

# 1 5G URLLC 下沉工业 OT 层应用测试床

## 1.1 引言/导读

华为引领5G产业，在标准技术、产品解决方案、行业应用，不断创新合作，成为通信行业的先进设备供应商，帮助运营商服务广大用户，并建设数字化社会。5G URLLC在行业的主要应用领域之一是工业自动化控制，本次期望与工业自动化厂商联合创新，验证5G-A URLLC稳定时延的技术可行性，打通产业断点，推进5G URLLC及工业5G产业快速发展。

联通是领先的5G通信服务商，响应国家新基建以及十四五的规划，加快5G网络建设和服务，并积极发展在垂直行业的应用。联通也在网络技术架构方面不断创新，推动5G URLLC场景快速落地。2021年3月，中国联通发布了《CUBE-Net 3.0网络创新体系白皮书》，表示将在云网融合与算网一体、开放光网络与云光一体、5G网络与确定性服务、云网大脑与智能运营、泛在弹性超宽接入等领域开展科技创新工作。产业方面，发力国内主要汽车车厂，建设5G工厂，如华晨宝马/长春一汽/长安汽车/长城魏牌/广汽本田、比亚迪智慧工厂。

精诚工科汽车系统有限公司保定自动化技术分公司隶属于精工集团，为长城汽车股份有限公司全资子公司，成立于2018年6月26日。公司经营范围主要包括：工业自动化、传动及控制设备、工业机器人集成、仪器仪表系统的研发、设计、制造等，公司21年营业收入超过10亿元。一方面现有工业通信网络采用硬介质布线，存在诸多应用痛点，若5G无线通信技术能够在工业通信领域得到应用，将打破现有传统硬介质网络架构，从根本上消除现有工业网络痛点；另一方面，国内一线传统线体集成商有业务转型的迫切需求，5G工业应用技术的研究与落地成为工业转型的一个重要突破口。

勃傲自动化是汽车产线tie2集成商，连续9年被大众评为TOP1供应商。工业协议是工业自动化的重要组成部分，传统工业通信以有线技术方案为主，对其技术原理以及在汽车行业的应用有10多年的丰富经验。5G URLLC为工业通信网络带来新的变革，工业协议与5G的对接成为关键。

5G工业互联脱虚向实，通信与工业融合实现产业升级。2020年中国5G通信产业规模达5000亿，随着5G无线通讯技术不断成熟，各大企业都在基于5G技术探索落地应用场景，在5G十大先锋应用领域中工业互联网领域5G市场空间最大，且处于探索期。5G及5G-Advanced标准持续演进，URLLC能力不断提升；5G URLLC将使5G成为真正的工业5G网络，让工业自动化真正走向网络化、柔性化和智能化的变革，使工业制造实现产业升级。

## 1.2 关键词

5G/5G-Advanced、URLLC、IT/OT融合、无线实时/非实时一张网、工业实时控制

## 1.3 测试床项目承接主体

### 1.3.1 发起公司和主要联系人联系方式

公司	联系方式
华为技术有限公司	谷蓉婷 gurongting@huawei.com 马欣 hw.maxin@huawei.com

### 1.3.2 合作公司

公司	联系方式
中国联通	王世茹 wangshiru@chinaunicom.cn 徐蕾 15632280938@wo.cn
精诚工科汽车系统有限公司 保定自动化技术分公司	袁占江 yuanzhanjiang@bdjgqc.com 张向业 jgzdhdq@bdjgqc.com
上海勃傲自动化	谭乐 le.tan@ba-automation.net

## 1.4 测试床项目目标

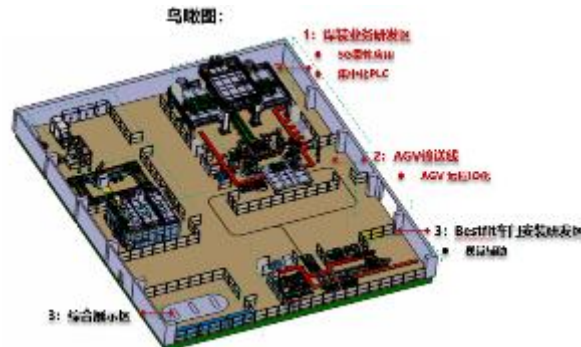


本测试床将完成以下几方面的创新:

