



# 基于工业互联网的 煤炭企业信息化基础设施建设 白皮书（2022版）



2022年4月



## 前言 >

2021年10月18日，中共中央政治局就推动我国数字经济健康发展进行第三十四次集体学习。中共中央总书记习近平强调，要加快新型基础设施建设，加强战略布局，加快建设高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施，打通经济社会发展的信息“大动脉”。

煤炭作为我国重要的传统能源行业，是我国国民经济的重要组成部分，是长期以来推动我国现代化进程的基础和动力。加快推进信息化基础设施建设，是推进煤炭行业两化融合发展和煤炭企业数字化转型的重要基础，是“双碳”背景下推进煤炭工业高质量发展的必然选择，更是煤炭行业贯彻落实能源安全新战略的重要举措，事关行业发展的前途和未来。

本《白皮书》根据新一代信息技术在煤炭行业应用发展趋势，结合典型煤炭企业和煤矿的实践经验，在遵从现有政策、标准、规范前提下，提出了基于工业互联网的煤炭企业信息化基础设施的建设原则、整体构架、功能及可靠性要求等，作煤炭企业相关顶层设计参考之用。

”

## 联合编制及发布单位

中国煤炭工业协会信息化分会

国家能源投资集团有限责任公司

中国中煤能源集团有限公司

山东能源集团有限公司

晋能控股集团有限公司

陕西煤业化工集团有限责任公司

山西焦煤集团有限责任公司

开滦（集团）有限责任公司

华阳新材料科技集团有限公司

淮河能源控股集团有限责任公司

淮北矿业（集团）有限责任公司

中国平煤神马能源化工集团有限责任公司

河南能源化工集团有限公司

华为技术有限公司



# CONTENTS 目录



■	<b>一、现状与需求分析</b>	01
■	<b>二、建设范围及原则</b>	02
	2.1 建设范围和目标	02
	2.2 建设原则	02
	2.3 分类原则	03
■	<b>三、整体架构</b>	04
	3.1 煤矿的构架	05
	3.2 企业的构架	06
	3.3 配置推荐表	08
■	<b>四、主要子系统描述</b>	10
	4.1 综合管控平台	10
	4.2 生产网络	10
	4.3 云数据中心	12
	4.4 办公网络	14
	4.5 信息网络安全	14
	4.6 互联专线网络	16
	4.7 运维中心	16
■	<b>五、附录</b>	17
	5.1 规范性引用文件	17
	5.2 术语、定义和缩略语	18

## 一、现状与需求分析

XIAN ZHUANG YU XU QIU FEN XI

工业以太环网、4G网、数据中心等信息化基础设施大范围建设推广，已基本满足了煤炭企业传统信息化需求。近年来，随着技术进步和煤炭行业两化融合深入发展，传统信息化基础设施的网络能力、运算能力等已不能满足煤炭企业数字化转型的需求，亟需建设新型信息化基础设施，以满足5G、人工智能、工业互联网、大数据等新一代信息技术与煤炭行业深度融合的新需求。

当前，煤炭企业信息化基础设施建设面临的挑战和问题主要表现在：

### 缺乏面向数字化转型的顶层设计。

01

部分企业仍以短期视角、单系统思维来看待信息化基础设施建设，导致各类系统相互分隔，不能满足生产精益化、柔性化及科学化决策需求。

### 网络能力、覆盖及数据治理不足。

02

部分煤矿带宽不足，缺乏足够的视频监控、瓦斯监控等环境感知设施；类型繁多的异构数据导致生产、经营等业务流程难以打通。

### 缺乏大数据、人工智能、场景化APP能力。

03

多数煤矿尚未引入云计算、大数据、人工智能等新技术，无法实现多生产系统协同、灾害风险预警化、决策科学化等真正意义上的智能化建设。

### 未达到信息安全动态感知、主动防御、网络安全等级保护要求。

04

部分煤炭企业缺乏必要的网络安全管控设施，未达到相关政策、规范要求，存在网络信息安全风险。

数字化转型对煤炭企业提出了超宽、安全、大数据、人工智能等新型信息化基础设施的需求。例如：

- 某大型煤矿上万个数据产生节点（包括生产设备、安全监测传感器、仪器仪表、监控摄像头等），需要超宽网络传输海量数据。
- 某煤矿安全生产控制联动、透明地质保障、风险早期预警、设备节能减排等先进生产系统应用，需要大数据、人工智能、云计算等新能力。
- 某露天煤矿自动驾驶系统需要超低时延、精准时钟的传输网络。
- 某综采工作面上百个4K/8K摄像头，需要5G网络提供400/800兆上行带宽，实现远程监控与遥控作业。

## 二、建设范围及原则

JIAN SHE FAN WEI JI YUAN ZE

根据国家有关部门及山西、内蒙古、陕西、山东、安徽、贵州、云南等主要产煤省（自治区）关于煤矿智能化、信息化相关标准要求，确定如下建设范围、建设与分类原则。

### 2.1 建设范围、目标和重点

#### 煤炭企业信息化基础设施建设范围

包括网络、云数据中心、综合管控平台三部分，应用于地质保障、采掘、机电、运输、通风、安全监控、园区管理、运营决策等各生产经营领域或环节之中。

#### 煤炭企业信息化基础设施建设目标

充分利用5G、大数据、云计算、人工智能等新一代信息化技术，面向工业互联网体系架构，系统性地构筑超宽互联网络、超强数据处理与共享的智能化综合性数字基础平台，为煤炭企业数字化转型和智能化升级提供高速泛在、集成互联、智能绿色、安全可靠的信息能力保障。

#### 煤矿信息基础设施建设重点

**井工煤矿**一般优先建设智能化机械设备、远程集中控制、透明地质、风险预测预防、人员设备精准定位等业务系统。信息化基础设施的建设重点是：井下超宽网络、视频监控、地质环境感知、生产安全控制联动以及人工智能平台。

**露天煤矿**一般优先建设自动采装、远程集中控制、自动驾驶等智能化系统。信息化基础设施的建设重点是：采装区的5G或4G无线网络、视频监控、自动驾驶以及人工智能平台等。

### 2.2 建设原则

01

#### 顶设引领、适度超前

信息化基础设施是煤炭企业数字化转型的重要基础，必须坚持顶层设计、规划引领，立足当前、谋划长远。宜面向未来5~7年的政策发展、技术革新和业务需求，适度超前规划与建设。

