

“5G + 工业互联网” 水泥行业报告

2020 年 9 月

联合发布单位：中国电信集团有限公司、中国水泥协会、中国
信通院技术与标准研究所、建筑材料工业信息中心

前 言	III		
(一)			
水泥行业经济运行情况	01	(一) 产业政策扶持	01
		(二) 行业发展现状	01
(二)			
水泥企业发展趋势和需求	04	(一) 数字化转型新趋势	04
		(二) 信息化需求新挑战	05
(三)			
5G 应用典型场景及技术方案的	06	(一) 水泥行业 5G 网络部署方案	06
		(二) 典型应用场景	10
		1. 矿山爆破业务场景	10
		2. 矿山开采运输业务场景	13
		3. 水泥生产环节监测场景	16
		4. 安全运维业务场景	20
		5. VR 远程参观场景	25
		(三) 典型案例	27
		1. 海螺水泥	27
		2. 华润水泥	27
		3. 重庆西南水泥	29
		4. 江西瑞金万年青水泥	29
		5. 红狮水泥	30
		6. 千业水泥	30

(四)

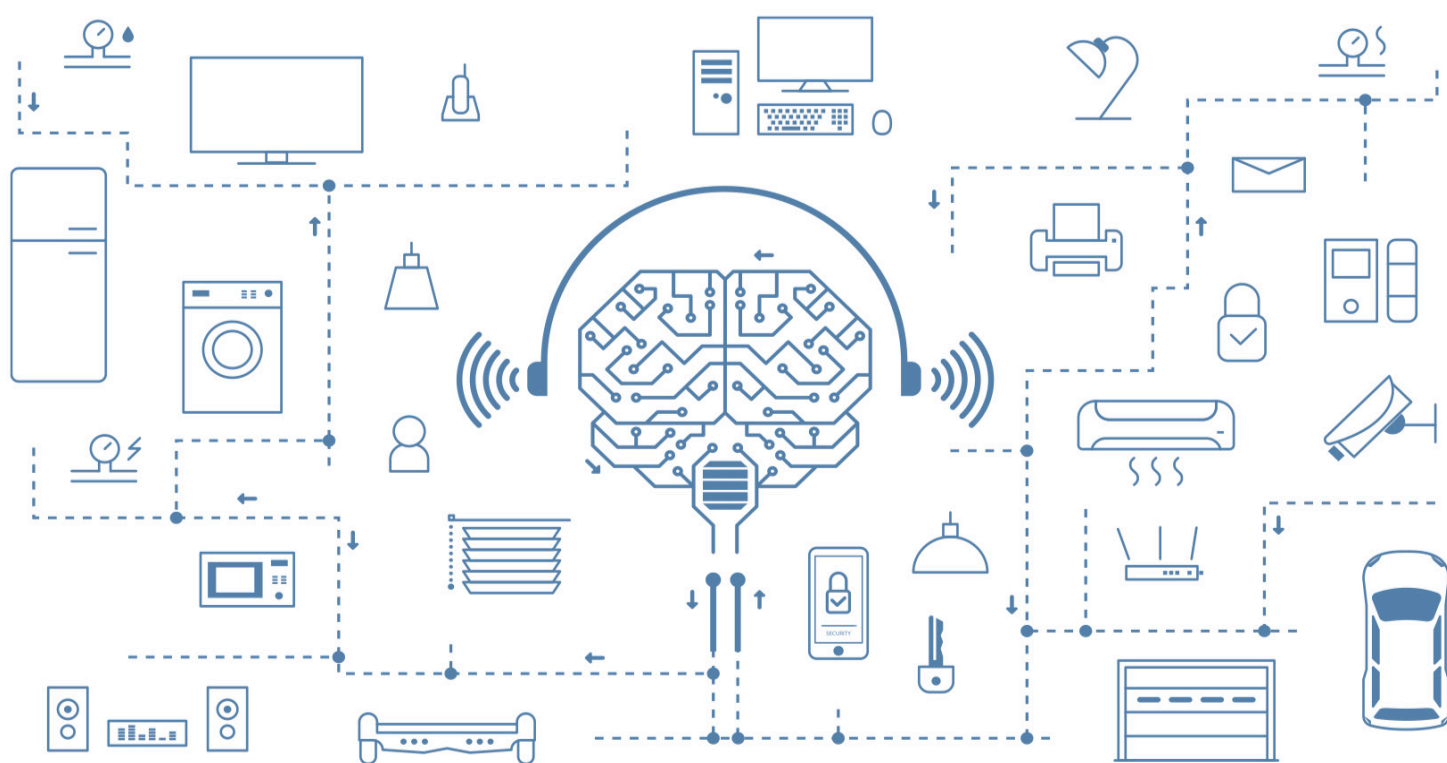
“5G+ 工业互联网”水泥 行业发展建议	31	(一) 加快“5G+ 工业互联网”新型 网络基础设施建设	31
		(二) 加快培育水泥行业可复制可 推广的典型应用场景	31
		(三) 打造“5G+ 工业互联网”水泥 行业创新能力	31
缩略语	32		

前言 PREFACE

4G 改变生活，5G 改变社会。作为新型基础设施的重要组成部分，5G 和工业互联网的融合创新发展，将赋能工业行业数字化转型，促进经济高质量发展。我国是水泥生产和消费大国，水泥产量占世界水泥总产量的 60% 左右。当前，水泥行业正处于新旧动能更迭的关键阶段，自动化、智能化和信息化水平参差不齐，亟需提高生产制造水平和效能，实现水泥行业“调结构、降成本、补短板、增效益”高质量发展。

“5G+ 工业互联网”融合了云计算、大数据、人工智能等技术，将构建满足水泥行业业务发展需求的大带宽、低时延、大连接的无线网络基础设施，催生融合创新应用，为水泥行业高质量发展增添新动能，带来发展新机遇。华润水泥、海螺水泥、千业水泥等一大批水泥企业积极发力，与基础电信企业合作，利用“5G+ 工业互联网”技术赋能水泥行业各大业务场景，提质增效显著，为业界树立一批内网改造建设、融合应用创新的标杆样板工程。

为推动“5G+ 工业互联网”在水泥行业的应用，中国电信集团有限公司联合中国水泥协会、中国信息通信研究院技术与标准研究所、建筑材料工业信息中心等相关单位编写本白皮书，分析水泥行业的发展现状及需求，梳理了“5G+ 工业互联网”典型应用场景，指导行业开展“5G+ 工业互联网”应用实施。



编写单位 AUTHOR UNIT

中国电信集团有限公司、中国水泥协会、中国信息通信研究院技术与标准研究所、建筑材料工业信息中心、中国建筑材料科学研究总院

编写组成员（排名不分先后） MEMBER OF THE AUTHOR TEAM

中国电信：孙健、陆晋军、李春宇、张东、李成、刘林青、靳亚男、崔逊田、王旭、周云乐、杨国龙

中国水泥协会：孔祥忠、王郁涛、陈柏林

中国信通院技术与标准研究所：于青民、黄颖、许洁、刘翼如、康陈、孟照腾、刘宇杰

建筑材料工业信息中心：江源、万佳艺、韩东阳、胡雅涵

中国建筑材料科学研究总院：王益民、陈为尚、程华

此外，感谢下列相关企业和专家大力支持：

华为：刘航

海螺水泥：赵波、王超华

江西万年青：刘强

水泥行业经济运行情况

（一）产业政策扶持

十三五期间，水泥行业深入贯彻落实国办发〔2016〕34号《关于促进建材工业稳增长调结构增效益的指导意见》文件精神，以“去产能、补短板、调结构、增效益”为发展主旋律，以创新驱动发展为动力，以质量和效益提升为目的，以供给侧结构性改革为主线，着力淘汰落后产能，压减过剩产能，与此同时，积极推动水泥行业与信息化深度融合。《水泥工业“十三五”发展规划》明确指出，要“深化工业互联网、物联网、云计算、大数据在水泥工业中的系统应用，推进水泥工业生产过程数字化、智能化、柔性化发展。”

2015年，工业和信息化部发布《原材料工业两化深度融合推进计划（2015-2018年）》，要求在水泥行业选取2~3家先进企业，建设基于自适应控制、模糊控制、专家控制等先进技术的智能水泥生产线，到2018年水泥行业应用优化控制系统的生产线要达到50%，建成一批生产装备智能、生产过程智能、生产经营智能的智能化工厂。2019年11月，工业和信息化部印发《“5G+工业互联网”512工程推进方案》（以下简称“512工程”），提出要基于“应用相对普遍、融合程度较深、产业影响较大、产业链中上游”的原则，遴选10个“5G+工业互联网”重点行业，挖掘20个“5G+工业互联网”典型应用场景。2020年9月，工业和信息化部印发《建材工业智能制造数字转型行动计划（2021-2023年）》，提出“创新一批工业互联网场景。构建网络、平台、安全三大功能体系，鼓励企业积极探索“5G+工业互联网”，促进工业互联网与建材工业深度融合”。该产业政策文件是“5G+工业互联网”512工程实施以来，工业和信息化部出台的首个针对具体行业明确“5G+工业互联网”引导方向的文件，对推动水泥等行业生产方式的自动化、智能化、无人化变革意义重大。

