

井工煤矿智能识别系统建设规范

Specification for the construction of intelligent identification systems
for underground coal mines

2023 - 10 - 08 发布

2024 - 01 - 07 实施

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 缩略语 4

5 总体架构 4

6 基本要求 5

7 系统功能要求 6

8 设备性能要求 11

9 性能指标要求 12

10 系统安全与运维保障 13

附录 A （资料性） 摄像机安装 14

附录 B （资料性） 场景建设推荐目录 16

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山西省能源局提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：精英数智科技股份有限公司、山西省能源发展中心、山西大数据产业发展有限公司、山西云时代精英智慧煤炭科技有限公司、矿山智能感知省技术创新中心、中国联通智慧矿山军团（山西）。

本文件主要起草人：龚大立、赵存会、邵国荣、侯鹏程、杜楠、吴喆峰、朱晓宁、王学斌、刘志、李园园、郑海山、李成郁、许春、高雪峰、宋俊生、刘耀宏、康杰、杨林、郭泽华、王鹏、赵帅、王瑞军、于涛、幸雨东、张卓、王正达、韩秀光、常浩。

井工煤矿智能识别系统建设规范

1 范围

本文件规定了井工煤矿智能识别系统建设（以下简称“系统”）的术语和定义、缩略语、总体架构、基本要求、系统功能要求、设备性能要求、性能指标要求、系统安全与运维保障。

本文件适用于井工煤矿视频图像类的智能识别系统建设。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
- GB/T 30147 安防监控视频实时智能分析设备技术要求
- GB/T 34960.5 信息技术服务 治理 第5部分：数据治理规范
- GB 35114 公共安全视频监控联网信息安全技术要求
- GB/T 35295 信息技术 大数据 术语
- GB/T 39680 信息安全技术 服务器安全技术要求和测评准则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重叠度 IOU

两个区域重叠的部分除以两个区域的集合部分得出的结果。

3.2

损失函数 loss function

描述模型的预测值与真实值之间的差距大小。

3.3

召回率 recall

正确的目标被识别全的程度。公式为：识别出正确的目标/图像中所有正确的目标。

3.4

井工煤矿智能识别系统 intelligent recognition system for underground coal mines

将煤矿人、机、环等监测数据通过数据采集，统一入湖，经过对视频数据的处理，以及AI智能识别的技术，实现对井工煤矿人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素的智能识别、分析，以及风险实时预警、设备联动控制、业务闭环处置。

3.5

数据入湖 data into the lake

将数据源系统中的原始数据采集到数据治理的存储库中，入湖后数据形成统一的存储结构。

3.6

数据资产 data asset

组织拥有和控制的、能够产生效益的数据资源。

[GB/T 34960.5-2018，定义3.3]

3.7

数据治理 data governance

对数据进行处置、格式化和规范化的过程。

[GB/T 35295-2017，定义2.1.43]

3.8

深度学习 deep learning

一种基于多层神经网络的机器学习方法。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API：应用程序接口（Application Programming Interface）

CDN：内容分发网络（Content Delivery Network）

CPU：中央处理器（Central Processing Unit）

GPU：图形处理器（Graphics Processing Unit）

JSON：JavaScript 对象简谱（JavaScript Object Notation）

mAP：所有类标签的平均精确率（Mean Average Precision）

MQ：消息队列（Message Queue）

RESTful：一种网络应用程序的设计风格 and 开发方式（Representational State Transfer）

RTSP：实时流传输协议（Real Time Streaming Protocol）

TOPS：处理器运算能力单位（Tera Operations Per Second）

5 总体架构

5.1 部署架构

系统宜采用“云-边-端”或“边-端”模式进行部署，实现服务以及数据分层管控，部署架构见图1。

云端采用高可用云技术，云包含公有云、私有云、混合云或煤矿或集团自建数据中心。应包含应用服务器、模型训练服务器、流媒体服务器，实现标注样本管理、算法管理、模型训练、模型持续优化，同时提供模型管理以及模型下发服务。