02

#### 双轮驱动、因矿施策

坚持业务引导技术、技术使能业务，两者适度分离、交叠牵引发展。煤炭企业应根据自身组织形式、资源禀赋、生产模式、装备类型、文化特色等因素，因地制宜、因矿施策开展建设。

03

### 合规达标，安全优先

随着智能化、少人化发展，生产管理系统面临更多网络与信息安全威胁。信息化基础设施建设必须符合国家、地方及行业各类法律、法规及政策、规范、标准的规定和要求。

04

### 统一标准，灵活适配

集团型企业应统一建设规范、架构、数据、技术等标准。但在实际建设中，可采取试点先行、分步实施等的灵活策略，确保建设节奏与现阶段业务需求的协同匹配。

## 2.3 分类原则

### ■. 企业分类

**综合能源集团：**煤炭生产作为主要产业板块，同时下辖煤业集团（或区域公司、煤业公司）及其他非煤炭生产板块的多元化能源集团。综合能源集团一般设置集团总部、煤业集团（区域公司）、煤矿三级管理架构（个别集团为四级架构）。

**煤业集团：**以煤炭为主业的独立煤炭集团或综合能源集团下辖的煤炭产业板块二级集团。煤业集团一般设置集团总部、煤矿两级管理架构（个别集团为三级架构）。

**单煤矿企业：**单个煤矿成为一个企业。

### ■. 煤矿分类

参照国家、行业及相关地方标准，本《白皮书》将煤矿分为三类，进行论述：

**一类矿：**煤炭资源赋存条件好的特大型现代化煤矿。煤矿（井工或者露天）生产能力一般在1000万吨/年以上，且服务年限大于10年。该类煤矿规模大、条件好，宜高规格建设信息化基础设施。

有严重灾害风险的矿井。如有冲击地压、瓦斯突出、水文地质类型复杂带压等风险的矿井，不论生产规模，宜按照一类矿提级建设自动监测、定位与通讯调度、应急救援、分析预警等应用系统。

**二类矿：**煤炭资源赋存条件较好的大型煤矿。井工煤矿生产能力一般在120~1000万吨/年之间，露天煤矿生产能力一般在400~1000万吨/年之间，且服务年限大于5年。该类煤矿具备开展智能化建设的基础，宜全面建设信息化基础设施。

有中等灾害风险的矿井，宜按照二类矿标准，完善自动监测、分析预警等系统所需的信息化基础设施。

**三类矿：**煤炭资源赋存条件较差、资源濒临枯竭等的煤矿。井工煤矿生产能力一般在120万吨/年以下，露天煤矿生产能力一般在400万吨/年以下，或者服务年限小于5年。该类煤矿信息化基础设施需要满足安全生产的需求，稳定可靠，且必须达到相关安全监管要求。

### 三、整体架构

ZHENG TI JIA GOU

煤炭企业数字化转型，需要对准企业战略目标，基于企业架构TOGAF(开放组织架构框架)方法论，逐级构建业务架构、应用架构、数据架构、技术架构。

煤炭工业互联网以下一代物联网为基础、云平台为中枢、数据为要素、安全为保障，是新一代信息技术与煤炭行业深度融合的新应用模式，将重塑煤炭企业新形态、供应链和产业链的新业态。只有基于煤炭工业互联网的技术架构，才能构筑智能化综合性数字基础设施，满足煤炭企业数字化转型需求。

煤炭企业信息化基础设施已从传统的“硬件”为主，发展成“硬件”与“软平台”并重。“软平台”不仅包括云基础设施、大数据、人工智能等能力平台，还包括实时生产物联网操作系统（含工业数据采集分站和控制器）、数据治理、区块链等基础性底座部件。

煤炭企业信息化基础设施的架构可以一般概括为“一网、一云、一平台”，分为企业和煤矿两部分。企业部分用于支撑综合能源集团总部或煤业集团总部的经营管理，以及企业上下级之间的互联互通；煤矿部分用于支撑矿井及矿区整体的生产运营。煤炭企业各级机构（从总部至煤矿）的信息化基础设施建设，应与其管控模式、组织架构、职权责任相匹配。

