

数字乡村建设是 乡村振兴战略的重要引擎

习近平总书记在党的二十大报告中强调：“加快建设农业强国，扎实推动乡村产业、人才、文化、生态、组织振兴。”

当前我国农村已摆脱了绝对贫困，下一阶段的主要任务是乡村的全面振兴，基于互联网、大数据的数字乡村将成为乡村振兴的战略方向。

数字乡村对推进城乡一体化进程，有效解决“三农”问题，促进农业全要素生产率提升，推动农村现代化转型，提升农村治理的智能化，破解乡村振兴难题有着重要的战略意义。

通过政策体系引导，以基础设施建设为契机，深刻把握乡村振兴与数字化治理的内在机理，充分发挥互联网大数据平台在乡村治理与发展过程中的功能和作用，构建城乡融合发展的共建共享新格局，是数字乡村建设助推乡村振兴的有效路径。

党的十八大以来，历年的中央一号文件，都是聚焦“三农”工作，聚焦乡村振兴。为此，《中国信息界》在2025年第一期，特别组织了本期专题报道，深入探讨乡村振兴背景下的数字乡村建设。

乡村振兴战略背景下的数字乡村建设

文 ◆ 赵星宇 王贵斌 杨 鹏

2022年2月，中共中央、国务院发布《关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》强调我国要接续全面推进乡村振兴。当前，数字技术在经济社会各个领域的广泛应用，为乡村振兴战略的实施提供了新模式、新业态，成为推进农业农村现代化建设的强大动力和乡村振兴“五要求”的重要抓手。

数字乡村是乡村振兴的战略方向，也是建设数字中国的重要内容。从现实层面来看，建设数字乡村是催生乡村社会多重变化、推动乡村治理转型、全面激发内生动力的必然选择；从战略角度来说，建设数字乡村对筑牢“数字中国”根基、保障农村民生、改善农业新业态、促进城乡融合具有重大现实意义。



国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出，要加快发展智慧农业，推进农业生产经营和管理服务数字化改造；加快推进数字乡村建设，构建面向农业农村的综合信息服务体系。通过国家整体规划和顶层布局，加快数字技术推广应用，全面推进数字化与农业农村深度融合，推动农业高质量发展，让广大农民共享数字经济发展红利。乡村振兴是全面建成小康社会后“三农”工作重心的历史性转移，站在新的历史起点上，数字乡村赋能乡村振兴成为重要的战略突破口。

党和国家高度重视数字乡村建设，2018年中央一号文件首次提出“数字乡村”概念，2019年中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《数字乡村发展战略纲要》，以数字乡村建设为重点任务的乡村振兴已成为乡村发展的重要任务。2020年，我国数字乡村建设加快推进，先后发布了《数字农业农村发展规划（2019-2025）》和《2020年数字乡村发展工作要点》，农村数字化未来几年发展趋势进一步明晰。2021年，中央网信办等五部门联合印发《数字乡村建设指南1.0》，全国各地积极响应，分别出台了数字乡村具体实施办法，积极推进数字乡村局部试点建设工作。2022年，中央网信办等五部门联合印发《2022年数字乡村发展工作要点》，在具体实施层面进一步完善我国数字乡村建设政策体系，统筹协调、整体推进的工作格局初步形成。但面对乡村振兴战略实施的良好态势，目前我国农业数字渗透率仅为8.9%，数字经济对于乡村振兴的助推力还有很大的提升空间。

一、数字乡村对乡村振兴的重大意义

“十四五”规划时期内，乡村振兴在我国实施新发展理念、构建新发展模式、实现优质发展过程中扮演着关键角色。以数字乡村建设为例，作为数字化转型的底层驱动形式，数字乡村建设对发展农村经济、提高农村社会治理能力的作用巨大，也只有凭借数字化转型，才能更高效地驱动乡村生产、生活、治理的协同变革。数字乡村建设不仅是“三农”工作的有机组成部分，更是实现乡村振兴与经济发展总目标的有效方法和可靠保证。无论是智慧农业的发展还是治理效能的提升，均需要数字化体系的支撑才能维持长效、高效发展。

“数字乡村”与“乡村振兴”关系的逆向推理是：“乡村振兴”的关键在于“产业兴旺”，促进农村地区经济高质量发展是核心。农业是农村产业发展的主流，未来农业产业发展的方向是发展智慧农业，智慧农业的发展需要数字乡村的支撑。从正向推理来看：数字乡村是有效整合和使用各类资源的基础，农业资源统筹管理和自然资源的高效利用支撑着智慧农业；作为乡村地区的主要产业成分，高品质的智慧农业为村域产业的繁荣奠定了基础，进而推动乡村振兴。

（一）推进农业生产全要素整合，优化农村资源配置

马克思曾指出，“生产力中也包括科学”。内生经济增长理论强调经

济增长主要源于技术的更新，作为现代科技的新兴数字技术将在国民经济的发展和转型中发挥重要作用。作为一种典型的通用技术，数字技术具有较强的目的性，广泛运用于各个行业，在不同的领域提供技术支持与提升动力，数字技术凭借“蒲公英效益”将数据要素纳入生产全过程，跨行业整合信息，优化产业链，实现社会面资源共享。在乡村基础设施建设进程中，数字乡村有助于建立协同机制，实现信息技术与农业资源运转过程的互联，从土地、劳动力与设备等具体环节提高总体效率，减少运行与交易成本，实现资源配置效益最大化。随着第五代移动通信技术的普及，城乡差距的时差性逐渐缩小，信息传播的便捷化使得先进技术与前沿知识大范围、精准化传播。在高速率、低时延和大连接的新一代技术的支持下，农民队伍的管理模式与生产方式也迎来了重要的变革和难得的发展机遇。这一切不仅体现在农业生产技术效率的大幅提升，而且有助于农民队伍的专业化发展，同时也意味着我国作为农业大国，昔日行业受制于外部环境的不确定性逐渐可控。

以销售渠道革新为例，当前，我国农业的产品销售已不局限于昔日的“自产自销”“自给自足”的自给自足经济。根据国家统计局公布数据，2020年全国网络零售额达97590亿元，占社会消费品零售总额的24.9%。《2019年中国农产品电商发展报

告》显示，大连、郑州两个期货市场农产品分别有期权交易品种豆粕、白糖，均采用网上撮合交易的方式。互联网的技术支持切实拓宽了农产品的销售范围与消费群体，大数据的支持也为农产品的生产、技术的更新等提供了新思路。此外，大数据、云计算等数字技术的应用，可以有效融合农产品产业链与销售供应链，深度衔接市场参与主体，完善农业风险应对体系。而电商行业凭借其开放性的特点，既有效打破了时空的壁垒，又提供了丰富的信息资源。借助于电子化市场，农业销售一改传统的流通模式，促成生产者和消费者直接交易，减少了中间环节，降低了交易成本，提高了农产品收益。

（二）助力农村现代化转型，增强农民幸福感

我国农业发展历史悠久，农民对土地的耕作和对农业生产工具的探索从未停歇。传承近两千年的小农经济模式以经营规模小、生产条件简单为主要特点，至今仍广泛存在于我国农业社会。小农经济能够在贫瘠的自然环境中以其特殊的生产单位特性，以勤劳与节俭维持产出与消费的平衡，因此小农经济有其稳固性的一面。但由于经营规模有限，对市场与自然环境依赖性强，这种自耕农经济的发展前景有限。借助数字技术的普及，不仅有助于现代农业发展体系的推进与实施，还有利于推动当前城乡分割格局的变革与乡村地区生活方式的变迁，实现治理模式与

体系的双转型。同时，构建现代化农业治理体系不仅意味着农业经济体系的转型，也意味着乡村地区公共服务部门办公模式的迭代。数字化体系建设为电子政务平台的发展提供了技术支持，这不仅可以大幅提升公共服务部门的办公效率，也有助于推动政策透明化，加快信息传播便捷化的建设，有效解决政府与农民、农民与农民之间信息不对称问题。此外，数字化乡村建设也为农民打通了参政议政、积极互动、发挥人民当家作主角色的多样化渠道，在增进农村基础设施和公共服务有效改善的同时，构建起以现代化乡村为框架和高含量民主为底色的人民民主道路。

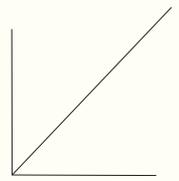
数字乡村建设有利于促进农业生产要素有序流动、资源高效配置与市场深度融合，能够推动产业结构优化、降本增效，更好地支撑乡村产业结构转型升级。以土地制度为例，2016年中共中央办公厅、国务院办公厅印发的相关意见中，对完善农村土地承包权、经营权和所有权分置作出了具体指示。这是中国自家庭联产承包责任制后的又一农村土地产权制度创新，对于农业生产效率提升、农业现代化进程的推进具有重要意义。如何将政策落到实处，确保实施效果的关键仍在农民群体。只有农民自身把握政策的现实意义，理解并主动做出选择，才能最大限度地扫清新政策变革路上的难点、痛点与堵点。也只有农户自身对政策有足够的理解和认可，才能做到全面、客观且理性地做出选择。数字乡村既具备及时传达相关政策、多角度传播国家政策制定初衷和目的的互联工具职能，亦是为广大农民设立的寻求政策和经济多方支持、解决个性化困难与疑问、消除内心困惑与不安全感的解惑利器，从而全面提升农民幸福感和获得感。

（三）关注农村人口结构的不平衡，提高数字技术普及率

乡村振兴需要各种要素的加入和现存要素的改进，其中人口的组成是尤其值得关注的要素。一方面，当前乡村人口仍呈现持续流出的状态，但人均相对份额却不降反升，这样的趋势意味着第一产业份额不断下降。随着乡村振兴战略的实施，国家相关基本资源投入不断加大，但乡村人口规模却不断缩小，总体劳动力不断减弱，主体的空心化与老龄化已经成为解决城乡差异最大的障碍。另一方面，数字乡村建设对于人口构成有着更为迫切的要求。数字技术的使用与普及工作均有一定门槛，尤其需要使用者有一定的理论及技能储备，这就需要有一定知识储备且思维能力强的群体率先接收并掌握技术，才能更广泛传播。我国农村地区人口受教育程度普遍不高，而且老龄化现象更为严重，这也意味着复杂数字技术的普及工作更难开展。面对迭代频率高、更新速度快的电子信息衍生品，如何保证老年人群体在后续工作中跟上每一次技术更新也是亟待思考的问题。

相关调查结果显示，截至2020年11月，中国60岁及以上人口占总人口的18.7%；截至2020年底，非网民总体中60岁及以上人员约占一半，非网民人口明显高于该年龄段人口所占比重。而最为复杂的问题

表现在当前农村剩余劳动力外溢化愈演愈烈，这部分外溢劳动力通常具有较丰富的教育经历与较高的新技术接受能力。年轻的同伴或亲属通常是老年人了解和掌握数字技术的重要渠道，而劳动力年龄人口的不断外溢导致数字技术下沉老龄群体的难度增加。数字乡村建设要重视乡村人口结构对数字化农村建设的挑战，用政策应对潜在困难，重视基础教育在农村地区的推广工作，缩小城乡教育差距，并针对数字化技术进行农民培训和信息推广。对于老年人而言，数字设备的使用环境也尤为重要。不仅要设计考量特殊群体的特点和需求，使老年人对数字产品更易接受理解，也要从环境下手，潜移默化地使老年人养成对数字化设备的使用习惯。



二、乡村振兴战略背景下开展数字乡村的重点与难点

数字乡村对农村社会的改造主要依靠高新信息技术的运用得以实现，这也是数字乡村最为显著的特征。与城市数字化管理相比，农村在数字化建设过程中仍然存在数字政务服务水平和创新能力不足的问题，而且农村居民对数字治理的认识水平和接受程度也明显弱于城市居民，信息通信基础设施建设也相对落后。除上述问题之外，传统的乡村治理更习惯于经验治理，对数字治理的重视不够、理解不深、运用不足，加之数字乡村建设本身也需要运用较为复杂的数字技术和管理思维，这就暴露出数字乡村治理专业人才的不足问题。具体来看，目前数字乡村建设有如下重点和难点。

（一）改善收入：基础设施缺位

党的十九大提出，“必须始终把人民利益摆在至高无上的地位，让改革发展成果更多更公平地惠及全体人民，朝着实现全体人民共同富裕不断迈进。实现共同富裕，缩小城乡差距是关键环节。”要切实提高乡村居民的生活幸福指数，关键还是要解决人民的“钱袋子”问题，一旦农民从政策实施中获得切实收益，生活水平改善，生活环境优化，生活幸福感自然会随之升高。因此，数字乡村的相关资源应更多地向提高农民群众的收入方向倾斜。乡村建设的配套设施落后和不足影响着乡村居民的收入渠道和多元化发展，城乡收入和生活环境的差异也不容忽视。以城乡收入水平的差距为例，2009年城市居民人均收入是17174元，农村是5153元，两者相差12021元；2021年，城镇居民人均可支配收入47412元，农村居民人均可支配收入18931元，两者相差28481元，差距依然在拉大。

如上所述，实现数字乡村的根本在于解决老百姓的收入问题，内外合力提高农民生活水平，才能激发农民对智慧生活的切实需求。由内，催生多元化收入渠道，通过推动乡村产业高质量发展促进农民增收；向外，拓展多样性就业渠道，落实好财政、金融、用地、人才等扶持政策。宏观来讲，实施数字下乡工程，结合百姓日常需求加快构筑保障防

线。加快布局新一代移动通信技术、物联网等设施，实现科技与农业的深度融合，筑牢数字化的发展地基。要做好脱贫攻坚成果与数字乡村建设的衔接工作，只有巩固好上一阶段珍贵成果，坚决杜绝返贫风险，才能切实展现社会主义制度的优越性，才能使广大人民对国家政策充满信心并全力支持。

（二）发展产业：双向平衡缺失

近年来，在国家宏观统筹调控下，各级政府就数字乡村建设进行了不同层面探索，但当前数字中国乡村区域推进仍处于不平衡的状态。在资源投入方面，首先各方数据的联动机制仍有待完善。目前，基层数据的收集与传送体系还不完善，整体综合服务平台也不能及时、准确跟进相关数据的收集工作。亟待发展的信息获取机制在某种程度上制约着农业产业规模化与生产智能化的发展，也造成一些乡村资源未得到充分利用。其次，当前服务“三农”行业的相关高新技术企

业仍是凤毛麟角。虽然数字乡村建设已历经阶段性探索，但细化到农业生产层面的信息与技术服务体系尚不成熟，亟待健全。最后，资源投入的不平衡配比也限制着数字乡村的全面、协同发展。在建设成果方面，数字乡村建设还存在需求偏差、区域不平衡问题。有些数字乡村建设内容与百姓实际需求不匹配，比如盲目借鉴一些大平台的网络服务，却没有针对农民真实需求进行改进。打造这类数字平台，如果仅仅注重网络技术的使用，看起来表面光鲜，实则难以吸引用户，最后只能沦为寻求地方政绩的花架子。以电商产业为例，集群发展的加剧失衡与区域信息差异、数字消费及投资差距的加深因果相依。另外，不同区间的不平衡表现突出，东部地区在经济发展、信息技术、信息产业等方面表现出了显著的比较优势，以“淘宝村”为例，相较于中西部地区，其在东部农村地区的分布更集中且数量更多。而跨境业务涉及的乡村多集聚在沿海地区，该地区信息网络资源设施与需求热度的优势使然。在科技创新与产业供给双不足背景下，农业农村数字化需求偏差和发展不平衡问题值得深思和关注。

（三）构建队伍：主体力量缺乏

人才是智慧乡村体系建设的关键因素。近年来，由于城乡之间收入水平、生活水平与公共服务水平存在客观差异，越是发达的地方人才聚集越多，而

人才数量越多则地方也越发达，更多的人力资本、更好的教育和更快的技术创新进一步推动了发达地区的发展进程。城乡之间人才分布不均、乡村人才供给短缺的问题日益严重。《2021年农民工监测调查报告》显示，2021年全国外出农民工17172万人，数量呈上涨趋势，平均年龄为41.7岁，其中40岁及以下农民工所占比重为48.2%。因此，乡村要实现振兴与数字化全覆盖，就要留住人才和劳动力。要想留住人才，首先要大力发展支柱产业。通过产业吸纳人才，为人才提供发挥能力的平台，依靠特色产业与配套的全新技术体系吸纳人才回乡就业。其次要注重培养人才。随着科技与种植技术的发展，农业种植已不再只是“看天吃饭”之事。依托数字化平台引入先进的生产种植技术，必须重视对农民和相关人才素质的提升和能力的培养，比如开设农民短期技术培训班、外出考察培训等。再次要吸引人才。人才是农村地区数字化全面下沉的重要力量，要想解决乡村目前人才缺乏的问题，就需要加大政策引才力度，设立乡村人才引进专项资金。最后，乡村要做到“以用为先”，保证人才的能力能够充分施展，给予回乡人才充分的价值体现机会。如此，人才会愿意留在乡村，全身心地投入到数字乡村的事业当中，为乡村振兴持续地贡献力量。事靠人做，业由人兴。乡村振兴战略离不开人才，数字化的普及更需要高素质农民群体的支持，“人才+产业”模式能使产业与人才融合，以人才促进产业发展，用产业吸引人才聚集，从而实现乡村振兴的目标。

中共中央、国务院关于数字乡村建设的战略规划既为推进乡村振兴描绘了美好的发展蓝图，也为有效实现这项重大战略部署提出了崭新而艰巨的任务。伴随“十四五”国家战略的调整和相应政策的加持，我国数字乡村发展迎来巨大机遇，整个行业已经步入高速发展期。网络化、数字化和智能化在农业生产和农村生活中的推广，可以说是把流动的、没有边界的、不确定的网络空间同乡村社会稳定的、边界清晰和平稳确定的地方空间有效联结在一起，并且通过网络空间中的信息流动、越界传递和不确定变化，为乡村社会输入新的活力和发展动力。数字乡村是未来乡村建设的方向，是乡村社会跟上时代发展浪潮、改变相对落后状态的重要途径。在基层治理体系和治理能力现代化的实现进程中，数字乡村可以提供源源不断的内生动力，也为乡村振兴注入全新动能，技术治理理念的“外在”驱动和价值取向的“内在”激发更加坚定我们建设数字乡村的信心。随着数字乡村建设的深入推进，国内多个省份已形成了各具特色的发展模式，这些成功模式进一步说明了建设数字乡村的必要性与可行性。因此，为更好地发挥数字乡村的潜力，有必要从数字基础设施、数字资源运用、规则制度完善、人才队伍建设等多个路径去实现数字乡村建设的目标。■

（摘自公众号“中国农村调查”）

数字赋能乡村振兴的政策与实践

文 ◆ 张学颖

最近，我们在几个大的农产区和农业集团做调研，主要内容就是数据赋能乡村振兴，感触颇多。

一、数字赋能乡村振兴的政策环境

第一个趋势，顶层设计与时俱进。从党的十九大提出乡村振兴战略，到十九届五中全会提出了全面推进乡村振兴，再到今年

的中央一号文件提出了推进乡村全面振兴。

乡村振兴的工作的重心随着每一年的农业农村工作的开展不断调整，在这个过程中，随着新一轮科技革命，尤其是信息革命、数字革命以及AI技术的发展，数字赋能乡村的方式和内容都在持续地丰富，为乡村经济社会的发展带来了强大的动力。

在“十四五”期间，我们国家将巩固拓展脱贫攻坚的成果同乡村振兴发展进行有效衔接，这是最重要的一项工作。在这期间出台了《数字乡村发展行动计划》和《数字乡村建设指南 2.0》。对于推进农业农村数字化发展的目标、任务都作出了明确的部署，有效、全面地推进了乡村振兴的落地落实落细，顶层设计越来越具体。

第二个趋势，涉及的领域逐渐丰富。从各部门目前出台的配套政策





来看，鼓励数字赋能乡村振兴的政策投放体系和匹配体系日益完善和多元。国家发改委、工信部、农业农村部等相关部委围绕着数字乡村建设的试点、示范，为农业农村电商、普惠金融等诸多领域先后出台了《关于开展国家数字乡村试点工作的通知》《关于推动农村电商高质量发展的实施意见》等一系列的政策文件，既体现了政策制定的目标导向、问题导向，也体现了系统施策，长短结合的长期战略思考。

特别是在数据要素领域，农业农村部以“农业农村用地一张图”和“乡村发展态势数据库”为切入点，形成了协同推进体系；国家数据局等17个部门联合印发了《数据要素×三年行动计划》，强调要在现代农业中发挥数据乘数效应，提升数字乡村发展效能。因此如何用好数字这一低成本、高效、规模报酬递增的新型生产要素，使之成为乡村振兴的新动能，这是我们要深入思考的一个问题。

第三个趋势，地方实践特色明显。在前期完成了一系列的政策设计之后，最近一两年时间内，具体的政策实践丰富多彩，各地纷纷出台了各种配套措施，

积极地推进乡村振兴战略的落实落地落细，同时因地制宜，逐渐注重引导数字乡村建设的特色化、数字化和人本化的发展。

在特色化方面，山东、福建、广东等省都推出了因地制宜推动数字乡村建设的指导意见。浙江还出台了鼓励地方开发特色农业保险，支持推动数字支付向农村地区延伸等地区政策。

在数智化方面，东部沿海的山东、浙江、江苏等省份，侧重推进了智慧农业应用，中西部省份则更加关注数字基础设施建设的提升。

在人本化方面，各省市十分重视农民数字化素质的提升，“数字新农人”正成为新时期乡村振兴的带动人和领军。

二、数字赋能乡村振兴的实现路径

我们在调研中发现，各省市在因地制宜推动数字技术赋能农业农村方面，形成了很多案例和经验，总结来看，可以归纳为以下几个路径：

第一种路径，数字乡村治理。这是数字技术赋能乡村全面振兴的基础。在数字乡村建设中，各地积极推进基层社会治理数据资源建设和开放共享，为乡村治理能力的提升提供了有力支撑。我们调查的几个案例很有特色。比如在山东寿光崔岭西村，村党支部代表全村165户村民创办了众旺果蔬专业合作社，为全村90%以上的大棚安装了智能化设备，以新型农业经营主体建设推动农村数字化转型，形成了“崔西经验”。比如重庆巴南区，积极构建了乡村治理的数字化平台，形成了数字赋能联网、联巡、联调、联育的“四联共治”，基层综合治理经验。

第二种路径，数字科技创新。这成为破解乡村数字化转型瓶颈的关键抓手。

一是数字技术赋能农业生产转型升级。通过数据、模型、算力等，对农业生产全环节进行精准的调控管理，可以有效提升管理水平和农业生产效率。比如重庆渝北区，建成了全国首个丘陵—山地数字化无人果园，利用智能农机装备对果树进行智能化监测，精准化管理。

二是数字技术优化提升农业的全产业链效能。比如说陕西秦创新驱动平台，聚焦农业板块，可以提供科技资源统筹、仪器设备共享、成果转化交易等一站式服务，为各方面提供了农业科技成果的转化机制。

三是农业农村数据已经成为新型的资源要素。各地积极构建涉农数据共享流通机制，探索打通涉农数据壁垒，推动数据开放共享。比如由地方农场和北大荒集团合作开发建设的智慧农业大数据中心，以卫星、无人机为数据来源，实现了从农业种植到生产管理的全流程数字化。

第三种路径，建设数字化平台。这是推动数字技术赋能传统农业和构建新型生产关系的重要载体。

一方面乡村平台数字助农服务体系正在逐步完善。比如针对棉花规模化生产经营的难题，新疆石河子大学联合新疆建设兵团，研发了棉花大数据综合应用服务云平台，可为农户节水20%到25%，节肥25%到30%，降低农药投入20%以上，节约劳动力50%以上，同时增产10%。

另一方面，乡村平台经济蓬勃发展。调研发现，各地依托平台经济

交易成本低，交易速度快，参与门槛低等特点，积极营造乡村平台的经济新生态，提升产品形象，增强乡村经济循环的效能，最终实现对乡村经济振兴活力的激发。

第四种路径，发展数字电商。这是盘活乡村优质资源，实现产业链、价值链跃升的重要推手。一方面数农融合水平进一步加深，当前数农融合已经从初期销售端网络化，逐渐向流通端、生产端的数字化、智能化推进。另一方面，农村电商模式更加多样。各地大力发展农产品电商的直采、定制生产等模式，让数字贸易成为广大农民拓宽增收渠道，实现共同富裕的新动力。比如山东寿光目前已经拥有了 1456 家电商企业，16000 家网络零售店铺，涵盖了从平台建设到市场营销的各个环节，今年前三个季度，电商零售额实现了 42.6 亿，其中直播零售额超过 5 亿元。

三、“十五五”时期推进数字赋能乡村振兴的几点思考

尽管各地在推进数字赋能乡村振兴方面取得了很多成果，但是我们在调研中发现，部分地区仍然存在着基础薄弱、数据分散、可持续性弱的一些问题和挑战。明年是“十四五”的收官之年，也是“十五五”规划的形成之年，立足新时期、新时代的国情和农情，如何在“十五五”时期通过数字化发展，推动实现乡村全面振兴，还是需要抓住产业振兴的牛鼻子，从供需两侧结合不同地区区域农业农村现代化发展的需要，因地制宜推动乡村优势产业数字化、智能化，进一步解放和发展乡村全面振兴的新质生产力。

（一）要坚持系统思维，做好三个推动。

一是推动农业数字平台的协同布局，统筹推进数字乡村标准体系建设，加快农业数据采集、流通、使用等各个环节的数据标准和规则制定，提升数字农业标准化水平，实现涉农数据的横向打通，纵向贯通，形成全国统一区域协同的数字农业发展新格局。

二是推动建设重要涉农产业数据库。提升新一代信息技术对涉农全产业链的赋能支撑，支持地方打通农产品市场的数据资源库，在农业数字化、农产品追溯、产业数据融通、行业抗风险能力等各方面加强数据要素的融合应用。

三是推动涉农算力保障逐渐完善。围绕数字农业创新发展和农业大数据应用，积极研判梳理“十五五”时期地方数字农业算力需求，加强政策资金的支持和市场引导，鼓励农业主产区积极对接国家区域算力网布局，鼓励条件成熟的地区主动谋划涉农算力场景，优化城乡算力配置。

（二）要坚持市场导向，实现三个释放。

一是释放数据要素的活力，全面推进涉农数据资产化管理，探索构建涉农数据持有权、加工使用权、经营权的三权分置，大力培育涉农数据专业数据商和数据要素第三方服务机构，推进涉农数据高水平应用，构建国家涉农数据产业链。

二是释放数实融合潜力，研究出台并持续完善数字技术赋能农业

高质量发展的路径指引，推进重点农副产品供应链基础设施数字化建设，强化对涉农中小企业数字化支撑作用。

三是要释放数据收益红利，建立健全农业农村数据资源目录，健全数据“采、传、存、享”等制度体系，推进多层次涉农数据的市场交易体系建设，搭建农业数字化共享平台。

（三）要坚持实践探索，开展三个创新。

一是创新资金的筹措模式。因地制宜发展数字乡村项目的资本共建共享模式，鼓励引导社会资本探索数字乡村公益项目的良性发展新模式，支持各地优化政府相关资本的投入，持续支持符合条件的数字乡村建设的项目做优做强。

二是创新利益连接机制。创新农业社会化服务方式，加快线上服务和线下基层服务站的结合，围绕农业产业链，依托数字化平台，为小微农户提供全流程综合性市场化的服务，强化联农带农连接机制，提升农业生产质量和效率。

三是创新人才培养机制。鼓励支持各地加强与高校科研院所协同合作，建立数字农业人才培养和实训基地，结合地方农业需求，对相关人员开展定制化培训，培养高素质复合型产业人才，把数字化知识、技能纳入新型职业农民的教育体系，促进农民的现代化。^[5]

（摘自“农业中关村“数字+”赋能乡村振兴产业研讨会”作者演讲实录）

“数字+”赋能现代农业发展

文 ◆ 农业农村部信息中心原副总工程师 韩福军

一、智慧农业是现代农业发展的重要方向

数字乡村是乡村振兴的战略方向，是数字中国建设的重要内容。智慧农业是数字乡村重要的产业基础，而农业农村现代化又是乡村振兴的总目标。智慧农业赋能乡村振兴产业发展，目前是最重要的一个方向。什么是智慧农业？不同的专家学者包括实践工作者理解都不太一样，我们认为智慧农业是以数据为关键生产要素，以数智技术为核心支撑，具有预测预警和优化资源配置两大突出功能的高级农业生产形态。

智慧农业是现代农业发展的重要方向，是建设农业强国的重要抓手。要把智慧农业摆上突出位置，从战略高度、政策维度、实践角度三个层面系统谋划推进。



智慧农业的发展历程经过了四个阶段，主要是伴随计算机技术和信息网络技术在农业领域的不断深入应用。2020年以后主要提智慧农业，而农业信息化、农业农村信息化、农业数字经济、农业数字化、数字的产业化等等，用于不同的语境和不同的场景。目前从实际工作角度看，农业信息化和智慧农业概念的内涵和外延基本是一致的。

强力推进智慧农业建设是党中央、国务院和部党组的决策部署。十九届五中全会在党的政治文件上第一次提出来建设智慧农业，后来若干年中央一号文件每年都从不同角度提出要加强智慧农业的建设。

2023年9月24日至25日，农业农村部在安徽芜湖开了第一次智慧农业现场推进会，在这次会议提出，以后要讲农业，就是智慧农业，讲乡村就是数字乡村。特别是今年10月，农业农村部发布《农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见》和《全国智慧农业行动计划（2024—2028年）》；11月初，在杭州再次召开全国智慧农业现场推进会，部署落实指导意见和行动计划。

建设智慧农业是建设农业强国的必然要求，也是我们网络强国战略和农业强国战略的一个交集。我们是一个农业大国，但不是一个农业强国，所以我们要建设农业强国。要建设供给保障强、科技装备强、经营体系强、产业韧性强，在国际上具有竞争能力的农业强国，离不开智慧农业的建设，离不开“数字+”的赋能。

建设智慧农业是加快形成农业新质生产力的重要着力点。农业新质生产力是新质生产力在农业领域的具体呈现，其核心在于以科技创新为动力，以数智化发展为手段，提高农业的全要素生产率，也具有一般的新质生产力的特征。

我们中心在今年上半年搞了一个有关农村新质生产力的课题，核心结论就是：农产品电商是农业领域已经形成且仍有很大成长空间的新质生产力；智慧农业是当下最现实、最需要加力推进的新质生产力；农业人工智能是农业领域需要抓紧谋划布局的新质生产力。

二、数据成为现代农业发展的重要生产要素

和其他行业一样，数据要素作为农业新型生产要素，同土地、能源一样，重要性日益凸显。现在信息化和农业现代化实现了历史性的交汇，农业社会争夺土地，工业社会争夺能源，以后争夺的主要是数据。

随着智慧农业建设的深入推进，数据作为关键生产要素的价值日益凸显，正在发挥放大、叠加、倍增作用。

据中国信通院发布的《中国数字经济发展研究报告（2024年）》显示，2023年我国数字经济规模达到53.9万亿元，占GDP比重42.8%。但是就农业来看，数字经济的渗透率还比较低，仅为10.5%，相比制造业数字经济渗透率24%，服务业数字经济渗透率44.7%，还有很大差距。