边侧采用本地化部署，应包含应用服务器、GPU服务器、流媒体服务器实现煤矿智能识别系统部署、视频媒体接入以及模型推理识别。

端侧为各类感知设备以及智能分析设备，包含摄像机、井下广播、声光报警器、集控中心、可为上层应用提供监测子系统感知及识别视频数据源。摄像机安装见附录A。

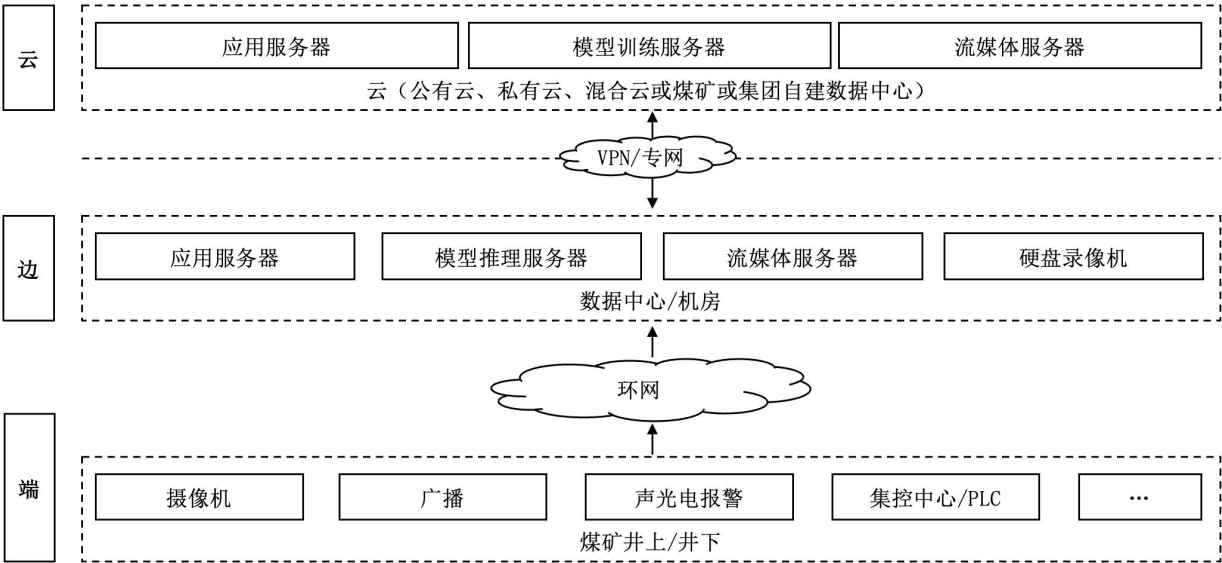


图 1 系统部署架构图

5.2 系统架构

系统整体建设中涉及到的数据采集层、数据服务层、应用层，系统结构见图2。

应用层：包括资源管理、模型部署、视频智能识别、融合监测预警、设备联动控制、识别结果管理、识别结果分析、以及移动APP应用，整体构成煤矿智能识别系统。

数据服务层：包含数据治理、后端模型深度学习以及统一服务。

数据采集层：包含对煤矿生产自动化类系统、安全监测类系统等数据的感知采集。

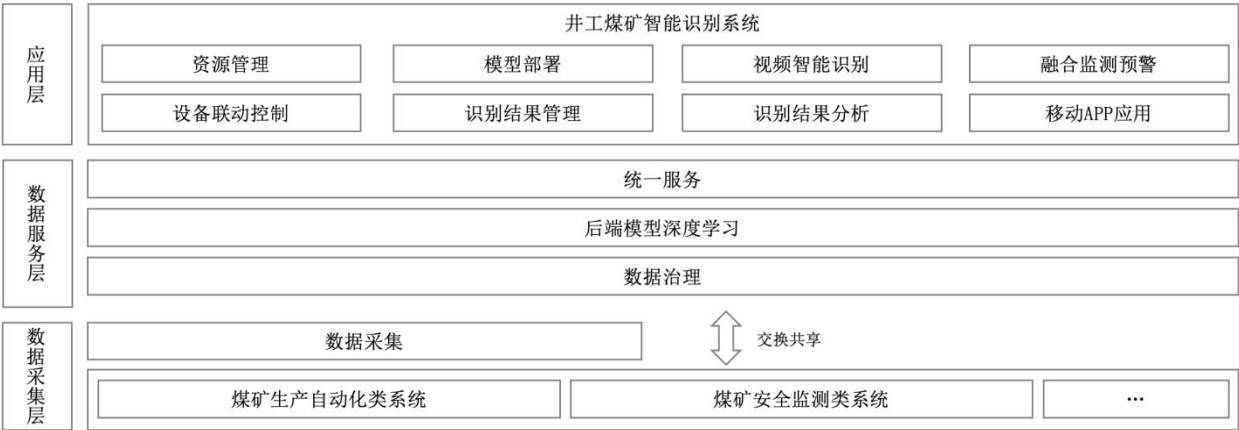


图 2 系统结构图

6 基本要求

系统建设应满足以下基本建设要求：

- a) 操作系统、数据库、编程语言、中间件等应为易操作、易维护、开放性好、可靠性高、成熟、安全的主流产品。软件应有详细的汉字说明和汉字操作指南；
- b) 系统应与 3D GIS 技术有机融合；

- c) 系统宜与煤矿安全监控、煤矿井下人员定位、煤矿图像监视、各类自动化控制等系统有机融合；
- d) 系统应具有与应急广播、通信、井下人员定位、各类自动化控制等系统应急联动功能；
- e) 系统应支持识别场景扩展、识别结果共享、误识别和漏识别结果自动反馈、模型自学习自优化功能；
- f) 系统应满足与上级单位进行数据共享功能；
- g) 图片或视频像素不低于 1280×760 ，避免出现过曝，低曝，运动模糊等不符合要求的图像。

7 系统功能要求

7.1 智能识别系统功能

7.1.1 资源管理

应具备以下能力：

- a) 感知场景管理：感知场景是感知元与模型深度融合的集合体，是煤矿视频监测点的“智能监控室”，对 AI 模型与视频监控规则深度融合并部署到计算节点的模型实例进行监控与管理。
- b) 智能分析设备管理：智能分析设备管理可对智能识别系统所需资源管理的能力，可对推理服务器、视频服务器、监测点和镜像进行管理，实时监测推理服务器、视频服务器的 CPU、GPU、内存、磁盘、IO 等利用率信息，监测点状态信息，并根据实时数据进行不同等级的分级预警、报警。

7.1.2 模型部署

模型使用者可通过在模型市场检索模型并确定模型功能和效果满足使用需求时。应提供 CDN 缓存的下载方式，加快模型下载速度。后端模型更新消息会通知到前端系统，前端系统可以完成最新模型的同步。