煤炭企业整体、煤矿及企业部分的具体架构，分别参见图1、图2、图3。

本《白皮书》仅描述集团总部、煤矿的通用模型和尚未广泛普及的子模块，已广泛普及应用的子模块不再赘述。各类具体模型参见3.3配置推荐表。

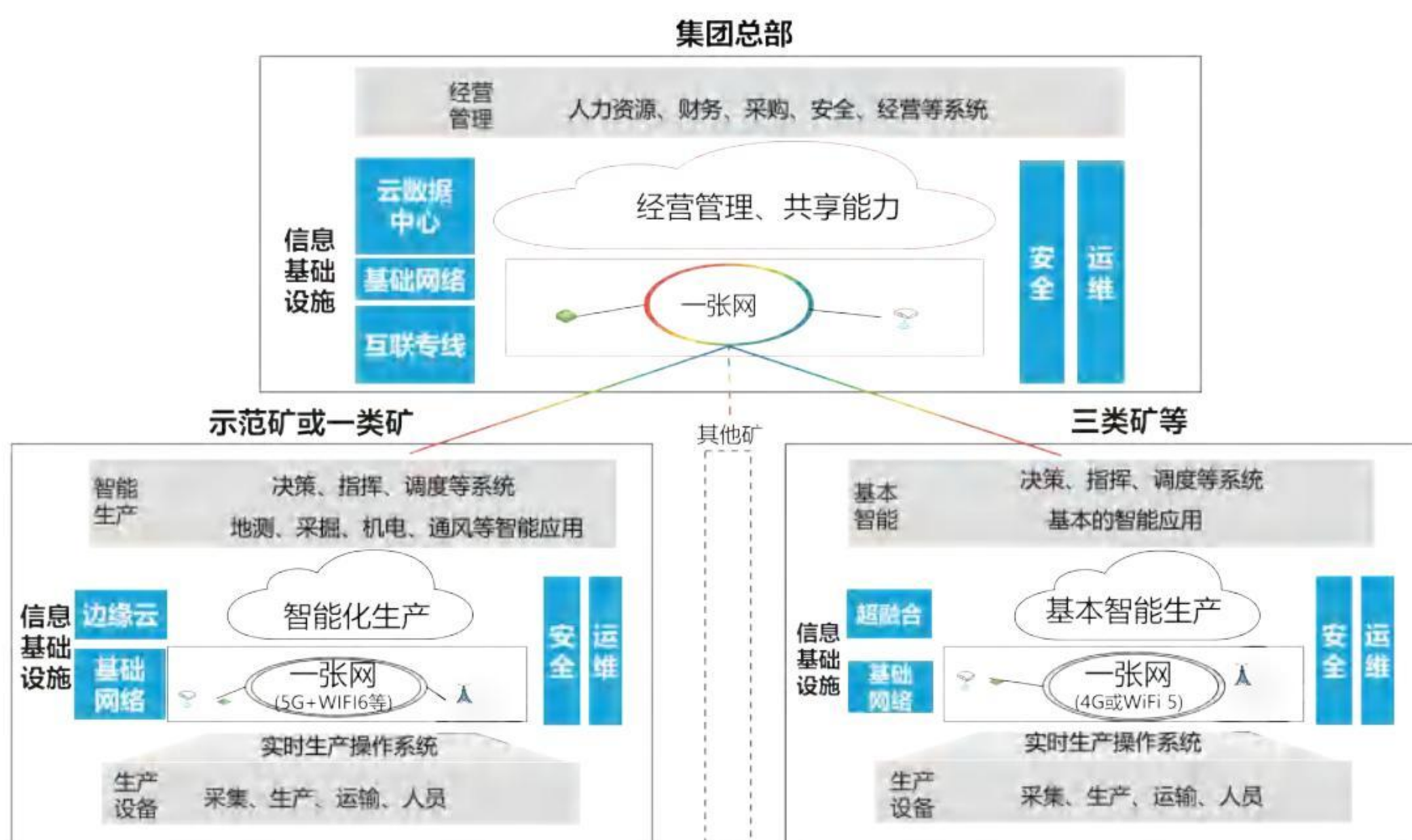


图1-煤炭企业整体信息化基础设施构架



### 3.1 煤矿的构架

煤矿的信息化基础设施包括：综合管控平台、生产网络、办公网络、边缘云、信息网络安全、运维中心等六大模块。



图2-煤矿部分的信息化基础设施构架

**综合管控平台：**指以数据驱动为核心，融合各应用系统、统一管控、统一呈现的生产调度、经营管理、决策指挥等综合中心。

综合管控平台应最大程度集成各类应用系统，例如地质保障、采掘运输、安全监控、通讯调度等，基于全矿统一数据入湖和数据治理，实现应用系统的统一管控、协同决策，提升智能化生产、可视化管理、数字化决策的效率和质量。精确定位系统和地质保障系统是综合管控平台的基础性前提。

**生产网络：**指用于煤矿生产，由井下和地面的工业环网、WIFI网络、无线网络等组成的语音及数据网络。

生产网络需支持超高带宽、超低时延、时钟同步，支持丰富的工控协议（如ETHERNET/IP、PROFINET、MODBUS-RTPS、EPA等）。生产网络主要用于生产类应用的数据传送，如视频监控、压力及环境感测、远程生产控制、远近协同作业等。生产网络未来将向物理隔离的综合控制系统网络演进。

**办公网络：**指用于员工办公、园区管理的语音和数据网络。

办公网一般与生产网络完全隔离，主要用于非生产类应用的数据传输，如用于园区视频监控、经营管理、电话会议等。

**边缘云：**指位于煤炭企业网络边缘侧（矿区内）的小规模算力中心。用于满足本煤矿各类生产系统的大数据、人工智能、系统集成等算力和存储需求。

煤矿边缘云与集团总部的云数据中心组成煤炭企业“一朵云”。通过云边协同构筑共享的计算和应用资源池，实现全集团内的能力平台共享，以及重要生产和经营数据的备份。一类矿或者二类矿的边缘云还可部署大数

据使能、集成使能等模块，助力煤矿智能化升级、应用创新和数字资产沉淀。三类矿的智能化、数字化应用不多，可根据需要建设虚拟化或超融合，代替边缘云。

IOT（物联网）边缘实现实时工业数据的统一接入和实时的工业设备控制联动，同时将半实时数据统一入湖至数字平台。

**网络安全设施：**指由防火墙、网闸、沙箱、流量分析、日志及数据库审计、安全态势感知、终端安全防护等组成的，满足网络安全等级保护所需的端到端安全设施。保护对象包括网络基础设施、大数据平台、云平台、物联网、工控系统、移动互联系统等。

网络安全设施用于保护网络及信息系统的硬件、软件、数据等，不受偶然的或者恶意的原因而遭到破坏、更改、丢失、泄露等，保障信息系统连续可靠稳定运行，网络服务不中断。

网络安全设施应满足国家网络信息安全法规规定。建议新建煤矿和一类矿达到等保2.0三级要求，二类和三类煤矿达到等保2.0二级以上要求。

**运维中心：**指用于监控、管理、维护网络和数据中心的应用系统。

运维中心应具有机房动力环境监控，设备自动配置、故障实时可视、资源与性能监控、操作日志审计等功能。煤矿宜采用融合式设备和系统，通过一机多用降低运维复杂度。建议建立综合性智能运维平台，实现对各类网络设备、云数据中心的统一监控、统一管理、智能化运维。

如果煤矿周围还聚集了同集团所属选煤厂、坑口电厂、煤化工工厂等其他产业链企业，可共享建设数据中心等部分信息化基础设施。

### 3.2 企业的构架

企业部分的信息化基础设施架构包括：云数据中心、办公网络、信息网络安全、互联专线网络、运维中心等五大模块。（企业部分的办公网络、信息网络安全、运维中心类似于煤矿部分的，此章节不再赘述）

