

# 中兴通讯产学研合作论坛

---

## 基金项目详细说明

(2022 年第一批)

说明：本说明仅限中兴通讯产学研合作论坛成员单位及其他特定合作单位内部使用，未经中兴通讯书面同意，不得以任何方式传递给第三方

# 目 录

<b>一、无线通信技术</b> .....	<b>4</b>
2022ZTE01-01 课题名称: 天线滤波技术研究.....	4
2022ZTE01-02 课题名称: 针对预失真建模的基函数筛选方法研究.....	5
2022ZTE01-03 课题名称: 小型化高性能可重构滤波器研究.....	6
2022ZTE01-04 课题名称: 双端口&频段独立可控的多频高性能滤波器研究.....	7
2022ZTE01-05 课题名称: 空间维资源使用研究.....	8
2022ZTE01-06 课题名称: 面向 6G 的超可靠编译码技术研究.....	10
2022ZTE01-07 课题名称: 6G 新波形技术研究.....	11
2022ZTE01-08 课题名称: 可配置智能表面辅助的去蜂窝大规模通信技术研究.....	11
<b>二、网络及传输技术</b> .....	<b>13</b>
2022ZTE02-01 课题名称: 光纤非线性补偿技术.....	13
2022ZTE02-02 课题名称: 少模弱耦技术研究.....	14
2022ZTE02-03 课题名称: 基于确定性网络的时延模型和理论技术体系研究.....	15
2022ZTE02-04 课题名称: 负荷分担模型算法研究.....	16
2022ZTE02-05 课题名称: 数据流业务种类识别算法研究.....	17
2022ZTE02-06 课题名称: 5G To B 网络可靠性评估技术研究.....	19
2022ZTE02-07 课题名称: 超低时延的多接入网络共生演进架构研究.....	20
2022ZTE02-08 课题名称: 数据系统设备的数字孪生体系架构研究.....	22
<b>三、多媒体技术</b> .....	<b>23</b>
2022ZTE03-01 课题名称: 视频增强和低码高清技术.....	23
2022ZTE03-02 课题名称: 自由视点场景的虚拟视点合成技术.....	24
2022ZTE03-03 课题名称: 视音频传输弱网对抗技术研究.....	28
2022ZTE03-04 课题名称: 多模态数字人实时驱动关键算法研究.....	30
2022ZTE03-05 课题名称: 机器视频编码.....	31
<b>四、集成电路技术</b> .....	<b>33</b>
2022ZTE04-01 课题名称: 众核管理和调度算法研究.....	33
2022ZTE04-02 课题名称: 集成电感技术研究.....	33
2022ZTE04-03 课题名称: 集成高带宽数字 LDO 电源技术研究.....	34
2022ZTE04-04 课题名称: 集成高带宽数字开关电源技术研究.....	35
2022ZTE04-05 课题名称: 集成数字电源的控制算法研究.....	36
2022ZTE04-06 课题名称: 高速无源器件仿真技术研究.....	37

2022ZTE04-07 课题名称: 先进 ATPG 技术研究.....	38
2022ZTE04-08 课题名称: 异构多核芯片架构 ESL 设计.....	38
<b>五、能源技术.....</b>	<b>40</b>
2022ZTE05-01 课题名称: 储能锂电池失效预测.....	40
2022ZTE05-02 课题名称: 高频升降压双向变换技术.....	41
2022ZTE05-03 课题名称: 储能锂电池 SOX 算法.....	42
2022ZTE05-04 课题名称: 1MW 电力电子变压器.....	44
2022ZTE05-05 课题名称: 数据中心智能化管理关键技术研究.....	44
2022ZTE05-06 课题名称: 微电网能量管理系统.....	46
<b>六、电源技术.....</b>	<b>48</b>
2022ZTE06-01 课题名称: 开关电源近场耦合影响 EMI 与损耗的仿真与优化.....	48
<b>七、制造技术.....</b>	<b>49</b>
2022ZTE07-01 课题名称: 基于 SnAgCu 无铅焊料的可变温度合金焊接技术研究.....	49
2022ZTE07-02 课题名称: 无铅焊料对波峰焊接设备部件腐蚀的机理研究及改善对策.....	50
2022ZTE07-03 课题名称: 基于数字孪生的智能生产线预测性维护研究及应用.....	51
2022ZTE07-04 课题名称: AOI 焊接故障图像检测 AI 识别.....	52
<b>八、智能终端技术.....</b>	<b>53</b>
2022ZTE08-01 课题名称: 复杂边界和极限净空终端天线研究.....	53
2022ZTE08-02 课题名称: 手机系统稳定性研究.....	54
<b>九、操作系统技术.....</b>	<b>55</b>
2022ZTE09-01 课题名称: 操作系统 WCET 分析技术.....	55
<b>十、大数据技术.....</b>	<b>56</b>
2022ZTE10-01 课题名称: 大数据缓存加速技术研究.....	56
<b>十一、软件质量技术.....</b>	<b>58</b>
2022ZTE11-01 课题名称: 基于 JAVA 语言的开源组件的形式化验证.....	58
2022ZTE11-02 课题名称: 通信领域软件架构及代码深度分析模型和工具.....	59
<b>十二、可靠性技术.....</b>	<b>60</b>
2022ZTE12-01 课题名称: 微尺度液冷技术研究.....	60
2022ZTE12-02 课题名称: 直流 TOV 机理和模型研究.....	61
2022ZTE12-03 课题名称: 基于纳米压痕技术的残余应力测量及数据处理技术研究.....	63

## 一、无线通信技术

### 2022ZTE01-01 课题名称：天线滤波技术研究

#### 合作方向和主要内容：

合作方向：天线滤波技术，即使天线或天线罩具备一定滤波功能的研究方向。

主要内容：天线滤波技术能使天线或天线罩具备一定滤波功能，从而使天线具备更强的抗干扰能力，一定程度上可降低对滤波器的指标需求，是天线未来重要的发展方向之一。随着无线通信技术的不断发展，电磁干扰日益严重，天线具备强抗干扰能力有可能是未来天线的主要指标之一。天线滤波技术研究不仅仅是传统滤波天线技术的研究，还包括对大宽角度扫描滤波研究、特定可变方向滤波研究以及选择性副瓣滤波研究等。尽管天线滤波技术在学术内已发展近二十年的历程，但当前行业对天线滤波技术的产品应用还在起步阶段，主要问题有损耗大、设计难度大、天线滤波性能标准模糊等。希望完成以下方向研究：

- 1、在常规基站天线及天线罩上实现滤波功能，插损尽量小，滤波角度尽量宽；
- 2、在滤波天线罩上实现具备一定的角度选择功能；
- 3、滤波天线罩能实现对副瓣的抑制；
- 4、配合完成天线滤波性能测试行业标准制定。

#### 预期目标：

- 1、对天线上方或天线罩上加载滤波技术，实现至少一款滤波天线样机，实现 28GHz 的滤波功能；
- 2、在天线或天线罩上实现特定角度实现滤波功能技术，实现 3.5GHz 上半空间的滤波功能；
- 3、天线滤波技术进行探索，实现副瓣滤波抑制及主瓣增益提升功能；
- 4、配合我司完成天线滤波性能测试相关的理论推导。

#### 指标要求：

- 1、大宽角、高抑制能力的空间滤波技术：利用频率选择表面技术等手段在 28GHz 实现 100MHz 过渡频带的滤波技术，带外抑制 15dB，带宽为 800MHz，插损 0.5dB 以内，有效入射角为 $\pm 90$ 度；

2、角度滤波技术：在 3.5GHz 实现对整个上仰角 20dB 的信号过滤或抑制水平，抑制过渡带角度为  $10^\circ$ ；天线本身或滤波天线罩同时具备频率滤波功能，过渡带为 50MHz，带宽为 500MHz，带外抑制 15dB，该方向以探索性为主，指标可适当放宽；

3、选择性副瓣滤波技术：对于不需要方向的波束实现高抑制（主要为垂直面上半空间的副瓣抑制），并将能量转化到主辐射方向，实现增益提升 0.2dBi，其他性能不受影响，该方向以探索性为主；

4、完成电磁性能指标如端口回波损耗、天线辐射增益、天线辐射效率及天线方向图等对天线滤波性能影响的理论推导，明确天线滤波性能测试的评判标准，配合完成行业内天线滤波性能测试标准制定。

交付物：

宽角度高选择性滤波天线或罩样机、特定角度高选择性滤波天线或天线罩样机、天线滤波技术研究相关报告、天线滤波性能相关电磁参数性能理论推导报告、一篇 SCI 期刊论文，一篇专利。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE01-02 课题名称：针对预失真建模的基函数筛选方法研究**

**合作方向和主要内容：**

未来通信（sub-6G）中，随着用户业务的多样性扩展，移动通信系统的突出特点是：业务信号带宽更宽，同时支持的用户数更多，数据速率更高；这会使通信系统变得更加复杂，例如采用 massive MIMO 技术。相比于窄带信号，宽带信号经过非线性系统（例如射频链路），激励产生的系统效应（线性/非线性）更加复杂，记忆效应更加明显。并且系统基站变复杂后，发射机中射频部分端口间（例如功放与天线之间、环形器端口间隔离度）阻抗匹配特性不一定很好，会产生一定量的驻波；另外，考虑降低基站整机的功耗、体积等，可能会在系统链路设计时去掉环形器，端口产生的驻波会对功率放大器的特性产生较大影响。复杂的系统激励效应、链路驻波等因素都会增大非线性系统建模的难度，这对非线性系统的建模或预补偿提出了更大的技术挑战。如果采用常规非线性系统建模方法，例如 Volterra 级数、MP 模型、GMP 模型，往往又达不到期望的建模精度。

因此，需从基础理论研究出发，研究高拟合精度的非线性系统建模方法，用于解决上述类似复杂非线性系统的预校正或补偿问题，进一步提升基站收发信机的性能，满足客户更高的需求。

本项目主要研究内容：针对复杂非线性系统，研究预失真建模的基函数寻优/筛选方法；运用误差分析、数值分析等数学手段，理论分析上述复杂非线性系统的失真产生机理，对失真进行数学建模，研究或设计高效、可行的建模基函数筛选解决方案，给出建模基函数筛选的有效准则；要求方案具有可实现性、复杂度低，且快速地搜寻出最优的基函数组合。

### **预期目标：**

探究一种或多种模型基函数筛选方法，设计出一种可行、低复杂度的建模基函数筛选解决方案，并给出具有强泛化能力的基函数筛选/寻优准则。

### **指标要求：**

宽带信号应用场景下，通过建模基函数寻优，预失真建模方案可获得至少 2dB 的性能指标（即 ACPR）提升。

### **交付物：**

- 1、1 份针对建模基函数筛选的业界/学术界调研分析报告；
- 2、1 套建模基函数最优搜索解决方案，包括方案原理介绍、基函数筛选的规则说明等；
- 3、1 份解决方案的性能验证分析报告；
- 4、全套的程序仿真代码及说明文档；
- 5、学术论文 1 篇。

### **期望期限：**

1 年。

## **2022ZTE01-03 课题名称：小型化高性能可重构滤波器研究**

### **合作方向和主要内容：**

可调滤波器（非 PIN 管做通道切换）方案实现，实现 5G 基站滤波器高抑制和低损耗应用。初步实现绝对带宽可调，滤波器形式不局限与金属同轴腔，介质波导，平面微带，空气带状线等；优选介质波导形式，重点关注带外抑制和平均

插损指标。研究内容包括业界可调滤波器多种实现方案调研，双频可调滤波器方案确定以及样机开发。

**预期目标：**

双频滤波开关可切换。

**指标要求：**

满足两个频段滤波器切换，滤波器详细带外抑制指标待评估时给出；方案设计需要考虑滤波器功率要求，如表格 1 所述。

**表 1 滤波器功率要求**

信号类型	持续时间	功率要求 (dBm)	温度 (°C)	气压 (KPa)	测试频点 (MHz)
Sine wave	2 小时	30	+105	61.6	上、下边频点
		30	+105	61.6	上、下边频点
Pulse (8us/800us)	10 分钟	40	+105	61.6	上、下边频点
		40	+105	61.6	上、下边频点

备注：1. 平均功率测试时采用单音信号，通带内频段均取其通带边频频点；

**交付物：**

- 1、满足指标可用的双频可调可切换滤波器样机；
- 2、保证可复制的滤波开关等可调技术实现方案以及原理分析；
- 3、其他成果(专利，论文)。

**期望期限：**

1 年。

**2022ZTE01-04 课题名称：双端口&频段独立可控的多频高性能滤波器研究**

**合作方向和主要内容：**

多频高性能滤波器研究，重点为双端口实现且多频段独立可控。初步实现 Sub6G 双频段，其指标需要基本满足当前基站滤波器指标，包括平均损耗和带外抑制；另外需要对于多频滤波器灵活拓扑结构进行研究。滤波器形式局限与金属同轴腔，介质波导，平面微带，空气带状线等；优选介质波导形式。具体的研究内容包括业界多频滤波器多种实现方案和多种拓扑结构调研，双频滤波器方案确定和样机开发。

**预期目标：**

基本满足要求指标的双频滤波器样机。

指标要求：

- 1、实现 8 腔 4 零点和 6 腔 2 零点双频滤波器；
- 2、双频滤波器各自带内 100M 平均损耗小于 1.0dB；
- 3、双频滤波器各自输入平均功率容量 43dBm，输入峰值功率容量 51dBm@105°C&65Kpa；
- 4、详细带外抑制指标待评估时给出。

交付物：

- 1、基本满足指标要求的双频滤波器样机；
- 2、保证可复制的双频&多频滤波器实现方案以及原理；
- 3、其他成果(专利&论文)。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE01-05 课题名称：空间维资源使用研究**

**合作方向和主要内容：**

目前无线通信的时域，频域，码域/功率域资源的利用都比较充分，相对而言，空间维资源的使用方面研究还不够深入。空间维资源的利用，涉及到了天线拓扑、阵元间距与密度、波束的形状、资源划分方式、反馈技术等多个方面。现有的 4G/5G 针对给定的典型场景、典型的应用给出了一套简单的设计，主要考虑的是远场假设情况，和几种典型的 2D 天线拓扑，但这种设计并不是所有场景及应用下都是最优的。未来 6G 的场景和应用会越来越多元化，单一的设计很难适应所有的应用和需求，空间维资源的利用需要更多样化的技术，比如新型的拓扑，新的波束类型，新的空间资源划分方式以及新的反馈技术。未来近场也会越来越典型，近场情况下的空间资源利用是一个新的问题，未来对空间维资源的利用要求也会越来越高，需要支持更高精度的空间分辨。

