

低代码平台在化学品监管中的应用与研究

明朗, 盛志伟, 王永丽

(成都信息工程大学 网络空间安全产业学院, 四川 成都 610225)

摘要: 低代码具有模块化、可视化以及灵活开发等特点, 目前已成为加快数字化和现代化进程的新兴工具。针对传统手工化学品监管方式存在管理难度大、成本高、安全性低等问题, 基于低代码平台的特性及其开发流程, 结合某公安单位当前化学品服务管理业务实际需求, 利用 JeecgBoot 低代码平台设计实现了化学品监管系统, 有效提高了管理水平和业务效率, 为公安单位提供了一种创新的化学品监管解决方案。

关键词: 低代码平台; 数字化; 化学品监管

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 2096-4706 (2024) 24-0054-08

Application and Research on Low Code Platform in Chemical Supervision

MING Lang, SHENG Zhiwei, WANG Yongli

(School of Cybersecurity, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Low code is characterized by modularity, visualization and flexible development, and it has currently become an emerging tool to accelerate the process of digitalization and modernization. Aiming at the existing problems of difficult management, high cost and low safety in traditional manual chemical supervision methods, based on the characteristics and the development process of the low code platform, combined with the actual needs of the current chemical service management business of a public security unit, the JeecgBoot low code platform is used to design and implement a chemical supervision system. It effectively improves the management level and business efficiency, and provides an innovative chemical supervision solution for public security units.

Keywords: low code platform; digitization; chemical supervision

0 引言

在这个数字化时代, 企业和组织更加需要快速开发和部署应用程序, 以满足不断变化的市场需求和业务挑战。传统软件开发模式的烦琐和耗时已经无法满足迅速推进数字化转型^[1-2]的需求, 于是低代码技术应运而生。近些年随着低代码平台的蓬勃发展, 其在各行各业中都显示出巨大的应用潜力。公安单位作为维护社会治安秩序、打击违法犯罪活动的重要力量, 亟须借助现代信息技术手段提高工作效率, 其中化学品监管^[3]是一个重要而艰巨的任务。传统的手工管理模式已难以满足当前对化学品监管的需求, 存在信息采集滞后、核查手续烦琐、监管缺乏实时性等诸多弊端。低代码平台^[4]作为一种新兴的应用开发工具, 能够通过可视化设计和快速开发, 助力公安系统实现化学品的全过程监管, 为公安系统提供了一种创新的

解决方案。

“低代码”一词最早由 Forrester Research 的 Clay Richardson 和 John Rymner 在 2014 年提出^[5]。具体而言, 低代码平台被称为企业级低代码应用平台 (Enterprise Low-Code Application Platform, Enterprise LCAP), 是支持快速应用开发, 使用陈述性、高级的编程抽象 (如基于模型驱动和元数据编程语言) 实现一站式应用部署、执行和管理的应用平台。开发人员可以通过低代码平台提供的界面、逻辑、对象、流程等可视化编排工具来完成大量开发工作, 降低软件开发中的不确定性和复杂性, 轻松实现复杂业务逻辑^[6]。这种低代码开发的方式降低了开发门槛, 减少了开发成本, 使得非技术背景的人员也能在一定程度上参与协助应用开发, 并且开发效率可提高 5 ~ 10 倍, 并能够节省 34% ~ 70% 的工作量^[7], 因此备受大中小企业的青睐, 同时也进一步推动了数字化转型的进程。

本文旨在通过一个基于 JeecgBoot 低代码平台的某公安单位化学品服务管理系统深入理解低代码平台在公安单位业务管理中的应用潜力, 探索如何充分发挥低代码平台的优势, 提升管理效能。同时, 为其他

收稿日期: 2024-05-13

基金项目: 国家重点研发计划“网络空间安全治理”重点专项课题 (2022YFB3103103); 四川省重点研发计划项目 (2022YFS0571)

领域的应用开发和管理提供借鉴和启示, 推动低代码平台在更广泛范围内的应用和推广。

1 化学品监管面临的问题

1.1 信息管理不便

在传统管理方式下, 化学品的相关信息通常以纸质记录的形式存在, 例如登记表、文件夹等。这种方式容易导致记录的不规范、易遗失或混淆, 从而增加了信息管理的难度和错误发生的可能性。当需要查询或更新易化学品的信息时, 需要人工搜索和检索大量的纸质记录, 这既费时又容易出错, 导致公安单位难以及时准确地获取和更新相关数据。例如, 一位公安人员需要核实某一批化学品的流向, 他需要查找过去一年内的相关记录。他必须花费数小时在文件柜中翻找不同的文件夹和文件, 才能找到所有相关的纸质记录。这种耗时且容易出错的过程增加了管理工作的复杂性和不确定性。

