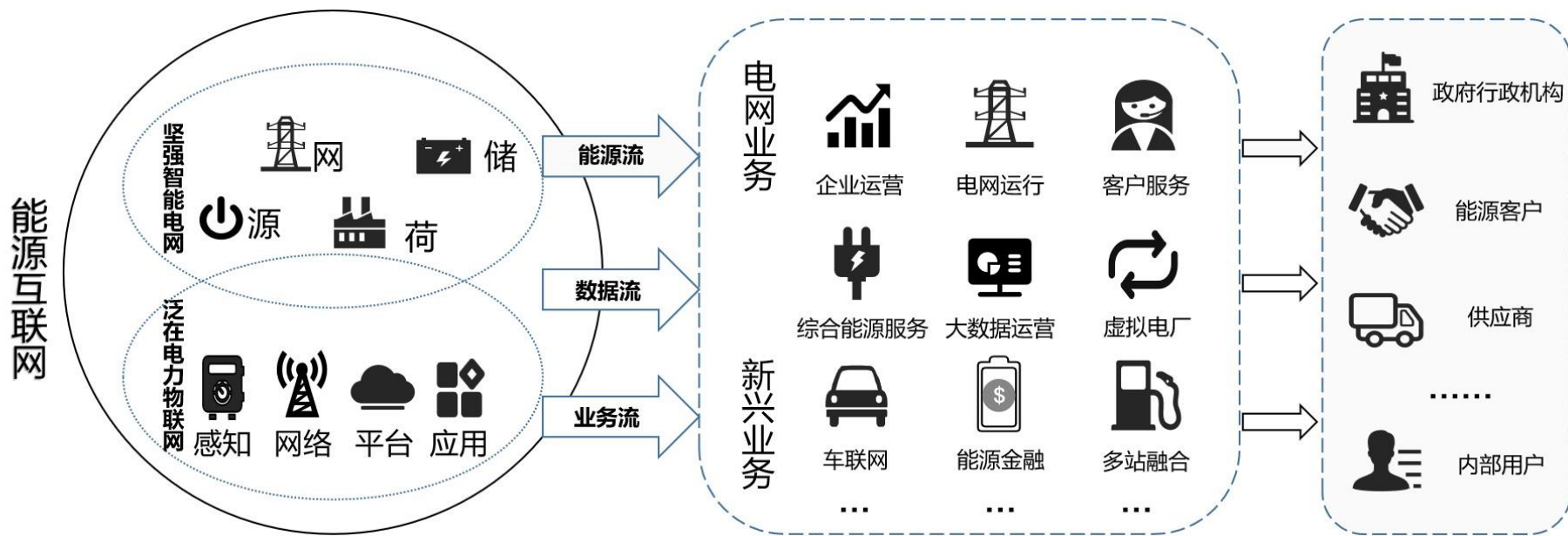
[caiyueping@cqu.edu.cn](mailto:caiyueping@cqu.edu.cn)

# 汇报内容

- 能源互联网-坚强智能电网与泛在电力物联网
- 电力通信网的结构与业务需求分析
- 典型电网自动化系统及其业务需求分析
  - 调度自动化
  - 配电自动化
  - 变电站自动化
- 确定性网络的标准化进展与关键技术
- 确定性网络在电网自动化系统中应用的适配性分析
- 应用挑战与未来展望

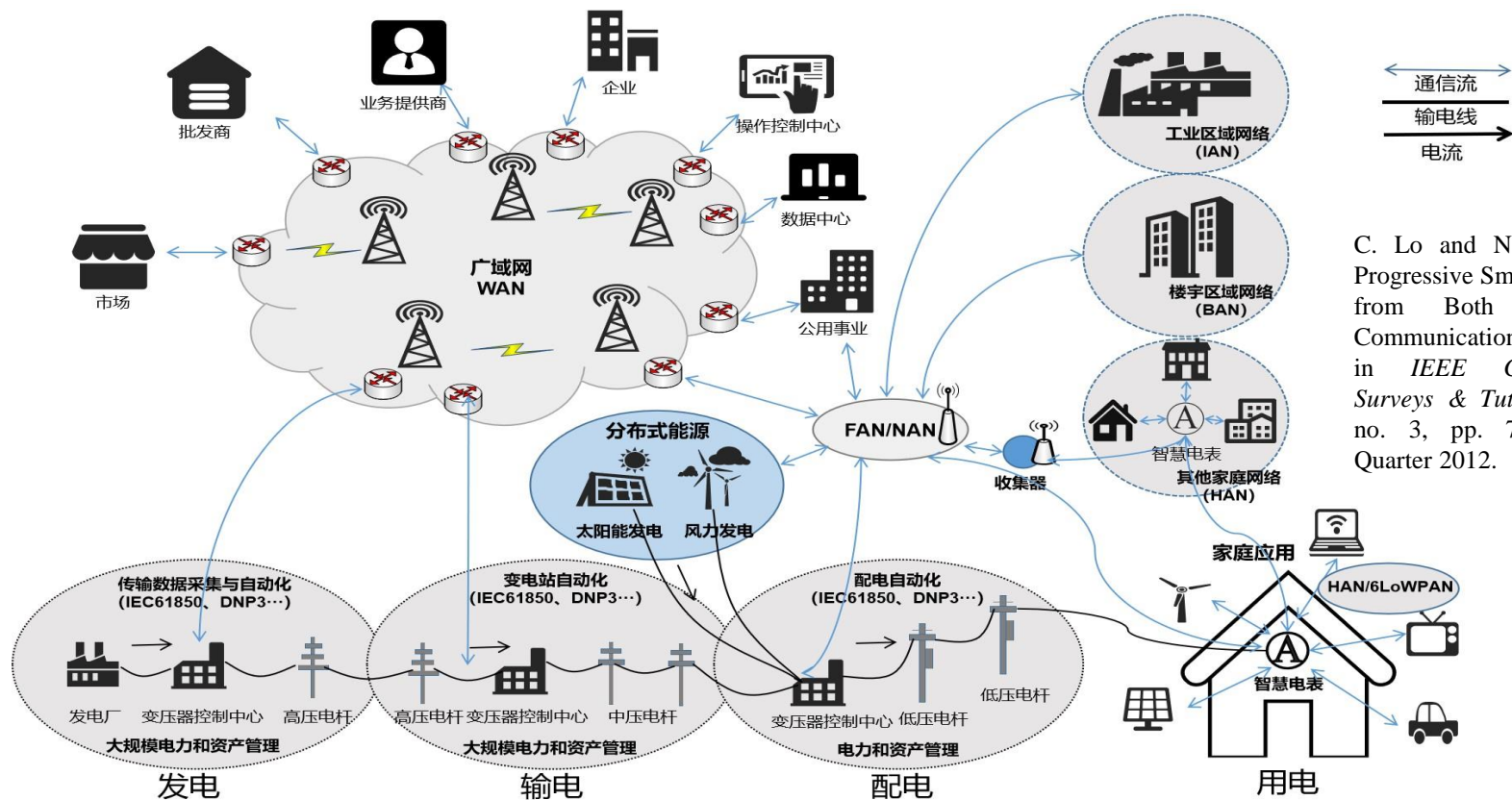


# 能源互联网



- 2019年国家电网公司提出建设“三型两网”国际一流能源互联网企业，适应能源行业转型升级，满足社会经济发展与用户服务提升需求。
- 三型：枢纽型（产业属性）、平台型（网络属性）、共享型（社会属性）。
- 两网：坚强智能电网与泛在电力物联网。