1. 5G URLLC能力提升: 4ms@5个9, URLLC模组定义
2. 工业协议over5G的跨层技术: 业务协同以提升系统效率
3. 5G下沉OT层的联合创新: 5G-A URLLC柔性产线, 及5G+OT应用, 如5G+随行夹具, 5G+远程IO化AGV或EMS, 5G+集中化PLC, 5G+机器人夹具/固定设备无线化等

## 1.5 测试床方案架构

### 1.5.1 测试床应用场景



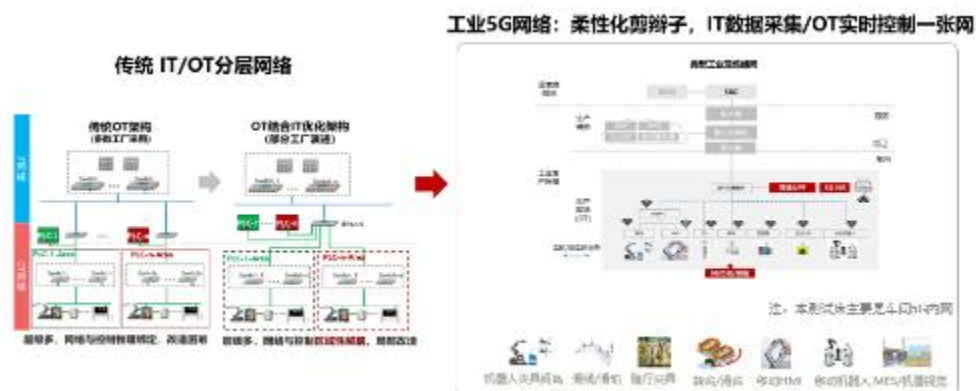
本测试床针对5G-A URLLC在汽车主要工艺中的应用进行联合验证。主要包括焊装白车身模拟产线, IO化AGV输送线, 智能安装线。

本次阶段1，完成5G-A URLLC在焊接产线和AGV输送线的E2E验证。该产线代表了未来汽车柔性生产的发展方向，从传统按计划排产到未来订单式生产，由立体库+随行夹具可以匹配多种车型，机器人+工具切换可以支持多种混合工艺，整个产线形成模块化的部署，匹配车间不同工艺不同车型的生产需要。

如下图所示，是生产汽车后车门的焊装柔性产线，由四台机器人通过切换工具，配合完成抓件、焊接、涂胶、滚边多种工艺；并结合立体库随行夹具，支持多种车型的后车门的混线生产。



