

上海市通信管理局文件


沪通信管发〔2021〕19号

上海市通信管理局 关于印发《上海市 5G 行业虚拟专网建设导则 (2021 年版)》的通知

上海电信、移动、联通、铁塔公司、东方有线及通信相关单位：

为进一步加强 5G 行业虚拟专网建设及运营标准化的指导和规范，上海市通信管理局组织本市通信行业相关单位编制了《上海市 5G 行业虚拟专网建设导则（2021 年版）》，现印发给你们，请参照执行。

上海市通信管理局
2021 年 4 月 19 日



上海市 5G 行业虚拟专网建设导则

(2021 年版)

上海市通信管理局

2021 年 3 月

引言

5G 行业虚拟专网是新一代网络基础设施的重要组成部分，随着我国 5G 网络的建设与部署，已经在航空、船舶、钢铁、港口等领域形成了部分典型场景应用案例，为进一步加强 5G 行业虚拟专网建设及运营标准化的指导和规范，上海市通信管理局组织本市通信行业相关单位编制了《上海市 5G 行业虚拟专网建设导则（2021 年版）》（以下简称“导则”）。

本导则适用对象为对 5G 行业虚拟专网有建设需求的企业和承担 5G 行业虚拟专网建设及运营的基础电信企业。

本导则最终解释权归上海市通信管理局，执行过程中如有意见和建议，请反馈上海市通信管理局（上海市黄浦区中山南路 508 号，邮编 200010），以便今后修订时参考。

参编单位和主要起草人（排名不分先后）：

中国联合网络通信有限公司上海市分公司：黄璿、郑永清、巴枫、牛柯

中国电信股份有限公司上海分公司：叶宇航、周涛、张君霄、许浩、曹然

中国移动通信集团上海有限公司：杜艳艳、陶节良、丁睿

中国移动(上海)产业研究院：熊诚锋、陈冰

中国信息通信研究院华东分院：张雪丽、郑茂宽

上海邮电设计咨询研究院有限公司：高杰

目录

一、总则.....	- 1 -
1.1 行业应用对网络需求分析.....	- 1 -
1.2 5G 行业虚拟专网的定义.....	- 4 -
1.3 5G 行业虚拟专网的优势.....	- 4 -
二、标准演进.....	- 5 -
三、部署模式.....	- 7 -
3.1 公网部署模式.....	- 9 -
3.2 混合部署模式.....	- 11 -
3.3 专网部署模式.....	- 13 -
四、应用场景.....	- 14 -
4.1 超高清视频.....	- 15 -
4.2 AR.....	- 17 -
4.3 VR.....	- 18 -
4.4 无人机.....	- 19 -
4.5 机器人.....	- 20 -
4.6 远程控制.....	- 22 -
4.7 机器视觉.....	- 23 -
4.8 AGV.....	- 24 -
五、服务模式.....	- 25 -
5.1 建设周期及使用成本.....	- 25 -
5.2 商用模式探索.....	- 26 -
六、共建共享.....	- 27 -
七、应用案例.....	- 28 -
案例一、外高桥造船+上海联通：5G +全自动化精度检测—助力船舶行业数字化转型.....	- 28 -
案例二、宝钢股份+上海电信：5G+重载 AGV 辅助驾驶—打造高效安全厂内物流.....	- 32 -
案例三、合升机械+上海移动：树 5G 智慧工厂标杆，助力千行百业升级.....	- 39 -
附录 A、关键技术和术语.....	- 44 -
附录 B、参考文献.....	- 46 -

一、总则

2020年3月，工业和信息化部印发《关于推动5G加快发展的通知》（工信部通信〔2020〕49号），明确提出组织开展5G行业虚拟专网研究和试点，打通标准、技术、应用、部署等关键环节。随着5G商用以及新基建对5G应用的大力推进，“5G+工业互联网”内网建设改造覆盖的行业领域日趋广泛，应用范围向生产制造核心环节持续延伸，叠加倍增效应和巨大应用潜力不断释放，利用5G实现生产方式智能化、数字化转型的必要性愈发显著。在当前阶段，行业企业对网络的需求呈现差异化和碎片化，通用化的网络产品已经无法完全满足需求，需针对行业企业提供量身定制、灵活便捷的网络服务。5G技术凭借通信性能指标的大幅提升，将在工厂、能源、矿山、电力、交通、医院、教育等领域，以专属网络的形态赋能行业数字化应用场景创新及信息化业务演进，推动生产要素的数字化智能化转型，有效解决传统专网技术难以满足行业企业网络个性化业务需求的短板。

1.1 行业应用对网络需求分析

1. 覆盖场景多样化

行业企业不同的应用场景对网络能力的需求存在差异，例如工业控制场景要求的网络时延需达到毫秒级别；AR/VR视频类场景需要保障高带宽、

高吞吐量；在智慧矿山的场景中，地下挖掘作业环境的网络覆盖能力需要深达数百米，地面人员及运煤车辆调配场景下的网络则需要有较强的移动切换能力，需要一套可以灵活满足洗煤厂、办公楼、综采面、掘进面等多个应用场景的专网解决方案。

2. 网络部署局域化

不同于公共网络广范围覆盖的需求，行业企业对于网络覆盖的需求聚焦在局部区域，例如在智能港口领域，港口的地理位置偏远，占地面积广，需要对吊车作业区域进行针对性的网络覆盖与优化；同时智慧港口作业效率是关键，岸桥装卸区和堆场区的远程作业对于无线网络的时延要求极为苛刻，大约20ms左右，而公网发生断连、拥塞会对港口的生产效率带来影响。通过在园区范围内部署专网对所有生产作业区域进行重点覆盖，保障园区数据安全，降低数据传输时延，提高港口的调度能力及运输效率。

3. 网元资源定制化

不同行业企业在部署行业网络时，对于通信设备的资源配置需求也不尽相同，这就需要对网络资源进行差异化定制，例如制造业企业对网络可靠性、隔离性、安全性要求高，需要保证工业数据不出园区、对园区设备进行自动化管控，在安全隔离要求极高的情况下，园区需要将无线基站、核心网控制面及用户面网元全套部署在生产园区；对于安全隔离度要求不高的场景，例如在赛事、演唱会现场需要实现媒体机构的视

频采编、回传，在线用户可以观看赛事直播内容，场馆无需部署全套的核心网设备，只需将用户面网元以及MEC平台部署在场馆附近实现视频数据的本地分流、分发，无线基站以及控制面网元与公网用户共享，这样既可以节约建设成本又可以满足业务快速上线。

4. 网络性能可配置

行业专网需要满足网络性能可以灵活化配置的需求，例如在电力行业，公众网络出现通信拥塞时会造成数据丢失、调度失灵等电网安全事故，通过部署专网打造智能电力无线专网，将时延、带宽、可靠性等重要网络性能进行配置，保障电力调度指令及时传达到关键节点，避免网络拥塞带来的调度失灵。

5. 网络运维可管可控

区别于公网用户，行业企业对园区专网的网络设备、终端设备、数据流量等运行信息有自管自控及可视化管理的需求，包括对终端、网络设备、防火墙运行状态信息、设备活跃度等进行实时监控，通过网络运行数据来监测或预报自身的业务数据、生产效率、能耗分布区域等，实现园区海量生产设备的一站式管理。

6. 现有系统平滑对接

行业企业在进行网络升级的过程中，还需要考虑与现有 IT/CT 系统的兼容性以及可扩展性，这样利于降低园区内的网络运维成本、提高运营效

率。

面对行业应用对于网络的多样性需求，催生了5G行业虚拟专网。

1.2 5G 行业虚拟专网的定义

5G 行业虚拟专网是指依托 5G 网络定制化特性，通过 5G 网元的不同部署模式，向行业企业提供能满足其个性化业务需求、支持部分自主运营、安全可靠的虚拟专用网络。

目前，基础电信企业在提供 5G 行业虚拟专网服务时主要有三种模式：

（1）公网部署：直接基于 5G 公网，利用网络切片、DNN+QoS 等技术提供高可靠的网络服务；

（2）混合部署：复用部分公网资源，通过 UPF 下沉等方式将部分网络资源由行业企业专享；

（3）专网部署：在封闭场景中为企业建立与公共无线网络物理隔离的独立专网。

1.3 5G 行业虚拟专网的优势

5G 行业虚拟专网为行业企业提供定制化的网络及服务，对于企业来说具有以下优势：

场景化优势：行业应用场景存在区域封闭式使用场景，如港口、矿山等；网络个性化定制场景，如针对网络时延、网络可靠性、上行速率需求

等定制化要求。5G 行业虚拟专网具备 5G 网络大带宽、低时延、广连接的网络优势，通过可定制化网络特性支撑各类应用场景。

网络性能优势：5G行业虚拟专网由公网衍生而来，基础电信企业负责行业内5G网络的规划、建设、维护、优化、运营等工作，基础电信企业同时作为5G公网及5G行业虚拟专网规划与优化的责任主体，可以有效减少5G网络自干扰导致的业务性能下降问题，可以根据行业企业的业务类型（如数据采集、高清视频、AR/VR等）、业务分布、业务传输需求等优化5G网络，能够保障业务稳定、传输可靠。

运营成本优势：在5G网络建设方面，5G行业虚拟专网促使行业企业摆脱“一次性建网、一次性投入”的高成本模式，可根据自身需求采用“以租代建”“分步推进”“共建共享”等多种网络建设模式，实现网络建设的低成本化。