1.2 安全风险高

传统纸质记录化学品信息的方式容易受到安全威胁。未经授权的人员可能获取到这些纸质记录, 进行篡改或泄露敏感信息, 比如将一些危险化学品的数量和去向进行伪造, 这样的安全漏洞可能导致跨境贩毒活动的发生, 从而对社会安全产生潜在威胁, 并且公安单位在追踪和调查时会受到很大困扰。同时, 传统方式下的化学品管理往往缺乏严格的权限控制和审计功能, 无法确保只有授权人员能够访问敏感信息, 并难以追踪和审计信息的访问和修改记录。

1.3 效率低下

传统管理方式需要大量的人力和物力投入, 包括人工记录、文件传递和信息查询等过程。当需要对大批化学品进行清点和登记或需要调查化学品的流向时, 若使用传统方式, 公安人员需要花费大量时间和精力在各个环节中进行手工操作, 如记录信息、整理文件、逐级传递文件等。这样烦琐的过程很容易导致信息处理的延迟和错误, 耗费了大量的时间和资源。

1.4 缺乏实时监控

传统管理方式难以实时监控化学品的存储、流转和使用情况, 无法及时发现异常情况和进行预警。当某个化学品超过规定的存储时间或数量时, 公安单位无法及时获得警报或提醒, 导致可能的安全隐患未能及时发现和处理。并且, 化学品信息通常分散在不同的纸质记录中, 相关人员难以进行整合和分析。这使得公安单位无法获取全局的数据视图, 从而无法进行有效的信息分析和决策支持。

2 低代码平台

低代码平台开发是一种基于数字技术工具平台, 使用图形化拖拽、参数化配置等方式, 用较少的代码、以较快的速度实现可视化应用开发的开发方式。低代码平台的出现能帮助企业 and 组织通过全民开发的模式, 解决企业数字化发展中的通用需求及个性需求。“多快好省”地开展数字化转型。

总体上看, 与传统代码开发相比, 低代码开发的开发流程更简单, 图 1 为低代码开发的大致流程^[8]:

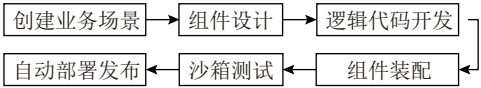


图 1 低代码开发大致流程

此外, 研发主体不再是以 IT 技术人员为主导, 而是以业务人员为主导, IT 人员为辅助, 使用对象也从管理者、业务人员拓宽至全体人员^[9], 如表 1 所示。

表 1 传统代码开发与低代码平台开发对比

对比方向	传统代码开发	低代码开发
研发主体	IT 技术人员	以业务人员为主导
使用对象	管理层、业务人员	全体员工
技术要求	技术专业化	全民性开发
模式	以技术为主	以业务为主
沟通效率	障碍大	无障碍
开发 / 维护成本	高	低
交付速度	较慢	快

随着数字化转型的推进, 低代码开发平台正变得越来越受欢迎。在国内外市场上, 已经出现了许多低代码开发平台。目前国内主流的低代码开发平台有: 钉钉宜搭、简道云、微搭、云程、氚云、JeecgBoot、华炎魔方等。这些平台各有优劣势, 定位也不同。

2.1 钉钉宜搭平台

钉钉宜搭是依托阿里巴巴自由的低代码引擎 (Low-Code Engine) 打造的, 集合了页面设计业务规则定义数据收集与分析三大核心能力^[10-11]。其优势是文档较为详细, 标注较为清晰, 相比其他低代码平台更为适合入手; 提供了丰富的组件库, 包括了数据源、表单、列表、图表等, 能够满足大部分业务场景的需求; 支持二次开发^[12]和定制化, 能够满足企业个性化的需求。不足之处在于做自定义页面成本高, 自定义变量, 绑定数据源, 绑定动作较为复杂, 因此无法做过于复杂页面, 数据处理麻烦; 对于开发人员来说相对易于上手, 但是如果要进行深度的定制化开发, 还需要一定的学习成本; 大屏功能对于有相关开发经验的人员可以拿来即用, 但需付费使用。

2.2 简道云平台

简道云是一个零代码轻量级应用搭建平台, 旨在

满足企业 / 部门的个性化管理需求。它是一家国内第一家在线零代码应用搭建平台^[13]，主打表单、流程表单、数据管理与数据分析，为企业流程性业务管理与配置赋能。简道云提供了表单工具、流程设计、仪表盘等主要功能，其中的 95% 应用搭建功能都能以拖拉拽可视化的形式进行构建，操作十分简单。其强大的数据管理能力，可以帮助企业对数据进行管理和分析，并且支持云端部署，用户无须搭建和维护自己的服务器和基础设施。缺点是产品视图较单一，仅有列表与看板模式；代码功能不足，缺乏低代码开发功能，开发人员无法通过低代码对现有能力进行延伸；无法自定义页面开发，操作性不强，无法满足定制化需求。