我国的智慧农业建设现在处于快速起步的阶段，这个方面离不开相关部门以及各地区和各个头部企业共同努力，根据农业农村部信息中心监测，现在农业生产数字化率已经成为一个统计指标。

2021年全国农业生产信息化水平为25.4%，最高的还是畜牧业。2022年全国农业生产信息化率为27.6%，增长比较快，但是相比传统的农机作业的综合机械化率还要低，还要强力推进。

信息技术推广快。当前大数据、物联网、区块链、人工智能等现代信息技术正在广泛应用于农业生产各环节、各领域，就像竹子生长比较快，是因为每一节都有生长点。信息化的技术可以用在整个农业生产经营管理服务的各个环节，同向发力，共同赋能产业的发展。在农业不同行业，在不同的地区，目前有非常好的发展态势。

试点引领成效明显。因为在市场发育还不够充分的时候，政府示范、政府投资进行引领，不管是农业农村部门以及江苏、浙江、安徽等省份，包括黑龙江、北大荒，都取得了非常好的试点的效果。

市场主体成为生力军。政府引导、市场主体、社会参与的协同推进机制开始发挥作用。大型头部企业纷纷进军智慧农业领域，如中国电信、中国移动、中国联通、华为、阿里巴巴、腾讯、平安、大疆、极飞等互联网企业纷纷布局智慧农业。这些企业把自己的技术平台向全社会推广，依托自己的业务，向农村、农民提供保姆式的服务。过去典型的农业企业也纷纷转型搞智慧农业。一个是数字的产业化，一个是产业的数字化，大家殊途同归。

下面分享几个案例。

案例一：智慧稻米

中联智慧农业有限公司运用

互联网、物联网、大数据、人工智能、区块链、卫星遥感等现代信息技术对传统水稻生产进行数字化改造，自主研发“智慧农艺+智能农机”技术体系，在中国率先实现了数字技术赋能的水稻全程数字化、标准化、智能化种植，帮助农户在减少投入的同时提高了水稻产量、质量和经济效益。

研发集成。构建“空、天、地、人、农机”五位一体的数据采集体系，构建“10个模块23类算法”的农艺决策算法库。将水稻生产过程划分为播种、插秧、分蘖、孕穗、成熟等13个环节，并细化栽插密度、平整土地、氮肥用量、稻曲病防治关键时间、最佳收获时间等49个决策点。

创新成效。增产14.3%，化肥农药综合成本亩均节约108元，其中节氮21.8%、节磷14.3%、减药30%左右。

案例二：智慧养猪

牧原集团运用物联网、区块链、人工智能、5G等现代信息技术，研发集成了智能环境控制系统、智能精准饲喂系统和智能巡检系统，数字技术和智能装备已广泛应用到配方饲料生产、不同生育阶段的精准饲喂、生猪发情期监控、生猪疾病预防以及屠宰、肉食品加工等生猪产业全过程、各环节。牧原集团现有养猪场1692个，所有猪场均为智能猪场，全部覆盖空气过滤、智能环控，其他智能化装备也在陆续部署。2020年生猪出栏量达1811万头，全球第一；2021年生猪出栏4026万头；2022年生猪出栏6120万头，占全国总量

的9%。很多智能设备都是自己研发。

案例三：植保无人机

截至2024年6月，全国无人机保有量已超过30万架，累计培训农业无人机飞手超过30万人，全球累计作业面积突破75亿亩次，覆盖中国1/3的耕地面积。从南到北，从发达省份到内蒙古边疆，都有无人机作业，这是我们非常领先的地方。

案例四：农业大模型

现在包括中国农科院、农大、电信、移动、联通、华为、科大讯飞都在做农业产业大模型，特别是在AI育种方面，是发展最快的领域。数据量大，而且都是标准化的数据，可以直接进行处理。

三、“数字+”赋能现代农业发展的工作思路

《农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见》提出了13项重大任务，包括推进主要作物种植精准化、设施种植数字化、畜牧养殖智慧化、渔业生产智能化、育制种智能化、农业全产业链数字化、农业农村管理服务数字化、加快技术装备研发攻关、建设智慧农业引领区、健全技术推广服务体系、加强标准体系和人才队伍建设等。这些重点任务中，都包含“数字+”促进智慧农业建设，赋能现代农业发展的内容。《指导意见》中还专门提出了一条：强化数据要素保障。

“数字+”赋能现代农业发展，具体措施建议包含以下内容：

一是抓整体设计。统筹用好存量资源与增量政策，增强工作推进的系统性、整体性、协同性；加快制修订产业发展亟须的智慧农业共性关键标准与通用技术规范。鼓励企业参与标准制修订，做好产业链上下游、成套装备的标准衔接。

二是抓基础。首先是网络基础设施，这是基础，是硬件支撑。另外要抓数据资源，目前最主要的问题是数据资源不足，挖掘得不够，我们要更多地利用物联网，比如说无人机以及卫星遥感，形成天空地一体化数据的体系，同时要建平台，出标准，促数据共享，释放数据价值。

三是抓示范。近几年农业农村部陆续出台了一些政策，打造了一批创新中心，要参考浙江建设乡村大脑、江苏建设“苏农云”、安徽建设粮安系统、山东潍坊建设“区块链+蔬菜”、贵州余庆打造小叶苦丁茶指数等做法，坚持问题导向，以“小切口、大场景”的方式，切实提升行政管理和服务数字化能力。

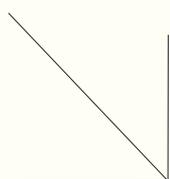
四是抓生态。主要是推广一些信息技术深度应用，要在“政产学研推”各个方面，同向发力，发挥企业创新主体的作用，构建融合创新的生态体系。

五是抓人才。要培养一批高素质智慧农业人才，既有高端的技能培训，也有对农民的职业培训，共同把“数链农业，赋能提质”做好。■

（摘自“农业中关村“数字+”赋能乡村振兴产业研讨会”作者演讲实录）

促进农业农村领域数据要素高质量发展

文 ◆ 中国电信集团有限公司农业农村事业部副总裁 赵宇



实施乡村振兴战略，加快建设农业强国，是以习近平同志为核心的党中央从党和国家事业全局出发做出的重大决策部署。从发展实践来看，推进乡村振兴和农业强国建设，离不开数字经济和数字产业的有力支撑。

发展数字经济，赋能乡村振兴，首先要夯实数据基础，加强数据要素建设。今年，国家出台《数据要素 × 三年行动计划（2024—2026年）》等政策文件，部署实施“数据要素 × 现代农业”等重点任务，加



快推动数据要素高质量发展。当前，数据要素正加快融入农业农村各领域、全环节，广泛而深刻地影响着农村经济社会生活的各个方面，日渐成为推动乡村振兴的重要引擎。一是促进现代农业发展。通过利用数据来指导生产，进一步优化农业资源的投入，实现农业的精细化管理、自动化控制、智能化管理，促进农业生产的绿色化、智能化，降低农业的生产成本，提高农业效率和产品质量。二是提升乡村治理。通过数字乡村建设，切实提升了政务、村务管理服务的效能，提升了乡村治理的效率，实现了决策的科学化、治理的精准化和公共服务的高效化。三是改善农民生活。在民生领域，通过数字技术，把优质的医疗、教育、养老资源延伸扩展到农村地区，有力缩小城乡基本公共服务差距，大幅改善和提升农民生活质量。

作为建设网络强国、数字中国，维护网信安全的国家队、主力军，中国电信坚决贯彻党中央决策部署，以服务三农为己任，充分发挥自身优势，以智慧农业和数字乡村建设为抓手，助力推进农业农村数据要素建设。重点开展了以下工作：

一是夯实乡村云网新基建。数据要素的生产、采集、存储、加工、流通、交易全过程都离不开云网基础设施的支撑。中国电

信持续加快完善农村地区的光网、5G、云、AI建设，构建了覆盖广大农村地区，领先的智能化综合性信息基础设施和服务体系，为乡村振兴夯实数字化根基。

二是升级数字乡村新服务。中国电信将“千万工程”的经验与数字技术结合，在覆盖全国83%涉农县的“村村享”数字乡村平台基础上升级，打造了标准化、轻量化、模块化的“千万云”平台，现已正式发布。平台汇集了高标准农田管护、粮食作物遥感监测、防返贫监测等10多项数字化应用，能够助力各级政府部门落实党中央有关部署要求，同时有效解决县域农业农村信息化经费保障难、交付周期长等问题。目前，已在多地推广应用，取得较好效果。

三是创新智慧农业新应用。中国电信着力推动农业全链条、全方位数字化，推出智慧种业、智慧种植、智慧畜牧、智慧渔业、智慧冷链、智慧粮库等系列数字化解决方案及应用，为农业全方位赋能，建设各类智慧农业项目6万多个，服务各类农业经营主体20多万家。

四是释放数据要素的新价值。中国电信积极参与国家农业农村大数据建设，联合农业农村部有关单位共同打造了农业农村大数据公共平台，承建的上海、天津、陕西等一批省级和40多个地市级农业农村大数据项目，为农业农村数据要素建设利用提供有力支撑。

五是激发农业发展新动能。中国电信加快推进以大模型为代表的新一代人工智能技术在农业领域的创新应用，联合中国农科院推出“神农一号”大模型，为政府部门、农业企业和广大农户提供涵盖种植指导、病虫害防治、农产品市场分析等智能信息服务，为现代农业注入智慧动能。

为了促进农业农村领域数据要素高质量发展，分享三点建议。

一是完善标准体系。推动联盟产学研结合，针对农业农村领域数据要素建设中标准缺失和不完善等情况，重点围绕数据目录、数据汇聚、数据平台、数据治理、数据资产、数据产权、数据流通、数据交易、数据安全等方面推进行业标准体系构建，引领数据要素在农业农村领域的发展方向。

二是推进协同创新。推进产学研协同，围绕农业农村领域数据要素开发应用场景，综合利用物联网、云计算、大数据、卫星遥感、大模型等技术，不断丰富完善数据要素资源，挖掘应用场景，加快数据产品创新和运营模式创新，以高质量数据要素助力乡村振兴。

三是开展试点示范。充分发挥联盟各单位资源和能力优势，结合国家部委相关政策，积极申报国家试点示范项目，打造数字+赋能乡村振兴的试验田，做好成功经验总结，发挥农业中关村联盟的影响力，在全国复制推广。■

（摘自“农业中关村“数字+”赋能乡村振兴产业研讨会”作者演讲实录）

科技创新

Technical Innovation

习近平总书记在党的二十大报告中强调，完善科技创新体系。坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，加快实现高水平科技自立自强。以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战。

科技已经成为当今世界发展的核心驱动力，它深刻地影响着人类生活的各个方面，促进了社会进步和经济繁荣。我们身处一个数字化、智能化、信息化的时代，科技已经深入到我们生产生活的方方面面，成为人类生存和发展的必需品。中国高度重视科技创新工作，坚持把创新作为引领发展的第一动力。它不仅可以帮助人们更高效地完成工作任务，更重要的是，它正在推动全球范围内的创新、跨界合作和知识分享，为人类未来的发展探索出一条光明的道路。

软件定义网络（SDN）中的安全策略设计与实现

文◆中远海运科技股份有限公司 王轶琳

引言

在信息技术迅猛发展的当下，软件定义网络（SDN）这一新型网络架构应运而生，为网络管理和创新赋予了显著的灵活性。然而，新事物的出现往往伴随着新问题，此架构亦带来诸多全新的安全挑战。本文聚焦于SDN中的安全策略设计与实现展开深入探究，通过详细剖析相关技术原理、实践案例以及潜在风险，致力于为打造更为安全可靠的SDN环境提供具有实际价值和可操作性的参考建议，以推动SDN技术在保障网络安全的前提下实现更广泛且有效的应用。

1 SDN 安全威胁分析

1.1 控制器安全

控制器作为SDN的核心组件，对整个网络实施集中控制与管理，因此成为攻击者重点觊觎的目标。（1）拒绝服务攻击（DoS）。攻击者向控制器发送大量恶意请求或数据包，致使控制器资源枯竭，难以正常处置合法的网络请求，最终令整个网络陷入瘫痪状态，严重冲击了网络的可用性与稳定性^[1]。（2）

恶意软件注入风险。攻击者试图将恶意软件植入控制器，借此获取控制权或窃取敏感信息。这类恶意软件能篡改控制器的运行逻辑，引发网络配置差错、流量异常等棘手问题。（3）数据篡改危害。一旦攻击者突破控制器的防护屏障，就可以篡改其中的网络配置数据、流表信息等关键要素，扰乱网络正常运转，导致网络服务中断甚至出现数据泄露的严重后果。

1.2 南向接口安全

南向接口作为控制器与数据平面设备通信的桥梁，其安全性举足轻重。当前，存在诸多安全隐患。（1）信息窃取风险。因南向接口通信的加密与认证机制薄弱，攻击者能监听通信流量，窃得网络拓扑结构、流表规则等关键信息，为后续攻击创造条件。（2）消息伪造和篡改风险。攻击者借此可使数据平面设备接收错误指令，如修改流表安装指令，造成网络流量错误转发或丢弃。（3）协议存在漏洞。南向接口所用协议或许暗藏未知漏洞，攻击者借此突破安全防线，非法掌控网络^[2]。

1.3 东西向流量安全

在传统网络中，数据平面设备间的东西向流量往往未受充分重视。然而，在SDN环境下演变为潜在的安全隐忧。（1）流量窃听风险。攻击者可在数据平面设备间链路对东西向流量进行窃听，从而获取如用户个人信息、企业商业机密等敏感数据。（2）恶意流量注入。攻击者能向东西向流量中注入恶意数据包，如发动分布式拒绝服务攻击，干扰正常网络通信，致使网络陷入拥堵。（3）横向传播威胁。一旦某数据平面设备遭攻击并被掌控，攻击者便能借助东西向流量将恶意软件或攻击指令扩散至其他设备，令攻击范围迅速蔓延。

2 SDN 安全策略设计

2.1 访问控制策略

在SDN领域中，推行严谨的访问控制策略旨在对控制器和网络资源的访问予以严格限制，从而规避未经授权的操作和潜在的安全风险^[3]。一方面，需构建完善的身份验证机制，采用强密码、多因素身份验证、

【作者简介】王轶琳（1987—），女，江苏江都人，本科，助理工程师，研究方向：网络和网络安全。

定期更新认证信息等手段。只有通过身份验证的用户和实体，才可以获取对 SDN 控制器以及相关资源的访问资格。另一方面，要实施精细的授权管理。依据用户的角色与职责，清楚界定其在网络中的操作权限。例如，管理员被赋予配置和修改网络策略的权力，而普通用户仅拥有查看网络状态的权限。

2.2 流规则验证与审计

流规则在 SDN 中作为控制网络流量的核心要素，对其进行合法性验证并构建审计机制是保障网络安全的关键步骤。在流规则下发前，要开展严格的合法性校验。仔细检查规则的语法和语义是否准确无误，确保其不会引发网络冲突或异常状况。同时，验证规则是否契合网络的安全策略和访问控制要求。建立审计机制能够有效监测和追踪流规则的变化。审计记录应当包括规则的创建、修改、删除等操作以及执行这些操作的用户和对应的时间戳。通过定期审查审计日志，能够及时察觉异常的规则变更，并追溯至相关责任人和操作。

2.3 加密与认证

在确保南向接口通信安全方面，加密和认证技术至关重要。加密技术能维护数据在传输时的机密性与完整性。诸如 AES 这类先进加密算法，可用于南向接口数据的加密处理，即便传输中数据被截获，攻击者也无法破解内容。同时，借助数字证书和公钥基础设施（PKI）进行认证，确保控制器与交换机通信连接的双方身份真实。只有通过认证的设备才可以进行数据交换，避免恶意设备接入和数据篡改^[4]。此外，要定期更新加密密钥和证书，减少密钥泄露和证书过期的安全风险，加强对加密和认证机制的管理与监控，及时察觉并处理安全漏洞。

2.4 异常检测与响应

运用机器学习和数据分析技术，能达成对 SDN 网络中异常流量和行为的实时检测与响应。通过收集和剖析网络流量数据、设备状态信息等，构建正常的网络行为模型。一旦检测到偏离正常模型的流量或行为，即判定为异常，而聚类分析、分类算法等机器学习算法能有效识别异常模式。例如，聚类分析能找出异于正常流量模式的异常簇，分类算法能将流量分类为正常或异常。检测到异常后，及时采取响应举措，如阻断异常流量、隔离受影响设备、向管理员发出警报通知等。同时，深入分析异常事件，明确根本原因和潜在安全威胁，为后续安全策略调整提供参考。

3 安全策略的实现技术

3.1 基于 OpenFlow 的安全扩展

OpenFlow 协议作为 SDN 的关键核心技术，为实现安全扩展筑牢了根基。其独特的特性赋予网络管理员灵活定义与控制网络流量的能力。一方面，OpenFlow 允许对流表进行精细把控。管理员能够依据源和目的 IP 地址、端口号以及协议类型等诸多参数，拟定详尽的流规则，对特定流量进行精准管理与监控^[5]。例如，设定规则阻挡来自可疑源地址的访问；对敏感端口的流量加以限制。另一方面，OpenFlow 具备快速的流表更新机能。一旦察觉到新的安全威胁或者需要变更安全策略，管理员能够即刻将新的流规则推送至网络中的交换机，实现实时的安全防护。

3.2 安全模块的开发与集成

在 SDN 控制器中开发并集成诸如入侵检测系统（IDS）和防火墙之类的专门安全模块，是强化网络安全的关键举措。IDS 模块可以对网络流量进行实时监测，剖析数据包的内容与行为模式，从而甄别潜在的入侵行径。一旦察觉异常活动，IDS 能向控制器发出警报，控制器则依预设策略施行相应举措，如阻拦可疑流量或重新配置网络。防火墙模块为网络边界构筑防护，借由设置访问控制列表（ACL）来约束进出网络的流量。在 SDN 环境下，防火墙规则可由控制器集中管控且动态调适，以契合持续变化的网络需求和安全威胁。为了实现有效集成，应在控制器与安全模块之间构建优良的通信接口以及制定合理的协议。如此一来，安全模块能够及时向控制器传递所检测到的安全事件，控制器也能将安全策略精准配置至网络设备。同时，将安全模块与控制器的全局视野相融合，以达成更具智慧的安全决策。

3.3 虚拟网络隔离

虚拟网络隔离借助虚拟网络技术，将各类业务与用户划分至不同逻辑网络，以此遏制安全风险的扩散。在 SDN 环境下，通过诸如虚拟局域网（VLAN, Virtual Local Area Network）、虚拟可扩展局域网（VXLAN, Virtual eXtensible Local Area Network）等技术，实现虚拟网络的有效划分。每个虚拟网络均具备独自の IP 地址段、路由策略以及安全策略。针对不同安全级别的业务，如企业内部办公网络与对外服务网络，可分别置于不同的虚拟网络中。即便某个虚拟网络遭受攻击，也不会

影响其他虚拟网络的正常运转。用户隔离同样是虚拟网络隔离的关键应用场景，能够为每个用户或者用户组构建单独的虚拟网络，达成用户间资源和数据的隔离，避免用户间的非法访问与数据泄露。

4 实验与评估

4.1 实验环境搭建

为展开 SDN 安全策略的实验与评估，构建真实有效的实验环境至关重要。选用 Open Daylight 充当 SDN 控制器，利用 Mininet 模拟网络拓扑。此拓扑包括多个交换机与主机，能模拟多样的网络流量及攻击场景。此外，配置入侵检测系统 (IDS)、防火墙等安全设备与工具，实现全面网络监控与防护。同时，精心设置网络设备性能参数，以优化性能，精准评估安全策略成效。

4.2 安全策略设计

基于 SDN 特性与网络安全需求，设计多元安全策略。(1) 访问控制策略明确用户和设备的访问权限，遏制非法与未授权操作。(2) 流量过滤策略依据数据包源地址、目的地址、端口号等，筛选过滤网络流量，阻断恶意流量传播。(3) 异常检测策略借助机器学习算法和统计分析手段，实时监控异常行为，及时察觉潜在攻击。

4.3 性能测试

(1) 策略执行效率。针对设计的安全策略，开展执行效率测试。重点评估其处理网络流量时的响应时间与处理能力。运用大量测试数据包进行测试，并记录处理时间。结果显示，所设计策略能在短时间内处理和决策数据包，达到实时性要求。(2) 对网

络性能的影响。为衡量安全策略给网络性能带来的影响，测定了网络的吞吐量、延迟和丢包率等关键指标。正常网络流量状态下，安全策略对网络性能影响甚微，吞吐量和延迟处于可接受范畴。但在高并发流量场景中，安全策略会致使一定程度的性能降低，这意味着应进一步优化策略执行算法和资源分配。

4.4 功能验证

(1) 针对各类攻击的防护效果。为检验安全策略对各类攻击的防护成效，模拟了常见网络攻击，像 DDoS 攻击、ARP 欺骗攻击以及端口扫描攻击等。在攻击过程中，密切观察安全策略的响应与防护状况。最终结果表明，所规划的安全策略能精准检测并成功阻拦这些攻击，切实保障网络安全。(2) 策略的灵活性和可扩展性。对安全策略进行动态调整与更新，以此验证其灵活性与可扩展性。例如，增添新的访问规则或变更流量过滤策略，观察其在 SDN 控制器中的快速部署与生效情形。实验结果证明，所设计的安全策略能够便捷地进行调整和拓展，足以适应持续变化的网络安全需求。

4.5 评估结果与分析

通过对综合性能测试和功能验证结果的深入分析，对拟定的 SDN 安全策略进行了全方位的评估。在执行效率方面，尽管面对高并发流量的压力，策略实施仍面临一定的性能挑战，但是通过策略算法的优化和资源分配的合理调整，预计将显著提升其执行效率。在网络性能影响方面，需在确保安全性的同时，进一步减少安全策略对网络性能的潜在影响，以提供更佳的用户体验。在防御各类网络攻击方面，安全策略展现了卓越的防护能力，能够有效应对常见的网络威胁。在灵活性和可扩展性方面，该安全策略表现出较强的适应性，能够从容应对网络环境的动态变化和未来发展需求。

结语

SDN 安全领域正处在不断进步与变革之中，迫切需要持续深入的研究与技术创新。未来的研究重点可转向智能化安全策略的自适应调整、与前沿技术的高度融合以及跨领域安全协同作业等方面，以有效应对日益加剧的网络安全挑战，为 SDN 的广泛部署奠定坚不可摧的安全基础。在 SDN 发展的大潮中，确保安全策略的科学规划与高效执行是成功应用的核心所在，进而营造出一个更加安全、高效的 SDN 网络生态环境。

引用

- [1] 常志华,许国辉.网络虚拟化和软件定义网络 (SDN) 中的安全性问题与防御策略[J].网络安全技术与应用,2024(8):1-3.
- [2] 谢珺,聂敏,杨光.一种基于量子加密的软件定义网络南向安全防护策略[J].电讯技术,2020,60(9):999-1004.
- [3] 郎为民,马卫国,张寅,等.软件定义网络安全平台研究[J].电信快报,2020(1):2-8.
- [4] 游瑞邦,袁子牧,涂碧波,等.软件定义网络流的安全要素知识图谱研究[J].信息安全学报,2019,4(4):68-83.
- [5] 薛乐梅.SDN网络安全策略研究[J].数字技术与应用,2018,36(10):191-192.

边缘计算与新型网络安全体系的融合研究

文 ◆ 江西省烟草公司鹰潭市公司 朱俊涛

引言

随着物联网、云计算、人工智能、5G 等新兴技术的快速发展，以及智慧城市、工业互联网等新型应用场景的涌现，海量数据在网络边缘产生，对数据低时延传输与实时处理提出了迫切需求。在此背景下，边缘计算应运而生。与传统云计算集中式架构不同，边缘计算采用分布式架构，将数据处理任务前移至网络边缘，解决了集中计算面临的高时延、低实时性等问题，为各行业数字化转型应用提供了有力支撑。基于此，本文分析边缘计算环境下网络规划方法及其安全问题，结合内生安全理念，提出构建支撑边缘计算的新型网络安全体系。研究表明，在智能算法指导下，边缘计算网络规划可实现数据高效传输和可靠处理。同时，通过部署边缘云计算平台，并采用基于免疫机制的内生安全技术，可有效应对边缘环境下的各类安全威胁。

1 边缘计算环境下的网络规划

1.1 边缘计算系统的网络规划方法

相比传统云计算集中式网络规划，边缘计算系统的网络规划需要充分考虑其分布式异构性、高动态性等特点。传统网络规划主要关注数据中心内部网络架构和设备部署，边缘网络规划则需从边、端、管、云等多维度统筹考虑^[1]。目前，针对边缘计算环境的网络规划方法主要有启发式算法和智能优化算法两大类。启发式算法多用于求解边缘节点部署位置选择、服务缓存优化等网络规划子问题，其优势在于算法简单、求解速度快，但难以保证结果的全局最优性。智能优化算法，如粒子群算法、遗传算法、蚁群算法等，通过模拟自然界智能行为，可实现网络规划问题的整体寻优求解，以获得更高质量的规划方案，但算法复杂度相对较高。

1.2 边缘计算系统的网络规划建模

边缘计算网络规划涉及带宽分配、时延约束、能耗控制等多个维度的性能指标，同时需兼顾部署成本和服务质量，属于多目标优化问题。以移动边缘计算场景为例，其网络规划的数学建模可描述为在满足用户覆盖、时延约束等条件下，寻找边缘节点的最优数目和部署位置，最小化系统总成本。

1.3 智能网络规划方法

面对边缘计算环境的复杂性和动态性，传统启发式算法已难以满足网络规划的实时性和精细化需求。近年来，以深度强化学习、群体智能优化为代表的智能计算方法为动态网络规划提供了新思路。这类算法善于处理高维状态空间和复杂约束条件，能够自适应动态网络环境实现在线学习和调优^[2]。以粒子群优化算法为例，粒子群中每个粒子代表网络规划的一个候选解，通过迭代搜索可在解空间内寻找最优粒子。首先初始化粒子群，每个粒子包含边缘节点位置、资源分配等网络规划参数。在每次迭代中，粒子根据当前最优解和自身历史最优位置更新速度和位置。迭代过程中不断评估粒子适应度，最终搜索到的全局最优解即为网络规划的最优方案。与传统方法相比，粒子群算法能更好地平衡解的搜索与开发，在解决复杂网络规划问题时展现出良好性能。

2 边缘计算环境下新型网络安全体系的构建

2.1 边缘云计算平台安全建设

边缘云作为连接终端设备与远端云服务的桥梁，在边缘计

【作者简介】朱俊涛（1975—），男，江西上饶人，本科，研究方向：网络安全。

算体系中发挥数据聚合、智能分析、服务下沉等重要功能，其安全直接关系到边缘业务的可信开展。因此，边缘云安全必须统筹考虑，进行体系化设计和管控。

在总体安全架构方面，边缘云宜采用纵深防御、自适应进化的云网一体化安全防护理念。围绕“1+N”的边缘云组网形态，以满足等保 2.0 三级要求为基本目标，构建管理运营集中、监测响应联动、防护能力融合的一体化安全防护体系。在此基础上，中心云可重点强化安全管理中心建设，实现对网络流量、系统日志、运维行为、数据库操作的集中监测审计和智能分析，提供云网态势感知、威胁情报预警等高级安全服务^[3]。而在边缘节点侧，需因地制宜部署接入控制、恶意代码防护、Web 应用防护、入侵检测等本地安全组件，同时接受中心云的统一管控，构成纵深防御体系。此外，在边缘云的安全服务层，可通过虚拟化、服务化等软件定义安全技术，将各类安全能力池化，以灵活应对租户多样化的安全服务需求。

2.2 内生安全支撑的新型网络体系结构与关键技术

传统被动防御难以有效应对边缘环境下的未知威胁。受人体免疫系统启发，构建具有内生安全防御能力的新型网络体系结构和关键技术受到广泛关注。内生安全网关旨在赋予系统自我感知、自适应进化、主动免疫的先天防御能力，提高对未知攻击的抵御水平。

基于免疫机制，内生安全网络体系可划分为固有免疫和适应性免疫两个层次。在固有免疫层，通过构建基于基因编码的信

任根和访问控制机制，确保网络数据传输和节点交互的可信可控，融合 mRNA 疫苗思想设计可信网络标识、认证、路由等机制，可有效抵御 DDoS、中间人劫持等网络对抗行为。在适应性免疫层，重点关注未知网络威胁的自主发现与快速响应。一方面，通过模拟免疫进化机制训练网络异常检测器，实现对新型攻击的快速识别和分类。另一方面，通过动态测量网络符号浓度，实时评估网络健康水平，并参考机体体温调节机制实现网络风险的快速闭环控制。

3 边缘计算环境下网络规划面临的安全挑战及应对策略

边缘计算模式下，海量异构设备接入网络，使得网络拓扑结构日趋复杂且动态多变。传统的网络规划方法难以充分考虑边缘场景的特殊安全需求。因此，在规划和部署过程中，必须高度重视分布式环境的设备管理、数据传输保护、实时性保障与新型攻击防范等关键问题，这对网络规划提出了全新的安全挑战^[4]。

3.1 分布式设备的安全管理

在边缘计算模式中，大量形态各异的终端设备分散接入网络边缘。这些设备通常由不同厂商生产，采用不同的芯片架构和操作系统，其软硬件能力参差不齐。对于网络管理者而言，缺乏对分布式异构设备的统一管控手段，难以实现对边缘节点的一体化监管和集中式运维。此外，暴露在开放环境中的边缘设备更容易遭受物理层面的侵入和接管。攻击者可通过 USB 接口、调试端口等方式获取设备控制权，并进一步威胁边缘乃至核心网络的安全。

鉴于边缘设备的脆弱性，在网络规划阶段就应将其视为防护的重点。一方面，需建立边缘节点的统一管理机制，实现对接入设备的可信可控。在新设备接入前，必须通过严格的身份认证、完整性校验、安全性评估等程序。关键边缘节点的系统软件应定期升级，及时修复已知漏洞，并支持远程监控和安全策略下发。在硬件选型时，应优先选用内置安全芯片、支持可信计算的产品。此外，要加强对边缘节点通信链路的防护，实现设备间的认证授权和加密通信。利用虚拟专用网络、安全套接层等成熟技术构建覆盖边缘的可信通信网络，避免数据在公网上传输时遭受泄露和攻击的风险。

3.2 数据传输的安全性

与云计算相比，边缘计算更倾向于数据的本地处理和存储。这虽然在一定程度上避免了数据的远距离传输，降低了其在公网暴露的风险，但仍不可掉以轻心。一方面，边缘侧缺乏云端数据中心那样完善的物理隔离和访问控制体系，使得数据在存储过程中极易受到各种恶意窃取、篡改。另一方面，碎片化的数据存储也加大了数据全生命周期管理的难度，使其在汇聚、流转、审计等环节的安全性难以保证。为此，未来的边缘网络规划需将数据安全作为重点考量。在数据产生、流转的各环节，都应制定周全的安全防护方案。例如，可通过高强度密码技术实现端到端的链路加密和存储加密，并结合身份认证、权限管控等措施严格限制对敏感数据的访问。对于涉及边云协同的场景，应统筹考虑边缘和云端的身份互认、安全通信、数据交换机制。在网络部署后，还需加强对边缘数据处