安全防护优势：5G行业虚拟专网可根据行业企业的安全需求，将终端、网络、应用等多层次安全保障技术进行整合，在5G网络完备的安全基础上，给企业提供定制化的安全保障，同时由于5G行业虚拟专网基于5G公网改进而来，可完全借鉴电信级大规模通信网络安全运营经验，让行业企业获得来自基础电信企业的电信级安全保障服务。

二、标准演进

5G 行业虚拟专网依托于 5G 技术，为用户提供了更广阔的网络应用方

式，5G 技术的发展演进与虚拟专网有紧密联系。5G 技术的标准化工作主要通过 3GPP(第三代合作伙伴计划)组织开展，该组织由 3 个技术规范组（TSG）组成，包括无线接入网（RAN）、业务与系统（SA）和核心网与终端（CT）。

截至目前，5G 技术标准主要涵盖 R15（3GPP Release15）、R16（3GPP Release16）、R17（3GPP Release17）三个版本。3GPP 已于 2018 年冻结了 5G 第一个版 R15，以 eMBB 为主。R15 在制定中，力求以最快的速度产出“能用”的标准，满足了 5G 多方面的基本功能。

2020 年 7 月 3 日，3GPP 宣布 R16 标准冻结，标志 5G 第二个版本标准完成。本次冻结的 R16，实现了从“能用”到“好用”，围绕“新能力拓展”“已有能力挖潜”和“运维降本增效”三方面，进一步增强了 5G 更好服务行业应用的能力，提高了 5G 的效率。R16 技术标准为 5G 行业虚拟专网标准引入增强型网络切片、5G LAN、用户面冗余等新技术新能力。

基于 5G 行业虚拟专网业务需求与技术发展，5G 商用技术目前重点考虑增强型网络切片、5G LAN 技术作为 5G 专网的演进新技术方向。面向 2B 行业企业场景，引入 NSSAAF，增加切片对终端的认证过程，构建客户安全感知的直接触点，有效提升客户业务安全；面向工业、企业办公、车联网、智能家居等场景，引入 5G LAN 技术，为客户提供私有定制的移动 LAN 服务，允许限定的终端组在广域范围内实现基于 5G 的 LAN 网络，从而在该交换环境内进行基于 TCP/IP 协议的 P2P 或广播/组播通信。

5G 的标准化之路还将继续，在未来 R17 版本中，将继续对基础能力进一步增强，如 MIMO、IAB、DSS 等，同时在工业互联网 IoT、网联无人机、定位、网络控制的交互服务等能力上继续增强，以及在卫星/非地面网络、D2D 等技术上进行研究和规范。

三、部署模式

5G行业虚拟专网是基于5G标准的网络架构进行实现，包含边缘计算、网络切片、运维管理等能力，从应用场景、地理位置、服务范围等角度，5G行业虚拟专网可以分为局域型5G行业虚拟专网和广域型5G行业虚拟专网两大类。

对于局域型5G行业虚拟专网，一般适用于业务限定在特定地理区域，基于特定区域的5G网络实现业务闭环，保障行业核心业务不出园区的需求，主要应用场景包括制造、钢铁、石化、港口、教育、医疗等园区/厂区型企业。

对于广域型5G行业虚拟专网，可以不限定地理区域，通常可基于基础电信企业的端到端公网资源，通过网络虚拟或物理切片等方式实现不同行业不同业务的安全承载，主要应用场景包括交通、电力、车联网以及跨区域经营的特大型企业等。

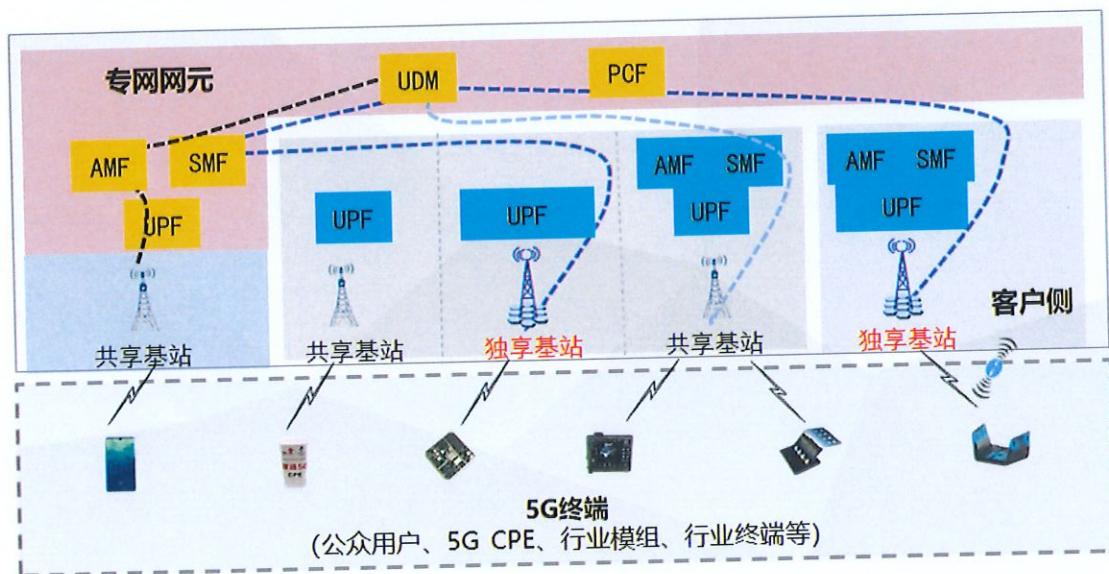


图 1 5G 行业虚拟专网的网络逻辑拓扑

5G行业虚拟专网在建设和部署的过程中，主要运用两种重要的支撑技术：（1）通过网络切片技术，构建端到端的5G行业虚拟网络，并且实现跨地域的虚拟专网形式，保障虚拟专网资源和公众网络的逻辑隔离甚至物理隔离；（2）通过UPF分流和边缘计算技术，在工厂、园区等区域内构建独享或部分独享的虚拟网络资源。与此同时，两种构建虚拟专网的技术也可以进行叠加使用，以更好地保障虚拟专网资源和质量。

每个行业都有多种多样的应用，每个企业用户也有自己独特的网络需求，如安全性、时延、上下行速率等，这就对 5G 行业虚拟专网建设提出了定制化部署需求。每个企业都可根据自身的业务/生产情况以及网络预算，与基础电信企业一起选择最适合自己企业需求的网络部署架构。依据 5G 网元部署模式，可以组合出 3 大类典型网络部署模式，如下表所示：

模式分类	基站	UPF、MEP、算力	5GC
公网部署	共享	共享	共享
混合部署	共享	专用	共享
专网部署	专用	专用	专用

表 1 5G 行业虚拟专网部署模式分类

3.1 公网部署模式

3.1.1 部署方案

该模式无需改变现有网络拓扑，利用在企业园区内已部署的 5G 基站，以及部署在汇聚/核心节点机房内的 UPF，作为多个企业/行业专网共享使用。5G 空口资源需要通过 DNN+QoS 手段区分用户，做到用户数据隔离，5GC(5G 核心网)多个企业/行业共享。该模式基于公网漫游的业务场景，适用于对价格较敏感、有一定数据安全要求、时延要求不高的行业企业。

3.1.2 方案特点

- 无线网络成本低：基站与公网共享，UPF 和 5GC 多企业/行业共享，降低部署成本。
- 方案成熟简单，通过公网下发网络配置，支持 5G 终端无感接入。
- 时延要求不高：UPF 不下沉园区，且多企业共用同一逻辑 UPF。

- 空口不可定制：无法满足定制化无线帧结构、大上行等特殊需求。

3.1.3 网络拓扑

该模式中 5G 无线接入网络设备与公网共享部署在企业园区内，不同的企业/行业共享 UPF、MEP、算力、5GC。

5G 基站：基站部署在企业园区内，企业专网和公网共享无线资源，可通过设置不同的 DNN 和 QoS 等技术手段为用户提供差异化业务，且对不同用户的业务实现逻辑上的隔离。

UPF、MEP、算力：共享硬件部署在汇聚/核心机房，不同的企业/行业共享同一硬件实体，企业/行业的数据将通过 UPF N6 接口回传至园区内企业 LAN，在一定程度上可以保障业务的时延。

5GC：共享硬件部署在基础电信企业核心机房，可基于不同的企业/行业提供企业级或行业级切片。

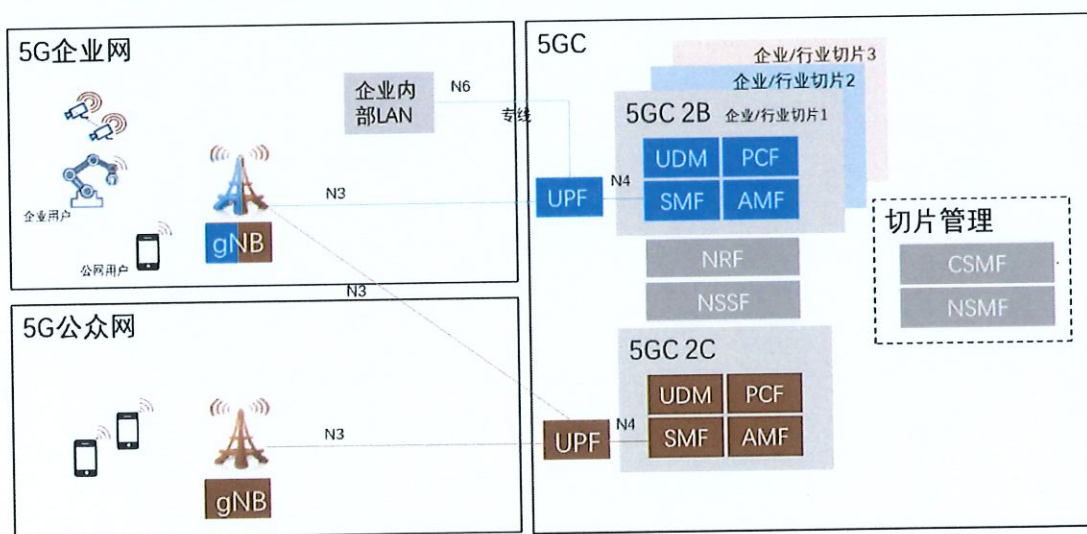


图 2 公网部署模式的网络拓扑结构

3.2 混合部署模式

3.2.1 部署方案

该模式利用在企业园区内部署的 5G 基站，作为企业专网和公网共享使用。UPF、MEP、算力可按需下沉至企业园区内部署，专网专用。也可利用部署在边缘侧的 UPF，多个企业/行业专网共享同一硬件实体使用。5GC 与其它企业/行业共享。该模式可根据企业对数据安全性、隐私性、时延要求等各方面要求灵活部署，适用于要求数据不出园区、时延要求高、有自主管理应用需求的行业企业。