合作技术研究方向及主要内容包括：

- 1、对空间维资源利用的现状进行深入分析，并识别出需要对空间维资源利用进行改进设计的新场景和新用例；



2、针对筛选出的有价值的场景和用例，提出空间维资源利用优化方案，在该方向的多项子技术上进行创新，创新点可以是在以下方面：

- 针对特定场景及应用的 2D 天线拓扑优化或者 3D 天线拓扑
- 新的波束的形状与更优的空间资源划分方式(近场、远场)
- 针对 RIS 级联信道的低开销低复杂度的测量导频及 CSI 反馈
- 超大规模的低成本新型发送方案(e. g. 利用透镜、RIS 等)
- 分布式超大规模 MIMO 技术部署策略及关键技术问题；
- 可配置智能表面 RIS 的部署策略(与基站位置联合考虑)
- 全息 MIMO 技术及其应用建议
- 其它对空间资源利用有价值的理论研究或工程应用研究

在上述方向中的选择一个或多个提出独到的理解，包括并识别出对标准和产品的价值。

#### **预期目标：**

1、输出空间维资源利用的深度分析报告；

2、完成以下目标的至少之一：

- 给出更优的 2D 或 3D 天线拓扑方案并进行仿真评估
- 给出新的波束的形状设计与更优的空间资源划分方式设计
- 给出 RIS 级联信道的低开销低复杂度测量导频及 CSI 反馈方案及性能评估
- 给出基站低成本的新型发送方案及其性能评估
- 给出分布式超大规模 MIMO 技术部署策略及关键技术问题解决方案、性能评估
- 给出可配置智能表面 RIS 与基站的联合部署策略，性能评估
- 给出全息 MIMO 技术分析报告及其应用建议
- 给出其它有价值的理论研究或工程应用研究报告

3、合作发表论文及申请专利。

#### **交付物：**

- 合作论文 2~3 篇
- 调研报告 1 篇
- 技术方案设计文档 1 篇

- 专利 0~1 篇
- 仿真平台 1 套

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE01-06 课题名称：面向 6G 的超可靠编译码技术研究**

### **合作方向和主要内容：**

针对未来 6G 无线通信，研究 Polarization-Adjusted Convolutional Code (PAC 码) 的灵活码长码率方案（即一套方案实现任意的码长和码率）：码长范围在 2048 比特以下可以任意调节，码率能够在  $0.2 \sim 1$  之间任意调节。

### **预期目标：**

提出的灵活码长码率 PAC 码方案在小传输块大小（TBS）（小于 512 比特）的性能比现有 5G Polar 码和 5G LDPC 码有进一步的提升：在相同译码复杂度下，达到相同 BLER 的信噪比更低且错误平层更低（小于  $10^{-6}$ ）。

### **指标要求：**

提出的灵活码长码率 PAC 码在列表大小译码为 8 的 CRC 辅助列表译码的性能要同时满足如下性能指标：

1、比 5G Polar 码在列表大小译码为 8 的 CRC 辅助列表译码性能更好（即以达到误块率 BLER=0.01 或 0.0001 的最小 SNR 来进行坏点计数，构造的 PAC 码坏点数小于现有 5G Polar 码）；

2、比 5G LDPC 在 25 次迭代的分层 BP 译码性能更好（即以达到误块率 BLER=0.01 或 0.0001 的最小 SNR 来进行坏点计数，构造的 PAC 码坏点数小于现有 5G LDPC 码）；

坏点计数的测试用例和参数说明：选取 5G 标准中小于等于 304 比特的 29 种 TBS，码率选取  $\{1/5, 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9\}$  共 10 种，累计 290 个测试用例，统计各用例在 AWGN 信道下 QPSK 调制达到误块率 BLER=0.01 和 0.0001 的最小信噪比。以各方案中上述最小信噪比的较小者为比较基准。比基准高 0.1dB 以上的测试例记为坏点。

### **交付物：**

一篇 Polar 码的速率匹配方案的调研报告；构造灵活码长码率 PAC 码的研究报告及源代码；被国内外公开刊物录用的论文一篇。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE01-07 课题名称：6G 新波形技术研究**

**合作方向和主要内容：**

调研 6G 应用场景，总结 6G 最主要的场景需求；设计 6G 新波形，要求：通过参数调整，该新波形能适应 6G 多种场景（至少 3 种典型场景）的需求，同时拥有更高的频谱效率和更低的峰均比（与 5G NR 波形相比），并兼顾处理复杂度问题。

**预期目标：**

设计出一种能适应多种场景需求（至少 3 种典型场景）的 6G 候选新波形调制方案。其中，3 种典型场景至少包括：eMBB 场景、URLLC 场景。

指标要求：

- 1、通过参数调整，该新波形能适应至少 3 种 6G 典型场景的需求；
- 2、与 5G NR 波形相比，新波形调制方案有更高的频谱效率和更低的峰均比，相同 SINR 下，新波形频谱效率高于 OFDM 波形，相同频谱效率下，新波形 PAPR 低于 OFDM 波形；
- 3、新波形发射端与接收端处理复杂度不明显高于 5G NR 波形。

交付物：

技术研究报告、仿真平台、论文、专利。

期望期限：

1.5 年。

## **2022ZTE01-08 课题名称：可配置智能表面辅助的去蜂窝大规模通信技术研究**

**合作方向和主要内容：**

现有的研究大多针对协同优化 AP 的波束成形和 RIS 的相位，以提升系统整体频谱效率性能进行开展。然而这些优化算法为了提升整体速率性能，可能会选择优先提升处于较好通信环境的用户服务质量（Quality of Service, QoS），

而忽略对较差通信环境用户 QoS 的提升，特别是无法保障边缘用户的 QoS。因此，为了保障不同地理位置用户的 QoS，如何科学地设计 AP 的波束成形和 IRS 的相位，以更好地提升多用户情况下每个用户的频谱效率？

现有针对能量效率的研究只考虑了 RIS 保持全程开启状态的场景。虽然该系统已经应用了低功耗的 RIS 替换了部分有源的 AP，但是 RIS 以及 AP 的运行还是会造成不小的功率消耗。为了响应国家绿色通信的号召，如果能够通过合理地控制 AP 波束成形、RIS 的相位和 RIS 的开启/关闭状态，以进一步提升系统能量效率，将会有助于该系统的发展和推广。因此，如何合理地设计 AP 的波束成形、RIS 的相位和 RIS 的开启/关闭状态，以提升系统的能量效率是必须重视的技术问题。

当前的研究以反射表面 (Intelligent Reflecting Surface) 为主，但是透射表面 (Intelligent Transmitting Surface) 很少涉及，希望能深入研究 IRS 和 ITS 辅助 Cellfree 系统的容量和能效的差别。

### **预期目标:**

本项目旨在研究基于 IRS/ITS/RIS 辅助的去蜂窝大规模 MIMO 系统。在构建多个 IRS/ITS/RIS 分布式辅助去蜂窝大规模 MIMO 向多用户提供服务的系统模型基础上，分别针对 RIS 使用连续相位或者离散相位控制入射信号反射相位的场景，研究多用户系统的频谱效率与能量效率关键性能指标。

### **指标要求:**

- 1、谱效比传统蜂窝（如 5G，IMT2020）系统提升 3~5 倍；
- 2、能效比传统蜂窝（如 5G，IMT2020）系统提升 3~5 倍。

### **交付物:**

- 1、相关架构方案和算法的研究分析报告；
- 2、提供关于 IRS/ITS/RIS 辅助的去蜂窝通信系统算法仿真软件代码数套；
- 3、在 IRS/ITS/RIS 辅助系统协同优化算法方面申请专利 1 到 2 项；
- 4、累计在国内外权威期刊上发表相关论文 4 篇以上；
- 5、完成原型机演示和测试（可选）。

### **期望期限:**

2023 年 12 月。

## 二、网络及传输技术

### 2022ZTE02-01 课题名称：光纤非线性补偿技术

#### 合作方向和主要内容：

在目前的相干光通信系统中，光纤非线性损伤是限制光信号大容量长距离传输的重要因素，而非线性损伤 DSP 补偿算法由于计算量太大、补偿不灵活、不易于补偿通道间的非线性效应等问题，难以应用于芯片中，因此，探索和研究计算量可接受、灵活补偿的光纤非线性补偿算法至关重要。

课题需要解决的问题包括如下两个方向：

1、基于非神经网络方式：对光纤非线性损伤进行自适应补偿的方法、在不显著降低性能前提下减少计算量的途径；

2、基于神经网络方式：补偿光纤非线性损伤的神经网络架构的选择、在传输物理层进行机器学习的价值评估、灵活适应不同光纤链路的方式、减少计算量的途径等。

研究内容包括：

1、调研补偿光纤非线性损伤的 DSP 算法，包括两种方式：基于非神经网络和基于神经网络的方式。其中，基于非神经网络的方式侧重于自适应补偿方法。调研内容包括研究现状，如目前业内已公开发表的论文以及相关专利；不同方案的性能、复杂度等关键指标对比。

2、搭建基于 800G 的长距离传输仿真平台，包括单波长和多波长系统，各波长为单载波方式，调制格式为 PM-16QAM、PM-64QAM、PS-64QAM(概率整形 64QAM)。仿真研究基于非神经网络的非线性自适应补偿和基于神经网络的非线性补偿技术，探索减少计算量的途径，仿真评估方案性能和复杂度。

3、离线实验验证两种方案补偿光纤非线性的效果，实验条件达不到 800G 可降速。

**预期目标：**

1、对两种补偿方案进行仿真研究和离线实验验证：基于非神经网络的自适应非线性补偿和基于神经网络的非线性补偿技术。补偿效果能达到业界公开报导的领先水平；

2、明确两种补偿方案减少计算量的途径和效果。

指标要求：

1、采用光纤非线性补偿算法之后，在 OSNR 限制的传输距离下、最佳入纤功率处，Q 值提升 1dB 以上；

2、非线性补偿算法部分计算量（以乘法计）为 DSP 其他功能模块（不包括 FEC）计算总量的 2 倍以下。

交付物：

1、调研综述报告；

2、完整仿真平台以及非线性补偿算法代码；

3、两种非线性补偿方案的详细文档，包括算法原理、架构选择、算法步骤、参数影响、减少计算量的途径分析、仿真结果、实验结果；

4、申请相关专利至少 1 篇。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE02-02 课题名称：少模弱耦技术研究**

**合作方向和主要内容：**

业务流量的 25% 年增长率，需要单纤容量也同步增加。少模弱耦合利用了光纤中模式的维度来数倍地扩展现有光纤的容量，且不改变现有的部件和器件而被关注。本课题是开展少模弱耦技术研究，该技术是未来光通讯的多芯、少模强耦合、少模弱耦合的 3 个技术方向之一。

研究内容包括：

1、系统：弱耦合少模光纤传输系统中的模式数量与传输距离的限制因素分析、非线性传输性能仿真研究；

2、光纤：弱耦合少模光纤的设计方法研究，并以 4 模式弱耦合光纤为例完成设计；

3、器件：面向弱耦合传输应用的多种模式复用解复用器件的器件性能和应用分析；

4、器件：面向弱耦合传输应用的少模光放大器设计和性能研究，以 4 模式为例完成设计；

5、市场：结合器件成本和传输距离等技术趋势，预测分析少模传输技术的商用场景和时间。

### 预期目标：

1、系统：基于 120kmx4 模@8QAM 的少模光纤的仿真通过和低复杂度相干传输通过；

2、器件：解复用器的串扰 $<-25\text{dB}$ ；

3、器件：少模光放的增益 $>25\text{dB}$ ；

4、光纤：模式串扰 $<-15\text{dB}/100\text{km}$ ，任意两个模式之间。

### 交付物：

1、器件：弱耦合模式复用解复用器件的研究报告；

2、器件：弱耦合少模光放的研究报告；

3、光纤：弱耦合少模光纤的研究报告；

4、系统：基于 120kmx4 模@8QAM 的少模光纤的仿真报告和实验报告；

5、市场：技术趋势和市场应用预测研究报告；

6、一篇专利和一篇高质量论文。

### 期望期限：

1 年。

## 2022ZTE02-03 课题名称：基于确定性网络的时延模型和理论技术体系研究

### 合作方向和主要内容：

1、基于网络演算或者数值分析方法，对经典调度算法进行时延、抖动的分析对比以及建模。从理论上分析各种网络演算理论对于现网的逼近程度。考虑边缘设备入口限速、核心设备入口限速、设备出口汇聚、上下行端口速率的不一致带来的加速比、分布式机架的内部调度模型（参考片上网络）等因素的影响。考虑把相关能力原子化；

2、基于上述模型分析以及原子化能力，给定一定的网络拓扑和流量模型，筛选可行的模型和算法，实现原子能力可叠加，可度量、参数化的时延、抖动上下界的规划工具；

3、针对上述模型以及给定条件，进行仿真验证，验证规划工具的可靠性；

4、分析历史典型的转发面技术以及时间特征和对分组转发面的借鉴意义，

包括 ATM、实时以太网等；分析历史典型的控制面技术以及对大规模控制面的借鉴意义，包括 ATM、TSN 和 DC 流量调度等；

5、结合 1、2、3 得到的可度量时延模型和 4 技术扫描得到的技术能力，给出提供对应模型的理论技术体系。

### 预期目标:

- 1、实现复用业务情况下的流量特征建模和确定性业务分类分级建模；
- 2、完成基于排队理论和网络演算算法的规划工具和仿真系统；
- 3、提出满足 1 得到的分类分级业务需求的不同网络调度和网络规划技术方案。

### 指标要求:

- 1、模型中至少包含如下几种调度算法（SP、CBS、ETS、WRR、WFQ、ATS、CQF）分析；
- 2、业务类型包括控制数据流量（CDT），A 类，B 类和尽力而为（BE）流；
- 3、支持上万条业务流的规划，对比未采用网络演算时，时延和抖动性能提高 20%，单条业务流部署时间 ms（毫秒）级。

### 交付物:

包含不限于：1、研究报告 2、业务模型 3、仿真代码 4、专利 5、论文。

### 期望期限:

1 年。

## 2022ZTE02-04 课题名称：负荷分担模型算法研究

### 合作方向和主要内容:

负荷(负载)分担是路由器的一个常规转发模型，它是路由器设备实现链路带宽扩展、链路保护的基础应用场景。负荷分担包括等价(等带宽)链路的负荷分担-ECMP 和非等价(异速)链路的负荷分担-UCMP。无论是 ECMP 还是 UCMP，流量在同一个负荷分担组中转发，我们都期望负荷分担组中所有链路的带宽占用百分比（当前单一链路报文占用带宽/当前单一链路的能力带宽）差异不要太大。这样可以在不丢包的前提下，最大限度提高链路带宽利用率，为运营商节省投资成本。

负荷分担组转发报文，一般按逐流选择的方式将一组报文在同一个负荷分担



组的物理链路中输出。路由器会提取报文的 DMAC、SMAC、ETHTYPE、DstIP、SrcIP、Protocol、TOS、UDP/TCPDstport、UDP/TCPsrcport 等字段，根据某个规则或算法，将报文映射到一个链路将输出。输出的时候，在不考虑大象流，在假设所有流包长相等的情况下，需要保证流量能尽量均匀的分配到所有链路上。