理过程的安全监测，以便及时发现可疑行为，溯源定位数据安全事件。

3.3 实时性与低时延对安全的挑战

相比云计算，边缘计算下沉了数据处理和存储功能，天然具备低时延优势，为无人驾驶、远程医疗、工业控制等实时性要求极高的应用提供了有力支撑。然而，繁重的安全防护措施会加剧数据处理延迟，影响服务质量，对传统网络安全机制提出了新的挑战。以密码技术为例，密码强度与计算效率往往呈反比关系。高强度算法虽然能够提供更好的安全性，但在计算资源有限的边缘设备上会难以满足实时处理的需求。为平衡性能与安全性，需针对具体应用场景和风险水平，选择合适的密码算法、密钥管理方案和协议配置。例如，对金融、政务等高安全领域，应优先选用强度更高的密码技术；而对流媒体、即时通信等侧重体验的应用，则宜在满足基本安全的前提下适当降低防护等级^[5]。总之，既不能为了追求性能而忽视必要的安全防护，也不可为了极致安全而严重影响用户体验。

3.4 应对新型攻击

随着新技术的发展与融合，边缘计算面临的安全威胁也日益复杂化和智能化。一方面，边缘设备与云端频繁互动，使其更易受到网络渗透、病毒木马、DDoS等经典攻击的侵扰，并且这类攻击手段也在AI赋能下不断升级，传统的基于特征、规则、黑名单的检测方法已难以应对。另一方面，物联网、工业互联网等新兴领域的快速发展，使边缘设备与物理世界的联系更加紧密，这也带来了一系列全新的安全隐患。例如，恶意软件可通过音频、视频等多媒体载体，利用边缘智能设备的传感器实施攻击；对于掌纹、虹膜等生物特征的识别装置，攻击者可利用高仿真的假体发起欺骗。嵌入式设备面临的侧信道攻击、工控系统遭受的电磁脉冲干扰以及5G小基站供应链的安全问题等，都值得高度警惕。

为了应对这些新型的安全威胁，必须以开放的视野和前瞻性的思维来调整网络规划理念。在坚持纵深防御、主动免疫的基本原则下，需积极拥抱智能安全等新理念和新手段。通过引入机器学习算法，可增强网络行为的分析溯源、异常检测识别、实时预警响应等智能防御能力。在数据驱动智能的同时，还要着眼于系统底层，全面加固芯片、操作系统、容器等基础设施的本质安全，最大限度压缩恶意代码的生存空间。由点及面，由表及里，构建全栈式主动防御体系，才能不断提升边缘系统抵御新型网络攻击的综合能力。

规划是行动的先导。站在新时代的起点，边缘计算正驱动数字产业加速裂变，也为网络空间安全治理带来诸多不确定性。唯有审时度势地调整网络规划理念，将安全防护融入顶层设计，以前瞻性视角应对新形势下的各种风险挑战，才能为蓬勃发展的边缘计算产业保驾护航，夯实数字中国的安全底座。这需要产学研用多方协同攻关，在技术、标准、生态等层面精准发力，不断开拓边缘网络安全治理的新思路、新路径、新格局。

结语

边缘计算作为云计算的重要补充和延伸，为数字经济带来新的增长动能。然而，其独特的网络架构和计算模式对传统网络规划和安全防护

机制提出了诸多挑战。在新形势下，既要继承传统网络安全的基本原则，又要积极探索适应边缘场景的新理念和新方法。一方面，在边缘网络规划中，需将安全视为头等大事，将其贯穿于顶层设计全过程。从设备接入、数据传输到应用服务等各环节，都要制定周全的风险防控方案。同时，要着眼于性能与安全的平衡，在保障业务连续性、服务质量的同时，最大限度提升边缘系统的整体防护能力。另一方面，在安全技术创新层面，要积极拥抱智能安全、主动免疫等新理念，利用人工智能等颠覆性技术增强边缘环境的智能感知、异常检测、威胁溯源等防御效能。此外，还要重视生态建设，加强产学研用各界在边缘安全领域的交流合作，协同构建覆盖芯片、系统、网络、应用的纵深防护体系。^[5]

引用

- [1] 杜玉红,侯守明.基于边缘计算的光通信网络安全风险等级评估方法[J].激光杂志,2024,45(3):209-213.
- [2] 陈红娟,刘婷婷,张曰花.边缘计算环境下网络规划及其安全挑战探研[J].黑龙江科学,2024,15(9):156-158+161.
- [3] 杨娜,崔倩,杜翠翠.边缘计算环境下的网络安全挑战与解决方案[J].新潮电子,2024(9):37-39.
- [4] 李俊晓,张小琳,石静.基于区块链增强的车辆边缘计算网络安全数据存储和共享[J].计算机与现代化,2024(7):69-75.
- [5] 孙春霞,杨丽,王小鹏,等.结合深度强化学习的边缘计算网络服务功能链时延优化部署方法[J].电子与信息学报,2024,46(4):1363-1372.

AI 在艺术设计创作中 智能化设计的运用及对文化遗产的优化作用*

文◆江海职业技术学院 胡南

引言

在当代艺术设计领域，传统的手工艺术创作方式逐渐被现代科技补充和替代，尤其是人工智能（AI）技术的应用，已成为推动艺术设计变革的重要力量。随着 AI 技术的不断进步，设计师不仅能够通过算法生成新的艺术作品，还可以利用 AI 的智能化特性对传统文化元素进行再创作和传承。AI 的运用不仅限于提升设计效率，而是能够通过深度学习和数据分析，帮助设计师发现潜在的创作思路，从而实现个性化、定制化的设计。然而，AI 技术在艺术设计中的应用也面临着一些挑战。例如，如何确保 AI 创作作品的原创性、如何平衡人工与自动化的创作过程等，这些问题需要进一步探讨和解决。另一方面，AI 的引入不仅可以提高设计的效率和创新性，还能对文化遗产产生积极影响。传统艺术形式与文化符号通过 AI 技术的再创作得以保留并转化为现代艺术形式，为文化遗产的传承和创新提供了新的可能性。

1 AI 在艺术设计创作中的智能化应用

AI 在艺术设计创作中的智能化应用正在成为推动设计领域创新与效率提升的重要力量。随着深度学习、生成对抗网络（GAN）等技术的成熟，AI 已不仅仅作为辅助工具存在，而是逐渐成为艺术创作过程中的核心要素。在艺术设计中，AI 的智能化应用主要体现在多个方面，从自动化创作到风格迁移，从个性化设计到创作灵感的挖掘，AI 通过数据分析、模式识别与图像生成等技术，为设计师提供了更为丰富的创作路径。AI 在图形设计、平面艺术、数字媒体、3D 建模等领域中的应用，极大地扩展了艺术创作的边界。例如，在平面设计中，AI 通过分析大量设计元素和视觉语言，自动生成符合特定风格要求的设计作品；在数字艺术创作中，AI 根据输入的艺术作品或艺术家的创作风格，通过学习和模拟，再创作出全新的艺术品，甚至能将某一时期或风格的艺术特征与现代审美相结合，创造出前所未有的视觉效果。这种创作方式不仅提高了设计效率，还让设计师能够以更加灵活的方式进行艺术探索。

AI 的智能化设计不仅限于自动化生成，还能够帮助设计师进行创作过程中的决策支持。通过深度学习技术，AI 能够分析大量的艺术作品、文化符号、设计元素等，从中提取出有价值的信息，提供给设计师创作灵感和方向。例如，AI 根据某种特定的设计语言或艺术风格，快速生成多个设计方案供设计师选择，从而提高创作效率，节省了传统创作中大量的构思和修改时间。在风格迁移方面，AI 通过图像处理 and 风格映射技术，可以将一幅作品的风格应用到另一幅图像上，实现艺术创作的多样化与个性化。这种技术的应用，不仅让设计师能够在传统艺术的框架内进行创新，还能够将不同文化和历史时期的艺术风格进行跨界融合，产生新的视觉效果和创意。

AI 的应用还能够帮助艺术设计领域实现更精确的个性化设计。通过分析用户的喜好和需求，AI 可以为用户量身定制符合其个人审美的艺术作品或设计方案，从而在商业设计中创造更高的用户价值。在创作灵感的挖掘方面，AI 通过对大量数据的分析，发现潜在的创作趋势和

*【基金项目】“2024 年高等教育数字化转型与教育现代化实践研究”专项课题（2024CXJG115）

【作者简介】胡南（1989—），男，江苏宿迁人，硕士研究生，工艺美术师、助教，研究方向：民族民间艺术及文创设计。

热门主题，指导设计师将其灵感与市场需求相结合。因此，AI 在艺术设计中的应用不仅提高了创作的效率，还拓宽了创作的视野，推动了设计与艺术的融合创新^[1]。随着 AI 技术的不断进步，未来的艺术设计将更加智能化、多样化和个性化，进一步拓宽艺术创作的边界。

2 AI 与文化遗产的关系

AI 与文化遗产之间的关系日益紧密，AI 技术不仅为传统文化的数字化保存提供了新的技术手段，还为传统艺术形式的创新与再创作开辟了新的可能性。文化遗产的核心在于对传统文化元素、艺术形式和历史记忆的保留与传播，而 AI 的智能化特性使其成为保护、重构和创新传统文化的重要工具。通过数字化技术，AI 能够将传统艺术、民俗文化、非物质文化遗产等转化为数字信息，进行长期保存和展示。例如，AI 技术可以通过图像识别与深度学习的方式，对古代艺术作品、书法、绘画等进行高精度的数字化，还能对传统建筑、雕刻艺术进行三维建模，保存其文化价值。此外，AI 的自然语言处理技术也可以应用于传统文学的数字化，帮助学者和研究者更高效地整理和分析古籍文献，推动文化遗产的学术研究。

AI 在文化遗产中的重要作用还体现在其对传统艺术形式的再创作和创新方面。传统文化的创新不仅仅是对其内容的再现，更多的是对其形式、表达和表现方式的重新诠释。AI 技术尤其是生成对抗网络（GAN）和深度学习技术，使传统艺术形式能够在现代语境中焕发新生。例如，AI 通过学习传统中国水墨画的创作技巧，自动生成具有传统韵味的现代艺术作品，甚至能够将不同地域、不同历史时期的艺术风格进行融合，创造出新的艺术形式。这种创新不仅是对传统艺术形式的延续，还是文化创意产业发展的重要驱动力^[2]。

更重要的是，AI 使文化遗产的触及范围更广，尤其是在全球化和信息化的背景下，传统文化得以通过 AI 平台广泛传播。例如，AI 将传统艺术与现代设计结合，通过数字媒体平台、虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等技术将文化遗产呈现给全球受众。这种文化传播方式突破了地域和时间的限制，使传统文化能够在全球范围内得到认同与欣赏。此外，AI 在文化遗产中的应用也面临诸多挑战。如何确保 AI 生成的艺术作品与文化遗产的原始价值和内涵相一致，如何避免技术化、机械化的创作影响艺术的独特性和人文精神等仍然是亟待解决的问题。因此，AI 与文化遗产的关系不仅是技术和创意的结合，还涉及对文化本质和艺术价值的深刻理解和尊重。在这一过程中，AI 技术的应用不仅促进了文化的传承与创新，还推动了全球文化的多元化发展，使传统文化能够在现代社会中找到新的生命力与表现形式。

3 AI 在文化遗产中的优化作用

3.1 AI 对传统艺术形式的数字化和重构

随着人工智能技术的不断发展，传统艺术形式的数字化和重构已经成为文化遗产的重要手段。AI 在这一领域的应用，主要体现在通过数字化手段保存和重构传统艺术作品，从而延续其文化价值，并为其注入

新的生命力。传统艺术形式，如古代绘画、雕刻、书法等，承载着丰富的历史文化信息，其价值不仅体现在艺术技巧上，还在于其所反映的历史背景、思想理念以及民族文化的内涵。然而，传统艺术作品往往面临着老化、损坏、消失等问题，传统的手工保存和修复方法往往耗时长、费用高，且难以保证修复后的效果。AI 技术通过深度学习、计算机视觉等技术手段，为这些艺术形式提供了更为高效和精确的数字化方法^[3]。

例如，AI 通过图像识别和分析技术对古代艺术作品进行高清扫描和数字化处理，保存作品的每一个细节，为未来的修复和研究提供原始数据。此外，AI 能够对传统艺术作品进行智能修复，通过分析历史资料、艺术风格和修复技术，自动生成修复方案，甚至在缺失部分进行创作补充。对于一些无法触及的艺术形式，如古代壁画、遗址雕塑等，AI 技术能够在不破坏原作的情况下，通过虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等技术再现作品的原貌，使观众感受到传统艺术的魅力。更为重要的是，AI 还能够传统艺术的基础上进行创新和重构。例如，通过生成对抗网络（GAN）等算法，AI 根据传统艺术的创作规律和技巧生成新的艺术作品，既能保留传统艺术的精髓，又能够注入现代的审美观念。这种结合不仅让传统艺术在数字化时代得以延续，还推动了艺术的不断创新。AI 的数字化和重构应用，不仅解决了传统艺术保存和传承的实际问题，还为艺术创作提供了新的视角和途径，推动了文化遗产的现代化转型。

3.2 AI在民间艺术、非物质文化遗产中的应用

民间艺术和非物质文化遗产是文化传承中的重要组成部分，具有独特的民族特色和历史价值。然而，由于其传承方式的特殊性以及历史的变迁，这些艺术形式面临着传承断裂、技艺消失等严峻挑战。AI技术的应用，特别是在民间艺术和非物质文化遗产的数字化保护和创新方面，展现出了巨大的潜力。AI能够帮助传统民间艺术以更加系统化、标准化的方式进行保存与传承，并通过智能化手段让这些艺术形式在现代社会中焕发新的生机。AI在民间艺术和非物质文化遗产中的应用，首先体现在数字化保存和复原方面。例如，民间工艺、民俗文化、传统表演艺术等都可以通过数字化技术进行记录和保存。传统手工艺品可以通过三维扫描技术进行高精度建模，再通过虚拟现实（VR）技术进行呈现，使观众能够身临其境地体验这些艺术形式。同时，AI还能够帮助技术人员分析大量的手工艺品数据，提炼出传统工艺的规律，进而为现代工艺品设计提供参考，延续传统工艺的精髓。

对于传统表演艺术，如戏曲、民间舞蹈等，AI技术同样能够

发挥重要作用。通过视频分析、动作捕捉和语音识别等技术，AI可以对民间艺术表演进行深入分析和处理，帮助艺术家保存和复原传统表演的精髓。例如，AI通过捕捉传统戏曲的动作和表演技巧，帮助年轻演员学习和传承这些古老的技艺。更重要的是，AI还能通过深度学习将传统表演艺术进行创新性演绎，使其更加符合当代观众的审美需求，从而推动传统艺术形式的现代化和全球化传播。

3.3 文化创新与现代设计的融合

AI技术不仅在传统艺术的保护和传承中发挥着重要作用，还为文化创新和现代设计的融合提供了新的路径。传统文化的创新不仅是对过去艺术形式的复刻，还是将传统文化与现代设计理念相结合，创造出具有时代感和全球化视野的艺术作品。AI作为技术创新的重要推动力，正是这种文化创新与设计融合的催化剂，不仅为传统文化注入了新的技术和创意，还为现代设计提供了全新的表现方式和创作工具。AI在文化创新中的作用，首先体现在对传统艺术元素的现代化转化上。通过AI技术，设计师可以将传统文化中的图案、色彩、符号等元素进行现代化重构，融入当代设计作品中，形成既具有传统韵味又符合现代审美的创意产品。例如，传统的中国元素，如龙凤、山水、书法等，通过AI的风格迁移技术，与现代的视觉设计风格相融合，创造出具有创新性的现代艺术作品。这种文化创新的方式，不仅能够延续传统文化的生命力，还能够让传统艺术在现代社会中焕发新的活力。

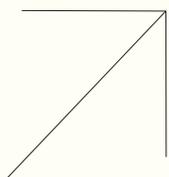
AI在现代设计中的应用，不仅限于艺术创作的外在形式，还体现在设计思维的创新上。AI通过大数据分析和深度学习，能够为设计师提供全面的创作灵感和精准的市场趋势预测。在现代设计中，AI能够通过大量设计作品的分析，帮助设计师理解消费者的需求和喜好，提供定制化、个性化的设计方案。这种基于AI技术的设计方式，不仅提升了创作效率，还使文化产品更加符合市场需求，增强了设计的实用性和商业价值。

结语

AI在艺术设计创作中的智能化应用和对文化传承的优化作用具有双向性。不仅推动了艺术创作的多样性和效率，还为传统文化的数字化保存、创新和全球传播提供了新的动力。随着AI技术的不断发展，未来，AI将在艺术创作和文化传承中发挥更加重要的作用，助力传统与现代的完美融合，推动文化的持续创新和传承。

引用

- [1] 杨京玲,陈燕雯.基于AIGC的桃花坞木版年画在家居设计中的创新应用研究[J].包装工程,2024, 45(12):465-473.
- [2] 纪向宏,夏宇滋."非遗+AI"模式下的湖南土特产包装创新设计[J].包装工程, 2024,45(16):301-312.
- [3] 徐滢洁.人工智能赋能湘西非遗展览的情感化体验设计研究[J].上海包装, 2024(5):62-64.



基于物联网的新型数字化接地线研究

文◆广东电网有限责任公司广州供电局 黄文凯 谢树松 郝方舟 陈淑华 胡嘉铭 王志德

引言

随着智能电网的快速发展，电力系统的安全性和管理效率成为亟待解决的重要问题。接地线作为保障电力设备安全运行的关键设备，传统的接地线系统存在人工检测频繁、监控不及时等问题，影响了电网的安全性和运行效率。近年来，物联网（IoT）技术的蓬勃发展为接地线系统的智能化、数字化提供了新的解决方案。物联网技术通过传感器、通信网络和数据处理系统的紧密结合，可以实现设备的实时监控、数据分析和远程管理，从而极大提高系统的智能化程度。大量学者对于接地线的智能化管理展开了广泛探讨，并进行了深入的研究，杨建旭等人提出了遵从国家电网输变电物联网 LoRa（Long Range Radio）组网规范的智能接地线实现方案^[1]。徐洁等人提出了基于物联网技术研发接地线智能监测装置与系统，实现对接地线分布、挂接状态、设备信息等的自动采集、

移动实时监测和综合管理^[2]。周硕等人提出了基于物联网的接地线管控检测系统，利用该系统对接地线进行信息化管理，降低了接地设备发生故障的概率，提高了施工的安全水平^[3]。

为进一步提升对接地线管理与监测能力，本文基于物联网技术，提出了一种新型的数字化接地线系统框架，并通过数据采集层、数据处理层、网络传输层和交互应用层的分层设计，构建了一个高效的接地线监控系统。同时，结合基于 PyQt 开发的交互应用软件，对系统进行实验验证。研究旨在通过引入物联网技术，提升接地线的自动化管理水平，保障电力系统的安全运行，并为未来智能电网的建设提供参考和借鉴。



图 1 基于物联网的新型数字化接地线系统框架

1 基于物联网的新型数字化接地线系统框架设计

根据对现有接地线安装、管理和检测的技术分析以及目前接地线数字化的需求，建立了基于物联网的新型数字化接地线系统框架。

基于物联网技术，构建一个全新的数字化接地线系统。系统的架构设计是功能实现和技术选

【作者简介】黄文凯（1994—），男，广东英德人，本科，助理工程师，研究方向：电机。

型的核心。一个合理的架构不仅能夯实系统基础，还能保障数据的实时传输和快速处理。基于接地线需要监测设备的详细信息、运行状态等，必须设计一个综合性的系统框架，以便在实际部署中实现高效的管理。基于物联网的新型数字化接地线系统框架如图 1 所示，该系统包含以下 4 个部分，分别是数据采集层、网络传输层、数据处理层和交互应用层。数据采集层负责采集接地线设备数据，网络传输层负责相应的数据传输，数据处理层负责对接地线数据进行处理和分析，交互应用层则提供设备监控、设备管理、故障预警等功能性应用。

1.1 数据采集层

数据采集层是系统用于采集数据，并与现场的设备相连的前端采集层。这一层主要利用专用器、射频识别 (RFID) 技术、图像采集设备等数据采集设备，对现场设备的运行状况、作业环境等关键参数进行实时捕捉和收集，确保信息的实时性和准确性。例如，RFID 技术在接地线管理中的应用主要是通过安装 RFID 标签，并使用 RFID 读写器来实现对接地线的识别、追踪和管理。这种技术可以提高接地线管理的自动化水平，确保接地线的正确使用和安全管理；图像采集是通过采集接地线的图像，传输至后端数据处理层进行数据分析，以识别接地线的状态是否正常；专用传感器则是用于识别接地线的挂接状态，正确的挂接接地线对于确保电力系统的安全运行至关重要。接地线通常在设备进行检修或发生故障时使用，以确保设备与大地连接，防止突然来电造

成触电事故或设备损坏。

1.2 数据处理层

数据处理层是物联网架构的核心，负责对接收到的数据进行清洗、精炼和解析。这一层级通过采用分布式消息队列和大数据分析技术，高效应对来自无数设备的海量数据流。数据处理流程应包括数据清洗、数据集成、数据变换和数据规约。利用数据清洗技术处理缺失值、噪声值、异常值和重复数据，以提高数据的准确性和完整性。利用数据集成技术将来自专用传感器、图像采集装置和电阻采集装置等不同来源的数据合并为一个统一的数据集，解决数据格式和单位的不统一问题。利用数据规约技术在保持数据质量的前提下，降低数据的规模和复杂度，提高数据分析的效率。在此基础上，进一步借助数据挖掘与机器学习的强大力量实现对数据的深度剖析，挖掘隐藏价值，为物联网系统提供决策支持与智能服务。

1.3 网络传输层

网络传输层负责第一时间准确无误地将收集的数据递送至数据处理层。由于接地线具有特殊的安全性要求，应选择高稳定、高安全、低延迟的通信方案。本文采用了有线传输和无线传输，有效提升了信息传输效率的同时，还保证了安全性。此外，为进一步保证数据传输的安全性，本文还对传输的数据进行了数据加密策略。

1.4 交互应用层

交互应用层是用户与数字化接地线系统进行交互的桥梁，其为电力作业人员提供了设备监控、故障预警、设备管理等一系列实用功能，帮助他们实时掌握设备运行状况，制定科学的维护计划，并支持远程升级与维护。该层设计注重用户体验，界面简洁直观，数据呈现全面。同时，为了保障系统安全设计了用户登录界面，实现用户权限管理和数据保护。

2 基于物联网的接地线交互应用设计

本文基于物联网的新型数字化接地线系统框架设计，开发了基于物联网的新型数字化接地线交互应用，基于物联网的新型数字化接地线系统交互流程如图 2 所示。

系统在接地线一侧的终端布设了许多的采集设备，如图像采集设备、RFID 标签及其采集设备、专用传感器等，这些设备能协助进行终端的管理。

终端侧在进行数据采集和上传之前，需要进行初始化。初始化的目的是确保系统及其组件在程序开始执行或组件第一次使用之前处于已知的初始状态，减少误差的产生，并引入系统自查来确保初始化的进程以及连接状态的正常。若系统自查结果为正常，则采集对应数据，通过无线传输技术上传至网络传输与数据处理层进行下一步的处理，反之则重新进行初始化。

随着数据量的增加，传统的计算机和数据库系统无法提供足够的计算能力和存储资源来处理这些数据。本文将分布式消息队列应用于基于物联网的新型数字化接地线系统中，分布式消息队列为系统提供了异步

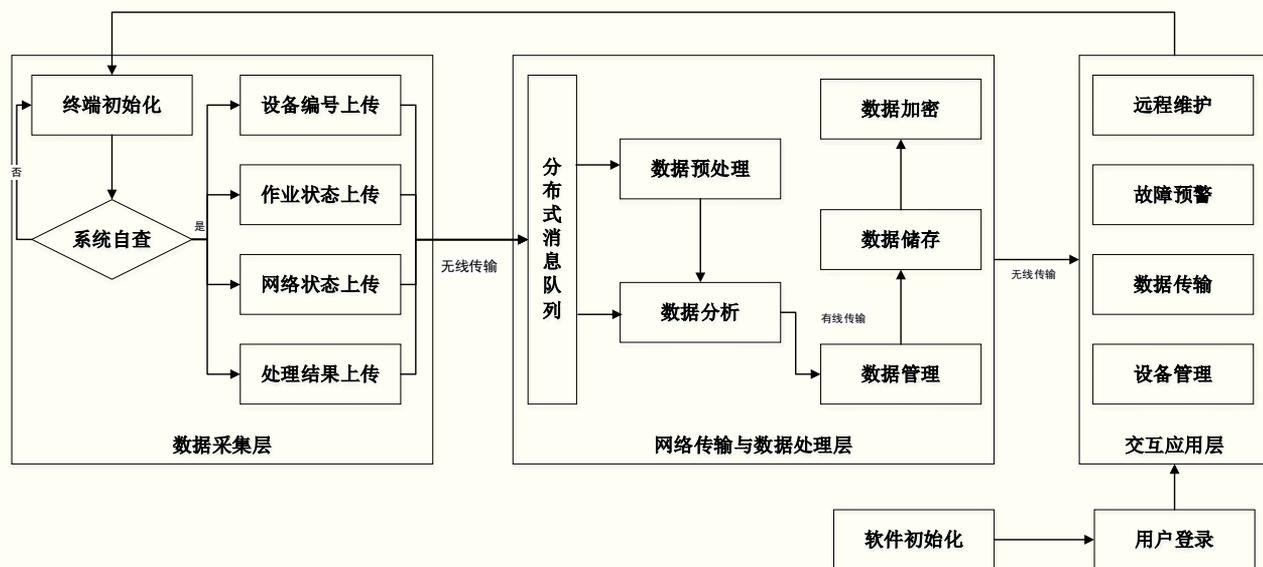


图2 基于物联网的新型数字化接地线系统交互流程

处理、流量削峰和组件解耦等能力，提升系统在处理大量的异源数据方面的可靠性，并支持后期维护和插件的添加。接收到的数据经过系统进行预处理，确保数据的可靠性。此外，为进一步保证数据的可靠性，应将原始数据和预处理后的数据进行对比分析，以识别数据问题、评估预处理效果、验证数据完整性和检测预处理过程中潜在的误差，这些分析数据可以支持后续对系统的针对性改进。除了对数据的对比分析，还应预处理后的数据进行分析，以获得关于接地系统性能和安全性的重要信息，并采取相应的维护和改进措施。数据分析和数据管理在不同的服务器中进行，为保证分析后的数据在传输至数据库过程中的安全问题，使用有线连接的方式进行数据传输。

系统在用户一侧的交互应用端，开发了一个用于对接地线进行监测和管理的软件。软件初始化后进入用户登录页面，用户可使用其账号密码进行登录，后台也会根据预设的用户角色数据赋予相应的权利。登入软件后，系统提供多种功能，以使用户更好地进行接地线的监测与管理。

3 实验与分析

本文所提出的基于物联网的新型数字化接地线系统，采用 Windows10 系统作为操作系统平台，并使用 Python 中的 PyQt5 和对应模块进行开发。

本文随机生成了两组接地线的相关数据，并导入系统中以进行应用测试。以数据分析模块为例，对该软件进行介绍。该软件的数据分析模块功能主要包括数据分析、图表展示、统计参数调整等，适用于接地线数据的管理和分析。用户通过调整日期、分组等参数，生成并分析不同组数据的时间变化趋势。

结语

基本研究设计并实现了一种基于物联网的新型数字化接地线系统，解决了传统接地线监控中存在的实时性差、人工操作复杂等问题。通过分层设计的数据采集、处理和传输结构，系统能够实现对接地线状态的

实时监控和数据处理。此外，基于 PYQT 开发的交互应用进一步提升了系统的用户友好性，实验验证结果表明该系统在提高接地线管理效率和确保电力系统安全性方面具有显著效果。未来，随着物联网技术和深度学习技术的不断进步，该系统框架可以进一步优化，通过建立强大的深度学习分析模型对数据进行分析或利用更高级的物联网技术进行设备管理，并应用于更多电力设备的智能管理中，为基层智能电网提供更多创新性的解决方案。■

引用

[1] 杨建旭,费腾蛟,华雄,等.基于输变电设备物联网的智能接地线[J].工业控制计算机,2024,37(6):95-98.
 [2] 许洁,凌佳凯,诸铭,等.基于物联网数据采集的携带型短路接地线监测系统研究[J].数据采集与处理,2019,34(6):1071-1077.
 [3] 周硕,张磊,周峰,等.基于物联网的接地线管控检测系统[J].农村电工,2023,31(11):39-40.

