



# 石化 5G 巡检与作业监控 测试床项目

## 引言/导读

2019年2月7日，美国发布了“美国将主宰未来工业”的未来工业发展规划，将人工智能、先进的制造业技术、量子信息科学和5G技术列为“推动美国繁荣和保护国家安全”的四项关键技术。2019年11月29日，德国正式发布了《国家工业战略2030》，提出加大国家投入与支持，改变“德国失去关键的技术技能，在全球经济中的地位受损”的局面，通过国家适度干预重点工业领域，打造德国或欧洲的龙头企业，继续保持德国工业在欧洲乃至全球的竞争力。新一轮世界博弈将围绕“工业4.0革命”展开，届时世界经济和政治版图很可能因此发生深刻变革。

进入21世纪以来，5G技术、大数据、云计算、人工智能等前沿领域不断取得突破，使当前全球制造业格局面临重大调整。随着新一代信息技术和网络技术的发展和渗透，能源行业数字化转型步伐逐步加快，网络化、智能化需求迫切，以工业互联网为代表的新一代产业变革在能源领域已广泛发生。

广州石化希望利用5G+多种先进技术融合的方式，推动厂区自动化和智能化水平，助力企业安全生产。通过“5G+巡检与作业监控”项目建设，为企业管理变革、资源优化、业务创新创效注入新动力，为一流企业建设提供强有力的支撑。

申报企业：

中国石油化工股份有限公司广州分公司，华南地区最大的现代化石油化工企业之一；

华为技术有限公司，全球领先的ICT（信息与通信）基础设施和智能终端提供商，业务遍及170多个国家和地区，服务30多亿人口

## 一、关键词

---

生产巡检、移动摄像头、无人机巡检、5G专网、5G定位、作业安全管控

## 二、测试床项目承接主体

---

## 2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

中国石油化工股份有限公司广州分公司 联系人信息：罗晓菁 [luoxj.gzsh@sinopec.com](mailto:luoxj.gzsh@sinopec.com)

华为技术有限公司 联系人信息：李江岭 13823720609 [lijiangling@huawei.com](mailto:lijiangling@huawei.com); 王元  
15221952839 [yw.wangyuan@huawei.com](mailto:yw.wangyuan@huawei.com)

## 2.2. 合作公司

粤通院：参与 5G 专网架构和部署方案

广东电信：负责 5G 专网架构和部署方案、5G 专网智能化运营

## 三、测试床项目目标

---

为配合企业安全发展转型，创建世界一流智慧城市型炼化示范企业，由中国石化广州分公司与华为公司牵头组织研究“5G+智慧石化”智能工厂典型应用研究，本测试床选取其中 3 个典型应用。

通过“5G+智慧石化”项目建设，为企业变革、资源优化、业务创新注入新动力，为一流企业建设、安全生产提供强有力的支撑。

在石化企业探索 5G 专网智能化应用，利用 5G 多种先进技术融合的方式，推动厂区自动化和智能化水平，助力企业精益生产、优化协同、本质安全、降本增效

研发一套自主可控的石化工业互联网平台的解决方案，并通过在生产巡检、现场安全等业务领域进行典型场景的 5G+工业互联网融合应用研究与解决方案。

价值点：围绕 5G 特性及相关技术，开展安全生产运行等业务领域典型应用场景研究，形成一套支持 5G 与工业互联网融合应用的可推广的行业应用解决方案，为石油化工行业提供智慧工厂应用示范。

建立测试床的目标：探索现有技术未经验证的新应用场景模式

建立测试床的背景：面向石油化工行业流程工业领域研究 5G+工业互联网融合应用

拟解决的关键问题：

1. 融合应用的具体问题

a) 巡检作业人员定位难问题：

当前巡检业务痛点频次高、人员多：7\*24 小时频次，1 次/2 小时；同时外操人员 100+。人员定位、巡检轨迹难以查询，管理人员无法实时获取现场人员情况，想做到全方位的监管更加困难。