（二）行业发展现状

水泥作为国民经济建设中重要的基础性原材料，广泛应用于土木建筑、水利、国防等工程，具有长期不可替代性。水泥工业是国民经济重要的基础产业，是改善人居条件、治理生态环境和发展循环经济的重要支撑。我国是水泥生产和消费大国，水泥产量占世界水泥总产量的60%左右。在我国经济高速增长时期，水泥工业得到了迅猛发展，但随着经济发展由高速增长阶段向高质量发展的转换，固定资产投资增速放缓，全国水泥需求进入了一个平台期。我国每年水泥需求总量连续8年维持在22-24亿吨之间，根据国家统计局数据显示，2019年全国水泥产量23.5亿吨，同比增长4.9%。

水泥行业经济运行情况

同时，中央坚持以供给侧结构性改革为主线不动摇。为换回碧水、蓝天、净土，今年以来污染防治攻坚战不断发力，在节能减排、错峰生产、矿山综合整治等环保政策的实施与推动下，水泥产能发挥被制约。一边是需求平稳，一边是供给收缩，同时，在协会和大企业的带动下行业自律的效果明显提升，促使我国水泥市场总体产能过剩的供需矛盾得到了明显改善，多数地区库存水平处于低位运行，支撑水泥价格一路上扬，根据中国水泥协会统计，2019年全国PO42.5(散)水泥市场价格指数439元/吨，比2018年的427元/吨，上涨11元/吨，同比增长2.67%。全国水泥价位创本世纪历史高位。2019年“量稳价升”的运行特征，带动了水泥行业销售收入首次突破万亿，达到10126亿元，同比增长12.5%，实现利润总额1867亿元，创历史新高。

根据中国水泥协会统计，截止到2019年底，全国新型干法水泥生产线累计共有1624条，设计熟料年产能18.2亿吨，水泥熟料产能总量得到明显控制，已经连续三年没有增长。水泥行业集中度不断提升，2019年底全国前十家熟料产能集中度已经达到58%。水泥熟料生产线日产平均规模从2016年的3337 t/d提升至3610t/d。

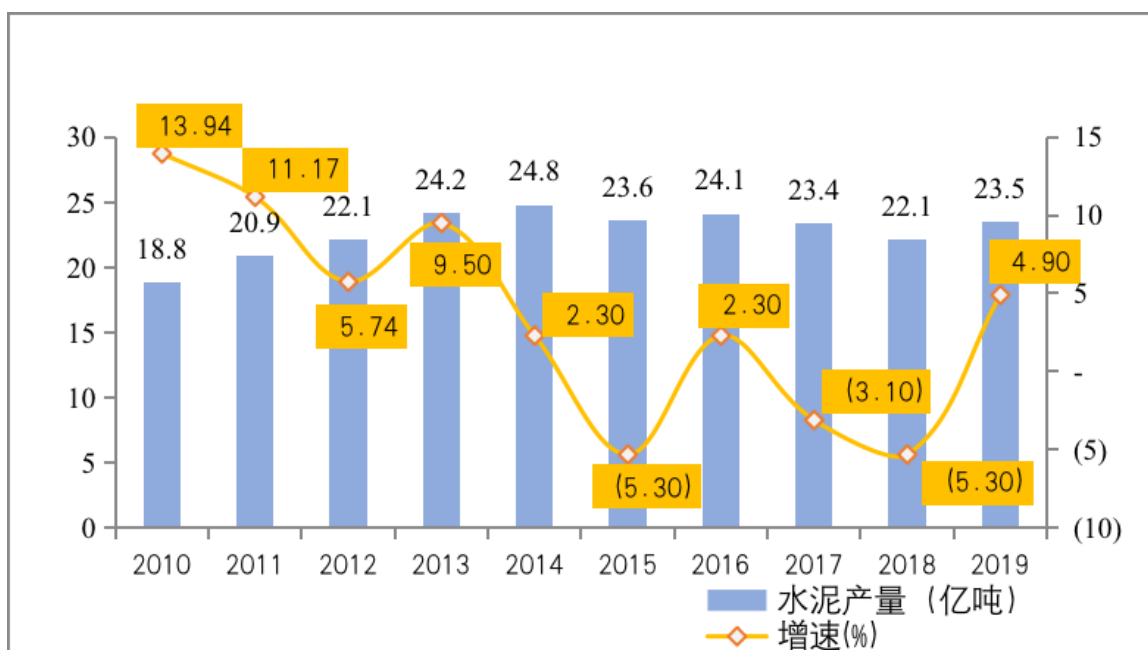


图 1: 2010-2019 年我国水泥产量走势图

水泥行业经济运行情况



图 2: 2015-2019 年我国水泥市场价格指数 (PO42.5 散) 走势图



图 3: 2010-2019 年我国水泥熟料产能走势图

水泥企业发展趋势和需求

（一）数字化转型新趋势

水泥行业的发展目前正处于新旧动能更迭的关键阶段，自动化、智能化和信息化水平参差不齐，亟需采用融合工艺机理的智能化和信息化技术，推动生产、管理和营销模式从局部、粗放向全流程、精细化和绿色低碳发展方向变革，解决资源、能源与环境的约束问题，提高生产制造水平和效能，实现水泥行业高质量发展。

水泥行业的数字化转型正在稳步推进，主要体现在以下几个方向：

一是从生产工艺的数字化转型角度看，水泥行业具有无间断的生产特性，一旦停机可能造成巨额经济损失，通过机器视觉、AI 检测等技术手段，第一时间排除生产故障，保障生产的连续性。通过自动化 + 系统，降低了生产系统操作难度，提升设备的可操作性，加快了生产节奏。根据各自企业现有工艺情况量身定制一套完整、标准、自动控制的操作方式，减少操作员人为干预，避免了人力执行的不确定性，推动生产更加高效。

二是从设备运行的数字化转型的角度看，水泥生产设备数量众多，导致设备检修工作量大、备品备件库存压力大。设备一旦发生突发故障，无法按计划生产，不但会影响生产进度，也无法保证产品质量。提高设备可靠性、减少故障停机成为数字化生产的重要方向，通过数据分析可以提前进行预知性检修和检查，加快故障分析判断进度，进而提升维修速度，有效保障水泥生产的连续性和稳定性。

三是从安全与环境管理的角度看，水泥生产的不安全因素较多，本公司人员安全防护，外来人员安全识别、行走路线、危险区域预警等都可通过数字系统进行及时有效的辨别。环境管理方面，强化环境污染的实时监测，通过机器视觉和 AI 分析，避免污染事件的发生；强化生产工艺管理，自动调节氨水、脱硫剂等辅助材料及添加，达到控制指标值，降低能源消耗，减少环境污染。

智能水泥工厂建设成为水泥产业数字化转型的重要载体，涵盖了智能控制、智能管理、智能物流、智能分析和智能服务等方面内容，通过生产过程的自动化控制、生产信息的数字化收集处理、全局的智能化协同等手段，使生产制造更加透明化，极大提高了水泥产品质量水平。**与此同时**，数字化、网络化、智能化的发展趋势，给水泥企业的信息化水平提出新要求，也带来了前所未有的挑战。

水泥企业发展趋势和需求

（二）信息化需求新挑战

1.IT 和 OT 亟须加快融合

流程工业应用开发场景逐步成熟，水泥行业对信息化的需求真正痛点挖掘不足，信息化发展呈现碎片化趋势。需求的不清晰，导致无论是网络侧还是芯片模组终端领域，在针对水泥行业特性的投资开发积极性不够，柔性化生产、预测性维护、服务化延伸等在内的关键行业价值的尚未充分兑现。需要进一步推动 IT 与 OT 的深度融合，加大 OT 部分投入力度，切实解决现场问题，提高可靠性和实用性。

2. 技术和标准需加快提升

水泥工业 DCS 发展较早，自动控制相对成熟，有自身的工业自动化标准，对各种协议相对熟悉。而工业互联网的应用和开发需要自动化标准的同步提升。在技术可靠性及数据采集方面，尚未满足用户需求。尤其是水泥工业现场各类采样点成千上万，数据应用分类也需要与流程工艺结合，才可实现流程再造，对信息化的要求很高。

3. 行业典型应用需加快渗透

目前水泥工业经过多年发展，设备大型化，装备成系统，对专业技术人员技能要求越来越高，采用图像识别技术应用，设备诊断系统，全生命周期的设备管理系统等典型应用系统十分必要。现代信息化办公目前大部分停留在无纸化办公，亟需延伸渗透到班组、个人等。