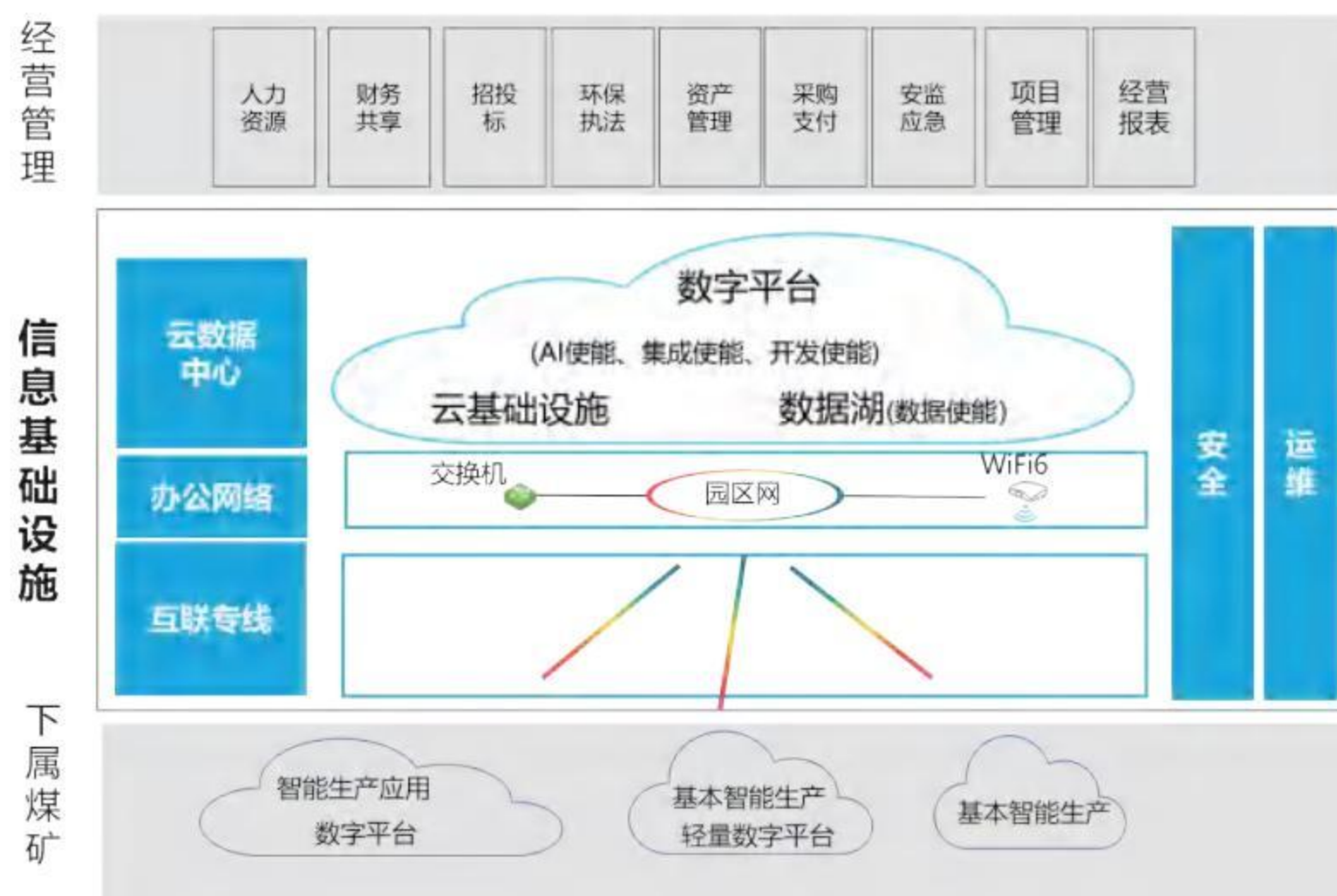


图3-企业部分的信息化基础设施构架

**云数据中心：**指位于煤炭企业网络的中心侧，具有高可用性的算力中心。

云数据中心用于部署统管统建的全局性应用系统，以及被企业的各分支机构共用的大数据、人工智能等能力平台。云数据中心可促进煤炭企业的生产加工、经营管理、销售服务、产业协同等领域的数字化转型。云数据中心宜逐步推广使用国产化硬件、操作系统、软件和数据库系统。建议综合能源集团建设企业私有云或混合云；小型煤矿企业集约化建设共享或租赁私有云（部分安全要求不高的办公系统可部署在公有云上）。



**互联专线网络：**指用于连接不同地域之间的企业内部各分支机构，带宽一般有保障的、企业专享的数据和语音网络。

互联专线网络一般用于对安全性、网络质量要求高的内部应用系统，如视频会议、经营管理系统等。



### 3.3 配置推荐表

		井工煤矿			露天煤矿		
		一类	二类	三类	一类	二类	三类
综合管控平台		●	●	●	●	●	●
生产网络	环网	融合 ●	融合 ○	融合 ○	融合 ●	融合 ●	融合 ●
		以太 ○	以太 ○	以太 ○	以太 ○	以太 ○	以太 ○
		F5G ○	F5G ○	F5G ○	F5G ○	F5G ○	F5G ○
	无线	5G ●	5G ○	4G ○	5G ●	5G ●	5G ●
			4G ○				
	WIFI	6 ●	6 ○	6 ○	6 ●	6 ●	6 ○
5 ○			5 ○	5 ○		5 ○	
边缘云	云基础设施	●	◎	◎	●	◎	◎
	大数据	●	◎	×	●	◎	×
	AI平台	●	◎	◎	●	◎	◎
	应用集成	●	●	●	●	●	●
	机柜等基础设施	●	●	●	●	●	●
办公网络	园区以太网交换机网络	●	●	●	●	●	●
	园区无源全光网络	○	○	○	○	○	○
安全网络设施		●	●	●	●	●	●
运维中心		●	●	○	●	●	○

表1-煤矿信息化基础设施配置推荐表

		三级架构企业			二级架构企业		单个煤矿企业
		集团总部	二级总部	煤矿	集团总部	煤矿	
云数据中心	云基础设施	●	◎	见表1	●	见表1	见表1
	大数据	●	◎	见表1	●	见表1	见表1
	AI平台	●	×	见表1	●	见表1	见表1
	应用集成	●	◎	见表1	●	见表1	见表1
	机柜等基础设施	●	●	见表1	●	见表1	见表1
办公网络	园区以太交换机网络	●	●	见表1	●	见表1	见表1
	园区无源全光网络	○	○	见表1	○	见表1	见表1
信息安全网络		●	●	见表1	●	见表1	见表1
互联专线网络	IP专线	●	●	×	●	×	×
	OTN专线	●	●	×	●	×	×
运维中心		●	◎	见表1	●	见表1	见表1

