

文章编号：1005-8451 (2018) 07-0099-06

铁路工程智慧工地管理信息系统 设计与实现

容建华¹, 王万齐², 刘闯²

(1. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027;

2. 中国铁道科学研究院集团有限公司 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘要：采用“互联网+工程管理”的模式，研究施工工地上对人员、机械设备、技术工法、环保、安全和质量等方面的信息化监管问题。通过扫描二维码，快速检索和查询工程资料、技术法规等信息；应用人脸识别和比对技术，检查进出隧道的人员合法性，并进一步校验人员安全交底和培训教育情况。结果表明，智慧工地中二维码的应用，将工点现场传统式的张贴宣传图板，变革为信息化扫描、触摸展示，展示信息量至少可提升10倍；隧道口人脸识别，能提高隧道作业人员的身份验证准确性，基本可以杜绝人为影响因素，能提升安全交底和培训的监管力度。

关键词：铁路工程；智慧工地；信息系统

中图分类号：U2 : TP39 **文献标识码：**A

Intelligent construction site management information system for railway engineering

RONG Jianhua¹, WANG Wanqi², LIU Chuang²

(1. China Harbour Engineering Company Ltd., Beijing 100027, China;

2. Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited,
Beijing 100081, China)

Abstract: The "Internet + project management" model was adopted to study the informatization supervision of personnel, mechanical equipment, technical methods, environmental protection, safety and quality on the construction site. Two-dimensional code was scanned to quickly retrieve and query engineering data, technical regulations, etc. The face recognition and comparison techniques were used to check the legitimacy of the people entering and out of the tunnel, further check the safety of the personnel, training and education. The results show that the application of two-dimensional code in the intelligent construction site changes the traditional posting board in the site to information scanning and touch display. The amount of information can be raised by at least 10 times. Face recognition in tunnel mouth can improve the accuracy of identity verification of tunnel workers, basically eliminate human factors and improve the supervision of security and training.

Keywords: railway engineering; intelligent construction site; information system

“智慧工地”是指构建具有PC端和移动端的“智慧工地云平台”，对施工工地涉及到的“人、机、料、法、环”等方面实现信息化的有效监管^[1-6]。国内对施工项目管理软件的研究始于上世纪70年代，经过不断的探索和应用，近年来人工智能的智慧已发展到专家级的水平。随着“智慧工地”方面的应用研

收稿日期：2018-05-10

基金项目：中国铁路总公司科技研究开发计划课题(2015G001-C, 2017G001-B, 2017G001-E); 中国铁道科学研究院科研项目(2016YJ098)。

作者简介：容建华，教授级高级工程师；王万齐，高级工程师。

究逐步深入，相应的信息化管理系统软件日渐成熟。轨道交通工程项目多为线性工程，尤其是铁路干线工程，具有线路跨度长，施工控制点多、结构复杂、参建单位多、管理内容跨度大等特点^[7-8]。这些特点给施工项目现场管理带来了极大挑战。从实际业务出发，通过集成物联网、二维码、电子书、人脸识别等技术手段，构建铁路工程智慧工地管理信息化平台，可以提高施工现场的信息化管理水平和管理效率，强化安全风险控制，实现数据自动采集、自动传输、自动分析和自动记录^[9-10]；进一步实现工程

建设过程不同阶段、不同业务系统、不同专业之间的数据交换与信息共享^[11]。

1 系统基本要求

智慧工地管理信息系统以中英双语管理平台和APP为基础，充分利用现场管理“二维码”、重点工点“触屏一体机”、隧道监管“人脸识别”等方式，实现对人员、机械设备、施工工法及交班、安全、质量和环境保护等内容管控的信息化、可视化和远程化管理，并须达到以下基本要求：

(1) 系统应具有一定的先进性，能结合成熟的最新应用技术，解决施工现场的管理需求。即要综合利用二维码、RFID电子标签、电子书、人脸识别、移动互联网，以及即时消息推送等技术，基于云服务，实现智能化研判和过程监督管理^[10, 12]。

(2) 系统设计和研发应紧密结合实际业务，最大限度实现自动化，尽量减少人工干预，实现数据的自动采集、自动传输、自动分析、自动校验、自动记录、自动流转和推送，并提供灵活的检索方式^[8]。