4. 网络安全需要进一步保障

智能化工厂的打造，数据的处理成为非常重要的应用场景，未来定制化、个性化的需求增加，柔性制造成为行业发展的重要方向，水泥产业链的设备更多、场景更为丰富，海量数据的安全存储、使用将面临极大挑战，对数据安全提出了更高的要求。

5G 的商用落地，结合云计算、大数据、人工智能等新技术，为智能水泥工厂建设增添新动能。5G 灵活的网络部署模式，给工业企业解决数据安全问题、催生融合创新应用，带来了新的机遇。华润水泥、海螺水泥、千业水泥等一大批水泥企业积极发力，与基础电信企业合作，利用“5G+ 工业互联网”技术赋能水泥行业各大业务场景提质增效，为业界树立一批内网改造建设、融合应用创新的标杆样板工程。

5G应用典型场景及技术方案

(一) 水泥行业 5G 网络部署方案

行业 5G 网络部署主要有三种模式：一是直接使用运营商的公众网络，通过网络切片等技术保证行业用户的网络资源。二是在行业用户机房部署“边缘 UPF+MEC 平台”保证用户业数据不出园区，满足低时延应用部署需求。三是行业用户建设 5G 专网，专网专用，现阶段我国尚不具备相关条件。综合考虑行业应用需求，大型企业普遍选择部署“边缘 UPF+MEC 平台”方式，实现生产设备 / 设施、仪器仪表、传感器、控制系统、管理系统、工业应用系统等关键要素的泛在互联互通，实现生产区域网络全覆盖，有效提升精准管理能力。

基于 5G 网络，在园区内部机房部署下沉客户园区的“边缘 UPF+MEC 平台”，平台上可部署业务应用以及其他第三方应用。同时，通过“边缘 UPF+MEC 平台”的能力开放接口可将 5G 网络定位等能力以及移动业务能力开放给其他第三方应用，以便第三方按照各自的需求设计定制化的网络服务。“边缘 UPF+MEC 平台”支持本地分流能力，对 5G 网络和固定网络中符合分流规则的本地业务数据分流到园区内部局域网络进行处理，保证业务数据不出园区，有效提升客户业务体验。

以“边缘 UPF+MEC 平台”为核心的网络架构能够高效地实现数据、资源、应用、安全、运维等多方面的云边协同。如图 1 所示，核心网用户面网元 (UPF) 为用户私有化部署，无线基站、核心网控制面网元根据客户需求灵活部署，为水泥行业用户提供部分物理独享的 5G 专用网络，满足用户大宽带、低延时、数据不出园区的需求。

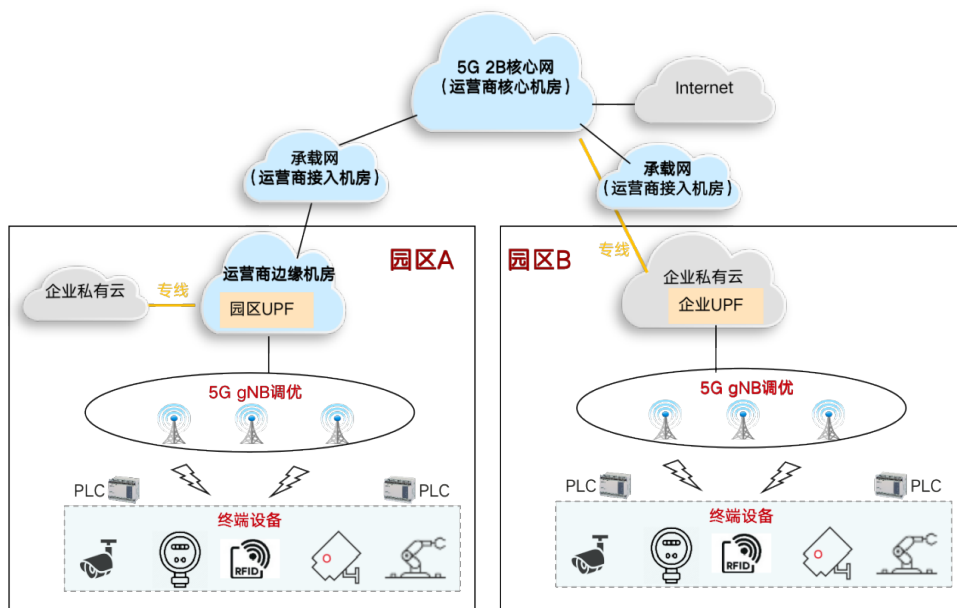


图 4：基于 MEC 的混合专网部署原理

5G应用典型场景及技术方案

优势 1：园区数据不出厂

如图 5 所示，面向 5G SA 的 MEC 解决方案部署架构可分为中心 - 节点两个层次。其中边缘 MEC 节点可为产业园区级，也可为某区县地市级。N4 为 UPF 和 SMF 之间的接口，N6 为 UPF 和 APP 之间的接口，N9 为 UPF 和 UPF 之间的接口。在边缘 MEC 节点 1 中，UPF ULCL/BP 提供上行分流器功能，部署在边缘侧，可根据业务类型选择是否提供公网出口，MEP 对 APP 的集成根据需求可选。在边缘 MEC 节点 2 中，UPF Anchor 等同于 4G 的 DGW，作为用户面网关提供用户的 IP 锚点，默认提供公网出口，可以直接访问本地业务、中心 DC 业务和 Internet，UPF ULCL 无法在本地卸载的流量，均可通过 UPF Anchor 连接到 internet。5G 核心网中心可以只部署控制面，中心部署的 MEP 和对应的 APP 根据业务场景可选。数据统一从 UPF 卸载，无需在中心再部署用户面网关，从而达到园区“园区数据不出厂”的目的，满足了工业企业对数据安全的要求。

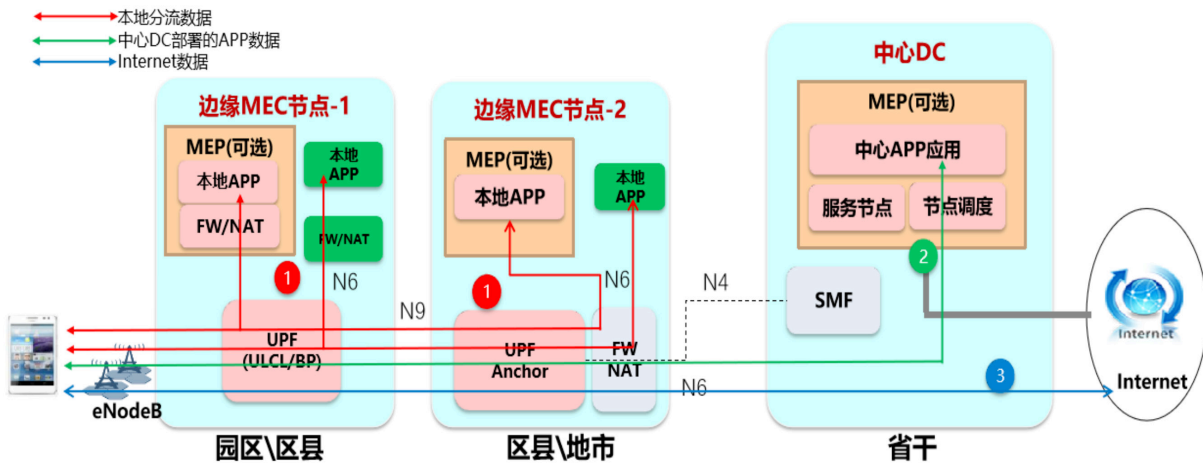


图 5：面向 5G SA 的 MEC 解决方案部署架构

优势 2：生产办公“一张网”

水泥企业园区面积大，覆盖矿区、生产、办公多个场景，结合业务需求，可灵活采用多种模式，进行无线覆盖，打造生产办公“一张网”，通过采用混合云、边云协同的架构满足核心业务对于性能、可靠性、安全性的需求。同步满足员工手机终端接入需求。