2.3 氚云平台

氚云为专注在表单类型的低代码产品，使用场景是表单页面收集数据、流程审批、数据管理、报表展示等。所有组件都是围绕这些场景提供的。其优点是流程表单功能基本能满足企业一般的管理应用需求，且复杂配置较少，通过简单的摸索即可快速上手；具有代码开发和外部系统集成能力，与钉钉集成，支持 PC 端与移动端使用；应用模板丰富，模板中心已有覆盖 10 余行业的近 100 款业务应用与管理模板，即装即用；标准版和专业版对数据量没有限制。但该低代码平台功能比较基础，还是侧重表单流程类应用，能够通过表单、流程、报表等功能搭出一些简单的应用，对于复杂功能可能要开通专业版；需要绑定钉钉，氚云与钉钉深度融合，能将配置好的应用直接发布到钉钉，但也仅支持发布至钉钉工作台，局限性比较大。

2.4 JeecgBoot 平台

JeecgBoot 平台是一个基于 Java 开发的低代码开发平台。该平台开源，可以免费使用和定制，成本较低，此特点更适合个人开发者和小型团队。由于是基于 Java 的平台，JeecgBoot 可以与广泛的 Java 生态系统集成，包括 Spring、Hibernate 等，现有的 Java 技术和库都可以方便利用到。同时，JeecgBoot 拥有强大的代码自动生成功能，相对于其他开源框架来说，JeecgBoot 的代码生成能用于开发较复杂的联表查询而不是只能实现单表查询的简单逻辑。另外，平台所提供的模块化框架灵活度很高，可以让用户根据具体环境进行定制开发，更好地满足个性化业务需求。但由于框架太庞大，导致平台内容纷繁，重点不够突出，且 UI 对跨浏览器支持不太好，低版本的 IE、火狐都有不同的显示问题。

以上 4 种知名低代码平台的优势与不足对比如表 2 所示。由于 JeecgBoot 是完全基于 java 的开发平台，

便于开发人员统一语言，另外，该平台开源免费、代码生成功能强大、框架灵活度高等优点使其更适合被用于政府部门，能全方位满足政府部门应用搭建的个性化需求^[14-16]。因此本系统选择使用 JeecgBoot 进行开发。

表 2 低代码平台特点

平台	优势	不足
钉钉宜搭	文档详细易上手，组件库丰富	不适合开发复杂页面，大屏功能需付费
简道云	近乎零代码，支持云端部署	视图单一无法满足定制化需求，无法通过低代码延伸现有能力
氚云	流程表单功能强大，应用模版丰富	复杂功能需要开通专业版，需要绑定钉钉，局限性较大
JeecgBoot	开源免费，代码生成器，框架灵活度高	内容纷繁重点不够突出，UI 对跨浏览器支持不够好

JeecgBoot 低代码平台对于该公安系统化学品监管的针对性优势如下：

1) 快速可视化开发。JeecgBoot 低代码平台提供可视化的开发环境以及丰富的组件库和模板，开发人员可以根据需求选择合适的组件并进行配置。如化学品信息录入、存储位置管理、库存盘点等。开发人员可以通过自定义这些组件，并进行必要的配置和定制化来快速构建系统。例如，可以通过简单的可视化操作创建化学品录入表单，包括化学品名称、CAS 号、存储位置等字段，并与数据库进行关联。这样，开发人员可以迅速搭建化学品的信息管理功能，减少了手动编写和调试复杂逻辑的工作量，大大节省了开发时间。

2) 灵活的表单设计和流程设计。化学品服务监管系统通常需要支持多种表单和流程，如化学品购买审批、运输审批、出入库流程、企业信息修改等。JeecgBoot 低代码平台提供了可视化的表单设计器和流程设计器，开发人员可以根据公安单位的具体需求，自定义表单和流程的设计。例如，可以通过表单设计器创建购买审批表单，包括申请人、申请日期、购买数量等字段，并通过在线画出流程图来设计相关的审批流程。这种灵活性使得系统能够适应不同的管理需求，并方便后续的修改和扩展。

3) 数据大屏及实时监控。化学品监管需要对库存、使用情况和安全风险等进行实时监控和分析。JeecgBoot 低代码平台提供了大屏设计的功能，可以将系统中的数据以图表、地图等形式实时可视化展示出来。例如，可以通过大屏展示系统中的化学品库存动态、出入库记录、市内运输详情、过期预警、异常使用情况等。这样，公安单位可以随时掌握化学品的实时状态，及时发现异常情况并采取相应的措施，提

高安全管理的效果。

4) 安全性和权限管理。化学品的监管需要高度的安全性和权限管理,以防止未经授权的访问和操作。JeecgBoot 低代码平台提供了多层次的安全机制和灵活的权限管理功能。开发人员可以定义不同角色的权限,并将其与用户、组织机构和功能模块进行关联。例如,可以设定只有经过授权的人员才能访问敏感数据、进行库存操作或审批流程。这样,系统能够确保化学品的管理和监控仅限于授权人员,保护敏感信息的安全性。