人员定位缺失/不精确（GPS 屏蔽；RFID 需海量 Beacon；蓝牙/WiFi 受工厂复杂场景多径、干扰影响，精度约 3-5m）。

b) 无人机复杂管线巡检难问题

厂际间管廊的巡检，距离长，管子多，人工巡检费时费力，巡检耗时长。沿途部分区域也不方便人员靠近，对管廊上管线的巡检做不到全覆盖，巡检质量无法保证。

c) 现场施工作业实时智能监管问题

目前，企业没有统建的工业 4G/5G 网络或全区域无线网络，票证管理未实现移动办公，固定视频设备的部署密度不够，且由于网络条件的制约，移动视频也无法实时接入视频监控网络，无法实时监控作业监理人员是否在现场开票签票，无法实时监控施工人员作业合规情况，无法实时监控作业环境是否安全，安全生产管理难以到位，存在安全隐患。

## 四、测试床方案架构

---

### 4.1. 测试床应用场景

应用场景一 巡检：

基于 5G 大带宽、低时延技术、高精度定位技术空地一体化管线联合巡检和超高清视频监控的行业解决方案（智慧生产巡检）

构建智慧巡检管理应用在线平台和移动平台，规范巡检作业流程。借助智能巡检终端下载巡检任务，实时记录、自动上传巡检过程数据；通过人员定位、巡检轨迹查询，管理人员可实时获取现场人员情况；通过音、视频交互及基于 5G 网络的在线巡检，外操人

员可实时获取内操仪表运行数据，提高内外操协同作业效率，提升巡检质量，实现巡检工作智能化。

借助 5G 网络的大带宽、低时延、高精度综合定位技术，开展无人机辅助管廊（管线）巡检，运用 AI 飞行、图像识别等核心技术，基于设定好的路径，无人机可自主决策航迹、姿态、拍摄参数，获取高质量巡检数据，借助 5G 在线摄像头实时回传的影像及图像，识别现场异常（包括管线泄漏、温度异常、施工作业等），自动生成异常记录。

#### 应用场景二 现场作业管控：

##### 现场作业安全智能监管及安全行为智能识别

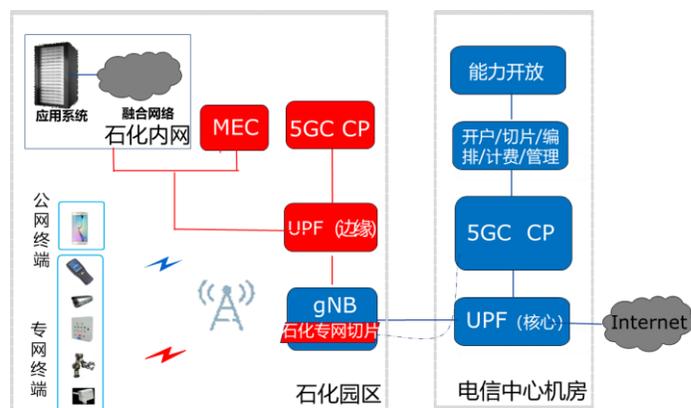
利用基于 5G 等高精度混合定位技术，变革票证管理模式和流程，实现作业票“定人员、定位置、定时间和定单位”“四定”管理，加强施工安全管理。

利用 AI 技术，建立典型移动作业监护场景，对利用 5G 传输的低时延的现场监控视频流进行计算分析，及时发现偏离作业管理规范的不安全行为。

## 4.2. 测试床架构

### 【5G 行业专网架构】

“端+网+云+用”应用体系，在石油化工工业互联网领域，通过企业内 5G 网络化改造，提供更安全、更稳定的连接服务，做强连接。通过有线、无线、专网，构建工业泛在连接体系，实现工业万物互联，助力企业智能制造发展。