基于环境动态感知的全自适应智能雷达系统研究

文 ◆ 陆军装备部驻上海地区第三军事代表室 贾春宁

上海航天电子技术研究所

方明 李礼 赵春雷 叶舟

引言

雷达作为现代军事和民用领域不可或缺的重要工具，其性能的提升一直是研究的热点。传统自适应雷达虽然在一定程度上具备了适应环境和对抗干扰的能力，但随着现代军事技术的飞速发展，其局限性也日益凸显。地理环境的空变特性和电磁环境的时变特性对经典自适应信号处理算法的性能提出了严峻挑战，同时，模型单一和系统工作参数固化也限制了传统自适应雷达的适应能力。因此，探索一种全新的雷达系统架构方案，以提高雷达在复杂环境中的探测性能，具有重要的理论和实践意义。本文提出的基于环境动态感知的全自适应智能雷达系统架构方案，旨在通过综合利用数字地理信息、在线感知的环境动态信息以及人工智能技术，实现雷达系统的全面自适应，以应对复杂多变的探测环境。

1 基于环境动态感知与智能决策的全自适应雷达技术概述

雷达作为一种广泛应用于监视、跟踪和成像的无线电系统，通过收发电磁波完成目标侦测及

参数测量，具备全天候工作能力。自 20 世纪 70 年代起，传统自适应雷达初步具备了适应环境、对抗干扰的能力^[1]。传统自适应雷达框图如图 1 所示，系统主要由雷达资源管理器、发射机、接收机、天线等部分组成。然而，传统自适应雷达只能被称为部分自适应雷达，因为其自适应过程一般被限制在接收端^[2-3]，整个环路中几乎缺乏“学习”、反馈以及对外部环境信息（如数字地图）的综合利用。

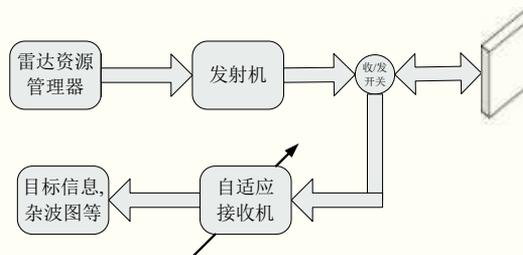


图 1 传统自适应雷达

随着现代军事技术的飞速发展，传统基于数据的自适应雷达逐渐暴露出以下两方面问题^[4-6]。一是地理环境的空变特性和电磁环境的时变特性使得经典的自适应信号处理算法性能严重下降；二是模型单一和系统工作参数固化导致传统自适应雷达难以适应时变环境。

针对上述问题，本文提出了基于环境动态感知的全自适应智能雷达系统架构方案。该系统首先利用数字地理信息，如地理信息系统（GIS）、数字地形高程数据（DTED）、陆地覆盖及地形使用（LCLU）数据等，获得环境静态信息，并结合在线感知的环境动态信息，完成雷达系统的探测环境感知。在不断获取环境特性信息的基础上，通过学习、分析和判断等过程，该系统利用相应结果自适应地调整接收和发射系统，使用最适合的系统配置，包括频率、信号形式、发射功率、信号处理方式等，以实现与外部环境和目标状态的匹配，从而获取最佳性能。

2 系统框架

基于环境动态感知的智能雷达全自适应处理系统架构如图 2 所示。系统包含环境动态数据库（Environmental Dynamic Database, EDDB）、知识辅助协处理器（Knowledge-aided Coprocessor）、全自适应接收和全自

【作者简介】贾春宁（1982—），男，河北邢台人，硕士，高级工程师，研究方向：装备质量管理。

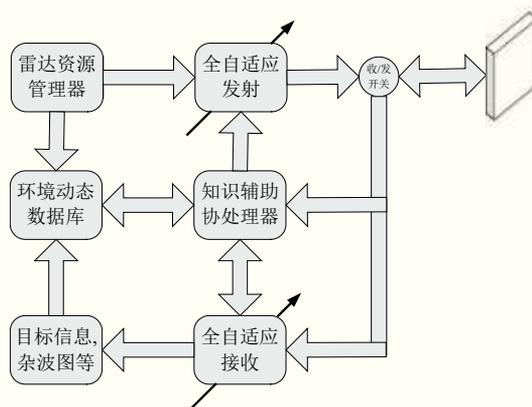


图2 基于环境动态感知的智能雷达全自适应处理系统架构

适应发射等分系统。

基于环境动态感知的全自适应智能雷达的工作原理如下。首先，通过分析环境回波数据，可以反演出波束照射场景中的杂波分布情况^[7]，并结合其他来源的知识信息（如GIS、DTED、LCLU数据）来提高雷达的自主环境认知能力^[8]。获取环境信息后，雷达在接收端对接收到的信号采用智能信号处理算法，主要包括基于数字地理信息的智能杂波抑制^[9-10]、基于数字地理信息的智能恒虚警处理^[11-12]、基于目标动态特性和数字地理信息的智能化跟踪^[13-14]等。在发射端基于数字地理信息、目标动态特性、系统参数、学习优化算法、应用策略等知识库，根据以往数据和当前数据的规律，采用合适的学习优化算法进行分析推理，进而不断自主调整时间和能量资源分配^[15-17]、算法门限、发射波形以及接收滤波器等工作参数和系统配置，实现系统的自我完善。

3 关键技术

3.1 基于数字地理信息的智能化环境综合感知技术

考虑到雷达所处的实际环境具有非均匀性和非平稳性的特点，且不同来源的知识之间存在一定的互补性和冗余性，因此需要建立一定的融合准则，对静态环境信息（如数字地理信息）和动态环境信息（如环境回波数据）进行融合处理。

（1）静态环境信息。通过卷积神经网络等手段对GIS、DTED、LCLU数据等数字地理信息进行特征提取，实现探测场景内杂波的分类。

（2）动态环境信息。通过卷积神经网络、动态杂波图等手段对环境回波数据进行处理，反演出雷达探测场景中的杂波分布情况。

3.2 基于人工智能和数字地理信息的自适应发射技术

基于数字地理信息等知识库，采用学习优化算法进行分析推理，不断自主调整改变雷达系统工作参数，如优化发射方向图。具体而言，针对强旁瓣杂波（如城镇、陡峭山区等）会遮掩弱主瓣目标的问题，可根据数字地理信息，在发射电磁波时，利用旁瓣强杂波的位置信息构建最优发射方向图，减弱旁瓣离散杂波对主瓣目标的遮挡效应。

3.3 基于人工智能和数字地理信息的自适应接收技术

针对“低、慢、小、隐”特性目标和复杂的地/海杂波环境，引入人工智能技术，利用数字地理信息等先验知识形成雷达知识库。在不断

获取目标和环境特性信息的基础上，通过机器学习、分析和判断等过程，自主调整处理算法和模型参数，以提高复杂环境下对“低、慢、小、隐”目标的检测和跟踪性能。

3.3.1 基于数字地理信息的智能恒虚警处理技术

在非均匀杂波背景下的恒虚警检测中，首先将地理地图信息与雷达位置信息和波束指向信息相结合，以获取监视区域的物理特性。同时，收集雷达在线感知的环境信息和环境信息数据库中探测区域内的环境信息，进而对环境数据进行分析，并根据分析结果选择合适的CFAR模型，辅助参考单元选择。

3.3.2 基于目标动态特性和数字地理信息的智能化跟踪技术

综合利用目标动态特性和数字地理信息，可显著改善目标跟踪性能。其作用主要体现在以下几个方面。利用数字地理信息，可以获得每个雷达分辨单元内的离散或连续的局部杂波密度；基于对杂波强度的感知，调整有关滤波、关联和航迹起始算法的关键参数；利用数字地理信息形成的环境先验信息，可以鉴别目标与杂波，改善关联结果；利用道路的先验信息，可以滤除地面交通目标所引起的低速运动杂波，提高雷达对低速目标的检测和跟踪性能。

3.4 智能化电子对抗技术

针对电子战环境下干扰信号的非平稳高动态变化特点以及认知电子战技术的发展，采用人工智能理论和技术。在对电子战环境进行实时感知和学习的基础上，快速完成认知和决策，并在时间、空间、频率、波形等多个维度上开

展资源评估和调度，实现复杂干扰条件下的智能化博弈。涉及的技术包括干扰环境感知技术、抗干扰措施自动优化选取技术以及抗干扰效果反馈和评估技术等。

结语

针对传统自适应雷达在复杂电磁环境中探测性能下降的问题，本文提出了一种基于环境动态感知的全自适应智能雷达系统。通过整合数字地理信息、在线感知的环境动态信息以及人工智能技术，该系统实现了从环境感知到自适应调整的全面智能化，有效克服了传统自适应雷达在应对地理环境空变性和电磁环境时变性方面的局限性。关键技术的引入，如智能化环境综合感知、自适应发射与接收技术，以及智能化电子对抗技术，不仅提升了雷达的探测精度和抗干扰能力，还增强了其对“低、慢、小、隐”目标的检测和跟踪性能。随着人工智能和雷达技术的不断进步，该方案有望为雷达系统的未来发展开辟新的道路，进一步提升军事和民用领域的雷达应用效能。■

引用

[1] Brennan L, Reed L. Theory of Adaptive Radar[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1973, 9(3): 237-252.
 [2] Griffiths J. Adaptive Array Processing: A Tutorial[J]. IEEE Proceedings H (Microwaves, Optics and Antennas), 1983, 130(2): 3-10.
 [3] Haykin S, Zwang Q. Adaptive Radar Detection[J]. Electronics

Letters, 1985, 21(8): 808-810.

[4] Haykin S. Cognitive Radar: A Way of the Future[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2006, 23(1): 30-40.
 [5] Haykin S, Xue Y, Setoodeh P. Cognitive Radar: step Toward Bridging the Gap Between Neuroscience and Engineering[J]. Proceedings of the IEEE, 2012, 100(11): 3102-3130.
 [6] Griffiths H, Baker C. Towards the Intelligent Adaptive Radar Network[C]. Canada: 2013 IEEE Radar Conference, 2013.
 [7] Rabideau D, Steinhardt A. Improved Adaptive Clutter Cancellation through Data-adaptive Training[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1999, 35(7): 879-891.
 [8] Jylha J, Kerminen R, Vihonen J, et al. New Aspects to Knowledge-aided Clutter Analysis[C]. Verona: 2006 IEEE Radar Conference, 2006.
 [9] Melvin W, Guerci J. Knowledge-aided Signal Processing: a New Paradigm for Radar and other Advanced Sensors[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2006, 42(7): 983-996.
 [10] Bang J, Melvin W, Lanterman D. Model-based Clutter Cancellation based on Enhanced Knowledge-aided Parametric Covariance Estimation[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2015, 51(1): 154-166.
 [11] Smith M, Varshney P. Intelligent CFAR Processor based on Data Variability[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2000, 36(7): 837-847.
 [12] Wang Y, Xia W, He Z. CFAR Knowledge-aided Radar Detection with Heterogeneous Samples[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2017, 24(5): 693-697.
 [13] Yan J, Jiu B, Liu H, et al. Prior Knowledge-based Simultaneous Multibeam Power Allocation Algorithm for Cognitive Multiple Targets Tracking in Clutter[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2015, 63(1): 512-527.
 [14] Bell K, Baker C, Smith G, et al. Cognitive Radar Framework for Target Detection and Tracking[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2015, 9(12): 1427-1439.
 [15] Chavali P, Nehorai A. Scheduling and Power Allocation in a Cognitive Radar Network for Multiple-target Tracking[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2012, 60(2): 715-729.
 [16] Yan J, Liu H, Pu W. Joint Threshold Adjustment and Power Allocation for Cognitive Target Tracking in Asynchronous Radar Network[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2017, 65(6): 3094-3106.
 [17] Sun H, Li M, Zou L, et al. Joint Threshold Optimization and Power Allocation for Cognitive Radar Network for Target Tracking in Clutter[J]. Signal Processing, 2020, 172(7): 1-9.

基于可逆信息隐藏算法的隐蔽通信系统

文◆中国海警局东海分局 李天雪 李文斌 张阳

引言

在信息时代，数据安全和隐私保护成为越来越重要的议题。可逆信息隐藏（Reversible Data Hiding, RDH）作为一种能够在不损失原始数据的前提下将秘密信息嵌入载体中的技术，受到了广泛关注。基于像素值的可逆信息隐藏算法因其简单、直观的特点，成为研究的热点。本文将对基于像素值的可逆信息隐藏算法进行研究，并依据典型的算法，开发出基于像素值的隐蔽通信算法。经验证，该系统嵌入秘密信息后，可正确提取出秘密信息，并且可以无失真还原出原始载体。

1 基本原理

可逆信息隐藏的基本原理是在不破坏原始数据的前提下，将秘密信息嵌入载体数据中，并且在需要的时候能够完全无损地提取出秘密信息以及恢复原始载体数据。这个过程通常包含以下两个主要步骤。

（1）嵌入过程。在这一过程中，算法会对载体数据（如数字图像的像素值）进行特定的操作，以便在其中嵌入秘密信息。嵌入操作必须保证载体数据的某种特性在嵌入后仍然可以被逆向恢复，从而实现可逆性。例如，在最低有效位（LSB）替换算法中，秘密信息会替换图像像素的最低有效位，而操作可逆，因为原始的最低有效位可以通过替换操作恢复。

（2）提取过程。在提取过程中，算法会从已经嵌入秘密信息的载体数据中提取出秘密信息，并且能够完全恢复原始载体数据，主要是通过逆向执行嵌入过程中的操作来实现。例如，在LSB替换算法中，提取过程会读取嵌入秘密信息后的像素最低有效位来恢复秘密信息，并将原始的最低有效位重新写回像素中，从而无损恢复原始图像。无损恢复是可逆信息隐藏算法的核心特点，其确保了在信息隐藏的过程中，原始载体的完整性和可用性不受影响。这一点在许多应用场景中至关重要，如医疗图像、法律文档等，其中原始数据的完整性必须得到保证。

2 算法分类

基于像素值的可逆信息隐藏算法主要可以分为以下几类。

2.1 最低有效位（LSB）替换算法

LSB替换算法是最早也是最简单的可逆信息隐藏算法。通过替换图像像素的最低有效位来嵌入秘密信息。Celik等人^[1]提出了一种通用的最低有效位（Generalized Least Significant Bit, G-LSB）压缩方法，通过使用载体图像中未改变部分作为辅助信息提高压缩效率。在该方法中，Celik等人利用预测误差熵编码器，计算原始图像中各像素点灰度值与量化值之间的差值，实现秘密消息的嵌入。由于操作简单，LSB替换算法易于实现，但嵌入容量有限，且对图像质量有一定影响。

2.2 差值扩展算法（DE）

差值扩展算法利用图像像素之间的差值进行信息嵌入。首先计算相邻像素之间的差值，然后将差值进行扩展，以嵌入秘密信息。首个基于差值扩展算法的可逆信息隐藏的算法由Tian等人^[2]提出，该算法基于整数Haar小波变换，利用载体图像像素间的相关性导出差值，然后扩展这些差值生成用于可逆嵌入的冗余。差值扩展算法具有较高的嵌入容量和较好的图像质量，但在某些

【作者简介】李天雪（1993—），男，河南商丘人，硕士研究生，工程师，研究方向：信息隐藏、隐蔽通信。

【通讯作者】张阳（1998—），男，安徽淮南人，本科，助理工程师，研究方向：信息通信。

情况下，会导致图像块效应。

2.3 直方图修改算法 (HS)

直方图修改算法通过调整图像的直方图来嵌入信息。基于 HS 的可逆信息隐藏算法由 Ni 等人^[3]提出，主要分为 3 个主要步骤。(1) 根据图像的统计特性，构造像素值频率分布直方图，而后识别直方图中的峰值和零点。(2) 通过在峰值点和零点之间移动像素值来为秘密消息腾出空间。(3) 通过修改峰值处的像素值执行嵌入操作。因为任何修改的像素值与原始像素的差异至多为 1，导致每个修改或移位像素的均方误差至多为 1，所以基于 HS 的 RDH 方法可以实现低失真的携密载体输出。这类算法在嵌入过程中可以较好地保持图像的视觉质量，但嵌入容量相对较小。

2.4 预测误差修改算法

预测误差修改算法基于图像像素的预测误差进行信息嵌入。首先对图像像素进行预测，计算预测误差，然后利用预测误差嵌入秘密信息。Thodi^[4]和 Rodriguez^[5]提出的 PEE 技术将 DE 中的差值改为预测误差，通过对所要嵌入位置的像素进行预测，利用预测值与原始像素值进行减法操作，对得到的差值进行数据扩展嵌入。PEE 的嵌入容量较大，1 个像素理论上可以嵌入 1bit 的秘密消息，因此理论最大嵌入率可达 1bpp，但是这类算法具有较高的嵌入容量和较好的鲁棒性。

3 隐蔽通信系统实现

基于可逆信息隐藏算法的隐蔽通信系统是利用可逆信息隐藏技术实现秘密信息传输的系统。设计目的是在不引起第三方注意的情况下，通过公开的通信渠道

传递秘密信息。基于可逆信息隐藏无失真的特性，本文使用 C# 开发了基于可逆信息隐藏算法的隐蔽通信系统。不仅可以秘密消息隐藏在载体（如图像、视频和音频等）中以实现隐蔽通信的目的，还可以保证在提取端实现载体的无失真还原。

3.1 核心算法

3.1.1 像素预测器

为有效降低明文域可逆信息隐藏算法的嵌入失真，首先，介绍一种基于像素值排序的动态像素预测器 D-PVO，用于预处理阶段的像素预测。其次，介绍复杂度，用以实现最佳嵌入位置的选择。

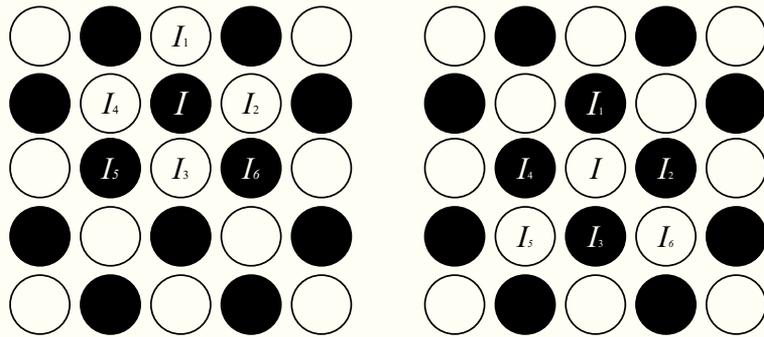


图 1 像素为 5×5 的灰度图示意图

像素为 5×5 的灰度图示意图如图 1 所示，像素被黑、白两种色彩标记，把像素按图所示进行分类。定义像素 I 为目标像素（被预测的像素）， I_1, I_2, I_3, I_4 为参考像素。对于黑色像素，位于 I 像素上、下、左、右位置的像素为参考像素，参考像素的均值作为目标像素的预测值，通过做减法并向下取整作为预测误差值，得到预测误差直方图（见图 2）。

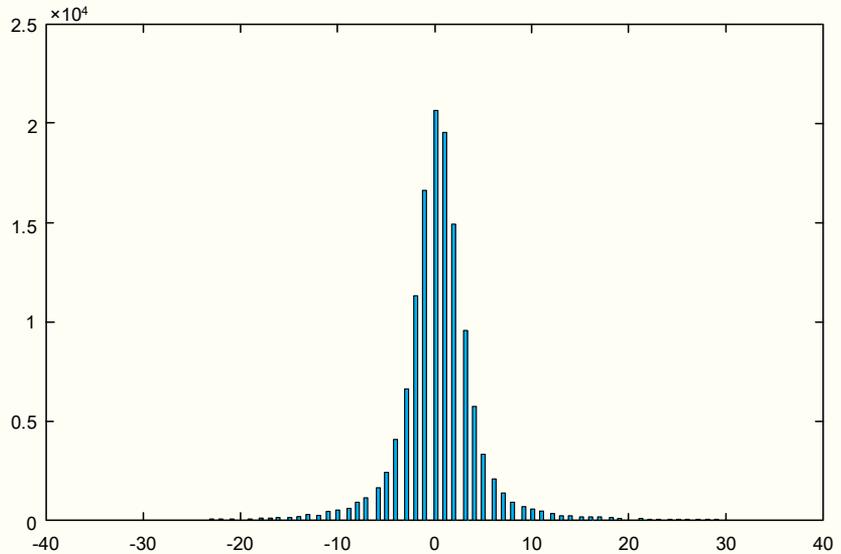


图 2 预测误差直方图

传统的直方图平移技术在可逆信息隐藏领域得到广泛应用，原理是通过像素值执行加 1 或者减 1 操作完成消息嵌入，这里的直方图是指图像像素预测误差值的频率分布直方图。上述原理的直观显示效果是直方图向左或者向右平移一个单位，以嵌入二进制 1、0 为例（白色方块表示 1，黑色方块表示 0），得到了基于直方图平移的可逆信息隐藏执行过程（见图 3）。

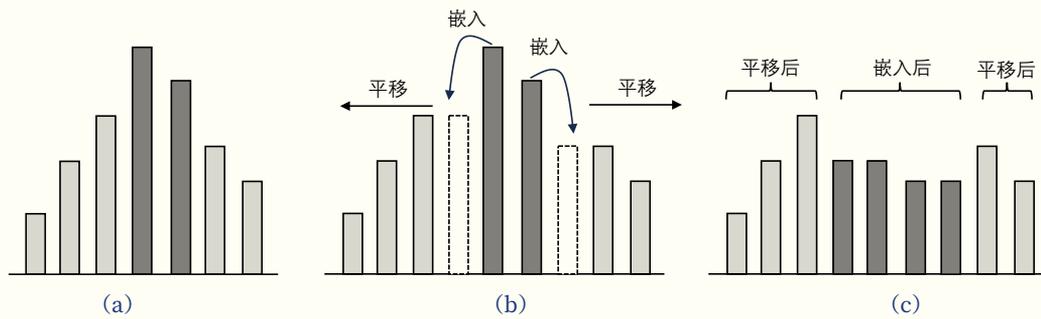


图3 嵌入模型图

3.1.2 嵌入模块

假设原始像素为 X ，假设 X 的预测误差为 e ，首先在 PEH 中找出两个峰值点 a 和 b ，一般情况下 a 和 b 属于 $\{1,0,1\}$ 。例如，图 3 (a) 中选择的是 $a=0, b=1$ 。把小于 a 和大于 b 的直方图分别往两边移动一个单位如上图 3 (b) 所示，目的是为秘密消息腾出空间。嵌入机制如式 (1) 所示，如果嵌入的秘密数据为 1，则通过对 a 执行减 1 或对 b 执行加 1 操作；如果嵌入的秘密数据为 0，则 a, b 保持不变。嵌入结果如图 3 (c) 所示。

$$e' = \begin{cases} e-1, e < a \\ e-m, e = a \\ e, a < e < b \\ e+m, e = b \\ e+1, e > b \end{cases} \quad (1)$$

3.1.3 提取模块

提取是嵌入的逆过程。对嵌入消息后的预测误差直方图执行如式 (2) 操作。如果 $e=a$ 或 $e=b$ ，则表示嵌入的消息 $m=0$ ；如果 $e=a-1$ 或 $e=b+1$ ，则表示嵌入的消息 $m=1$ 。

$$m = \begin{cases} 0, e' = a \text{ or } e' = b \\ 1, e' = a-1 \text{ or } e' = b+1 \end{cases} \quad (2)$$

3.1.4 恢复模块

一般情况下，恢复算法与提取算法同步进行。如果 I 的预测误差 $e < a$ ，则 $I=I-1$ ，如果 $e > b$ ，则 $I=I+1$ ，否则 I 保持不变。

3.2 系统实现

登录完成后，即进入首页，系统首页如图 4 所示，有两个功能按钮，分别是嵌入模块和提取模块，点击相应的按钮进入对应的功能界面。

3.2.1 嵌入模块

进入嵌入模块后 (见图 5)，嵌入的消息支持 txt 文本和消息框输入文本两种。如选择 txt 文本，点击选择文本即可，单击选择图片按钮，选择载体图像。如需更换图像，点击更换图片按钮更换即可，所选择的图片在下图的右侧图像显示区显示，点击嵌入按钮，完成消息的嵌入功能，并将图像保存在默认文件夹下，默认文件夹在原图片目录。

3.2.2 提取模块

图像提取模块共 3 个显示区域 (见图 6)，左半部分是选择含嵌入消息功能区域，在该区域单击选择图像按钮，图像会显示在上边的图像框内。单击中间部分的提取消息按钮，所提取的内容即可可视化的显示在中间的文本框中。最后单击最右侧恢复图像按



图4 系统首页

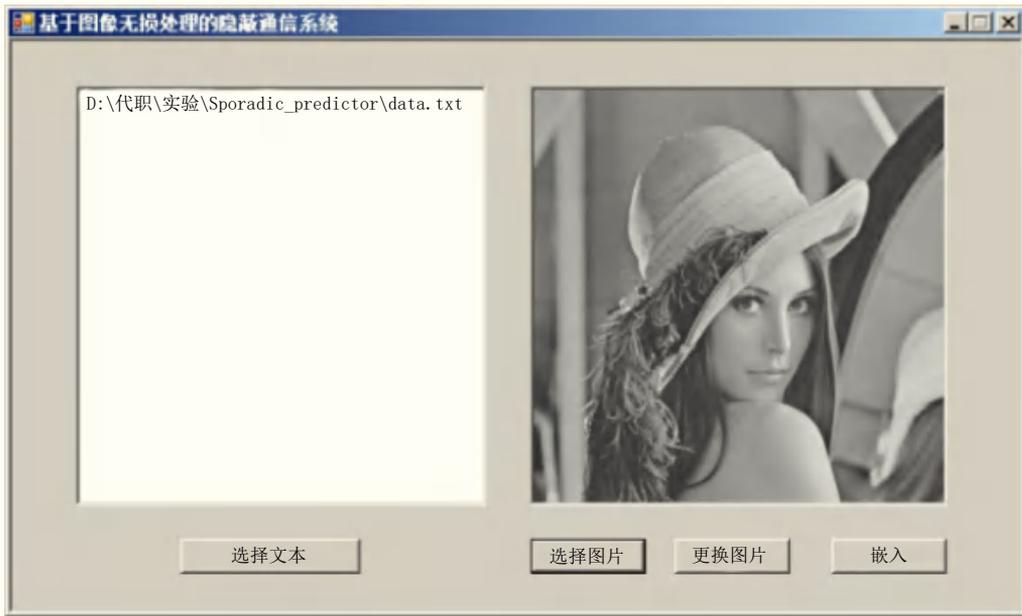


图 5 嵌入模块界面

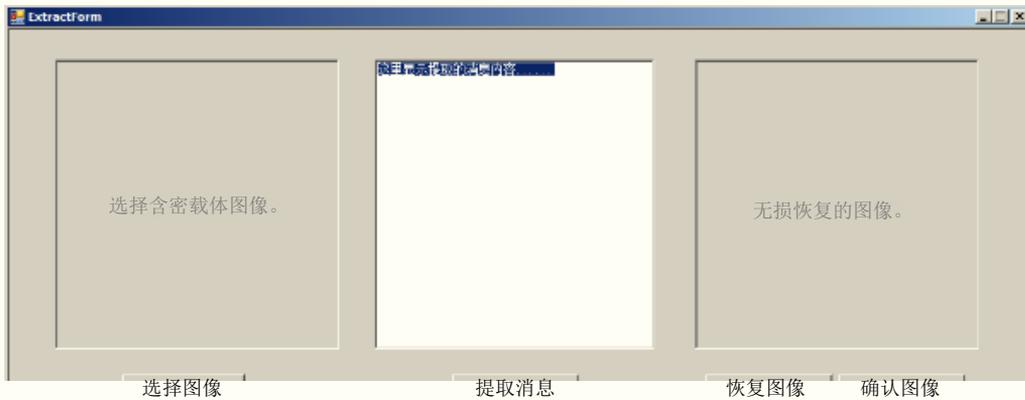


图 6 提取模块界面

钮，图像显示在最右侧的图像显示框中，为确保图像无失真恢复，添加了确认图像按钮，单击确认图像，可判断图像是否正确还原。

结语

文中通过研究分析 RDH 算法思想原理，并基于预测误差扩展设计了一套算法，通过 C# 模拟仿真，开发出了一套基于图像无损压缩的隐蔽通信系统。经验证发现，系统可正确提取嵌入的秘密数据，载体图像也可无失真还原。

引用

- [1] Celik M U, Sharma G, Tekalp A M, et al. Lossless Generalized-LSB Data Embedding[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 12(2): 253-266.
- [2] Tian J. Reversible Data Embedding Using a Difference Expansion[J]. IEEE Transactions on Circuits & Systems for Video Technology, 2003, 13(8): 890-896.
- [3] Ni Z, Shi Y Q, Ansari N, et al. Reversible Data Hiding[J]. IEEE Transactions on Circuits & Systems for Video Technology, 2006, 16(3): 354-362.
- [4] Thodi D M, Rodriguez J J. Prediction-error based Reversible Watermarking[C]//Image Processing, 2004. ICIP '04. 2004 International Conference on. IEEE, 2004.
- [5] Thodi D M, Rodriguez J J. Expansion Embedding Techniques for Reversible Watermarking[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007(16): 721-730.