期望找到一个算法和实现模型，彻底解决流量负荷分担问题。期望负荷分担精度都能小于 5%（（最大链路带宽利用率-最小链路带宽利用率）/最小链路带宽利用率）。

### 预期目标:

希望找到一种算法和实现模型解决这个问题，这个算法模型可以通过调整参数应对如上一系列场景下的负荷分担问题，达到链路分担精度小于 5%的目标；且这种算法和实现模型便于固化在 FPGA 逻辑中。

### 指标要求:

各种负荷分担场景链路分担精度小于 5%。

### 交付物:

- 1、研究报告；
- 2、算法和实现模型说明，以及仿真代码。

### 期望期限:

2022. 10. 31。

## 2022ZTE02-05 课题名称：数据流业务种类识别算法研究

### 合作方向和主要内容:

家庭无线宽带从 Wi-Fi 5 到 Wi-Fi 6，再到未来的 Wi-Fi 7，为用户提供的无线数据带宽越来越宽，但受家庭无线网络覆盖的复杂性、多业务并发优先级冲突、路由器的转发效率等因素影响，依然存在家庭无线宽带不能很好满足类似于 VR/AR 游戏、在线视频的高带宽、低延时需求的情况。

比较科学的策略是无线路由器应根据数据报文（流）的特点，分析出业务流的类型、分类以及具体的业务名称，进而提供有针对性的网络报文转发策略，优先转发对时延敏感的数据流报文，而对于对时延不敏感的数据流报文则采取尽力转发报文的策略，从而达到提升用户使用体验的目的。

预先训练好的数据流识别模型，会因游戏业务、视频业务的升级而产生漂移，

因此路由器还应具备在线学习、训练的能力，不断修正识别模型。通过联邦学习等手段，合并众多参与在线训练的路由器识别出的数据流特征，并部署到更多路由器上，增强识别模型的泛化能力，达到持续根据业务演进自动更新模型，长时间维持识别率在一个较高的水平。

### 预期目标:

通过预训练的方式，掌握能识别出各类型数据报文特征的算法模型，并能识别出常见游戏、视频以及社交软件的名称，为无线路由器的差分业务优先级转发策略提供依据。

无线路由器需识别出的常见数据流类型有：

游戏类	电竞游戏、VR 游戏等
视频类	直播视频、在线视频、在线教育、VR/AR 等
社交类	文字类、音频类、视频类等
WEB 浏览	浏览类、下载类等
IoT 报文	

研发的数据流业务种类识别模型，应可以移植到无线路由器的嵌入式操作系统中运行，并能识别出各类数据流报文类型和名称，所需算力控制在 0.5TOPS 以内，应用效果能达到业界领先水平。

性能指标要求（INT8，0.5TOPS 算力）：

- 100 条数据流/秒；
- 5 万个数据包/秒。

交付物：

#### 1、数据流业务种类识别系统：

(1) 数据流业务种类识别系统方案，包括系统要求(如算力、运行环境、带宽、API)、深度学习算法以及源码（基于 NPU 和 CPU 两种）、训练模型结果、无线路由器终端约束要求（如算力、带宽、API）；

(2) 系统通过多种算法的组合，对转发数据流种类进行分析，不仅要能分析出训练过的数据流种类和业务名称，还要能分析出未训练过的数据流类型，并总结出数据流的特征，用于路由器对后续此数据流报文的转发分类；

(3) 搭建一套演示方案，包括图形化界面，可以直观演示路由器转发报文

的分类情况，并能统计出识别准确率、识别时间等基本信息；

(4) 预留可扩展接口，可以用于后续新的数据流业务种类扩充的能力；

2、发表 1 篇数据流业务种类识别算法研究的相关论文；

3、数据流业务种类识别学术界研究总结和展望的综述性报告。

期望期限：

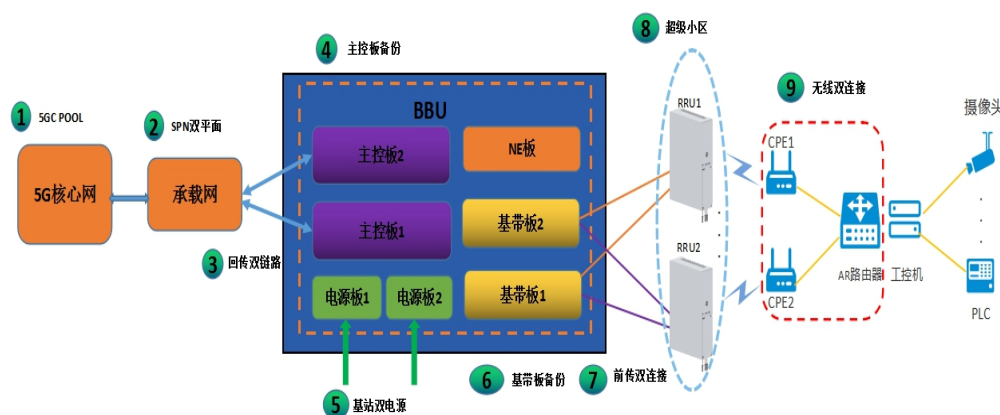
1 年。

## 2022ZTE02-06 课题名称：5G To B 网络可靠性评估技术研究

合作方向和主要内容：

解决 5G 垂直行业应用情景，典型网络典型业务的网络可靠性指标分解问题（即 X 个 9 可用度分解到单包可靠性），和不同组网方案对业务可靠性影响的定量评估（如不备份、热备份、双活方案对最终可用度 X 个 9 的影响）。

对于典型网络的可靠性指标分解，要能指导试验的评估，输出相应试验方案。



如“起重机远程操作（控制部分）”业务，要求网络双向时延 $\leq 30\text{ms}$ 、带宽 50-100kbps、可靠性 99.999%。上述 3 个指标都满足才说明网络是可用的，即网络的可用性。首先，在做网络规划的时候如何考虑上述可用性指标在网络不同层级设备的分解？假设已经设计出了如上图所示的网络方案，那么如何证明该网络可以达到上述可用性指标要求。网络建模、试验还是仿真？如果出于成本考虑，给出 A、B、C 三种网络方案，如何证明三者在这种业务情况下可用性的差异？

应用场景分类	场景描述	整体需求描述	网络需求		
			网络双向时延	带宽	可靠性
基于视频远程控制	起重机远程操作场景（控制部分）	低延时，高可靠，大带宽	<30ms	50-100kbps	99.999%
	起重机远程操作场景（视频部分）	低延时，高可靠，大带宽		30-200Mbps	99.9%
车联	港区自动集卡的场景	低延时，高可靠	<50ms	10-20Mbps	99.9%
监控视频	大数据流量监控场景	大带宽、多并发	<200ms	2-4Mbps	90%
传感采集	低功耗传感器通信数据采集场景	多并发	尽量保障	尽量保障	90%

**预期目标：**

- 1、建立典型 ToB 网络的可靠性模型，将业务可用性指标分解到单设备可靠性指标或数据包可靠性指标，并制定相应的可靠性验证方案；
- 2、基于网络可靠性模型，定量评估不同组网方案对某种业务可靠性的影响（X 个 9）。

**交付物：**

- 1、项目总结报告《5G ToB 网络业务可靠性评估技术研究总结报告》，包含典型 5G ToB 网络的可靠性建模方法，指标分解方法，业务可靠性评估方法；
- 2、专利 1 篇。

**期望期限：**

1 年。

**2022ZTE02-07 课题名称：超低时延的多接入网络共生演进架构研究**

**合作方向和主要内容：**

- 1、针对高确定性网络需求场景，单一的无线网络不能满足行业客户要求，需要提供 4/5G、WIFI、有线等多种网络路径的传输冗余，在这种场景下，需要确保跨网切换时业务可保持连续性。
- 2、需要探索面向多种接入制式、面向多种垂直行业的新型体系架构与核心

机理，构建超低时延的高可靠新型简洁网络架构。同时，云网基础设施内部的 SFC 调度和部署，对时延、可靠性、成本等有显著影响，需要研究面向低时延及资源高效率的服务链编排部署算法，基于排队博弈等理论，协同优化服务链时延加权与网络功能节点的资源动态管控，实现确定性的服务链端到端时延。

### 预期目标:

完成超低时延的多接入网络共生演进架构研究报告，形成超低时延、超高可靠、普适移动性的新型简洁网络架构方案，显著简化网络架构层级、显著降低链路和节点时延，降低部署成本，突破传统移动互联网中架构时延、节点时延、可靠性、移动性、可扩展性、多样化等关键瓶颈；基于简洁架构模型，完成面向低时延及资源高效率的服务链编排部署算法研究，构建面向 SLA 的业务链部署模型，保障 SFC 部署的确定性时延；面向时延和可靠性敏感业务需求的业务链 SLA 保障机理，基于排队博弈、多目标优化等理论，协同优化业务链时延加权与资源效率实现业务请求接受率和资源利用率的有效权衡。拉通应用服务端跨网切换处理，实现多链路跨网切换的连续性。

### 指标要求:

1、典型组网模型下，通过简洁架构，显著简化网络架构层级，消除由于移动性锚点引入的节点时延和链路时延。面向移动互联网时延和可靠性敏感业务，对照 6G 阶段 up to sub-ms 的时延努力目标，通过架构优化，典型场景端到端时延减少达到百  $\mu s$  以上；

2、典型组网模型下，通过简洁架构，显著减少数据转发路径上的有状态节点，提升网络可靠性。显著降低组网复杂性，降低组网成本。

3、显著简化 MEC 业务连续性机理，支持 MEC 应用的智能重放置；

4、研究简洁架构模型下，面向时延和可靠性敏感业务需求的业务链 SLA 保障机理，基于排队博弈、多目标优化等理论，协同优化业务链时延加权与资源效率；

5、在单个 NFVI 的算法作用域内，通过算法优化，实现 5GA 业务链时延 $<20 \mu s$ ，抖动 $\leq 30 \mu s$ 。

### 交付物:

1、网络架构方向的研究内容，研究报告；

2、低时延及资源高效率的服务链编排部署算法；

3、高水平论文 2 篇；

4、专利 3 项。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE02-08 课题名称：数据系统设备的数字孪生体系架构研究**

**合作方向和主要内容：**

需要高校设计和实现一套仿真框架的 demo 系统，实现对传统承载设备（高端路由器、交换机）的仿真，该系统作为仿真的框架，能够实现服务器多线程、多服务器之间互联互通框架。基于该框架，中兴公司可以把芯片的实现逻辑通过 system c 模块化，并填充到框架中，实现通过单线程实现芯片模块级功能仿真、单服务器实现单板级仿真、多服务器实现设备级的仿真。

对该系统的要求如下：

1、该系统实现单服务器线程间通讯、服务器间通讯机制需要解决效率问题，不能成为仿真的瓶颈点；

2、该系统需要具备扩展能力，能够通过扩展仿真的服务器资源，满足不同规模设备规模的仿真要求；

3、该系统可支持 system c 模块化的单元灵活插入、组合和删除；

4、仿真系统的规模可扩展。

**预期目标：**

实现一套 demo 系统；

指标要求：

1、规模：可以灵活扩展至支持部署至少 60 个服务器搭建仿真网络；

2、运行效率：基于服务器 100Gbps 物理网卡，针对 100Tbps 流量带宽，模拟 10ms 发流，一台服务器模拟一块业务单板，多台服务器模拟交换单板，模拟流量从进入仿真系统到出仿真系统经过 5 级服务器的场景，分布式仿真平台的业务仿真时长要控制在 10 小时内。（同等流量条件下，按目前单机的运算量的已有仿真时长 3 小时左右参考）；

3、部署效率：60 台服务器分布式仿真平台集成效率要控制在 1 天内。

交付物:

- 1、仿真框架设计方案;
- 2、仿真框架的 demo 系统, 以及相应的使用说明和测试方案。

期望期限:

1 年。

## 三、多媒体技术

### 2022ZTE03-01 课题名称: 视频增强和低码高清技术

**合作方向和主要内容:**

传统的视频增强和低码高清技术, 仅仅局限于视频编码算法本身的改进。基于人工智能的视频增强和低码高清技术, 可以分析识别视频内容的场景特征, 结合视频内容上下文进行内容预测分析, 结合感知视频编码模型, 增强画面细节、平滑画面伪影和噪声, 实现差异化编码处理和自适应码率控制, 对视频内容进行修复、增强和重建, 达到视频画质增强和视频码率降低的效果。

期望实现的视频增强和低码高清技术, 能够通过可靠数据集训练, 使用低复杂度算法, 利用通用硬件设备, 达到比较好的处理效果, 包括去除背景噪声和压缩噪声等, 去除划痕、白点、白块、水渍等, 人眼感知模型等手段降低码率, 提升画面亮度、对比度和颜色范围, 提升视频帧率和分辨率等。期望算法效果达到业界领先水平, 可以在数据上进行单独处理, 也可以支持联合使用, 不显著增加计算复杂度, 也不会影响整体处理效果。

**预期目标:**

1、业务目标: 支持点播、直播内容离线和在线的转换实现视频增强和低码高清, 提升画质降低码率;

2、格式目标: 入向和出向码流需要使用同样的视频编解码格式(比如 H. 26x、AVSx 等); 相关的格式需要严格遵循相应的国际、国内标准规范。

**指标要求:**

训练数据集: 用于深度学习的训练数据集, 最好是真正实拍的数据, 不能是模拟生成的。数据要能够适用于不同场景下的视频处理。

算法性能: 算法在设计时要适合于多场景并行计算和实时处理, 转换过程要

实现自动化。算法要能够在 CPU 或者通用 GPU 上运行，能够支持实时处理满足直播场景，支持超高清视频 4K/8K，支持每秒 30/60/120FPS。（测试设备环境：Centos7.6，Intel 32 核 2Ghz CPU，256G 内存，480G SSD，配置一块 Intel SG1 显卡或者 Nvidia T4 显卡）

评价标准：对于画质增强和降低码率之后的效果，需要有客观评价和主观评价的呈现。实时指标：在视频质量不变的情况下，视频码率降低 30%以上；提升视频色彩范围、帧率、分辨率，视频质量指标提升 30%以上；在视频码率不变的情况下，实现画面修复成功率 80%。非实时指标：视频码率降低 40%以上，视频质量指标提升 50%以上，实现画面修复成功率 95%。

