

# 基于 5G 网络连接的工业智能化巡检测试床

中国移动通信集团政企客户分公司（简称：政企分公司），成立于 2012 年 8 月，是中国移动通信集团下属经营集团客户市场的专业化分公司。政企分公司依托于中国移动在网络、客户、渠道、业务和产业链等方面的整体优势，紧密围绕“移动改变生活”的发展愿景，为各行各业提供安全有效的行业解决方案，做质量更好、服务更优、创新更强、价值更高、管理更有效的运营商和现代服务企业。

2017 年底，国务院下发《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，其中明确指出：在 5G 研究中开展面向工业互联网应用的网络技术试验，协同推进 5G 在工业企业的应用部署。为积极响应国务院加速工业互联网应用的发展，2017 年 10 月，中国移动政企公司与广西玉柴共同成立为期 3 年的智能制造联合实验室，重点结合 5G 网络技术，开展面向车间内部设备以及厂区电力设备的智能化巡检测试验证工作。

## 一、关键词

---

5G、巡检、AR、工业机器人、图像分析

## 二、发起公司和主要联系人联系方式

---

中国移动通信集团公司政企客户分公司

杨天乐：[yangtianle@chinamobile.com](mailto:yangtianle@chinamobile.com); 13810755446

梁睿：[liangrui@chinamobile.com](mailto:liangrui@chinamobile.com); 13910102465

王科：[wangkezq@chinamobile.com](mailto:wangkezq@chinamobile.com); 13811628367

### 三、合作公司

广西玉柴机器集团有限公司

### 四、测试床项目目标和概述

项目背景及目标：

2017 年 10 月，中国移动政企公司与广西玉柴共同成立智能制造联合实验室，实验室计划为期 3 年。结合 5G、AR、智能硬件终端等技术，对玉柴传统车间进行智能化试点改造，并将试点验证的成果进行内部复制推广，逐步实现玉柴智能制造转型升级。

项目概述：

设备的定期巡检与故障排查对于产线 7\*24 小时安全生产至关重要，而传统的设备巡检存在诸多弊端，如人员误操作，假巡检，专业技能较低等，给企业的生产工作埋下了很多安全隐患。随着 5G、机器人、增强现实等技术的逐步成熟，可实现设备的智能化巡检。

本项目具体满足如下场景：

1. **工业 AR 设备点检：**借助 AR 眼镜，采集前端巡检人员观察到的实时画面，将视频图像实时回传至云端，可实现前后端人员的实时交互，同时还可以利用 AR 眼镜管理设备信息，包括维修，点检记录，保养信息等。

关键性能指标：

- a. AR 眼镜设备要求：

主要性能	指标内容	范围要求
可佩戴	最高运行温度	≤50℃
	重量	≤200g
摄像头	拍照	≥1000 万像素
	摄像	1080P
续航能力	续航时间	≥5 小时

- b. 实时性要求：

数据端到端传输时延应小于 20ms，以消除眩晕感。

c. 对 5G 网络性能需求:

功能	上行速率	下行速率	端到端时延	覆盖	连接数	可靠性 (丢包率)
AR 视频数据传输	10Mbps/ 每个终端	10Mbps/ 每个终端	<20ms	连续覆盖试点范围	50	<10 <sup>-5</sup>

2. **变电站机器人巡检:** 远程控制机器人的运动轨迹, 实时采集、回传高清视频图像至云端, 系统通过对采集到的图像数据进行人工智能分析判断变电站内设备是否存在异常, 从而大幅减少人工投入。

关键性能指标:

a. 精度要求

摄像头分辨率应达到 1080P, 可实现高倍数自动调焦和手动调焦, 满足对至少 12 米外仪表数据的清晰拍摄; 传感器采集的主要数据精度应达到下表要求:

项目	测量分辨率	测量范围	测量精度
温度	0.1℃	0~60℃	±0.1℃
湿度	0.1%	0~100%RH	±1%
TVOC	0.1mg/m <sup>3</sup>	0~5.00mg/m <sup>3</sup>	±15%

b. 移动要求:

