

基于 RFID 和区块链的预制构件管理系统*

邱凯¹, 司鹏搏¹, 曾涛², 李萌¹, 张延华¹

(1.北京工业大学 信息学部,北京 100124; 2.中建科技集团有限公司,北京 100070)

摘要:针对预制构件从生产、运输到施工过程中数据割裂和易被篡改等问题,提出一种基于 RFID 和区块链的预制构件管理系统。首先,对系统的设计思路和系统架构进行详细介绍;其次,结合生产、运输和施工的业务流程设计 App,并分析数据存储和查询的实现思路;最后,实现了管理系统并进行测试部署。该系统利用 RFID 技术为每个构件进行唯一标识,并将 App 采集的数据存储在区块链中。利用区块链的去中心化、不可篡改等特点,为管理者提供真实可信的溯源数据,进而提高施工效率。

关键词: RFID;区块链;预制构件;管理系统

中图分类号: TN914;TP311.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.191335

中文引用格式: 邱凯,司鹏搏,曾涛,等. 基于 RFID 和区块链的预制构件管理系统[J].电子技术应用,2020,46(9):79-84.

英文引用格式: Qiu Kai, Si Pengbo, Zeng Tao, et al. Prefabricated component management system based on RFID and blockchain[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 79-84.

Prefabricated component management system based on RFID and blockchain

Qiu Kai¹, Si Pengbo¹, Zeng Tao², Li Meng¹, Zhang Yanhua¹

(1.Faculty of Information Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2.China Construction Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100070, China)

Abstract: Aiming at the problems of data fragmentation and easy tampering during the production, transportation and construction of prefabricated components, this paper proposes a prefabricated component management system based on RFID and blockchain. Firstly, the design ideas and system architecture of the system are introduced in detail. Secondly, the App is designed based on the business processes of production, transportation and construction, and the implementation ideas of data storage and query are analyzed. Finally, the management system was implemented and tested for deployment. The system uses RFID technology to uniquely identify each prefabricated component and stores the data collected by the App in the blockchain. Utilizing the characteristics of blockchain decentralization and non-tampering, it provides managers with authentic and reliable traceability data, thereby improving construction efficiency.

Key words: RFID; blockchain; prefabricated components; management system

0 引言

当前我国的城镇化进程正在飞速地进行,传统的现浇式建筑方式仍是工地上的主流,但其存在效率低、环境污染严重等弊端。装配式建筑通过在构件厂生产预制构件,运输到工地上吊装,具有高效施工、环境友好等优点,是目前新型建筑方式^[1]。但预制构件从生产、运输到施工过程中的各方信息闭塞,容易造成数据割裂,一旦预制构件出现问题,想要查找原因和追责十分困难,影响施工效率和工程进度。因此,建立可靠可信的预制构件管理系统是十分有必要的。

现有的预制构件管理系统较少且参差不齐,有的使用二维码来唯一标记预制构件,但二维码易被损坏或涂

改^[2];有的管理系统将数据存储于数据库中,但数据库易被黑客攻击,难以保证存储的信息全部真实可靠^[3]。

利用 RFID(Radio Frequency Identification),即使标签和读写器不直接接触,也可以读写数据^[4]。区块链本质上是一个去中心化的数据库,是一种解决信任问题和降低信任成本的技术解决方案^[5]。

本文提出一种基于 RFID 和区块链的预制构件管理系统,该系统将每一个预制构件都贴上对应的 RFID 标签,通过 App 将生产、运输、施工过程中的数据上传到区块链,通过区块链不可篡改特性使数据可信度大大提高。在溯源查询时,管理者通过 App 或 Web 取出区块链和数据库的信息,获得预制构件全过程的流转信息。

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(61571021,61901011);北京市博士后工作经费资助项目(ZZ2019-73);中国博士后科学基金第 64 批面上项目(2018M640032);朝阳区博士后科研经费资助项目(2019ZZ-4);国家重点研发计划项目(2016YFC0701700)