交付物：

- 1、原型系统及源码；
- 2、1 篇研究报告；
- 3、2 件发明专利申请。

期望期限：

阶段 1：2022 年 06 月，完成视频增强和低码高清处理的关键技术研究和概要方案设计。

阶段 2：2022 年 12 月，完成支持点播内容处理的验收，进行专利申请、效果演示和源码移交。

阶段 3：2023 年 06 月，完成支持直播内容处理的验收，进行专利申请、效果演示和源码移交。

阶段 4：2023 年 12 月，完成项目整体的验收工作，包括原型系统、研究报告和发明专利申请。

## **2022ZTE03-02 课题名称：自由视点场景的虚拟视点合成技术**

**合作方向和主要内容：**

基于摄像机拍摄的实际物理视点在服务端生成更多的虚拟视点，并进行合成，拼接成完整平滑的视频，从而在不增加成本的前提下用户可切换更多的视点，切换过程中更加平滑，观看更加流畅，为观看者提供更多的观看视角。

应用的场景包括实时直播处理及非实时的视频后处理，直播现场摄像机的部署形式不限，包括线形，弧形、方形、圆形、椭圆形，蝶形等，目前优先考虑相



机部署处于同一平面的情况，以后考虑相机随机位上下变动，但虚拟视点算法要能做到与部署形式无关。

现场部署的相机稀疏程度不限，虚拟视点生成算法要能支持相机部署的宽窄基线二种情况。

二台相邻的物理视点间生成的虚拟视点个数至少一个，无上限要求（根据目前业界普遍认可，二个视点间隔小于 $3^{\sim}4$ 度时，人眼观看时已无跳跃感），要求达到合成后用户观看时，滑动视频观看时平滑无卡顿、跳跃痕迹。对于实时直播场景，需要能达到超低时延（小于 300ms）。

考虑到深度相机的成本很高，现场部署的相机可能是普通不带深度信息的相机，所以拍摄的视频源中一般是无图像深度信息，对于基于深度信息的虚拟视点生成算法（DIBR- Depth Image Based Rendering）要能根据片源已有信息自动预测和生成出图像深度信息。

虚拟视点合成算法需要考虑以下核心技术（不限于以下三个）：

1、图像深度信息的预测和获取：深度图像数据代表场景的结构深度信息，也就是相机（观看者）距离场景物体的距离信息，深度信息是虚拟视点合成的关键。（针对基于深度信息的算法，对于点云及神经网络学习等不需要深度信息的算法则不作要求）。

2、遮挡及伪影影像的处理：当某个对象遮挡了后面对象时，为了理解场景，就必须检测和解释这些遮挡。每个对象都可能涉及一个或多个遮挡关系，这些遮挡使识别变得非常困难，如果对象没有可靠地彼此遮挡，场景的解释也会变得相当困难，遮挡处理是图像真实还原的一个关键。同时当对象移动或镜头前的玻璃反光等造成伪影时，需要能正确识别处理，以去除伪影。

3、多路直播码流帧同步：实现多机位多视角同步播放，多路直播视频在编码过程、传输过程中都会造成帧不同步，为保证用户视点切换观看时的视频同步，必须要求切换过程中涉及到的多路码流帧是同步的，所以实现多路直播视频播放帧同步是自由视点切换需要突破的关键技术。

考虑到客户终端的多样性，如手机、机顶盒、PC 等，对于机顶盒等低配置终端，考虑到硬件配置、带宽等因素，需要能保证在低配置终端（如机顶盒）下的直播观看效果，虚拟视点生成及合成需要在服务端进行，用户在终端播放过程

中，服务端只给终端传输一路码流，播放器和服务器根据用户需要的视角选择码流推送和播放。

为减少算法的复杂度，虚拟视点生成及合成算法约定前提条件：

现场的摄像机部署完毕并调整好，拍摄的视频不考虑抖动等异常因素，默认前端采集的视频质量是得到保证的。

考虑到现场相机人工标定部署成本高、效率和准确度低，如能配套提供相机自动标定系统更佳。

本次项目，合作方负责虚拟视点生成算法的设计及软件研发，研发环境合作方自行准备。要求算法软件商用部署时对网络、服务器等硬件具备通用性，无特殊配置要求。研发过程中所需相关片源由我司提供原始片源，合作方也可以按要求自行准备（如从网上下载开源的测试片源），但我司不负责相关拍摄设备的提供及拍摄环境搭建。

### 预期目标：

1、业务目标：支持视频内容离线和实时在线的虚拟视点生成及合成，由服务端统一进行处理，原始视频的摄像机部署形式及角度不作限制，需要能支持各种部署场景，如直线、方形、弧形、圆形、椭圆形等，支持机顶盒等低配置的终端播放；

2、格式目标：入向和出向码流需要使用同样的视频编解码格式（比如 H. 264、H. 265 等）；相关的格式需要严格遵循相应的国际、国内标准规范。

### 指标要求：

#### 1) 算法性能指标：

- 在手机上通过手势切换，实现视角码流的切换，切换时间小于 300ms；
- 在机顶盒上和智能电视上，通过遥控器实现视角码流的切换，切换时间小于 300ms；
- 直播端到端总时延小于 4s。

#### 2) 评价指标：分为主观评价和客观评价。

**客观评价指标：**根据峰值信噪比（PSNR）、结构相似性指数（SSIM）等业界通用客观指标和主观指标进行评价。（PSNR：峰值信噪比 peak signal to noise ratio；SSIM：结构相似度 0.85 structural similarity index）。对于客观指标，需要根据测试工具实时获取，根据业界目前的经验值，PSNR，一般在

30db~40db 间表示画质质量较好，低于 20db 则表示画质不可接受。SSIM (0%~100%)，理论上越大越好。

**主观评价:** 可根据实际情况参考采用业界以下通用的任何一种或几种方式进行测试，让受测者对视频序列的质量进行评分，最后得到视频质量平均分 (Mean Opinion Score, MOS)。

方式 1: 双激励损伤量表法 Double Stimulus Impairment Scale (DSIS)

受测者观看多个原始参考视频和失真视频组成的“视频对”，并且每次总是先观看原始参考视频，然后观看失真视频。观测者对视频的整体印象进行评判，用定义的主观测度来表达评判，对失真视频的失真度进行评分。评分采用 5 分制失真测度。

1	2	3	4	5
觉察不到的	能觉察到但不令人讨厌	稍微令人讨厌	令人讨厌	非常令人讨厌

方式 2: 双激励连续质量分级法 Double Stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS)

受测者观看多个原始参考视频和失真视频组成的“视频对”，待评价图像和原始图像按一定规则交替播放持续一定时间给观察者，然后在播放后留出一定的时间间隔供观察者打分，最后将所有给出的分数取平均作为该序列的评价值，与 DSIS 不同的是，原始参考视频和失真视频的显示顺序是随机的，并且受测者对每个“视频对”中两幅视频的质量都进行打分。评分采用 5 分制全优度尺度。

表 1.1 绝对评价尺度

质量尺度		妨碍尺度	
5 分	丝毫看不出图像质量变坏	5	非常好
4 分	能看出图像质量变化但不妨碍观看	4	好
3 分	清楚看出图像质量变坏，对观看稍有妨碍	3	一般
2 分	对观看有妨碍	2	差
1 分	非常严重的妨碍观看	1	非常差

方式 3: 单刺激法 Single Stimulus Methods (SSM)

以随机的形式显示多个测试视频，并且对于不同观测者，视频序列的随机显示顺序也不同。受测者只观看测试视频，对其质量进行打分。具体实现方式有两种：

一种方法是 SS (Single. stimulus), 即不重复放映测试序列; 另外一种是 SSMR (Single Stimulus with Multiple Repetition), 即把测试序列重复放映多次。最常用的质量评分测度是 5 分制。

方式 4: 单刺激连续质量评价法 Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE)

将一批待评价图像按照一定的序列播放, 此时观察者在观看图像的同时给出待评图像相应的评价分值。评价中没有原始图像作为参考, 是由观察者对一批待评价图像进行相互比较, 从而判断出每个图像的优劣顺序, 并给出相应的评价值。

考虑到视频最终是以用户体验为主, 所以评价需要在客观指标和主观评价中进行平衡, 以达到最佳的用户体验。

3、需要提供测试方案及测试结果及分析报告。

交付物:

1、原型系统及算法全部源码和配套文档: 算法源代码、被集成的库及代码和库的集成指导、系统方案、接口说明等配套文档, 不涉及硬件。

2、4 篇研究报告:

《自由视点场景的虚拟视点合成关键技术研究报告》

《自由视点场景的虚拟视点合成原型系统方案设计说明书》

《自由视点场景的虚拟视点合成原型系统方案设计说明书》

《自由视点场景的虚拟视点合成原型系统性能优化设计报告》

3、2 件发明专利申请: 提交的专利文件应包含项目成果中的核心技术内容, 知识产权归中兴通讯。

4、2 篇论文。

期望期限:

阶段 1: 2022 年 06 月, 完成虚拟视点合成的关键技术研究 and 概要方案设计。

阶段 2: 2022 年 12 月, 完成支持视频内容处理的验收, 进行专利申请、效果演示和源码移交。

阶段 3: 2023 年 06 月, 完成项目整体的验收工作, 包括原型系统、研究报告、论文和发明专利申请。

**2022ZTE03-03 课题名称: 视音频传输弱网对抗技术研究**

---

## 合作方向和主要内容:

针对视音频传输应对复杂网络环境的适应性问题，结合业界研究方向，需要对如下方向进行研究攻关:

- 1、多路径传输机制;
- 2、自适应丢包补偿技术。

主要的合作内容如下:

1、针对多路径传输机制方面，当前手机/电脑等终端往往可以同时使用4G/5G和WiFi网络，在视音频传输过程中，可以通过多路径的方式来提升传输质量，减少延迟，提高可靠性；但是由于4G/5G和WiFi的资费不同，在提升传输质量的同时，不能过分的增加传输的成本，因此需要对多路径传输中的路径管理策略进行研究，达到传输质量和传输成本的平衡。另外，在网络进行切换的过程中，视音频数据传输不可中断，实现连接迁移。

2、针对自适应丢包补偿技术，由于固定的FEC策略和数据重传技术在网络拥塞的情况下，会加重网络的拥塞，导致更严重的丢包和延迟，进而会引发更多的重传包，形成恶性循环。因此，可结合AI技术根据网络参数预测FEC的冗余率和重传策略，通过预先调整网络数据量的方式来应对拥塞的网络情况。

## 预期目标:

本项目的总体目标:通过对多路径传输机制、自适应丢包补偿技术的研究攻关，提升视音频传输对网络的适应性，尤其是抗弱网能力，提高视音频传输质量，改善用户体验。

指标要求:

针对上述具体的合作技术点，提出技术指标和参数如下:

- 1、多路径传输机制
  - 实现连接迁移，即网络切换不会导致视音频数据传输的中断;
  - 弱网平均丢包率下降50%;
  - 弱网平均延迟下降20%。
- 2、自适应丢包补偿技术
  - 抗丢包所带来的延迟减少30%;
  - 冗余数据发送量减少20%。

交付物:

合作方需提交视音频传输弱网对抗技术方案、算法、系统原型、界面开发和测试所用全套源代码，及相关详细注释和文档。

项目交付物如下：

- 1) 《提升视音频传输弱网对抗技术及算法研究报告》
- 2) 《提升视音频传输弱网对抗技术验证框架方案设计说明书》
- 3) 《多路径传输机制算法测试报告》
- 4) 《自适应丢包补偿技术算法测试报告》
- 5) 《原型系统搭建详细说明书》
- 6) 相关测试结果及原始数据集
- 7) 算法及原型系统源码

项目其他成果如下：

- 1) 国内外高水平期刊和会议上发表论文 2 篇；
- 2) 申请发明专利 2 项，通过我司专利评审。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE03-04 课题名称：多模态数字人实时驱动关键算法研究**

**合作方向和主要内容：**

至少可以实现如下的任意一项：

1、针对真人驱动，可以实现不受限场景下，语音，视频以及文本的实时驱动以及流畅的模态切换，有效解决镜头前无人，只有声音，人物不完整，极限姿态等情况，要求在不同模态下以及切换过程中人设一致性通过主观性评估。数字人形象支持 2D 真人照片或者 3D 模型，要求驱动范围包括手臂以上的上半身。

2、针对智能驱动，可以支持文本驱动和语音驱动，要求生成的视频可以表达驱动内容的情绪，动作，要求自然，连贯。语音驱动不受环境噪声影响，生成效果鲁棒性较好。

3、实现低成本的动作捕捉算法，单一 720P 摄像头即可对全身进行精准动作捕捉，实时性可以达到 30 F P S。

**预期目标：**

采用语音，视频，文本多模态驱动算法，解决当前真人驱动数字人（2D

照片和 3D 模型) 面临的的核心问题, 可以在场景不受限制的情况下 (如偏转角度, 驱动范围), 提供鲁棒一致的高清真实效果, 并进行模型优化, 可运行在算力受限的嵌入式终端。

指标要求:

1、我们对数字人的客观评估指标包括 F I D, C P B D, P S N R, L M D, S S I M, 这些指标需要在公开的数据集上达到 S O T A, 并且在自建的中国数据集上超过现有算法 (F O M M) 3 个百分点以上;

2、主观评估指标: 针对智能评估, 我们会提供 1 0 0 个评测数据, 组织 5 0 人进行 M O S 评分, 要求评价评分大于 8 0 以上;

3、实时性要求: 要求驱动算法计算量不超过 5 G O P S, 参数量不超过 1 0 M, 生成算法不超过 3 0 G O P S, 参数量不超过 5 0 0 M。

交付物:

- 1、核心算法源代码一套;
- 2、原型系统一套;
- 3、输出有影响力论文 2 篇, 专利 2 篇。

期望期限:

1 年。

## **2022ZTE03-05 课题名称: 机器视频编码**

**合作方向和主要内容:**

随着通信技术、以及视频类技术的发展, 智能制造、智慧城市等各行业、场景对视频类的分析应用越来越广泛, 鉴于视频类的摄像机终端数量多, 带宽要求较大, 对网络的传输提出了更高的要求。这类场景内, 视频的使用很可能不在是给人员查看, 而是供机器处理、分析。但是现有的视频编解码方式是为人设计的, 主要是以人的观看效果为依据进行研究, 未必适合于机器处理视频的场景。因此, 为机器设计的视频编码技术被提出来, 称为机器视频编码, VCM (Video Coding for Machines)。