可根据视频内容智能识别场景，推荐监测点并与场景关联，可基于监测点进行模型参数微调(自定义)，并对模型运行状态进行监控，包括模型启动、停止、暂停、调度等。

7.1.3 视频智能识别

系统应涉及井工煤矿视频采集与识别，井工煤矿井下识别场景（参见附录B中表B.1），井工煤矿井上识别场景（参见附录B中表B.2）。

7.1.4 融合监测预警报警

对接入系统的井下综采、掘进、主运输、辅助运输、机电硐室等生产系统，地面园区关键设备的摄像机视频数据，按照矿安全生产管理部门自定义的识别规则进行实时识别、展示、报警。支持按照识别内容、区域、队组等维度进行查询、展示。此外，系统可对安全类、生产类、保障类监控数据进行接入展示，多系统感知数据结合视频智能识别结果，依据动态规则配置，实现融合监测预警报警。

7.1.5 设备联动控制

系统识别到设备不安全状态、人员不安全行为并发出报警信息后，且不安全行为持续未消除，可将设备停机指令发送给对应的控制系统，由控制系统向设备发送停机指令，同时，将设备停机信息通过移动端或语音广播或声光电报警设备提醒岗位操作人员。

设备联动控制具备根据矿方实际需求进行自动配置的功能。

7.1.6 识别结果管理

应具备识别结果调阅功能，第三方应用基于开放的接口，调阅模型实时识别结果和历史识别结果。

- a) 报警管理功能：应具备前端系统对多种报警规则的管理，根据不同的报警规则进行报警计算、报警响应、报警消息存储和处置。
- b) 报警处置。
 - 1) 系统能够识别到人员不安全行为、设备异常状态时，联动现场语音广播进行报警，提醒人员终止不安全行为，或提醒附近区域人员对设备异常状态进行处理，同时，报警信息可自动推到系统和收集 APP，安全管理人员点击报警信息可参看报警详情，点击处置可进入报警信息处置界面。报警信息包含：报警类型、报警点位置、报警级别、报警时间。
 - 2) 系统按照煤矿组织架构及岗位职责，将报警信息推送到对应的区域安全管理人员以及分管领导，提示其及时处理。根据不同的报警级别、不同场景的配置相应的工作流、业务流，并进行处置闭环，包括生产现场的小闭环，以及管理流程的大闭环。
- c) 历史报警记录：系统自动截取识别到的不安全行为、设备异常状态证据视频，并自动保存，支持按报警级别、报警地点、报警起始时间等维度进行查询展示，支持升序/降序排列，支持查看报警详情、历史报警视频回放。
- d) 识别反馈功能：应具备模型识别结果准确率的人工确认和误识别反馈（提交检测结果不正确的事件及证据）、漏识别反馈（提交未检测到的事件及证据）、反馈处置结果查询功能。

7.1.7 识别结果分析

系统应具备识别结果分析功能，可对识别管理功能中的历史的预警、告警、报警处置过程、非预警告警的正常识别结果，并提供基于时间维度、报警类型维度、报警等级维度、处理闭环管理维度等不同层面的识别结果数据多维统计分析。

7.1.8 移动 App 应用

移动App应包含实时动态监测、预警信息推送、岗位风险作业可视化管控等功能。工作人员通过移动App可随时查看矿井的环境监测数据、设备运行数据、人员位置数据；管理人员可通过移动App接收预警信息并处理，同时应支持处置结果上传；移动App应支持作业流程标准化指引，规范人员作业流程，提示、指导作业人员标准化操作，协助管理者对人员岗位实现风险分级管控管理。

系统支持移动终端应用，包含：首页实时监测、异常报警、数据统计分析、消息提醒、历史报警查询等功能。支持实现移动端版本自动升级、更新。

7.2 数据采集

7.2.1 数据接入

应支持接入包括但不限于安全监测类系统、生产集控类系统、保障类系统的数据感知和数据接入，用于环境、设备感知数据的采集，以及需要联动控制时指令的下发。

7.2.2 感知数据发布

数据发布可为数据服务层的数据治理以及视频分析提供相应数据源，提供多种数据接口、数据消息等多种类型的数据提供方式。

7.3 数据治理

7.3.1 数据入湖

针对视频流入湖应满足满足摄像头实时数据的入湖场景，支持将视频流转换为实时视频数据进行存储。针对视频文件入湖应满足特定视频文件的入湖场景，支持将视频文件存入大数据集群。针对图片入湖应满足将需要标注的特定视频转换为图片集进行存储的场景。