## 1.5.2 测试床架构



本测试床针对的是工厂内网，由传统的IT/OT分层网络，演进为工业5G实时网络，支持柔性化剪辫子，IT数据采集/OT实时控制一张网。

## 1.5.3 测试床方案

测试床焊接生产线可完成前门、后门两种制件生产，当前以后门生产为例进行具体工艺方案的介绍：

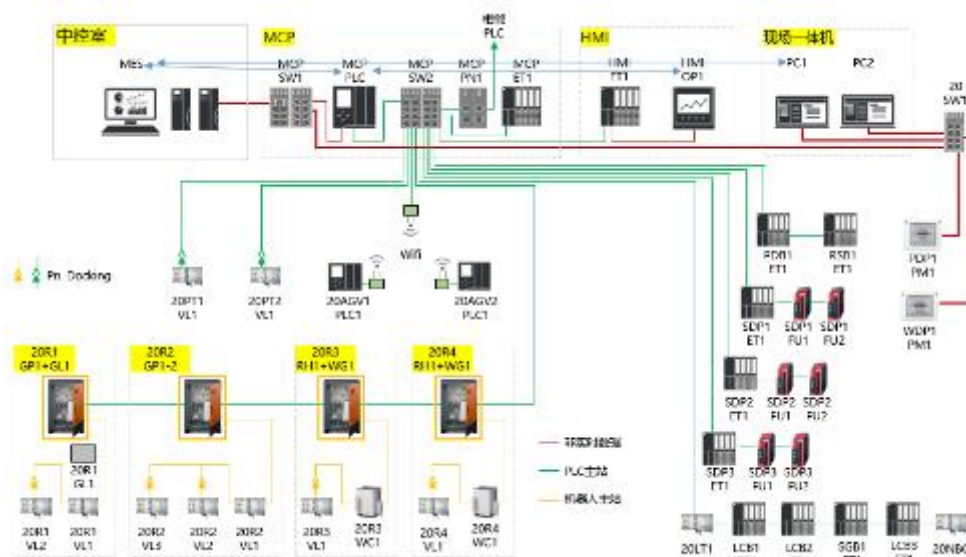


工艺方案：①AGV小车携带内板总成夹具运行至KD件库区，10R1机器人通过视觉系统分别抓取后门内板和内板小件，放到AGV上；②AGV运行至20工位后，R2从AGV上抓取内板和内板小件放到内板总成焊接夹具上，R3、R4开始焊接；焊接完成后R2抓取内板总成，空中对接给R1开始涂胶，R2将抓手放到内板夹具上，之后NBG开始切换胎模夹具；切换完成之后，R2切换外板抓手将外板放到胎模夹具

上，R1涂胶完成后将内板总成放到胎模夹具上，R3抓取胎模压紧装置放到胎模夹具上压紧制件后，R3和R4切换伺服辊头开始辊边；辊边完成之后，R1机器人抓取总成制件对接给20R2，20R2再将总成放置到AGV上；③AGV拉着车门总成返回10工位，10R1切换抓手，抓取车门总成，在七轴上移动到安装位置，同时NC顶升完成车身定位后，抓手携后门总成与车身进行匹配，完成车门安装。

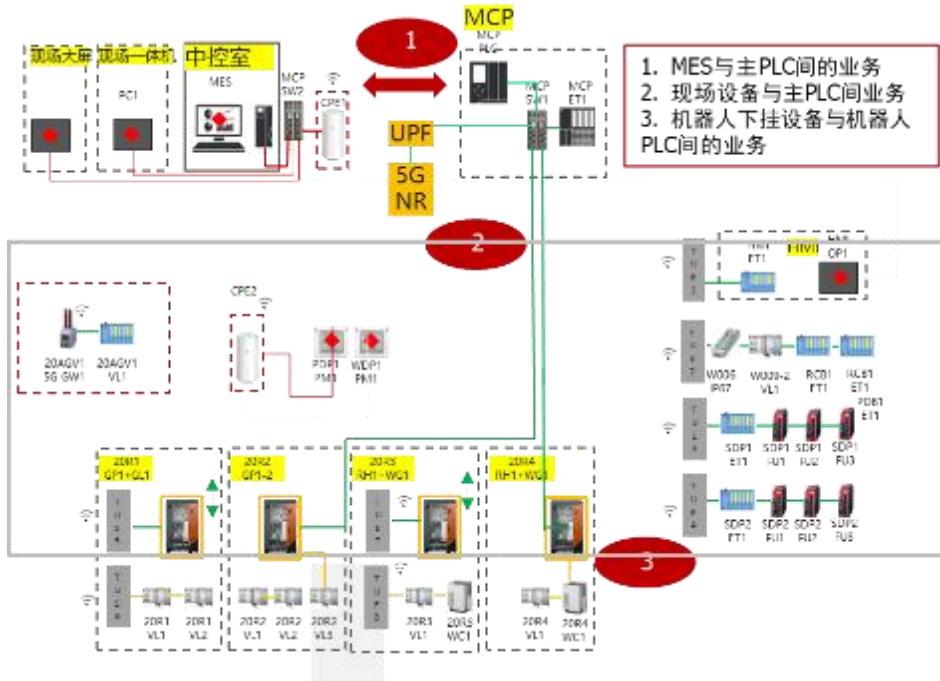
该方案有两台AGV同时作业依次循环工作；后期可根据需要扩展，通过新增机器人工装夹具实现车门所有小件全工艺焊接生产。

传统工业通信组网，以主PLC为中心，主PLC到SCADA/MES采用IT化组网，主PLC到现场设备/IO采用OT化实时组网。在车间OT网络内部，在车间环网之下，也存在2-4级有线组网。传统的工业有线网络集成方案如下图：