5G应用典型场景及技术方案

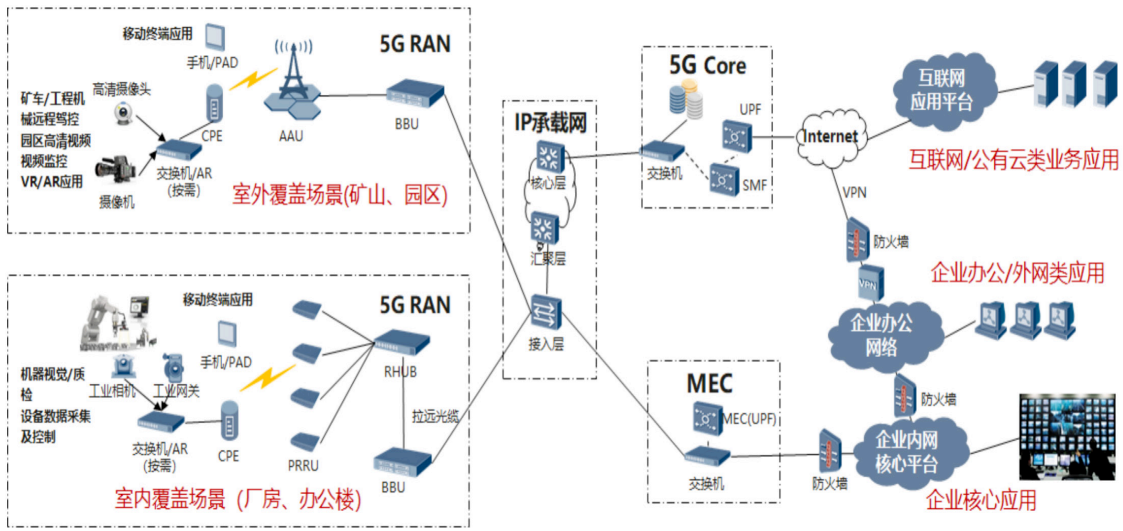


图 6：水泥企业基于 5G 的生产办公“一张网”

在基于 MEC 的专网部署方案中，“网、云、端、用”为四大核心部分。

(1) 网络侧

5G 的三大特性与工业生产网络需求天然契合，5G 网络切片技术能够为工业应用分配专属的低时延高可靠切片，针对不同场景进行更细粒度切片，以较低成本满足垂直行业需求。

(2) 云侧

云网融合为体系基础。水泥企业中的实时监测平台、人工智能算法分析平台等均可部署在云侧，通过互联网连接，支持云服务管理、设备联网、大数据分析等。

(3) 终端侧

工业 5G 终端包括摄像头、无人机、VR 设备、无人矿卡、手持终端等工业终端设备。工业终端设备接入无线网络需要安全认证方式，保证入网安全。重要传感器数据仍通过有线方式接入工业互联网网络，如在线设备监测系统数据等。目前工业终端接入 5G 网络共有三种方式。

模式一：设备通过工业网关连接至 5G CPE(客户前置设备)，建立 5G 连接通道。

模式二：将传统工业网关替换成 5G 工业网关，建立 5G 连接通道。

5G应用典型场景及技术方

模式三：终端支持 5G 模组，直接建立 5G 连接通道。工业 5G 模组在终端出厂内嵌，或外部加装，可直连 5G 基站信号，无需 5G 工业网关连接。

目前嵌入式通信模块终端产品较少，现有业务多通过 CPE（模式一）接入 5G 网络。

(4) 应用侧

主要集中在智慧矿山、智能工厂水泥生产、运输、管理环节等具体场景开展示范。

5G应用典型场景及技术方案

(二) 典型应用场景

利用 5G 技术赋能水泥行业，主要分为监测、控制和采集三大类业务，其中监测类业务包含 VR 工业辅助、各场景 AI 监测分析等；控制类业务包含智能安防、设备控制等；采集类业务包含各类生产数据等。基于产业需求和实践，本白皮书共提炼“5G+ 工业互联网”赋能水泥行业十大典型应用场景。

矿山爆破业务场景

1. 场景需求

(1) 水泥行业石灰石开采是典型的露天矿开采模式，矿区开采需要进行爆破。在矿区爆破过程中，为避免人员误入造成伤亡事故，需要对矿区进行安全巡查。目前普遍采用两种解决方案，一是采用人力巡检。由于露天开采矿区面积较大，采用人工巡检费时费力，效率低下，无法完全避免安全事故的发生，且巡检人员自身存在一定安全隐患；二是搭建视频监测系统，该方案有线部署及摄像头布置成本高、维护困难，且容易存在监控死角。



图 7：全椒海螺矿山地形

(2) 爆破发生之后，矿山地形地貌发生变化，需要重新对地形数据进行收集更新，作为下次爆破和矿山开采规划的依据。目前水泥矿山地形采集仍普遍采用人工手段采集，效率低下且准确性差。

2. 场景描述

典型场景 1：无人机巡检及地形采集

矿坑爆破时，通过 5G 无人机航拍，结合 AI 图像识别，对爆破区域实现智能化警戒。爆破完成后，无人机定期采集地形变化信息，将地形变化数据更新到地形数据库中，作为下次爆破和矿山开采规划的依据。

5G应用典型场景及技术方案



图 8：5G+ 无人机爆破警戒智能辅助系统

表 1：无人机对于 5G 网络的需求

典型应用	上行速率要求	下行操控速率	控制时延	应用范围
巡检数据回传	> 100Mbps (8K)	600Kbps	< 10ms	无人机巡检

3. 解决方案

通过接入 5G 无线移动网络，实现无人机定位调试自主巡航。运维及调度人员不受距离限制，随时随地查看现场状况，真正落地智慧巡视；无人机巡检组网如下图所示，无人机上装有全景摄像头，5G CPE 可根据无人机承重等情况，选择挂载在无人机上或者放置在地面上，后者通过无人机自有图传系统回传至 CPE 进行图像上传。

(1) 通过无人机航拍，结合 AI 技术进行图像识别，对矿山爆破区域进行巡查，自动识别人、动物、车辆等目标，警告目标进行撤离，航拍视频同步回传到海螺厂的视频监控系统，方便工作人员及时调取查看。

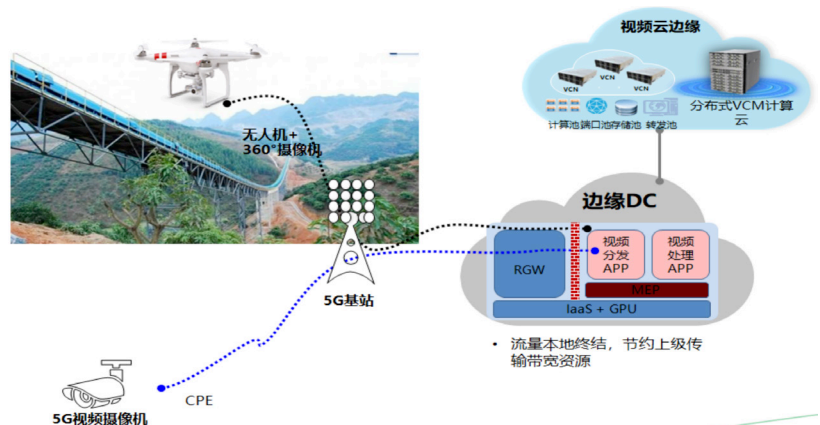


图 9：无人机巡检

5G应用典型场景及技术方案

(2) 爆破完成之后，借助第三方 AI 和云服务，利用图像采集技术，重新收集并实时更新地形地貌数据，用以指导矿车采集区域配置以及下次爆破点设计，进而降低人力采集成本。

4. 价值分析

(1) 采用无人机巡检警戒可以快速到达指定巡查地点，开展高效、多方位、多角度的巡查工作，并实时反馈巡查区域情况，有效保障矿山采集安全，避免安全事故发生；

(2) 通过 AI 识别系统和报警系统相结合，打造一体化巡检系统，从而大大节省人力巡检成本及设备费用，有效节约企业成本；

(3) 提升矿区数据采集的效率，推动智慧矿山的打造。

5G应用典型场景及技术方案

矿山开采运输业务场景

1. 场景需求

水泥原料开采矿区作业环境比较恶劣，冬夏温差较大，尘土飞扬，存在一定的安全隐患。矿区生产人员流动频繁，招工难，留人难，导致从业人员年龄普遍不高，不但增加了生产事故发生的概率，而且增加了用工成本。



图 10：矿山开采场景

2. 场景描述

典型场景 2：协同作业

原料开采过程中的装载 / 卸载等作业环节，需要矿卡与挖掘机、推土机等其他工程机械设备之间进行协同。然而在当前技术条件下，挖掘机和推土机仍采取有人驾驶模式，但可通过云平台的搭建实现矿卡、挖掘机和推土机的装载协作，提高作业效率。一方面，挖掘机、推土机可将设备运行数据上传至云平台，利用云平台的智能调度功能，实现与矿卡的作业流

程协同；另一方面，借助挖掘机或推土机的车载协同作业管理系统，利用在挖掘机或推土机上部署的传感器，实现对设备姿态和位置的监控。车载协同作业管理系统与矿卡车载系统间通过 LTE-V2X 直连通信，实现装 / 卸载模式设置、装载点设定、引导矿卡就位、引导矿卡出场等功能，提高装载 / 卸载作业效率。