1 RFID 与区块链

1.1 RFID 技术

RFID 技术是指识别系统与目标之间无需接触, 便可通过无线电信号读写目标的相关数据, 主要应用在产品防伪、门禁、ETC 等领域。RFID 标签分为有源和无源两种。无源标签在接收到读写器发出的信号后, 形成感应电流将芯片内的信息发送出去; 有源标签会主动发送信号, 读写器接收信号并解析信息, 标签贴在物品表面或嵌入物品内部均可被识别^[6]。RFID 系统一般是由软件系统、读写器和应答器组成。本管理系统本质也是一个 RFID 系统, App 用户采集数据, 相当于读写器; RFID 标签预埋在预制构件内部, 相当于应答器; 后台管理和区块链后台系统相当于软件系统。

1.2 区块链技术

区块链是一种按照时间顺序将数据区块顺序相连组合成的一种链式数据结构, 并以密码学方式保证的不可伪造和不可篡改的分布式账本。区块链具有以下特性:

(1) 去中心化。区块链不依赖第三方机构, 而是依靠分布式存储, 各个节点之间实现了信息的自我验证、传递和管理。这使得节点间都有一份账本, 不再依赖于中心服务器。

(2) 不可篡改性。交易数据存储区块中, 一个个区块不断连接一直往下增长, 形成链式结构。仅仅修改单个节点的数据没有意义, 除非掌握全网 51% 的节点同时修改信息^[7]。这个代价是巨大的, 就使得区块链的数据理论上是不可能被篡改的。

(3) 开放性。区块链系统的数据信息和接口是开放的, 可以通过公开的接口查询任意交易信息^[8]。交易的账本由多个节点共同完成, 每个节点都存储一份完整的账本。交易信息是开放的, 但交易对象是高度加密且匿名的, 保证了个人信息的安全性^[9]。

1.3 区块链系统架构

区块链系统架构如图 1 所示, 分为数据层、网络层、共识层、激励层、合约层和应用层 6 层^[10]。数据层包括区块的底层结构和加密算法等; 网络层主要包括各节点的组网方式、消息传输协议和数据验证机制^[11], 区块链采取 P2P 网络来连接各个节点, 节点间可以相互传递消息, 每个节点均有全网数据的备份, 即使得区块链具有去中心化特点^[12]; 共识层是指各个节点通过何种方式取得共识, 主要有 PoW、PoS 和 DpoS 等共识机制, 节点之间进行算力竞争, 去寻找设定的随机数, 第一个找到的则挖矿成功^[13]; 激励层是指对挖到矿的节点进行奖励, 保证全网的节点都有动力挖矿, 从而使得全网算力足够大, 使得掌握全网 51% 节点的成本大大增加; 合约层主要包括脚本语言、智能合约和虚拟机^[14], 这使得区块链可以按照复杂的业务逻辑进行编程和部署应用; 应用层包括区块链的一些应用场景。



图 1 区块链系统架构图

2 预制构件管理系统的设计

2.1 系统设计思路

传统的现浇式建造方式效率较低, 对环境的破坏较大, 新兴的装配式建造方式是建筑行业的发展方向。预制构件是装配式建筑的核心, 预制构件从生产、运输、施工等过程中的质量保证更显得尤为关键。而目前关于预制构件的溯源研究整体偏少, 参差不齐。有的使用二维码来唯一标识预制构件, 一旦操作不当, 二维码极易被混凝土黏住或与地面摩擦导致无法识别; 有的是借助传统中心化数据库存储数据, 但数据库易被篡改或攻击, 无法保证数据完全可靠。

利用 RFID 和区块链能有效解决目前管理系统存在的问题。RFID 标签不需要接触便可产生信息交换, 可以直接将 RFID 标签预埋到预制构件内部, 防止标签被损坏。区块链技术具有去中心化特点, 各个节点均有所有数据的全部备份, 51% 的节点控制权使得攻击和篡改成本大大增加, 几乎是不可能事件。将生产、运输、施工过程中的数据通过 App 采集上传到区块链中, 再通过小程序或浏览器进行查询, 打通了预制构件流转的整个过程。