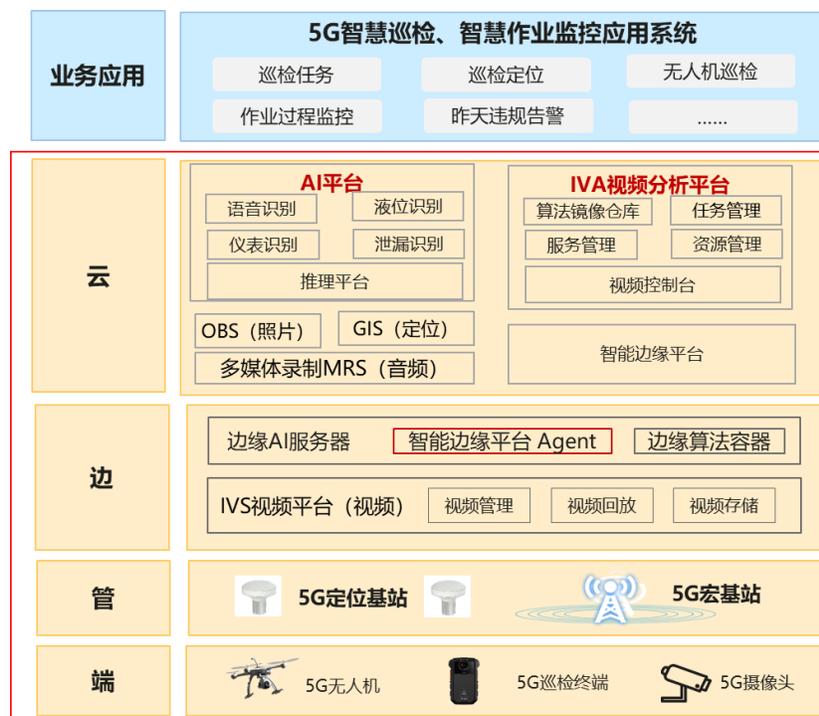


石化行业 5G 专网需求：

- 实现全生产要素互联，支撑 5G+智慧石化应用；
- 防爆微站等设备部署需满足石化行业安全标准；
- 高度的安全性和数据私密性；
- 灵活自主的专网运营管理；
- 十万级别的广域物联，上行大带宽和低时延；

**【5G 巡检与作业监控测试床项目整体架构】**

- 宏站-微站部署架构：石化厂部署 5G 宏站，信号覆盖弱及重点巡检定位区域，增加微站部署；
- 边缘-云协同分析架构：视频上传云端训练构建算法分析模型，算法通过边缘计算服务推送至本地进行分析；
- 巡检定位确认：巡检终端将 5G 信号发送到 5G 定位基站，结合定位算法服务器计算出终端所在位置，上传到云上 GIS 平台，提供给应用系统定位确认模块；
- 无人机巡检：无人机通过 5G 信号实时上传可见光+红外+气体检测数据，结合 AI 算法识别，实时预警；
- 现场作业监控：5G 音视频记录仪、或者 5G 摄像头拍摄现场视频，通过 5G 网络直接上传至边缘 IVS 视频平台，并对接到作业过程监控应用。



### 4.3. 测试床方案

#### 【5G+工业互联网融合应用方案】

#### 1、5G 巡检人员定位

利用 5G 高精度定位技术，借助 5G 巡检终端，对巡检人员实时定位精度<2m。

- (1) 基于 5G 防爆智能移动巡检终端，在需要精准定位的地点，基于小站 UTDOA 技术，定位算法，实现亚米级定位
- (2) 定位技术从 3GPP R9 演进到 5G R17，小站定位目标亚米级精度 ([0.5m 精度@90%](#))
- (3) R18+后，随车联推广，室外宏站未来目标亚米级定位。
- (4) 基于 5G 定位技术，实现现场巡检人员位置监控及历史轨迹回放。