通过 VCM 来解决目前视频码流高, 无法直接供机器分析算法使用等问题。

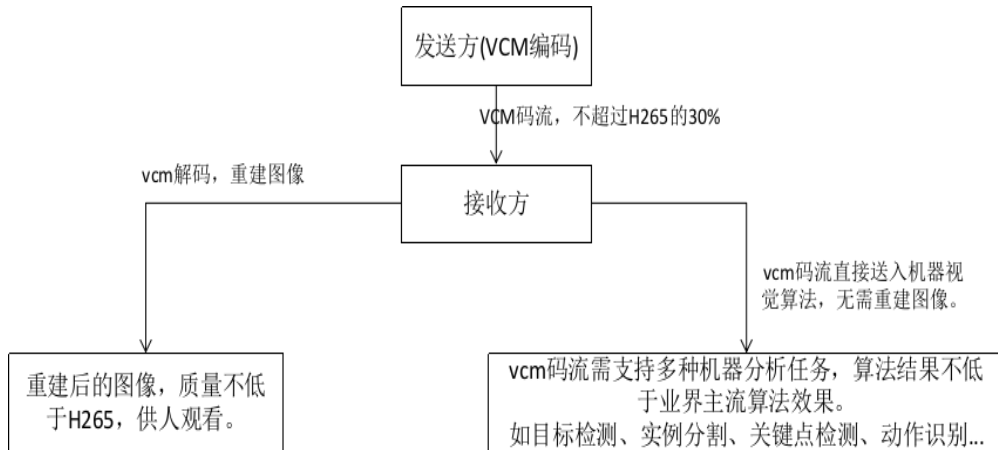
合作内容:

定义一种从视频中提取的压缩的视频或特征码流, 可服务于多种机器任务,

同时保障高压缩效率和机器智能任务性能。此压缩视频或特征码流服务于机器视觉和人机混合视觉应用。

对机器视频编码的方法进行研究，提供实用化的机器视频编码方法。

### 预期目标:



1、需要提高码流的压缩效率，同等质量、效果情况下码率码率不高于 H265 的 30%。编码后的码流可用于机器对图像的分析，以及人的观看。对于机器分析场景，无需重建图像，码流对接视觉任务算法，支持多种视觉分析任务；

2、机器使用的场景，获取 vcm 编码的码流后，不重建图像，输入机器分析任务，支持目标识别、实例分割、图像增强、图像重建、事件识别等业务应用要求，检测效果不低于 H265 解码后业界主流算法的处理结果；

3、人员观看场景，主客观指标不低于 H265 效果。4T 的 INT8 以内算力，支持 1080 的 60fps 编解码。

### 交付物:

- 1、业界主流方案研究报告；
- 2、机器视频编码方案；
- 3、算法及仿真代码；
- 4、测试用例及报告；
- 5、业界重要刊物论文一篇；
- 6、专利一篇。

### 期望期限:

1 年。



## 四、集成电路技术

### **2022ZTE04-01 课题名称：众核管理和调度算法研究**

#### **合作方向和主要内容：**

随着高性能处理器等众核芯片功耗密度不断上升，负载不均衡突出，形成了严重的芯片 hotspots 问题，温度梯度非常高，如何解决 hotspots 造成的性能损失成为工业界非常关心的热点。本课题在以下方向开展研究工作：

搭建芯片快仿温度模型，实现芯片级的温度控制；

芯片快仿温度模型匹配，评估算法策略框架（结合负载任务迁移和调度，DVFS 策略，操作系统 OS 顶层逻辑），形成算法模型（源码）；

众核管理与调度算法策略的验证和落地方案。

#### **预期目标：**

完成自研温度模型的搭建，形成较为完善的众核管理算法策略和模型。

#### **指标要求：**

实现毫秒级别的控制响应；众核管理算法优化实现 10% 的 hotspot 温度降低。

#### **交付物：**

- 1、快仿温度模型代码；
- 2、基于芯片多核/众核的管理和调度算法模型（涉及 OS 调度，任务迁移，DVFS 等技术的结合），提供设计方案、模型代码、算法仿真报告；
- 3、输出 2 篇高质量成果论文。

#### **期望期限：**

1 年。

### **2022ZTE04-02 课题名称：集成电感技术研究**

#### **合作方向和主要内容：**

集成电源技术（Integrated Voltage Regulator, IVR）是应对未来高能效和高功耗芯片的关键技术之一。其中有一类 IVR 技术是基于电感的开关电源，该类型 IVR 除了基础的有源电路，还需要在芯片内部实现一个无源的高 Q 值、小尺寸、大功率的电感元件，即集成电感，它是开关电感型 IVR 的必须的关键技术。本课题主要研究这类用于 IVR 的集成电感技术。

## 预期目标:

掌握集成电感的国际主流技术方向以及它们的优缺点, 经过研判后, 对主要技术方向进行设计探索、样品制造和性能验证。

目前已知集成电感有两种主要类型: 1) 磁芯电感, 2) 空气芯电感。本课题要对这两种类型均需加以研究、仿真、设计、打样和测试, 从而明确片上电感设计中的难点和关键点以及所需的设计辅助工具, 初步探索量产可行性。

如果有其他更优的集成电感类型, 也需要包含到本课题研究范围内。

## 指标要求:

片上电感的尺寸、感值、Q 值、耐流值达到国际主流规格。

## 交付物:

1、集成电感的调研报告: 各种形态的集成电感的详细描述和比较, 明确业界领先的规格;

2、根据规格, 针对硅上的磁芯电感做出详细分析和仿真, 给出几种推荐的形态, 提供仿真报告和设计指导书, 并打样和测试, 从而验证性能, 提供测试报告;

3、根据规格, 针对封装上的空气芯电感做出详细分析和仿真, 给出几种推荐的形态, 提供仿真报告和设计指导书, 并打样和测试, 从而验证性能, 提供测试报告。

## 期望期限:

1 年。

## 2022ZTE04-03 课题名称: 集成高带宽数字 LDO 电源技术研究

### 合作方向和主要内容:

集成电源技术 (Integrated Voltage Regulator, IVR) 通过把电源集成到负载芯片中, 可以最大化的缩短电源输出到负载电路的路径寄生, 进而提升系统能效; 同时 IVR 具有小尺寸的特性, 因此可以不依赖板级电源来实现片内多路供电。所以 IVR 成为了未来高能效芯片的关键技术之一。

LDO 型 IVR 是一种常见的 IVR 类型, 它通常基于数字技术, 实现高效率、小面积、大电流、高带宽的供电方案。

## 预期目标:

掌握数字 LDO 型 IVR 的国际主流电路架构以及它们的优缺点与应用场合；通过研究和电路仿真对 LDO 型 IVR 进行设计和仿真，从而明确设计中的难点和关键点以及所需的设计辅助工具，明确集成技术、测试技术和调优技术。

如果需要打样测试，可以进行额外商定。

指标要求：

最大输出电流在 6~10A 左右，集成度可以达到几 A~几十 A/mm<sup>2</sup>，带宽在几十到百 MHz，效率 75%以上。

交付物：

- 1、数字 LDO 型高带宽大电流 IVR 的架构调研报告；
- 2、数字 LDO 型高带宽大电流 IVR 的电路实现；
- 3、数字 LDO 型高带宽大电流 IVR 的仿真方法和性能仿真报告；
- 4、数字 LDO 型高带宽大电流 IVR 的控制算法、测试技术和调优技术文档及代码。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE04-04 课题名称：集成高带宽数字开关电源技术研究**

**合作方向和主要内容：**

集成电源技术（Integrated Voltage Regulator, IVR）通过把电源集成到负载芯片中，可以最大化的缩短电源输出到负载电路的路径寄生，进而提升系统能效；同时 IVR 具有小尺寸的特性，因此可以不依赖板级电源来实现片内多路供电。所以 IVR 成为了未来高能效和高功耗芯片的关键技术之一。

开关型 IVR 是一种常见的 IVR 类型，它通常基于数字技术和较高的开关频率，实现高效率、小面积、大电流、高带宽的供电方案。

**预期目标：**

掌握数字开关型 IVR 的国际主流电路架构以及它们的优缺点与应用场合；通过研究和电路仿真对数字开关型 IVR 进行设计探索。

目前已知数字开关型 IVR 有两种主要类型：1) 基于开关电感， 2) 基于开关电容。本课题要对这两种类型均需加以研究、设计和仿真，从而明确设计中的难点和关键点以及所需的设计辅助工具，明确集成技术、测试技术和调优技术。

如果需要打样测试，可以进行额外商定。

指标要求：

最大输出电流在 6~10A 左右，集成度可以达到几 A~几十 A/mm<sup>2</sup>，开关频率在几十到几百 MHz，效率 75%以上。

交付物：

- 1、数字开关型高带宽大电流 IVR 的架构调研报告；
- 2、数字开关型高带宽大电流 IVR 的电路实现；
- 3、数字开关型高带宽大电流 IVR 的仿真方法和性能仿真报告；
- 4、数字开关型高带宽大电流 IVR 的控制算法、测试技术和调优技术文档及代码。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE04-05 课题名称：集成数字电源的控制算法研究**

**合作方向和主要内容：**

集成电源技术（Integrated Voltage Regulator, IVR）通过把电源集成到负载芯片中，可以最大化的缩短电源输出到负载电路的路径寄生，进而提升系统能效；同时 IVR 具有小尺寸的特性，因此可以不依赖板级电源来实现片内多路供电。所以 IVR 成为了未来高能效和高功耗芯片的关键技术之一。

IVR 电路具有反馈控制回路，来保证输出电压的稳定。完备的多路多相 IVR 电路的控制算法是 IVR 的关键技术点，它需要应对分布式的具有复杂行为的负载电流，也必须考虑到 IVR 电路固有的 PVT 误差带来的性能偏差，并兼顾 IVR 效率等其他性能指标。

**预期目标：**

实现 IVR 电路的控制算法，特别是多路多相 IVR。

本课题不涉及电路实现的细节，需要用行为级模型建模 IVR 电路和负载行为，以配合 IVR 控制算法的研究。

指标要求：

支持 32 相以上的 IVR 电路控制，实现几十~几百 MHz 带宽内的电压稳定。

交付物：

1、IVR 电路的数学建模方法，以及行为级模型（Matlab/Simulink），输出方案、设计文档、代码；

2、负载芯片电流的数据建模方法，以及行为级模型（Matlab/Simulink），输出方案、设计文档、代码；

3、多路控制算法 Matlab 实现，以及它在典型 IVR 电路和负载行为下的仿真结果（Matlab/Simulink），输出设计文档、代码、仿真报告。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE04-06 课题名称：高速无源器件仿真技术研究**

**合作方向和主要内容：**

无源器件虽然广泛应用在模拟、射频、微波等高速电路中，然而实际工作中对其设计方法学的研究较少。传统的设计方法以人工迭代优化为主，极大的受限于工程师经验和设计迭代效率。近些年来，随着人工智能技术的不断进步，以机器学习和神经网络为基础的设计方法，逐步开始应用于开发新的器件模型。

探索和研究人工智能等新兴技术在无源微波器件设计领域的应用，深入研究神经网络等参数化建模方法。实现高效无源器件设计分析方案。

**预期目标：**

探索和研究人工智能技术在高速无源器件领域的应用，提供关键无源器件的设计方案，建立标准的无源微波器件的设计方法，交付典型设计样例和设计代码。

**指标要求：**

交付器件性能指标，包含以下几项：

- 1、器件种类涵盖 L、C、X、K、Ka、V 频段；
- 2、感值优化精度偏差小于：5%；
- 3、品质因子优化精度偏差小于：10%；
- 4、耦合系数优化精度偏差小于：10%。

**交付物：**

- 1、交付射频无源电路关键技术业界和学术界发展情况调研报告；
- 2、交付射频领域无源电路的设计方法和设计方案；
- 3、交付典型射频高速无源电路的设计样例、设计代码和设计说明文档；

4、交付典型射频高速无源电路的验证流程和验证数据数据结果。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE04-07 课题名称：先进 ATPG 技术研究**

**合作方向和主要内容：**

研究复杂先进工艺的故障建模方法，能够为最先进工艺节点提供全面的 ATPG 故障模型；研究先进 ATPG 算法，针对超大规模芯片，在满足高覆盖要求的前提下，尽可能提高 Pattern 产生效率并减少 Pattern 数量；研究 ATPG 工具的开发与工程应用优化。

**预期目标：**

- 1、建立先进复杂工艺的 ATPG 故障建模平台；
- 2、开发先进 ATPG 算法，提高 ATPG 覆盖率和产生效率，降低向量数量。

**指标要求：**

针对相同 Design 的 ATPG，预计在覆盖率、工具 run-time、fault 覆盖类型、Pattern 数量等关键指标维度上，优于或者部分优于 Synopsys Tetra-MAX 和 Tessent ATPG。

**交付物：**

- 1、针对先进工艺复杂故障的 ATPG 技术方案；
- 2、高效率 ATPG 的技术方案；
- 3、ATPG 故障建模与算法构建平台，提供模型和平台代码、设计文档。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE04-08 课题名称：异构多核芯片架构 ESL 设计**

**合作方向和主要内容：**

研究高性能、低功耗、低内存异构多核芯片架构设计方法学，利用合适的仿真工具，通过 ESL 架构仿真的方式，在架构设计阶段，对芯片架构进行充分探索，找出架构瓶颈，验证优化方案，提供数据支撑。对仿真工具的仿真内核设计支持多核服务器并行处理，提高 ESL 架构仿真速度。

研究内容可包括以下的一项或多项：

1、研究的异构多核芯片架构设计方法，及合适的仿真工具。如仿真工具的仿真内核基于 X86 通用多核服务器运行，并支持并行内核仿真以提升 ESL 架构仿真速度则最佳；

2、设计主要模块的性能模型：CPU（out of order）、NPU、GPU、ISP、互联、Cache、DDR、外设等，上述模块不要求全部具备；

3、设计主要模块的功耗模型：CPU（out of order）、NPU、GPU、ISP、互联、Cache、DDR、外设等，上述模块不要求全部具备；

4、提供仿真结果数据支撑，根据仿真结果，对架构设计提出合理的优化方案，优化方案的方向可包括但不限于：软硬件划分和协同设计、任务间的负载均衡、大规模并行处理结构设计、高性能处理器核设计、高效存储系统、片内互连设计、低功耗管理等关键技术中一项或多项。

#### **预期目标：**

1、架构仿真工具支持异构多核架构快速迭代，可提供前期数据支撑。仿真工具内核可支持多核服务器并行处理，提升 ESL 架构仿真速度；

2、发布的系统性能模型，具备参数化设计属性，可用于快速配置多种架构；

3、发布的系统功耗模型，具备参数化设计属性，可用于快速配置多种架构；

4、ESL 建模仿真，输出架构性能及功耗分析报告和优化方案报告。

#### **指标要求（具体指标可根据研究内容讨论）：**

高性能设计：典型场景下（如多路视频输入等）的 CPU 处理性能、NPU 处理性能、DDR 处理性能等，多核架构下的多处理器并行工作时间等，和业界主流水平对比具备一定优势。具体哪些场景可讨论。

低内存设计：内存占用测试分析及优化。

低功耗设计：低功耗测试分析及优化。

仿真工具内核效率提升设计：仿真工具内核工作效率分析及优化。

#### **交付物（具体交付物可根据研究内容讨论）：**

1、芯片架构设计方案及模块代码、仿真运行测试报告、优化方案报告；

2、仿真工具内核方案及代码、内核测试报告、优化方案报告；

3、输出 2 篇高质量成果论文。

期望期限：

1 年。

## 五、能源技术

### 2022ZTE05-01 课题名称：储能锂电池失效预测

#### 合作方向和主要内容：

储能锂电池失效事故导致的直接和间接损失往往非常巨大，所以锂电池安全可靠是储能系统的核心要求之一。当前电池失效监控往往以被动的保护为主，并不能提前发现隐患。如果能主动预防失效，提前防止隐患的恶化和扩散，可降低锂电池失效的影响。