3.2.2 方案特点

- 隐私和安全性：UPF、MEP、算力按照业务需求选择不下沉或下沉至企业园区，下沉则实现数据不出园区，完全保障隐私与完全性。
- 部署成本：UPF、MEP、算力按照业务需求选择不下沉或下沉至企业园区，下沉则成本较高，不下沉则 UPF 和 5G 核心网多企业/行业共享，成本相对较低。
- 低时延：UPF 可按需部署在企业园区内，可满足低时延业务需求。
- 空口不可定制：无法满足定制化无线帧结构、大上行等特殊需求的业务场景。

3.2.3 网络拓扑

该模式中 5G 无线接入网络设备与公网共享部署在企业园区内，UPF、MEP、算力按需下沉至企业/园区部署，专网专用，不同的企业/行业企业共享 5G 核心网。

5G 基站：企业专网与公网共享基站部署在企业/园区内，无线资源企业专网和公网共享，可基于不同的 DNN 区分用户。

UPF、MEP、算力：专用硬件可按需下沉部署在企业/园区内，企业/园区独享。

5GC：共享硬件部署在基础电信企业核心机房，可基于不同的企业/行业提供企业切片。

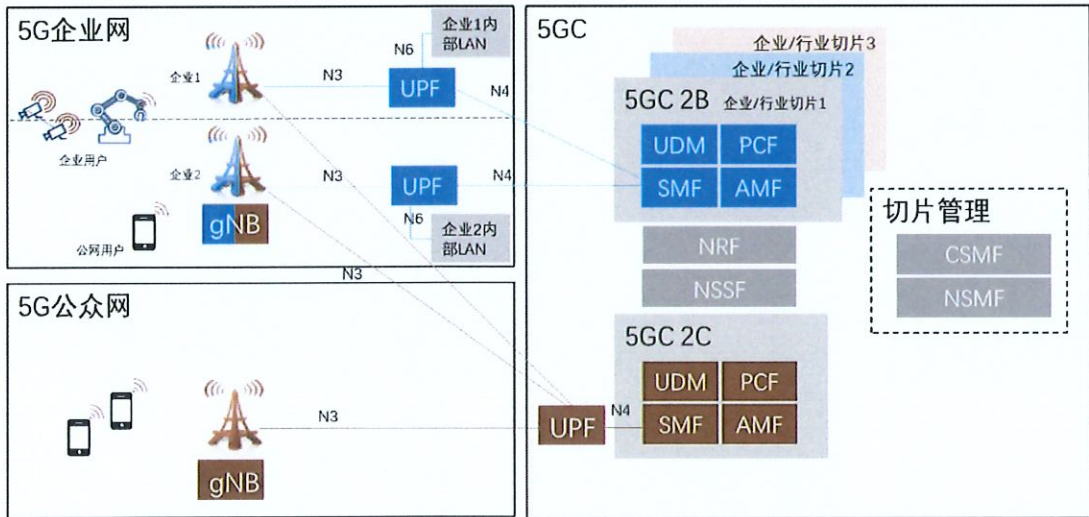


图 3 混合组网模式的网络拓扑结构

3.3 专网部署模式

3.3.1 部署方案

该模式在园区内部署一张为行业企业独享使用的定制化专用 5G 网络。独享的 5G 专网具有隐私与安全性高、超低延迟、网络资源自主可控等优势。该模式适用于矿井、核电等封闭园区场景，可满足对安全性、网络性能、自主性要求高的行业企业需求。

3.3.2 方案特点

- 隐私和安全性高：5G 网络无线侧端到端与公网物理隔离，网络资源企业可管可控。
- 超低时延：所有网络设备本地化部署，可实现毫秒级时延，满足 uRLLC 等超低时延业务的需求。
- 空口可定制化：满足特殊场景，如可定制特殊空口帧结构、时隙配比等。
- 网络部署成本高。

3.3.3 网络拓扑

该模式中所有 5G 基站、UPF、MEP、算力等网络设备部署在企业/园区内，均采用专网专用，企业/园区独享 5GC 核心网专属资源。

5G 基站：专用基站部署在企业/园区内，无线资源企业/园区完全独享（专用基站或专用频率）。

UPF、MEP、算力：专用硬件部署在企业/园区内，企业/园区独享。

5GC：专用硬件或专属资源池部署在基础电信企业核心机房，企业/园区独享，对于企业/园区内部不同种类业务可以提供业务切片服务。

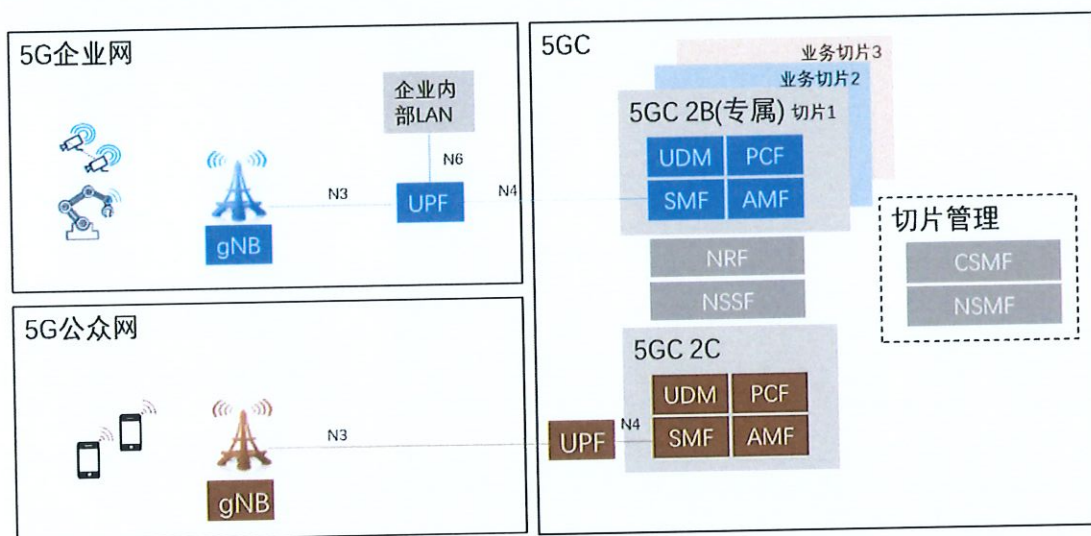


图4 专网部署模式的网络拓扑结构

四、应用场景

5G 与超高清视频、AR、VR、无人机等新一代信息技术深度融合能够催生出很多新的高价值业务场景，进而赋能传统基础设施智能改造和传统产业数字化升级。如下图所示：5G 的十大原子能力与高清视频、AR/VR、无人机等新型基础技术相融合，形成了八大 5G+ 的场景化方案，最终孵化出行业应用，赋能工业制造、钢铁、电力、矿山、港口、医疗、教育、安防等垂直行业，加速行业的智能改造和产业数字化升级，创造并发挥巨大的

价值。



图 5 5G 原子能力及场景化分布情况

5G 的十大原子能力：包括大带宽、低时延、高可靠、网络切片、边缘计算、安全、定位、授时、5GLAN、5GSLA 服务保障十个方面。

八大场景化方案：本导则采用的场景为工业互联网产业联盟（AII）的《5G 与工业互联网融合应用发展白皮书》中定义的八大应用场景，包括 5G+超高清视频、5G+AR、5G+VR、5G+无人机、5G+云端机器人、5G+远程控制、5G+机器视觉以及 5G+AGV 等。

4.1 超高清视频

5G 和超高清技术正在以直观可感的方式给视频行业带来更高效率的生产、更高质量的供给和更好体验的跃升。5G 网络在视频采集回传、视频

素材云端制作以及超高清视频节目播出三个环节助力超高清产业，为更高质量的直播业务提供更优质的网络服务，全方位赋能超高清视频直播产业。4K/8K 摄像机通过编码推流设备，将原始视频流转换成 IP 数据流，通过 5G 模组的编码推流设备将视频数据转发给 5G 基站。