表2-煤炭企业信息化基础设施配置推荐表

●：推荐（示范性）    ○：可选    ◎：部分建设（租赁）    ×：不需要

以上推荐表是典型性、示范性的推荐配置。各煤炭企业和煤矿可结合自身架构层级、实际情况等综合确定各自配置。

## 四、主要子模块描述

ZHU YAO ZI MO KUAI MIAO SHU

信息化基础设施各模块的子模块繁多，本《白皮书》不再具体描述其中已广泛应用的成熟子模块，如应急广播、语音调度、传统工业环网、4G网络、视频监控等。

### 4.1 综合管控平台

综合管控平台包括决策指挥中心、安全生产中心、综合集控中心、智能巡检中心、经营管理中心等。

#### 功能及可靠性要求

- 基于所有工业数据入湖和数据治理，统一管控各类业务，如采掘、机电运输、一通三防、地测、设备检修等业务，实现各生产单位的高效联动；
- 支撑统一决策指挥，如智能排产、联动应急救援、统筹调度等；
- 统一实时生产呈现，如井下采掘、人员动态等态势的GIS实时呈现；
- 具有数据存储、系统容错、故障管理、状态监控等各方面的高可靠性能力，具有平台、网络、数据、运维等层面的高安全合规能力。

### 4.2 生产网络

生产网络包括融合承载网络、F5G工业环网、5G网络、传统工业以太环网等多种形态（本文中的WI-FI网络并入上述各类形态中介绍）。

生产网络需要井上与地面统一规划、统一运维，形成基于业务物理隔离的下一代综合控制系统网络。生产系统、人员定位系统、安全监控系统、视频监控系统等业务需承载在相互物理隔离的网络上（建议至少采用网络切片或者光芯隔离，推荐采用光芯、光缆、设备等全部隔离）。其中视频业务的流量较大，一般需要承载在新建的万兆环网上；其他流量较小的生产业务、安全监控等可利旧使用已有工业以太环网。

如煤矿有明确建设5G需求，优先建设融合承载网络。生产网络的时钟同步可采用网络时钟技术（NTP），或者IEEE1588V2技术（纳秒级的高精度时间同步）。

#### 融合承载网

指用于统一承载无线业务（主要指5G）、有线业务的传输网络。

随着设备的智能化、作业的数字化，井下环网上的数据流量巨增。未来融合承载网应分层级建设，骨干层环网支持5万兆、接入层环网支持万兆，从而实现网络与流量汇聚关系的更精准匹配。

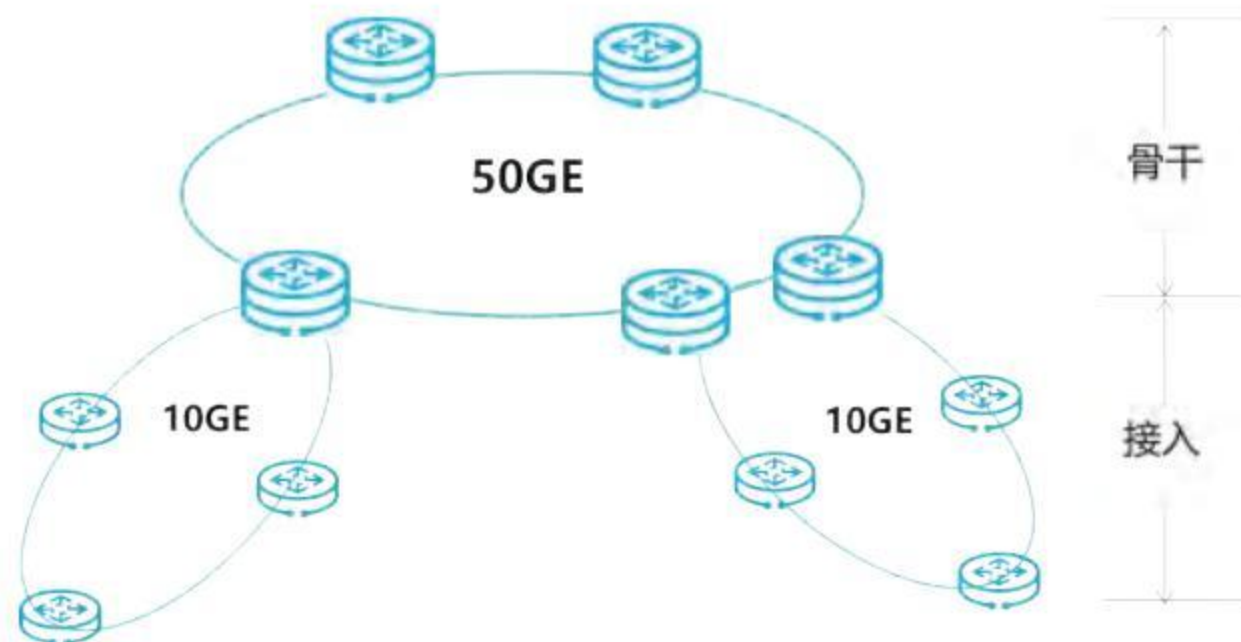


图4-5G融合承载网构架

## 功能及可靠性要求

- 各节点建议支持IPV6、SRV6（基于IPV6的段路由）、MPLS（多协议标记交换）、EVPN（以太网虚拟私有网络）、FLEXE切片技术；
- 骨干节点最大支持10万兆或5万兆端口，汇聚节点支持5万兆或万兆端口。光端口传输距离不低于40公里，支持单纤双向；接入节点支持万兆；
- WI-FI基于WI-FI6（IEEE802.11AX），兼容WI-FI5（IEEE 802.11AC）标准；
- 骨干节点支持主控和转发单元、电源等板件级的冗余保护，实现板件主备倒换期间业务不中断。网络自愈时间建议低于30毫秒。