3 基于 JeecgBoot 的系统开发与实现

3.1 系统总体架构

化学品服务管理平台的主要目标是监管和管理化学品的生产、流通和使用,以确保其合法、安全和可追溯。平台可能涉及的一些具体业务流程^[17]包括

用户注册与认证,用户权限管理,大量数据的统计与查看比如:化学品品类管理、化学品出入库情况、化学品运输情况等,以及一些信息修改所必要的审批事项。这些业务需求中有大量的数据会以表单形式或图表结合形式统计并展示,并且审批业务也需要快速简便的流程设计。鉴于公安单位特殊的工作性质,开发平台需要便捷安全,且最好可以面向大部分非专业 IT 技术人员。JeecgBoot 低代码平台简单的开发模式(OnlineCoding→代码生成器→手工 Merge)降低了开发门槛,其所提供的表单设计、报表配置、在线流程设计以及权限管理等核心功能模块,使得业务人员能够通过拖拽与配置模块,完成应用系统的搭建、实现双端适配、权限独立设置及海量信息存储等功能,符合此平台的开发需求。现结合某公安系统实际工作环境与业务流程,介绍基于 JeecgBoot 的化学品服务管理系统构建过程,总体架构大致如图 2 所示。

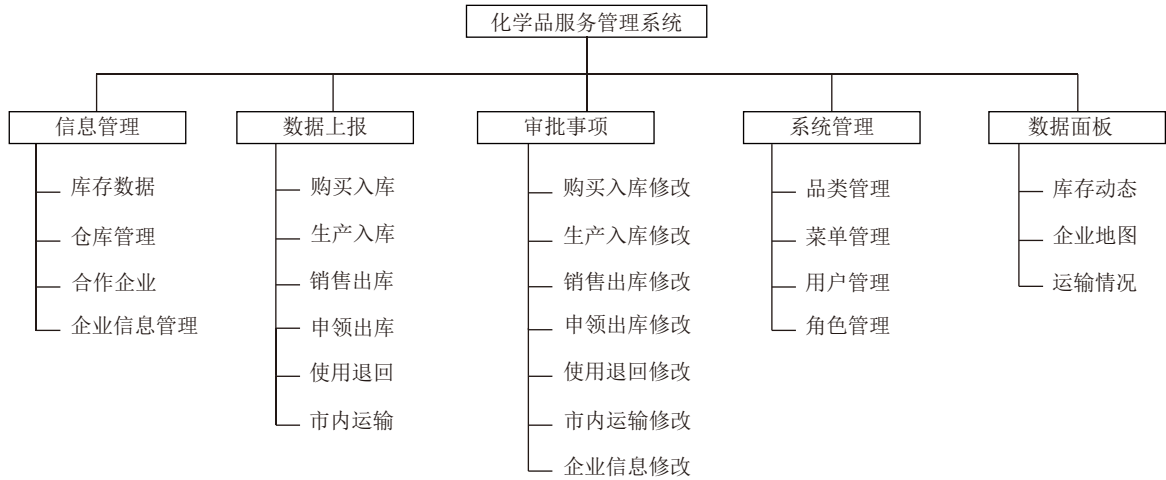


图 2 化学品服务管理系统总体架构

3.2 化学品服务管理系统实现

3.2.1 信息管理及数据上报

化学品管理的业务模块中信息管理和数据上报的共同点在于它们均会涉及海量数据,其中包括许多化学品的出入库、使用退回、市内运输数据的上报,以及库存信息,公司企业信息的查看等。这些数据的统计与展示都需要通过表单来实现,而这则正中 JeecgBoot 低代码平台的表单设计功能的下怀。

以生产入库模块的设计开发为例,在 JeecgBoot 平台的 Online 表单设计功能中,通过填写表名、表描述和企业、填报日期、入库日期、品类名称、数量、单位、仓库、填报人以及状态在数据库中对应的字段名称来新增表单,根据具体需求选择字段内容显示类型,比如文本或下拉框来添加查询功能。保存后一键同步数据库,再使用 JeecgBoot 平台最具特色的代码

生成器生成对应表单的前后端代码,最后在平台框架自带的菜单管理中为对应的表单创建新菜单,配置好路由,完成一个展示化学品生产入库情况的生产入库表单模块的创建,如图 3 所示。如果使用传统开发模式,当需要设计的表单字段名较少时,重复性代码编写的占比还较低,但如果需要查看化学品的市内运输情况,表单将会包括大量相关信息,如运输日期、运输地点、运输许可、购买许可、购买品类、购买数量、包装形式、经办人、收货单位,等等。这些信息往往会涉及数据库中多个表的关联,此时传统后端开发则需要编写较为复杂的 SQL 语句,而传统前端开发则需要重复编写多个列来展示对应字段内容,导致开发效率不高。JeecgBoot 低代码平台的一键同步数据库功能则在很大程度上减少了前后端的复杂或重复性操作,加快了开发速度。