基于目标检测技术的电力档案复印件鉴别系统

文◆包头供电公司 刘康

引言

当前，社会正稳步迈向知识经济和信息化时代，信息已逐步成为企业发展战略的核心资源，其价值日益受到广泛认可。在电力档案管理实践中，尽管企业的档案管理水平不断进步，但仍有大量档案工作需要过度依赖人工操作，尤其是在区分复印件与原件时，混淆现象时有发生。这种混淆不仅严重损害了档案信息的真实性和准确性，更对档案管理的合规性构成了直接且重大的威胁。

卷积神经网络（CNN）^[1]，作为深度学习的一种技术手段，通过对图像中的纹理、色彩、光影等细微特征的学习，能够准确鉴别复印件。这种鉴别能力为电力档案管理的合规性提供了技术保障。基于此，本文聚焦于电力档案管理中的合规问题，探索目标检测技术在复印件鉴别中的应用，旨在开发出一套基于目标检测技术的复印件鉴别系统。通过分析复印件鉴别与目标检测技术的国内外现状，以及电力档案管理合规的重要性及现存难题，在此基础上，选取 YOLOv3、YOLOv5 和 RCNN3 种模型进行训练。通过对比实验，最终选定 YOLOv5 作为核心技术，成功研发出基于目标检测技术的电力档案复印件鉴别系统。该系统不仅提高了档案管理效率与准确性，还为合规性检查提供了创新手段。

1 发展现状

1.1 复印件鉴别技术现状

复印件鉴别是档案管理中的一个重要环节，对于保障档案信息的真实性与准确性具有重要意义。近年来，随着社会的发展和技术的进步，我国在各个领域对复印件的应用越来越广泛，对复印件的鉴别要求也日益增加。国内鉴别方法主要包括物理检测法、化学检测法和光谱分析法^[2]。在国外，除了普遍采用的光学检验与显微检验方法外，数字水印技术^[3]和 RFID（无线射频识别）电子标签技术^[4]也是常用的复印件鉴别手段。然而，无论是从国内还是国外的实践来看，这些技术普遍存在成本高昂或需对原件进行额外加工的限制性，使得它们在电力行业的档案复印件识别场景中并不具备广泛适用性。

1.2 目标检测技术现状

在早期，目标检测主要依赖于传统计算机视觉（CV）方法。这些

方法通过手工设计的特征提取，如 Haar 特征、梯度直方图特征等，描述图像的局部纹理、形状等信息，从而实现目标的检测。传统方法的优势在于其简单、易于实现，并且对于某些特定场景下的目标检测具有较好效果。然而，它们难以适应复杂多变的形态和背景环境，且在处理大规模数据集时效率较低^[5]。随着深度学习技术的快速发展，基于深度学习的目标检测算法逐渐成为主流。这类方法拥有强大的特征表示能力和泛化能力，能够处理复杂多变的形态和背景环境。

1.3 电力档案管理存在的合规性问题

在电力档案管理的实践中，虽然有较为完善的工作流程，却存在诸多问题。首先，在成档过程中，一般参建单位缺乏专业的档案

【作者简介】刘康（1989—），男，河北保定人，本科，工程师，研究方向：电力档案、人工智能。

员，成档工作专业性强、格式要求高，导致相关规范未能得到很好落实。其次，在归档过程中，多数参建单位注重项目的实施与验收，往往忽略归档工作，造成归档不及时，甚至敷衍了事。此外，对于档案的审查工作，过多依赖人工，面对五花八门的格式、标记，缺乏专业、智能的工具支撑，极易出现失误。

2 复印件鉴别模型

2.1 任务目标及要求

复印件鉴别模型旨在帮助档案管理员保证档案的真实性和完整性，因此，该模型需满足以下要求。首先，模型需具备高精度的检测能力，能够准确区分真伪复印件，防止任何形式的伪造或篡改行为，是确保档案真实性的基础。其次，考虑到电力档案会经历多次打印、复印或扫描等处理，模型应具备强大的鲁棒性，能够在各种情况下稳定工作，确保检测结果的可靠性。最后，由于电力档案数量庞大，模型需具备高效的处理能力，能够在短时间内完成对大量复印件的检测，以满足电力企业对档案管理效率的需求。

2.2 模型设计

本文设计的复印件检测模型以印章检测作为切入点。印章检测需要从文档图像中定位印章主体的位置。首先，需要对输入的档案图片进行预处理，包括灰度化、去噪、尺寸调整等，以提升图像质量，使其更适合后续的深度学习模型处理。

随后，模型对预处理后的图像进行前向传播，计算每个目标类别的边界框、置信度和类别标签。这是一种典型的目标

检测场景。目前，基于深度学习的目标检测方法众多，而印章的鉴别由于需要处理叠章、红色墨点等复杂因素，具有一定的挑战性。为此，本文选择了3种模型进行对比实验，分别是FasterR-CNN、YOLOv3以及YOLOv5。这3种模型具有诸多共性，包括采用基于深度学习的检测方法、支持端到端的训练方式、具备实时性或近实时性检测能力、具有多尺度检测能力、对复杂场景展现出良好的适应性以及广泛的应用领域。这些共性使得这些模型在目标检测领域具有强大的竞争力，并拥有广阔的应用前景。

为了减少由模型检测产生的重叠边界框，应用非极大值抑制(NMS)算法来保留最有可能的检测结果，并根据置信度阈值过滤掉低置信度的检测结果。由于图像在预处理阶段会经过缩放，因此需要将检测到的边界框坐标调整回原始图像的尺寸。根据调整后的边界框坐标，确定需要裁剪的目标区域，最终得到印章的位置标签和颜色标签。

在此基础上，模型将档案图片细致划分为含有印章的图片集合与不含印章的图片集合。对于未识别出印章的档案图片，判定为非复印件。鉴于印章业务的特殊性，对于识别出印章的档案图片，需进一步深入进行颜色标签的辨识以及印章数量的统计。若系统仅识别出一个印章，则依据该印章的颜色来判定其是否为复印件；若识别出多个印章，则需特别关注是否存在红蓝两色印章的情况。一旦确认有红蓝章存在，无论是否伴有黑章，该档案图片都将被视为非复印件进行处理。

2.3 数据集制作

深度学习的性能表现很大程度上取决于训练数据集的质量和适合度。一个高质量的数据集应包含多样化和具有代表性的样本，以便模型学习到各种不同特征，进而在面对新数据时表现出色，且高质量的数据集还能提升训练效率。

由于当前电力档案规范对数据安全性有严格的合规性要求，需自行制作数据集完成模型训练。考虑到印章的复杂性及多样性，需设置多个印章类别，并实现类别平衡，以消除训练差异对结果的影响。使用扫描设备批量高速扫描档案复印件和原件，得到1470张图片，并使用数据标注软件进行数据标注。本文选择开源数据标注工具LabelImg，采用YOLO标签格式。将标注好的图片划分为相应的训练集和测试集。

2.4 实验参数和结果分析

为了获得模型的最优性能，在训练模型时，设定了迭代轮数为1500次、权重衰退指数为0.0001、学习率为0.001(可变学习率)、动量值为0.999(查询下)，以防止模型过度拟合。同时，设定了最大的训练批量为32，实验数据集按照7:3的比例分为训练集和测试集。实验采用相同的测试集图片，测试FasterR-CNN、YOLOv3以及YOLOv5这3种模型的实验效果。

为了判断不同模型在相同测试集下的优劣，先采用平均精度均值(mAP)及检测时间来判断，并得到了相应的实验结果数据(见表1)。

结果表明，YOLO系列模型检测时间较快。因此，进行第二轮比较，对印章的F1(F1-Score)进行评测，并得到了相应的实验结果数据(见表2)。

表 1 目标检测模型对比实验 1

检测算法	mAP/%	检测时间 /ms
FasterR-CNN	90.67	26.1
YOLOv3	87.41	15.9
YOLOv5	90.50	13.6

表 2 目标检测模型对比实验 2

检测算法	精度	召回率	F1
YOLOv3	95.69%	92.65%	94.15%
YOLOv5	97.94%	98.15%	98.04%

由两轮实验对比结果表明，YOLOv5 模型综合效果最好。然后，对 3 种模型的印章颜色标签识别结果进行了验证，精度均能达到 99.5% 以上。

3 复印件鉴别系统设计

基于目标检测技术的电力档案复印件鉴别系统，其技术架构设计遵循了先进且高效的微服务理念。系统采用 Spring Cloud 框架来搭建微服务架构，使得整个系统能够根据业务逻辑被自然地划分为多个独立的子系统。每个子系统均可作为独立的服务进行部署和运维，这样的设计不仅提升了系统的可维护性和可扩展性，还确保了各服务之间的高度解耦。为了增强系统的稳定性和容错能力，系统框架使用断路器用作处理服务调用时产生的超时及错误，防止单个服务因某些问题宕机或崩溃，从而引发整体系统瘫痪。

4 系统实现与实证

电力档案复印件鉴别系统的实现主要分为 3 步。基本信息配置，通过档案管理功能维护电力工程的基本信息以及电力档案的案卷信息；档案导入，用户导入数字化的档案文件，系统会对文件进行格式校验，确保档案文件的完整性和可读性，并与档案卷宗进行关联；复印件检测，调用复印件鉴别模型服务，实现对电力档案复印件的鉴别，并将结果反馈到用户界面。

目前，基于目标检测技术的电力档案复印件鉴别系统已经进入试运行阶段。相较于人工检测，该系统的检测时间大大缩减，同时准确率也提升了近 2%。

结语

本次研究探讨了电力档案管理的合规性问题，并分析了基于卷积神经网络的目标检测技术在国内外的动态。通过科学严谨的筛选过程，最终选定 YOLOv5 模型作为核心技术，成功设计并开发出了一套基于目标检测技术的电力档案复印件鉴别系统。相较于传统的人工审核方

式，系统能够在极短的时间内完成大量档案复印件的鉴别工作，显著提升了处理效率，确保了电力档案管理的时效性和准确性。这使得企业可以将员工从重复性高、枯燥乏味的鉴别工作中解放出来，重新分配这些人力资源到更需要人类智慧和判断力的任务上。未来，将继续优化和完善该系统，以期在电力档案管理领域发挥更大的作用。

引用

- [1] eCun,Y.,Bottou,L.,Bengio,Y., et al.Gradient-based Learning Applied to Document Recognition[J].Proceedings of the IEEE, 1998,86(11):2278-2324.
- [2] 李彪,于振刚,刘心来.打印复印伪造印文的物理检验新方法[J].警察技术,2015(5):35-37.
- [3] 刘丽.探究数字水印技术在档案安全保护中的应用[J].办公室业务, 2020(21):103-104.
- [4] 何绍华,曾文武.射频识别技术在图书档案馆中的应用研究[J].情报杂志,2007(2):36-37+41.
- [5] 姚群力,胡显,雷宏.深度卷积神经网络在目标检测中的研究进展[J].计算机工程与应用,2018,54(17):1-9.

分布式音视频系统研究

文◆ 中国石油勘探开发研究院 刘远岗 朱琨 李钢 康雪伟

引言

随着信息技术的迅猛发展，分布式音视频系统已经成为解决大规模数据处理和高性能计算需求的重要手段。从早期的视频压缩算法为基础的分布式音视频系统，到当今广泛应用于云计算、大数据处理等领域的高度复杂系统，分布式技术经历了显著的演变。本文将详细介绍演变过程中的关键技术优化与提升。

1 分布式音视频架构的迭代

1.1 分布式音视频架构的诞生

21世纪初，分布式音视频系统的雏形主要依赖于视频压缩算法来实现视频传输。然而，受当时的技术限制，这些系统通常仅限于监控和安防应用，无法适应会议室或指挥中心的需求。直到2008年，Jupiter公司的PixelNet系列产品的推出才标志着真正意义上的分布式音视频系统的诞生。PixelNet采用了编码器、交换机和解码器组成的架构，实现了视频矩阵切换和大屏幕拼接等功能，奠定了现代分布式音视频系统的框架。

1.2 分布式音视频架构的蛰伏期

尽管Jupiter的PixelNet产品为

分布式音视频系统设定了标准，但在2008年至2015年间，由于图像压缩技术和网络交换设备的不足，分布式音视频系统的普及受到了阻碍。高昂的成本和有限的功能使分布式音视频系统难以在市场上获得广泛认可。同时，集中式矩阵和拼接器却因为引入了FPGA算法而迎来了快速发展期，提供了无损视频传输和多样化的功能。

1.3 分布式音视频架构的黄金发展期

进入2015年后，随着网络交换技术的进步和分布式音视频处理需求的增长，分布式音视频系统开始展现出新的活力。其灵活性、可扩展性、可靠性和高性能等特性使其在多个领域获得了广泛应用。分布式音视频系统的设计不仅提高了系统的稳定性，还简化了维护流程，并与现有的IT基础设施无缝集成。

2 分布式音视频架构的技术优势

近年来，分布式音视频系统的技术进步显著，尤其是在网络交换技术和音视频处理方面取得了重大突破。不仅使系统灵活扩展，满足不断变化的需求，还通过高性能传输、可靠的设计和简便的维护流程，提升了用户体验。同时，分布式音视频系统正逐步融入5G、物联网和云计算等前沿技术，推动了系统的智能化升级，实现了自动化运维和故障预测等功能。标准化和开放性的推进也为不同设备间的互操作创造了有利条件，使分布式音视频系统在医疗、教育、娱乐等众多行业找到了新的应用场景，进一步拓宽了市场空间^[1]。

2.1 容错性与可靠性

分布式音视频架构的可靠性对于保障服务质量至关重要。随着技术的发展，系统引入了多种机制来提高系统的容错能力和可靠性。

(1) 冗余设计。通过在不同节点上保存数据副本的方式，确保即使某节点失效，系统仍能正常运作。

(2) 故障检测与恢复机制。利用心跳检测等技术监测节点状态，并在检测到故障后迅速启动恢复流程，如自动重试、故障转移等。

冗余原理如图1所示。

2.2 性能与可扩展性

随着应用场景的多样化，分布式音视频架构具备更高的性能和更好

【作者简介】刘远岗（1985—），男，山东聊城人，本科，工程师，从事信息化运维工作。

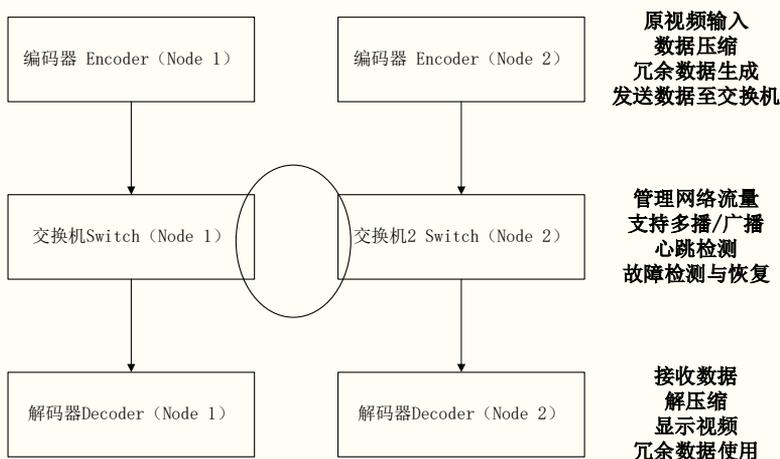


图1 冗余原理

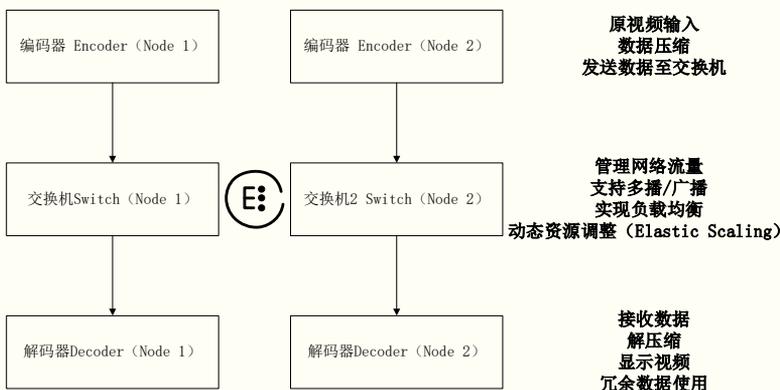


图2 负载均衡原理

的可扩展性。

(1) 负载均衡。通过合理分配计算任务，避免单点过载，提高整体响应速度。

(2) 弹性伸缩。根据实时负载动态调整资源分配，确保系统在高峰期也能保持良好表现。

(3) 微服务架构。将复杂应用拆分为小型服务单元，有利于独立开发、测试和部署，增强了系统的灵活性。

负载均衡原理如图2所示，展示了分布式音视频架构如何通过负载均衡、弹性伸缩和微服务架构来提高性能和可扩展性，确保系统在面对多样化应用场景时能够保持高效和稳定地运行。

2.3 安全性与隐私保护

随着网络安全威胁日益增加，分布式音视频架构相较前期架构在加强安全防护上有了显著提升。

(1) 加密技术。使用SSL/TLS等协议加密通信数据，保护信息安全。

(2) 身份验证与授权机制。实施严格的访问控制策略，确保只有授权用户可以访问敏感资源。

(3) 数据隐私保护。引入差分隐私、同态加密等技术，有效防止用户数据泄露。

2.4 低延迟与实时处理

实时数据处理能力对于某些应用至关重要。

(1) 事件驱动架构。利用消息队列如Kafka实现异步处理，减少系统延迟。

(2) 流处理框架。Apache Kafka Streams、Apache Flink等支持实时数据分析与处理。

2.5 智能运维

自动化运维工具和AI技术的应用提升了系统的可管理性。

(1) 自动化运维工具。Ansible、Puppet等配置管理工具减轻运维负担。

(2) AIOps。通过机器学习预测故障、优化系统性能，实现智能化运维。

3 基于实际应用场景分析

3.1 大型会议与活动

(1) 应用。分布式音视频系统在组织大型会议和活动中起到了至关重要的作用。不仅支持多点接入，还能够处理高并发流量，确保音视频信号的稳定传输。通过集成自动化运维工具和AIOps，系统能够自动调度资源，避免时间冲突，确保会议的顺利进行。

(2) 效果。该系统显著提高了沟通效率，简化了会议筹备流程。一键预约功能让单位员工和其他用户可以快速准确地预定会议室和所需设备。智能会场预定算法则确保资源得到有效利用，避免了因时间重叠而导致的资源浪费。此外，系统还能自动向与会者推送会议详情，确保信息及时传达。这些功能不仅节省了大量的人力物力，还极大地降低了物流成本^[2]。

3.2 远程教育与培训

(1) 应用。分布式音视频系统在远程培训中发挥了重要作用，支持在线课程、虚拟实验室等多种形式的学习。通过高清视频和

低延迟传输技术，系统使讲师能够实时向多个地理位置分散的学员传递高质量的教学内容。

(2) 影响。系统提高了学员参与度，增强了互动性，提升了教学质量。虚拟实验室等功能让学员能够在模拟环境中进行实践操作，而无需物理聚集在同一地点。不仅增加了学习的灵活性，还促进了教育资源的共享。

4 实际应用效果

4.1 用户体验改进

(1) 技术提升。分布式音视频系统通过高清视频、低延迟传输等先进技术显著提升了用户体验。无论是会议还是教育，抑或娱乐直播，用户都能够享受到清晰、流畅的音视频服务。

(2) 反馈分析。单位员工反馈显示，系统在不同场景下的满意度较高，特别是在音质和视频质量方面得到了广泛认可。员工普遍认为，系统的易用性和可靠性使远程协作变得更加简单高效。

4.2 运营效率提升

(1) 自动化运维。系统通过集成自动化运维工具如 Ansible、Puppet 等，简化了配置管理，减轻了运维人员的负担。AIOps 的应用则通过机器学习预测故障、优化系统性能，实现了智能化运维。

(2) 成效评估。实际应用表明，系统在减少故障停机时间、提升资源利用率方面取得了明显成效。自动化运维减少了人为错误，而智能排程和资源调配则确保了系统运行的连续性和高效性。

4.3 安全与隐私保护

(1) 保障措施。系统采用了多种安全措施，如 SSL/TLS 加密技术保护通信数据，差分隐私和同态加密技术保护用户数据隐私。

(2) 安全性分析。在实际应用中，系统展现了良好的安全性记录，安全事件发生率较低，且一旦出现异常情况，系统能够迅速响应，采取措施加以解决。

5 面临的挑战与未来展望

5.1 技术挑战

(1) 当前限制。尽管分布式音视频系统已经非常成熟，但仍面临一些技术挑战，如高带宽需求、跨平台兼容性问题。

(2) 发展方向。未来的技术发展会带来新的突破，如 5G 网络的普及将极大提升传输速度和稳定性，边缘计算技术的应用将进一步降低延迟，提高用户体验。

5.2 市场与社会影响

(1) 潜在影响。分布式音视频系统正在改变市场和社会的运作方式，促进了远程工作的普及和发展，同时也推动了教育资源的全球化共享。

(2) 趋势探讨。随着技术的进步和社会的发展，分布式音视频系统有望在更多领域得到应用，如智慧城市、医疗健康等，创造出更多的应用场景和服务模式。

结语

从技术角度看，分布式音视频系统通过冗余设计、故障检测与恢复机制、负载均衡、弹性伸缩以及微服务架构等技术手段，显著增强了系统的可靠性与灵活性。同时，系统采用了多种安全措施，如 SSL/TLS 加密、身份验证与授权机制、差分隐私和同态加密技术，有效保护了通信数据和用户隐私。

在实际应用中，分布式音视频系统通过一键预约、智能排程、全方位通知推送等功能，简化了会议筹备流程，提高了沟通效率，降低了物流成本。而在远程教育领域，系统支持在线课程、虚拟实验室形式的学习，提升了教学质量，增加了学习的灵活性。此外，系统在直播平台和流媒体服务中也有着广泛的应用，通过高清视频、低延迟传输技术改善了用户体验，并扩大了受众覆盖面。

尽管如此，分布式音视频系统仍然面临着诸如高带宽需求、跨平台兼容性等技术挑战。随着 5G 网络的普及、边缘计算技术的应用，这些问题有望在未来得到解决，进一步提升系统的传输速度、稳定性和用户体验。分布式音视频系统的应用领域也将进一步拓展，如智慧城市、医疗健康等，创造出更多的应用场景和服务模式，从而持续推动信息技术的发展和社会进步。■

引用

- [1] SMITH J. Evolution of Distributed Systems Technology[J]. Journal of Computer Science, 2020, 34(2): 123-135.
- [2] JONES L, BROWN M. Advances in Real-time Data Processing Frameworks[J]. Data Processing Magazine, 2019, 27(4): 45-59.

铁路通信工程施工技术要点及质量控制措施

文◆中铁上海设计院集团有限公司 宋向山

引言

随着铁路现代化建设的加速推进，铁路通信工程面临着更高的要求与挑战，先进的通信技术能够实现列车的精准调度、实时监控以及信息的高效传输，是构建智能铁路运输体系的核心要素。因此，深入研究铁路通信工程施工技术要点并强化质量控制措施具有极为重要的现实意义。

1 铁路通信工程施工技术要点

1.1 光电缆线路施工

1.1.1 路由选择与复测

光电缆线路的路由选择是一项复杂且关键的工作，在规划时，技术人员应全面考量多个方面的因素。第一，铁路线路的走向决定了光电缆的铺设方向，需要与之适配。第二，地形地貌影响了施工的难度与成本。第三，周边建筑物和道路等因素不容忽视，且应着眼于未来的发展规划，预留出一定的拓展空间。第四，在选择路由时要竭力避开地质不稳定的区域，如地震活跃带、易滑坡的地段以及有强电磁场干扰源的地区，同时需要避开频繁施工的地段，以防止线路受到损坏。路由确定后，精确复测至关重要，技术人员借助专业仪器对线路的长度、转弯角度、标石位置等详细参数进行精准测量，以保障数据准确无误，为后续施工筑牢可靠的根基^[1]。

1.1.2 光电缆敷设

(1) 敷设方式。根据不同的铁路区段和环境条件，技术人员采用直埋、管道、架空等敷设方式。直埋敷设适用于郊外地形较为平坦且无障碍物的区域，在敷设时应注意光电缆的埋深，一般普通土质地段的埋深不小于1.2m，石质地段不小于0.8m，同时在敷设作业上方及周围铺设警示带。管道敷设常用于城市区域或铁路站内，应提前铺设好管道，并在管道内预留牵引绳，以便穿放光电缆。架空敷设则适用于跨越河流和山谷等特殊的地段，但敷设时要确保架空的高度符合铁路的限界要求，且做好防雷和防强风等防护措施。

(2) 敷设过程。在光电缆敷设过程中，应采用专业的敷设设备，如电缆敷设机和光缆牵引机等，以确保光电缆匀速且平稳地敷设。同时，应严格控制光电缆的张力，避免因张力过大而导致光电缆受损。另外，

在拐弯处和接头处等特殊部位，应增加防护措施，如设置转弯滑轮和安装接头盒防护套等。

1.1.3 光电缆接续与测试

(1) 接续。光电缆接续是光电缆线路施工的关键环节。对于光缆接续，应采用高精度的光纤熔接机进行熔接，熔接后需要对接头进行加强保护，一般采用热缩套管进行封装。电缆接续则要根据电缆的类型选择合适的接续方式，如芯线的扭绞接续和压接等，并要做好绝缘处理。

(2) 测试。在接续完成后，需要对光电缆的接续质量进行测试。光缆测试主要包括光纤衰减测试和光纤接续损耗测试。光纤衰减测试可采用OTDR（光时域反射仪）进行，通过测量光信号在光纤中传输的衰减情况，判断光纤的质量。而光纤接头损耗测试则是对每个光纤接头的损耗进行精确测量，要求单个接头的损耗不能超过规定值（如0.08dB）。此外，电缆测试主要包括绝缘电阻测试和直流电阻测试等，以确保电缆的电气性能符合要求^[2]。

1.2 通信设备安装调试

1.2.1 设备安装

(1) 机房环境准备。在通信设备安装前，应确保机房的环境

【作者简介】宋向山（1981—），男，河南新乡人，本科，工程师，研究方向：通信工程。

符合设备安装的要求，机房应具备良好的通风、散热、防尘、防潮等条件，且地面的承重应满足设备重量的要求，电源供应保证稳定可靠，接地系统完善，并确保接地的电阻不大于规定值（如 1Ω ）。

（2）设备安装步骤。首先，根据设备的安装图纸，确定设备的安装位置，将设备平稳安装在机柜或机架上，并进行固定。其次，进行设备内部板卡和模块的安装与连接，注意连接的正确性与牢固性。对于大型的通信设备，如程控交换机和基站设备等，应按照设备厂家的安装手册进行详细的安装操作，以确保每个部件安装到位。

1.2.2 设备调试

（1）单机调试。在设备安装完成后，进行单机调试，对通信设备的各项功能逐一测试，如交换机的呼叫处理功能和基站设备的信号发射与接收功能等。通过设置不同的测试参数和模拟各种业务场景，检查设备是否能够正常运行、是否存在故障或异常的情况，一旦发现的问题及时进行排查与修复^[3]。

（2）系统调试。在单机调试合格后，进行系统调试，将各个通信设备连接起来，构建成完整的铁路通信系统，以测试系统的整体性能，测试内容包括系统的传输速率、误码率、通信覆盖范围、不同设备之间的兼容性等。通过系统调试，有助于确保整个铁路通信系统能够稳定且高效地运行，以满足铁路运输的通信需求。

1.3 无线通信系统施工

1.3.1 基站建设

（1）基站选址。基站的选址应综合考虑铁路沿线的地形、信号覆盖范围、与其他基站的间距

等因素，一般选择在地势较高和视野开阔的位置，以确保信号能够覆盖铁路的线路，同时考虑基站与铁路供电系统和传输网络的连接便利性。

（2）基站设备安装与调试。基站设备包括天线、收发信机以及电源设备等。天线的安装要根据覆盖的要求确定其高度、方向角和俯仰角，以确保信号能够准确覆盖到铁路的轨道。收发信机和电源设备应安装在机房内，并按照设备的安装规范进行安装与调试，以保证其正常运行，从而提供稳定的信号发射与接收能力。

1.3.2 移动终端设备配置

铁路移动终端设备主要包括机车电台和手持对讲机等，在配置移动终端设备时，根据不同的使用场景和通信需求，设置合适的通信参数。同时，确保移动终端设备与基站设备之间的兼容性，并进行充分的联调测试，进而保证移动终端在铁路运行过程中能够与基站保持稳定的通信。

2 铁路通信工程质量控制措施

2.1 施工前质量控制

首先，铁路通信部门需要组织专业的技术人员对铁路通信工程施工图纸进行详细的审核，检查图纸是否完整且准确以及是否符合铁路通信工程的相关标准与规范，重点审核光电缆线路路由、通信设备布局、接口连接等关键部位的设计，发现问题应及时与设计单位进行沟通解决，以确保施工图纸的正确性，这是施工质量的重要前提。其次，铁路通信部门需要对进入施工现场的光电缆、通信设备、配件等施工材料和设备进行严格检验，检查材料的质量证明文件、规格型号是否与设计要求相符，并对光电缆进行抽样测试，如光纤的衰减和电缆的电气性能等。对于通信设备，检测人员需要进行开箱检验，检查设备的外观是否完好、内部部件是否齐全、设备功能是否正常等。铁路通信部门需要严禁使用不合格的施工材料与设备，从源头上保证施工质量。最后，铁路通信部门需要对参与铁路通信工程施工的人员进行全面培训，包括施工的技术规范、安全操作规程、质量控制要点等方面，使施工人员熟悉施工的工艺和技术要求，掌握施工设备的操作方法。同时，在施工前进行详细的技术交底，将施工任务、技术要求、质量标准等内容明确告知施工人员，确保施工人员在施工过程中有据可依，且按章施工。

2.2 施工过程质量控制

首先，铁路部门需要建立健全铁路通信工程施工质量管理体系，明确各部门和各岗位在施工质量控制中的职责与权限，并制定质量管理制度、质量检验制度、质量奖惩制度等，使施工质量控制工作规范化和制度化。在施工的过程中，还需要严格按照质量管理体系的要求进行操作，以确保施工质量处于受控的状态。其次，铁路部门需要成立专门的质量监督检查小组，对铁路通信工程施工过程进行定期与不定期的检查，检查内容包括光电缆线路施工质量、通信设备安装调试质量、无线通信系统施工质量等各个方面。对检查中发现的质量问题，需要及时下达整改通知书，要求施工单位限期整改，并对整改的情况进行跟踪复查，以确保质量问题得到彻底的解决。最后，铁路部门需要对铁路通信工程施工中的关键工序，如光电缆接续和通信设备调试等，实行旁站监

理的制度，安排专业的监理人员在关键工序的施工过程中进行全程的旁站监督，确保关键工序的施工质量符合要求^[4]。

2.3 施工后质量控制

一方面，在铁路通信工程施工完成后，铁路部门需要进行全面的系统联调与测试，通过模拟铁路的实际运营场景，对通信系统的各项功能进行综合测试。通过系统的联调与测试，可以检查出通信系统是否满足铁路运输的实际需求、是否存在漏洞或故障隐患等。对测试中发现的问题，需要及时优化与整改，以确保通信系统的稳定性与可靠性。另一方面，铁路部门要组织相关部门和专家对铁路通信工程进行竣工验收，验收的内容包括工程实体质量、施工资料完整性、设备运行情况等方面。

3 铁路通信工程新技术应用与发展趋势

3.1 新技术应用

3.1.1 5G 在铁路通信中的应用

5G 的高速率、低延迟和大容量特性为铁路通信带来了新的机遇。在列车自动驾驶方面，5G 能够实现列车与控制中心之间的实时精准通信，确保自动驾驶指令的快速传输与执行，提高了列车运行的安全性和效率。在旅客服务领域，5G 支持高清视频监控和高速无线网络接入等功能，为旅客提供了更加便捷和丰富的出行体验。例如，旅客可以在列车上流畅地观看高清视频和视频通话等。

3.1.2 物联网技术的融入

物联网技术可将铁路沿线的设备和设施以及列车自身的各种传感器连接起来，形成一个庞大的物联网网络。通过物联网，能够实现对铁路基础设施的实时监测与智能维护。同时，物联网还可以应用于列车的智能管理，如车厢内的环境监测与调控、设备运行状态监控等^[5]。

3.2 发展趋势

3.2.1 智能化发展

未来铁路通信工程将朝着智能化的方向不断发展。智能化的通信系统能够自动感知铁路运营环境的变化，根据不同情况自动调整通信的参数和策略。同时，智能化系统还能够对海量的通信数据进行分析挖掘，为铁路运营管理提供决策的支持。

3.2.2 与其他交通方式的融合

随着综合交通体系的不断完善，铁路通信工程将与其他交通方式的通信系统进行融合。在多式联运场景下，铁路通信可以与公路、水运、航空等交通方式的通信进行协同工作，以提高货物运输的效率和信息透明度，实现全程物流信息的实时跟踪与管理。

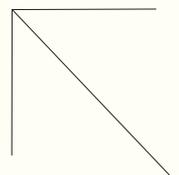
结语

铁路通信工程施工技术要点涵盖光电缆线路施工和通信设备安装调试以及无线通信系统施工等多个方面，每个方面都有其独特的技术要求

与操作规范。铁路部门通过实施严格的质量控制措施，包括施工前、施工过程和施工后 3 个阶段的质量控制，有效保障铁路通信工程的施工质量，以确保铁路通信系统稳定高效运行，为铁路运输的安全、快捷、舒适提供坚实的通信保障。在未来的铁路建设中，随着通信技术的不断发展与创新，铁路通信工程施工技术与质量控制措施将不断地完善与进步，以适应铁路现代化建设的更高要求。^[6]

引用

- [1] 查双全. 铁路通信工程中的光纤传输系统设计与优化[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(17): 181-183.
- [2] 国家级期刊《铁路通信信号工程技术》[J]. 铁路通信信号工程技术, 2024, 21(9): 113.
- [3] 张伟. 铁路通信工程管理在项目中的应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(35): 69-71.
- [4] 《铁路通信信号工程技术》[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(11): 118.
- [5] 王聪敏, 王哲. 物联网环境下铁路通信工程的数字化设计[J]. 自动化应用, 2023, 64(12): 164-166+170.