行进速度可控, 遇到异常情况可紧急制动, 支持遥控器手动操控;

c. 实时性要求:

远程控制信息端到端数据传输时延应小于 10ms;

传感视频数据端到端传输时延应小于 50ms;

d. 续航能力要求

续航时间保证在 5 小时以上，并且在电量不足时，可自动发出告警或自动回到充电点进行充电。

e. 对 5G 网络性能需求：

功能	上行速率	下行速率	端到端时延	覆盖	连接数	可靠性（丢包率）
传感和视 频数 据传 输	20Mbps/ 每台机器 人	10Mbps/ 每台机 器人	50ms	连续覆 盖试点 范围	10	$<10^{-5}$
远程 控制			10ms			

## 五、测试床解决方案架构

### （一）测试床应用场景

场景 1（工业 AR 设备点检）：

#### 客户需求

玉柴的机加生产线具有很多高价值机床设备，需要定期对设备进行点检。玉柴传统的方式还是采用人工抄写纸质表单的方式进行设备点检，急需要通过信息化手段升级关键设备的点检方式。玉柴希望在五工段机加生产线的 HELLER 加工中心使用 AR 终端对 40-50 台机加工设备进行智能化点检，具体需求为：

1. 希望通过 AR 眼镜实现设备维修时前后端的交互。
2. 智能识别设备，管理设备信息，包括维修，保养，点检记录，设备状态等。



### 业务功能：

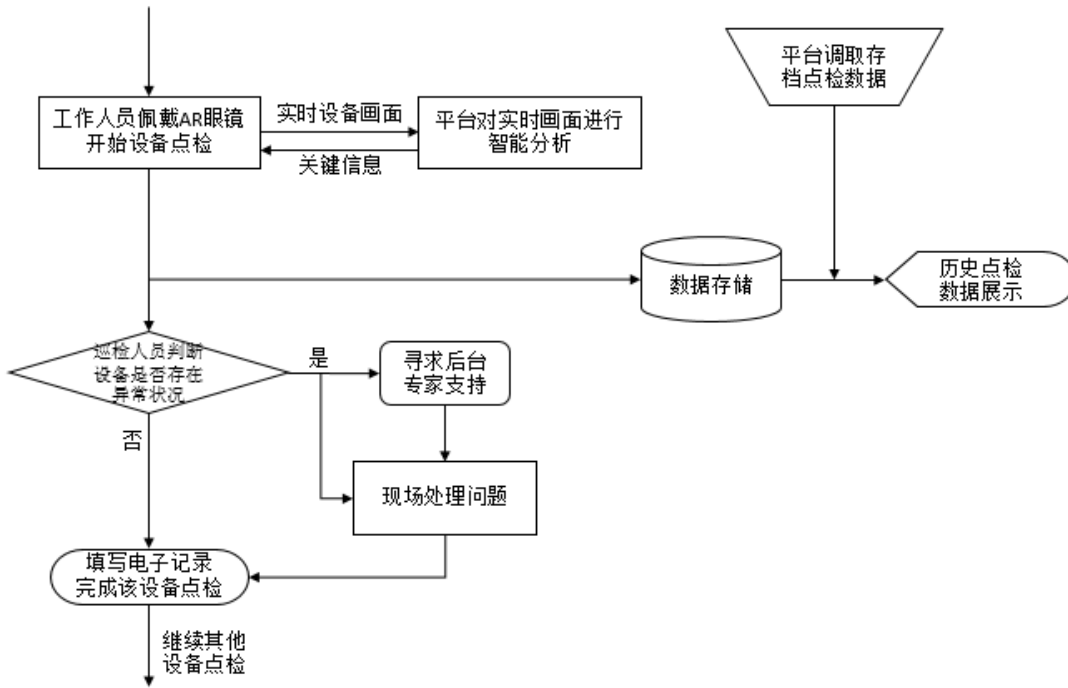
通过给点检人员佩戴 AR 眼镜，可以将 AR 终端所见的实时视频通过 5G SDN 网关组建的工业虚拟专网回传至平台，平台通过对画面进行智能分析，将点检人员需要了解的关键信息（如厂区环境参数，设备运行状况，耗损情况等）发回至 AR 眼镜终端，叠加在现实画面上，以帮助点检人员准确判断点检设备是否出现异常。当出现异常时，后台技术人员可通过 AR 眼镜摄像头拍摄的实时画面了解异常状况，并向厂区人员下达实时指令及现场操作指导等信息。通过 5G 移动边缘计算技术，保证虚拟画面叠加至现实景象的低时延，以消除眩晕感。