#### 2、5G 无人机空地一体化联合巡检

利用 5G 大带宽/低时延/高精度定位/AI 等技术，使用智能移动终端/摄像头/无人机等设备，对人员无法到达的地方的全方位巡检，实现空地一体化管线联合巡检。

- (1) 管线巡检采用无人机联合巡检，尤其要依靠低时延与米级高精度定位技术，才有可能保证管线复杂环境的实时精准低飞巡检。

- (2) 基于设定好的路径，无人机复杂管线低空平飞，可自主决策航迹、姿态、拍摄参数，获取高质量巡检数据，识别现场异常；
- (3) 无人机也可在人工控制的情况下，实时精准远程操控进行特定部位的巡检确认，确保巡检全覆盖，提高巡检质量。

### 3、现场作业安全管控

- (1) 利用利用 5G 大带宽、低时延技术特性，实现移动视频实时、快速上传，并利用 AI 技术对视频流数据进行智能分析。针对职工在作业现场的操作合规，安全防护合规，进行实时视频采集，通过边缘算法进行识别响应，对不合规，不安全，不谨慎的操作进行实时管理，告警同步；
- (2) 5G 专网无线连接，固定+移动摄像头多点便捷、实时监控；
- (3) 借助 5G 专网超级上行，作业违规算法下沉边缘 AI 服务器，借助 AI 算法，用音视频记录仪监控，并自动识别主要 7 类违规作业行为。

## 4.4. 方案重点技术

- 1、 基于 5G、AI、高精度定位的现场作业不安全行为智能识别。
- 2、 研发 5G 一体化防爆智能终端。
- 3、 提供基于 5G 高精度定位技术空地一体化管线联合巡检行业解决方案，无人机巡检识别多根平行复杂管线缺陷，以及低空飞行精准定位，安全远操。

## 4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

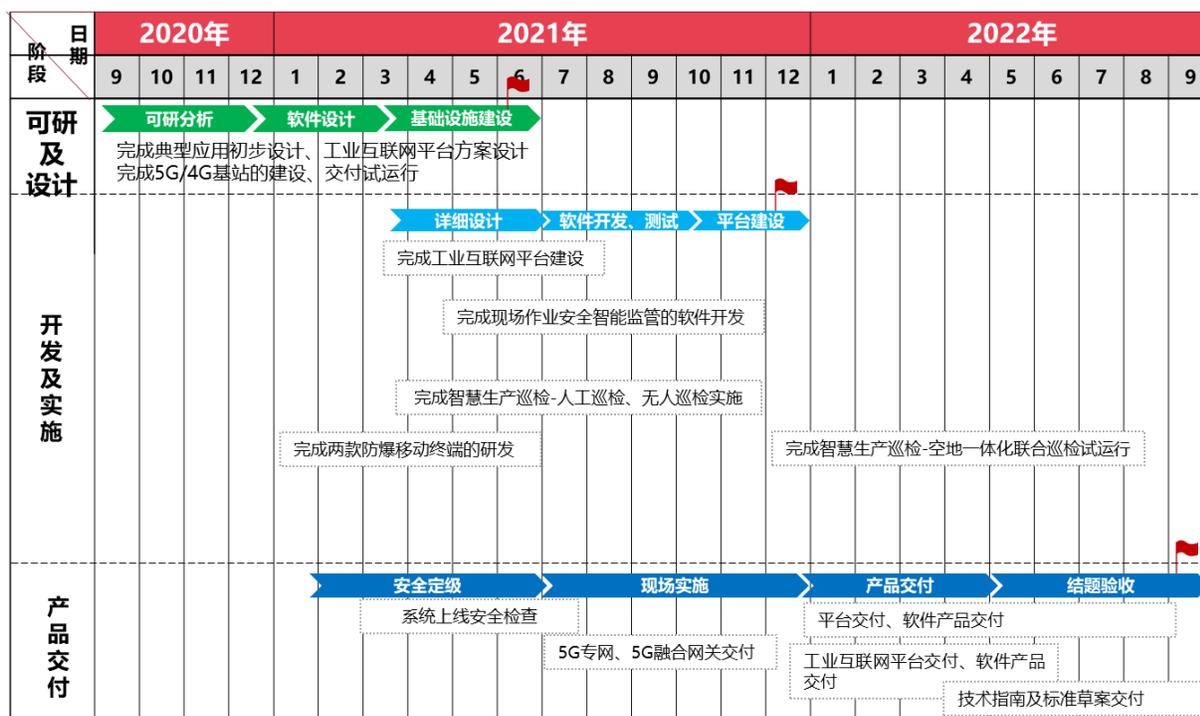
在石化企业内部署 5G 专网，探索 5G 专网智能化运营，研发一套自主可控的石化工业互联网平台的解决方案，包括工业互联网平台技术架构及软硬件平台体系，并通过在安全生产巡检、现场作业监控等业务领域进行典型场景的 5G+工业互联网融合应用研究，形成一套支持 5G 与工业互联网融合应用的石油化工企业整体解决方案。