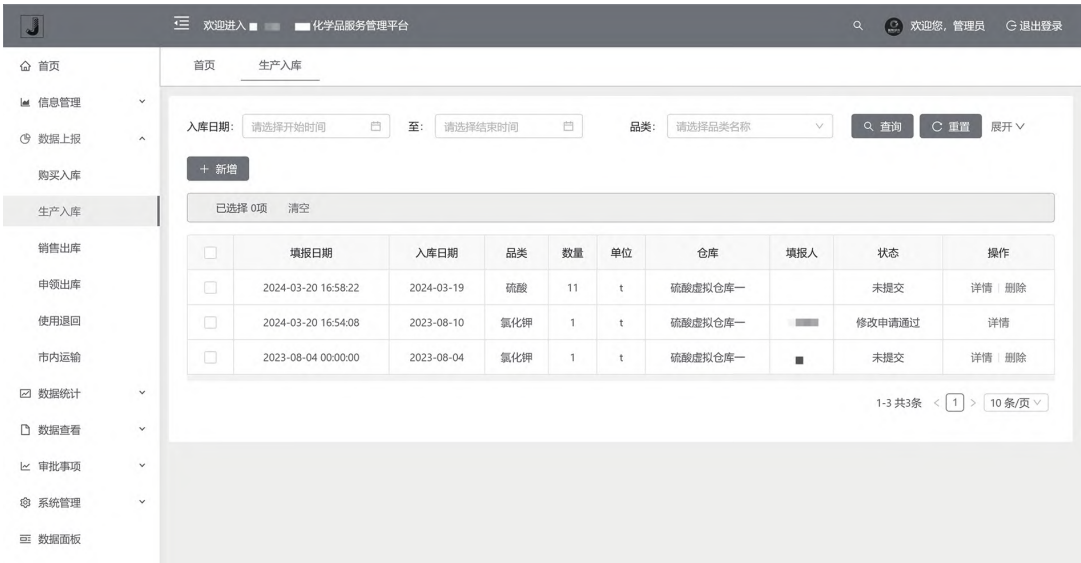


图 3 化学品服务管理系统数据上报生产入库模块

3.2.2 审批事项

大部分企业或单位的管理平台都少不了包含各种逻辑的业务审批流程，公安系统更需要设计合适的工作流程来支持相关部门对企业和化学品信息的审核与审批事项。针对此需求，在开发过程中利用 JeecgBoot 低代码平台提供的流程设计功能，将 Online 表单和流程对接起来完成了该系统的审批事项模块。

该化学品监管平台包括类似化学品申领出库、使用退回信息修改以及企业信息修改等信息修改需求，而修改的结果需要经过分级领导审批。整个审批流程的设计实现大致分三步，下面以化学品使用退回模块举例。第一，使用 Online 表单设计为使用退回设计对应的一张表单，其中包含品类名称、用途、退回数量、

退回仓库和申请原因等重要字段，现在需要在此基础上增加一个“bpm_status”字段以显示审批流程状态；第二，进入 JeecgBoot 平台的流程设计器页面，使用可视图形拖拽方式设计出流程图，如图 4 所示，填写好包含流程名称、每个节点的审核人等基本属性后发布流程；第三，使用平台流程设计菜单中的提供的业务关联功能将使用退回表单与设计好的审批流程绑定起来。当化学品使用退回记录有误时，业务人员通过对表单的某些字段进行在线编辑修改，点击提交审批，分级领导登录系统可看到审批请求，以选择退回或审批通过，如图 5 所示。

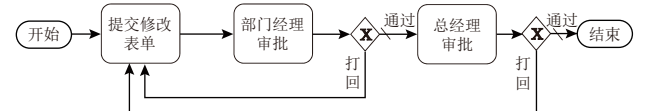


图 4 化学品服务管理系统审批流程图



图 5 化学品服务管理系统使用退回审批模块

3.2.3 系统管理

系统为公安单位的化学品服务管理设计了品类管理、菜单管理、用户管理和角色管理四大管理模块，开发过程中利用到了 JeecgBoot 自带的权限管理功能，从而让高权限业务人员能够通过可视化的方式自定义并为用户分配权限，为系统提供了较高的信息保密性。其中化学品品类管理用于定义和管理不同化学品的分类信息，信息包括品类名称、品类编号、所属类别，只有管理员或高级用户可以创建、编辑和删除化学品品类，普通用户可以查看和搜索品类信息，但不能进行修改操作，如图 6 所示；菜单管理用于管理不

同职位的不同业务人员对于系统各模块的操作权限。例如，除了有审批资格的审批人以外的普通用户登录系统时，审批事项模块不会显示。同时，每个部门的业务人员也只能在系统中看到专属于自己部门的菜单模块；用户管理用于管理系统中的用户信息，具体信息包括用户账号、用户姓名、头像、性别、手机号、所属公司、负责部门、在职状态等，管理员可以创建、编辑和删除用户；角色管理用于定义和管理用户组的权限，最高权限管理员能够修改系统管理员、审批人员、普通用户等权限，而用户也可以被分配到一个或多个角色中，从而继承相应的权限。