5G 行业虚拟专网+4K/8K 超高清视频直播有如下优点：

1. 提供 100M 以上的上行带宽，可以支持多路 4K、VR 直播业务的上行带宽需求；

2. 广连接特性可以有效避免因接入设备过多而引发的网络拥塞；

3. 通过 5G 网络切片功能，可以为重要直播提供带宽保障和专属链路。

每单路视频的网络性能需求如下：

典型应用	分辨率	编码格式	帧率 (fps)	通信速率	通信时 延	应用范围
				(压缩后)		
高清视频 实时上传	1080p	H.264、H.265	30、60	2-10Mbps，蓝光视频 约 20Mbps	<30ms	图片视频信息 采集传输
	4K	H.264、H.265	30、60	12-40Mbps	<30ms	人脸识别等高 清视频采集等
	8K	H.264、H.265、 H266	60、120	48-160Mbps	<20ms	超高清检测等

表 2 单路视频的网络带宽需求及性能指标

超高清视频场景一般适用于公网部署模式和混合部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.2 AR

AR（增强现实）是借助近眼显示、感知交互、渲染处理、网络传输和内容制作等新一代信息通信技术，通过与人工智能技术结合，实现近眼的人机交互，将虚拟内容叠加至真实环境之上，强调虚拟信息与现实环境的融合，对感知交互要求较高。AR 应用场景包括远程协助、工业设计、辅助维修检测、互动式采购、互动导游、生产、仓储物流和服务等。

AR 应用场景需要有大量视频数据和文件的传输需求，需要足够的带宽来承载。4G 网络下上行带宽较小，无法提供网络质量保障，会导致信号的中断、卡顿，同时 4G 网络的时延也大于 200ms，无法给用户很好的 AR 体验。

5G 行业虚拟专网+云+AI 技术融合将使 AR 变得更轻便、更智能、更沉浸，有如下优点：

1. 大带宽为 AR 提供了高速通道；
2. 低时延为 AR 用户提供了良好的用户使用感受和体验；
3. 一些依赖硬件性能的视觉计算任务将由用户侧转移至处理能力更强的云端完成，降低了对终端性能和耗电量的要求，推动互动性与视频画质的持续提升，进而促进 5G+AR 产业链的快速发展，加速 5G+AR 技术赋能工业、安防、医疗、教育、文、体、旅、娱、商贸、服务等行业，助力行业快速发展。

单路 AR 应用所需的带宽取决于 AR 显示设备的分辨率以及视频源的分

分辨率、编码格式、压缩比、帧率，具体网络性能需求如下：

典型应用	分辨率	编码格式	帧率 (fps)	通信速率 (压缩后)	通信时 延	应用范围
AR 互动	1080p	H.264、H.265	30、60	下行：2~10Mbps	<30ms	远程协作、一站 式操作指导、交 互式导航、交互 式旅游等
				上行：>2Mbps		
	4K	H.264、H.265	30、60	下行：12-40Mbps	<30ms	
				上行：>5Mbps		
	8K	H.264、 H.265、H.266	60、120	下行：40~160Mbps	<20ms	
				上行：>5Mbps		

表 3 单路 AR 应用所需的网络带宽需求及性能指标

AR 场景一般适用于混合部署模式和专网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.3 VR

VR（虚拟现实）技术是一种可以创建和体验虚拟世界的仿真系统，它通过计算机模拟一种环境，生成逼真的视觉、听觉、触觉一体化的虚拟环境，使用户沉浸到虚拟环境中。VR 技术在垂直行业中主要应用于虚拟研发、虚拟装配、设备维护检修、产品展示、日常巡检、操作指引、远程协助等环节。

VR 场景和 AR 场景面临同样的问题，4G 场景下上行带宽较小，无法提供网络质量保障，无法给用户很好的 VR 体验。VR 应用场景下为了保障良好的用户体验，需要低时延的网络。

5G 网络可以解决 VR 产品由于带宽不够和时延长而带来的图像渲染能力不足、终端移动性差、互动体验不强等问题。5G 行业虚拟专网+VR 有如下优点：

1. 5G 为 VR 的内容实时采集数据的传输提供大容量通道；
2. 5G 可以将 VR 设备的算力转到云端，节省设备中的计算、存储模块，减轻设备的重量；
3. 5G 能使 VR 设备自由移动，保持与云端的稳定快速连接，数据时延低至数十毫秒级，有效减轻用户的眩晕感，增强了用户的现场体验。

VR 应用场景具体网络性能需求如下：

典型应用	体验层级	分辨率	编码格式	通信速率 (压缩后)	时延	应用范围
VR 虚拟应用	初级沉浸	2K/4K	H.264/H.265	下行:20Mbit/s	<40ms	工业设计、 虚拟环境、 事物、景点、 逻辑等虚拟 呈现、互动 感知
				上行：5Mbit/s		
	部分沉浸	4K/8K	H.264/H.265	下行：100Mbit/s~1Gbit/s	<30ms	
				上行：20~200Mbit/s		
	深度沉浸	8K/12K	H.265	下行：1~4Gbit/s	<13ms	
				上行：200~800Mbit/s		
	完全沉浸	16K/24K	H.265/H.266	下行：>4Gbit/s	<8ms	
				上行：>800Mbit/s		

表 4 VR 应用场景所需的网络带宽需求及性能指标

VR 场景一般适用于混合部署模式和专网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.4 无人机

无人机价值在于形成空中平台，替代人类完成空中作业。无人机在农

林植保、电力及石油管线巡查、应急通信、气象监视、农林作业、海洋水文监测、矿产勘探等领域应用的技术效果和经济效益非常显著。传统无人机的无线控制技术要求在视距内或较近的控制范围内进行飞行，障碍物的遮挡将导致控制信号无法有效传输，从而可能引起无人机的失控。

5G 行业虚拟专网+无人机解决方案场景有如下优点：

1. 利用 5G 网络广覆盖特性，可有效扩大民用无人机的飞行范围。
2. 利用 5G 网络切片技术提供的确定带宽隔离的虚拟专网，提供电信级的网络服务保障。
3. 利用 5G 网络大带宽特性，可实现无人机高清视频的实时回传。利用 5G 网络的 uRLLC 特性，可实现对无人机飞行轨迹的精准控制，同时搭配无人机自动起降停机坪的使用，可实现无人机的完全远程操控，大大拓展了无人机在商业、政府和消费领域的应用场景。

无人机应用场景具体网络性能需求如下：

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
巡检数据回传	上行：>25Mbps 下行：>600kbps	<10ms	厂区无人机安防、设备巡检

表 5 巡检用无人机场景所需的网络带宽需求及性能指标

一般适用于公网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.5 机器人

相比于传统的工业设备，机器人有众多的优势，具有易用性、智能化

水平高、生产效率及安全性高、易于管理且经济效益显著等特点，使得机器人应用场景非常广泛, 如：工业机器人（臂）、无人巡检机器人、导览机器人、送餐机器人等。

传统的机器人采用有线网络或 WiFi 来进行控制，存在工作范围受限、工作内容有限、网络建设成本较高等问题。

采用 5G 行业虚拟专网+机器人场景有如下优势：

1. 通过 5G 行业虚拟专网形式提供机器人工作所需的控制网络，实现无线通信控制的低时延响应。
2. 基于 5G 网络下的机器人能使生产更加扁平化、定制化、智能化，实现数据共享、敏捷互联、应用云化、智慧决策，在工业控制、物流追踪、工业 AR、柔性制造等机器人应用场景起着重要支撑作用。

机器人应用场景具体网络性能需求如下：

典型应用	通信速率 (压缩后)	通信时延	应用范围
5G 机器人调度通信	1Mbps-10Mbps	1-100ms	机器人端处理机器人语音、视觉、遥操作协同。
5G 机器人实时操控或协作集成其它视觉应用需求	10Mbps-1Gbps	10-100ms	通信调度及语音、视觉、遥操作协同等业务数据实时交互，机器人本体完成终端传感器预处理（网络需求按移动速度、预处理方案不同而不同）

表 6 5G 机器人数据采集及控制场景所需的网络带宽需求及性能指标

机器人场景一般适用于专网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.6 远程控制

远程控制广泛应用于采煤、采矿、建筑、工业制造、园区物流等工业领域，显著提升工业生产企业的生产效率，降低人力成本，提高生产环境的安全性。

目前工业上大多数远程控制还是基于有线网络。虽然有线网络稳定，但也限制了生产的灵活性，不能满足柔性制造的需求。各无线数据采集设备也是各自成网，存在重复建设，无法互联互通的问题。

采用 5G 行业虚拟专网+远程控制有如下优势：

1. 5G 网络可以为生产企业提供多用途一站式解决方案，统一工厂内的碎片化连接技术，各作业系统随时随地接入，系统间互联互通，打通信息孤岛，减少了重复建网成本。

2. 5G 广覆盖的移动通信网络为柔性制造提供可能。5G 大带宽的移动通信网络为更为丰富的数据信息采集和互动手段提供可能。

3. 5G 低时延的特性和边缘计算技术进一步降低单位工业控制周期，提升生产效率。

基于远程控制需求场景的网络性能需求如下：

典型应用	通信速率 (压缩后)	平均时延	应用范围
图像/视频流上传	1080p : >4Mbps	<20ms	远程控制图像回传
	4K:>12Mbps		
	8K:>40Mbps		
PLC 控制指令下达	下行>50kbps	<10ms	控制指令下达

表 7 5G 远程控制场景所需的网络带宽需求及性能指标

远程控制场景一般适用于混合部署模式和专网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.7 机器视觉

机器视觉是人工智能的一个重要分支，在工业上的应用极为广泛，可以有效提高生产质检的自动化水平。适用于一些人工作业的危险工作环境或者人工难以满足要求的场合，与人工智能相结合可以辅助工业生产，提高生产质量和效率。