## 4.6. 方案安全风险控制

- 1、在 5G 专网建设方面，由于石化现场存在大量超大型复杂生产设施，对信号覆盖影响较大，同时石化行业有特殊的行业安全标准，对设备的防爆抗干扰有很高要求，需要在防爆区域布设防爆微站进行信号补盲。目前，该领域尚无行业标准，存在一定实施风险。
- 2、联合安全防爆领域的专业厂商，共同研究和制定行业标准，合作研发防爆微站。以最高安全标准在实验室环境充分验证的基础上，再开展现场验证，最终形成一套行业标准。

## 五、测试床实施部署

### 5.1. 测试床实施规划



### 5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

“端+网+云+用”应用体系

在石油化工工业互联网领域，通过企业内 5G 网络化改造，提供更安全、更稳定的连接服务，做强连接。通过有线、无线、专网，构建工业泛在连接体系，实现工业万物互联，助力企业智能制造发展。

#### 1. 终端技术

对一体化防爆智能终端、视频终端、无人机终端等进行 5G 网络化、智能化改造，实现终端感知一体化；

#### 2. 网络技术

5G 网络、5G 专网、有线网络、NB-IoT 构成智能网络；

#### 3. 云网技术

实现云服务管理、设备联网、大数据分析等，云网融合为体系基础；

#### 4. 应用技术

主要是在石油化工生产、设备健康诊断、节能减排、视频监控等场景开展示范应用。共性技术作支撑保障，包括有安全防护、网络测试、大数据驱动业务发展等内容

### 5.3. 测试床实施的自主可控性

形成 5G 在石油化工行业的专网，通过建设专用的 5G 核心网，实现对数据安全和通信质量的自主控制；研发一套自主可控的工业互联网平台，支持不少于 10 万点生产环境/工艺参数感知的数据服务。

## 六、测试床预期成果

---

### 6.1. 测试床的预期可量化实施结果

#### 1. 5G+工业互联网融合应用场景

##### 1) 现场作业安全智能监管：

- ✓ 单环节操作响应不超过 4 秒
- ✓ 实现 200 用户的并发操作
- ✓ 宏基站每小区支持 8-10 路 4K 摄像头（@ 3.5GHz 100MHz 频谱，1:3 时隙配比）

- ✓ 单路移动 4K 高清音视频记录仪，5G 上行带宽 15~25Mbps
- ✓ 专网 E2E 业务时延 50~80ms
- ✓ 可靠性满足 99.9%

## 2) 智慧生产巡检

- ✓ 系统普通页面响应速度 5 秒以内
- ✓ 复杂页面响应速度 10 秒以内
- ✓ 能够同时提供 200 个用户在线应用
- ✓ 系统能够实现 2K/4K 以上视频实时传输
- ✓ 系统能够实现米级 (<2m) 定位
- ✓ 无人机上行带宽 20~40Mbps
- ✓ 无人机控制 E2E 时延<20ms
- ✓ 无人机业务 E2E 时延<200ms
- ✓ 无人机可用度 99.9%