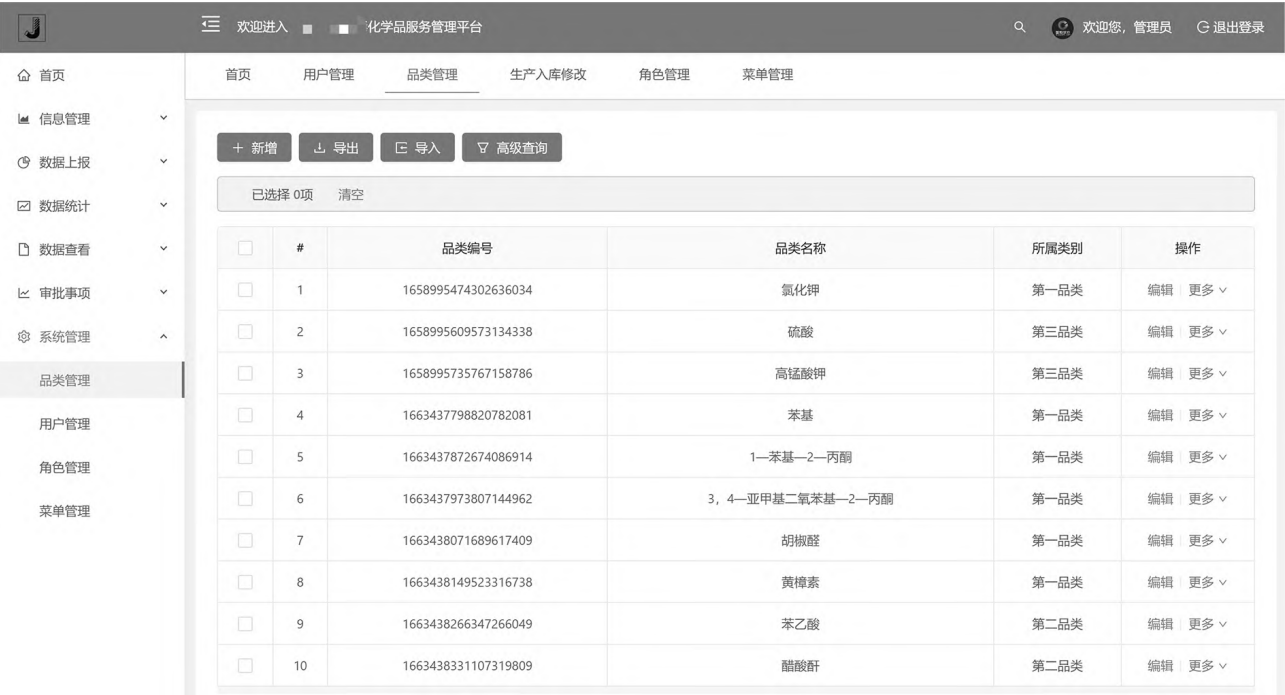


图 6 化学品服务管理系统品类管理模块

3.2.4 数据面板

由于化学品的购买销售以及运输会涉及许多地区和各个企业公司，化学品的数量也十分庞大，公安系统需要实时监控并及时了解各种数据变化，此时一个可以显示多种统计图表的可视化数据面板就显得十分必要。该系统所设计的数据面板中包含化学品出入库情况、库存变化动态、化学品运输情况，合作企业分布地图等模块的展示。传统开发可能需要后端编写读取图表展示内容所对应值的接口，前端调用接口获取数据并通过类似 ECharts 的图表设计工具设计图并展示数据，可能会耗费较多时间精力。该化学品管控数据面板的开发实现主要利用到 JeecgBoot 低代码平台内置的大屏设计器功能，对于其中各种统计图的设计，提供所需展示的 x 轴字段和 y 轴字段，并提供 SQL 查询语句，平

台自动进行 SQL 解析，单选或多选包括柱状图、饼状图、折线图以及数据列表在内的统计图类型，生成对应的图表。以化学品进库情况的图表设计举例，化学品品类分为第一品类、第二品类和第三品类，每天三种品类都会有购买入库和生产入库记录，为在一张图上展示它们的入库情况，将 x 轴设置为日期，将 y 轴设置为吨数，提供数据库中查询三个品类入库数量的 SQL 语句并选择图表类型，一键生成所需图表，如图 7 左上角区域所示。接着利用代码生成器生成对应图表的代码，如果下一阶段需要进行改动，可在此代码基础上仅修改关键部分进行二次开发。低代码平台的优势在图表设计的过程中体现的相当直观，用户只关心自己所需数据的信息，代码的编写工作以及图表的渲染工作可全权交给低代码平台来完成。