5G应用典型场景及技术方案



图 11: 矿山开采运输场景

典型场景 3: 远程控制

矿卡在遇到特殊路段或紧急情况时，通过远程接管处理的方式使车辆能够继续行驶或移动到安全位置。远程接管方式包括响应式接管和紧急接管，前者是指当矿卡遇到无法处理的状况时，向平台发送远程接管请求，平台接到请求后立刻开始远程接管；后者是指遥控驾驶平台接收车端实时上传的状态信息，主动发现车辆异常并发出报警信号提醒人工接管。远程驾驶中心可通过 5G 大带宽通信实时获取车载和路侧成像设备高清视频，并将控制信号下发到车端，实现对车辆的紧急接管。



图 12: 矿卡运输场景

3. 解决方案

面向矿山自动驾驶应用的网络架构设计，一方面需要考虑到矿区不同工作区的特征和通信需求；另一方面需要结合 5G、LTE-V2X、MEC 等技术的发展现状，考虑多种通信技术相结合以支持矿区不同业务的需求。整体网络架构由车载端、路侧端、基站、多接入边缘计算平台 MEC、核心网以及云端应用服务组成，其中多接入边缘计算平台 MEC 作为本地数据处理中心和本地应用服务

- (1) 通过车辆实时监测系统，对车辆的位置、车况、速度、油耗、工时等信息进行实时监测。

5G应用典型场景及技术方案

(2) 平台对采集到的车辆行驶信息、路况采集信息、高精度定位信息进行处理, 实现对矿山地区运行环境的实时管控。

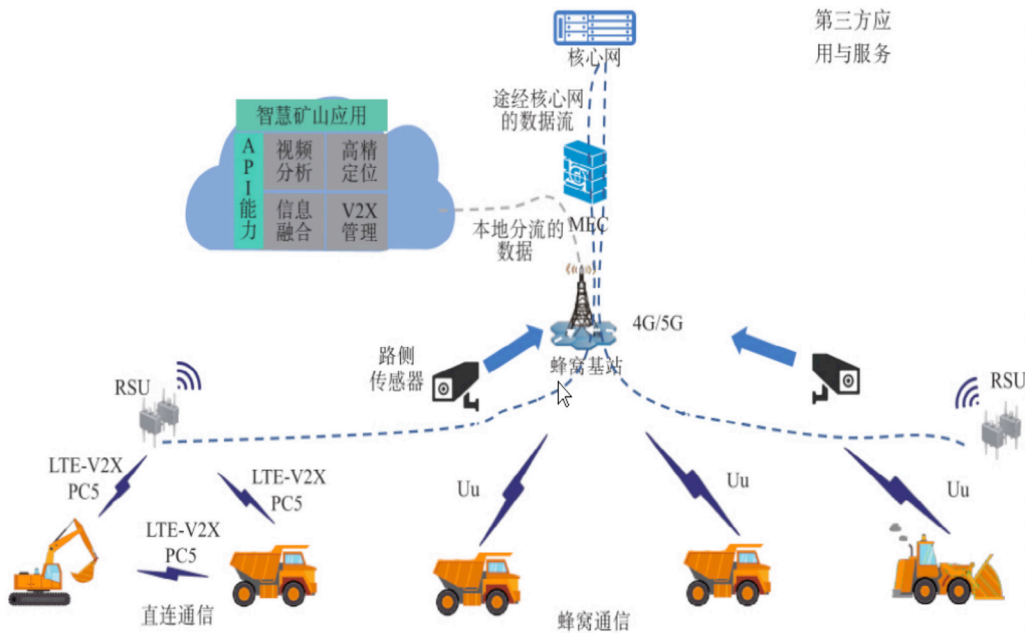


图 13: 矿卡远程控制方案

(3) 在云平台的统一指挥下开展相关的生产作业。对于作业车辆, 云平台提供行驶的决策建议、控制参数、最优线路规划、以及故障预警等信息, 从而帮助车辆顺利完成作业任务及不同车型之间的高效协作;

(4) 利用 5G 网络对设备进行远程操作, 并实时监测设备状况。

4. 价值分析

(1) 有利于改善工人的工作环境, 免受温度、粉尘等恶劣环境的侵扰, 保证装载作业高效、有序的完成, 减少伤亡事故的发生概率, 有效降低用工成本。

(2) 可以对车辆设备状况进行实时监测, 充分了解车辆和设备状况, 降低设备运维成本;

(3) 无人驾驶、远程一对多设备操控都能有效的提升生产效率, 降低生产成本。

5G应用典型场景及技术方案

表 2：远程控制对于 5G 网络的需求

典型应用	上行速率要求	下行速率要求	控制时延	应用范围
图像 / 视频流上传	> 100Mbps (8K)		< 10ms	远程控制图像回传
PLC 控制指令下达		> 50kbps	< 10ms	控制指令下达

水泥生产环节监测场景

1. 场景需求

在水泥生产过程中，多个关键环节需要进行监测。在生产工序中，投料口、翻板阀容易堵塞堆积，传送皮带会出现反转、打滑、破损抽丝等现象。此外，冒灰污染情况也较常出现，需要实时检测保证环境达标，水泥库裂纹情况若不及时检修，也将造成较大经济损失。



投料口上口



传送带



投料口下口

图 14：水泥生产业务场景

2. 场景描述

典型场景 4：投料口、翻板阀堵塞

投料口、翻板阀容易形成水泥堆积造成堵塞，人工在监控室操作容易因视觉疲劳，造成漏检误报，存在安全隐患。在石灰石投料口加入 AI 工业高清视觉检测，借助 5G 网络实现与后端品控平台的高速数据传输，利用平台预置算法进行判断检测，从而及时发现石灰石投料口堵塞。

5G应用典型场景及技术解决方案

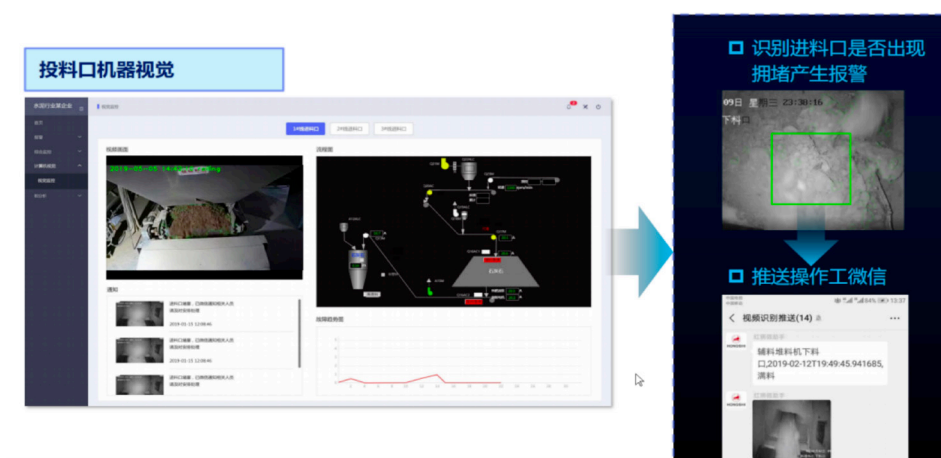


图 15: 石灰石投料 AI 工业高清视觉检测

典型场景 5: 皮带损坏

传送物料的皮带会出现损坏、抽丝、打滑、甚至反转等现象，人工肉眼巡查难以及时发现，影响产线的生产。利用 5G+ 机器视觉技术，将高清图像传送到云端，结合人工智能算法，可快速、精确地分辨出皮带发生故障类型，并及时通知相关工作人员进行维修。

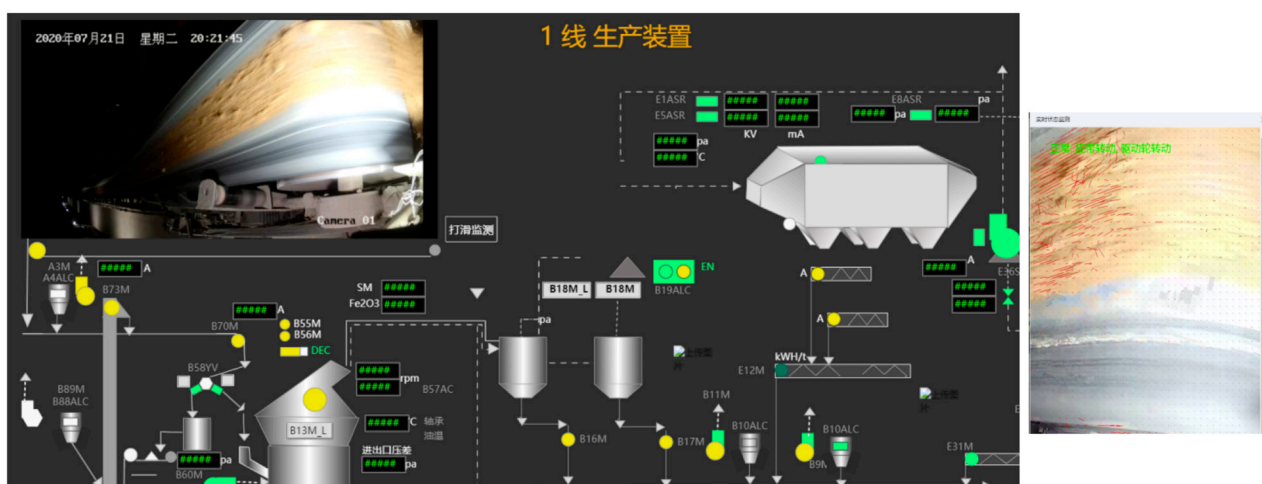


图 16: 5G+ 机器视觉技术检测皮带损坏

5G应用典型场景及技术方案

典型场景 6：冒灰污染检测

水泥运输时，司机操作不当会导致大量水泥灰泄漏到空气中，不但影响环境质量，而且会对工作人员的健康造成损害。借助 5G+AI+ 云平台的智能分析功能，可以有效的缩减识别时间，提高处置效应，避免环境污染事件发生。