通过平台，主要可实现以下功能：

1. 智能识别生产设备，通过 AR 终端管理设备信息，包括维修，保养，点检记录，设备状态等；
2. 点检人员与后端技术人员的实时音视频交互；
3. 可作为教学直播平台，利用实际点检、维修过程培训新技师；

4. 平台可存储一段时间内的点检，维修视频数据，并提供调阅功能，可作为后期事故分析及追责的主要依据。

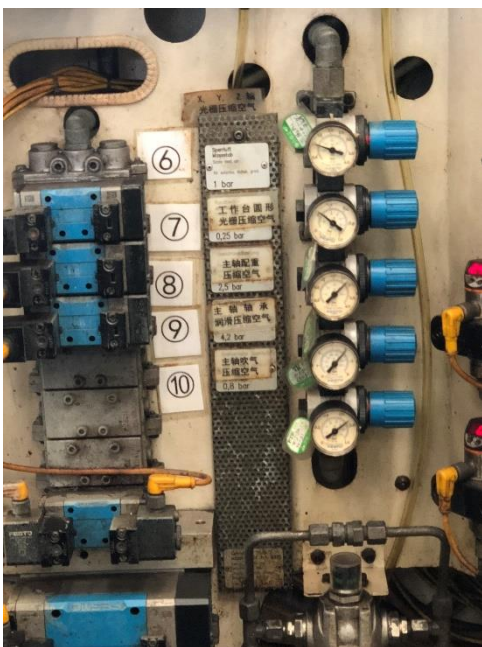
业务流程图：



场景 2（智能机器人巡检）：

客户需求：

玉柴厂区内设置了一个变电站，站内最高电压 11w 伏。目前完全依赖人工进行巡检，共 3 个巡检班，每班 2 人，一天共巡检 6 次，每个班每天巡检两次。巡检设备包括变压器、电流互感器、断路器、隔离刀闸、避雷器、PT 端子线等，巡检内容包括对仪表数值检查和记录、器件破损检查、温度检测、声音检测等。目前的问题在于巡检项目很多，人工成本高；一些设备和仪表位于 6 米以上的高处，人工查看难度大；变电站环境比较危险，工人人身安全保障要求高。



综上，玉柴希望能使用智能机器人自动化巡检的方式，减少人工巡检的工作量。

### 业务功能：

智能巡检机器人通过搭配各类传感器，红外传感技术，音视频识别技术等，可安全高效的完成巡检任务，是未来巡检的重要方式。智能巡检机器人可定时，定点，定路径巡检，根据不同场景，按需制定巡检方案。巡检过程中，通过 5G 网络回传实时高清巡检画面、设备信息、环境信息等，系统通过对收集到的数据进行人工智能分析判断厂区设备或环境是否存在异常。后台人员可对机器人进行远程实时控制，以对厂区某些地点进行重点巡查，