7.3.2 数据处理

数据处理对象主要为视频数据和图片数据，非结构化数据处理应能支持特征标签提取、支持视频数据结构化处理成图片、支持图片按视频标签规则合成视频。

7.3.3 数据共享

应支持视频数据通过接口共享和数据转发的两种方式将数据资产以服务的形式输出给煤矿智能识别系统。

7.4 后端模型深度学习

7.4.1 数据工厂

应具备以下能力：

- a) 样本数据采集：应具备数据手动上传和自动采集功能，为模型标注、训练和测试提供数据基础。包含下列 2 项功能：
 - 1) 手动上传：支持图片、视频、文本、音频文件手动导入到后端系统素材库；
 - 2) 自动采集：前端系统按照后端系统预先定义好的采集周期实时采集场景视频，并基于 AI 算法自动剔除无效和重复数据，定期上传到后端系统素材库。当用户触发误（漏）识别反馈或模型自感知识别率较低时，自动改变采集策略，高频采集数据并实时上传。
- b) 数据处理功能：应具备数据处理能力，通过多种数据预处理算法，从大量的、杂乱无章的、难以理解的数据中抽取生成有价值、有意义的数据，用于模型的训练和验证。包括下列 4 种数据处理能力：
 - 1) 数据校验：是对数据可用性的基本判断和验证的过程，帮助 AI 开发者提前识别数据中的不合法数据，如图片的名字、路径、后缀名不满足训练要求，或图片视频损坏、无法解码等，防止数据噪声造成的算法精度下降或者训练失败问题；
 - 2) 数据清洗：在数据校验的基础上，对数据进行一致性检查，处理一些无效值，例如去除目标被遮挡、图像质量不高、目标不属于预测分类内的图像数据；
 - 3) 数据选择：从全量数据中选择数据子集。在 AI 开发过程中，采集的数据可能存在大量重复数据，重复数据对模型精度提升并没有太大作用，反而需要花费很多时间对其进行标注。使用数据选择进行数据处理，根据相似度删除重复图片、相似图片；
 - 4) 数据增强：帮助用户增加标注数据集的数量，提升模型的泛化能力，增加抗扰动的能力。
- c) 数据标注功能：应具有线上标注功能，屏蔽各类标注工具带来的差异，降低标注成本，包括但不限于图像分类、物体检测、实例分割、语音识别、文本分类等标注类型。包含下列 6 项功能：
 - 1) 标注数据验证：支持对线下标注数据集的导入和线上校准；
 - 2) 标注质量评估：自动评估标注任务完成质量，对不符合质量要求的数据（不可用于模型训练）给出原因和报告，重新进行标注；
 - 3) 个人标注：用户创建单人标注作业，对数据进行手工标注；
 - 4) 团队标注：通过将数据集在线共享给团队成员，实现多人分工标注数据并汇总数据训练的模式，提高线上标注效率；

- 5) 智能标注：人工标注少量数据后，自动将剩余待标注图片进行智能标注，并由 AI 开发人员确认标注结果；
- 6) 版本管理：对数据集进行记录和管理，生成对应版本数据集，让算法工程和标注工程师快速了解哪些数据集已经满足模型训练的要求，可以进入下一步工作流程。
- d) 数据市场功能：应建设数据共享交换平台，通过共享数据方式，最大程度复用已有数据集，避免数据集重复制作。包含下列 3 项功能：
 - 1) 格式转换：使用一种标注方式进行标注的数据，可以经过多种格式的存储转换，从而适用于不同的算法，达到数据一次标注多次复用的目的；
 - 2) 标签检索：从共享数据交换平台中，快速定位包含指定标签的标注数据，人工筛选后直接用于模型训练和测试。提高数据的使用率，提升模型的泛化能力；
 - 3) 数据预览：展示数据集的标签类别、数量、数据的使用情况等信息，这些综合信息为 AI 开发人员使用合适数据提供参考依据。
 - 4) 数据共享，实现矿山特征共享，提升资源利用率以及模型泛化能力。

7.4.2 模型工厂

应具备以下能力：

- a) 算法管理功能：应具有算法的创建、开发、修改、删除功能。后端系统集成交互式编码开发环境，提供开发环境隔离，可支持算法工程师线上完成算法的开发、运行、调试和共享发布。包含下列3项：
 - 1) 训练算法管理：应具有训练算法创建、开发、修改、删除功能，包括但不限于物体检测、实例分割、语音识别、大数据分析、知识图谱等类型的训练算法。用户在模型训练时，选择对应的训练算法，修改少量训练参数或代码，即可进行模型的训练；
 - 2) 推理算法管理：应具有推理算法创建、开发、修改、删除功能，包括但不限于物体检测、实例分割、语音识别、大数据分析、知识图谱等类型的推理算法。在模型手动构建时，选择算法，修改少量推理参数和权重文件，即可进行识别模型手动构建。在模型自动构建时，后端系统自动匹配和场景适配的推理算法，并完成模型的构建和发布。
 - 3) 业务模型算法管理：应具有业务模型算法创建、开发、修改、删除、共享功能。业务模型算法是依赖推理算法输出，结合具体场景输出具有业务语义的算法。算法工程师将开发好的业务模型算法分享到业务模型库中，其他算法开发人员在遇到类似场景时，只需训练识别模型，无需开发业务模型，即可完成模型构建。
- b) 场景管理功能：应具有对煤矿人、机、环、生产作业等各类AI场景的创建、修改、删除、共享功能。包含下列4项：
 - 1) 场景创建：算法开发人员新增场景，包括该场景需要标注的对象、标注实例图片、标注示例视频和图片、标注对象指南、场景关联的业务模型算法，以及在相同场景的大规模数据集上取得过比较好表现的预训练模型；
 - 2) 场景修改：算法开发人员对自己创建场景进行修改，包括新增或删除该场景需要标注的对象，关联或取消关联场景业务模型算法，以及同场景的预训练模型；
 - 3) 场景删除：算法开发人员对自己创建场景进行删除，删除后的场景不可以再被用户使用。该场景关联的数据集、业务模型算法、已发布模型等，可继续使用；
 - 4) 场景共享：算法开发人员对自己创建的场景进行共享，可以对全部用户共享，也可对特定用户共享，被共享用户可基于共享场景，进行数据标注、模型训练和模型构建操作。
- c) 镜像管理功能：应对模型训练或推理依赖的运行环境，通过镜像方式统一管理，为模型训练和一键部署提供便利。包含下列2项功能：