本课题计划攻克锂电池失效预测的技术难点，实现精准告警和安全预警。

#### 预期目标：

基于储能电池系统在常见工况下使用场景，研究锂电池失效原理和特征，基于原理和特征制定失效预测方案，实现高精度的告警和天级失效的安全预警。

#### 指标要求：

- 1、天级失效预警：在被测电池系统触发爆炸、起火、冒烟、漏液或泄气、热失控扩算等故障恶化和扩散前，提前告警时间 $\geq 12$  小时；
- 2、失效预测的准确率大于 90%，误报率 $< 0.1\%$ /月；
- 3、电池系统参数要求：磷酸铁锂电池，单体电芯容量典型值 50~320Ah，12~32 串电芯组成模组，8~26 个模组串联成簇；充放电倍率 0.2~1C，工作温度 $-40\sim 65^{\circ}\text{C}$ ；要求基于 BMS 采集的电压、电流、温度特征；如果需要新增其他辅助硬件，则需要具备工程可实现性和商业价值，需双方协商同意；
- 4、锂电池系统失效触发手段及评估标准：参考中国化学与物理电源行业协会发布的团体标准《储能用锂离子电池系统安全评测技术规范》；电池失效隐患模拟以业界常见手段或其他双方协商同意的办法。

#### 交付物：

- 1、技术研究报告：行业技术现状与趋势分析，技术路线论证；
- 2、过程设计文档：包括但不限于设计方案、设计文档、仿真报告、原理图、软件代码等；



- 3、测试验证报告、问题解决报告；
- 4、国内外权威刊物或会议上发表学术论文 1 篇；
- 5、项目相关创新发明专利 1 项。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE05-02 课题名称：高频升降压双向变换技术**

### **合作方向和主要内容：**

智能锂电需求量呈大规模增长态势，智能锂电 BMS (Battery Management System) 功能需求也越来越丰富，其中的双向 DC/DC 变换单元趋向于更加高效、小型化，以适应锂电电芯高能量密度演进的趋势。该技术突破后，可有助于智能锂电 BMS 功率单元功率密度提升、效率提升，成本优化。

本课题主要解决双向 DC/DC 变换单元的两大技术难题：功率密度提升和自然散热热管理达到领先指标。

### **预期目标：**

开发完成一款自然散热非隔离双向 DC/DC 变换单元，在电流、功率、尺寸、工作环境和效率等多个方面达到要求（具体指标见下）。

### **指标要求：**

1、尺寸要求：BMS 仓尺寸 442 (W) \*45 (D) \*87 (H) mm。

注：PCB 外形、PCB 上输入、输出端子位置，功率变换单元区域等关键结构信息，由我司指定。

2、工作环境要求：自然冷却，无风环境温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 可正常工作，高温降额： $45^{\circ}\text{C}$ 不降额（带载 4800W）， $50^{\circ}\text{C}$ 降额系数 0.8， $55^{\circ}\text{C}$ 降额系数 0.5。

3、变换电压范围要求：支持双向功率变换，电压范围满足  $40\text{V}\sim 60\text{V}$ 。

4、电流和功率的要求：支持电流/功率不小于 100A/4800W，

(1)  $45\text{V}\sim 60\text{V}$  时满足不小于 4800W 带载， $40\text{V}\sim 45\text{V}$  时满足不小于 100A 带载，最大电流支持 120A。

(2) 支持充放电限流值可设置，设置范围 2A-120A。

5、效率： $10\text{A}\sim 40\text{A}$  范围内，效率大于 98%； $40\text{A}\sim 100\text{A}$  范围内，效率大于 98.5%。

6、动态效应：放电模式，输出侧负载  $25\%\sim 50\%\sim 25\%$ 或  $50\%\sim 75\%\sim 50\%$ 切换时，

输出电压超调量不应超过电压整定值的 5%，恢复时间不应超过 200  $\mu$ s；充电转放电时，母排电压跌落值不超过 1V（相对停电阈值）。

7、电磁兼容性：EMC 指标要求，详见下表：

项目	指标要求	等级
传导骚扰 (CE)	直流母排侧，通过 Class A，满载	强制

交付物：

2022Q2 技术研究报告：包括行业技术现状与趋势分析、技术路线论证与设计  
方案、仿真报告；

2022Q3 过程设计文档：包括但不限于设计方案、设计文档、仿真模型、计  
算书、原理图、PCB、软件代码等；

2022Q4 原型样机；

2022Q4 测试验证报告、问题解决报告；

2023Q1 专利不少于 1 篇。

期望期限：

1 年。

## 2022ZTE05-03 课题名称：储能锂电池 SOX 算法

合作方向和主要内容：

电池 SOX（各种状态评估算法的总称，包括 SOC/SOH/SOP/SOE）是电池管理系统的核心功能之一。由于锂电池具有可测参数有限、特性耦合、即用即衰、强时变、非线性等特征，储能环境应用又面临串并联成组非均一复杂系统、全工况（不同倍率不完整充放电）、全气候（-40~65℃温度范围）应用需求，全生命周期内高精度、强鲁棒性的锂电池 SOX 估计极具挑战，一直是工业界与学术界的热点与难点。

本课题计划基于储能电池系统在常见工况下使用场景，研究用于储能系统工况的锂电池 SOX 算法。

预期目标：

实现高精度、强鲁棒性的锂电池 SOX 算法，实时显示带载能力、备电时长，有效预警宕站风险，最大程度提升站点可靠性。

指标要求：

1、整个生命周期内双方约定的各种工况下：

(1) SOC/SOP/SOE 误差修正时间小于 10 分钟，修正过程不能出现跳变，经修正后偏差不大于 3%；

(2) SOH 误差修正时间不大于一次充放电时长，经修正后偏差不大于 3%；

(3) 电池老化(SOH:100%~70%)、宽温度(主要评估温度区间 0~45℃)、不同充放电倍率(0.2~1C)及负载波动(±20%波动)，每个因素至少要评估上限、下限及典型值三个点。

2、电池系统参数要求：磷酸铁锂电池，单体电芯容量典型值 50~320Ah，12~32 串电芯组成模组，8~26 个模组串联成簇，系统电压不高于 1500V；充放电倍率 0.2~1C，使用 SOC 范围 10%~95%，除例行维护外，无完全充满放空机会；工作温度-40~65℃。要求基于 BMS 采集的电压（单节电芯电压采样误差 10mV、整体电压采样误差 1%FS）、电流（采样误差 1%FS）、温度特征（采样误差 2℃）；可运行在嵌入式系统中；如果需要新增其他辅助硬件，则需要具备工程可实现性和商业价值，需双方协商同意。

3、测试方式：可部分参考《GB / T 38661-2020 电动汽车用电池管理系统技术条件》、《电动汽车动力蓄电池健康状态指标体系及估算误差试验方法》(T/CSAE 184-2021)、中国汽车工程学会编制的《电动汽车动力蓄电池剩余寿命评估指南》、中国汽车工程学会编制的《电动汽车锂离子动力蓄电池荷电状态和健康状态估计误差联合测试方法》，如有其他行业推荐标准可经双方同意后采用，具体工况需双方协商同意。

交付物：

1、技术研究报告：行业技术现状与趋势分析，技术路线论证；

2、过程设计文档：包括但不限于设计方案、设计文档、仿真报告等；所有相关的算法文档和源代码，文档和代码应能支持对算法的理解和实现；

3、算法测试验证报告、问题解决报告；

4、国内外权威刊物或会议上发表学术论文 1 篇；

5、项目相关发明专利 1 项。

期望期限：

1 年。

## 2022ZTE05-04 课题名称：1MW 电力电子变压器

### 合作方向和主要内容：

数据中心向高密化、预制化方向发展，传统变压器存在应用体积大的弊端，需要更为先进的电力电子变压器以实现配电架构的改变。因此新型电力电子变压器成为数据中心预制化电力模块的核心部件，其涉及到的核心功率变换以及整机系统中配电、绝缘、控制等相关技术是业界难点。

本课题计划开发 10kVAC 至 240VDC 的功率变换模块以及整机柜系统原型，包括其硬件拓扑和控制算法等方面。单模块可采用三相或单相输入；三相输入时，模块间可互相备份；单相输入时，单个模块故障后其他模块仍可持续满功率运行。

### 预期目标：

完成上述功率变换模块以及整机柜系统原型样机开发，达到下述具体指标要求：

- 1、三相三线输入电源：8kVAC--12kVAC，输出电压制式：240VDC（范围：204-288VDC，额定输出电压 267.5VDC）；
- 2、峰值效率>98%，30%负载率以上效率>97%；
- 3、iTHD：<8%（@50%负载率），<5%（@100%负载率）；
- 4、PF：>0.98（@50%负载率），>0.99（@100%负载率）；
- 5、直流输出电压纹波 <1%；
- 6、整机柜模块化输出，总功率不小于 1MW，尺寸不大于宽\*深\*高=800mm\*1200mm\*2200mm；模块化组装。单模块可采用三相或单相输入。三相输入时，模块间可互相备份；单相输入时，单个模块故障后其他模块仍可持续满功率运行。

### 交付物：

- 1、交付原型整机柜样机一套；
- 2、提供设计方案、技术研究报告、测试报告等全套技术资料；
- 3、合作申请专利不少于 2 篇。

### 期望期限：

1 年。

## 2022ZTE05-05 课题名称：数据中心智能化管理关键技术研究

---

## 合作方向和主要内容：

数据中心能源基础设施层涉及到的系统与设备复杂多样：主要包括数据中心供配电系统、数据中心暖通系统、数据中心消防系统、数据中心 IT 运行环境、数据中心安防系统；涉及设备为数据中心柴油发电机、中压进线柜、有源滤波柜、无功补偿柜、变压器、低压配电柜、UPS 电源、UPS 输入和输出柜、电池等；冷水机组、冷却塔、水泵、阀门、精密空调等；数据中心温湿度传感器、门禁、摄像头等。为保证数据中心低碳、高效、安全地运行，运维管理的技术挑战非常大。

本课题针对数据中心节能技术和数据中心故障智能管理进行合作研究，主要包括：

1、根据数据中心的实时监控运维指标（输入为上述多种系统与设备的运行参数），对数据中心能耗进行分析，基于机器学习、深度学习、强化学习等融合模型输出整体最优的预测控制策略（主要调节暖通系统的参数）及相应的能耗预测结果，帮助数据中心进行节能优化，达到降低 PUE 目的。具体包括：

（1）一个或多个能够提取性能状态指标特征的基于机器学习、深度学习、强化学习等融合模型，该模型能够在不同环境条件、不同运行模式、保障数据中心正常运行的条件下输出整体最优的预测控制策略及相应的能耗预测结果。

（2）一个或多个评估模型优劣的方案或方法，方便后续模型在生产环境中应用时的更新迭代、筛选取舍。

（3）一个针对数据中心替换模型的安全保障方案，针对智能模型提供的控制策略，可以清晰预测模型输出预测结果在数据中心的表现是否安全。

2、对数据中心上述多种系统与设备产生的大量告警及故障信息进行分析，采用机器学习或者知识驱动方法能够对告警及故障进行关联分析、故障分类与根因分析，协助数据中心运维人员快速定位并解决问题，保障数据中心安全健康运行。具体包含：

（1）采用机器学习或者知识驱动方法分析数据中心能源设施的主要告警与故障之间的关联关系、因果关系与调用链关系，建立相应的融合模型，输出告警或者故障并发出现时的根因告警或故障，并给出相应的预测概率。

（2）基于以上融合模型或采用新的机器学习、深度学习等方法对生产场景中的故障进行分类与预测分析，能够对常见的几种故障类型进行提前预测，并描

述典型的故障表现、可能的根因及概率预测，协助运维人员进行故障预测与根因分析。

### **预期目标:**

#### 1、数据中心节能:

指标要求: 数据中心节能 PUE 指标降低 10%以上。

交付物: 技术方案 1 份、技术实现详细说明 1 份、源代码 1 份、高质量论文 1 篇、专利 1 篇。

#### 2、数据中心故障管理:

指标要求: 数据中心故障分析与预测准确率综合达到 85%以上。

交付物: 技术方案 1 份、技术实现详细说明 1 份、源代码 1 份、高质量论文 1 篇、专利 1 篇。

期望期限:

1 年。

## **2022ZTE05-06 课题名称: 微电网能量管理系统**

### **合作方向和主要内容:**

微电网能量管理系统在微电网系统中处于核心地位, 在实现微电网的实时能量调度与管理、跟踪、监测等方面有举足轻重的作用。

本课题计划实现基于分布式多能源输入、可并离网切换的微电网能量管理系统, 能够在一定策略下进行源网荷的综合实时管理, 确保微电网的安全高效运行, 并能取得良好的经济效益。

### **预期目标:**

#### 1、课题完成微电网能量管理系统的业务模型设计, 至少包括:

- (1) 微电网能量管理系统常见的需求结构和具体的需求说明;
- (2) 微电网能量管理系统常见的基本功能和定制功能的说明;
- (3) 对设计架构、开发投入影响较大的关键需求以及影响情况的说明;
- (4) 具体需求之间常见的关联关系和取舍原则的说明;
- (5) 微电网能量管理系统当下的研究热点和技术发展的趋势说明。

#### 2、课题完成微电网能量管理系统的方案架构设计, 至少包括:

- (1) 微电网能量管理系统的软硬件组成;

- (2) 微电网能量管理系统的物理实体关系说明；
- (3) 微电网能量管理系统的逻辑组件关系说明；
- (4) 软件架构的扩展性和架构演进的考虑；
- (5) 当前常见的架构问题和后续架构发展趋势的说明。

3、课题完成微电网能量管理系统的控制算法设计，算法能满足以下要求：

(1) 算法支持运作策略配置：支持发电量优先、减碳优先、经济效益优先等单一目标运作策略和经济效益兼减碳的多目标运作策略配置；

(2) 算法支持方案制定、命令发布：经过综合数据处理，制定微电源的投切、工作方式切换、功率输出等调节，断路器的通断等控制策略。然后把这些设定值与控制命令发送各调节装置。维持微电网的正常运行；

(3) 算法支持对微电源的控制功能：根据能量管理系统的控制命令改变微电源的工作方式，并且按照发送的设定值调节微电源的功率输出。能量管理系统检测调节电源的输出特性。当负荷需求增大时，通知微电源增加输出功率。当负荷需求减少且蓄电池充满时，则通知微电源减少输出功率或关闭某些微电源；