(3) 系统应预留与主数据平台进行数据交换的接口，实现工程建设过程不同阶段、不同业务系统、不同专业之间的数据交换与信息共享，预留进一步实现大数据分析的条件^[11]。

(4) 系统应支持用户自定义流程配置，自定义统计报表生成，预留进一步拓展的条件。

(5) 支持中英双语系统应用界面，具备双语页面切换功能。

2 系统架构设计

2.1 总体架构

系统总体架构分为感知层、网络传输层、数据存储层、业务应用层和用户访问层，如图1所示。

2.1.1 感知层

通过温湿度传感器、压力传感器、光电传感器、磁性传感器、机电传感器等终端设备，采用人工加自动的方式，动态实时智能化地识别、感知、定位、跟踪、采集、监控、管理铁路的现场信息，为平台提供及时准确的数据。

2.1.2 网络传输层

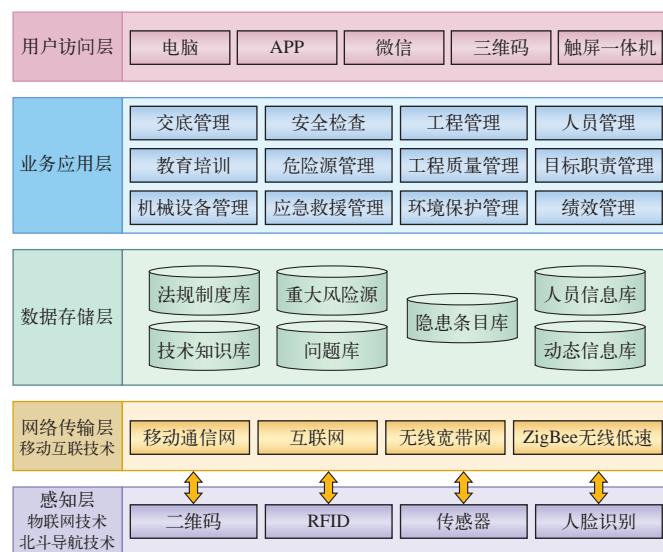


图1 系统总体架构

采用无线传输、移动通信、虚拟专用网、物联网和ZigBee等数据传输技术，为平台数据实时上传下达提供通道。实现各级管理者随时随地获取到数据和消息。

2.1.3 数据存储层

系统对施工过程业务数据进行存储和管理的主要场所。现场采集的相关业务数据传送到云存储中心，通过光纤通道存储设备、IP存储设备、直接附加存储（DAS）设备等实现数据的存储，并通过集群、网格和分布式文件系统等技术，提供数据访问服务。

2.1.4 应用服务层

实现各业务功能按需进行组件式安装，供用户访问层进行应用调用。根据业务种类，要封装的业务组件有Web服务、GIS服务、数据访问、数据处理、综合分析和报表统计等。

2.1.5 用户访问层

用户可通过虚拟专用网（VPN）、Web、移动互联、二维码和触屏等技术，以浏览器、移动客户端、第三方即时通软件等多种方式对系统进行访问。

2.2 网络架构

数据中心支持通过多运营商网络接入互联网，为保证网络安全，设置防火墙实现1~4层的安全防护；设置Web应用防火墙（WAF）和入侵防御检测（IPS）等网络安全设备，实现5~7层的安全防护；内部核心网络由TB级交换设备承载，支持数据中心的海量数据交换、大规模数据并发和纵向虚拟化等；

VPN 设备提供用户访问资源的专用安全通道；计算节点采用高性能服务器搭载虚拟化技术实现物理资源的整合；存储节点采用冗余双主控高性能存储设备；备份节点对重要数据进行定期备份存储，防止数据意外丢失。数据中心网络结构如图 2 所示。终端采集的数据统一上传至云平台，供各级用户使用。