采用 5G 行业虚拟专网+机器视觉有如下优势：

1. 通过 5G 网络，机器视觉将视觉系统单元配置为无线传输来替代传统的有线连接方式，降低网络搭建和系统部署成本。

2. 通过 5G+MEC 搭建的 5G 行业虚拟专用网将生产过程数据的传输范围控制在企业工厂内，充分利用 5G 网络低时延和高带宽的特性，将原来的视觉检测识别算法任务调整到 MEC 上执行，再通过边缘云计算能力，加快视觉算法的优化，实现工厂智能化，并确保了网络安全和生产安全。

机器视觉对网络的网络性能需求如下：

典型应用	通信速率 (压缩后)	通信时延	应用范围
图像信息实时上传	1080p : >4Mbps	<10ms	所有图像信息采集传输应用场合
	4K:>12Mbps		
	8K:>40Mbps		
MES 系统信息反馈	>1Mbps	<100ms	所有数据反馈应用场合

表 8 机器视觉场景所需的网络带宽需求及性能指标

机器视觉场景一般适用于混合部署模式和专网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

4.8 AGV

自动导引无人运输车（AGV），指装备有电磁或光学等自动导引装置，能够沿规定的导引路径行驶，具有安全保护以及各种移载功能的运输车。在港口、码头、交通枢纽、医药、工厂、仓储物流，甚至危险场所和特殊行业，AGV 组成的生产搬运系统，被赋予了更为强大的并行化、自动化、智能化等特性。

目前通常的 AGV 一般采用分布式控制，其导航方式成本较高，并且车辆灵活性较差，只能在固定范围执行任务，构建的地图不便于共享，难以在大范围环境下工作。

采用 5G 行业虚拟专网+AGV 有如下优势：

1. 5G 网络有效扩大了 AGV 的活动空间以及灵活性，通过 5G 行业虚拟专网+MEC 的大带宽低时延的网络特性可实现云化 AGV。

2. 通过把 AGV 的定位、导航和避障、图像识别及环境感知等需要复杂计算能力需求的模块上移到 5G 的边缘服务器，并借助 5G 网络无缝切换的移动性，实现在线实时协同调度，大幅度提高人机信息交互和反馈处理速度，降低 AGV 运行时的掉线率，提升 AGV 运行效率。

3. 运动控制等实时性要求更高的模块仍然可保留在 AGV 本体，以确保

AGV 工作的安全性等要求。

AGV 对网络的网络性能需求如下：

典型应用	通信速率 (压缩后)	通信时延	应用范围
AGV 调度通信	<1Mbps	<100ms	AGV 调度通信、状态管理等。室外覆盖范围 2km。
AGV 实时通信需求 (SLAM)	1Mbps-200Mbps	20-40ms	通信调度及业务数据实时交互 (网络需求按移动速度、终端传感器预处理方案不同而不同)
AGV 集成其它视觉 应用需求	10Mbps-1Gbps	10-100ms	AGV 集成其它应用通信 与终端传感器、应用密切相关)

表 9 AGV 场景所需的网络带宽需求及性能指标

AGV 场景一般适用于混合部署模式和专网部署模式的 5G 行业虚拟专网。

五、服务模式

5.1 建设周期及使用成本

5G 行业虚拟专网是依托于 5G 技术发展的新兴技术，随着 5G 标准逐步演进，5G 行业虚拟专网的技术也在不断的成熟，建设方案也在不断的完善，下面对三类部署模式的建设周期、使用成本等特性进行分析：

建设模式	建设周期	使用成本	安全性	定制化
公网部署	短	低	中	低
混合部署	中	中	高	中
专网部署	长	高	高	高

表 10 5G 行业虚拟专网服务特性

公网部署利用现有公网网络资源，无线、传输、核心网无需另行施工，开通时间在 2-3 周，使用成本较低，由于多单位复用物理资源，安全性和自定义配置上不如另外两种方式灵活。

混合部署由于需要下沉 UPF 等到企业园区，开通时间在 4-8 周，使用成本在三种模式中居中，UPF 可以下沉到用户侧，数据不出园区，安全性更高，同时可以自定义部分功能参数，具备一定灵活性。

专网部署采用无线设备独立建设，核心网按需下沉的模式，专业化程度高，开通时间需根据建设方案确定，使用成本在三种模式中最高，数据不出园区，安全性更高，无线侧专用，可以自定义大部分功能参数，具备较高灵活性。

5.2 商用模式探索

5G 行业虚拟专网在发展初期，以试点创新应用为主，基础电信企业为了推进 5G 行业虚拟专网项目普及落地，发挥央企责任，投入大量网络资源。随着标杆项目不断复制，目前 5G 行业虚拟专网已经从试点示范逐步

走向商用阶段。5G 行业虚拟专网的商用模式将以基础电信企业建设网络资源、行业企业租用/购买服务为主要模式，基础电信企业根据不同的部署模式，为企业用户开通不同的网络使用和管理权限。

	基础电信企业	需求企业
5G 网络设备-基站	投资建设	租用/购买服务
5G 网络设备-UPF	投资建设	租用/购买服务
5G 网络设备-5GC	投资建设	租用/购买服务
5G 网络服务	安装，优化，运维	购买服务，获取按合同约定的相应自定义配置权限（不影响公共业务或者其他行业 应用）

表 11 5G 行业虚拟专网的服务界面

同时，基础电信企业以自身能力及行业经验为依托，通过 MEP 平台，形成 IaaS、PaaS、SaaS 能力，与 5G 行业虚拟专网进行功能融合，为用户提供整体服务。基础电信企业可以按照设备转租模式为客户提供服务或者按照购买服务模式为客户提供服务，也可以将两种模式结合，为用户提供服务。

六、共建共享

2020 年 5 月，工业和信息化部 and 国务院国有资产监督管理委员会联合印发《关于推进电信基础设施共建共享支撑 5G 网络加快建设发展的实施意见》（工信部联通信〔2020〕78 号），明确鼓励 5G 网络共建共享，支持基础电信企业本着公平公正、互惠互利原则开展 5G 网络共建共享。鼓

励产业链相关企业加大 5G 网络共建共享场景下相关标准、设备的研发力度，满足各种形式网络共建共享需求。

5G 行业虚拟专网依托于 5G 网络建设，面临着建设初期成本高，运营维护成本高、投资短期难以收回等情况。开展 5G 网络的共建共享可以部分缓解当前发展困境，通过 5G 网络基础设施共建共享可以分担网络建设成本、减少站址需要，提高资源利用率，使社会综合效益最大化。

在 5G 行业虚拟专网建设中，各基础电信企业仍应该按照共建共享要求，在建设 5G 基站、室内分布系统等网络资源时，按照征询流程完成需求征询工作，保障公众用户和行业企业用户的自由选择权。同时，鼓励基础电信企业和行业企业深入合作，全面促进企业园区内的站址、杆路、管道等资源的共建共享。

七、应用案例

目前，上海基础电信企业与相关行业重点企业已经开展了多个 5G 行业虚拟专网应用的试点，正在逐步形成可持续、可复制、可推广的创新模式和发展路径，现遴选相关应用案例以供参考。

案例一、外高桥造船+上海联通：5G +全自动化精度检测—助力船舶行业数字化转型

一、解决方案及应用情况

上海外高桥造船有限公司（以下简称：外高桥造船）多年来致力于建造先进海洋工程装备，同时造船总量突破 600 万载重吨大关，跻身世界造船业前三强。

传统大型船舶建造过程中，船舶分段对采用人为激光测量工具，进行对接。测量设备需要人眼进行观察，精度存在较大误差；同时分段零件尺寸较大，有的会达到几十米的规格，需要大量的来回移动测量，测量人员现场工作也非常辛苦。

上海联通和外高桥造船共同打造的 5G 高精度视觉检测方案，根据检测场景大小，架设测量系统，合理选择相机数量，检测环境为单人手持相机移动拍摄，配合磁性靶点工装，检测平直钢板，小组片体的平面及立体尺寸坐标，并使用 5G 行业虚拟专网络进行数据传输，大幅提高检测效率。

该项目采用了专网部署模式的 5G 行业虚拟专网技术，将终端设备的数据通过 5G 传输到 MEC 服务器，并在 MEC 服务器上部署了精度测量软件，在边缘侧完成精度测量的数据处理后，将数据发送到企业内部生产制造系统。保障了数据在边缘侧的快速处理和数据不出园区的安全性。

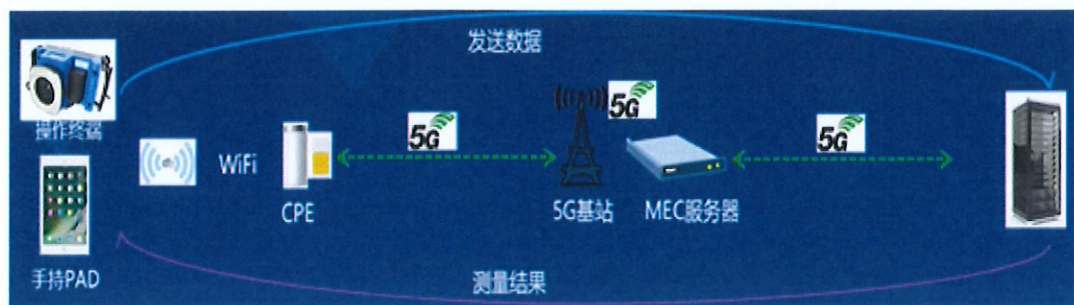


图 6 5G+高精度测量功能架构



图 7 测量设备套件



图 8 测量合拢口交点（红点）、板材主尺寸

二、项目服务成效

该项目使用 5G 网络+工业相机实现全自动化精度检测，能对船舶大型钢结构的装配精度进行全自动化的检测，减少测量人员的投入，提高测量效率，并且测量相机架设在被检测钢结构的上方，对于检测场地的要求也大大降低，测量的最高精度要求可达到 1mm 以内，满足船舶装配精度要求。