(4) 算法支持对储能装置的管理：蓄电池充放电与电压、功率管理 可检测蓄电的充放电状态，并且根据系统需求和当前电价对其进行充放电管理，并能控制储能装置的工作方式。以及输出有功、无功功率，参与有 / 无功功率调节。能在不同时段控制储能电池执行不同的充放电策略，以使用户实现峰谷价差收益；

(5) 算法支持负荷管理：根据检测到的负荷大小分配微电源的出力，保持微电源与负荷之间的平衡，在微电网孤网运行时，切除一般负荷，确保敏感负荷的正常供电；

(6) 算法支持微电网运行模式切换与通断控制：当检测大电网来电时，能自动的将微电网由孤网运行模式过渡到并网运行模式下。当并网后发生故障且故障点在微电网外部时，通过主网与各微电网相互通信以确定故障严重程度。如超出自身调节能力，相应微电网可选择与主网断开，进入孤岛运行，并可实现两种运行模式的无缝转换，并根据微电网的工作状态发布微电源与断路器逻辑控制控制命令。当满足投切条件时，能量管理系统通知微电源控制器和各断路器动作，完成预定的投切操作，以减少或增加输电线路的功率，确保微电网系统的功率平衡。

指标要求：

- 1、可以支持百兆瓦时规模的微电网系统管理；
- 2、系统平均故障间隔时间不小于 20000h；
- 3、正常工况系统 CPU 平均负荷率不大于 30%，系统故障 10s 内 CPU 平均负荷率不大于 70%。

交付物：

- 1、提交微电网能量管理系统的需求说明书；
- 2、提交微电网能量管理系统的架构说明书；
- 3、项目需求所述的所有相关的算法文档和源代码，文档和代码应能支持对算法的理解和实现；
- 4、提交用于验证所提交文档和算法的仿真模型；
- 5、提交用于验证所提交文档和算法的测试报告；
- 6、国内外权威刊物或会议上发表学术论文 1 篇；
- 7、项目相关创新发明专利 1 项。

期望期限：

1 年。

## 六、电源技术

**2022ZTE06-01 课题名称：开关电源近场耦合影响 EMI 与损耗的仿真与优化**

**合作方向和主要内容：**

大功率高集成度 ICT 系统设备中高频开关电源近场辐射、近场耦合的精确建模仿真与优化方法。

在各类 ICT 系统设备中广泛应用各类 AC/DC、DC/DC 高频开关电源，其发展趋势是功率密度、转换效率越来越高。随着功率密度增长，开关电源内部的近场辐射或近场耦合加剧，影响了电源转换效率与 EMI 性能。

如输入输出线缆、EMI 滤波器与高频变压器、电感之间的近场耦合，会显著劣化高频开关电源的 EMI 性能；高频变压器、电感的近场辐射，易于在附近导体上感应出涡流造成损耗。

**预期目标：**



完成典型 AC/DC 电源、DC/DC 电源（各一款）的近场辐射与耦合的建模仿真，提出优化近场耦合影响 EMI 与损耗的方法，完成既有电源样机的优化设计和测试验证。

指标要求：

AC/DC 电源内金属结构件的涡流损耗对效率的劣化不超过 0.1 个百分点，高频磁件与 EMI 滤波器之间的近场耦合对传导发射的劣化降低 20dB 以上；DC/DC 电源近场辐射降低 20dB 以上，效率无劣化。

交付物：

1、研究报告、仿真报告、设计方案、测试报告：

（1）开关电源电磁仿真技术进展扫描报告；

（2）高频变压器/电感的近场辐射仿真报告，优化设计方案，测试报告；

（3）高频变压器/电感与金属结构件近场耦合的仿真报告，优化设计方案，测试报告；

（4）高频变压器/电感与 EMI 滤波器和线缆近场耦合影响 EMI 的仿真报告，优化设计方案，测试报告；

（5）项目研究总结报告。

2、项目产出一篇发明专利，发表一篇论文。

期望期限：

1.5 年。

## 七、制造技术

### 2022ZTE07-01 课题基于 SnAgCu 无铅焊料的可变温度合金焊接技术研究

合作方向和主要内容：

可变温合金熔点大多基于在合金焊料中添加陶瓷或金属颗粒，比如不同直径的铜颗粒，来改变合金在每次熔融过程中的熔点，难点在于极小颗粒的铜球非常容易氧化，以何种形态或形式添加到锡膏合金中后，同时与当前行业批量使用的 SAC305 合金，在锡膏存储、再流焊工艺应用、合金焊点可靠性比较接近，是该技术面临的困难和挑战。

该项目希望基于 SnAgCu 合金体系，开展可变温度合金的焊接机理研究。研

究内容需包括合金配方研究，合金制备工艺，并联合焊料厂家研究相配套的助焊膏组份，开展装联工艺试验及可变温锡膏焊接后的焊点可靠性评估。

### 预期目标:

- 1、输出基于 SnAgCu 合金体系，可变温度合金的焊接机理；
- 2、输出可变温度合金成分组成、关键技术要求及制备方案；
- 3、联合焊料厂家，制作可变温合金锡膏，输出两次再流焊焊接应用验证及焊点可靠性评估报告。

### 指标要求:

- 1、要求焊料合金在第一次再流焊焊接时，熔融温度 $\leq 220^{\circ}\text{C}$ ，第二次再流焊焊接时，焊点合金熔融温度 $\geq 250^{\circ}\text{C}$ ，并可支持返修（返修熔融温度 $\leq 280^{\circ}\text{C}$ ）；
- 2、可变温合金的焊点可靠性不低于 SAC305 合金技术指标：至少满足 35\*35mmFCBGA 焊后温循达到 $\geq 500\text{cyc}$ （ $-40\sim 125^{\circ}\text{C}$ ，每段 15min，1h/cyc）。

### 交付物:

- 1、研究报告一份（包括业界趋势，业界方案比较，焊接机理等）；
- 2、输出可变温度合金成分组成、关键技术要求及制备方案；
- 3、输出两次再流焊焊接应用验证及焊点可靠性评估报告；
- 4、专利 1 篇；
- 5、发表论文 1 篇。

### 期望期限:

1 年。

## 2022ZTE07-02 无铅焊料对波峰焊接设备部件腐蚀的机理研究及改善对策

### 合作方向和主要内容:

- 1、通过与国外品牌焊料成分，波峰焊易腐蚀部件材料分析，输出国产 SAC305 无铅焊料对波峰焊设备的腐蚀机理。
- 2、给出避免或减缓腐蚀速度的有效方法，输出低腐蚀波峰焊用 SAC305 合金体系及对应波峰焊易腐蚀部件材料，并通过实验验证。

### 预期目标:

- 1、输出实验报告和腐蚀机理的研究报告；
- 2、输出现有国产焊料的改善方案；

3、通过实验验证，在同等条件下达到腐蚀临界点的时间延长 80%以上，或者相同时间内，腐蚀的程度减少 80%以上，具体以项目技术方案为准。且改进后的 SAC305 焊料及波峰焊易腐蚀部件的成本与现有方案相当。

交付物：

- 1、提供研究报告（重点突出腐蚀机理）1 份；
- 2、提供改进 SAC305 焊料验证报告 1 份；
- 3、提供改进波峰焊易腐蚀部件材料验证报告 1 份；
- 4、提供发明专利 2-3 项；

5、提供正规检测报告，佐证改进后的 SAC305 焊料及波峰焊设备材料的耐腐蚀性达到本课题预期目标要求。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE07-03 课题名称：基于数字孪生的智能生产线预测性维护研究及应用**

**合作方向和主要内容：**

围绕智能生产线构建基于实时数据驱动的数字孪生预测性维护体系架构与技术方案，通过建立面向真实物理智能生产线的高保真映射的虚拟仿真环境，采用面向事件响应的数据管理方法构建模块化、通用化的数字孪生智能生产线系统，并通过实际生产运行情况验证其可行性与有效性。

**预期目标：**

1、基于数字孪生的预测性维护体系架构与技术方案，包括但不限于异构多源数据的采集与管理，真实物理行为的虚拟仿真建模，考虑真实物理拓扑关系的孪生工艺模型动态构建与分析，面向事件响应的数据实时驱动方法等；

2、搭建智能生产线的数字孪生模型，并结合知识库、机器学习、历史数据、失效模式等构建了关键设备的预测性故障诊断模型，通过分析实时数据与运行状态之间的关系，不断学习并更新模型参数。

**指标要求：**

采用概率神经网络和各种算法等方法对基于数字孪生的预测性维护系统进行优化，使得预测性故障精度达到 95%以上。

交付物：

1、基于数字孪生的预测性维护体系架构与技术方​​案，包括但不限于体系架构图、技术方​​案等；

2、智能生产线的数字孪生模型及仿真运行环境，包括但不限于数字孪生模型、算法、源代码等；

3、相关专利 1 篇或论文 1 篇。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE07-04 课题名称：AOI 焊接故障图像检测 AI 识别**

**合作方向和主要内容：**

当前业界 SMT 贴片加工故障测试主要采用 AOI 识别手段，主要通过对区域内图像采集结合参数阈值分析处理得到判定结果，但随着 5G 单板工艺复杂性及超大单板的生产应用，AOI 判断又受限于实际生产工艺要求参数标准、图像颜色字符选择处理、虚焊界定等因素，导致 AOI 存在误判，在超大复杂工艺单板尤其明显，目前解决此类问题依赖人员目测复检，但长期、大量误报复检容易导视觉疲劳引起故障泄露；

通过对 AOI 检测 NG 基础上对图像进行二次算法判定，减少人员复测，防止故障单板泄露，因此需要对 AOI 设备 NG 图片及历史检测阈值参数通过 AI、大数据算法分析进而二次自动判定，能解决 AOI 设备对高器件周边检测失效、失真、遮蔽问题，要求算法拦截准确率要求 $>98\%$ ，算法计算管控性能要求符合生产节拍 $<2S$ 。

**预期目标：**

1、故障二次图像判断检测准确率要求 98%以上；

2、高器件失真，屏蔽罩、遮蔽点等导致设备 NG 的器件识别准确率要求满足 98%以上；

3、能推荐 AOI 检测项参数阈值，阈值参数检测结果准确率要求 98%；

4、管控检测算法计算处理时长 $<2S$ 。

**交付物：**

1、输出 AOI 检测故障图像识别、参数阈值算法及方​​案、详细设计及说明；

2、输出原型系统及算法源码；

- 3、部署系统样机一套、输出部署方案及使用说明；
- 4、输出应用验证及可靠性评估报告；
- 5、发表相关算法论文 1 篇；
- 6、申请专利 1 篇。

期望期限：

1 年。

## 八、智能终端技术

### 2022ZTE08-01 课题名称：复杂边界和极限净空终端天线研究

**合作方向和主要内容：**

针对终端 0mm 净空或者更小净空下常规天线方案效率低的设计问题开展研究，主要研究内容包括以下几个方面：

- 1、极限净空下终端天线设计的思路并给出整机可量产的天线设计方案；
- 2、如何提升仿真精度，总结出天线效率和带宽仿真的关键点，提高仿真的指导意义；
- 3、研究共模电流产生及辐射机理，研究其对天线隔离度的影响，由此提升天线效率；
- 4、在极限净空下如何建模，真实还原和预测天线周围器件对天线辐射效率的影响。

**预期目标：**

将天线的净空进一步减小，实现 0mm 甚至负净空环境下天线设计且有良好的性能，主要目标如下：

- 1、完成极限净空下终端天线的方案设计；
- 2、设计终端部件的仿真模型，部件包括屏幕、摄像头、听筒等；
- 3、解决终端金属天线隔离度问题。

**指标要求：**

在 0mm 净空下，天线性能基本能满足商用要求（发射天线低频效率 $\geq 25\%$ ；发射天线中高频效率 $\geq 30\%$ ；接收天线低频效率 $\geq 15\%$ ；接收天线中高频效率 $\geq 20\%$ ）；

天线的仿真与实际调测差异在 20%内；

给出解决终端天线天线隔离度 2 种以上的设计方法。

交付物：

1、天线 Q 值及效率分析报告 1 份，包含等效电路模型及相应的理论分析方法；

2、基于 CST 的高精度仿真的技术报告 1 份，包含屏幕及其他器件的高精度建模方法，整机仿真的天线辐射效率值与测量值误差不超过 20%；

3、接地技术研究报告 1 份，包含接地对天线隔离度，辐射效率；金属天线改善隔离度的方法 2 种以上；

4、极限净空下设计出完整的天线方案，并总结出设计的方法和技巧。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE08-02 课题名称：手机系统稳定性研究**

**合作方向和主要内容：**

针对安卓智能手机的系统稳定性优化开展研究，主要研究结题内容包括：

1、如何提前检测到安卓系统即将产生卡顿，ANR，卡死等稳定性问题；

2、如何精确度量用户的各类稳定性问题并能有效抓取现场并完成自动化原因分析；

3、如何及时调整系统资源或者调度行为来减少直到消除各类稳定性问题。

**预期目标：**

1、开发一套稳定性问题监控机制；

2、检测到稳定性问题发生后捕获故障现场并完成自动化分析归类以及信息存储；

3、通过机器学习对用机 1 个月到 24 个月产生的稳定性问题进行训练分析，提出一套稳定性预判算法和资源优化决策机制，及时调度已开发的资源调度接口来提前解决稳定性问题。

4、最终目标：卡顿数据降低到 1 次/人天，死机重启等严重异常降低到 0 次/人月。

**指标要求：**

- 1、稳定性监控机制对系统负荷的影响不超过 1%；
- 2、现场捕获机制，要求每天捕获的卡顿现场文件经过本地手机端优化后不超过 30M。

交付物：

系统设计方案 1 份；

设计实现源代码。包括稳定性问题度量算法、运行时检测机制、基于机器学习的自适应调度机制各 1 套。

期望期限：

2022 年 12 月。

## 九、操作系统技术

### 2022ZTE09-01 课题名称：操作系统 WCET 分析技术

合作方向和主要内容：

在高要求工业场景，需要对影响系统运行性能和实时性的各因素有明确的定量分析，如中断延迟，调度实时性，分区延迟，系统调用时长等，现有的方法基于定性分析或统计测试，难以提供有严格说服力的运行性能数据。

为了保证系统性能满足严格时间安全要求，需要衡量系统最坏情况执行时间（WorstCaseExecutionTime, WCET）。基于静态 WCET 分析方法对程序行为和运行环境进行精确建模，获取执行性能数据。目前国内外在 WCET 技术已有多年的研究，已有较为完整的技术手段，包括程序流分析、处理器行为建模以及 WCET 计算方法，也形成了一些商业工具，如 AbsInt 的 aiT 和 Rapita Verification Suite 的 RapiTime 等。这些工具可以支持对单核顺序执行程序 WCET 进行静态分析。但对多核的运行、虚拟化复杂运行环境的分析，以及处理器的 cache、指令预测机制，还不能进行精确分析。项目基于此，研究满足 OS 相关性能分析的 WCET 技术，包括：