图 17：冒灰污染

典型场景 7：水泥库裂纹检测



图 18：水泥库

水泥库管道会产生裂纹，需要定期巡检，否则将导致水泥库垮塌，发生安全事故。目前多采用人工肉眼 + 望远镜结合方式进行检查，漏检率高、效率低下，存在严重的安全隐患。通过 5G 高清摄像头或无人机航拍对水泥塔表面进行画面采集，并将画面回传至 AI 图像识别系统的方式，可以实现各类裂纹的自动识别和及时告警。

3. 解决方案

在生产环节部署超高清码流的监控设备，利用 5G 高带宽特性实现实时数据回传，采集人与关键设备的细节。基于现场采集到的视频，机器视觉智能分析其特征，利用模态分析、聚类、分类等大数据和机器学习的方法建立设备运行的模型，进行智能检测分析和预警。

通过 5G 模组和工业级 CPE 建设 5G 工业数据网络，提升图片和数据上传效能，助力算法实时性能提升。工业相机高速采集的图像之后，通过大带宽 5G 网络传输到 MEC 边缘云进行处理和分析，产生的控制指令再通过低时延高可靠的 5G 网络发送到设备端。依托 MEC 系统，强化 AI 识别等能力，通过 5G 网络加快水泥产线数据信息传输，逐步代替有线网络。

5G应用典型场景及技术方案的

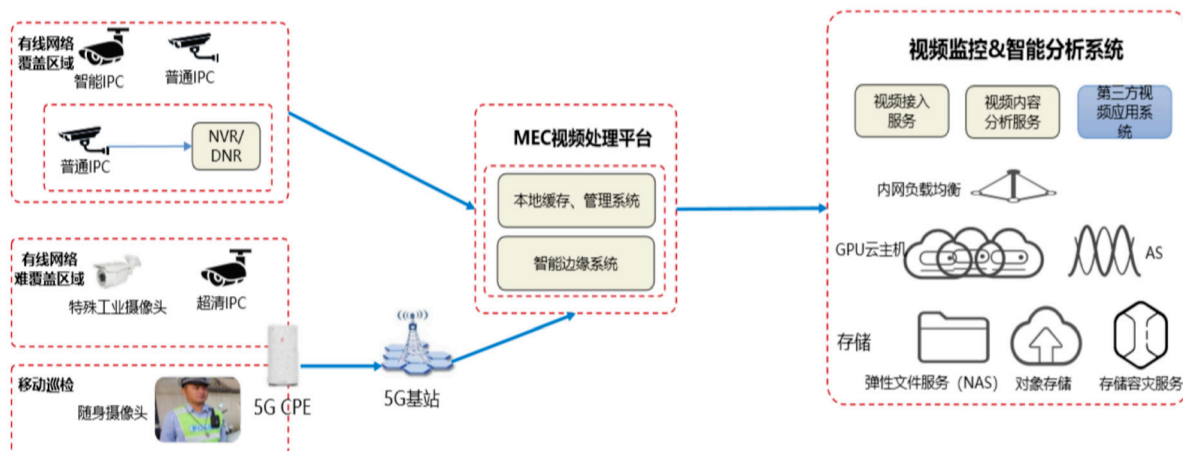


图 19: 用于全过程检测的 MEC 算法平台部署架构示意图

4. 价值分析

- (1) 用 5G 的无线传输代替线路视频, 减少安装和运营成本;
- (2) 通过 AI 智能检测能够提升检测精度, 提高工作效率, 增强系统的安全性能;
- (3) 边缘云系统不但能够进行分析处理、接入第三方视频监控应用, 还可以提供多种超大容量云存储服务和容灾服务, 满足水泥工业需求。

表 3: 机器视觉对于 5G 网络的需求

典型应用	上行速率要求	控制时延	应用范围
图像信息实时上传	> 100Mbps (8K)	< 10ms	所有图像信息采集传输场合
MES 信息反馈	> 1Mbps	< 100ms	数据反馈应用场合

5G应用典型场景及技术方

安全运维业务场景

1. 场景需求

(1) 水泥生产过程中，设备长时间工作，容易突发机器故障，导致无法进行连续生产，影响生产进度，造成严重经济损失。此外，由于工作人员的不规范行为或员工自身健康问题，水泥生产过程中工作人员也会有突发事件，影响企业生产，降低企业利润。

(2) 设备安全的运营维护涉及的因素很多，缺少统一管理平台，数据呈现的可视化功能不足。

2. 场景描述

典型场景 8：设备安全运维

厂区内设备多样，存在大量传感器和控制器，需要对数据进行收集和处理。有线网络传输布放复杂，变更困难，不同的设备及控制系统对网络带宽、时延等性能要求不同，只有借助 5G 的大带宽、低时延、高可靠性等特点，才能将传感器以及控制器数据可以实时回传到厂区数据中心进行集中呈现和处理。同时通过后台大数据分析，还能对设备、人员的状态进行预判，实现设备的预防性维护，再通过数据平台进行集中展示。



图 20：安装在线监测系统

5G应用典型场景及技术方案

典型场景 9：不安全行为监测

在很多单独工作的场景中,工作人员健康发生问题及不带安全帽等违规操作很难被及时发现,为安全生产带来不小的隐患。通过高清视频 +AI 图像识别技术,可以实时监测工作人员的身体状况、行动轨迹,自动检测工作人员不规范行为,从而规范员工的操作,有效的减少安全事故的发生频率。

误入工作间隔:



身份识别+工单系统



作业位置错误

现场人脸识别, 联动两票系统 判断班组成员、地点、时间是否正确

输煤皮带翻越:



识别人员非法翻越皮带



声光报警/控制系统联动

忽视个人防护用具:



人员穿戴动态识别



现场声光报警, 提醒相关人员

高空坠落:



识别人员靠近孔洞或安全带异常



声光报警/终端提醒

图 21、22：常见的不安全行为

5G应用典型场景及技术方案

3. 解决方案

(1) 打造设备安全管理系统，实时采集设备状态，监控异常设备，准确分析设备故障，进一步预测设备缺陷及寿命，指导设备维护。

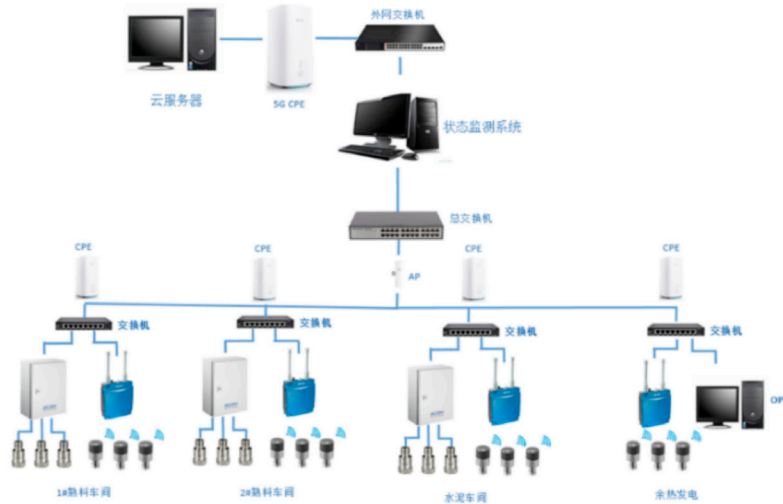


图 23: 预测性维护管理系统架构简图

在设备侧，收集设备运行状态下的实时振动、温度数据，利用 5G 网络上传至云端存储，通过智能报警和设备模型算法，准确掌握设备运行状态和故障部位，确定故障根源，为检修、备件、生产技术提供数据支持。