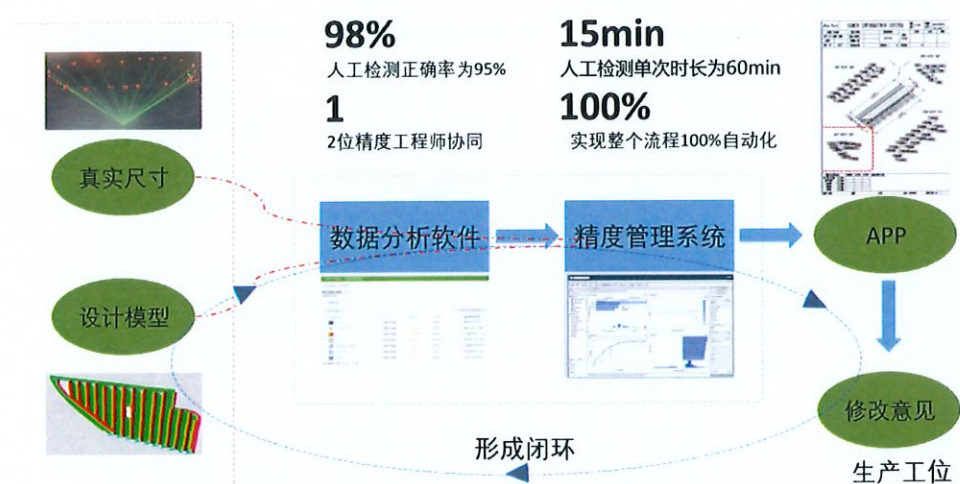


图 9 应用效果

检测率由传统的人工模式的 95%提升到 98%

人员由原来 2 名减少到 1 名

单次检测时长由 60 分钟减少到 15 分钟

整个流程实现了 100%自动化

本项目在船舶行业中暂无先例，在行业中具有示范意义，有极大的推广价值。

三、应用前景

近些年来，随着社会需求的发展，制造业对产品的质量要求越来越高，制造业已不仅是简单的产品加工制造，而是到了更加复杂的产品设计和质量的保证上，因此也要求有更精密的测量仪器来保证产品质量，这样才能让制造业企业具有更强的竞争力。我国现在正以前所未有的速度进入全球化的国际市场，选择适合我国的先进制造技术已成为制造业的必然。先进制造技术已经从提高劳动生产率转变为以时间为核心的时间、成本和质量三要素的竞争。在先进的制造技术中，精密测量仪器有着重要的作用，高精密测量仪是衡量精密制造和测量水平的重要标志，已经成为发展先进制造技术、确保产品质量的重要组成部分。随着制造技术的发展，现代制造技术对测量仪的测量精度要求越来越高。这客观上也促进高精密测量仪生产厂家和装备制造厂家对精密测量技术进行不断创新。

上海联通将继续与外高桥深度合作，充分发挥运营商与制造企业各自优势，将 5G+高精度测量的方式可以推广到更多的船舶行业和其他的高端装备制造领域，助力中国制造转型升级。

案例二、宝钢股份+上海电信：5G+重载 AGV 辅助驾驶—打造 高效安全厂内物流

一、解决方案及应用情况

中国宝武钢铁集团有限公司（以下简称：中国宝武）正全面推进《智慧制造行动方案(2018-2020 年)》的实施，加快智慧制造战略落地，打造高效安全的智慧钢厂，AGV（无人框架车）作为中国宝武智慧钢厂建设的一个新应用场景，已经开出累累硕果。

框架车是钢卷物流的纽带，主要承担钢卷运输的生产任务，宝钢股份宝山基地配置了 47 台框架车，配合 287 台框架来承担该任务，框架车自重约 40t，满载总重时可达 160t。驾驶框架车的工作具有时间要求高、工作强度大、工作环境差、安全生产要求高等特点。需要持续性地培训和聘用大量的框架车司机，造成人力成本的上升；反复的机械劳动，驾驶员容易疲劳，特别是夜间作业期间，存在误操作等安全隐患；长期机械性劳动也易给驾驶员的身体健康造成一定损伤。

AGV 的使用替代了大型车辆驾驶员高强度高负荷的体力劳动，也有效规避了驾驶行业交通安全的高风险。目前 AGV 系统应用在中国宝武宝钢股份滩涂仓库 I 期、滩涂仓库 II 期、全天候船库码头及岸桥码头区域，实现钢制品框架运输无人车辆调度和监控。

该系统采用 B/S 架构设计，实现业务流程控制、分级授权管理、记录业务履历、静态和动态路径动态规划、自动配车和配框架、车辆和区域安

全联锁、多车避碰管理、道路联锁、道闸和门禁安全防护、资源管理、能耗管理、路径分割和路点下发、智能钻框架、5G 视频动态导航、多线激光雷达环境感知等功能；通过 Web 页面，用户可以实现对 UHV、框架、仓库、停车位、道路、行车等设备的有效监管。

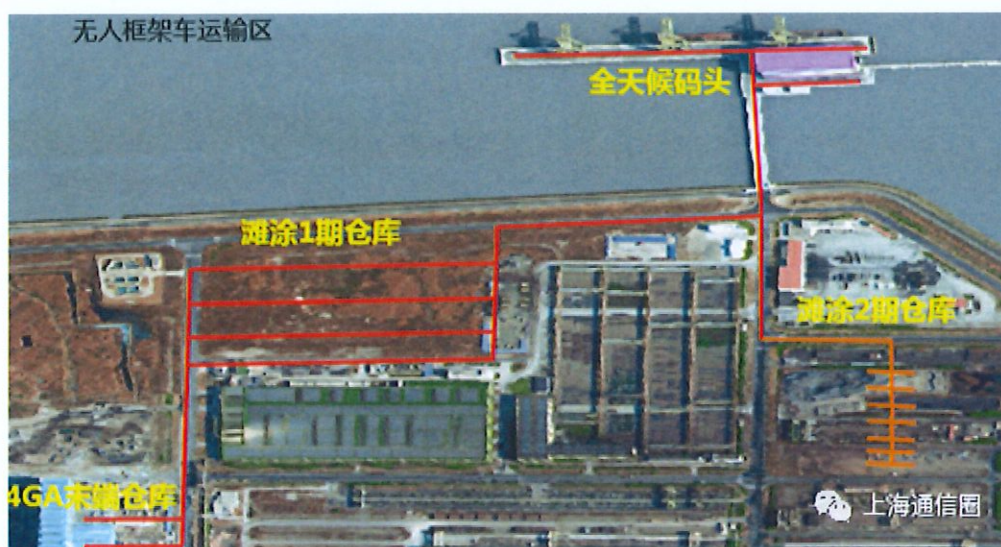


图 10 项目区域及路径示意图

项目采用中国电信 5G 定制网比邻模式技术架构，在指定仓库区域范围内，即在 AGV 路径、4GA 末端库、滩涂库相应区域实现在 5G 条件下的 AGV 车载高清监控视频实时查看。监控端包括 PC、智能终端、大屏幕等形式。

比邻模式是中国电信基于 5G 行业虚拟专网理念，面向时延敏感型细分行业的定制网服务模式。该模式通过多频协同、载波聚合、超级上行、边缘节点、QoS 增强、无线资源预留、DNN、切片等技术的灵活定制，为宝钢股份提供一张带宽增强、低时延、数据本地卸载的专有网络，配合 MEC、天翼云，最大化发挥云边协同优势，在上海电信、设备厂商的共同配合下，

依靠 5G 通信网络能力增强 AGV 车载系统的效能，充分体现了工业化与信息化结合带来的创新性与优越性。

5G 网络覆盖方案：室外部分

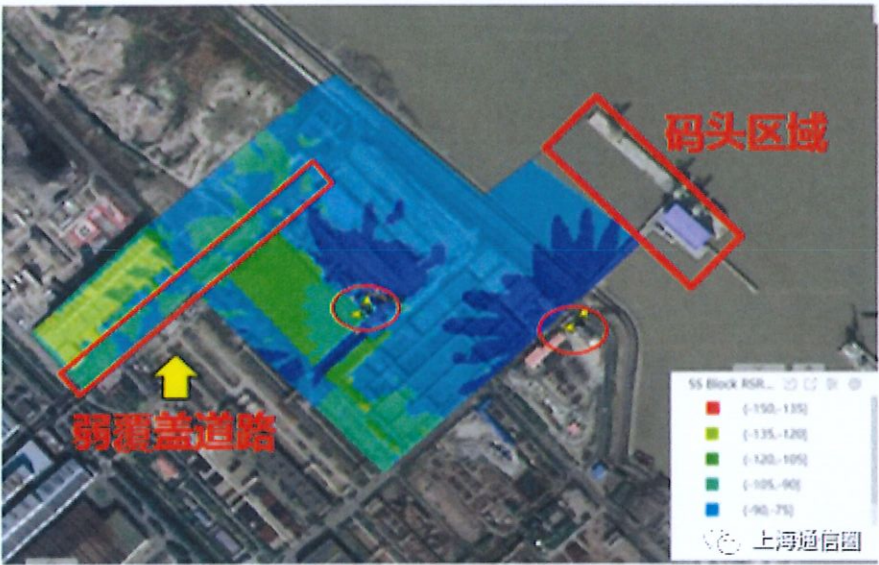


图 11 5G 室外覆盖示意图

室内部分



图 12 5G 室内覆盖示意图

5G 核心网

本项目基于中国电信 5G 定制网比邻模式设计的 5G 钢铁行业虚拟专网采用了 SA（独立组网）网络下的 MEC 部署方式，UPF（用户控制面）下沉到用户侧机房，实现了本地业务和非本地业务的分流。MEC 的解决方案把服务器和企业网打通，通过深度包解析识别本地和非本地业务，从而保持企业业务本地化，本地业务不会传送到上海电信核心网络也就不会收费，非本地业务转发至核心网。一方面避免了路由迂回，降低了用户访问时延，缓解网络压力；另一方面强化了本地内容的安全性，便于开展相关增值服务。