图 7 化学品服务管理系统数据面板

4 实施效果与可推广性

该公安单位化学品服务管理系统自上线运行以来已有约半年时间,这期间系统运维成本节省了 22%,化学品库存利用率提高了 15%,库房管理经费节约了 8%,该系统为涉及化学品的 5 家生产企业、8 家运输企业、16 家使用企业、1 家仓储企业以及 21 家经营企业的执法、监管和侦查工作提供了有力支撑,取得了较为显著的管理效果,对于全面遏制化学品犯罪活动,维护辖区治安环境稳定具有重要意义。

于系统本身而言,该系统让化学品的管理变得更加精细化和规范化,有效减少了化学品的滥用和非法流通;通过精确的库存管理和需求预测,公安单位能够更好地调配和利用化学品资源,避免资源的浪费和闲置,进一步提高了资源利用效率;业务流程过程中的烦琐、重复性工作也得到很大程度上的自动化和简化,公安人员的工作量显著减少,这使得他们可以更专注于监管和执法工作,提高了办事效率和质量。

于该系统的开发模式而言,低代码开发的优势在于其不像传统的开发模式需要专业的编程人员花费几个月的开发周期,而是由公安单位内的各部门业务人员一起参与进来在低代码平台上进行应用的开发,周期短且成本低;并且在系统实际运行过程中,相关人员能根据需求情况和所遇问题不断对其改进优化,灵活调整。

因此,基于低代码的化学品监管模式为其他地区的公安机关提供了一种可行的相关业务数字化管理解决方案,可借鉴推广至其他县市公安机关。该模式对于提高化学品监管和打击犯罪工作的现代化、智能化和规范化水平将发挥积极作用。同时,也可将其推广应用于化工、医药等涉及管控危化品的行业领域,提升危化品全生命周期监管的智能化水平。

5 结 论

本文以某公安系统的化学品监管为研究背景,探

讨了低代码平台在化学品监管中的应用与研究。化学品监管面临着许多问题,例如管理难度大、成本高、安全隐患多等。低代码作为一种新兴的技术手段,具有开发效率高、成本低、可视化操作、易维护等优势,为化学品监管提供了新的思路和方法。本文基于 JeecgBoot 低代码平台,设计了一套化学品服务管理系统方案,在实际环境中进行了实施,并取得了良好的效果。未来,希望通过对本系统的进一步完善和推广,进一步支持企业数字化转型、业务流程优化。总的来说,低代码开发模式是一种高效、经济、安全的解决方案,值得各企事业单位在监管系统建设和信息化建设中予以重视和采纳。

参考文献:

- [1] 常梦龙. 低代码平台在博物馆数字化转型中的应用研究——以故宫博物院为例 [J]. 东南文化, 2023 (S2): 84-89.
- [2] 齐艳平. 推进我国国有企业数字化转型的新型数字基础设施一体化平台架构设计 [J]. 科技管理研究, 2023, 43 (16): 177-185.
- [3] 曹朝清, 汪财生, 俞超, 等. 基于 RFID 技术的实验室危险化学品管理探索 [J]. 浙江万里学院学报, 2023, 36 (6): 82-87.
- [4] 朱绍宏, 覃章荣. 基于低代码开发范式的 Web Service 生成方法 [J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2022, 40 (6): 82-97.
- [5] 张佳佳. 基于容器编排技术的低代码算法开发平台的研究与实现 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2023.
- [6] 胡洁. 面向数据可视化大屏的自动代码生成工具的研究与实现 [D]. 金华: 浙江师范大学, 2023.
- [7] 李飞, 赵龙, 冯强中, 等. 论低代码平台在业务系统中的多种应用形态 [J]. 科技创新与应用, 2022, 12 (16): 193-196.
- [8] 侯雪燕, 谢明亮, 谢政权, 等. 面向核电厂应急软件的低代码开发平台构建 [J]. 核科学与工程, 2024, 44 (2): 360-366.
- [9] 许光成. 基于低代码平台的公路养护工程计量支付系统的设计与开发 [J]. 现代信息科技, 2024, 8 (22): 56-62.

(下转 65 页)

如图 4 所示，在模型迭代 5 850 次后，训练集准确率达到 99% 左右，而验证集的精度基本稳定在 97% 左右。随着迭代次数的增加，网络模型逐渐朝着收敛状态演进，损失逐渐降低，最终达到一个相对稳定的性能水平，可以看出模型表现良好，没有出现过拟合，实验结果如表 2 所示。

表 2 迁移学习模型性能分析

AUC	F1 分数 /%	精确率 /%	召回率 /%	准确率 /%
0.998	96.6	96.8	96.5	96.6

本文主要采用基于 YAMNet 模型迁移学习网络来实现手术清点语音识别，尽管使用了不同的语音数据集，实验结果仍然显示，即便目标数据集与预训练模型的源数据集有所不同，预训练特征依然普遍适用。此外，在语音识别应用中，迁移学习在小数据集上的效果显著，即便是非常小的数据库，也能实现近 97% 的精度和准确度，AUC 接近 1，表明检测方法的真实性高。小数据集的应用不仅减少了数据集生成的时间和成本，还缩短了模型训练时间，并降低了对计算资源的需求。实验结果表明，该方法模型在识别手术过程中的专业语音交流内容方面取得了良好的性能，具有较高的准确性和鲁棒性，在实际应用中具有重要的参考意义。