- 1、形成现代处理器的运行建模技术，包括 cache，分支预测，指令流水线的运行性能建模能力，处理高性能处理器的深层流水线、缓存、乱序执行和分支预测技术导致的各个指令执行时间差异大，指令执行时间涉及多因素关联的复杂问题，能形成针对 PPC E600 架构的处理器建模模型原型；

2、针对多核和虚拟化的 WCET 分析技术，解决多核下对共享资源的复用分析问题，解决虚拟化运行下 Guest 和 Hypervisor 复杂交互下的操作系统运行性能分析问题，提出能支持 WCET 分析的编程架构及模型，并提供该架构下的 WCET 分析技术。

**预期目标:**

- 1、形成针对 PPC E600 架构的处理器建模技术原型；
- 2、形成针对多核架构及 Guest 运行环境下的操作系统关键运行指标的 WCET 分析技术。

**指标要求:**

- 1、提供对 PPC e600 架构 CPU cache、流水线、分支预测等特性的建模能力，与实际测试结果误差 <20%；
- 2、支持多核方式运行的虚拟化 guest rtos 的中断延迟、调度延迟及系统调用延迟的 WCET 分析技术。

**交付物:**

- 1、提供分析工具原型及源代码，通过验收；
- 2、不少于 1 篇技术专利或论文；

**期望期限:**

1 年。

## 十、大数据技术

### 2022ZTE10-01 课题名称：大数据缓存加速技术研究

**合作方向和主要内容:**

存算分离架构在提高服务器资源使用率、降低成本的同时，由于大数据组件失去了计算存储本地性而带来了性能下降。通过在计算与存储负载之间部署缓存服务，使用缓存加速技术提升计算作业性能，已经成为业界的主要解决思路与共识。

- 1、研究大数据存储计算分离场景（含容器化）下的缓存方案、以及缓存组件的选型；
- 2、研究提升缓存命中率的算法与策略（包括冷热数据的分层策略等），大



数据存算分离场景下，精准缓存，尽量保证计算所需缓存数据总是在本地读取；

3、研究缓存预加载算法与策略（包括 Table 级别的 Cache 预热），支持数据智能预加载；

4、研究缓存动态扩展算法与策略，能根据访问频率和系统资源情况等动态扩展，能实现计算资源和计算作业性能的线性加速，并达到系统最优性价比；

5、实现可通过测试的原型（包括源码与测试报告）。

### 预期目标：

大数据在存算分离场景下（包括云化场景）的大规模集群，通过在计算组件与存储组件之间增加缓存组件，减少计算组件与存储组件之间数据传输，提升存储计算分离环境及云原生环境下大数据作业性能，并达到系统最优性价比。

### 指标要求：

以 spark 基于 Equi-Join 查询（1TB TPC-DS 数据、10 台服务器）的性能优化效果为主要指标评估标准；

场景一：云化场景 Alluxio 容器化部署，饱和 cache（Cache 总大小 $\geq$ 数据集）

优化方法：计算所需缓存尽可能在本地节点读取，

优化目标：相较仅有缓存部署但未做优化的情况，优化后的缓存性能提升 10%；

场景二：云化场景 Alluxio 容器化部署，1/10 cache（Cache 总大小/数据集 $\leq$ 1/10），第二遍运行

优化方法：数据智能预加载，

优化目标：相较仅有缓存部署但未做优化的情况，优化后的性能提升 20%。

### 交付物：

- 1、研究报告与系统方案；
- 2、原型系统（含源代码）；
- 3、系统测试验证报告；
- 4、专利 1 项；
- 5、高质量论文 1 篇。

### 期望期限：

1 年。

## 十一、软件质量技术

### **2022ZTE11-01 课题名称：基于 JAVA 语言的开源组件的形式化验证**

#### **合作方向和主要内容：**

针对业界高频使用基于 JAVA 语言的 TOP 风险开源组件作为实例化目标，通过引入新的形式化技术进行建模分析，并发现组件中可能存在的潜在缺陷、漏洞和触发场景。验证需涵盖从代码实现 到抽象的设计逻辑，逐层实施，直至完全正确性证明，以期发现目标对象所有隐藏漏洞和缺陷。并通过上述实践过程，引入可辅助工程师进行建模的形式化分析工具，来提升分析缺陷并验证解决方案正确性的有效性，降低复杂度，以最终提高故障响应速度。

初选组件：Apache SSHD，该组件 JAVA 实现，功能相对单纯、业界应用广泛，同时兼具分布式、高并发、高安全性、高可用性等特征。具体验证需要分层从模块代码实现、到协议与架构设计的正确性逐级进行验证。方法论包括模型检测与代码逻辑的定理证明。采用 JAVA 代码自动化验证工具和 人工干预交互式证明相辅相成的形式实施。

#### **预期目标：**

使用 Key、Isabelle、TLA+等形式化建模与验证工具，针对所选组件（Apache SSHD），完成从代码实现到抽象设计逻辑的逐层验证，发现关键模块的缺陷，并最终完成安全性证明。

输出：目标组件分析报告，缺陷列表和修正方案，建模与分析方法论总结、流程、工具、核心期刊论文等。

#### **指标要求：**

针对所选目标组件，合作方需要完成 ZTE 所指定的所有关键模块（ZTE 提出，且双方达成一致）的代码实现和设计逻辑的形式化验证，输出与模型和验证报告。报告中包含关键信息为：所发现组件缺陷列表和修正方案（包括代码实现缺陷（至少 3 个）和设计逻辑缺陷（至少 1 个），且所有缺陷必须提交开源社区且得到社区的认可）。

#### **交付物：**

1、组件缺陷列表和修正方案（包括代码实现缺陷（至少 3 个）和设计逻辑缺陷（至少 1 个），且所有缺陷必须提交开源社区且得到社区的认可）；

2、至少一篇核心期刊论文；

3、可工程化的方法论总结、流程、工具；具体方法与工具使用指南和案例说明文档；

4、可辅助工程师实施针对 JAVA 代码形式化建模和验证的工具的原型（含代码和具体改进说明）。

期望期限：

1 年。

## **2022ZTE11-02 课题名称：通信领域软件架构及代码深度分析模型和工具**

**合作方向和主要内容：**

对于大型软件工程，代码长期演进过程中的架构腐化程度和需求实现成本（交付时间及故障率）不断升高（波及复杂难以厘清）的问题极为普遍。具体地：针对软件产品问题，业界目前有大量的代码分析和诊断工具，但普遍都过于通用化，无法针对性反映通信领域软件的特点，无法对于特定领域的软件产品进行特定的问题代码分析。

在智能软件工程领域，希望通过引入大数据挖掘对代码进行深度分析和诊断，进而能够挖掘出代码存在的具体问题并针对特定问题给出定制化解决方案。

以调度器软件为例，提取切合通信软件特点的定制化指标，表征：

- 1、架构是否适合长期演进；
- 2、增量代码是否符合架构设计；
- 3、技术债分析。

以调度器软件为例，提取通信软件特有的波及分析模型，用于：

- 1、代码实现方案设计辅助；
- 2、增量代码合入业务体系漏洞检测及拦截。

**预期目标：**

1、基于交付的工具，可进行全量扫描，输出代码元素级的统计分析报表，其中代码元素支持用户按工具给出的规则自定义；

2、基于交付的工具，选择不同的输入条件，工具能够输出全量波及点信息。

其中，输入条件包括不限于接口、消息及类型、配置、单板、制式等代码元素，波及点信息包括不限于波及到的函数、变更类型、波及深度等信息；

3、基于交付的工具，在新需求开发时，输入接口变动、配置变动等触发条件，工具能够输出对应的增量波及点信息；

4、基于交付的工具，输入增量差分信息（如配置变更、单板类型、制式等），工具能够输出增量波及点；

5、基于交付的工具，提供 CLI 接口以支持脚本化应用。

交付物：

1、可落地的技术方案，并实例化验收通过；

2、不少于 1 篇技术专利或论文；

3、基于 1、2 的可演示的原型工具及源码，并验收通过。

期望期限：

1 年。

## 十二、可靠性技术

### 2022ZTE12-01 课题名称：微尺度液冷技术研究

合作方向和主要内容：

微尺度液冷（通道宽度在几  $\mu\text{m}$ ~几十  $\mu\text{m}$ ）属于热设计技术领域，是芯片级液冷方案实现的关键技术，与常规液冷方案相比设计难度更高，换热能力也更高。

内容：芯片的制程工艺向更小尺寸微缩，使得芯片功耗和热流密度不断攀升，加之 2.5D，3D 异构芯片的快速发展，芯片内部存在严重散热问题，常规散热方案已经无法解决未来芯片散热问题。芯片级液冷散热设计目前被认为是最有希望解决上述问题的方案，通过在芯片内部设计流道，让液体工质直接从芯片内部带走热量，大大降低芯片内热阻，同时可解决芯片堆叠引起的热级联问题。研究表明，芯片级液冷散热方案可解决 300-1000W/cm<sup>2</sup> 的散热需求。

芯片级液冷方案同时还涉及界面设计、芯片级封装设计、高性能界面材料等诸多技术难题，本项目专门针对微尺度芯片级液冷技术开展研究和验证。需要解决的技术难题有：

设计：微尺度流道设计能力，在给定芯片尺寸的限制下，如何实现散热流阻

的设计需求；如何提高仿真评估精度；如何设计相对应的循环系统；

加工：如何实现微尺度的流道加工，保证设计与样品的一致性；

可靠性：如何保证微循环系统的可靠运行，识别并规避可靠性风险。

**预期目标：**

基于单相液冷技术路线，工质优先选择纯水或氟化液，开发微尺度芯片级液冷原理样机：

1、散热指标：在解决 350W/cm<sup>2</sup>（热源面积按 500mm<sup>2</sup>）的前提下，流阻控制在 2Bar 以下；

2、设计：建立微尺度流道液冷系统的仿真评估能力，热和流阻评估精度控制在 15%以内；

3、测试：建立微尺度液冷系统的可测试能力，实现对系统关键参数的的测试验证；

4、可靠性：识别微尺度液冷系统的可靠性问题，如流道堵塞、耐压等级、液体冲刷腐蚀、热力耦合、微通道与管路进出口连接，给出相应的设计、解决方案或说明；

5、交付样品：微循环液冷系统原理样机包含不限于微通道本体、管路（带连接件，或与微通道进出口直接焊接）、泵、高精度过滤器等；管路优选透明软管，微通道和各部分连接处需要做外观处理；泵、过滤器等关键部件优选国内外知名品牌，系统布局紧凑合理美观。

**交付物：**

微循环液冷系统原理样机、测试装置（包含供电、数据采集等部分）、方案设计报告（包含微尺度流道设计加工方案、仿真评估能力、微循环液冷系统设计方案）、测试方案及报告、技术研究总结报告、知识产权（专利 1 篇&高质量论文 1 篇）。

**期望期限：**

1 年。

**2022ZTE12-02 课题名称：直流 TOV 机理和模型研究**

**合作方向和主要内容：**

课题主要研究内容：

1、工程低压 AC 配电（AC/DC 电源柜的 AC 输入）的故障模式及电网过电压造成的 DC（AC/DC 电源柜）输出的 TOV 机理和模型；

2、工程 AC/DC 配电柜本身异常（比如器件失效，老化等）造成的 DC 输出的 TOV 机理和模型；

3、工程接地系统（低压配电系统的接地、AC 防雷的接地、AC/DC 电源柜的接地、DC 输出防雷的接地、DC 输出正端的接地及 DC 负载接地等组成的接地系统）造成的 DC 输出的 TOV 机理和模型。

### 预期目标：

- 1、提供中低压配电的故障模式及电网过电压应力分析报告；
- 2、明确直流电源 TOV 的防护方案的关键技术指标，提供仿真分析模型和实验验证结果，该模型可对这些参数的不同组合均有较高的仿真正确性；
- 3、提供应对电网 TOV 的产品防护设计建议并配合验证；
- 4、提供建立过直流 TOV 实验室方案建议。

### 指标要求：

本课题的目标是通过理论分析、建模仿真计算、及实验验证的方法和手段，找到直流电源端口 TOV 的关键技术指标。关键技术指标经过验证后要与实际工程现场相吻合。

### 交付物：

序号	交付物	数量
1	低压配电的故障模式与过电压应力分析报告	1 份
2	AC/DC 配电系统，AC 侧异常造成 DC 输出的 TOV 机理、模型和验证分析报告	1 份
3	AC/DC 配电系统常见的失效模型和机理分析报告	1 份
4	AC/DC 配电系统失效造成 DC 输出的 TOV 机理、模型和验证分析报告	1 份
5	AC 低压配电、AC 防雷、AC/DC 电源、DC 防雷、DC 负载等组成的系统的工程防雷和接地方案	1 份
6	防雷和接地系统造成的 AC/DC 直流输出的 TOV 机理、模型和验证分析报告	1 份
7	直流电源 TOV 机理和模型及验证报告	1 份
8	直流电源 TOV 机理和模型仿真电路(包括软件、电路模型及使用指南等)	1 套
9	直流 TOV 技术白皮书	1 份

### 期望期限：

6 个月。

## 2022ZTE12-03 基于纳米压痕技术的残余应力测量及数据处理技术研究

### 合作方向和主要内容:

PCB 系列装配工序均有可能在不同材料上引入不同程度的残余(机械)应力,如回流焊工序、波峰焊工序、散热模块安装工序、切板工序等。对于大型 PCB 板而言,有源/无源器件数量的激增及 PCB 板弯曲程度的增加进一步提升了残余应力诱导器件失效及 PCB 板 FT 测试失败的潜在风险。通过残余应力测量技术的深入研究,建立可靠的残余应力测试标准。

1、比较研究 Swadener 理论模型、Suresh 理论模型、Lee (I/II/III)理论模型,明确不同表面残余应力的有效计算方法;

2、研究纳米压痕技术,明确接触深度、接触刚度、接触面积、硬度及弹性模量等各参数的有效测量及计算方法;

3、不同方法测试结果一致性比较及不同的材料表面测试结果验证,进一步提升基于纳米压痕技术的残余应力测量结果的可靠性。

### 预期目标:

基于本项目研究,明确纳米压痕设备的正确操作方法(含接触深度/面积等参数测量),明确理论计算模型适用条件,建立不同材料(金属材料、塑封料、陶瓷、晶圆、GaN 介质层等)表面的残余应力定量测试方法与标准。

### 交付物:

1、残余应力测试标准,包含样品制样要求、设备操作方法(含接触深度/面积等参数测量)、理论计算模型及选择依据;

2、提供各理论模型计算 MATLAB 程序;

3、材料应力测试分析报告(含金属材料、塑封料、陶瓷、晶圆、GaN 介质层样品测试)及不同方法验证结果;

4、1 篇论文。

### 期望期限:

1 年。