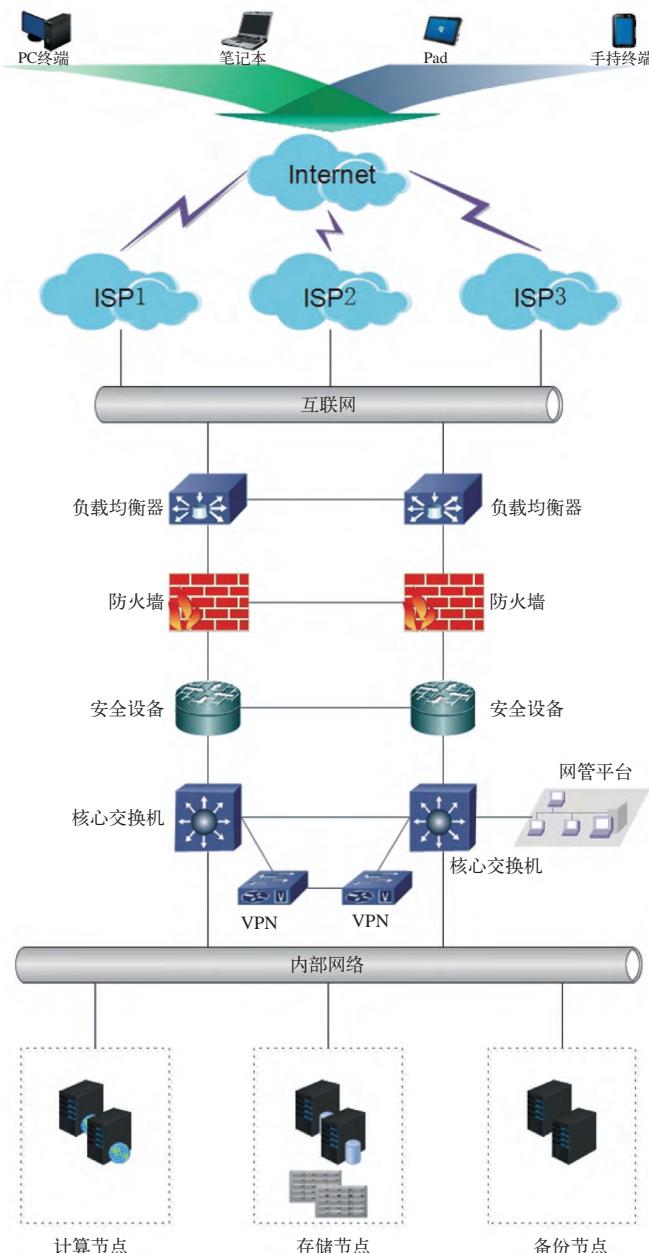


图2 数据中心网络结构

2.3 技术架构

系统采用 SSM 框架组合开发，分别使用 Spring-MVC、Spring、Mybatis 各框架中优秀模块进行组合，实现 MVC 架构模式，保证系统良好的可扩展性、可维护性和模块的复用性。技术架构如图 3 所示。