大语言模型

在人机互动中识别言外之意的能力探索

文◆广西大学 文发旭 刘凌光

引言

随着人工智能技术的飞速发展，特别是大型语言模型的涌现，人机互动已经成为语用学研究的新热点。大型语言模型在自然语言理解和生成方面展现出了前所未有的能力，为人机互动带来了更加自然、流畅的沟通体验。然而，如何使这些模型更加精准地理解和生成言外之意，仍然是一个亟待解决的技术难题。本研究旨在深入探讨大型语言模型在识别和处理言外之意方面的能力，分析其在复杂人机互动场景中的表现，并探讨增强模型语用推理能力的技术路径。

1 研究背景

1.1 言外之意的概念及其语用学背景

言外之意是语言中相对委婉的一种表达方式，是对语言表达中言不尽意的补充^[1]。《现代汉语词典》（2002年增补版）中认为，言外之意就是话里暗含着的没有直接说出的意思^[2]。其含义是听话人能从说话人的话语中理解到说话者的真实意图。

关于言外之意的产生，不得不提到语言学家格莱斯的合作原则^[3]。格莱斯在研究中发现，常见的话语表达在被说出后，往往会有额外的含义出现，即说者所要表达的内容超出了其言语本身，这都是会话原则在起作用。基于这些准则，言外之意的生成遵循会话者间的一种隐形的合作契约，说话者依据合作原则产生言外之意，而听话者则依据相同的原则解读这些言外之意。

1.2 人机互动中言外之意的重要性

随着近年来人工智能的发展，以人工智能为基点的“人机互动”研究已成为语用学的热点。在人机互动中，尤其是在自然语言理解和生成的人工智能系统中，识别和生成言外之意的能力至关重要。这种能力不仅是实现自然流畅的人机交流的关键所在，还是提升人工智能系统实际应用效果的重要因素。这种对隐含信息的理解，在智能家居、语音助手等领域尤为重要，同时也可运用到教学领域。

1.3 大型语言模型的基础

学者张武英曾指出，机器只能在固定代码之间机械地对固定信息编码和解码，而言语交际中的主体却对话语的表达和理解具有积极主动性^[4]。但随着大语言模型的快速发展，其在自然语言处理领域展现出了卓越的能力，尤其是在语义理解和常识推理方面^[5]。

大语言模型的卓越表现得益于其所基于的 Transformer 大模型架构。目前，自然语言处理领域大部分先进模型都是基于 Transformer 模型的大模型架构进化而来。该架构利用了自注意力机制，能够高效地处理和生成自然语言文本^[6]。通过这种机制，大语言模型能够捕捉到文本中词汇和句子之间的复杂关系，从而理解语言的深层含义。虽然大语言模型在语义理解和常识推理方面表现出色，但并非尽善尽美。大语言模型仍然面临一些挑战。

2 研究问题

本文旨在针对不同的大型语言模型进行深入测试，重点评估其在

【作者简介】文发旭（2001—），男，彝族，云南昭通人，研究生，研究方向：对外汉语教育。

【通讯作者】刘凌光（1998—），男，安徽淮南人，研究生，研究方向：对外汉语教育。

复杂人机互动场景中识别和处理言外之意的能力。通过测试，本文将深入探讨大型语言模型在理解言外之意时产生的失误原因，并分析以 ChatGPT4 为代表的前沿模型是否已有效解决理解言外之意这一难题。

3 研究设计

3.1 本文所研究的大语言模型

鉴于当前国内外广泛采用的大型语言模型，并考虑到这些模型在实际应用中的可操作性，本研究选定文心一言 3.5、文心一言 4.0、文心一言 4.0Turbo、GPT3.5、GPT4 以及 GPT4o 作为研究对象。这些大型语言模型已在多个基准测试（如 Alpaca、Lmsys 等）中展现出卓越的语言理解能力，因而被视为人工智能领域发展的标志性大模型。

3.2 语用能力问题来源

本文旨在探讨大型语言模型在人机互动中识别言外之意的能力。为此，本研究从对话中的言外之意这一核心概念出发，综合相关学术论文、网络检索结果以及日常对话实例，收集了 100 个关于言外之意的语料。在此基础上，参考 Floyd（2022）所设计的多项选择题模式，构建问题集。每个问题均配备了 4 种选项，即正确选项、反映句子表面意义的选项、干扰选项以及无关选项。

例如，请你选择老师说这句话的正确意图：老师走进教室，看着窗户说：“今天的天气真热啊！”

- A 今天的天气热
- B 今天的天气不热
- C 让学生打开窗
- D 晚餐很好吃

3.3 测试流程

首先，使用 Python 编写代码，该代码负责调用各大语言模型的 API 接口。随后，将每种语用现象的测试集分别整理导出为独立的文本文件。通过循环调用这些文本文件中的每一道题目，实现测试工作的自动化处理。在 6 个大模型全部完成测试并输出结果后，对各模型在不同语用现象中的回答正确率进行统计分析。为确保数据的准确性和可靠性，

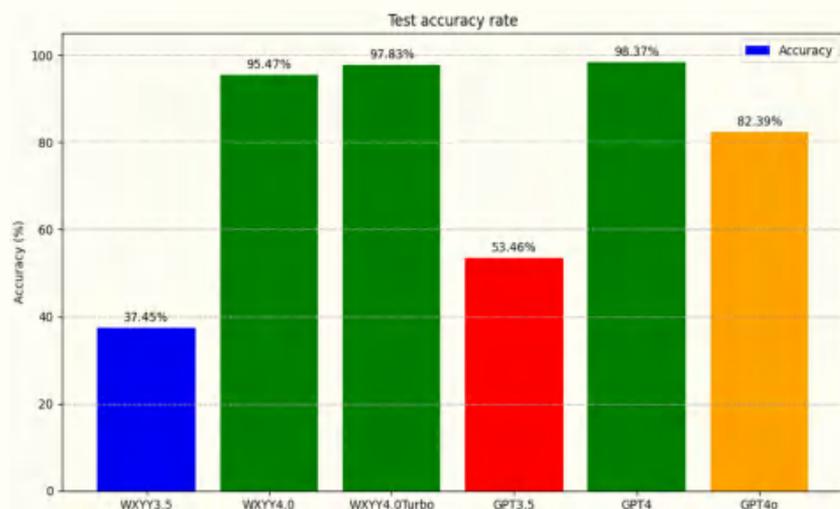


图 1 模型准确率图

每项测试均重复进行 3 次。最后，利用 Python 编程语言结合 Matplotlib 库，生成柱状图对测试结果进行直观分析与展示（见图 1）。

3.4 结果

在对这 6 个大语言模型进行测试后，可以明显发现文心一言 4.0、文心一言 4.0Turbo、GPT4 对于句子的语用推理能力非常强，并且能够准确指出这是言外之意的语境辨别分析。以下是文心一言 4.0Turbo 所展示的分析步骤。

这是一道语境辨析的问题，目的是根据句子内容推断出老师的真实意图。题干给出的句子是老师走进教室，看着窗户说：“今天的天气真热啊！”需要通过这句话来分析并判断老师的真实意图。

- A. 今天的天气热
- B. 今天的天气不热
- C. 让学生打开窗
- D. 晚餐很好吃

虽然句子直接表达了“今天的天气很热”的观点，但考虑到老师看着窗户这一行为，他可能还有意图让学生打开窗户。在给定的选项中，A 选项“今天的天气热”直接对应句子的内容，只有 C 选项“让学生打开窗”是对老师看着窗户这一行为的合理推断。由于题目要求选择“老师说这句话的真实意图”，在这里“天气热”是句子直接表达的内容，而“让学生打开窗”是基于情境的额外推断。因此，更直接且准确的答案是 A “今天的天气热”。如果题目意图是询问老师的所有可能意图，那么 C 也是一个合理的考虑。但在此情境下，优先选择最直接和明确的意图。

遗憾的是，文心一言 3.5 和

GPT3.5 这两个大型语言模型在识别言外之意方面显得力不从心，它们往往只能捕捉到句子的字面意思。此外，即使是文心一言 4.0 和 GPT4 这种强大的大型语言模型，也表现出对语境的强烈依赖性。如果缺少相应的语境信息，它们很难做出正确的选择。例如，当问题简化为“老师走进教室，说：‘今天的天气真热啊！’”时，仅有 GPT4、文心一言 4.0 和文心一言 4.0Turbo 在经过 3 次训练后能够选出正确答案。由此可见，语境对于大型语言模型进行语用推理具有重要影响。

测试结果如图表所示，GPT4、文心一言 4.0 和文心一言 4.0Turbo 的正确率均达到了惊人的 98.37%、95.47% 和 97.83%。而文心一言 3.5 和 GPT3.5 的表现则相对逊色，正确率远低于前三者。经过检查发现，大型语言模型所选择的错误选项主要都是字面意思选项。

值得注意的是，GPT4o 在测试中对于日常对话中情感交流方面的言外之意表现出了非常强的敏感性。GPT4o 的正确率为 82.39%，其中接近 40% 的正确答案都是关于日常对话中情绪方面的言外之意。由此可见，GPT4o 在未来的人机互动中具有广阔的应用前景和强大的实用价值。

4 大语言模型失误现象原因分析

在对大语言模型进行测试时，文心一言 3.5 的表现最差，也最具代表性，因此将文心一言 3.5 作为主要分析对象。以下是文心一言 3.5 在选择时的分析过程。

这是一个语境理解和意图推断的问题。接下来，将根据问题对选项进行详细分析。

首先，明确老师所说的原

话——“今天的天气真热啊！”这是一个直接描述天气状况的句子，关键在于理解这句话的字面意义和背后的隐含意图。

- A. 今天的天气热
- B. 今天的天气不热
- C. 让学生打开窗
- D. 晚餐很好吃

进一步分析老师的语境和意图。老师走进教室后，首先注意到并评论的是天气状况，这是一个对环境的自然反应。老师的话语中并未包含任何明确的指示或要求，只是单纯地描述了一个事实——天气热。

综上所述，老师走进教室后说“今天的天气真热啊！”这句话的主要意图是描述当前的天气状况，即天气很热。这个描述是直接且无歧义，同时与 A 选项完全吻合。

因此，答案是 A 选项。

显而易见，文心一言 3.5 版本能够识别出这是一个涉及语境理解与意图推断的问题。然而，它在理解言外之意时，对字面意义的依赖相当显著。它并未遵循理解言外之意时应有的合作原则，这也正是文心一言在处理此类问题时的一个重大缺陷。

结语

本次研究表明文心一言 4.0、文心一言 4.0Turbo 和 GPT4 在识别和处理言外之意方面表现出色，这些模型能够在复杂的语境中准确推断出言外之意，而文心一言 3.5 和 GPT3.5 则主要停留在字面意义的理解上，表现相对较弱。此外，GPT4o 在处理日常对话中的情感交流方面表现出了显著的敏感性，尤其是在识别情感言外之意方面具有潜力。此次研究有效探索了大语言模型在人机互动中识别言外之意的能力，但仍存在一些不足之处，测试的语料样本不够广泛，未能覆盖所有的言外之意情境，且研究依赖于特定模型的 API 接口和设定，这会影响结果的普适性。未来研究中可以探索更广泛的语料库，增加不同情境和文化背景的测试，有效探索大语言模型在人机互动中识别言外之意的能力，以此推动人机交互的发展。

引用

- [1] 龚海燕.论言外之意的产生[J].云梦学刊,1996(3):84-86+46.
- [2] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室编.现代汉语词典[M].北京:商务印书馆,2002.
- [3] HP Grice.Lonic and Conversation[A].P Cole,J Mornan(eds.).Syntax and Semantics[C].1975:41-45.
- [4] 张武英.言外之意的类型及其推理[J].常州工学院学报(社科版),2005(2):77-82.
- [5] 袁毓林.如何测试ChatGPT的语义理解与常识推理水平? ——兼谈大语言模型时代语言学的挑战与机会[J].语言战略研究,2024,9(1):49-63.
- [6] 刘海涛,元达.大语言模型的语用能力探索——从整体评估到反语分析[J].现代外语,2024,47(4):439-451.

网络安全攻击 防控体系建设中大数据、人工智能应用探索

文◆安徽省特种设备检测院 徐建国

引言

随着国家安全审查、等级保护、风险评估以及实战化攻防演练等工作的逐步开展和深度演进，对网络运营者的管理能力提出了更新、更高的要求。发展是安全的基石，而安全是发展的保障，信息化、数字化与安全已构成一体之两翼，驱动之双轮，网络安全已成为数字化转型的底板工程。

本次调研分析了当前的网络安全现状，并结合前沿技术，探索大数据、人工智能技术在网络安全攻击防控体系建设中的应用，以期为网络安全管理提供新的思路和解决方案，最终实现网络安全攻防体系的构建和提升。

1 背景分析

随着数字化转型步伐的加快，面临的网络安全威胁变得日益复杂化和多样化。攻击手段不断升级，从传统的 DDoS 攻击、SQL 注入 APT，再到近年来肆虐的勒索软件和供应链攻击，这些不断演变的攻击手段对网络安全提出了严峻挑战。在这一背景下，如何通过持续的安全运营，确保行业业务的稳健发展和信息化建设连续运行，并按照“三同步”原则统筹开展网络安全规划、建设和运营，成为目前需要研究的关键课题。

2 网络安全现状

网络安全防控体系建设是一个多维度、跨领域的复杂体系，不仅关系到技术层面的防护，还涉及监管合规、风险管理以及与新兴技术相结合的战略规划。随着数字化转型的加速，行业面临的网络安全挑战日益严峻，包括外部网络攻击、内部威胁、数据泄露以及 APT 等。

2.1 当前的安全威胁和挑战

近年来，信息安全风险事件时有发生，网络和信息安全的重要性愈发凸显。网络安全面临的挑战和威胁呈现出多维度和复杂化的特点。外部网络攻击，诸如 DDoS 攻击、钓鱼攻击和恶意软件的侵袭层出不穷，而内部威胁，包括员工误操作和恶意行为，则会导致敏感数据泄露或系

统出现故障。同时，新兴的安全威胁，如勒索攻击、零日漏洞、APT 和供应链攻击等，也给行业的网络安全防护带来了新的挑战。

面对这些安全威胁和挑战，网络安全的挑战已经不再局限于单纯的技术范畴，而是演变成了一个涉及技术与管理相结合的复杂体系^[1]。在技术层面，存在以下主要问题。设备适配速度滞后于设备增长的速度，安全措施的实施周期长且见效慢；告警数量庞大与安全团队人员相对匮乏之间的矛盾日益尖锐，使得全面核查告警信息变得极为困难；安全研判工作门槛高，加之安全专家数量的有限，进一步加大对安全事件进行全面且准确分析、研判以及响应的难度；现有的安全

【作者简介】徐建国（1981—），男，安徽合肥人，工程硕士，高级工程师，研究方向：计算机网络及网络安全。

脚本往往难以精准契合客户的特定业务需求，导致安全管理难以形成有效的闭环。在管理层面，同样面临诸多挑战。缺乏专职的安全运营团队，使得安全措施的执行和监督存在缺口；缺少一套系统性的管理规范 and 流程，对于确保安全措施的一致性和有效性至关重要；将安全工作的成果进行量化和汇报也是一个亟待解决的难题，这不仅影响了管理层对安全状况的理解和支持，也使得安全团队的工作成效难以得到全面、准确地评估和认可。

无论是技术维度还是管理维度，挑战往往都集中在从告警和日志产生到聚合、分析和研判的过程中。然而，现阶段每日产生的海量告警，基于用户现有安全团队的技术能力与工作精力，以及过去常见的告警聚合分析研判手段，往往无法进行全量处理和

形成闭环。其中涉及攻击成功的检测、告警的定性、多类告警的聚合、基于告警生成完整事件链条、资产和漏洞管理与告警管理的融合等多个技术与管理维度的挑战。

2.2 现有的安全措施和技术

在网络安全领域，采取了一系列先进的技术和措施，以应对不断演变的安全威胁。例如，利用大数据技术进行威胁情报分析，通过海量的情报源获取，结合自动化分析工具和情报中心高级攻防实验室团队的力量，对各类安全设备所覆盖的数据进行深入分析。该系统能够处理海量本地威胁情报，并与海量设备实现实时情报上送共享，形成闭环的情报反推机制，从而及时发现并应对潜在的安全威胁。

在安全运营服务方面，能够实现对外部攻击过程和内部异常行为的精准画像。基于 ATT&CK 框架，还原攻击路径和过程，提供实体分析和多种场景化分析工具，以全面了解和防御各种网络威胁。

从安全事件视角来看，无论何种类型的攻击手段，参考 ATT&CK 等抽象模型，一个完整的安全攻击事件通常包含侦查、资源开发、初始访问、执行、持久化、横向移动、数据窃取等 14 个战术阶段中的多个环节。在安全检测层面，最终落地要看流量检测与终端检测，如恶意邮件的附件落盘文件检测、文件行为检测、外联远控数据窃取过程中的流量检测等。现阶段，通常采用 SIEM（安全信息和事件管理）和 XDR（Extended Detection and Response，可拓展威胁检测与响应）两个技术路线来解决流量侧设备与端侧设备（如防火墙、网络检测和响应、终端检测与响应等）所产生的多告警分散、难以聚合网络侧和端侧检测信息的问题。

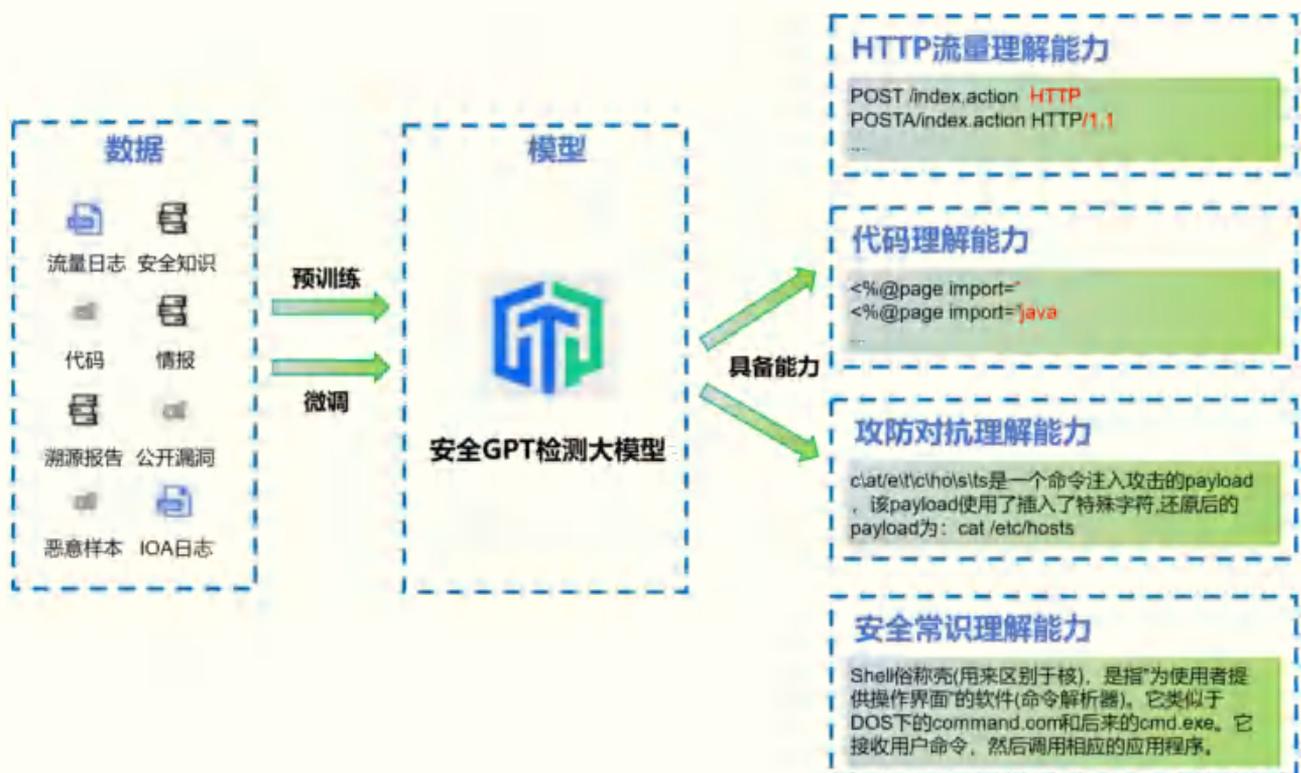


图 1 基于 GPT 的安全检测技术

XDR 路线中包含了 SIEM 的功能，可以接收并分析海量第三方设备厂商的日志，以“E（端）+N（网）”的网端聚合分析理念应对网络安全监测数据分散的问题。

GPT（Generative Pre-Trained，生成式预训练转换器）诞生后，将 GPT 应用于 Web 流量检测领域并取得了较好成果。通过将黑白 Web 流量在预训练及微调阶段用于大模型训练，并基于安全专家研判经验对大模型检测和研判能力进行牵引，大模型具备了类似安全专家对 HTTP 流量、日志、代码的理解和分析能力。它通过自注意力机制关注到 Web 流量代码中的异常，判断代码意图，理解代码是否具有恶意特性，并进一步基于上下文进行准确关联和综合研判（见图 1）。大模型在 Web 流量检测方面表现出色，经过多个高绕过性的 Web 攻击数据集验证，相比传统正则规则和语法规义引擎，基于大模型的 Web 流量检测方法在检出率上有了显著提升，误报率也明显降低。主要差异体现在规则引擎是“匹配攻击特征”，语义语法以及小模型行为引擎是“识别攻击行为”，而 GPT 则是“理解代码与攻击过程”。此外，通过在不同客户本地挂载向量数据库并结合 RAG（Retrieval Augmented Generation，检索增强生成）技术，学习客户本地的业务流量、资产数据、管理制度、历史日志等信息，GPT 在问答、研判、建议生成等过程中，能够参考相关文档构建符合客制化要求的内容。

从检测效率角度来看，GPT 优化了从告警产生到告警研判的效率，并且相较于传统人员值守和分析，GPT 具备更强的处理能力和真正的 7*24 小时工作机制。通过广泛风险遥测数据和告警日志的采集输入，利用大模型 GPT 的逻辑思维能力进行自主分析研判，可以实现攻击检测到分析的处置闭环。基于思维链的任务拆解，可以完成资产查询、情报查询、数据包解读、关联分析等操作，进而形成有效的结果分析和处置方案。安全人员可以通过自然语言与安全 GPT 进行交互，以快速问答的方式调动对应的工具、人员和流程，从而提升安全运营的对话能力和运营效率，将安全响应单安全事件的处置速度提升到 5min 以内，显著增强网络空间安全对抗响应和处置效能。

对于异常行为分析而言，实际上是访问控制和行为分析的有机结合。在这一阶段，通过零信任架构与 GPT 的深度融合，实现了对现有安全产品的充分对接。借助流量身份化和行为分析大模型，能够帮助客户在办公网、物联网、云 & 数据中心等多个场景实现访问可视、行为可知、权限可控，从而分阶段落地零信任安全体系。整个异常行为和访问控制层面分为动态与静态两个方面。（1）静态权限收敛。对网络暴露面及应用 / 数据权限风险进行持续收敛，让用户只能接触到职责范围内的应用和数据。（2）动态访问控制。在静态收敛的基础上，通过分析发现合法用户非法访问（登录 / 访问 / 操作异常，如账号泄露、账号借用、内网横向、高频下载等），并基于风险行为实现动态控制（如增强认证、注销登录、冻结账号、降权、隔离等），以快速遏制风险。同时，对访问控制策略进行加固和优化（如提升认证强度、闲置策略回收等），规避后续风险的发生。

针对外部攻击画像的构建通常包含两个步骤。一是基于威胁情报，

对知名攻击组织或恶意工具进行精准画像；二是通过攻击故事线还原的方式生成各类事件的完整图谱，以实现精准画像。攻击故事线主要通过行为日志与告警的串联、过滤正常场景、推理缺失过程和关联关系，形成具备可读性的事件过程与逻辑关系图谱，以对安全事件进行精准描述。一次完整的攻击并非一蹴而就，它会在不同节点留下蛛丝马迹。部署在不同节点的安全组件会产生大量孤立的安全日志，而这些孤立设备的告警高度依赖人工进行聚合。这个过程需要排除冗余信息，结合上下文信息、历史信息以及安全知识等进行研判，耗费大量时间和精力，且安全效果很大程度上依赖于安全分析师的个人能力。

XDR 以统一数据模型为基础，在原生关联的数据基础上进行检测，组件检测结果天然带有关联关系。采用威胁图谱（Threat Graph）进行统一规划，高保真安全语义模型弹性支撑各类格式的安全数据。模型提取和安全语义相关的字段，统一建模抽象包括但不限于实体节点类型的进程、文件、注册表、用户、网络端口、定时任务、WMI、COM、业务资源、蜜饵资源等点结构，以及告警举证、创建关系、引用关系、删除关系等安全语义边结构^[2]。通过统一的 Threat Graph 图模型描述语言可以弹性支撑异构多元的数据集合，包括但不限于终端侧 IOA、内存扫描、文件扫描、威胁情报、流量侧告警、业务 UEBA、零信任日志等，为后续深度关联、研判分析提供高保真的语义模型。再基于告警统计、时序、语义、情报、关联等

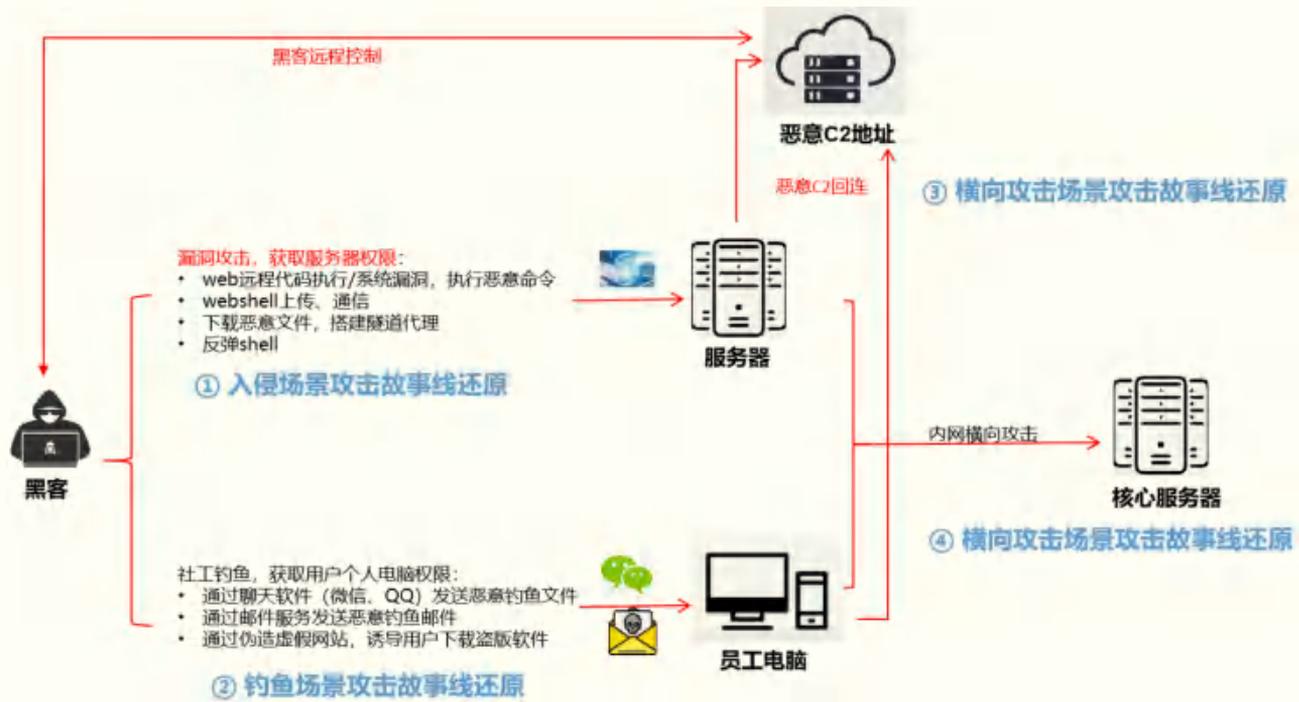


图2 图形攻击链路

维度的上下文，结合攻击成功检测，精准判断是否中招。对告警进行自动化分类，并评估其威胁等级，降低误报对安全运营人员的干扰。针对不同场景，灵活采用了强关联或弱关联，通过ATT&CK技战术因果关系、时间顺序、威胁场景等关联，发现最合理的数据关联关系。XDR的安全事件检测结果都带有攻击的上下文以及一次攻击涉及的所有组件告警，在一个页面即可展示一次完整的攻击故事线，从而协助进行事件的精准画像。

各类攻击场景可以汇总成图形攻击链路（见图2），而攻击故事线还原的目标就是将这些链路完整地还原精准的画像。

总的来说，现阶段各类具体挑战均已有相应的技术手段去应对，例如，基于GPT的攻击成功检测能够通过学习用户本地业务访问特征降低误报；基于XDR技术的告警关联与事件

链的生成；基于XDR技术通过对攻击时间间隔零散性、攻击URL广度、成功状态码占比、攻击payload变换频率、单次攻击持续时间、单次攻击次数、认证信息、响应内容变换频率等维度特征的有监督学习进行告警定性，以区分定向攻击、黑灰产失陷、业务误报与扫描器攻击等；基于GPT的告警事件研判；基于VPT（Vulnerability Prioritization Technology，漏洞弱点优先级技术）的漏洞排序技术通过综合评价漏洞可利用性、危害性、可触达性、资产重要性、内部攻击情报、外部攻击情报等维度，对漏洞进行综合排序，以提高漏洞管理效能。然而，这些技术的实施仍需要大量管理工作配合进行，如漏洞管理相关流程中的漏洞复测、与业务软件厂商的协调沟通、逻辑漏洞的渗透发现等，虽然可结合工单系统通过GPT进行工单的发起与流转节点的自动生成以提高效率，但短时间内仍无法完全替代人工的作用^[3]。

目前，大数据和人工智能应用主要集中在鉴定过程中，在海量数据采集与预处理过程中，对大数据底层处理性能要求较高，因此需要通过自研底座进行海量数据的预处理，以确保不同来源、不同类型的数据均能满足鉴定所需的数据标准。在鉴定过程中，通过NLP、社区发现、机器学习等技术进行情报分析，得到每条情报的处理结果，再通过交叉校验、集成学习等方式对处理结果进行综合校验得到最终的情报结论。

3 网络安全防控体系构建策略

在构建网络安全防控体系的过程中，大数据和人工智能的融合应用至关重要。它们不仅极大提升了安全威胁的识别速度和响应效率，还带来了新的挑战。为了应对这些挑战，必须采取一系列综合性策略，包括构建多层次防御体系和强化安全意识教育等。通过这些策略的实施，可

以构建一个更加安全、智能、高效的网络安全防控体系，以有效应对日益复杂多变的网络安全威胁^[4]。

3.1 建立多层次防御体系

为了有效抵御网络安全威胁，构建一个多层次的网络安全防御体系显得尤为关键。这包括网络边界安全加固、终端保护智能化、云计算环境安全保障、内部网络微细分隔离和控制、数据安全保护、强化身份和访问管理、集中式安全监控、供应链安全管理、法规遵从与审计以及持续的威胁评估与技术更新等措施。通过这些综合性措施的实施，网络安全防控体系将更加健全和灵活，能够适应不断变化的威胁环境，有效提升对安全威胁的识别、防御和响应能力。

3.2 强化安全意识教育

构建一个坚固的网络安全防控体系，关键在于提升网络运营者和用户的安全意识。为此，应采取一系列创新和系统的策略，以提升整体的安全素养和防御能力。通过定制化安全培训、模拟攻击演练、安全文化建设等方法，确保员工在任何地点都能始终保持应有的安全意识和水平。通过这些综合性措施，不仅可以提高员工对网络安全威胁的认识，还能培养良好的安全习惯，为构建一个更加安全和稳固的网络安全防控体系奠定坚实基础。

结语

大数据和人工智能作为战略性科技，正引领着技术与产业革命。2024年2月，国资委在国有企业改革深化提升行动的专题推进会上特别强调了人工智能的重要性，明确指示国有企业需依托自身的技术资源和产业基础，进行科学规划和加大投入，以增强其在国家战略中的关键支撑作用。

在网络安全领域，大数据和人工智能技术的应用显得尤为关键。它们通过提供强大的分析能力和自动化处理流程，有效解决了网络安全行业长期面临的攻防不对等和专业人员短缺的问题，显著提高了安全威胁的识别速度和响应效率。

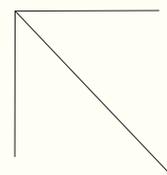
通过不断的技术创新和升级迭代，可以充分利用这些技术带来的优势和便利，提升机构的网络安全整体防控能力，为资本市场的安全平稳运行保驾护航。

尽管大数据和人工智能技术已在网络安全领域取得了巨大成功，但它们的实施仍面临一些挑战，包括技术更新迭代速度、数据安全与个人隐私保护、安全性问题、跨领域协同以及安全技术的标准化等。为了

克服这些挑战，业界需要不断加强技术研发与合作，同时推动相关法规政策的完善，以确保技术的可持续发展和网络安全的有效保障。^[5]

引用

- [1] 全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国网络安全法[EB/OL].(2016-11-07)[2024-07-20].http://www.npc.gov.cn/zgrdw/npc/xinwen/2016-11/07/content_2001605.htm.
- [2] 第十三届全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国数据安全法[EB/OL].(2021-06-11)[2024-07-20].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1702265632126727684&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 李乔,何慧,方滨兴,等.基于信任的网络群体异常行为发现[J].计算机学报,2014,37(1):1-14.
- [4] 胡洋瑞,陈兴蜀,王俊峰,等.基于流量行为特征的异常流量检测[J].信息网络安全,2016,(11):45-51.