# 坚强智能电网

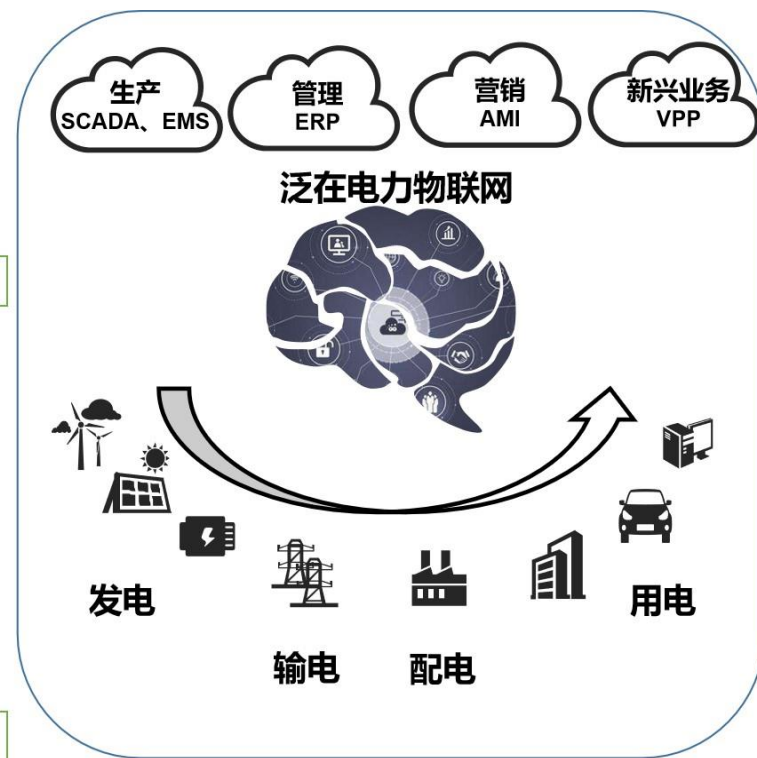


C. Lo and N. Ansari, "The Progressive Smart Grid System from Both Power and Communications Aspects," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 14, no. 3, pp. 799-821, Third Quarter 2012.

- 智能电网：以物理电网为基础，将先进的传感测量技术、通信技术、计算技术和控制技术与物理电网高度集成而形成的新型电网。
- 坚强性：电网发生扰动故障时仍能供电而不发生大面积停电；电网发生极端故障时如自然灾害等仍保证安全运行；二次系统具备信息安全和防病毒能力。



# 泛在电力物联网



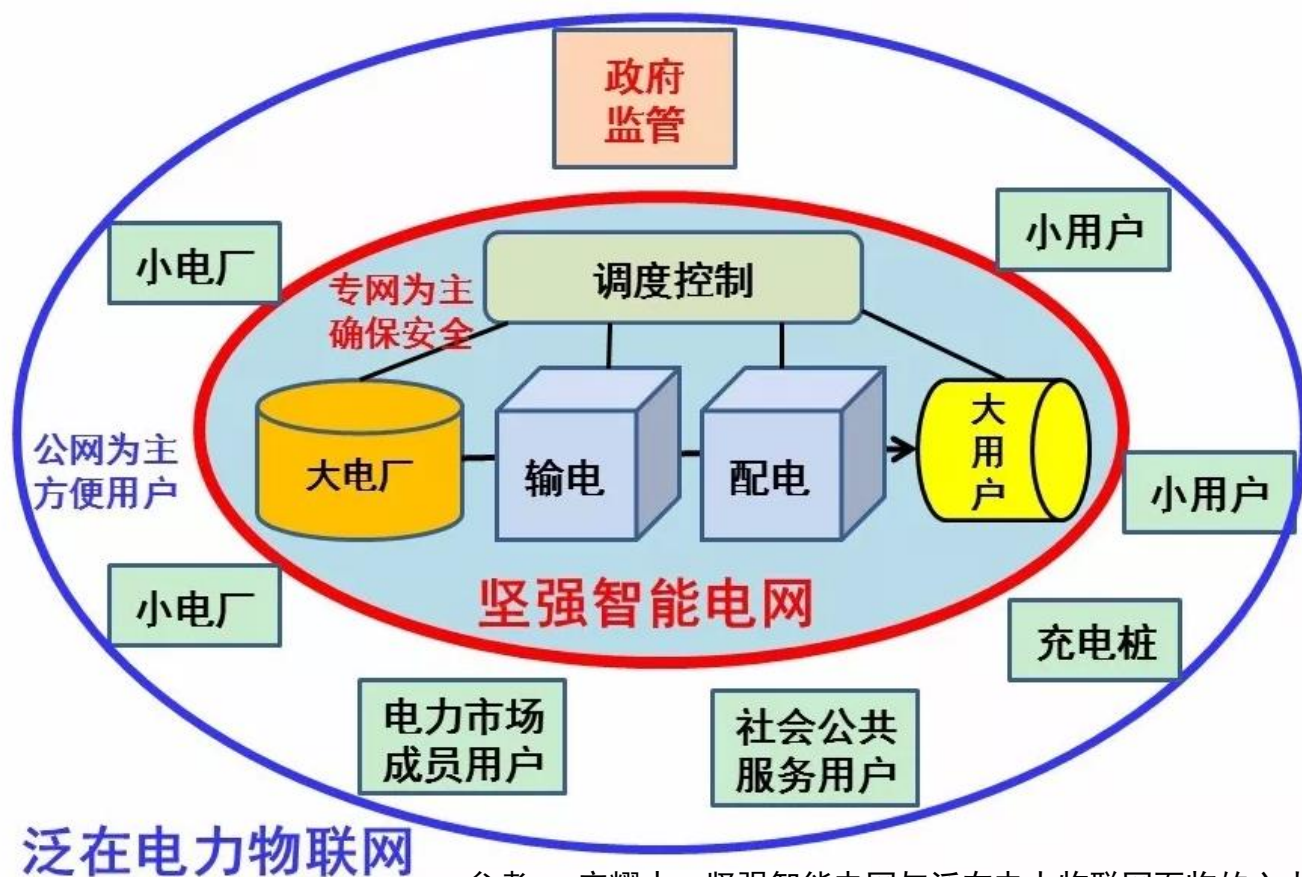
参考：2019华为全连接大会 全球能源互联网研究院有限公司 5G支撑泛在电力物联网建设的应用实践 报告

- 泛在电力物联网：围绕电力系统各环节，应用移动互联、人工智能等现代通信与信息技术，实现万物互联与人机交互，具有状态全面感知、信息高效处理与应用便捷灵活特征的智慧服务系统。
- 电力业务通信需求挑战：高安全、低时延、高可靠、广覆盖、巨联接。