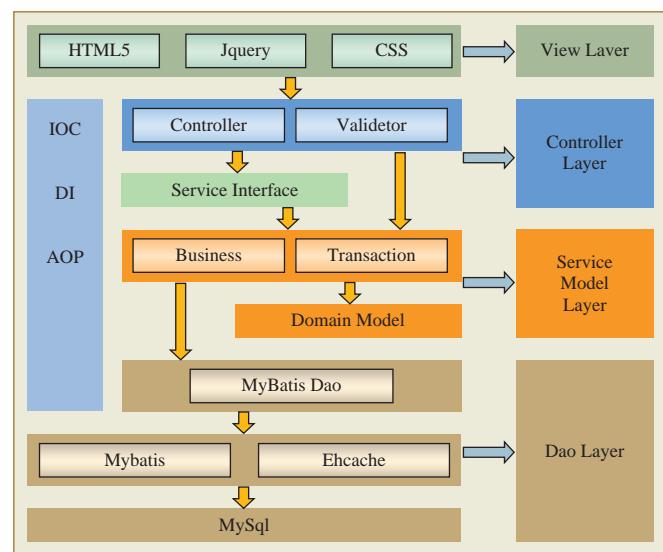


图3 技术架构

2.4 接口服务架构

系统基于 SOA 标准，并采用 Web Service 技术对各种系统资源提供的服务接口进行统一管理。接口服务架构如图 4 所示。

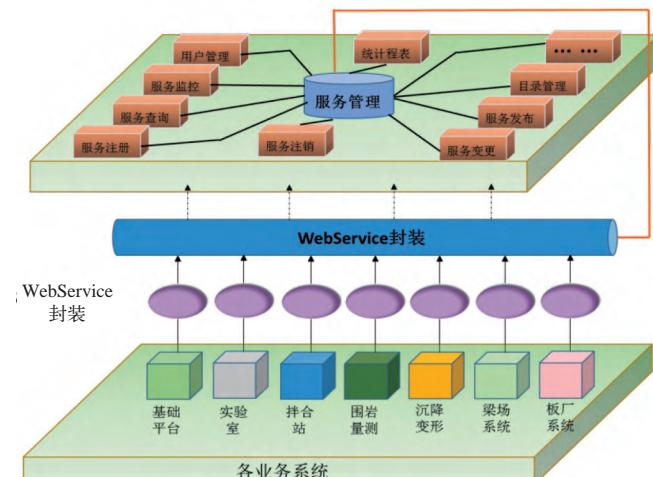


图4 接口服务架构

3 系统功能

系统满足公司、项目经理部、项目分部和施工工点四级用户的管理需求，实现的主要功能如图 5 所示。

3.1 首页管理

按管理层级建立首页，在线查阅安全、质量、重大风险、环境排查 / 整改问题统计。在线查阅人员、设备统计数据。按照安全事件发生原因统计图表，大数据分析辅助决策分析。在线查阅管理组织架构，

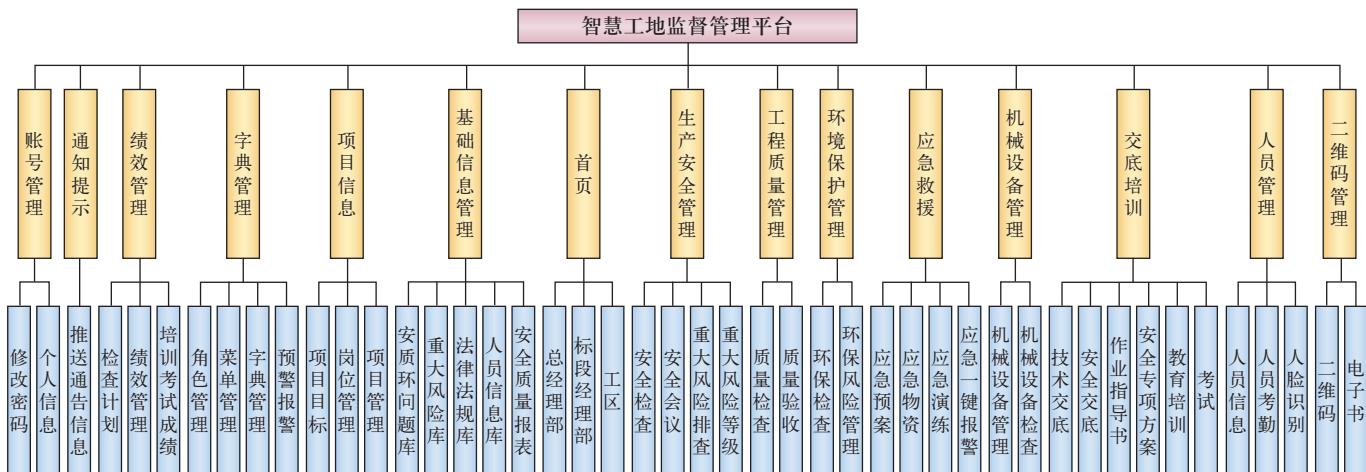


图5 软件功能架构

安全、质量、环保、应急体系架构。根据权限可以链接查阅各管理层级安全、质量、风险、环境管理情况。非法进入人脸识别区域预警信息。

3.2 安全生产管理

安全会议功能，可以在线发布会议信息，上传会议材料，发布会议纪要，参会人员在线手写签到或扫描二维码签到。安全检查功能，依据现行铁路安全规程，在线记录、管理、查阅检查问题，发起指定整改人、提出整改要求、限时整改，过程手写签认，实现问题整改闭环管理，领导在线督办。重大风险排查功能，可以在线查阅、记录风险排查情况，重大风险登记，指定责任人整改，过程签认，领导在线督办。通过数据库在线建档，形成风险清单，在线管理。

3.3 工程质量管理

质量检查功能，依据现行质量验收标准和规格，在线记录、管理、查阅检查问题，发起指定整改人、提出整改要求、限时整改，过程手写签认，实现问题整改闭环管理，领导在线督办。质量验收功能，在线进行工序“三检制”验收，实时记录验收人员、时间及结论，可追溯验收情况。