通过在监测中心部署设备健康管理平台，并在设备端同步加装在线振动监测子系统，可以对上述设备、大型基础的健康状态进行有效监测、对设备当前的运行状态做出评估（属于正常、还是异常）、对异常状态及时做出各级报警，并为进一步的故障分析诊断、设备性能评估等提供信息和数据。

(2) 打造人员安全管理系统，通过 5G 精准定位技术，结合智能佩戴终端，实现对人员的精准定位、轨迹追踪、电子围栏、人员健康监测及一卡通等功能。

监控视频信号通过 5G 传送到 MEC 边缘计算平台，利用 MEC 上集成的 AI 算法进行实时分析，识别出异常并告警，结合高精度定位，实现电子围栏功能，实时判断生产人员是否按照规章进行操作，同时还可以对工作人员不按照规定着装行为进行及时告警。

5G应用典型场景及技术方案



图 24：基于 5G 精准定位技术的人员安全管理系统

(3) 强化数据采集管理，实现 DCS、视频监控系统数据的无缝接入，打造安全运维的统一入口；强化人工智能应用，对安全区域进行实时分析，有异常时及时通知相关人员；打造移动应用 APP，视频数据移动端实时更新，提升工作效率。

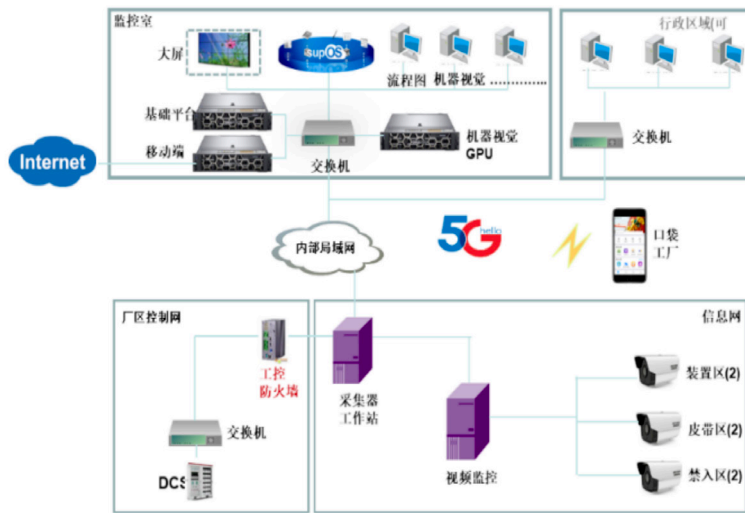


图 25：数据采集管理系统

5G应用典型场景及技术方案

4. 价值分析

(1) 通过设备健康管理平台对异常运行状态的早期智能预警与分析,可以揭示故障的原因、程度、部位,发展趋势等,为设备的在线调整、停机检修提供科学依据,避免常规计划检修模式可能造成的“过修”或“欠修”,可以有效延长设备运行寿命,显著降低维修费用,为企业由传统的“计划维修”模式向更加科学的“预测性维修”模式转变,奠定可靠、高效的运行生产线,大大提升企业生产效益。

(2) 建立设备、人员监控体系,强化现场异常风险管控,建立起企业对人员和设备管理工作指导机制,可保障生产顺利进行。大数据平台提升了安全运营维护的可视性和便捷性,有利于工业数据的统一管理,降低了企业成本。



5G应用典型场景及技术方案

VR 远程参观场景

1. 场景需求

水泥厂区的参观包括矿山、产线、控制台等区域，完整的参观流程费时费力，工作量大，会影响厂区的生产，且很多场景环境恶劣而且具有一定的危险。

2. 场景描述

典型场景 10：厂区 VR 培训

接待人员佩戴眼镜，厂区的实时情况通过 5G 网络实时传送到控制室，参观人员通过手机、视频等手段收看直播，并进行交流，既节省了成本，也能够提高参观效率。



图 26：5G+ 矿区 VR 参观

3. 解决方案

通过终端将现场高清视频数据进行实时采集，5G 网络回传转发到对应 MEC 边缘计算节点，边缘计算网关再将 AR 业务流发送到本地计算平台，经过处理将当前设备的状态（角度 / 位移 / 俯仰角）展示给操作员，使得现场状况通过 VR 完美呈现。

5G应用典型场景及技术方案

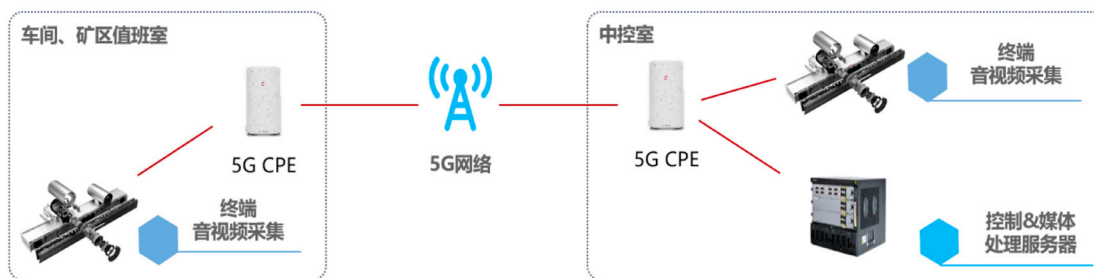


图 27: 基于 5G 的终端现场高清视频数据采集与回传

4. 价值分析

- (1) 参观人员通过 VR 眼镜即可聆听现场人员讲解, 沉浸式观看现场情况, 体验效果更佳;
- (2) 减少参观人员到车间值班室和矿山值班室现场, 效率更高, 且无安全风险。

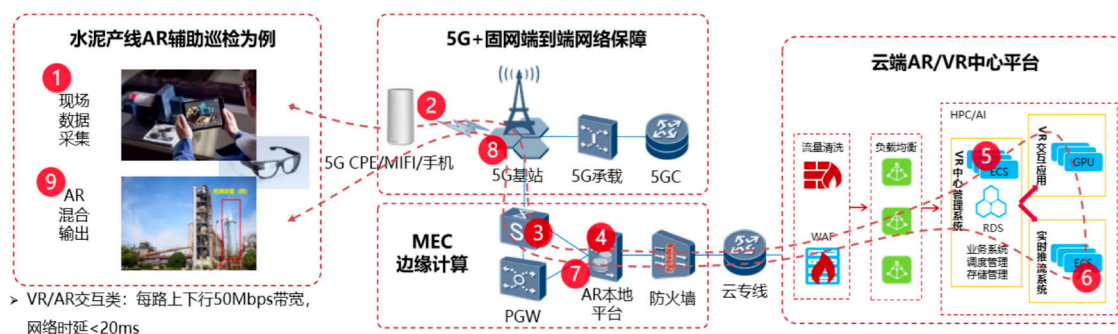


图 28: 基于 5G 的水泥产线 AR/VR 应用

典型应用	沉浸等级	通信速率要求	时延	应用范围
VR 虚拟应用	初步沉浸	25Mbps	< 40ms	虚拟展示等静态展示
	部分沉浸	100Mbps	< 30ms	虚拟培训等交互场景合
	深度沉浸	400Mbps	< 20ms	虚拟装配等强交互场景
	完全沉浸	1Gbps	< 20ms	强交互, 全沉浸场景

表 4: 机器视觉对于 5G 网络的需求

5G应用典型场景及技术方案

(三) 典型案例

1. 海螺水泥

海螺水泥打造第一个“全流程智能化”工厂，针对矿区复杂地形条件，在芜湖和全椒海螺水泥厂区打造“超级上行”网络服务，实现端到端的商业应用，有力支撑海螺集团水泥“智能工厂 2.0”创新升级。“超级上行”提升边缘覆盖效果和峰值速率，边缘上行速率提升 100%–400%，移动测试整体提升 20%–60%。积极打造边云协同，依托天翼云+MEC 系统融合，AI 识别等云化能力落地天翼云，在无人机 AI 爆破巡检+地形采集、5G+AI+云+高清视频实现多业务场景智能制造等领域引领水泥行业发展。



图 29：海螺水泥



图 30：华润水泥

2. 华润水泥

华润水泥 5G 田阳试点项目结合 5G+MEC 技术，构建水泥厂全联接的无线网络，实现厂内作业区的无缝覆盖，实现作业区设备的信息上传，生产网络与公众网络分离，保障数据安全。依托 5G 网络，构建全方位工业互联网体系架构，为网络联通、数据互通、业务打通打下坚实基础，消除信息孤岛隐患，真正实现降本增效，推动企业互联、数据驱动、智能主导、服务增值的现代水泥产业体系构建。