# 坚强智能电网与泛在电力物联网关联



参考：辛耀中 坚强智能电网与泛在电力物联网面临的六大挑战 报告

- 坚强智能电网：光纤网为主，无线网为辅，专网优先，确保安全。
- 泛在电力物联网：无线网为主，光纤网为辅，公专结合，因地制宜。



# 电网结构与相关业务需求

- 集群调度
- 移动巡检
- 视频监控
- 新能源电站监控
- 发电厂监控

## 发电环节



- 视频监控
- 移动巡检
- 无人机巡检
- 输电线路状态监测

## 输电环节



500KV

- 视频监控
- 变电现场环境监测
- 变电设备状态监测
- 变电站机器人巡检

## 变电环节



220KV

- 配电自动化
- 精准负荷控制
- 配网机器人巡检
- 配电设备环境监测
- 分布式电源接入

## 配电环节



110KV

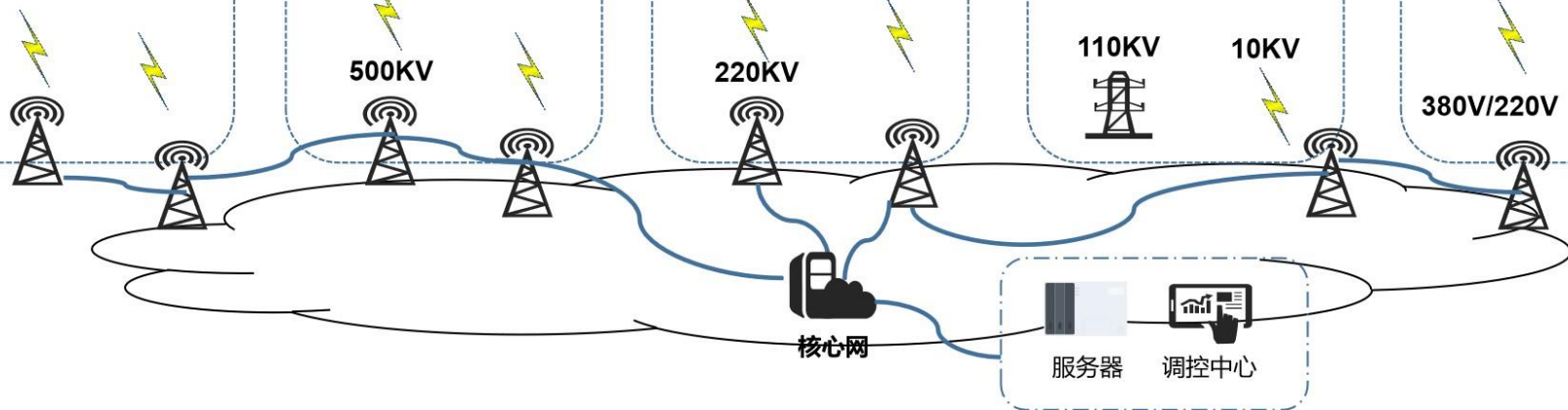
10KV

- 用电信息采集
- 源网荷互动控制
- 智能家居
- 电动汽车充电桩