## 2. 5G 专网业务

- 1) 工业控制业务数据不出厂区
- 2) 工业控制 E2E 传输时延 10~20ms;
- 3) 工业控制可靠性满足 99.99%

## 3. 专利

- 1) 计划新增知识产权 3 项

## 6.2. 测试床的商业价值、经济效益

打造经济发展新动能。带动新型基础设施建设的投资，促进稳增长目标的实现，同时拉动新一代信息技术、高端人才等创新要素投入，增强经济长期发展动力

提升企业经济效益。在石油化工领域将创造更多高质量供给，适应消费升级需要，催生出新型服务消费和产品消费。预计未来 5 年，通过 5G 融合应用间接带动经济增加值达万亿以上经济规模。

采用基于 5G 高精度定位技术空地一体化管线联合巡检和超高清视频监控的行业解决方案，可落实巡检职责，确保巡检质量，按每年减少两次事故评估，合计 1000 万元/年。

### 6.3. 测试床的社会价值

推动产业发展高端化。推动生产制造服务体系升级、产业链延伸和价值链拓展，实现产品高端化、装备高端化和生产智能化，促进企业升级转型，助力实体经济迈向价值链中高端。

形成典型示范。实现生产运行、设备管理、现场安全、节能环保等业务领域的 5G 与工业互联网融合应用的研究，形成石油化工有限公司构建 5G 融合应用标准，为石化行业 5G 与工业互联网应用提供典型示范。

激发社会主体创新力。5G 将推动信息通信技术应用场景从移动互联网拓展至生产制造等多个领域，为企业和专业人员创新创业提供广阔空间。通过 5G 将实现跨设备、跨系统、跨行业、跨区域的全面互联互通，促进海量数据汇聚和研发生产资源共享，为各行业赋能、赋智，提升社会主体创新创业能力。在直接贡献方面，5G 将带动的就业机会达百万个。

### 6.4. 测试床初步推广应用案例

本项目主要面向石油化工有限公司流程工业领域，首先研究适用于装置现场复杂环境下高可靠、高安全、抗干扰的 5G 行业专网架构和部署方案并搭建自主可控的 5G 工业互联网平台。

其次，研究 5G 接入场景下基于工业大数据的机器学习与工业机理混合建模、可视化分析等集成技术以及基于 5G、高精度定位技术、AI 等等关键技术。

进而，围绕 5G 特性及相关技术，在生产运行、设备管理、现场安全等业务领域选取企业的典型应用场景进行验证。最后，形成一套支持 5G 与工业互联网融合应用的可推广的行业应用整体解决方案，为石油化工有限公司提供智慧工厂应用示范

## 七、测试床成果验证

---

### 7.1. 测试床成果验证计划

2021.12，计划完成基于石化工业互联网平台开发的相应融合除无人机智能巡检以外的应用场景，以及应用软件的关键技术测试、算法验证及学术验证

2022.Q3，计划完成无人机智能巡检应用场景，及管件技术测试和验证

### 7.2. 测试床成果验证方案

应用软件关键技术验证：

1. 5G 专网业务数据不出厂区
2. 基于 5G 的智慧巡检
  - a) 一体化防爆智能终端系列；
  - b) 高精度定位技术
  - c) 空地一体化管线联合巡检
  - d) 海量超高清视频并行上传
3. 基于 5G、AI、高精度定位的现场作业不安全行为智能识别

## 八、与已存在 AII 测试床的关系

---

不涉及

## 九、测试床成果交付

---

### 9.1. 测试床成果交付件

### 【方案】

- 1、自动报警触发
  - 1) 自动报警自动触发机制
  - 2) 分级报警模型和实时监测核心模块
  - 3) 分级报警模型和实时监测模块验证和测试
- 2、地图自标注
  - 1) 地图自助标注机制
  - 2) 自助标注模型核心模块
  - 3) 自助标注模块验证和测试
- 3、5G+工业互联网融合应用
  - 1) 智慧生产巡检（人员定位、无人机巡检）
  - 2) 现场作业安全智能管控