3.4 环境保护管理

环保检查功能，按照环境管理内容分类，在线记录、管理、查阅检查问题，发起指定整改人、提出整改要求、限时整改，过程手写签认，实现问题整改闭环管理，领导在线督办。环保风险管理功能，可以在线查阅、记录风险排查情况，重大风险登记，指定责任人整改，过程签认，领导在线督办。

3.5 应急管理

应急预案在线建档，在线查阅预案内容、应急组织机构，推送预案给指定人员阅读并记录人员接收信息。按照应急物资配备要求，在线检查应急物资，推送检查结果给负责人整改，记录检查整改信息。应急演练功能，支持在线记录和查阅演练评价、总结、参与人员签到和过程影像。突发事件能应急一键启动，在线推送至相关人员，启动应急救援预案。

3.6 机械设备管理

特种设备管理，可以在线建档和查阅设备信息、操作人员持证和培训、操作规程发布、设备日常维护、运行检查等情况，在线推送操作规程、安全告知，指定人员阅读，并记录阅读情况。机械设备检查，支持在线进行设备检查，记录检查情况，发起指定整改人、提出整改要求、限时整改，过程手写签认，实现闭环管理。

3.7 交底教育

技术交底，在线进行施工交底推送，指定人员阅读，记录交底和接受交底的信息。安全技术交底，在线查阅安全作业要点、预防措施、安全标准等，推送指定人员阅读，记录交底信息。作业指导书，在线查阅施工工艺流程图、控制重点等，推送指定人员阅读，记录接收信息。安全专项方案，在线建档、查阅方案内容、审批情况，推送指定人员阅读。教育培训，在线建档和查阅安全、质量、环保培训课件和视频，推送指定人员阅读，并记录接收阅读信息。与教育培训配套进行在线考试，考试结果展示。

3.8 绩效管理

在线建档和查阅安全、质量、环保检查计划，将计划与实施情况比对分析；教育培训考试结果评比，将这些形成绩效记录。管理员设定绩效排名规则，其他人员可在线查阅绩效积分，绩效排名。

3.9 人员管理

人员信息，在线建档、管理人员的姓名、照片、身份证件、编号、工种、作业部位、联系方式、持证上岗、进场记录、工资发放、安全交底、安全教育、劳保领用、应急演练、实名身份认证等信息，作为工资发放、工作考核、继续聘用等管理的依据。人员考勤，进行在线工点作业人员考勤，结合人脸识别进行重要工点人员进出记录。在隧道、炸药库及重点场站，进行人脸识别记录，杜绝非法进入。

3.10 二维码管理

根据管理需求，在线形成动态、静态二维码，设置权限，实现管理人员、作业人员、参观人员和外来检查人员获取不同的工程动态、静态信息，进行在线阅读和在线管理。通过触屏一体机以“电子书”的方式进行工程信息、管理信息、二维码信息的集中展示。

3.11 基础数据管理

建立安全问题库、质量问题库、环保问题库、重大风险库，在线建档、查阅安全隐患，统计分析易发、多发、高发问题。在线建档、查阅质量问题，统计分析质量通病。在线建档、查阅环保问题，形成管理清单。在线建档、查阅危险源，形成风险清单。

建立法律法规库、人员信息库、动态信息库，在线建档、查阅中国法规、所在国法规、集团制度、公司制度和项目制度。在线建档、查阅人员详细信息，导入和导出统计表格。在线建档、查阅施工信息、通告等。

填报信息报表、季度报表，在线建档、查阅和上报，按时完成安全、质量、环保管理信息报表和季度报表。

4 关键技术及应用

4.1 基于人脸识别技术的隧道安全管理

通过在铁路隧道作业进出口设置摄像头，实时

采集人脸图像，采用后端人脸识别技术与数据库中已存储人员信息对比，识别人员的身份^[12]。本功能与闸机设备对接，识别不通过，将触发报警信号；识别通过方可进入隧道作业，同步在服务端提取进出隧道人员相关安全交底、培训教育情况，实现人与交底教育情况的关联比对，及时准确发现问题，提高隧道作业人员安全监管效果。本项技术应用是对传统隧道口进出监管的重大突破。