- 分布式能源接入

## 用电环节



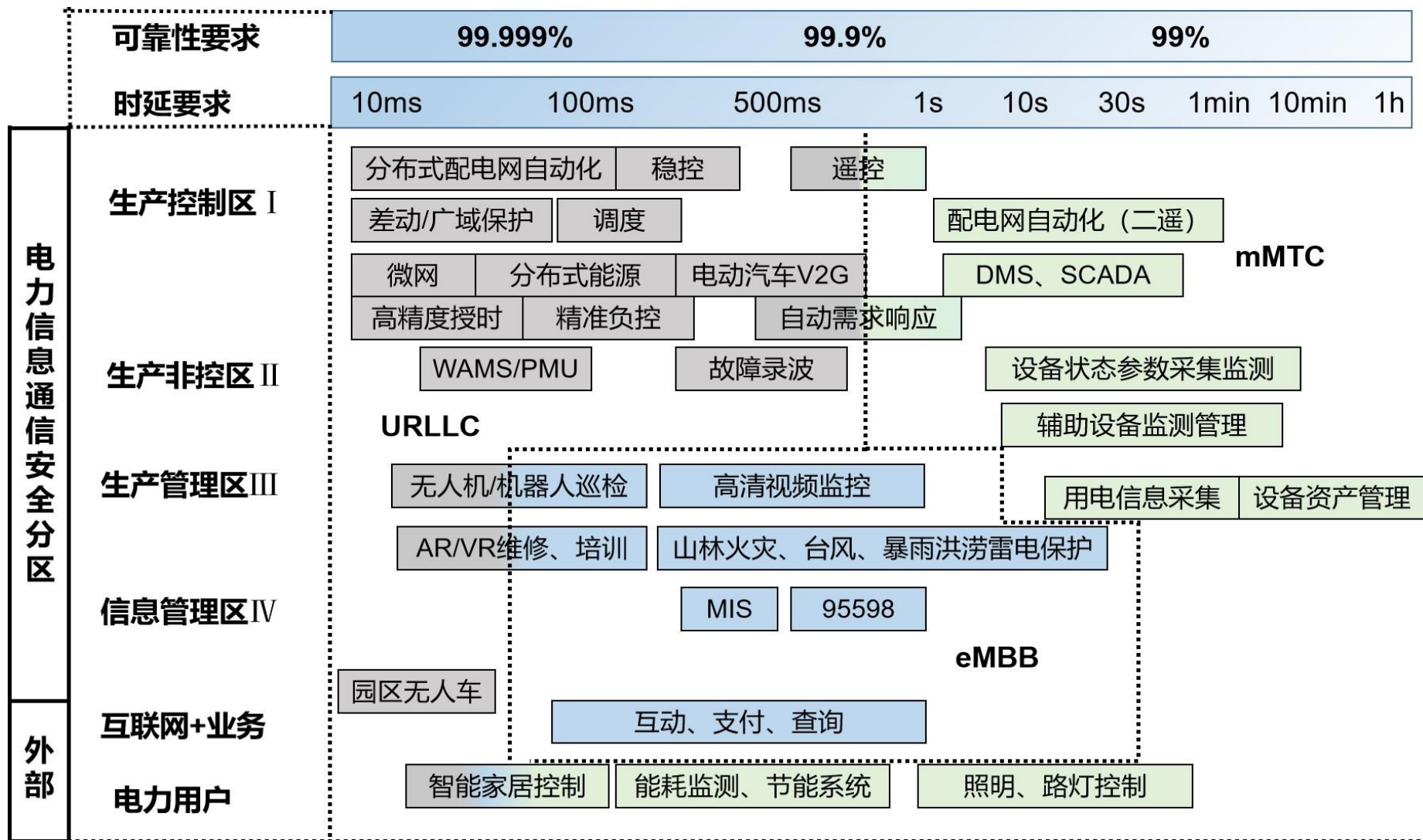
380V/220V



参考：2019华为全连接大会 全球能源互联网研究院有限公司 5G支撑泛在电力物联网建设的应用实践 报告



# 电网业务对信息通信能力的需求分析

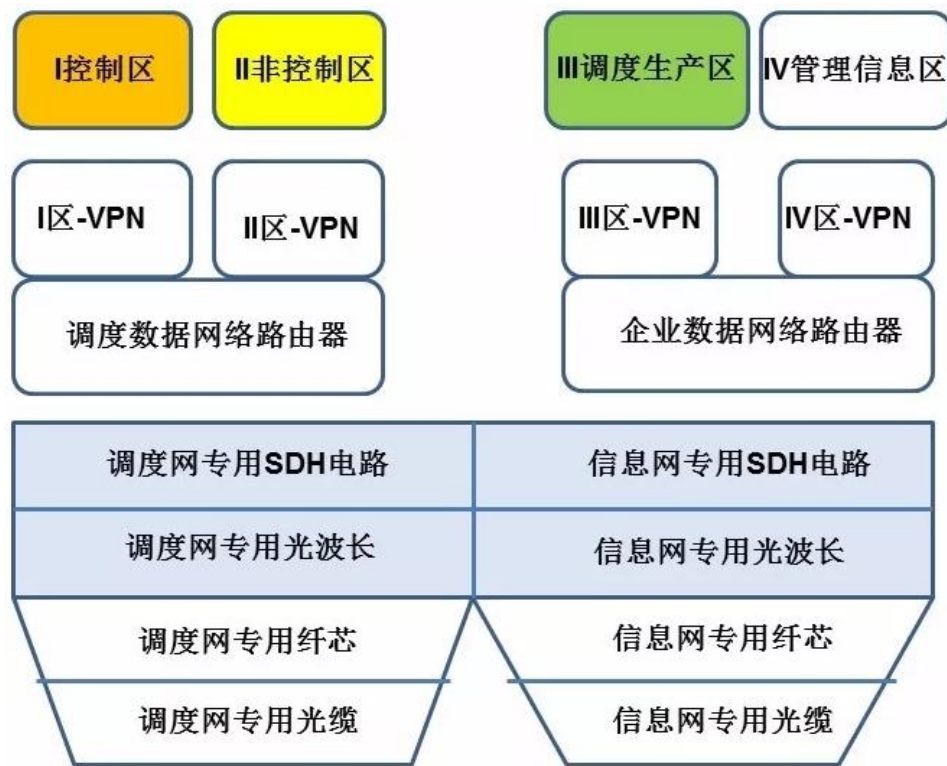


参考：2019华为全连接大会 全球能源互联网研究院有限公司 5G支撑泛在电力物联网建设的应用实践 报告





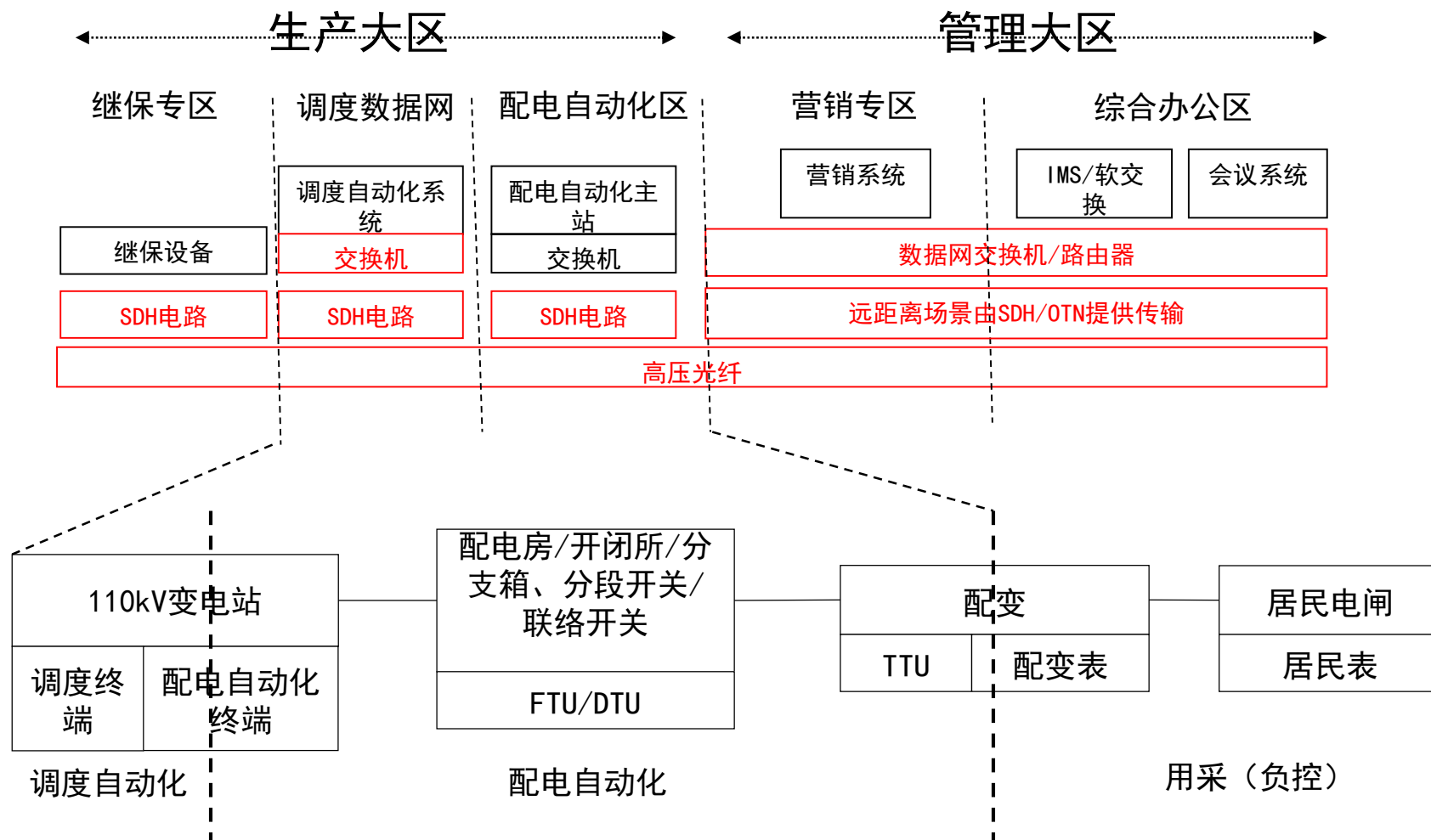
# 电网业务分区分类与网络需求



参考：辛耀中 坚强智能电网与泛在电力物联网面临的六大挑战 报告

- 电网生产控制类业务：以光纤网为主、无线网为辅，位于生产控制大区。
- 电网经营管理类业务：以公司内网为主、外网为辅，位于管理信息大区。
- 电网社会服务类业务：以公用网为主、专用网为辅，位于公用互联网区。