## F5G工业环网

指用于承载有线业务，基于F5G技术的工业级传输网络。

F5G主要用于承载视频监控、安全监测等有线业务。F5G工业环网由光环网头端设备（ORH）、光环网终端设备（ORE）和光环网无源分光器（ORP）三部分组成。

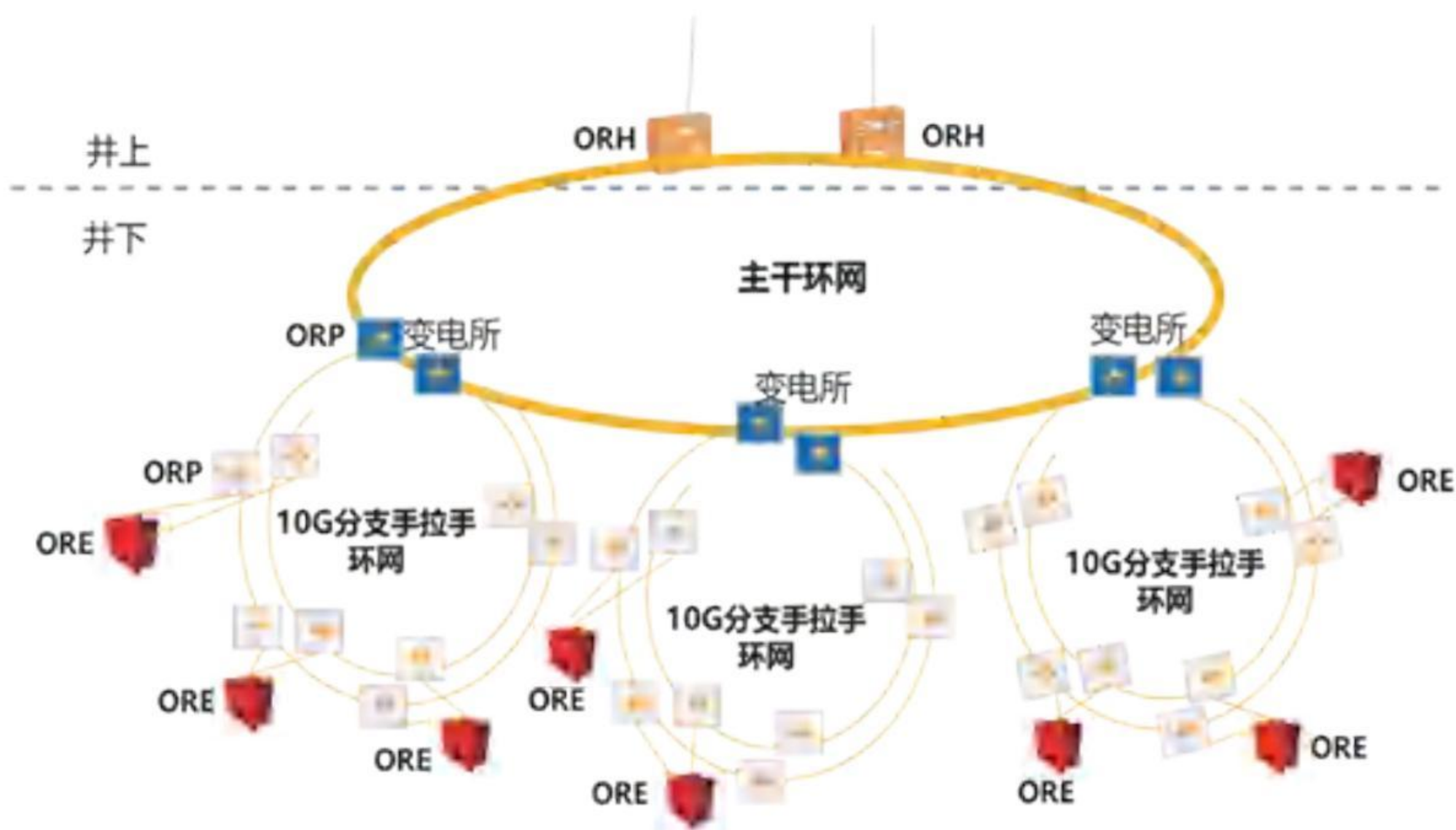


图5-F5G工业环网构架

## 功能及可靠性要求

- 节点设备采用防静电、阻燃材料制成。井下终端采用防爆、本质安全电路设计；
- 双路光纤冗余保护。光纤采用预连接光器件，即插即用。网络故障自愈时间小于30毫秒。

## 5G网络

指用于传输经常移动的设备、处在难以布线空间内的设备所产生的数据，基于5G技术的无线蜂窝网络。5G网络主要用于承载视频监控、远程工业控制等业务。5G网络包括基站、核心网等部分。

### 功能及可靠性要求

- 基站支持多通道能力、4G和5G多频多模能力，且多路射频输出的功率满足煤矿安全要求；
- 基站平均上行吞吐率可达到160兆，满足30~40个4K摄像头的数据上传无卡顿要求；
- 网络时延小于50毫秒，满足远程控制类业务要求。

如煤矿未建设5G网络，视频监控、安全监测、通讯调度等业务可使用4G、WIFI或者工业环网来承载。人工智能、大数据等技术也可在4G网络中使用。

由于5G煤矿应用场景、通讯模组、国家相关规程还在成熟完善过程中，因此既鼓励示范性矿井适度加快5G试点应用和创新孵化，但同时避免无序建设造成投资浪费和形象工程。

## 4.3 云数据中心

云数据中心包括云基础设施、数字平台、机房等基础设施三部分。

云数据中心提供基础设施即服务 (IAAS)、平台即服务 (PAAS)、软件即服务 (SAAS)，以及高效的云管理服务，助力煤炭企业的智能化创新。

煤矿的边缘云可简化配置，不包含或者只包含部分数字平台。



图6-云数据中心构架



## ■ 云基础设施

指具有计算、存储、管理、网络等功能模块，可实现服务化、开放化，可弹性扩展的虚拟化计算存储资源池。云基础设施提供IAAS（基础设施即服务）。

传统的虚拟化只能实现计算存储资源的共享，无法提供丰富的IAAS（基础设施即服务），难以支撑PAAS（平台即服务），因此很难形成SAAS（软件即服务）的生态。

## 📌 功能及可靠性要求

- 支持高度自动化的云服务。云用户只需在业务门户平台，进行极少操作就能敏捷组合、动态调度不同地域下各类计算、存储等虚拟化资源池；
- 支持丰富的应用编程接口，支持多种类型PAAS（如大数据、人工智能等）；
- 支持统一管理多种异构云资源池、自动化运维。支持应用自动化编排与部署；
- 支持应用、平台、基础设施多层次的安全防护。配备发电机和不少于2小时UPS(不间断电源)。

## ■ 数字平台

指向煤矿各类应用系统，提供人工智能、大数据挖掘、应用集成、开发工具等公共能力的软件平台。

数字平台属于PAAS层(平台即服务)，需要部署在云基础设施之上。数字平台广泛应用于地质灾害预警预防、安全控制联动、综合管控平台、智能化洗选煤、智慧安防等新型智能化系统中。