- 1) 训练镜像管理：对模型训练所依赖的镜像，通过 Docker 镜像方式管理，包含训练镜像的上传、修改、删除功能，镜像使用者可在线拉取镜像用于模型在线训练，也可离线下载镜像压缩包后导入训练设备，用于模型离线训练；
- 2) 推理镜像管理：对模型推理所依赖的镜像，通过 Docker 方式统一管理，包含推理镜像的上传、修改、删除功能，镜像使用者可在线拉取镜像用于模型推理，也可离线下载镜像压缩包后导入推理设备，用于模型推理。
- d) 模型训练功能：应提供可视化、标准化的训练平台，供AI开发人员线上完成模型训练，将训练全过程数据进行存储和分析，为模型优化提供数据支撑。包含下列6项功能：
 - 1) 训练作业管理：能够基于主流的 AI 引擎，完成模型训练。提供交互式参数配置、训练资源智能匹配、可视化训练过程展示和训练结果测试评估功能。用户可实时查看重叠度、损失函数值、召回率、mAP 等指标曲线；
 - 2) 训练设备管理：系统应自动获取每台训练设备的 CPU、GPU、内存、磁盘、IO 等性能指标，并基于负载均衡策略，动态分配设备给训练作业，避免训练资源抢占和资源浪费；
 - 3) 模型验证：基于训练作业，选取需要测试的权重区间的权重文件，关联待测试的历史视频或实时视频流进行测试，并对测试结果进行展示。算法人员根据测试结果判断本次训练是否有效；
 - 4) 模型增量训练：当模型识别效果欠佳时，可在原有训练任务基础上，通过增加数据集或更改训练设定参数等方式，增量推送训练数据并进行模型训练；
 - 5) 作业保存与分享：模型训练或验证后，算法开发人员可以选择权重文件进行保存，并将本次训练作业相关配置文件和权重文件，分享给其他算法工程师；
 - 6) 模型转换：基于 GPU 服务器训练出的模型，自动进行蒸馏、量化、压缩和转换。转换后的模型可以运行在其它硬件平台，满足一次训练，多异构硬件支持的目的。
- e) 模型构建功能：针对不同AI能力的人员，应设有手动构建和自动构建功能。包含下列2项：
 - 1) 手动构建：面向 AI 能力较强的人员，可直接线上完成识别模型、业务模型的代码开发、模型训练、文档编写、调试运行和模型发布；
 - 2) 自动构建：面向 AI 零基础人员，基于已有煤矿 AI 场景，“傻瓜式”标注样本，基于场景预训练模型一键完成模型的训练、评估和最优选取。自动完成在不同硬件的转换、量化、压缩和模型发布。
- f) 模型市场功能：应建设模型共享交换平台，用户可按照采、掘、机、运、通等场景，模型适配的硬件类型、测试时长、稳定性/准确性等各类指标，进行查询和预览。

7.4.3 数据服务

应具备以下能力：

- a) 实时预警功能：应实时采集模型运行状态、模型输入视频流在离线状态/角度变化/光照变化/分辨率/码率、模型运行设备的 CPU、GPU、内存、磁盘、IO、网络利用率、模型运行日志、模型识别结果等数据，对异常情况按照异常类型、异常时间分级告警。
- b) 健康诊断功能：应对识别率较低模型，在一段时间内的识别结果数据和运维监测数据进行统计学分析，为模型准确率优化，提供客观依据。
- c) 优化决策功能：应基于模型推理的历史数据和模型运行环境历史数据，深度挖掘模型和数据价值，分析场景中目标出现的规律、数量，以及运行环境数据对识别率的影响因子，为模型和数据持续优化提供决策支持。
- d) 运营分析功能：应从场景、模型、数据、设备、用户维度，通过可视化的图表，分析和展示人工智能系统运营概况。

7.5 统一服务

7.5.1 统一认证

系统应具备统一认证服务，服务端提供基于用户名、密码或者令牌认证等方式的认证体系，客户服务端通过认证服务集对与计算终端的交互进行认证管理，通过认证服务对客户服务端和计算终端之间的交互建立可信的鉴权。

7.5.2 统一授权

系统应具备统一服务授权体系，通过授权体系可以为各用户设置允许访问的业务系统及应用服务集。若用户拥有该系统或者服务集的访问权限，可以正常访问；若用户没有该系统或者服务集的访问权限，返回异常，提示用户无相应系统或服务集的访问权限。

7.5.3 统一服务审计

系统应具备统一服务审计体系，对接入用户以及相应的服务调用情况进行统一管理，可进行历史数据的回溯管理，利用记录、系统活动和用户活动等信息，检查、审查和检验操作事件的环境及活动，保证系统的可用性、稳定性和安全性。

7.5.4 流程引擎

系统应具备流程引擎，用户可通过流程引擎设计灵活且复杂多变的业务流程。该引擎应符合BPMN2.0规范（国际标准的流程建模规范），系统有可视化拖拉拽流程配置界面，并且应支持参数化配置审批动作，无需额外代码开发；流程引擎应包含国内常用的审批动作，包含会签、加签、补签、催办、回撤等。

7.5.5 表单编排

系统应具备表单可视化编排功能，用户可通过拖拽方式轻松设计新的业务表单，被设计的表单可同流程引擎关联，也可独立使用。设计器包含丰富的控件和布局，易扩展且配置灵活，支持一键生成，所见即所得。

7.5.6 消息中心

系统应具备统一的消息中心，收集各类业务产生的任务或消息数据，集中查询和处理。支持PC端、移动端等多端不同类型消息的推送及展示。系统应提供丰富的API接口，供业务发送、获取、处理不同类型的消息数据，并提供短信、邮件、钉钉等不同消息的推送功能，提升消息使用的灵活性。