# 电力通信网（配网）结构现状



**痛点：** 业务分离、专网专用、利用低效、成本太高、难以为继。

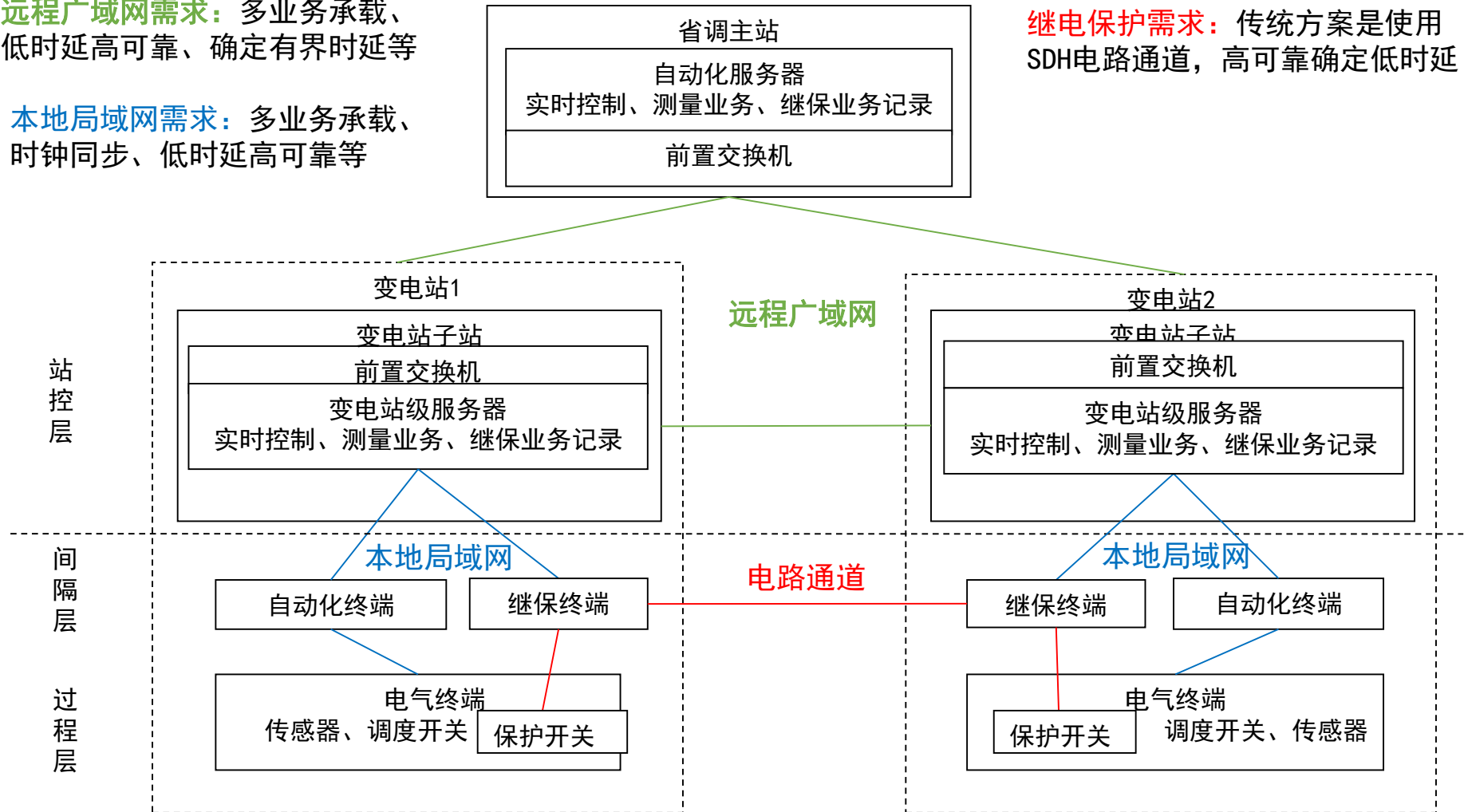


# 调度自动化示意图

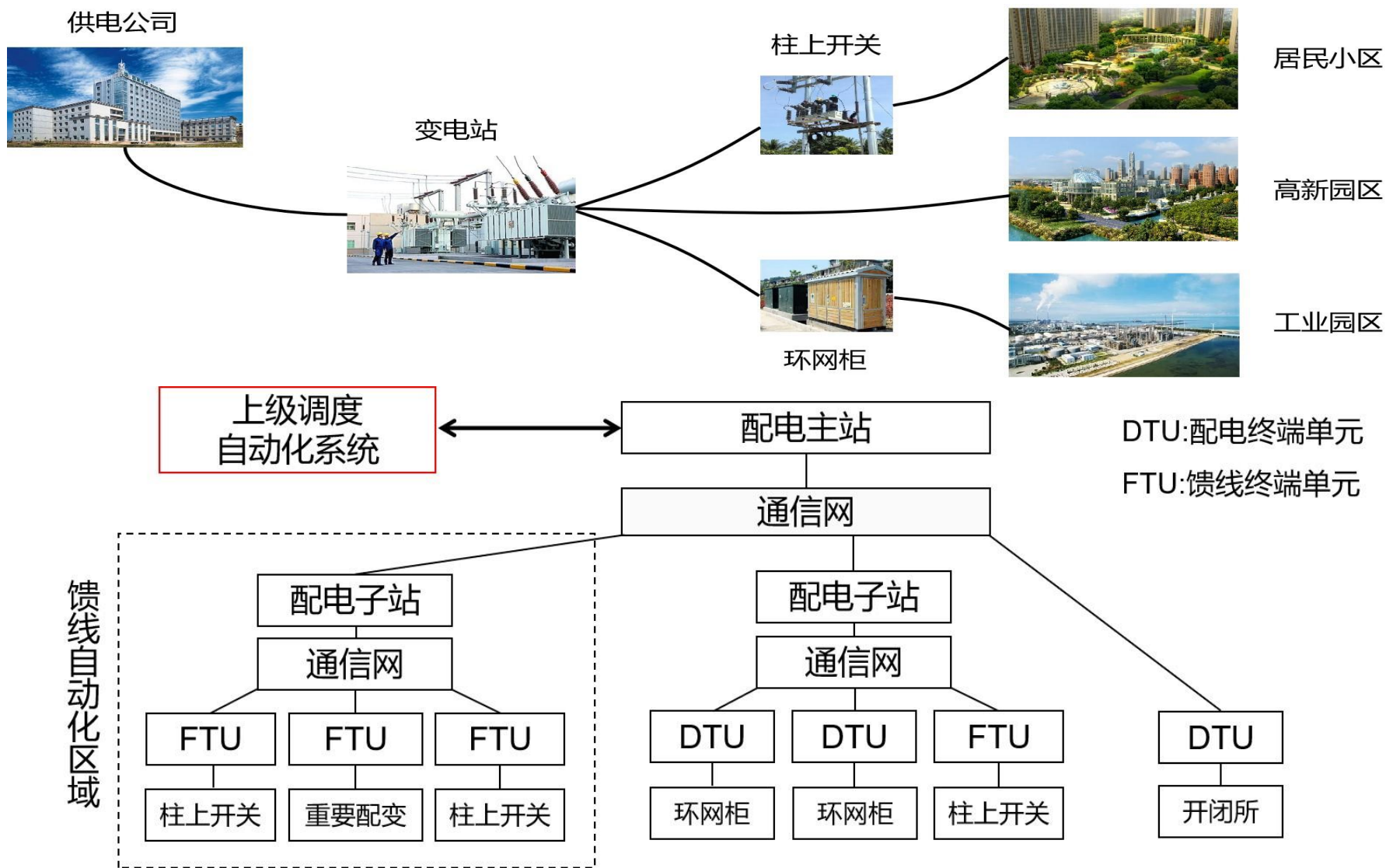
**远程广域网需求：**多业务承载、低时延高可靠、确定有界时延等

**本地局域网需求：**多业务承载、时钟同步、低时延高可靠等

**继电保护需求：**传统方案是使用SDH电路通道，高可靠确定低时延



# 配电自动化





# 配电自动化业务流量分析示例

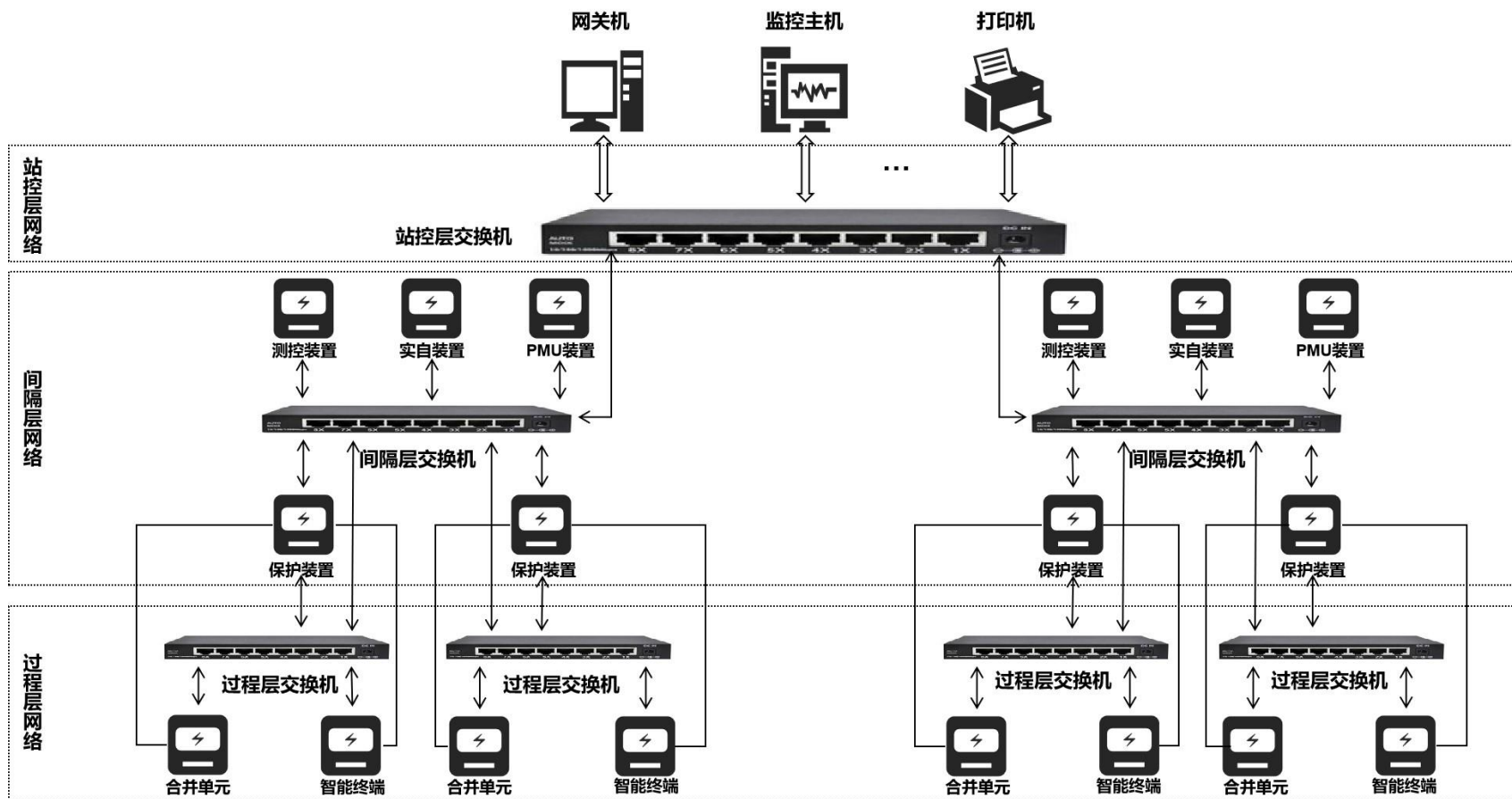
A+区域站点规模统计								
序号	站点类型		单线路站点数量（个）	线路数量		业务类型	合计	
				110kV变电站	35kV变电站		110kV变电站	35kV变电站
1	开关站		2	36	24	三遥	72	48
2	环网单元		2	36	24	三遥	72	48
3	箱变	控制类	2	36	24	三遥	72	48
		非控制类	0	36	24	二遥		
4	配变（含专变和公变）		15	36	24	三遥	540	360
5	用采集中器（每集中器含0.4kv计量和10kV配变监测）		20	36	24	10kV配变监测实为二遥	720	480
6	0.4kv电表		2000	36	24	计量点	72000	48000

各一次站点自动化数据量统计								
序号	站点类型	周期性监测业务 (每5分钟招测一次二遥数据) (104规约)					突发业务 (由数个时序、逻辑关系的遥信、遥测、遥控业务组合成) (104规约)	
		遥信量 (上行)	遥信帧长度 (Byte)	遥测量 (上行)	遥测帧长度 (Byte)	合计 (Byte)	遥控量 (下行)	遥控帧长度 (Byte)
1	开关站	66	336	40	272	608	15	76