## 📌 功能及可靠性要求

- 统一建立数据标准规范体系，实现采、掘、机、运、通、选等业务中关键数据的共享性、唯一性、有效性、稳定性，为信息系统集成、数据治理、AI分析及大数据应用等提供数据标准基础；
- 通过统一的物联网接入模块实现全矿工业数据入湖。支持数据治理，统一各应用系统的数据服务接口、数据格式、数据库类型，消除煤矿数据孤岛。支持全域数据入湖、大数据挖掘，加速煤矿的数据变现、数据资产沉淀；
- 支持各应用系统之间的共享、集成。通过构建物联网、监控视频、地理信息系统等共享模块，向上层应用提供统一的服务、消息等接口，避免重复建设，支撑开发出更为高效的决策指挥、经营管理、综合生产控制等应用系统；
- 统一开发、管理人工智能的训练和推理平台，易于对接和集成。中心和边缘云的人工智能模块可以一次性安装升级。

## ■ 机房等基础设施

主要指集成了精密空调分配、供电、制冷、安防、弱电以及消防监控等功能的数据中心模块化机房。



## 功能及绿色低碳要求

- 模块化、一体化集成机柜（含供电、制冷、供配电、备电、温度、湿度、烟感、地感、门禁等动力环境监控系统，实现“遥测、遥信、遥控、遥调”），满足快速部署要求；
- 采用高效供电、制冷部件。“先冷设备、后冷环境”。冷热通道密闭或者隔离，能源利用效率(PUE)接近1.2。

## 4.4 办公网络

办公网络包括园区以太网交换机网络、园区无源全光网络、WI-FI网络等多种形态。

办公网络的架构建议分成骨干层、接入层，根据层级和容量规划节点设备，优化网络建设成本。

### 园区以太网交换机网络

指由数据机房的的核心层以太网交换机、各办公楼的接入层以太网交换机组成的园区数据网络。



## 功能及可靠性要求

- 节点特别是互联网出口节点支持IPV6。支持即插即用、以太网供电、终端智能识别，能防止非法终端冒接；
- 基于WI-FI 6 (IEEE802.11AX)，兼容WI-FI5 (IEEE 802.11AC) 标准；
- 核心层交换机采用框式架构，支持最大10万兆端口；
- 支持双主控，双电源，风扇等冗余。网络故障自愈小于50毫秒。

### 园区无源全光网络

指由园区光汇聚设备、无源分光器、光接入终端组成的GPON网络。

园区无源全光网络需采用二层架构，统一承载各种业务（办公、语音、视频等），支持单光纤最大带宽向5万兆升级。

## 4.5 网络安全设施

网络安全设施主要包括基础网络安全设施、工控系统安全设施、云和大数据平台安全设施三部分。

煤炭企业应基于统一安全规范和红线，实行“三化六防”，构筑主动防御、纵深防御的全生命周期综合防控系统。

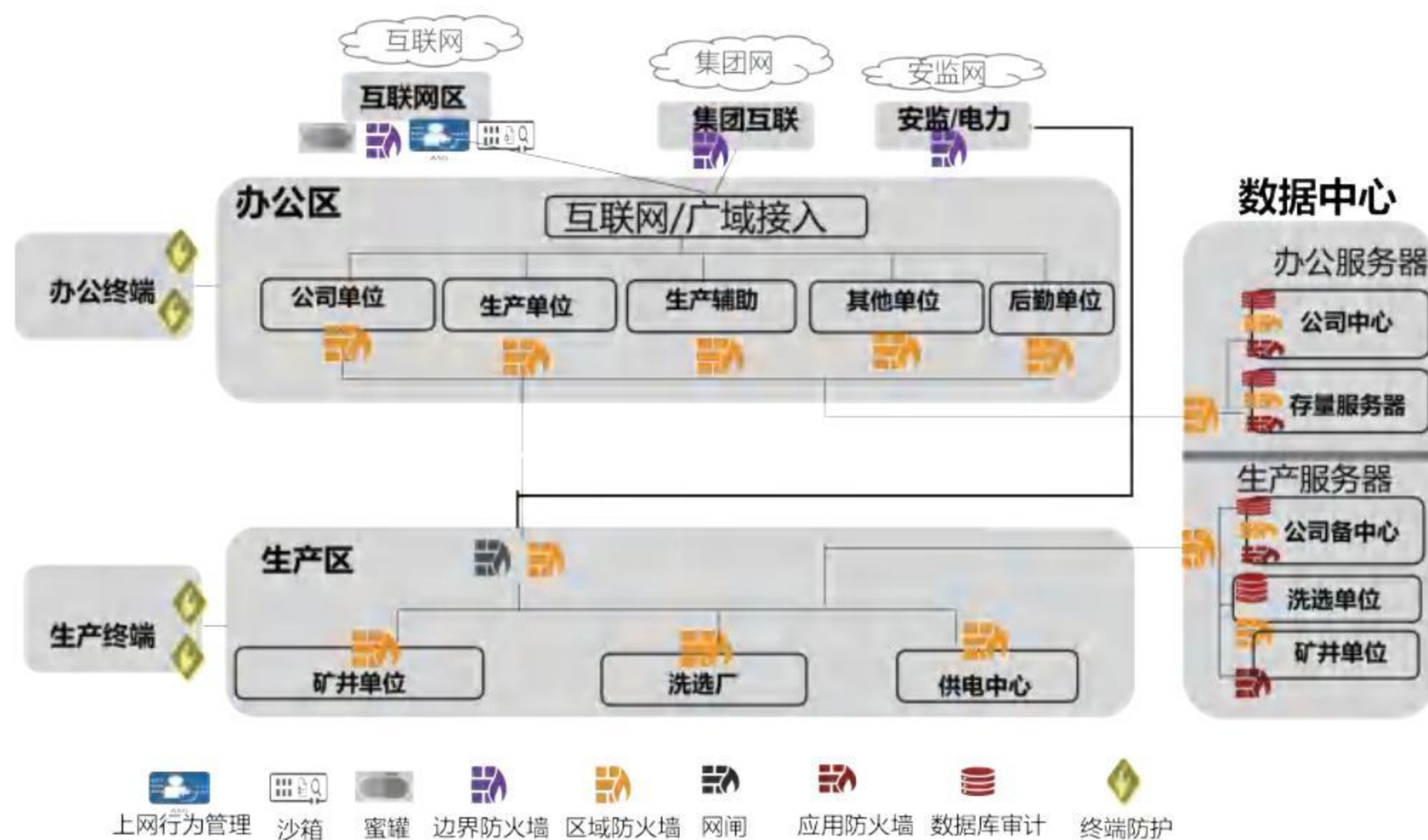


图7-基础网络安全设施

- ### 基础网络安全设施功能及可靠性要求
- 非正常情况下的物理安全风险防范。将设备被盗，线路老化等物理层安全风险降到最低；
  - 将信息网络分为办公区、生产区、服务器区、终端区等。支持边界访问控制以及安全审计等。井下数据单向从生产区传输到办公区；
  - 支持安全策略和安全运维管理。支持内部、外部的办公或者生产终端统一认证。支持系统审计、备份与恢复、抗抵赖等功能；
  - 防火墙等设备的单端口支持最大传输速率5万兆。支持交换、信令控制等主要功能单元的1 + 1冗余备份。