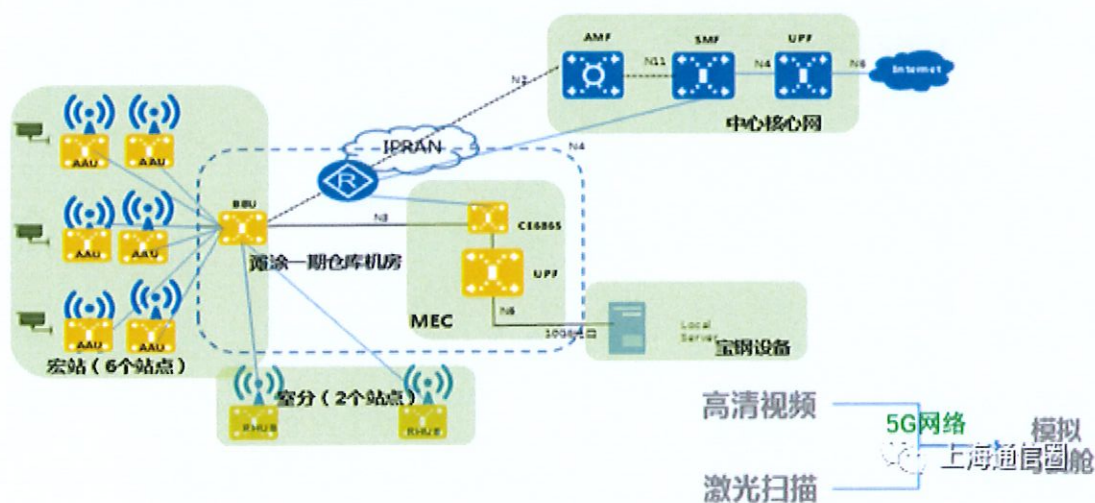


图 13 网络结构示意图

通过上图可以看到，上海电信在充分利用宝钢股份自有通信基础设施的基础上，紧密融合了上海电信在 5G 技术和通信网络方面的优势资源，结合 MEC 下沉带来的技术特点，极大的增强了 AGV 视频监控系统的可用性和扩展性。

我们认为 5G 钢铁行业虚拟专网的典型特征包括以下几点：

- 1) 数据不出园：在边缘机房部署园区UPF 网元，实现用户数据本地灵活卸载，或者直接部署于企业园区内，达到数据不出园区，业务安全隔离。
- 2) 低时延：通过用户面园区UPF 本地部署，减少端到端时延。
- 3) 超高带宽：结合超级上行，载波聚合等无线技术，大幅提高带宽。
- 4) 业务隔离：在同一切片内，通过定制DNN 来区分数据网络和路由隔离，通过定制QoS 提供差异化的SLA，保障用户业务安全。而对于多个切片，通过切片标识来区分数据网络和路由隔离，根据客户签约的隔离级别提供差异化的隔离方式，如资源隔离或资源预留，保障用户业务安全。
- 5) 业务加速：根据企业业务流特征，灵活签约QoS。
- 6) 优良覆盖：为企业园区提供精准勘察服务，按需优化园区内空口资源，提供优质无线网络覆盖。
- 7) 算力下沉：通过边缘 MEC 下沉算力，大带宽消耗、时延敏感的计算工作在边缘完成，提升效率。

二、服务规模及成效

本项目解决方案面向重型 AGV 应用领域，比如石油化工、港口码头、物流仓储等。提供车载监控高清视频完整解决方案。后续可逐渐拓展到轻型 AGV 领域，两者解决方案架构相同，且重型 AGV 产业链有更高门槛，可无缝向下兼容。

本项目探索了一种新的 5G 行业虚拟专网模式，上海电信核心网组件下沉到用户侧，采用了非流量计费的量纲服务模式，为 5G 大带宽的服务模式提供了一种实践方式。由于 5G 用户的实际使用流量远大于 4G 用户，且 5G 的商业模式以 toB 为主，以往单一的流量计费方式无法满足用户的需求。该项目采用服务提供模式，和用户应用强黏合，不仅解决了用户数据安全、时延等问题，同时也解决了用户对计费的担忧。对于上海电信来说，可以通过该项目不断切入用户的应用，从一及二，二再生三。从移动网络拓展到 FMC，从边缘计算拓展到云服务，真正做到固移融合、边云协同。

三、应用前景

重载 AGV 作为一类工业场景中的运输工具，具有对各类工业互联网平台的天然需求，通过 AGV 与各类工业互联网平台全场景大规模的试验测试，有助于寻求垂直领域工业互联网平台最佳技术和产品路线，加速平台核心技术研发和成果转化，提升平台技术和商业成熟度。

5G 发展初期，无人驾驶是最被看好的落地场景之一，使得当前无人驾驶领域的传感及算法产业蓬勃发展。这两个产业的发展将为重型 AGV 武装起自己的眼睛和大脑，将重型 AGV 的用武之地从小型范围、固定路线扩大为大型范围、半自由路线，将来与各类无人驾驶试验区结合，借助我国强大的基建能力配套以高品质的道路条件，最终将实现中长距离的无人运

输，成为我国《交通强国建设纲要》的重要支撑，为人民群众提供更清洁高效的物流配套服务。

中国大陆目前的存量仓库约有 10 亿平方米，早期的 AGV 主要解决封闭环境内，货到人的物体移动问题。在以往的人到货的模式中，工人一天 70%-80%的时间是在行走，这些是无效的工作时间。2015 至 2017 年间，我国市面上的 AGV 在 4 万台左右，现在大约有 7 万多台，在短短两三年的时间里面，至少每年有一万多台的增速，也显示了行业对提升厂内物流效率的渴望。

在存量 AGV 中，大部分是载重小于 50KG 的轻型 AGV。相比之下，本项目中的重型 AGV 制造成本更高、改造难度更高、配套要求也更高。通过 5G 的高带宽、低时延特性优先打造重型 AGV 标杆相当于在探索之处就建立行业高标准的成功案例，极大程度竖立整个 AGV 市场的对 5G 技术的信心，刺激铁路交通、特种行业、港口机场、大型电压器厂、重型汽车制造厂等各类企业的物流升级。

案例三、合升机械+上海移动：树 5G 智慧工厂标杆，助力千行百业升级

一、解决方案及应用情况

上海合升机械有限公司（以下简称“合升机械”）成立于 2000 年，一直致力于为客户提供从模具设计制造，铸造，机械加工，表面处理到组装等的一站式服务。合升机械是上海铸造协会理事长级单位、上海市嘉定区小巨人企业，年产值超 1.5 亿，在行业中有较高的知名度。

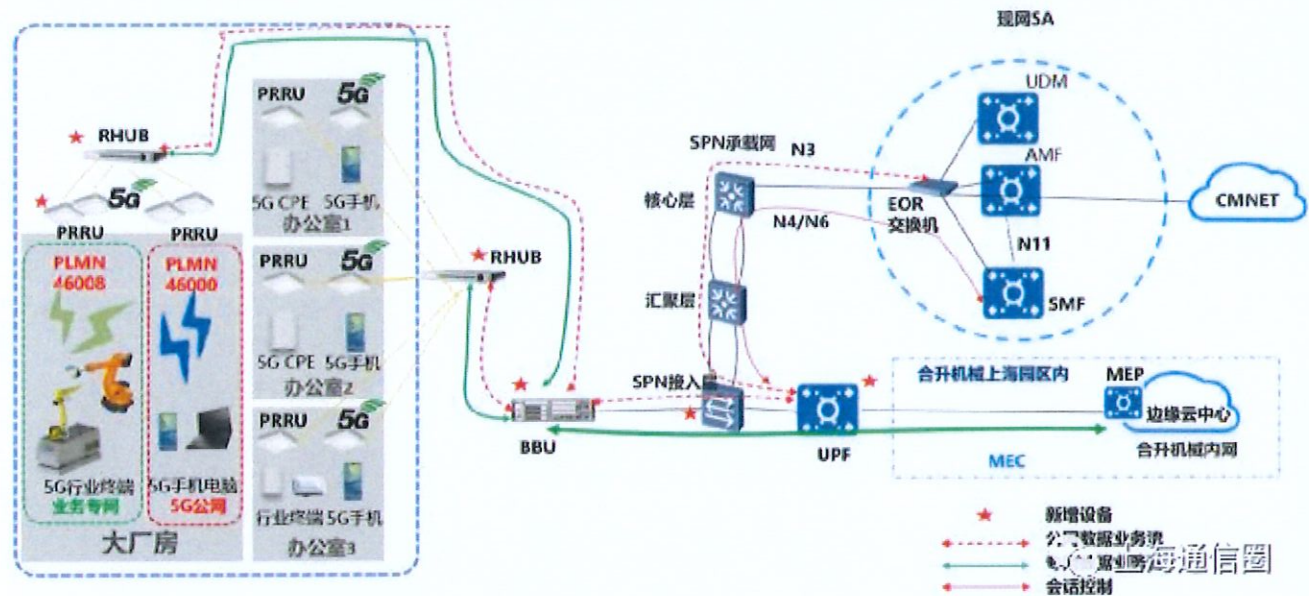


图 14 合升机械 5G 智慧工厂 5G 行业虚拟专网网络拓扑图

基于 SA 架构的 5G 行业虚拟行业专网：面向生产工艺、场内物料转运等过程创新应用，将 5G 无线接入网络设备与公网共享部署在企业园区内，UPF 下沉至企业园区部署，通过不同的 PLMN 区分公网与专网用户，从而实现了一张 5G 行业虚拟行业专网，满足厂区数据高速率、低时延传输。