2	环网单元	23	164	16	152	316	9	76
3	箱式变电站	15	132	14	142	274	6	76
4	柱上开关	13	124	11	127	251	2	76
5	配变	4	88	13	137	225	0	0

A+区域变电站配电自动化业务流量					
序号	站点类型	周期性监测业务汇聚数据流量 (k Byte)		突发业务	
		110kV变电站	35kV变电站		
1	开关站	350.208	233.472	突发业务由配网事件相邻的数个站点上的二次终端顺序实现数个含有一定时序、逻辑关系的遥信、遥测、遥控动作组合而成,且其中的遥信、遥测、遥控动作不必像周期性监测时包含全部传感器和开关,只针对需要操作的部分即可。 发生周期随机,总持续时间:1秒到1分钟数量级。 1k~10k Byte数量级 (遥控动作下行数据多,其余动作上行数据多,比例由动作数量决定,总体上行数据远大于下行)	
2	环网单元	182.016	121.344		
3	箱式变电站(控制类)	157.824	105.216		
4	配变	121.5	81		
5	合计	811.548	541.032		



# 变电站自动化



- 站控层、间隔层、过程层三层倒树状网络结构
- 网段自然隔离、数据就近处理
- 基于并行冗余协议PRP或高可靠用无缝冗余HSR实现可靠性

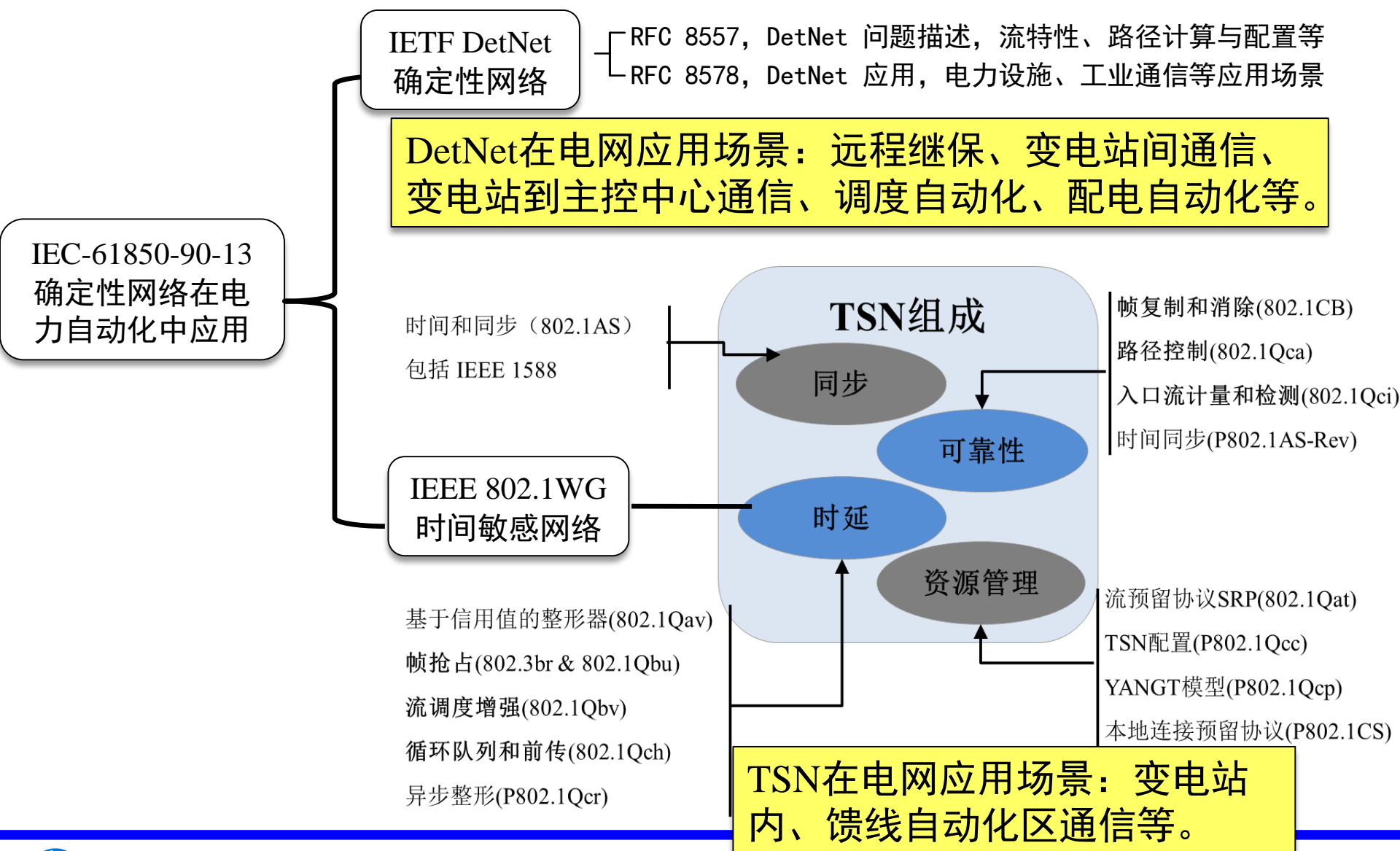
# 变电站自动化典型业务需求与流量分析

属性	保护业务	监测业务
单向最大延迟	5ms	50ms
非对称延迟要求	否	否
最大抖动	不重要	不重要
拓扑	点到点、点到多点	点到点、点到多点、多点到多点
带宽	64kbps	100kbps
可用性	99.9999%	99.9999%
精确时钟需求	是	是
节点故障恢复时间	小于50ms-无中断	小于50ms-无中断
性能管理	是；强制性的	是；强制性的
冗余性	是/否	是
丢包率	0.1%	1%
连续丢包	-	每个应用程序周期必须至少接收一个数据包。