卷烟物流配送中 电子签收图片识别系统的设计与实现

文 ◆ 江苏镇江烟草公司 张翰如

引言

物流送货到户是完成卷烟销售的最后一步，也是确保卷烟销售规范、准确的重要环节。本文基于图像识别技术，设计并实现了一种卷烟配送电子签收图片识别系统。该系统能够自动对卷烟配送过程中的签收图片进行识别与分析，判断签收行为是否符合规范要求，并将疑似存在问题的签收照片推送给人工审核，从而有效提升业务效率，降低规范风险。

1 系统背景与需求分析

1.1 系统背景

《江苏省烟草专卖局中国烟草总公司江苏省公司关于进一步规范卷烟送货服务的通知》对送货规范提出了一系列明确规定，要求必须严格按照“卷烟配送单”对卷烟、物品、货款等进行签收确认，必须按“卷烟配送单”地址送货到户，并加强痕迹化管理。然而，面对每天多达四千余次的签收记录，人工识别、汇总以及分析异常签收结果的工作量巨大，难以保证效率和准确性^[1]。

1.2 需求分析

针对上述问题，本系统需要

实现以下功能需求。第一，自动识别签收图片。系统能够自动接收并识别卷烟配送过程中的签收图片，提取图片中的关键信息，如签收人、签收时间、签收地点等。同时，利用图片判断卷烟货物到货准确性。根据电子签收图片，核对卷烟货物的颜色、尺寸以及数量，帮助送货员与零售客户核对货物，保障零售户财产与权益，避免送货过程中产生的财务纠纷。第二，判断签收行为是否符合规范要求。系统应根据识别结果，判断签收行为是否符合《江苏省烟草专卖局中国烟草总公司江苏省公司关于进一步规范卷烟送货服务的通知》中的相关规定，如签收人是否为指定人员、签收时间是否在合理范围内等。第三，推送异常签收照片。对于可能存在问题的签收照片，系统应能够自动推送给人工审核，以便进一步确认和处理。第四，数据存储与查询。系统应能够存储所有签收记录，并提供便捷的查询功能，以便管理人员随时查看和分析签收情况。

2 系统设计

2.1 设计思路

本系统以物流送货签收应用场景为切入点，借鉴了人脸识别和无人售货柜等案例，对接省局下行的电子签收照片与订单数据，研制了基于图像识别技术的卷烟配送电子签收图片规范性识别系统。系统从“人、货、地点、时间”4个维度，研判送货签收行为与规范要求的匹配度，将疑似存在规范问题的配送签收照片推送给人工审核，以提升业务效率、降低规范风险^[2]。

2.2 系统架构

本系统采用B/S架构，即浏览器/服务器架构。用户通过浏览器访问系统，系统服务器负责处理用户的请求和数据存储。这种架构具有易于部署、易于维护、易于扩展等优点，能够满足本系统对于跨平台、跨浏览器的需求。

2.3 功能模块

本系统主要包括以下功能模块。第一，签收图片识别模块。该模块负责接收并识别卷烟配送过程中的签收图片，提取图片中的关键信息。

【作者简介】张翰如（1991—），男，江苏建湖人，本科，中级工程师，研究方向：烟草物流生产。

第二，签收行为判断模块。根据识别结果，判断签收行为是否符合规范要求。第三，异常签收推送模块。将疑似存在问题的签收照片推送给人工审核。

2.4 技术选型

第一，图像识别技术。本系统采用开源的图像识别算法进行图片识别，同时结合定制开发的算法对特定要素进行抓取和判断。开源算法具有易用性高、成本低等优点，而定制开发算法则能够满足本系统对于特定要素识别的需求。第二，数据库技术。本系统采用 MySQL 数据库进行数据存储。MySQL 数据库具有开源、免费、运行速度快等优点，能够满足本系统对于数据存储和查询的需求。第三，开发语言。本系统采用 Java 语言进行开发。Java 语言具有跨平台、面向对象、安全性高等优点，能够满足本系统对于跨平台、高安全性的需求。第四，服务器技术。本系统采用 Tomcat 服务器进行部署。Tomcat 具有易用性高、性能稳定等优点，能够满足本系统对于服务器部署的需求。

3 系统实现

3.1 签收图片识别模块实现

第一，图像预处理。对接收到的签收图片进行预处理，包括图像缩放、灰度化、去噪等操作，以提高图像识别的准确性和效率。第二，特征提取。利用图像识别算法对预处理后的图片进行特征提取，提取出图片中的关键信息，如签收人的面部特征、签收物品的形状和颜色等。第三，特征比对。通过对签收图像的颜色、图案的复杂度、轮廓数量进行比对，判定到货卷烟的准确性，同时进行纠错报警。

3.2 签收行为判断模块实现

第一，规则定义。根据《江苏省烟草专卖局中国烟草总公司江苏省公司关于进一步规范卷烟送货服务的通知》中的相关规定，定义了一系列判断规则，如签收人是否为指定人员、签收时间是否在合理范围内等。第二，规则匹配。将识别结果与定义的规则进行匹配，判断签收行为是否符合规范要求。第三，结果输出。将判断结果输出给异常签收推送模块或数据存储与查询模块，以便后续处理。

3.3 异常签收推送模块实现

第一，异常判断。根据签收行为判断模块的输出结果，判断签收照片是否存在问题。第二，推送机制。对于存在问题的签收照片，采用消息推送的方式将其推送给人工审核人员。推送机制包括实时推送和定时推送两种方式，以满足不同场景下的需求。第三，审核反馈。人工审核人员可以对推送的签收照片进行审核，并给出审核结果。审核结果将返回给系统，以便后续处理。

3.4 数据存储与查询模块实现

第一，数据库设计。根据系统需求，设计合理的数据库结构，包括签收记录表、订单信息表等。第二，数据插入。将识别结果和判断结果插入到数据库中，以便后续查询和分析。第三，查询功能。提供多种查询方式，如按时间查询、按签收人查询、按订单号查询等，以满足不同场景下的需求。

3.5 系统安全与维护模块实现

系统安全与维护模块负责确保系统的安全性和稳定性。该模块采用了以下技术手段。第一，数据加密。对系统中的敏感数据进行加密存储，如用户密码、签收记录等，以防止数据泄露。第二，用户权限管理。根据用户的角色和职责，分配不同的权限，以确保系统的安全性。第三，系统日志记录。记录系统的运行日志和异常日志，以便及时发现和解决问题。

3.6 实施过程

(1) 实施一：从省局数据中心下载订单数据。在实施一阶段，成功地从省局数据中心下载了订单数据，并确保了数据的完整性和准确性。通过多次下载测试，验证了数据的下载完成率和准确率均达到了 100%。这一成功为后续步骤的实施奠定了坚实的基础。(2) 实施二：从省局数据中心下载签收数据。在实施二阶段，同样顺利地 from 省局数据中心下载了签收数据，并保证了数据的准确性和完整性。通过多次测试，验证了签收数据的下载完成率和准确率也达到了 100%。这一步骤的成功进一步增强了对项目实施的信心。(3) 实施三：从省局数据中心下载签收照片。在实施三阶段，成功地从省局数据中心下载了签收照片，并确保了照片的完整性和准确性。通过多次下载测试，验证了签收照片的下载完成率和准确率同样达到了 100%。这一步骤的成功为后续的图片识别算法开发提供了可靠的数据支持。(4) 实施四：开发图片识别定制算法。在实施四阶段，开发了包括无人 AI 识别算法、室内外 AI 识别算法和品规 AI 识别算法在内的图片识别定制算

法。通过多次测试和优化，最终实现了平均 97.29% 的识别准确率。(5) 实施五：设定系统初审人工复审规则。在实施五阶段，设定了系统初审和人工复审的规则，并进行了多次测试。通过测试，验证了初审和复审的准确率均超过了 95%。(6) 实施六：自定义修改规则与分值占比设置。在实施六阶段，根据物流中心送货员和内管派驻办内管员的需求，设定了自定义修改规则和分值占比。通过模拟测算和调查问卷，验证了自定义规则和分值占比的需求满足度达到了 96.5%。(7) 实施七：系统架构设置。在实施七阶段，搭建了系统的 B/S 架构，并进行了多次测试。通过测试，验证了服务器的响应时间远低于 10s 的目标值，充分展示了在系统架构设计方面的实力。(8) 实施八：搭建 Java 环境。在实施八阶段，成功搭建了 Java 环境，并进行了多次测试。通过测试，验证了系统版本信息的正确性，为系统的稳定运行提供了有力的技术保障。(9) 实施九：安装配置数据库。在实施九阶段，安装了 SQLServer2008 数据库，并进行了初始化设置。通过多次测试，验证了数据库关联的正确性，为系统的数据存储和查询提供了可靠的支持。(10) 实施十：组装调试。在实施十阶段，对系统进行了全面的组装和调试，并对相关用户进行了培训。通过测试，验证了系统的运行稳定率达到了 100%，并实现了卷烟数量与品规的配送可识别准确率 100% 的目标。

4 实施效果评估

4.1 技术效果

第一，图片识别算法的高效性。开发的图片识别定制算法实现了高准确率，平均识别准确率达到 97.29%。这一成果不仅提高了系统的识别效率，还降低了人工干预的成本，保障了零售户的权益，避免了送货作业过程中产生的纠纷。第二，系统架构的可靠性。搭建的 B/S 架构系统实现了快速响应，服务器响应时间远低于 10s 的目标值。这一成果确保了系统的稳定性和可靠性，提高了用户体验。第三，数据库配置的准确性。安装的 SQLServer2008 数据库实现了正确的数据关联和存储，为系统的数据查询和分析提供了可靠的支持。

4.2 经济效果

第一，成本节约。通过实现电子签收，减少了纸质签收单的使用，降低了办公成本。同时，高准确率的图片识别算法降低了人工审核的成本。第二，效率提升。电子签收系统的实施提高了卷烟配送的效率，缩短了签收时间。

4.3 社会效果

第一，环保贡献。通过减少纸质签收单的使用，为环境保护做出了贡献。这一成果符合当前社会对可持续发展的要求。第二，客户满意度提升。电子签收系统的实施提高了客户对卷烟配送服务的满意度。

4.4 存在问题与改进方向

尽管项目在实施过程中取得了显著成果，但仍存在一些问题和不足之处。例如，图片识别算法在某些复杂场景下的识别准确率仍有待提高；系统架构在面对大规模并发访问时存在性能瓶颈等。针对这些问题，提出了以下改进方向。

第一，优化图片识别算法。针对复杂场景下的识别问题，将继续优化图片识别算法，提高识别准确率。同时，将探索引入更先进的深度学习技术，进一步提升算法的识别能力。第二，提升系统性能。针对系统架构的性能瓶颈问题，将对系统进行性能优化和扩容。例如，引入负载均衡技术、优化数据库查询语句等，以提高系统的并发处理能力和响应时间。第三，加强系统安全性。随着系统的广泛应用，将更加重视系统的安全性问题。加强系统的安全防护措施，如加密传输、防止 SQL 注入等，以确保系统的稳定运行和数据安全。第四，完善用户反馈机制。为了更好地满足用户需求，将建立完善的用户反馈机制。通过收集用户意见和建议，将不断优化系统功能和服务质量，提升用户满意度^[3]。

结语

基于图片识别的卷烟配送电子签收系统项目在实施过程中取得了显著成果。通过优化图片识别算法、搭建可靠的系统架构和配置准确的数据库等措施，实现了高准确率的电子签收和高效的卷烟配送服务。■

引用

- [1] 夏顺成,陈容宽,文政幸,等.YF17卷烟储存器下烟通道装置研究[J].硅谷,2013,6(18):132+92.
- [2] 杨建军.智能烟用盒包储存器设计与应用[J].造纸装备及材料,2022,51(5):78-80.
- [3] 叶恒宇,卢泉波,林智华.异型规格条盒纸自动化包装试验装置的研究与实现[J].工业控制计算机,2020,33(10):148-149.

直升机卫星通信多普勒信号解调技术研究

文 ◆ 交通运输部北海第一救助飞行队 张 新

引言

随着航空技术和卫星通信技术的迅速发展，直升机在各种场合中的应用愈发普遍，而实时、可靠的通信则成为不可或缺的关键要素。然而，在飞行过程中，直升机与卫星间的相对运动会引发多普勒效应，造成接收信号的频率发生偏移。这一现象不仅影响了信号质量，还会导致数据丢失，从而影响整个通信系统的性能。为了有效应对这一挑战，多种信号解调技术应运而生。这些技术的主要目标是提高多普勒信号的解调精度和实时性，以保证在快速移动条件下信息传递的准确性和及时性。本文旨在为多普勒信号的解调技术提供全面的理论基础，并为实际应用中的系统设计和优化提供有力指导，从而推动直升机卫星通信技术的进一步发展和提升。

1 多普勒效应基本原理

多普勒效应是一种物理现象，描述了当波源和观察者之间存在相对运动时，观察者接收到的波频率会发生变化的现象。这一效应不仅适用于声波，还适用于光波和其他类型的波动。多普勒效应的基本原理在于，当波源和观察者之间的相对速度不为零时，观察者接收到的波的频率会与波源发出的频率产生差异。具体来说，如果波源向观察者移动，那么观察者接收到的频率会增加；反之，如果波源远离观察者，那么观察者接收到的频率会降低。同样地，观察者的移动也会产生类似的效果。多普勒效应的定义可以表述为，当波源和观察者之间存在相对运动时，观察者感受到的波频率与波源发出的频率不一致，这种现象即被称为多普勒效应。该效应由奥地利物理学家克里斯蒂安·多普勒于1842年首次提出，并以他的名字命名^[1]。

多普勒效应的数学表达式如下。

$$fd=fs(v-v_s/v+v_o) \quad (1)$$

式(1)中， fd 是观察者接收到的频率， fs 是波源发出的频率， v 是波在介质中的传播速度， v_o 是观察者的速度（相对于介质）， v_s 是波源的速度（相对于介质）。该公式说明了当波源和观察者之间的相对速度增加时，观察者接收到的频率也会相应增加；反之，相对速度的减少则会导致接收到的频率降低。例如，在紧急车辆鸣笛时，当车辆靠近观察

者时，音调会变高；当车辆远离观察者时，音调会变低。

2 直升机卫星通信多普勒信号解调技术

2.1 相关解调技术

在直升机卫星通信系统中，多普勒信号解调技术的应用至关重要。相关解调技术作为一种有效的解决方案，能够显著减轻多普勒效应对信号接收的负面影响。相关解调技术的基本原理是通过计算接收信号与参考信号之间的相似度，从而实现信号的补偿和解调。这种方法不仅在雷达、通信和医学影像等领域得到了广泛应用，还在航空航天及移动通信等高动态环境下表现出良好的效果。相关解调技术的优点在于其操作简单、可靠性高，且适用范围广泛。例如，在医学影像领域，相关解调可用于超声成像，通过确保接收信号与发射信号之间的高相似性，提高图像的清晰度和准确性^[2]。在实际应用中，相关解调技术能够满足各类信号类型的解调需求，且实现复杂度较低，使得系统设计更加灵活。

假设在某次飞行中，直升机的速度达到了250km/h（约69.44m/s）。在此情境下，若原始发送信号的

【作者简介】张新（1987—），男，江苏徐州人，本科，中级工程师，研究方向：航空电子、通信、维修。

频率为 2.4GHz，因多普勒效应，接收频率偏移至 2.4005GHz。为了确保后续信号处理的准确性和有效性，系统需要生成一个与发送信号相对应的参考信号。如果发送信号为正弦波，频率为 2.4GHz，那么参考信号应保持相同的频率和相位，以确保后续处理的有效性。此时，参考信号的数学表达式可以表示为如下式子。

$$S_{ref}(t) = A \times \sin(2\pi f t + \phi) \quad (2)$$

式(2)中，A 是信号幅度， $f=2.4\text{GHz}$ ， ϕ 是初相位。

在接收到的信号 $S_{received}(t)$ 后，需与参考信号进行相关性分析。通常，计算过程包括以下步骤。

采用滑动窗口方法将接收到的信号与参考信号按时间段分割，并计算每个时间段的相关性。一旦找到最大相关性的位置，即可确定频率偏移量。例如，如果最大相关性出现在延迟 0.2ms 的位置，经过计算，可以推导出实际的频率偏移为 500Hz。因此，需要将接收信号进行相应的修正，调整回原始频率。经过频率补偿后的信号可以进入解调阶段。在此阶段，系统利用解调算法（如相干解调或非相干解调）提取出所需信息。假设目标信息的调制方式为 QPSK（四相位键控），通过解调后，可以将误码率降低至 0.5%，显著提高了信号传输的可靠性。

最后，通过比对解调结果与原始信号，评估信号质量。研究表明，在此次实验中，优化的相关解调过程使得信号的 SNR（信噪比）提高了约 10dB，显著改善了整体的通信质量。

然而，相关解调技术虽具有诸多优势，但其缺点也不容忽视。该技术对参考信号的要求较高。

当参考信号出现问题或失真时，解调效果会受到直接影响，导致信号严重畸变。此外，由于相关解调需要一定的时间来完成计算，会造成系统的响应延迟。在某些实时性要求较高的应用场景中，如紧急救援通信或空中交通控制，延迟会对系统的整体性能及安全性产生负面影响。

2.2 相位锁解调技术

相位锁定解调技术（Phase Locked Loop, PLL）作为一种有效的解调方法，其原理是通过比较接收信号与本地振荡器所产生信号的相位，从而实现了对多普勒效应引起的相位偏移的补偿。这种技术在处理动态环境下的信号时，展现了极高的精度和实时性。在某次典型实验中，假设直升机在飞行过程中接收到了频率为 2.4GHz 的信号，但由于速度变化，经过多普勒效应，接收到的信号频率偏移至 2.4008GHz^[3]。此时，系统必须准确解调这个受影响的信号。本地振荡器（LO）会生成一个基准信号，假设其输出频率为 2.4GHz。这样，比较的参考信号如式（3）所示。

$$\mu_o(t) = A \sin(2\pi \times 2.4 \times 10^9 t) \quad (3)$$

系统需要比较输入信号 $\mu_i(t)$ 和本地振荡器输出信号 $\mu_o(t)$ 之间的相位差。假设在一段时间内，相位差为 $\Delta\phi = 0.8$ 弧度，利用相位差计算误差控制电压，其表达式如下。

$$\mu_d = K \times \Delta\phi \quad (4)$$

式（4）中，K 为系统的增益因子。

误差电压 μ_d 经过数字环路滤波器后，去除高频分量及噪声，最终获得控制电压 μ_c 。假设经过滤波后， $\mu_c = 0.5\text{V}$ 。

根据控制电压 μ_c ，数字压控振荡器（Voltage Controlled Oscillator, VCO）逐渐调整其输出频率 μ_o 以逼近输入信号频率 μ_i 。假设数字压控振荡器的输出频率由 2.4GHz 逐渐调整为 2.4004GHz。这个过程具有动态性，随着时间的推移，频率将逐渐接近接收信号的频率。在这一阶段，系统会不断监测 μ_i 和 μ_o 的频率差。

μ_o 变化到与 μ_i 相等，即 $\mu_o = 2.4008\text{GHz}$ ，此时两者的频率差为零，导致误差电压 μ_d 进入一个固定值，环路就处于锁定状态。这种状态意味着相位锁定解调技术成功完成了载波相位的跟踪，从而保证了信号的稳定性和有效性。

综上所述，相位锁定解调技术在直升机卫星通信中的应用，不仅有效补偿了多普勒效应带来的影响，还提升了信号的解调精度和实时性，使得该技术成为现代航空通信中不可或缺的一部分。随着技术的不断进步，未来这种技术有望进一步被优化，以应对更复杂的通信环境和更高的数据传输需求。

2.3 频率锁定追踪

在直升机卫星通信系统中，频率锁定追踪技术（Frequency Lock Loop, FLL）作为一种常见的多普勒解调方法，扮演着至关重要的角色。该技术的基本原理是通过比较接收到的信号与本地振荡器产生的信号频率，从而实现了对多普勒效应的有效补偿。这种补偿机制使得频率锁定追踪技术能够解调因多普勒效应而受影响的信号，提高系统整体的信号质量和可靠性。

假设在一次飞行任务中，一架直升机正在高速飞行，接收到的信号的

原始频率为 2.4GHz。然而，由于直升机以速度 250km/h（约 69.44m/s）飞行，接收的信号频率会因多普勒效应而偏移。例如，信号频率被修正为 2.4012GHz，这意味着接收信号相对于发送信号产生了偏移。系统通过本地振荡器（LO）生成一个与原始频率相同的参考信号。在这种情况下，假设本地振荡器输出信号的频率为 2.4GHz。将接收到的信号与本地振荡器的输出信号进行频率比较。设接收到的信号频率为 2.4012GHz，则计算出的频率差为 1.2MHz。

根据计算出来的频率差，系统会生成一个误差控制电压，用于调整本地振荡器的输出频率。假设增益因子为 10，则可以通过以下公式计算出控制电压。

$$V_{\text{control}} = K \times \Delta f \quad (5)$$

式（5）中， Δf 是计算出的频率差， K 是增益因子。这个电压信号随后被送入环路滤波器进行处理。

经过数字环路滤波器的处理后，去除高频噪声和不必要的信号成分，得到整合后的控制电压。假设经过滤波后，最终得到的电压为 6V，系统会根据这个电压逐步调整数字压控振荡器（VCO）的输出频率。假设 VCO 的初始频率为 2.4GHz，经过调整，新的输出频率会被锁定为 2.4012GHz。此时，频率差减小至零，表明系统成功锁定，并完成信号的全程追踪。

由于该技术能够实时跟踪信号频率的变化，无论是因多普勒效应还是环境因素导致的频率漂移，频率锁定技术都能迅速进行调整。这使得其特别适用于高速移动平台，如直升机和无人机。频率锁定追踪技术不仅适用于传统的调幅或调频信号，还能够高效处理扩频信号等多种信号类型^[4]。这种通用性使得它在不同的通信系统中都能发挥作用。通过精确的频率补偿，频率锁定追踪技术能够显著降低误码率。例如，在某些实验中，通过应用频率锁定技术，信号的误码率（BER）可由原来的 1% 降低到 0.2%，极大提升了通信的可靠性。

2.4 混合解调技术

混合解调技术在直升机卫星通信中的应用，尤其是在面对多普勒频移较大的情况下，展现出其独特的优势。这种技术不仅综合了相关解调技术和频率锁定解调技术的优点，还针对实际通信环境中的挑战提供了解决方案。

混合解调技术的工作原理涉及两个主要步骤。一是利用相关解调技术对经过多普勒频移的信号进行初步解调。在这个阶段，相关解调技术通过对接收到的信号与已知参考信号进行比对，从而有效提取出有用信息。这一过程能够将原始信号转换为低速多普勒频移的信号，使得后续的解调过程更为简便且高效。

二是在完成初步解调后，采用频率锁定解调技术对低速多普勒频移的信号进行进一步的精确解调。频率锁定技术通过比较接收到的信号频率与本地振荡器发出的信号频率，实现对多普勒效应的有效补偿。此时，由于信号已经被转换为较低的频移状态，解调过程中的干扰和不确定

定性大幅降低，使得最终得到的解调结果更加稳定和可靠。

此外，混合解调技术还能够提高系统的整体鲁棒性。在信号传输过程中，若遭遇瞬时干扰或信道变化，混合解调技术则能迅速调整解调策略，以应对各种突发情况。这种灵活性使其在航空通信、卫星导航等领域具有广泛的应用前景。混合解调技术以其创新的信号处理策略，为直升机卫星通信中的多普勒频移问题提供了一种高效且可靠的解决方案，有望在未来的通信系统中发挥更大的作用。

结语

随着计算能力的提升和算法的发展，利用机器学习等新一代智能技术优化解调过程也将成为一个值得关注的方向。本研究为直升机卫星通信中多普勒信号的解调提供了全面的理论基础和实践指导，以期推动该领域的技术进步，为更安全、高效的航空任务实施保驾护航。^[5]

引用

- [1] 许崇晔. 基于分数多普勒信道的 OTFS 信号解调技术的研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2024.
- [2] 王冠阳, 李晨, 于英杰, 等. 基于微多普勒特征的直升机目标识别[J]. 空天防御, 2024, 7(2): 63-73.
- [3] 高文林. 直升机卫星通信多普勒信号的解调技术分析[J]. 无线互联科技, 2023, 20(8): 23-25.
- [4] 梅迪, 王可喧, 杜昱岐, 等. 一种自适应光子多普勒信号解调方法[J]. 自动化与仪器仪表, 2023(3): 13-17+25.

数智化时代高校教学档案管理转型策略研究*

文◆沈阳城市建设学院 赵丽 冉迪

引言

当前，数字化和智能化已成为时代发展的重要趋势，标志着数智化时代的全面到来。这一变革不仅深刻影响了各行各业，为制造业注入了新的活力，还对高等教育领域提出了全新的要求，推动了其改革进程。在高校管理体系中，教学档案管理是一项复杂而细致的工作，正面临着前所未有的变革机遇。数智化技术的应用，不仅优化了管理手段，还显著提升了管理效率和精准度，实现了教学档案管理资源的优化配置。基于此，本文运用文献分析法和归纳总结法，探究了数智化时代高校教学档案管理面临的机遇和挑战，并在此基础上提出了相应的转型策略，以期档案管理工作提供参考与借鉴。

1 数智化时代高校教学档案管理的机遇和挑战

1.1 数智化时代高校教学档案管理的机遇

1.1.1 管理效率和质量双重提升

在数智化时代背景下，随着现代化信息技术的日益成熟，教学管理和档案管理领域迎来了重大变革。高校教学档案管理工作

因其复杂化和系统化的特征^[1]，对管理效率和质量提出了更高要求。以往，管理人员需要手工进行档案资料的收集、整理、保管和编研，工作繁琐且效率低下。而今，数字化和智能化技术手段的引入，极大地提升了管理效率。依托计算机系统，管理人员可以遵循“文档一体化”的原则，高效地完成档案资料的分类、立卷处理，相比传统方式，处理速度大幅提升，实现了管理效率质的飞跃。同时，这些技术手段也显著提升了管理质量。通过快速检索档案的目录及内容信息，人们能够更准确地找到所需档案，减少了查找错误和遗漏，确保了档案的完整性和准确性，从而实现了管理质量的全面提升。

1.1.2 教学档案纸质载体得到了保护

在传统的教学档案管理中，由于档案数量庞大，查阅过程繁琐，不仅浪费了大量的人力和时间，而且频繁地翻阅还加速了纸质档案的磨损。数智化时代的到来，为教学档案的保护提供了新的解决方案。通过数字化技术，将档案资料转化为电子形式，并存储在数据库中。这种方式不仅极大地提高了档案的检索效率，还显著降低了对纸质档案原件的依赖。现在，只需在系统中输入关键词，就能迅速找到所需档案，无需再翻阅纸质原件，从而有效避免了纸质载体的物理磨损^[2]。此外，数智化存储还带来了额外的安全保护。通过加密技术、备份策略以及访问控制等措施，确保了电子档案的安全性和可用性，进一步保护了教学档案的珍贵信息。这些措施共同作用下，使得教学档案的纸质载体得到了真正的保护^[2]。

1.2 数智化时代高校教学档案管理的挑战

1.2.1 教学档案管理理念面临革新

长期以来，高校教学档案管理工作一直秉承着“重贮藏、轻使用”的传统理念，这在数智化时代显得尤为不合时宜。随着信息和资源的重要性日益凸显，高校教学档案管理不仅需要有效储藏档案资源，更需要积极运用并开发这些资源，将其转化为社会生产力^[3]。然而，传统理念下的管理方式往往导致信息利用效率低下，难以满足快速变化的信息需求和远程教育的发展趋势。因此，工作人员必须深刻认识到理念革新的紧迫性和必要性，积极转变传统观念，将档案资源转变为支持学校发

*【基金项目】辽宁省档案科技项目计划“数智化背景下高校教学档案管理效率提升与安全保障策略研究”（2024-X-03）

【作者简介】赵丽（1988—），女，辽宁锦州人，本科，研究方向：教育管理。

展、促进科研创新、提升教学质量的“活信息”，为学校的发展和社会工作的开展创造更加有利的条件。

1.2.2 教学档案管理手段亟待升级

在数智化时代，传统的教学档案管理手段已显得力不从心。尽管部分高校已开始尝试运用计算机实现网格化管理，但整体上实行“目录全文一体化”管理的高校仍是屈指可数。这导致可在网络上传输的教学档案资源数量有限，难以满足学校和社会相关部门的工作需求。具体而言，传统档案管理手段存在诸多局限，如检索效率低下、信息共享困难、档案安全性难以保障等。这些问题不仅影响了档案管理的效率和准确性，还限制了档案资源的价值发挥。因此，实现档案管理的现代化转型，升级管理手段，已成为当务之急。

2 数智化时代高校教学档案管理转型策略

2.1 完善管理制度，加强设施建设

由于我国社会进入数智化时代的时间尚短，运用现代化信息技术手段对高校教学档案进行管理的经验相对匮乏，管理制度尚不健全，管理标准也未统一，这已成为档案资源的跨界融合和多方共享的重要阻碍。为了解决这一问题，需要基于“开放”“共享”的原则构建起完善的教学档案管理制度，形成连接化、一体化的格局，以减少信息孤岛现象，避免因系统孤立而造成的信息断层^[4]。