### 【创新产品】

1. 5G 防爆智能终端
2. 5G 防爆边缘设备
3. 5G 高清 AI 移动超视频设备
4. 5G 红外摄像头+自动扫描设备
5. 空地一体化管线联合巡检无人机
6. 5G 融合网关

### 【标准及专利】

1. 标准：5G+石化智能工厂的技术标准
2. 新增知识产权：
  - a) “5G+物联网+边缘”的炼化企业网络融合架构
  - b) 基于5G、AI、高精度定位的现场作业不安全行为智能识别
  - c) 提供基于5G高精度定位技术空地一体化管线联合巡检和超高清视频监控的行业解决方案

## 9.2. 测试床可复制性

测试床可复制性于油气行业上游油田、能源矿区等安全、环保要求高的生产园区

### 9.3. 测试床开放性

测试床具备开放性，5G 终端与模组，通过标准空口协议接入 5G 网络，同行企业都可共同参与

## 十、其他信息

### 10.1. 测试床使用者

测试床向中石化炼化工厂单位开放，并邀请多家伙伴共同参与（包括石化盈科、拓盛、三藏科技等）

### 10.2. 测试床知识产权说明

拟新增高质量知识产权内容及布局，新增高质量知识产权列表：

核心成果	主要内容
基于 5G、AI、高精度定位的现场作业不安全行为智能识别	利用基于 5G 等高精度混合定位技术，实现作业票“定人员、定位置、定时间和定单位”“四定”管理。 利用 AI 技术发现偏离作业管理规范的不安全行为，加强施工安全管理。
提供基于 5G 高精度定位技术空地一体化管线联合巡检和超高清视频监控的行业解决方案	实现装置 5G 在线巡检应用，满足现场音视频实时传输；实现基于 5G+AI+红外的装置高位定点巡检，满足空地一体化无人机管线巡检。

### 10.3. 测试床运营及访问使用

建设 5G 行业专网，助力石化行业打造城市型智慧炼化工厂，实现全生产要素、全产业链、全价值链的全面连接，对各类数据进行采集、传输、分析、数字建模并形成智能反馈，创新生产运营管理模式，实现覆盖生产运营、设备管理、安全管理、节能环保、供应链管理等方面的智能应用。

数据管理运营：提供统一管理入口，在环保地图，风险分析，储运协同等业务领域，实现统一告警、性能监控、用户管理、租户管理、风险预测、智能运维等，并提供运营功能支撑；平台开放南向和北向接口。

终端设备的统一接入及网络的智能化运营：研发适用于多场景条件下的接入 5G 网关，支持多协议、高带宽及安全加密，并基于 5G 核心网能力开放接口及自服务门户，为企业提供网络智能运营服务。

## 10.4. 测试床资金

经费预算及合理性评估（包括设备费、材料费、测试化验加工外协费、燃料动力费、差旅费/会议费/国际合作与交流费等）

本项目总投资约 3500 万元，包括广东省科技厅出资，申报单位与参与单位自筹

## 10.5. 测试床时间轴

第一阶段（2020.09-2021.7）

- 主要工作内容：  
完成可行性研究和概要设计
- 成果形式：  
可行性研究报告 1 篇，初步设计报告 1 篇

第二阶段（2021.07-2021.12）

- 主要工作内容：  
完成详细设计和软件研发
- 搭建软件正式生产环境，完成正式版本软件开发及功能、性能、安全测试
- 成果形式：  
详细设计报告 1 篇

### 第三阶段（2022.01-2022.06）

- 主要工作内容：  
完成软件部署、工程实施和上线运行

## 10.6. 附加信息

无