- 保护和监测业务对时延、可靠性的要求较高，同时也需要精确的时钟同步。
- 数据采集类业务对时延要求较低1-5秒，数据量较小，具有周期性特征。



# 确定性网络在电网自动化系统中应用相关标准

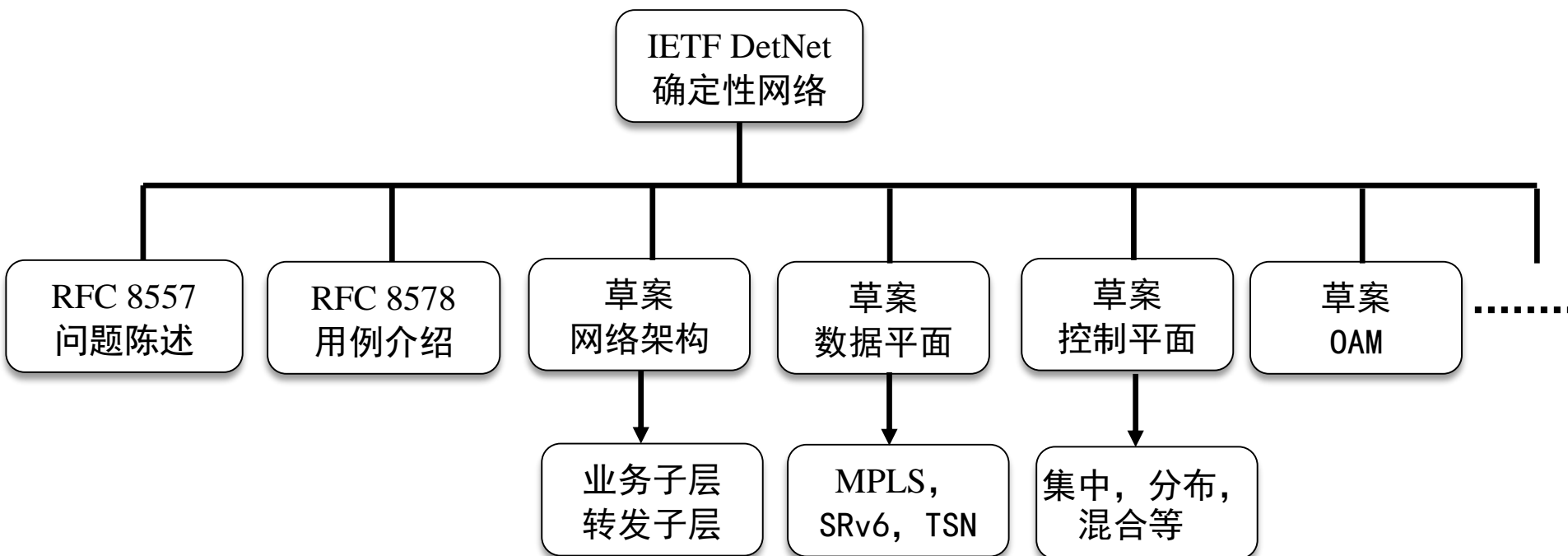




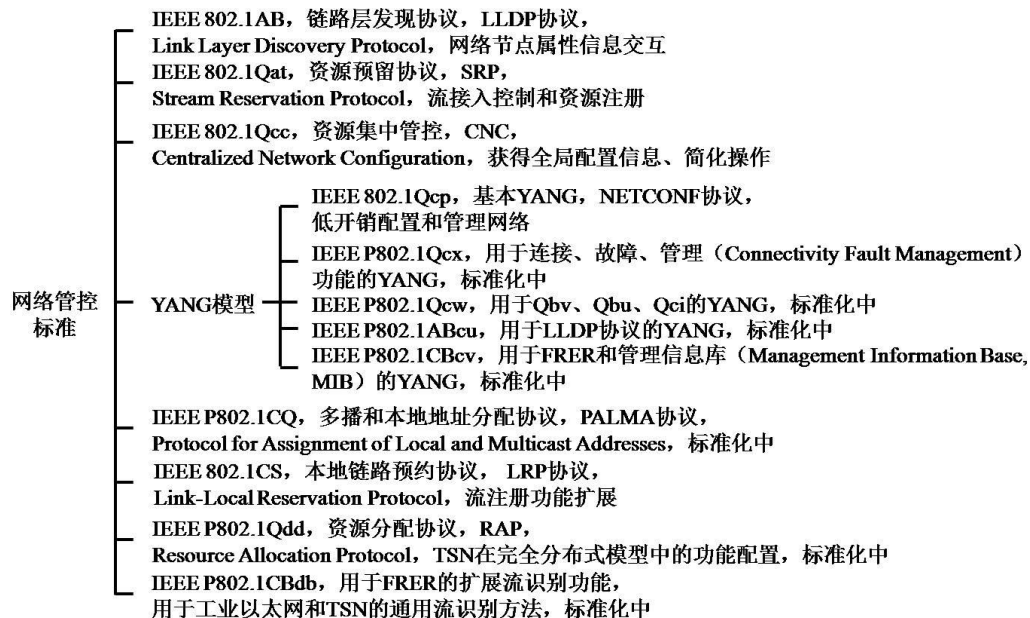
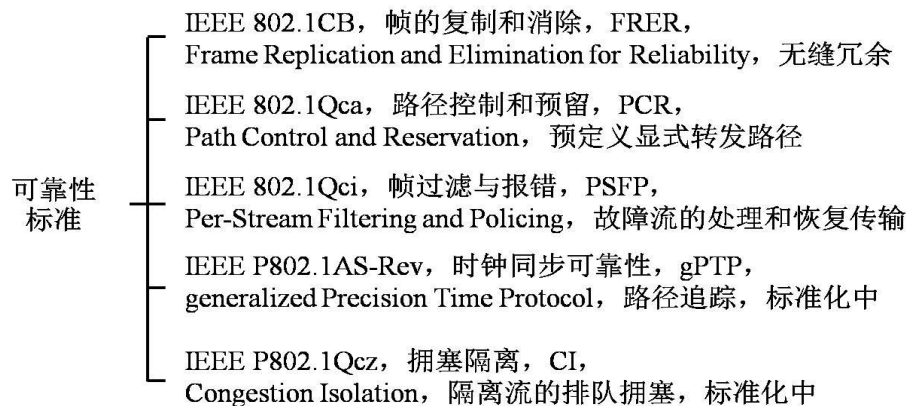
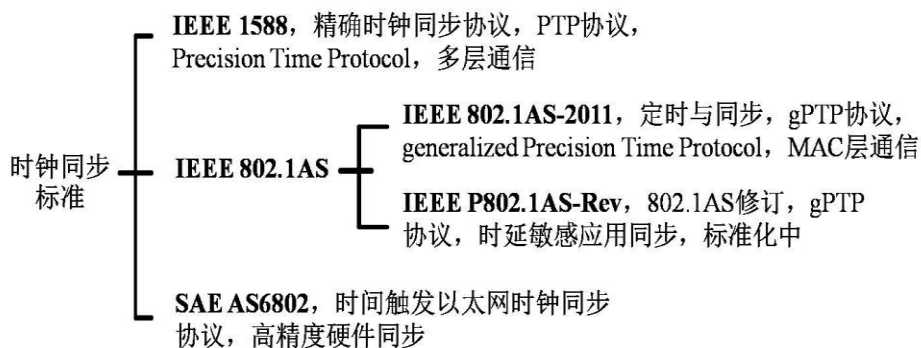
# 确定性网络标准化现状-IETF