7.5.7 API 生命周期管理

系统应具备API生命周期管理功能，可对API进行注册、授权、导入导出、分组、域名、环境变量、发布、修改、下线、删除等操作，支持API多版本统一集中化管理，每个API可实现版本追踪、故障回滚、重新上线等功能。

8 设备性能要求

8.1 设备分类

系统配套硬件设备，按服务能力和应用场景分为如下类别，见表1所示：

表 1 配套设备分类

设备类别	设备名称	应用场景
应用服务设备	应用服务器	系统部署安装
模型训练设备	模型训练服务器	模型训练
模型推理设备	模型推理服务器	模型推理
视频管理设备	流媒体服务器	视频推流
视频存储设备	硬盘录像机	视频存储/实时查看/回放等
网络设备	交换机	信息交换/网络转发等
摄像机	普通摄像机	数据采集
预警设备	声光报警设备	业务声光报警

8.2 设备性能

系统所配套的硬件设备，性能应符合以下要求：

- a) 应用服务器能够支撑系统稳定运行，数据及运行日志数据存储时间不低于 30 天；
- b) 模型训练服务器、模型推理服务器支持多类算法并行稳定运行；
- c) 流媒体服务器支持自定义视频存储周期；
- d) 硬盘录像机支持 30 天以上视频数据存储，支持录像备份，关键数据双重备份，支持缓存补录技术，保证业务数据的完整性；
- e) 交换机具备千兆以太网光信号接口、百兆以太网光信号接口、百兆自适应以太网电信号接口、RS485 接口、DSL 双绞线传输接口；
- f) 摄像机像素宜大于 400 万，分辨率不低于 2K，防水防尘等级较高，具备断网续传、水雾穿透、自清洁等功能；
- g) 声光报警设备报警强度、光信号强度适宜。

8.3 设备安装

应满足以下要求：

- a) 应用服务器、模型训练服务器、模型推理服务器、流媒体服务器、硬盘录像机、交换机应安装于调度室机房，摄像机、声光报警设备应安装于井下并由专人负责维护；
- b) 井下环网、井上网络宜融合 5G、WiFi6、有线等技术厂家进行建设，确保视频上传无延迟、无卡顿、无花屏；
- c) 摄像机安装后，待识别目标遮挡率不高于 20%。针对光纤不充足的区域，宜安装辅助照明设备，并及时打开摄像机的强光抑制、运动补偿等功能。

9 性能指标要求

应满足以下要求：

- a) 模型识别准确率不低于 95%；
- b) 模型召回率不应低于 95%；
- c) 算法模型误检率不应高于 5%；
- d) 算法模型漏检率不应高于 5%；
- e) 支持最大用户并发数不低于 100 个。

10 系统安全与运维保障

10.1 系统安全

主要包含系统安全、设备安全、数据安全、网络安全方面进行要求。

- a) 系统安全：系统安全建设应从敏感数据加密、用户登录、安全校验、密码策略、账户锁定、安全审计等方面进行要求。
- b) 设备安全：摄像机安全应满足 GB/T 28181、GB/T 30147、GB 35114 相关要求，服务器安全应满足 GB/T 22239、GB/T 39680 相关要求。
- c) 数据安全：数据安全应包含数据采集安全、存储与传输、敏感数据泄露防护、重要数据脱敏。
- d) 网络安全：针对“云、边、端”架构进行整体安全防护。

10.2 运维保障

系统必须经过测试、试运行、验收后，方可交付运行使用。

系统均应制定完整的使用、运行、维护制度，并应有相应技术文档、手册。

应根据实际情况，确定合适的系统运行维护管理组织结构模式并明确职责。可选择信息系统集中管理（单域控制，即由信息中心等专门机构统一管理）、分散管理（部门域控制，即由各业务部门配备人员，单独管理）、综合管理（集中管理与分散管理相结合）等模式，也可委托专业化公司维护。

对操作系统、数据库管理系统等系统软件，应采用操作系统内置或第三方提供的诊断及监视程序对 CPU、内存、任务处理、输入输出等设备运行情况进行监视和管理，保管好运行日志；发现问题及时处理，必要时重新安装。

应对网络设备、机房设备、供电及接地系统、消防系统等进行日巡检和定期检查、测试，并作好记录。

应做好软件维护工作。及时做好软件的纠正性维护、适应性维护工作；对于软件的完善性维护、预防性维护，应分析研究后提出并实施。

附录 A (资料性) 摄像机安装

A.1 摄像机安装与图像采集基本要求

摄像机安装与图像采集基本要求包括：

- a) 摄像机应选择在面向人员、车辆行进方向正面安装，采集对象区域视场空间不宜过大；
- b) 采集对象区域光线较暗可适当调大光圈，应避免密集粉尘遮挡采集对象；
- c) 安装视频采集设备采用超低照度摄像机，最低照度达 0.001Lux，即使在井下比较昏暗的环境中也可获得清晰的图像；避免强光直射或侧、逆光，确需逆光时应降低采集对象区域对比度。部分井上区域需夜间进行拍摄时需要有背光补偿。对强光抑制效果要好；
- d) 视频图像采集设备仰俯角度和安装高度范围，采集设备光轴与水平线俯仰角度宜在 15°~40° 之间，应不大于 45°；采集设备安装高度应能满足视频图像采集需求。