3 结 论

本文提出了一种基于 YAMNet 模型迁移学习网络的智能手术语音识别方法，该方法在手术专业术语器械清点语音识别中取得了良好的性能，同时具有较好的泛化性。在以后的研究中，将不断改进系统的设计和算法以及使用不同类型的声学模型，以此来探索更有效的深度学习模型和技术，以应对手术环境中的挑战和复杂性。

参考文献：

[1] 陶建华, 杨明浩, 王志良, 等. 无菌条件非接触式多通道自然交互手术环境 [J]. 软件学报, 2019, 30 (10) : 2986-3004.

[2] 高兴莲, 杨英, 吴荷玉, 等. 影响手术物品清点准确性原因分析与改进措施 [J]. 医学信息, 2013 (20) : 630-631.

[3] 林珂, 王芳, 白菁, 等. 手术室专科护理专利成果的临床运用实践效果 [J]. 昆明医科大学学报, 2018, 39 (11) : 143-148.

[4] 余文静, 高兴莲, 肖瑶, 等. 基于 PDA 移动技术融合手术器械质量追踪与数据清点的实践 [J]. 护理学报, 2020, 27 (2) : 27-29.

[5] 丁中正, 常翀, 曹凯迪, 等. 医疗智能语音识别系统的建设与应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2022 (1) : 188-191.

[6] 赵梦, 任海玲, 廖聪, 等. 智能语音识别技术在医疗领域中的应用研究 [J]. 中国现代医生, 2022, 60 (28) : 108-112.

[7] VALLIAPPAN N H, PANDE S D, VINTA S R. Enhancing Gun Detection with Transfer Learning and YAMNet Audio Classification [J]. IEEE Access, 2024, 12: 58940-58949.

[8] 邓鑫瑞, 孔建国. 基于双向神经网络的民航陆空通话语音识别研究 [J]. 电脑与信息技术, 2022, 30 (2) : 9-12+25.

[9] 蒋佳旺, 陈艳, 王佳庆. 卷积神经网络与迁移学习的颅脑癌症识别方法的研究 [J]. 中国医疗设备, 2020, 35 (9) : 70-73+83.

[10] 颜丙聪. 基于迁移学习的语音识别算法研究 [D]. 南京: 东南大学, 2020.

[11] MOHAMMED K K, EL-LATIF E I A, EL-SAYAD N E, et al. Radio Frequency Fingerprint-based Drone Identification and Classification Using Mel Spectrograms and Pre-trained YAMNet Neural [J]. Internet of Things, 2023, 23: 100879.

作者简介：孙文业（1989—），女，汉族，安徽六安人，工程师，硕士，研究方向：语音信号处理；徐伟（1986—），男，汉族，江苏苏州人，讲师，博士，研究方向：人工智能；汪春亮（1979—），男，汉族，安徽铜陵人，高级工程师，硕士，研究方向：医疗信息化。

（上接 60 页）

[10] 张巍. 基于钉钉宜搭的中小企业低代码平台的应用研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2022.

[11] 王钧慧, 李婷. 航天地面站低代码开发平台方案设计 [J]. 电讯技术, 2024, 64 (4) : 620-626.

[12] 苏伟, 国建勋, 冯宽. 低代码开发平台发展现状及标准化研究 [J]. 信息技术与标准化, 2024 (Z1) : 17-21.

[13] 沈文娟. 基于业务中台技术的低代码开发平台的研究 [J]. 信息系统工程, 2022 (7) : 60-63.

[14] 张明. 一种 SAP 低代码开发平台的设计与实现 [D]. 济南: 山东大学, 2020.

[15] 张旭, 姚璋. 基于低代码的 DCS 可自定义自动化设

计 [J]. 制造业自动化, 2023, 45 (8) : 7-11+31.

[16] 陈斌. 基于领域驱动设计的低代码平台的设计与实现 [D]. 杭州: 浙江大学, 2022.

[17] 刘耀, 周家辉, 邱武文. 基于大语言模型的人文社科类业务智能体构建平台研究 [J]. 情报资料工作, 2024, 45 (5) : 82-91.

作者简介：明朗（1999—），男，汉族，湖北武汉人，硕士在读，研究方向：信息安全；盛志伟（1977—），男，汉族，湖南益阳人，副教授，工学硕士，研究方向：互联网技术、信息安全、大数据与人工智能；王永丽（1968—），女，汉族，四川成都人，副教授，本科，研究方向：计算机网络应用、移动互联网应用、嵌入式应用。