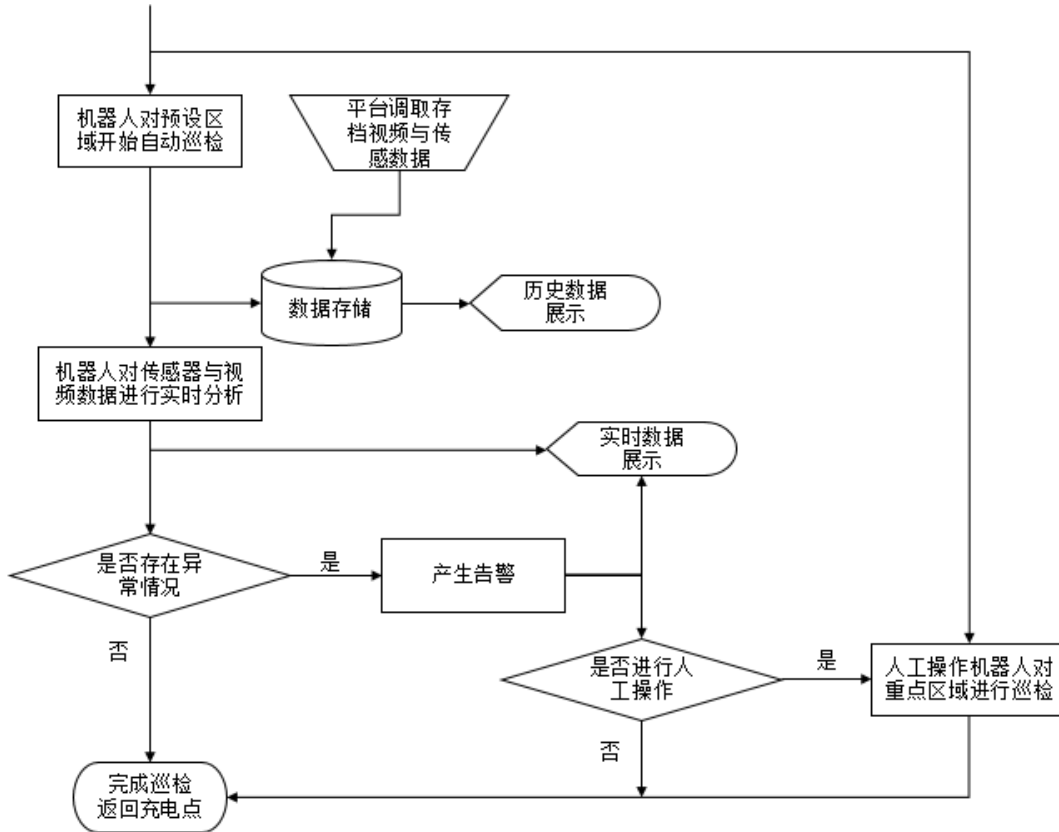
节省大量人力物力。通过 5G 移动边缘计算技术降低机器人指令传输时延，已满足对机器人进行远程实时控制的要求。

智能机器人巡检应用的主要功能：

1. 机器人可搭载多种传感器和高清摄像头，可对巡检对象的温度、声音、震动等环境参数进行检测；
2. 机器人可拍摄高清的现场画面并进行无线回传；
3. 平台可对设备及仪表画面进行智能分析，识别仪表数据及设备的异常状况；
4. 平台可对人脸、行为、物体摆放等进行智能识别，对异常环境状况或人员进行实时告警；
5. 机器人具备自主移动，自我管理，自动避障，自动充电等功能，同时通过平台，可由人工对机器人进行远程操控。