A.2 摄像机安装位置计算

距采集对象实测距离L和安装高度H₁遵照公式(A.1)或公式(A.2)：

安装高度H₁和俯仰角度A一定时，距采集对象实测距离L满足公式(A.1)：

$$L = (H_1 - H_2 + 200) / \tan A \quad (\text{A.1})$$

距采集对象实测距离L和俯仰角度A一定时，安装高度H₁满足公式(A.2)：

$$H_1 = H_2 - 200 + L \times \tan A \quad (\text{A.2})$$

式中：

A——光轴与水平线俯仰角度，单位为度（°）；

L——距采集对象实测距离，单位为毫米（mm）；

H₁——安装高度，单位为毫米（mm）；

H₂——平均身高，单位为毫米（mm）。

焦距f满足公式(A.3)：

$$f = (L \times h) / X \quad (\text{A.3})$$

式中：

f——镜头焦距，单位为毫米（mm）；

L——采集设备距采集对象实测距离，单位为毫米（mm）；

h——采集设备图像传感器靶面水平实测宽度；

X——采集对象周围区域视场空间的水平实测宽度，单位为毫米（mm）。

A.3 井口入井排队区为例

某煤矿井口入井区域，欲面向人员行进方向安装人脸识别视频图像采集设备，选择安装距离L和镜头焦距f为多少能满足人脸识别要求。

A.4 研判步骤

研判步骤如下：

- 工作人员缓慢步行通过入井口排队区，采集设备安装高度 H_1 选定 2500mm，俯仰角度 A 选定为 15° ；
- 工作人员身高 H_2 测算平均为 1700mm；
- 计算得出采集设备可安装在距采集对象实测距离 L 为 4000mm 位置；
- 要求一台采集设备监控该区域，采集对象周围区域视场空间的水平实测宽度 X 测算为 6000mm，垂直高度为 1600mm；
- 选定一台 1080p 高清摄像机进行视频采集；
- 选定采集对象周围区域视场空间的图像水平像素数 n 为 1920；
- 采集对象两眼间实测距离 D 测算为（60~70）mm；
- 计算得出 1/3 型镜头焦距 $f=8.5\text{mm}$ ；
- 则采集对象两眼间距像素数 m 为（55~64）个像素，应满足 GA/T922.2-2011 要求；
- 因此在井口入井区域两侧 3730mm 高 2500mm 处各安装两台 1/3 型 1080p 摄像机配焦距 8.5mm 镜头面向人员行进方向，每台摄像机监控 2000mm×2000mm 的区域，可以达到人脸识别的设计要求。

附录 B
(资料性)
场景建设推荐目录

B.1 井工煤矿井下场景推荐表

表B.1推荐了井工煤矿井下视频智能分析场景。

表 B.1 井工煤矿井下场景推荐表

序号	分类	识别场景	协同联动方式
1	综采工作面	采煤机检修作业时，未断电	声光报警
2		采煤机检修作业时，意外送电	声光报警
3		进风端头采煤机割煤时，端头三角警戒线内人员进入	声光报警、停机
4		回风端头采煤机割煤时，端头三角警戒线内人员进入	声光报警、停机
5		刮板输送机运行时，发现大块煤矸	声光报警、停机
6		刮板输送机运行时，发现链条断裂	声光报警、停机
7		刮板输送机运行时，煤壁警戒线内人员进入	声光报警、停机
8		刮板输送机运行时，刮板输送机警戒线内人员进入	声光报警、停机
9		进风端头煤壁处有人作业时，刮板输送机未断电闭锁	声光报警
10		回风端头煤壁处有人作业时，刮板输送机未断电闭锁	声光报警
11		进风超前支架移架时，超前支架警戒线内人员进入	语音提醒
12		回风超前支架移架时，超前支架警戒线内人员进入	语音提醒
13		转载机运行时，转载机警戒线内人员进入	声光报警、停机
14		转载机警戒线内人员作业时，转载机未断电	声光报警
15		带式输送机机头，溜煤眼上口堆煤	声光报警
16		带式输送机运行时，机头警戒线内人员进入	声光报警、停机
17		带式输送机运行时，机尾警戒线内人员进入	声光报警、停机
18		带式输送机机头警戒线内人员作业时，未断电闭锁	声光报警
19		带式输送机机尾警戒线内人员作业时，未断电闭锁	声光报警
20		带式输送机运行时，人员违规跨越	声光报警、停机
21		带式输送机运行时，卷带装置警戒线内人员进入	声光报警、停机
22		卷带装置警戒线内人员作业时，带式输送机未断电闭锁	声光报警
23		检修泵站开关时，上级电源断电闭锁后，未悬挂警示牌	语音提醒
24		检修泵站开关时，打开防爆接线腔端盖后，未进行验电、放电	语音提醒

表B.1 井工煤矿井下场景推荐表（续）

序号	分类	识别场景	协同联动方式
25	综采工作面	检修馈电开关时，人脸 / 身份与工作卡信息比对	语音提醒
26		集控中心操作台钥匙、安全帽、文件夹等异物	语音提醒
27		集控中心人员睡岗	语音提醒
28		集控中心人员脱岗	语音提醒
29		拉移设备列车时，设备列车警戒线内人员进入	语音提醒
30	掘进工作面	综掘机割煤时，综掘机警戒线内人员进入	声光报警、停机
31		综掘机未停机闭锁时，人员进入附近区域进行支护作业	声光报警
32		支护作业时，综掘机突然送电	声光报警、停机
33		支护作业时，对工序开始与结束的标准化作业流程指引	语音提醒
34		支护作业时，对顶板锚杆锚索锚固过程的标准化作业流程指引	语音提醒
35		支护作业时，敲帮问顶动作的标准化作业流程指引	语音提醒
36		临时支护时，前掘进机炮头落地	语音提醒
37		临时支护时，打开前探梁支护作业流程监控	语音提醒
38		可弯曲胶带转载机运行时，人员横跨皮带	声光报警
39		桥式转载机运行时，人员违规桥下穿过	声光报警
40		带式输送机机头，溜煤眼上口堆煤	声光报警
41		带式输送机机头，溜煤眼警戒线内人员进入	声光报警、停机
42		带式输送机机头，大块煤矸	声光报警
43		带式输送机机头，人员睡岗	语音提醒
44		检修馈电开关时，上级电源断电闭锁后，未悬挂警示牌	语音提醒
45		检修馈电开关时，打开防爆接线腔端盖后，未进行验电、放电	语音提醒
46		检修馈电开关时，人脸 / 身份与工作卡信息比对	语音提醒
47		跨越电缆线槽	语音提醒
48		钻场退杆识别	/
49		钻场穿层孔进杆识别	/
50		钻场顺层孔进杆识别	/
51		钻场套管识别	/
52		钻场钻杆统计	/
53		钻机后方警戒线内人员进入	语音提醒