4.2 基于电子书的项目信息发布和管理

将项目信息、作业部位信息、设备信息、人员信息分类形成二维码；对每个部位、每台设备、每位人员生成唯一二维码。同时将施工相关的项目信息（文字、图片、影像、进度）等与二维码进行集成，集中按目录树分类展示，形成电子书。通过触摸屏等方式，对电子书的项目、部位、设备、人员信息进行发布和展示，实时更新，实现重要工点信息数字化、信息化。传统工点张贴图牌、宣传图板，变革为以二维码信息形式进行关联检索和展示，提高监管的效率，提升项目形象。

4.3 检查项目自动化汇总及闭环管理

系统将铁路施工过程安全、质量、重大风险以及环保的检查标准录入，不断更新铁路管理及项目所在地、所在国的最新适用法律法规，形成项目检查字典库，采用问题聚类方法，选择并设置施工工程等具体参数要求后，系统自动生成检查项，方便现场检查指导。同时，利用平台及时将发现的安全、质量、隐患风险及环保等问题，通过信息推送，定人、定时、定标准完成整改，实现闭合管理，以此达到全过程监督管理。

4.4 基于统计分析实现辅助决策管理

通过对安全、质量隐患类的问题进行分类，对施工过程中多发、易发、高危的问题设定权重因子，以数理统计分析的方式，发现潜在风险点，并汇总成报表，辅助管理层决策。实现带着问题去检查，掌握线索促整改，有针对性地进行专项整治，提高问题整治的成效以及预防的先知性。

5 结束语

铁路工程智慧工地管理信息系统以强化过程控

制为核心；综合互联网、物联网、移动互联、云计算等技术，以“人脸识别”、“二维码”、“触屏电子书”、“辅助决策”等关键技术和典型应用为突破；覆盖健康、安全、环保和质量管理的重点难点；缩减了管理信息传递的层级和时间，提高了管理效率，降低了项目管理成本；提升了工程实体质量，降低了安全生产风险，将有效保障作业人员的安全。目前该系统在中交马来西亚东海岸铁路项目中得到推广应用，对系统的设计和功能适用性进行了验证。系统下一步将在物料管理、BIM 可视化交底、大数据分析等方面拓展应用。

参考文献：

- [1] 毛志兵. 推进智慧工地建设助力建筑业的持续健康发展 [J]. 工程管理学报, 2017 (5) : 80-84.
- [2] 杨青云. 推进智慧工地的关键 [J]. 商品与质量, 2017 (25) : 223.
- [3] 张 蕾. 谈智慧工地的建设 [J]. 山西建筑, 2017 (29) : 240-241.
- [4] 杨青云. 推进智慧工地的关键 [J]. 商品与质量, 2017 (25) : 223.
- [5] 吕 涛, 罗朝洪, 姜 帅, 等. 智慧工地促进项目建设探讨 [J]. 中国房地产业, 2017 (32) : 105.
- [6] 曾凝霜, 刘 琰, 徐 波. 基于 BIM 的智慧工地管理体系框架研究 [J]. 施工技术, 2015, 44 (10) : 96-100.
- [7] 梁 策, 王万齐, 蔡德钩. 基于 BIM 和北斗卫星定位的路基连续压实信息系统研究 [J]. 铁道建筑, 2017 (7) : 104-107.
- [8] 梁 策, 王荣波, 王辉麟. CRTSIII 型无砟轨道板生产管理信息系统设计与实现 [J]. 铁路计算机应用, 2016, 25 (12) : 35-39.
- [9] 安 然, 王辉麟, 邵 磐. 铁路工程埋入式射频识别电子标签技术标准和应用研究 [J]. 铁路计算机应用, 2016, 25 (7) : 30-34.
- [10] 王荣波, 史天运, 王 彤, 等. 铁路工程埋入式射频识别电子标签技术标准和应用研究 [J]. 铁路计算机应用, 2015, 24 (12) : 43-46.
- [11] 刘忠东, 张 千. 基于 SOA 的铁路信息化架构研究 [J]. 铁路计算机应用, 2014, 23 (11) : 20-23.
- [12] Hu, Shuowen Choi, Jonghyun Chan, etc. Thermal-to-visible face recognition using partial least squares[J]. Journal of the Optical Society of America, A. Optics, image science, and vision, 2015(3): 431-442.

责任编辑 陈 蓉