确定性网络目标：

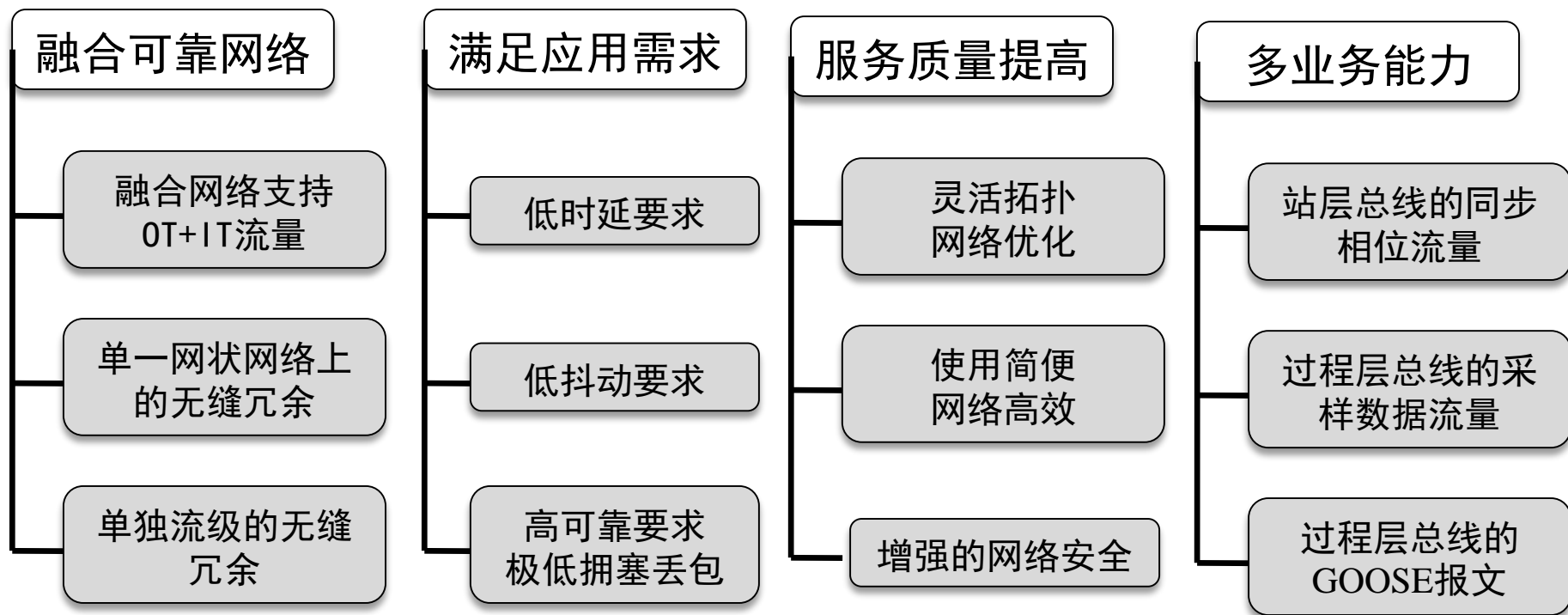
- (1) 将需要严格定时与可靠性要求的应用从当前专用总线技术迁移至一般分组网络技术特别是IP；在相同物理网络上同时支持新应用与现有分组网络应用；
- (2) 后向兼容，传送统计复用流量的同时并保持接纳的确定性流量的属性；
- (3) 资源预约、显式路径以及业务保护是确定性网络关键使能技术。



# 时间敏感网络标准化现状-IEEE



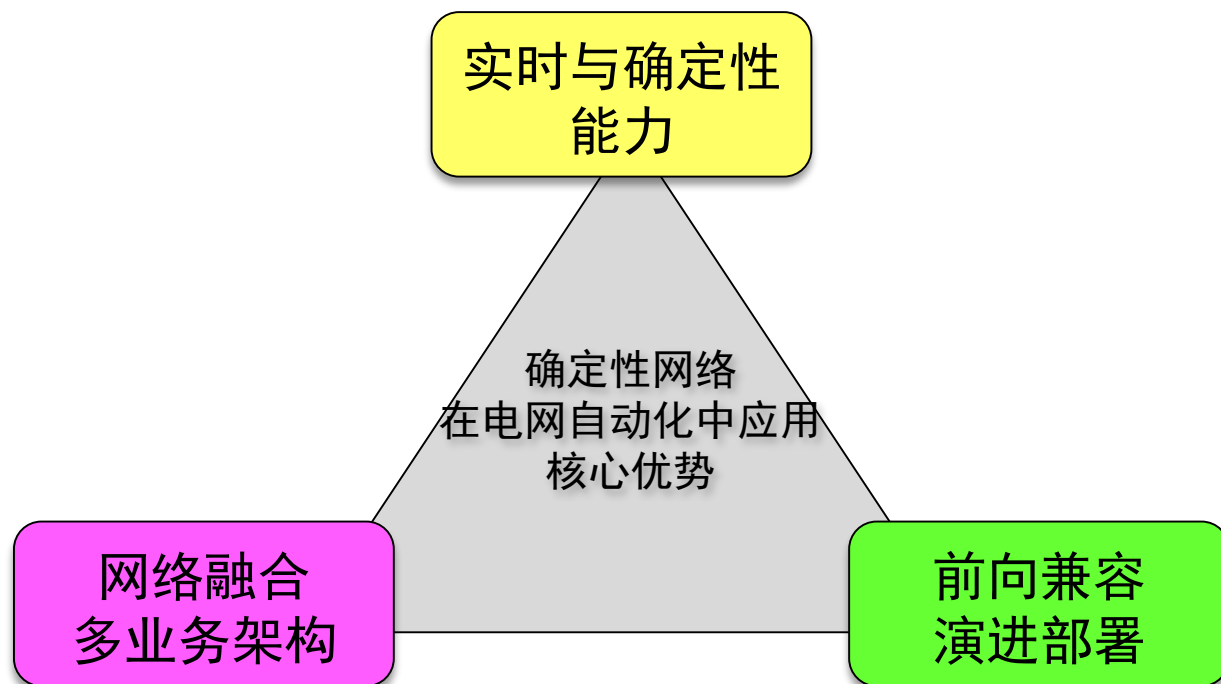
# 确定性网络应用至电网的优势



- 变电站自动化：支持多业务承载，同时满足低时延高可靠流量如同步相位流量需求。
- 配电自动化：支持多业务承载，构建灵活网络拓扑，提升网络利用效率。
- 调度自动化：支持多业务承载，构建2层和3层确定性网络，满足电力调度业务需要。



# 应用挑战与未来展望



## 挑战与研究

- 电网自动化业务需求和流量类型及其与确定性网络适配性的深入分析。
- 确定性网络数据平面与控制平面技术研究及其在电力通信网络中的应用。
- 5G确定性网络与时间敏感网络融合的研究及其在电力通信网络中的应用。





# 感谢聆听

---

## 请各位专家批评指正！