**业务流程图：**





## (二) 测试床重点技术

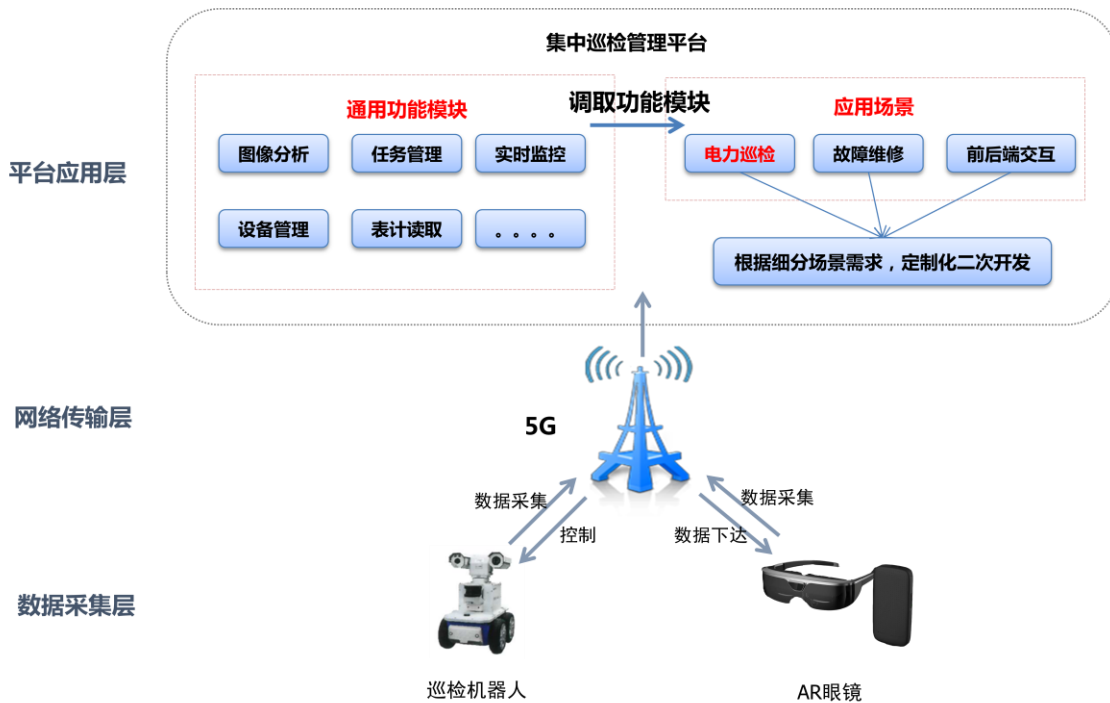
1. **5G:** 5G 技术在低时延、工厂应用的高密度海量连接、可靠性、以及网络移动性管理等方面具备显著优势，为移动设备的数据稳定传输提供了强有力的保障，打破了传统工业有线传输的禁锢。因此，5G 的发展可以真正实现信息化和工业化的深度融合。
2. **增强现实:** 通过将工厂内设备信息和虚拟世界信息进行“无缝”集成，从而把原本在现实中难以观察到的信息（温度，产品编号，故障代码等），通过设备建模，模拟仿真后再与真是场景叠加，将虚拟的设备信息实时应用到真实世界，让工人直观的观察设备的实时运行状态。
3. **机器人巡检:** 智能巡检机器人通过搭配各类传感器，红外传感技术，音视频识别技术等，可定时，定点，定路径巡检。巡检过程中，通过 5G 网络回传实时高清巡检画面、设备信息、环境信息等，系统通过对收集到的数据进行人工智能分析判断厂区设备或环境是否存在异常。

### (三) 技术创新性及先进性

本测试床利用 5G 技术的高速率、低时延、高可靠、网络切片和移动边缘计算等特性，与人工智能技术进行有机的结合，创造出基于 5G 的智能巡检业务，可大幅提升工厂内的巡检效率。通过 5G 的低时延高可靠特性可大大提高对智能机器人远程控制的实时性和可靠性，从而可利用机器人对厂区进行有效的自动巡检。

同时 5G 的高速率和低时延可大幅提高 AR 应用的实时性，大幅降低 AR 眼镜的眩晕感，使得 AR 技术可真正应用于工业领域。结合人工智能技术的机器人巡检与工业 AR 点检业务可大幅提高巡检和点检效率和效果。