而采用5G网络之后，现场设备可以在车间内部实现一跳接入，直接与主PLC通信，同时也可通过车间环网接入服务器，进行数采等业务交互，从而大幅简化车间组网。5G组网具备扁平化、实时/非实时一张网、5G URLLC/eMBB/定位多种业务QOS保障机制。

本测试床阶段1采用5G-Advanced技术样机，进行该柔性产线的验证，通过5G-A URLLC连接实现主PLC到现场设备之间的实时工业网络无线化。其中主PLC从5G UPF接入，现场设备从5G UE接入；5G-A URLLC终端采用测试终端TUE，因TUE数量有限，现场设备多数采用级联方式接入5G网络。具体组网如下图所示：



5G-A URLLC网络的现场部署,采用lampsite小基站, pRRU间距10m\*12m, UPF下沉车间, 部署在产线边。

### 1.5.4 方案重点技术

5G-A URLLC技术样机, 为满足4ms@5个9的业务诉求, 采用以下关键技术:

- 采用两个TDD载波, 配置成互补配比, 构建类似FDD帧结构避免空口业务包传输等待, 降低时延, 同时具备TDD上下行信道互易性等优势, 获取可靠性和容量增益。
- 5G UPF下沉车间, 且实时处理能力<0.5ms

### 1.5.5 方案自主研发性、创新性及先进性

本测试床方案的自主研发性、创新性及先进性如下:

参与者	自主研发	创新性/先进性
精诚工科汽车系统有限公司保定自	5G汽车柔性产线主要工艺: 5G焊装白	业内首个5G下沉OT的汽车产线应用 覆盖汽车主要工艺, 三、5G下沉OT层的联合创新: 5G+随行夹具, 5G+远程

自动化技术分公司	车身自动线，5G智能装配线；5G AGV 输送线	IO化AGV或EMS，5G+集中化PLC (现场机器视觉/数据采集/OT控制，MES等融合)，5G+柔性产线(机器人夹具/固定设备无线化)，重定义柔性产线。
华为技术有限公司	5G URLLC 网络样机/5G TUE	5G URLLC技术创新，4ms@5个9
上海勃傲自动化系统有限公司	5G URLLC+工业协议对接/ 5G 工业终端产品/5G URLLC 验收设备	5G与工业协议跨层，提升效率；丰富 5G化OT终端生态。
中国联通	工业5G专网-实时/非实时一张网	基于5G URLLC构建的工业5G全业务网络，将成为比传统有线+WIFI更高效的建设方案，成为下一代工业网络的发展方向。

## 1.6 测试床实施部署

### 1.6.1 测试床实施规划

测试床时间规划如下：



### 1.6.2 测试床实施的技术支撑及保障措施

四家单位已成立联合工作组，并制定测试床开展计划，其中对于阶段1的计划如下：





测试床工艺方案与焊装车间工艺方案完全按照1:1比例规划设计，覆盖整个焊装车间80%的工艺应用，测试床目前具体建设计划如下：

阶段1：3月已完成5G/5G-A 网络部署，受疫情影响，部分产线装备到货延期，7月底完成产线业务上线及E2E集成测试

阶段2：已启动，预估12月底完成

## 1.7 测试床预期成果

### 1.7.1 测试床的预期可量化实施结果



焊装模拟产线：基于立体夹具库的柔性工艺，3大类14个场景，涵盖汽车焊装全场景，涵盖80% 5G URLLC应用场景。

### 1.7.2 测试床的商业价值、经济效益

首先，本测试床将推进业界首个基于5G URLLC产线的落地。长城精工探索5G URLLC在工业自动化落地三波走，需首先完成5G URLLC的技术创新验证。



### 1.7.3 测试床的社会价值

基于5G URLLC构建工业5G实时网络，带动工业自动化三大变革：网络化、柔性化、智能化。国产工业自动化企业将借助工业5G网络，实现弯道超车，实现工业自动化产品的自主创新。