- ### 工控系统安全设施功能及可靠性要求
- 工业控制防火墙支持吞吐率大于3千兆、多种工控协议深度解析；
  - 漏洞知识库数量大于1万条，具备丰富的工业控制协议库；
  - 支持多种主流工控网络协议的安全监测与审计、资产自动识别；
  - 支持文件白名单控制、能对USB等外设端口进行管控。对安全制度及设备状态定期评估，实行全生命周期防御；
  - 云和大数据平台安全设施需要满足云基础设施位置、虚拟化安全保护、镜像和快照保护、云计算环境管理等各项等保2.0所规定的要求。

## 4.6 互联专线网络

互联专线网络主要有IP（互联网协议）专线、OTN（光传送网）专线两种类型（或者两者组合使用）。

IP专线基于IP技术，弹性灵活，可快捷方便部署；OTN专线基于波分技术，时延低、超大带宽，性能品质高。此外，还有基于公网的虚拟专网（VPN）技术，适用于安全要求不高的办公类应用。

### IP专线

适用于中、小型煤业集团与综合能源集团总部的互联互通。

#### 功能要求

- 支持二层报文转发和环保护协议，支持VLAN（虚拟局域网）、VXLAN（虚拟扩展局域网）。支持三层报文转发和静态、动态路由器协议；
- 设备支持万兆端口，支持交换单元、风扇、电源等关键部件的冗余备份。

### OTN专线

适用于大型煤矿、煤业集团、综合能源集团之间的互联互通。

#### 功能要求

- 线路端口速率最大支持10万兆，支持端到端1毫秒时延、微秒级抖动；
- 支持点到多点以太专网。



## 4.7 运维中心

运维中心包括IP设备网管、OTN设备网管、F5G设备网管、5G设备网管、云数据中心网管等。

#### 功能及可靠性要求

- 支持设备即插即用、自动配置、自动调试、故障告警可视、流量可视化管理、质量自动监控、网络实时优化等；
- 支持对F5G网络的分钟级光纤故障点定位；支持基于SDN技术的IP业务运维自动化；支持对云数据中心无源光纤的可视化管理；支持对机柜、动力环境监控等基础设施的集中运维管理；
- 网管服务器、交换机等双机备份，设备的网卡、风扇，电源、硬盘等关键器件冗余保护。

## 五、附录

FU LU

### 5.1 规范性引用文件

凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

序号	文件名称	发布单位
1	煤矿安全规程	应急管理部
2	智能化煤矿验收管理办法（试行）	国家能源局
3	GB50174-2017数据中心设计规范	住房和城乡建设部
4	GB/T 51272-2018煤炭工业智能化矿井设计标准	国家质量监督检验检疫总局
5	GB/T 17626电磁兼容试验及测试技术	国家质量监督检验检疫总局
6	GB/T20540.3工业控制系统用现场总线	国家质量监督检验检疫总局
7	GB/T 22239-2019信息安全技术-信息系统安全等级保护基本要求	中国国家标准化管理委员会
8	GB/T 25070-2019信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术要求	中国国家标准化管理委员会
9	煤矿安全生产在线监测联网备查系统通用技术要求和数据采集标准（试行）	国家安全生产监督管理总局
10	MT/T 1131-2011矿用以太网	国家安全生产监督管理总局
11	MT/T 1115-2011多基站矿井移动通信系统通用技术条件	国家安全生产监督管理总局
12	煤矿感知数据接入规范（试行）	国家煤矿安全监察局
13	智能化煤矿（井工）分类、分级技术条件与评价	中国煤炭学会
14	全省煤矿智能化建设评定办法（试行） 全省煤矿智能化建设基本要求和评分方法（试行）	山西省能源局
15	内蒙古自治区煤矿智能化建设验收办法（试行） 内蒙古自治区煤矿智能化建设基本要求及评分方法（试行）	内蒙古自治区能源局
16	陕西省煤矿智能化建设指南（试行）	陕西省发展和改革委员会
17	山东省煤炭智能化验收办法（试行）	山东省能源局
18	贵州省煤矿智能化发展实施方案（2020-2025年）	贵州省能源局等八部门
19	云南省加快煤矿智能化实施意见	云南省能源局等八部门
20	DB14/T 2060-2020山西省 智能煤矿建设规范	山西省市场管理监督局

表3 规范性引用文件列表

## 5.2 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本白皮书。

英文缩写	英文全称	中文释义
4G	4th Generation Cellular Telecommunication Technologies	第四代蜂窝通信技术
5G	5th Generation Cellular Telecommunication Technologies	第五代蜂窝通信技术
EVPN	Ethernet VPN	以太网虚拟私有网络
F5G	The Fifth Generation Fixed Networks	第五代固定网络
FlexE	Flexible Ethernet	灵活以太
GPON	gigabit passive optical network	吉比特无源光网络
IEEE 1588v2	Institute of Electrical and Electronics Engineers 1588v2	美国电气电子工程师协会 1588V2 协议-网络时间
IP	Internet Protocol	互联网协议
IPv6	Internet Protocol version 6	第六版因特网协议
MPLS	Multiprotocol Label Switching	多协议标记交换
ORE	Optical Ring End	光环网末端
ORH	Optical Ring head	光环网头端
ORP	Optical Ring Passive	光环网无源分光器
OTN	Optical Transport Network	光传送网
PUE	Power Usage Effectiveness	能源利用效率
SRv6	Segment Routing over IPv6	基于IPv6的段路由
TOGAF	The Open Group Architecture Framework	开放组织架构框架
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网
VPN	Virtual Private Network	虚拟专网
VXLAN	Virtual Extensible LAN	虚拟扩展局域网

表4 缩略表



**中国煤炭工业协会**