在高校教学档案管理中，应确保“四同步”原则得以贯彻实施。一是工作计划任务的发布与归档要求的提出需同步进行；二是工作进度的检查与项目文件的形成需保持同步；三是工作任务的完成与档案的整理归档需同步推进；四是项目文件的验收与档案的验收工作需同步完成。这一原则旨在确保教学档案管理工作与教学、科研等活动紧密衔接，提高档案管理的时效性和准确性。在健全的管理制度指引下，可以使教学档案管理的信息化转型方向更为明确，同时使管理人员自觉对自身的行为进行约束，合理运用信息系统和数字软件提高管理效率。在制度完善的基础上，高校还应加强软硬件设施建设。一方面，要引入现代化的大数据技术，构建起信息化的管理系统；另一方面，要在校内提供专门用于档案管理和档案存放的库房和设备。通过软硬件的相互辅助、设备与技术的相互融合，为高效率、高质量的教学档案管理工作提供有力支持。

2.2 加强档案数据安全的风险防控

在高校教学档案信息化管理工作中，强化档案信息的保密性不仅是保障信息安全的关键环节，更是维护教育秩序与师生隐私的基石，具有不可替代的重要性。这一举措对于预防信息泄露、保护教师及学生个人信息安全至关重要，能够有效规避因信息不当外泄而引发的个人隐私被侵犯、教学秩序受干扰等一系列潜在风险。为达成强化档案信息保密性的目标，需采取一系列全面而细致的综合措施。（1）加强对数据库服务器的安全防护。通过部署高效能的防火墙与先进的入侵检测系统，构建起坚不可摧的安全防线，有效抵御来自外部的恶意攻击与非法侵入。（2）采用加密技术对敏感数据进行严格保护，确保即便在极端情况

下，信息也不会被未授权方访问或篡改，从而维持数据的完整性与真实性。（3）实施定期且全面的数据备份策略，以保障信息安全。这不仅仅局限于数据的周期性复制，更需关注备份数据的安全存储与有效管理，确保在任何突发情况下都能迅速恢复关键信息。（4）将备份资料分散存储于不同地理位置，以抵御单点故障会带来的毁灭性影响，进一步提升数据的安全性与可靠性。（5）加强对于存储介质（如硬盘、闪存等）的管理，严格制定安全管理制度，对存储介质的使用、复制与移动进行严密监控，防止未经授权的复制与移动行为，确保信息在物理层面的安全。（6）建立并实施严格的权限管理机制。通过明确界定不同用户的访问权限，确保仅授权人员能够访问敏感信息，有效防止数据外泄或遗失。这一措施的实施不仅能提升信息安全水平，还能增强师生对信息安全的信任感。（7）建立健全的保密管理制度。通过明确岗位职责、规范档案管理流程，为档案管理工作提供明确的指导与约束，确保档案管理工作在安全、有序的环境中高效运行。

2.3 丰富教学档案的内容

在数字化和智能化技术与教育教学充分融合的背景下，高校教学模式已发生变革，传统传授式教学模式逐渐被摒弃，取而代之的是翻转课堂、慕课、微课等新型教学模式。这促使教学档案的内容变得更为丰富，档案的形式也更为多样化。因此，高校需在档案管理方面进行创新，根据课程的具体形式构建电子档案，并通过有效的编研手段对档案资源进行开发和运用。在此过程中，

高校应促进教学档案管理的专业化发展，完善教学展示和人才培养，同时创新教学效果展示方式，以电子档案代替纸质档案，通过更直接、更快捷的方式满足档案使用者的多元化需求，并将有价值的档案信息转化为社会生产力。

2.4 提高管理人员的综合素质

在数智化时代，虽然高校教学档案管理中许多机械化重复的工作内容都可以通过信息技术或信息化系统完成，但仍然有很多工作需要人工完成，且技术和系统的操作都离不开人员。因此，高校应提高教学档案管理人员的综合素质，使他们更新工作理念，掌握新的管理手段和方法，将档案信息的价值充分发挥出来，为教学和教研工作提供支持^[5]。为此，高校应定期对管理人员进行培训，引进新技术和新系统后通过系统化培训帮助他们掌握具体的操作方法。同时，邀请专业人员来校指导，在管理实践中为管理工作者提供帮助，提高教学档案管理的科学化水平。对于管理人员自身来说，应深刻认识到社会形势的发展变化，树立终身学习的意识，主动参与校内外的培训活动，主动运用数字化和智能化手段开展教学档案管理工作。

2.5 整合管理规范，加强档案信息化建设

随着信息技术的不断发展，档案管理部门正积极加快信息化建设步伐，大量文件管理软件应运而生，但软件兼容性问题也逐渐显现。一方面，不同行业和部门使用的档案管理软件和硬件系统不同，导致软件间的兼容性差，难以统一管理；二是软件不

兼容直接影响了档案资源的共享和利用效率，阻碍了信息流通和协同管理^[6]。根据《中华人民共和国档案法》《高等学校档案管理办法》等相关法律法规，并结合学校具体情况，各高校应制定统一的教学档案管理标准，明确好各部门的职责要求、归档逻辑和工作顺序。此类标准应确定档案的分类标准、归档范围、保管期限等核心要素，以确保档案管理的规范性与一致性。同时，进一步健全教学档案管理制度体系，涵盖档案借阅、保密以及销毁等多个方面，切实保障档案管理的安全性和合规性。为了进一步提升档案管理效率，应积极搭建高校及本校各部门间的教学档案管理信息化平台，建立多级文件夹管理体系。该体系应包括学校总文件夹（一级文件夹）、教师个人文件夹（二级文件夹）以及具体教学类别文件夹（如综合类、科研类、教研类、教学类、创作类、业绩类等三级文件夹）。该平台应支持档案的在线收集、整理、归档与利用，方便教师提交教学资料，同时使管理人员能够实时监控档案管理状况，确保档案信息的完整性和保密性。

结语

高校在教学工作中会生成大量的教学档案资源，在管理这些资源时，如果仅依靠传统方法，难以达到预期效果。在数智化时代，需要对管理观念、模式以及方法进行创新。高校教学档案管理转型是一项长期、复杂且需要逐步完善的系统性工程。高校应加强与专业档案管理领域的交流与合作，借鉴国内外先进经验与技术，不断优化自身的教学档案管理体系。通过构建开放、共享、协作的档案管理平台，促进档案资源的有效利用与共享，为高校的教学、科研与管理工提供全面、准确、便捷的信息支持。数智化时代为高校教学档案管理带来了新的挑战与机遇。通过创新管理观念、模式与方法，构建适应时代发展的管理制度，持续开展人员培训与教育，以及加强交流与合作，高校将能够不断提升教学档案管理水平，为学校的长远发展奠定坚实基础。^[8]

引用

- [1] 符宁璐,杜灿谊,吴劲.高校本科教学审核评估背景下教学档案管理方法研究——以广东技术师范学院汽车与交通工程学院为例[J].智库时代,2018(24):52-53.
- [2] 于岩,李莉,佟丽,等.关于高校二级学院教学档案管理的探索与思考[J].化工时刊,2017,31(8):43-45.
- [3] 赵丽彬.地方高校二级学院教学档案管理存在的问题及对策研究——以湖州师范学院为例[J].办公室业务,2021(17):128-129.
- [4] 吴思.高校二级学院研究生教学档案管理探析——以H大学资源环境学院为例[J].现代交际,2021(22):174-176.
- [5] 陆婕,周文阳,刘祥,等.基于J2EE轻量级框架的高校教学档案管理系统设计与实现[J].科技广场,2017(4):189-192.
- [6] 朱敏.信息时代高校档案管理工作面临的问题及对策[J].文化产业,2023(11):13-15.

云计算技术 在中职计算机专业实训平台建设中的应用

文◆宿州环保工程学校 朱杰

引言

随着《国家职业教育改革实施方案》的深入贯彻与实施，我国中等职业教育正面临着前所未有的发展机遇与挑战。在这一背景下，云计算技术作为信息技术领域的重要革新力量，其在教育领域的应用备受瞩目，对中职计算机专业实训平台的建设具有深远意义。本文概述了云计算技术的定义、主要特点、部署模式以及服务模式，详细阐述了云计算技术在中职计算机专业实训平台建设中的具体应用，包括云计算实验室的建设、实训平台的打造、虚拟化技术和容器化技术的应用以及实训平台的集成与测试，为中职计算机专业教育的发展提供有益的参考。

1 云计算技术概述

1.1 定义与主要特点

云计算的定义众说纷纭。例如，Google 认为云计算是拥有开放标准和基于互联网服务的核心技术，致力于提供安全、快捷、便利的数据存储和网络计算服务的系统。美国国家标准与技术研究院（NIST）将云计算定义为一种应用资源模式，可以根据需要以一种简单的方法通过网络访问已配置的计算资源，这些资源由服务提供商以最小的代价或专业的运作快速配置和发布。而维基百科则认为，云计算是一种通过因特网以服务的方式提供动态可伸缩虚拟化资源的计算模式^[1]。

云计算的主要特点包括资源共享、按需自动扩展和按使用量付费等。首先，云计算通过虚拟化技术将物理资源（如服务器、存储设备）抽象成虚拟资源，使用户可以通过虚拟服务器或虚拟存储等方式获得所需的计算资源。这种资源共享模式允许多个用户共享一个资源池，从而降低了计算成本。其次，云计算具有按需自动扩展的特点，可以根据应用和用户规模增长的需要，动态增加或减少计算能力。这种弹性使云计算能够满足各种规模和需求的业务，提高了计算资源的利用率。最后，云计算采用按使用量付费的计费模式，用户可以根据实际需求购买和使用其中的资源。这种计费方式通常是按需收费，使用户可以更好地控制成本，避免了因购买和维护大量服务器及硬件设备而产生的高昂费用。

1.2 云计算的部署模式

云计算的部署模式是指在云计算环境中部署资源和服务的方式，主要包括公有云、私有云和混合云 3 种类型，每种类型都有其独特的特点和适用场景。公有云是由第三方提供商运营和维护的云计算基础设施，并向多个客户提供服务，通常提供大规模的计算资源和存储，并支持多种应用软件。客户可根据需要在公有云上部署和运行应用程序并动态扩展计算能力。私有云是指组织自行拥有和维护的云计算基础设施，仅为自己的用户提供服务。它可以部署在组织内部数据中心，或通过专用网络与远程数据中心连接，从而提供更高的数据安全和隐私保护。由于数据仅在组织内部流动，因此能够有效避免外部网络的威胁。此外，私有云还可以根据组织的特定需求进行定制化配置，以满足数据安全、合规性和性能等方面的要求。混合云则融合了公有云和私有云的优势，是近年来云计算的主要模式和发展方向。混合云允许组织将敏感数据和处理需求放在私有云中，而将非敏感数据和

【作者简介】朱杰（1975—），男，安徽宿州人，本科，讲师，研究方向：信息技术。

计算需求放在公有云中。这样既可以利用私有云的数据安全性，又可以享受公有云的计算资源和可扩展性。

1.3 云计算的服务模式

云计算的服务模式主要包括 IaaS (Infrastructure as a Service, 基础设施即服务)、PaaS (Platform as a Service, 平台即服务) 和 SaaS (Software as a Service, 软件即服务) 3 种。

(1) IaaS 服务提供基础设施层面的云服务，其灵活性和可定制性非常高。用户可以根据业务需求快速调整资源规模，无需担心物理硬件的限制。IaaS 服务通过虚拟化技术将物理硬件资源池化，形成统一的资源池，使资源的分配和管理更加高效。用户可以根据需要增加或减少虚拟机、存储空间和带宽等资源，以满足不同场景下的需求变化。此外，IaaS 服务还提供了强大的可扩展性，支持用户业务的快速增长，无论是小型创业公司还是大型企业集团，都可以通过 IaaS 服务快速扩展计算能力，应对业务高峰期的挑战。(2) PaaS 服务提供应用程序开发和部署的平台环境，简化了应用程序的开发、测试、部署和管理过程。PaaS 平台集开发工具、中间件、云服务以及应用程序部署和管理等功能于一体，用户无需购买和维护昂贵的服务器和基础架构，也不需要担心应用程序的性能和可靠性问题。PaaS 平台还提供了灵活的扩展性和高度可配置的特性，用户可以根据需求定制和扩展，满足应用需求的不断变化。(3) SaaS 服务提供应用程序级别的云服务，用户无需购买、安装和维护软件，而是通过订阅的方式使用应用程序。

SaaS 模型采用多租户架构，即一个应用程序实例可以同时为多个客户提供服务，降低了成本。同时，SaaS 服务具备网络访问便捷性、自动更新和维护、可定制性以及集成性等特点，使得用户能够随时随地使用应用程序，并根据需求进行定制和集成。此外，SaaS 服务还采用了订阅模式，用户只需支付实际使用费用，降低了成本风险。

2 云计算技术在中职计算机专业实训平台建设中的应用

2.1 云计算实验室的建设

云计算技术在中职计算机专业实训平台建设中的应用，尤其是在云计算实验室建设方面，涉及硬件设施搭建、软件环境配置以及实验室安全性保障等多个层面。在硬件设施搭建上，云计算实验室配备了高性能的服务器、存储设备、网络设备以及虚拟机等。服务器支持多种虚拟化技术，能够模拟出多种云环境，如私有云、公有云和混合云，以满足不同实训需求。存储设备提供了大容量、高可靠性的数据存储解决方案，确保了数据的完整性和安全性。网络设备则保证了实验室内部网络的稳定、高速和安全，为实训提供了可靠的网络环境。在实验室软件环境配置上，云计算实验室安装和配置了虚拟化软件（如 VMware、Hyper-V 等）、云计算管理平台（如 OpenStack、CloudStack 等）、大数据处理平台（如 Hadoop、Spark 等）以及云计算开发工具（如 Docker、Kubernetes 等）。这些软件平台能够支持各种云计算应用的开发和部署，为实训提供强大的技术支持。实验室安全性保障也是云计算实验室建设的重要一环。云计算技术本身具有高度的安全性和可靠性，通过数据加密、访问控制、数据备份与恢复等措施，确保数据的机密性、完整性和可用性。在云计算实验室中，这些安全措施得到了进一步的应用和强化。例如，通过安装防火墙、监控摄像头等物理安全措施，有效防止未经授权的人员访问和破坏实验室设备。同时，定期进行系统安全审计和实时监控，及时发现潜在的安全漏洞和异常活动，确保了实验室的安全运行^[2]。

2.2 云计算实训平台的打造

在实训平台打造过程中，需要从架构设计、功能模块划分以及性能优化三个方面进行综合考虑^[3]。

(1) 架构设计。云计算技术提供了强大的支持，通过采用云计算的分布式架构，实训平台能够高效整合和管理各种计算资源，包括服务器、存储设备和网络设备等。这种架构不仅提高了资源的利用率，还使得实训平台能够根据需要动态调整资源分配，从而满足不同规模和复杂度的实训需求。同时，云计算的虚拟化技术也为实训平台提供了灵活性和可扩展性，使平台能够轻松添加或删除实训环境，以适应不断变化的教学需求。

(2) 功能模块划分。云计算实训平台通常包括用户系统、后台管理系统以及多个实训模块。用户系统主要负责用户的注册、登录和权限管理等功能，确保实训平台的安全性和易用性；后台管理系统负责资源的调度、监控和维护等工作，为实训平台的稳定运行提供有力保障；而实训模块则是实训平台的核心部分，涵盖了云计算的各个方面，如云平台操作、云服务开发、云安全等，为学生提供了丰富的实训内容和实践机会。

(3) 性能优化。云计算技术在此方面同样发挥了重要作用。通过采用资源分配和调度算法、数据处理和存储优化技术、网络通信优化方法以及应用程序优化策略等手段,云计算实训平台能够显著提高实训效率和效果。例如,通过采用最短作业优先(SJF)或最大作业优先(MJF)等调度算法,实训平台可以更有效地利用计算资源,减少等待时间,提高实训任务的执行速度。

2.3 虚拟化技术和容器化技术的应用

(1) 虚拟化技术的应用。虚拟化技术作为云计算的核心组成部分,在资源分配与管理中起到了至关重要的作用。该技术通过将物理硬件资源虚拟化成多个逻辑资源,实现了资源的隔离性、可扩展性和安全性^[4]。在实训环境搭建中,虚拟化技术使得实训平台能够模拟出多种不同的计算环境,从而满足计算机专业实训对于多样化计算资源的需求。同时,虚拟化技术还大大提高了资源利用率,降低了实训平台的运行成本。

(2) 容器化技术的应用。容器化技术在实训环境部署中展现出了极高的便捷性。通过将应用程序及其依赖项打包成一个可移植的容器,容器化技术使得应用程序能够在不同计算环境中无缝运行,这种特性为计算机专业实训提供了极大的灵活性^[5]。同时,容器化技术在实训资源调度中也具有显著的优势。通过 Kubernetes 等容器编排平台,实训平台可以自动化管理容器的部署、扩展和调度,从而实现资源的动态分配和高效利用。这种动态的资源调度方式不仅提高了实训平台的性能,还使学生能够更深入地理解云计算技术的核心原理和应用场景。

2.4 云计算实训平台的集成与测试

实训平台的集成不仅仅是将各模块简单地堆砌在一起,而是需要确保它们之间的无缝对接和高效协同。这包括硬件设施的整合、软件系统的部署以及网络环境的配置等,每一个环节都需要精心设计和严格测试,以保证平台的稳定性和可靠性。在云计算实训平台的集成阶段,需要重点关注虚拟化技术、自动化运维、容器化技术等核心要素的整合。这些技术不仅能够提升平台的运行效率,还能为学生提供更加真实的云环境操作体验。通过虚拟化技术,可以模拟出多种云平台、云服务的部署与管理场景,让学生在动手实践中加深对云计算技术的理解和掌握。自动化运维和容器化技术则能够进一步简化平台的运维工作,提高资源的利用率,为实训教学的顺利开展提供有力保障。完成集成后,对实训平台进行整体测试与优化是不可或缺的步骤。测试工作应涵盖平台的所有功能模块,包括用户登录、信息发布、音视频中心、考试测评等,确保它们能够正常运行并满足教学需求。在测试过程中,一旦发现潜在问题或缺陷,应及时进行调整和优化。例如,针对用户反馈的操作不便或功能不足等问题,可以对平台的界面设计、交互逻辑等进行改进,以提升用户体验。

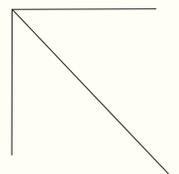
结语

云计算技术在中职计算机专业实训平台建设中的应用具有重要意义。通过加强云计算实验室的建设和打造完善的实训平台,中职院校可

以为学生提供与行业紧密对接的学习环境,提升他们的专业技能和创新能力。不仅可以满足行业对云计算专业人才的紧迫需求,还可以为我国云计算产业的蓬勃发展贡献力量。未来,随着云计算技术的不断发展,中职计算机专业实训平台的建设也将不断完善,为培养更多具备实战能力的云计算专才提供有力支持。■

引用

- [1] 杨健兵,陈莉莉.基于OpenStack云计算的计算机教学实训平台设计与实现[J].无线互联科技,2024,21(2):66-68+78.
- [2] 曾宇.高职院校计算机实训室建设与管理现状及对策[J].闽南师范大学学报(自然科学版),2020,33(1):114-119.
- [3] 崔彬.云技术在计算机实训室建设中的应用[J].电子技术,2023,52(2):202-203.
- [4] 王佳君.基于“云计算”虚拟化技术高校计算机网络安全实训实验室构建分析[J].信息技术与信息化,2021(11):222-224.
- [5] 刘芳芳.浅析中职计算机专业远程实训平台建设[J].网络安全技术与应用,2020(7):98-99.



基于生成对抗网络的行人重识别*

文◆安徽新闻出版职业技术学院 王 侠

引言

近些年来,随着信息化技术的高速发展,城市治安管理工作在先进信息化技术加持下,构建起更加完善的城市监控网络,通过覆盖全城市辖区的监控对犯罪嫌疑人、危险分子进行精确定位,在打击犯罪中发挥了重大作用。目前,从图像或者视频数据中识别目标行人的身份主要通过人脸识别技术实现,然而该技术只能高效准确地识别清晰的正面人脸数据,当行人以背对姿势进入监控摄像头视野范围时,就无法获取行人脸部数据,无法对其身份做出正确识别。同时,当前应用的城市监控系统中使用的摄像头在远距离下的分辨率较差,拍摄的行人往往是模糊一团,严重影响识别精度。而行人重识别技术应用能够很好地解决这些问题。行人重识别不完全是以脸部特性进行身份识别,而是会综合行人的不同类型的外观特征进行行人身份识别,通过多项识别因素应用提高对行为身份识别的精度。但是,此项技术在实际应用中还需要解决其数据集数据规模小、多样性低等问题,而生成对抗网络技术应用可以为解决这一问题提供技术支持。

1 行人重识别系统需求分析

1.1 系统功能性需求

行人重识别系统在实际应用中,不仅需要具备对监控区域内行人身份的精确识别,还需要具备将行人识别信息可视化展示的能力。系统运行中会生成大量的行人信息数据,对此,系统运行中需要具备对海量行人数据的存储功能,便于系统管理员使用系统查询指定的行人信息。基于以上内容,行人重识别系统各项功能性需求具体如下。

(1) 数据展示。行人重识别系统运行中,系统用户可直接通过图像化界面选择点击指定的功能索引,实时展示系统连接各个摄像头视频数据流,并进行相关各项参数的设置。用户提交数据查看请求,系统根据用户需要对指定数据内容进行可视化展示。

(2) 行人重识别。该项功能是系统的核心功能,系统应提供外部硬件输入数据监测对不同行人信息进行识别,对指定人员进行监控跟踪。实际应用中,系统需要实时处理多项数据流,同时开展多个行人身份信息识别。在给定行人图像的场景下,能够从已识别的行人身份中,检索出相同身份的行人图像。在离线场景下,该系统需要根据给定的视频数据以及行人图像,从此视频数据中查找与给定行人身份相近的行人图像。

(3) 数据存储。系统运行中需要实时将系统识别的行人数据编号、对应摄像头编号、监控记录时间、经检测的行人图像数据等与行人身份识别相关的数据全部分类存储到系统数据库,供系统管理人员实时查阅。

1.2 系统非功能性需求

为进一步保证系统实际应用效果,系统构建中需要满足以下非功能性需求。

(1) 可拓展性。系统架构与功能模块应具备一定的拓展性与兼容性,便于后续系统优化中添加更多功能模块,保证系统长时间的应用效率。

(2) 操作简便性。系统用户操作界面简洁明了,降低用户操作难度,避免系统操作失误等影响系统使用效率情况的出现。

(3) 日常维护管理便捷性。系统整体架构中各功能模块构成结构清晰,便于系统运行故障位置快速定位,方便管理人员快速排除故障。

(4) 运行性能需求。要求系统有更快的行人信息识别速率与数据处

*【基金项目】安徽省高校自然科学研究重点项目“基于多特征融合生成抗网络的行人重识别技术的应用基础研究”2022AH053007
【作者简介】王侠(1982—),女,安徽淮南人,本科,讲师,研究方向:图像识别。

理精度。系统工作中，需要实现对各项行人信息的实时识别处理，快速返回处理结果。跟踪行人过程中系统应准确判断行人具体位置，提高跟踪精度^[1]。

2 行人重识别系统总体设计

2.1 系统整体架构

行人重识别系统设计中，以生成对抗网络为技术基础，根据此技术要求，系统整体架构如图 1 所示。

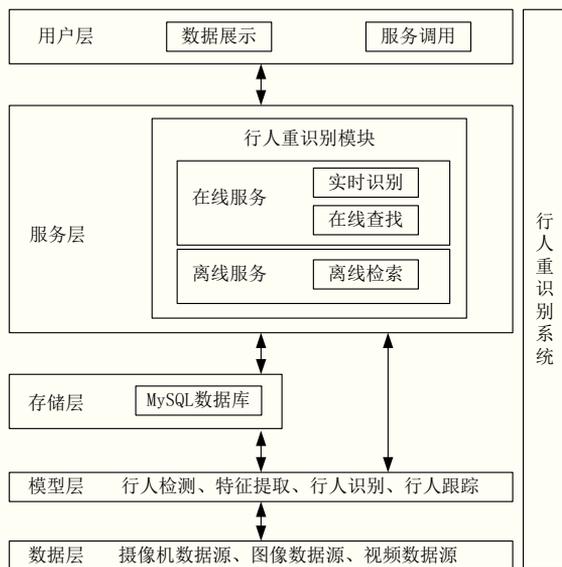


图 1 系统整体架构

图 1 中，数据层负责各项数据的输入管理，系统输入数据类型具体有系统连接摄像头数据、行人图像数据与监控视频片段等。系统数据层运行中要从以上各项数据源发送的原始数据中抽取与行人识别相关的图像帧以及缩放等格式化处理。系统模型层根据数据层处理结果对输入数据做进一步处理。系统存储层通过 MySQL 数据库将模型层输出的数据进行分类存储，用户通过输入数据对应类型即可从系统中获取相关的数据。系统服务层具体向用户提供与行人重识别关联的其他服务项目，按照服务性质可分为在线服务与离线服务两类。其中，在线服务具体指系统运行中实时对接入的行人数据进行处理，并即时将处理结果反馈给用户。离线服务指用户在系统未联网状态下向系统输入原始数据，通过系统离线功能完成对输入信息的检索。

2.2 系统功能模块构建

根据系统整体架构与系统运行功能需求，系统功能模块可以具体划分为数据展示模块、行人重识别模块与数据管理 3 个模块（见图 2）。

系统数据展示模块运行中需要接收用户或连接硬件上传的数据，并实现处理结果返回数据展示；行人重识别模块需要为用户提供系统覆盖区域行人信息实时识别、各项行人信息线上查询与用户上传信息离线检索服务；数据管理模块要对输入系统的各项行人信息做分类保存，为用户提供对应的数据读取端口^[2]。

3 行人重识别系统具体实现

3.1 系统数据展示模块实现

该模块在系统构建行人信息实时识别服务的具体实现中，不需要设置专门的用户输入端口，只需要将信息识别结果在系统内进行公示即可。在线上查询服务实现中，用户需要通过图中所示界面向系统内输入待识别的行人图像，系统根据用户提供的图像向用户提供查询结果，并进行可视化展示。离线检索服务需要上传待查询行人图像和检索视频信息，最后对返回结果进行展示。

3.2 系统行人重识别模块实现

该模块是系统功能的核心构

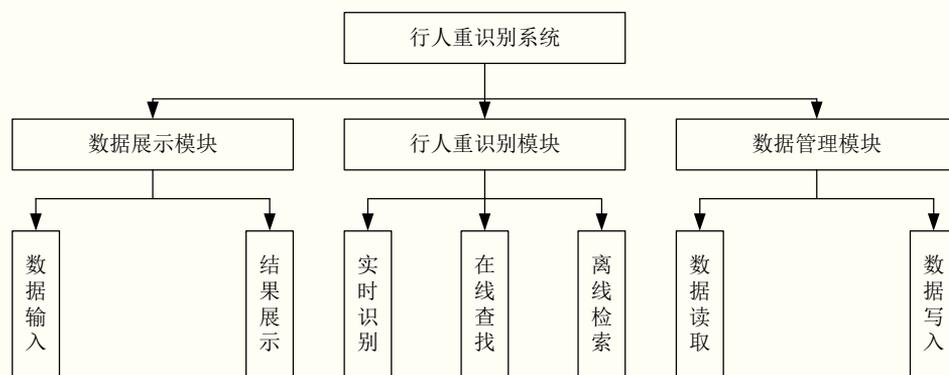


图 2 系统功能模块

成，具体由在线与离线两类服务构成。其中，在线服务项目包含行人信息实时识别与线上查询，离线服务项目由用户录入行人信息的离线检索。

首先，在服务项目实际运行中，从输入系统的实时监控视频数据中截取与行人识别相关的图像帧，使用目标检测模型 YOLOv7 对画面中出现的行人进行识别。应用边界框将画面中的行人图像裁剪下来，通过行人重识别模型进行各个行人图像特征提取。如果系统已经确定指定监控的行人身份，则转入行人跟踪；如果行人行为识别结果不明确，则需要通过图 1 中所示程序重新进行识别。对图像中身份不详的行人，提取该行人图像特征与全局特征进行距离对比计算，以此确定该行人信息在城市治安管理中的重要程度，将其录入到系统数据库指定位置。在排序中显示所有距离均大于系统给定阈值，则判定该人为第一次出现，在系统中为其创建新身份，并对其进行一段时间的监控跟踪，根据跟踪结果评估其对城市治安管理的影响。

其次，系统行人信息在线查询服务实现中，需要根据系统用户上传的待处理行人数据与用户提供的时间从系统数据库中检索输出对应行人在对应时间下的可视化信息。

再次，系统向用户提供该项服务时，用户向系统在线查询界面中输入行人信息查询需要的各项信息，之后系统中相关的应用程序根据用户输入查询条件从数据库中读取对应时间段内的存储数据。使用行人重识别模型提取用户输入行人图像中各项特征与

系统中存储的各个行人图像中的特征进行对比分析，计算得出二者之间的距离。如果二者距离低于系统规定的阈值，则判定该行人信息与用户输入行人信息相似，将这部分数据传输至用户查询反馈界面中，供用户使用。

最后，系统行人信息离线检索服务实现中，用户提供系统离线检索功能界面将需要检索的行人信息与其他相关的数据上传到系统指定的功能模块中。系统在离线状态下从用户提交的图像数据中提取行人信息识别相关的图像帧，通过目标检测模型 YOLOv7 对画面中出现的各个行人信息进行检测。使用行人重识别模型提取用户输入行人图像中各项特征与系统中存储的各个行人图像中的特征进行对比分析，计算得出二者之间的距离。如果二者距离低于系统规定的阈值，则判定该行人信息与用户输入行人信息相似，将这部分数据传输至用户查询反馈界面中，供用户使用。如果用户提交的视频数据信息中还有待提取的图像帧，需要重复上述服务流程直至用户提交数据内容中的行人身份信息全部得到检索。

3.3 系统数据管理模块实现

该模块中的行人重识别数据库通过 MySQL 数据库应用实现，该数据库实际应用中具体检测提取的行人身份信息使用行人信息表作具体记录，系统数据库行人信息表内容定义如表 1 所示。

表 1 系统数据库行人信息表内容定义

字段名	类型	长度 (字节)	是否允许项目记录空白	详情
ImgID	INT	4	否	系统主要键位，待检测行人信息图像编号
PersonID	INT	4	否	行人身份信息编号
CamID	INT	4	否	拍摄行人摄像机编号
ImgName	VARCHAR	80	否	行人信息图像名称
Path	VARCHAR	80	否	行人信息图像路径
Time	DATETIME	8	否	数据获取时间

结语

本研究结合了生成对抗网络与行人重识别技术，根据城市治安管理工作需求与两项技术的核心特点创建行人重识别系统。首先说明系统设计中的各方面功能需要，在此基础上开展系统整体架构与各功能模块设计。随后，根据系统架构与模块过程，依托生成对抗网络与行人重识别技术探讨系统各模块实现。通过最终的系统测试表明，系统的关键功能模块在功能实用性、具体性能表现以及对异常工况的适应性都满足系统实际应用要求。

引用

[1] 陈济远.基于跨模态蒸馏的无监督行人重识别算法[J].科技与创新,2024(8):14-18.
 [2] 陈小慧,何宜庆.监控管理中基于交叉姿态平滑的行人重识别[J].计算机工程与设计,2024,45(4):1202-1209.