边缘云建设：通过在园区部署边缘云，并部署辅助决策系统、工艺专家系统，为现场生产的反向控制提供低时延高可靠的边缘算力。

行业 MAX 平台：重新定义行业信息化平台，建设集成了传统 ERP、MES 等功能的行业 MAX 平台，在专用平台的基础上建立数字化模型及设备、物

料、管理、工艺、应用软件等领域的标准化电子词典，为智能化的服务和应用构筑能力底座。

工艺改造升级：对示范工厂生产涉及的 8 大工艺进行全面智能化改造，大幅减少 3D 环境（脏、累、险）下人为参与的环节，使用机械臂代替或辅助人工。同时打通工艺设备与和行业 MAX 平台的数据接口，提升设备的自动化水平，提高生产效率。

行业 AGV 定制：根据示范工厂现场工作需求，定制行业 AGV，并通过与生产环节的配合，实现物料自动转运、自动参与生产。

二、项目服务成效

上海移动已与合升机械达成合作，在合升机械上海总部进行 5G 智慧工厂示范工厂建设，从平台侧到工艺侧全面进行改造。整个项目分四期实施，一期项目将完成行业 MAX 平台及边缘云建设、沾浆及浇铸工艺的智能化改造、物料转运 AGV 的定制及系统接入，全面提升数字化信息化水平、提升企业的管理效率。

通过一期项目建立可复制、可拓展的、入门门槛较低的信息化平台。结合行业实际需求定制化解决方案，企业根据自身情况选配模块，可以更

加易用，操作容易上手。对于后续行业内的大面积推广可以采用 SaaS 应用租用的模式，一次性投入较少，就可以使用智慧工厂的各项能力。

MAX实施方案

定义精铸行业MAX架构

8工艺+AGV开发思路

- 1. 打通和MAX的数据接口
- 2. 提升设备的自动化水平，提高生产效率

MAX开发思路

- 1. 标准化建立：形成铸造行业的标准化（电子词典）--电子词典包括：设备、物料、管理、工艺、应用软件
- 2. 建立数字化模型
- 3. 信息化平台（MAX）
- 4. 基于行业数据，形成智能化的服务和应用。

云平台开发思路

- 1. 辅助决策系统
- 2. 工艺专家系统

8: 八个工艺的改造升级 1: 定义行业AGV解决方案 1: MAX平台的搭建 1: 形成服务于行业的云平台

图 15 5G 智慧工厂 8+1+1+1 的改造方案



图 16 沾浆工序改造前后对比



图 17 浇铸工序改造前后对比

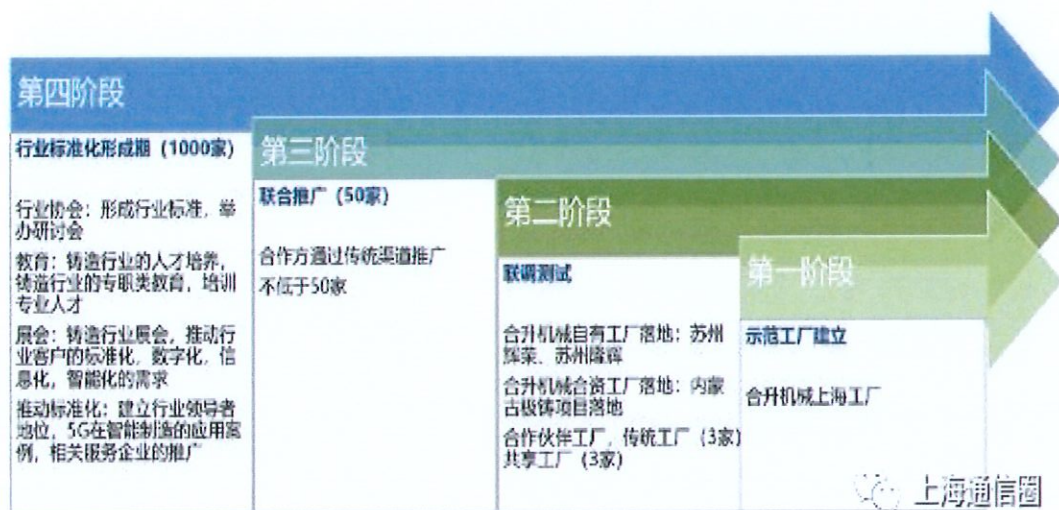


图 18 5G 智慧工厂四阶段推广规划

三、应用前景

上海移动充分发挥云网边端融合优势，整合各方优质资源，打造 5G 智慧工厂整体解决方案，助力传统制造行业实现 5G 智能化升级，实现管理能力提升和节能增收。希望通过样板示范效应及低门槛的行业 SaaS 应用，推动铸造行业千家工厂转型升级，引领整个产业的 5G 智能化变革，提升行业整体效能，助力我国铸造行业在国际上形成新的技术优势。

同时，利用精铸行业积累的经验，将 5G 智慧工厂的建设思路复制到陶瓷、塑料、橡胶、皮革、化纤、金属、电机、建材、家具、制鞋、服饰等高能耗、高污染及人员密集型行业，为我国尽早实现智能制造 2025 目标贡献力量。

附录 A、关键技术和术语

缩略语	英文全称	中文解释
3GPP	ThirdGenerationPartnershipProject	第三代合作伙伴计划成立于 1998 年，由许多国家和地区的电信标准化组织共同组成的国际标准化组织，是 5G 技术的重要制定者。
5G NR	5G New Radio	5G 新空口
5GC	5G Core Network	5G 核心网
5G-AN	5G Access Network	5G 接入网
5G-RAN	5G Radio Access Network	5G 无线接入网
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AMF	Access and Mobility Management Function	接入和移动性管理功能
AR	Advanced Reality	增强现实
AUSF	Authentication Service Function	鉴权服务功能
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增强型移动宽带
eMTC	Enhanced Machine Type Communication	增强型机器类通信
IOT	Internet of Things	物联网
LTE	Long Term Evolution	长期演进
LPWA	Low Power Wide Area Network	低功耗广域网
M2M	Machine to Machine	机器到机器通信
MEP	Multi-Access Edge-Computing Platform	多接入边缘节点协同平台，MEP 主要的职责是流量控制 (Traffic Rule Control)、DNS 处理 (DNS Handling) 和

		服务分发 (Service Delivery) 等。
MIMO	Multiple-Input-Multiple-Output	多入多出技术
mMTC	MassiveMachineTypeCommunication	大规模机器通信
NB-IOT	NarrowBandInternetofThing	窄带物联网
NEF	NetworkExposureFunction	网络能力开放功能，可以向其他 AF 提供网络能够支持的能力
NR	NewRadio	新空口
NRF	NFRepositoryFunction	网络功能知识库，支持服务发现功能，维护 NF 注册的服务信息
NSA	NonStandalone	非独立组网
NSSF	NonaccessStratumnodeSelectionFunction	切片选择功能，用于实现切片网元的选择的服务能力
PCF	PolicyControlFunction	策略控制功能，实现控制面策略规则管理
RAN	RadioAccessNetwork	无线接入网
SA	Standalone	独立组网
SMF	SessionManagementFunction	会话管理功能。完成会话管理、IP 地址分配及管理、UPF 的选择和控制
UDM	LTEVehicleDirectCommunication	统一数据管理，完成签约信息管理和基于签约数据的接入授权
UPF	UserPlaneFunction	移动性锚点，到外部 DN 的连接点，完成流量统计和上报功能
uRLLC	UltraReliable&LowLatencyCommunication	极高可靠低延迟通信
VR	VirtualReality	虚拟现实

附录 B、参考文献

1. 《关于印发“5G+工业互联网”512工程推进方案的通知》（工信厅信管〔2019〕78号），2019年11月29日
2. 《关于推动5G加快发展的通知》（工信部通信〔2020〕49号），2020年3月24日
3. 《推动工业互联网创新升级实施“工赋上海”三年行动计划（2020-2022年）》（沪府办〔2020〕38号），2020年6月12日
4. 《5G行业虚拟专网网络架构白皮书》，5G应用产业方阵（5GAIA），2020年7月25日
5. 《5G超高清新场景白皮书》，中国超高清视频产业联盟（CUVA），2020年11月3日
6. 《关于推进电信基础设施共建共享 支撑5G网络加快建设发展的实施意见》（工信部联通信〔2020〕78号），2020年5月20日