表B.1 井工煤矿井下场景推荐表（续）

序号	分类	识别场景	协同联动方式
54	掘进工作面	集控中心操作台钥匙、安全帽、文件夹等异物	语音提醒
55		集控中心人员睡岗	语音提醒
56		集控中心人员脱岗	语音提醒
57		拉移设备列车时，设备列车警戒线内人员进入	语音提醒
58	主运输	带式输送机启停识别	/
59		带式输送机运行时，带式输送机机头警戒线内人员进入	声光报警
60		带式输送机运行时，带式输送机机尾警戒线内人员进入	声光报警
61		带式输送机运行时，人员跨越、坐立带式输送机等违章行为	声光报警、停机
62		带式输送机运行时，发现大块煤矸	语音提醒
63		带式输送机运行时，发现跑偏	语音提醒
64		带式输送机运行时，发现异物	语音提醒
65		带式输送机运行时，煤量轻载、中载、重载状态	语音提醒、调速
66		带式输送机搭接点堆煤	语音提醒
67		带式输送机溜煤眼处堆煤	语音提醒
68	辅助运输	井口乘车点人员上车拥挤（罐笼、架空乘人装置、轨道机车、无轨胶轮车）	语音提醒
69		井口乘车点人员上车清点人数（罐笼、架空乘人装置、轨道机车、无轨胶轮车）	语音提醒
70		井下乘车点人员上车拥挤（罐笼、架空乘人装置、轨道机车、无轨胶轮车）	语音提醒
71		井下乘车点人员上车清点人数（罐笼、架空乘人装置、轨道机车、无轨胶轮车）	语音提醒
72		乘车点人员追赶架空乘人装置	语音提醒
73		人员乘坐架空乘人装置携带超长物品	语音提醒
74		无轨胶轮车闯红灯抓拍	语音提醒
75		防跑偏装置掉落	语音提醒
76		无轨胶轮车违规超车	语音提醒
77		无轨胶轮车车牌检测	语音提醒
78		车辆空载、重载状态	/
79		车辆违规装载超长、超宽、超高货物	语音提醒
80		车辆违规超车	语音提醒
81		车辆违规挂牌	语音提醒

序号	分类	识别场景	协同联动方式
82		车辆经过时，提示行人避让	语音提醒
83		车辆统计	/
84	辅助运输	车辆副驾驶人员识别	/
85		轨道上，车辆长时间逗留	语音提醒
86		轨道上，人员长时间逗留	语音提醒
87		轨道巷人员两人及以上并行	语音提醒
88		人员违规穿越闸机	语音提醒
87	硐室与其他	避难硐室检测巡检人员进入	语音提醒
88		避难硐室检测设备表征状态	/
89		中央水泵房检测巡检人员进入	语音提醒
90		中央水泵房检测非巡检人员进入	语音提醒
91		中央水泵房设备表征状态	/
92		井下中央变电所检测巡检人员进入	语音提醒
93		井下中央变电所检测非巡检人员进入	语音提醒
94		井下中央变电所设备表征状态	/
95		井下采区变电所检测巡检人员进入	语音提醒
96		井下采区变电所检测非巡检人员进入	语音提醒
97		井下采区变电所设备表征状态	/
98		机电硐室检测巡检人员进入	语音提醒
99		机电硐室检测非巡检人员进入	语音提醒
100		机电硐室设备表征状态	/

B.2 井工煤矿井上场景推荐表

表B.2推荐了井工煤矿井上视频智能分析场景。

表 B.2 井工煤矿井上场景推荐表

序号	分类	识别场景	协同联动方式
1	辅助生产区	地面变电所工作人员睡岗/脱岗	/
2		提升机房工作人员睡岗/脱岗	/
3		压风机房工作人员睡岗/脱岗	/
4		通风机房工作人员睡岗/脱岗	/
5		机修车间工作人员睡岗/脱岗	/
6		炸药库工作人员睡岗/脱岗	/
7		油库工作人员睡岗/脱岗	/
8	生产区	炸药库工作人员抽烟	/
9		油库工作人员抽烟	/
10		地面变电所工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
11		提升机房工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
12		压风机房工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
13		通风机房工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
14		机修车间工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
15		炸药库工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
16		油库工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
17		上仓皮带出煤识别	/
18		煤仓煤位识别	/
19		运输装车识别	/
20		车牌识别	/
21	办公区	调度室工作人员睡岗/脱岗	/
22		进出办公楼工作人员人脸/身份与工作卡信息对比	/
23		进出办公楼携带炸药等危险用品	/
24		办公室工作人员抽烟	/