### 1.7.4 测试床初步推广应用案例

本测试床将利于5G URLLC产业推进，抓住汽车新能源产能新建的契机，聚焦的C2IO联合技术创新，E2E拉动5G URLLC工业控制产业。



## 1.8 测试床成果验证

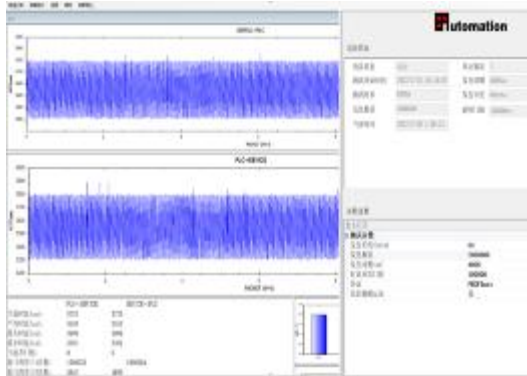
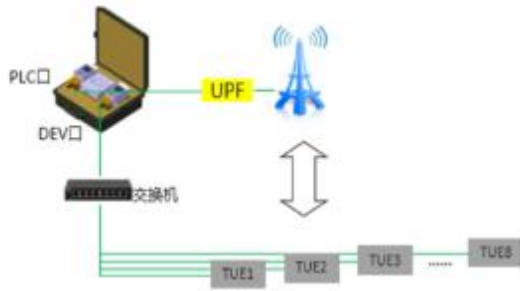
### 1.8.1 测试床成果验证计划

测试床时间规划如下：阶段1测试(2022.6)，阶段2测试(2022.12)

序号	项目	开始时间	完成时间
1	测试床方案确定	2021. 10. 15	2021. 10. 20
2	测试床电气设计	2021. 10. 31	2021. 11. 25
3	物资采购	2021. 10. 15	2022. 6. 1
4	主要设备集成落位	2021. 12. 22	2021. 12. 31
5	软件程序设计	2022. 01. 01	2022. 03. 15
6	测试床线体测试验证（阶段1）	2022. 03. 15	2022. 6. 30
7	测试床线体优化、总结（阶段2）	2022. 07. 01	2022. 12. 31

### 1.8.2 测试床成果验证方案

本测试床阶段1完成，5G-A URLLC创新技术保障4ms@5个9，可支持汽车柔性产线稳定运行。测试验证方案如下：



采用PLC-I/O现场总线分析仪，测试5G-A URLLC网络的时延，无论是PLC-I/O，还是IO-PLC均可达到4ms@5个9。

通过现场产线实际运行，5G-A URLLC网络可保证产线稳定运行。说明URLLC技术可以匹配工业控制C2IO的业务场景。

## 1.9 测试床成果交付

### 1.9.1 测试床成果交付件

本测试床的交付件如下：

参与者	主要创新成果	产业推动
精诚工科汽车系统有限公司保定自动化技术分公司	5G汽车柔性产线主要工艺： 5G焊装白车身自动线，5G智能装配线；5G AGV输送线	汽车行业5G URLLC创新应用白皮书 工业5G网络URLLC技术及测试白皮书
华为技术有限公司	5G URLLC网络样机/5G TUE	5G URLLC+工业协议 跨层白皮书

上海勃傲自动化系统有限公司	5G URLLC+工业协议对接/ 5G工业终端产品/5G URLLC 验收设备	5G URLLC模组技术手册
中国联通	工业5G专网-实时/非实时一 张网	

### 1.9.2 测试床可复制性

因汽车行业的自动化水平最高，本测试床的能力和场景，基本适用于多数离散制造的产线自动化，从而使工业5G实时全业务网络成为未来全连接5G工厂的选择。

### 1.9.3 测试床开放性

本测试床将联合汽车主机厂商，集成商，下游OT厂商联合参与。

## 1.10 其他信息

### 1.10.1 测试床资金

生产线预估资金需求如下，资金来源：公司自筹。

投资规划	投资分类	投资明细	投资金额(万元)
实验室一期投资规划 (2021-2022)	基础硬件	机器人、夹具、电控系统	850
	工业软件开发	MES系统	100
	人工费用	管理、设计、维护	50
	联通投资	5G专网	125
	总计		1125