5G应用典型场景及技术方案

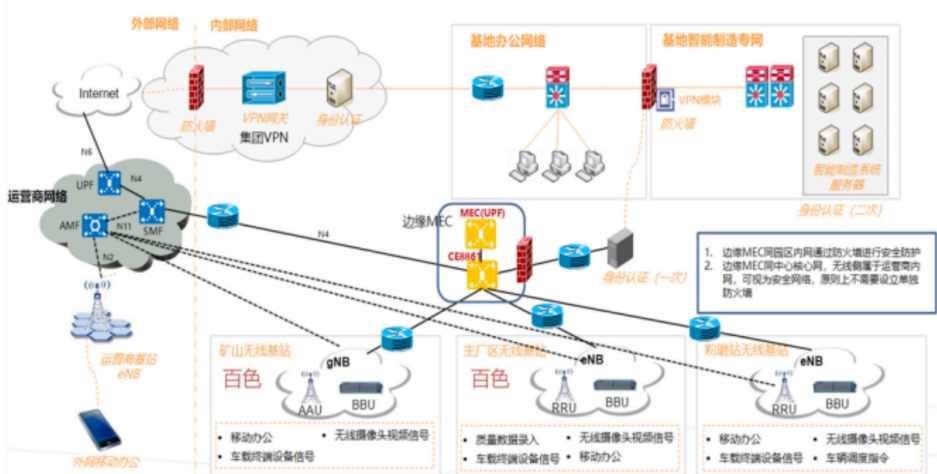


图 31: 水泥厂全联接无线网络

华润水泥积极打造“5G+ 工业互联网”大数据平台，实现“5G+ 工业互联网平台 + 工业 APP”的逻辑功能架构，实现工厂内自动化和信息化系统的数据采集和集成，生成设备全信息画像，利用工业 PaaS 平台能力以及 5G、人工智能、物联网等技术提供先进的生产管理手段，挖掘准确、可靠、先进的生产模式。通过工业 APP 进行设备管理、能源管理、安全环保管理、经营管理，提升企业的总体生产管控水平、设备运维效率，实现从工业 3.0 向工业 4.0 转变。

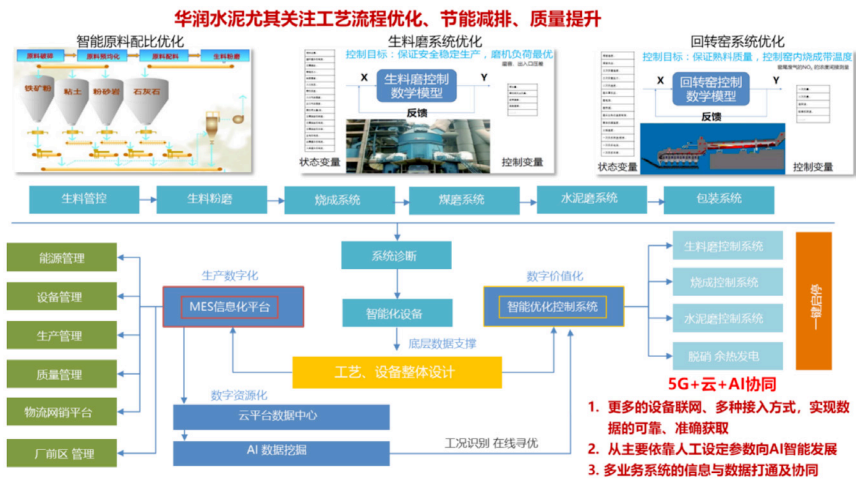


图 32: 工厂自动化信息化系统数据采集集成

5G应用典型场景及技术方

3. 重庆西南水泥

重庆西南水泥正在打造“1+5”（1个数字车间+5个典型场景）全场景智慧成套解决方案，力求在生产制造、智慧安全等领域全面推进5G建设。积极推动5G+AI高清工业视觉检测项目试点，通过在石灰石投料口加入AI工业高清视觉检测，利用5G通信实现与后端品控平台的高速数据传输，使用平台预置算法判断检测，及时发现石灰石投料口堵塞，或皮带传输断料，有效替换人工劳动，降低漏检误判，防止生产故障。



图 33：西南水泥有限公司

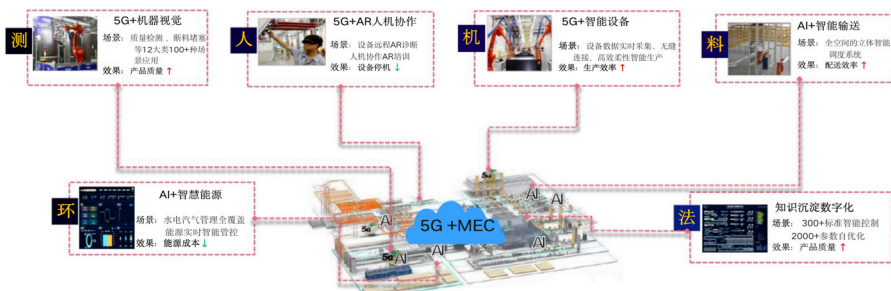


图 34：“1+5”全场景智慧成套解决方案

4. 江西瑞金万年青水泥

江西瑞金万年青水泥利用5G技术打造人机安全智能管理系统，打造以智能生产为核心、以运行维护做保障和以智慧管理促经营的三大平台，推动工厂运行自动化、管理可视化、故障预控化、全要素协同化和决策智慧化发展。紧扣“人机安全智能、科技智能、高效安全”时代特点，以工厂内分布最广、数量多、位置好、扩展方便为物联网载体，利用新技术建设智慧工厂，实现生产设备管控、建立全厂设备图纸数据库、生产现场人员安全状态监控以及生产过程管理实现生产系统中人和设备的智能化管理等功能，提升企业竞争力。



图 35：万年青水泥股份有限公司

5G应用典型场景及技术方案

5. 红狮水泥

桐庐红狮水泥正式上线了由浙江电信、浙江中控蓝卓和中兴通讯三方联合打造的5G+MEC+supOS工业互联网平台正式加速了生产过程中的机器视觉分析应用，确保水泥投料口堵塞情况快速上报和及时预警，大幅提升了生产效率和可靠性，加速了5G在工业互联网领域应用的商用步伐。



图 36：红狮水泥



图 37：千业水泥

6. 千业水泥

焦煤集团千业水泥打造“5G+”无人矿山项目，主要实现无人操控双向行驶运输及智能调度系统，项目分两期工程，共投入14个5G基站，可实现60台无人车的无人驾驶，13台挖机和10台钻机的5G远程控制，实现了露天矿区铲、装、运全程无人操作，使矿山生产的安全性、开采效率、资源利用率大大提升，按照1300万吨/年的开采量计算，预计每年节省人工成本1000万元。同时，现场使用车辆全部用无人纯电动车代替传统柴油车，钻机采用纯电动空压机代替传统柴油空压机驱动，预计每年节省材料费1800万元。

“5G+工业互联网”水泥行业发展建议

“5G+ 工业互联网”在水泥行业的应用尚处在探索初期，行业内企业具有较高的应用积极性，初步形成了一批典型的应用案例，随着 5G 技术的进一步成熟，产业应用的进一步探索，商业价值的逐步显现，“5G+ 工业互联网”必将成为水泥行业数字化转型的主要推动力和重要途径。

（一）加快“5G+ 工业互联网”新型网络基础设施建设

加快水泥行业工厂内、工业园区、产业聚集区 5G 网络基础设施的部署，满足企业对无线网络的高性能需求，探索与运营企业的合作模式。

（二）加快培育水泥行业可复制可推广的典型应用场景

树立“5G+ 工业互联网”应用标杆，推动“5G+ 工业互联网”应用逐步向水泥行业核心生产侧渗透，应用类型从大带宽应用，向低时延等多方向发展，拓展融合应用深度和广度。

（三）打造“5G+ 工业互联网”水泥行业创新能力

推动“5G+ 工业互联网”水泥行业公共服务平台建设，构建满足行业企业开展 5G 网络研发验证的网络测试环境创新载体，提升 5G 网络推广公共服务能力。建设水泥行业“5G+ 工业互联网”测试床，提升水泥行业的 5G 应用创新能力。

缩略语 GLOSSARY

LTE-V2X	基于 LTE 的车联网无线通信技术 (Long Term Evolution – Vehicle to Everything)
MEC	多接入边缘计算 (Multi-access Edge Computing)
LTE	长期演进 (Long Term Evolution)
5G	第五代移动通信技术 (5th-Generation)
Dcs	分布式计算机控制系统 (Distributed Control System)
UPF	用户端口功能 (User Port Function)
SMF	单模光纤 (SingleModeFiber)
ULCL	上行分类器
MEC	移动边缘计算 (Mobile Edge Computing)
VR	虚拟现实技术 (Virtual Reality)
CPE	客户终端设备 (Customer Premise Equipment)
ipv6	互联网协议第 6 版 (Internet Protocol Version 6)
MEP	机电设备 (machine、electric、plumbing)