### (四) 测试床解决方案架构



## 六、预期成果

### (一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

**工业 AR 设备点检：**在降低人力成本的同时，可以解决维修人员水平参差不齐的问题，提升设备维修效率。并保证巡检结果 100%的电子化，实现设备状态及保养信息的即时查看。实现的主要功能点如下：

1. 智能识别生产设备，通过 AR 终端管理设备信息、包括维修、保养、点检记录、设备状态等；
2. 点检人员与后端技术人员的实时音视频交互；
3. 可作为教学直播平台，利用实际点检、维修过程培训新技师；
4. 平台可存储一段时间内的点检，维修视频数据，并提供调阅功能，可作为后期事故分析及追责的主要依据。

**机器人巡检：**每天可节省 6 个人的巡检工作，并且还可以保证 7\*24 小时全天候巡检。可实现的功能如下：

1. 机器人可搭载多种传感器和高清摄像头，可对巡检对象的温度、声音、震动等环境参数进行检测；
2. 机器人可拍摄高清的现场画面并进行无线回传；
3. 平台可对设备及仪表画面进行智能分析，识别仪表数据及设备的异常状况；
4. 平台可对人脸、行为、物体摆放等进行智能识别，对异常环境状况或人员行为进行实时告警；
5. 机器人具备自主移动，自我管理，自动避障，自动充电等功能，同时通过平台，可由人工对机器人进行远程操控。

### (二) 经济效益

利用 AR 眼镜对工厂内设备进行日常检查维修可极大的提升效率，减少维护人员的投入成本，并可以将误操作给设备带来的潜在安全风险降至最低。传统车间设备是依靠工人凭借自身经验对设备进行维护，对工人的专业技能要求很高，且依然难以保证工人可以应

对所有故障问题。而利用 AR 技术，前端维护人员可在后端技术专家的实时指导下对所有设备的突发状况进行有效的应对。

可利用巡检机器人代替人工对变电站进行日常的巡检工作，大幅减少人员的投入。一个 300 平方米左右的变电站一天需要 12 人次的巡检（不保障夜间巡检）。而一台巡检机器人则可以承担上千平方米的变电站的日夜巡检，可以大大节省电力公司的运营成本。

### (三) 社会价值

“4G 改变生活，5G 改变社会”，这是各行各业对 5G 的普遍认知。但 5G 技术尚未得到实际的应用，因此，通过在工业领域智能巡检应用中利用 5G 网络进行实时的数据传输，可以有效的验证 5G 的传输速率，稳定性等特性，不仅可以加速发展工业的无线网络体系，突破现有有线传输的禁锢，实现工业的智能化巡检。同时还可以加速 5G 在各行各业应用的速度，给社会经济，生活带来革命性的影响。

## 七、交付件

---

最终交付 AR 眼镜 5 套、巡检机器人 1 套、集中巡检管理平台；

## 八、测试床使用者

---

广西玉柴机器集团有限公司

## 九、知识产权说明

---

中国移动享有本测试床的全部知识产权，负责项目的研发测试。广西玉柴拥有使用权，包括巡检机器人，AR 眼镜以及巡检管理平台。其中，数据模型属于双方共有。

## 十、部署，操作和访问使用

---

平台部署在中国移动 IDC/云计算资源池上，并为广西玉柴相关人员提供访问权限。

## 十一、 资金

预计约为 400 万。

## 十二、 时间轴

时间	任务	具体工作	输出内容
2018. 4-2018. 5	需求分析	与合作方沟通确认示范项目具体需求	示范方案、网络建设需求表
2018. 5-2018. 6	方案制定	完成网络建设方案，完成端到端业务解决方案	网络建设方案 端到端业务解决方案
2018. 7-2018. 8	业务验证方案	完成业务验证方案	业务验证方案
2018. 9-2018. 10	业务采购	完成业务采购需求冻结	采购需求上会材料，技术需求说明书
2018. 10-2018. 11	网络建设	完成网络建设，并达到业务需求指标	试点网络
2018. 10-2019. 3	业务采购	完成业务类采购	业务类采购合同
2018. 10-2019. 3	业务部署	完成业务部署，具备业务示范能力，进行初步业务示范	业务示范
2019. 4-2019. 12	业务验证	完成业务验证，进行业务示范，完成业务示范总结	业务示范 业务示范总结