2.2 系统的架构设计

本文提出的预制构件管理系统分为 3 层, 分别为数据接入层、数据存储层和用户应用层, 如图 2 所示^[15]。其中数据接入层是将预制构件流通过程中的生产、运输、施工各个阶段的数据通过 App 扫描 RFID 标签采集起来; 数据存储层是将各个阶段采集的数据通过后台管理系统存入数据库和区块链后台系统打包加密后存入在区块链中; 用户应用层是用户通过浏览器、App 和微信小程序等交互方式进行溯源查询, 获取预制构件各个阶段的数据。

2.3 系统的业务流程分析

预制构件管理系统的业务流程如图 3 所示, 具体阶

计算机技术与应用 Computer Technology and Its Applications

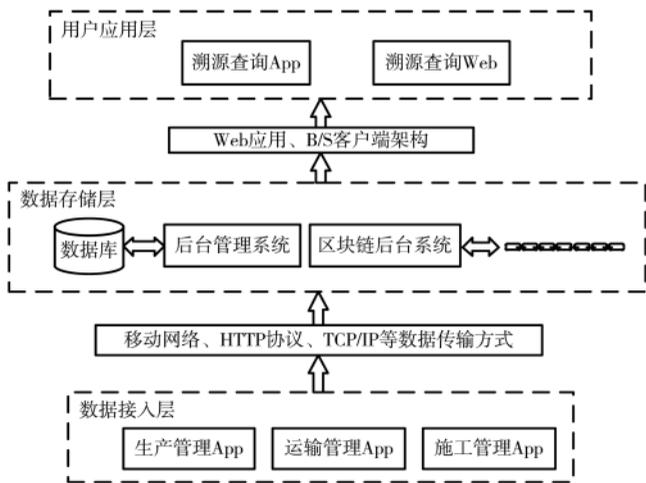


图2 预制构件管理系统架构图

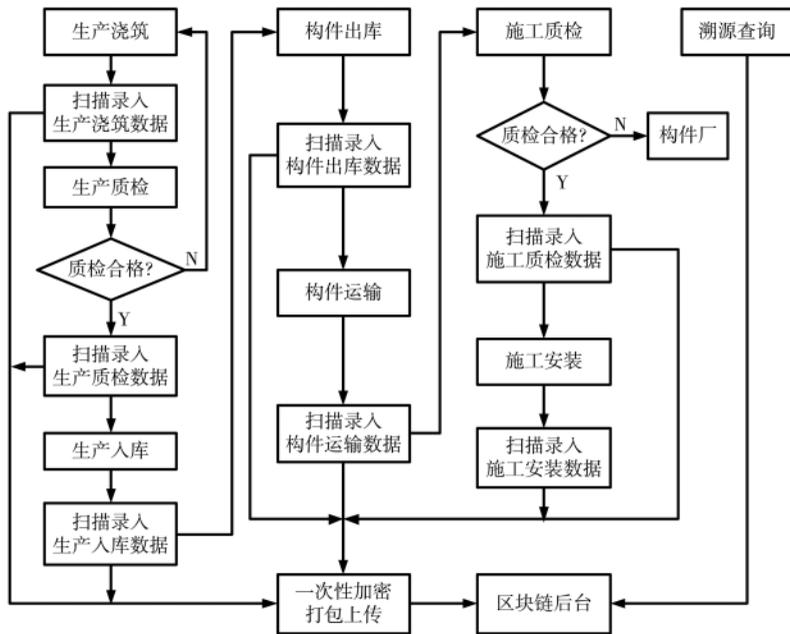


图3 预制构件管理系统业务流程图

段如下：

(1) 生产阶段

生产阶段主要分为生产浇筑、生产质检和生产入库三个部分。生产人员根据图纸进行钢筋绑扎，管道和门窗的预埋。在浇筑混凝土时，将 RFID 标签埋在预制构件内部，使之贯穿于预制构件整个流程。相关负责人通过生产管理 App 扫描预埋的 RFID 标签记录生产阶段的数据，主要包括浇筑信息、质检信息和库存信息。浇筑信息包括构件 ID、名称、类型、混凝土强度、主筋规格、规格型号、生产单位、浇筑人员等。等待构件成型之后进行脱模，然后对预制构件进行质量检测。点击生产管理 App 的生产质检按钮，扫描 RFID 标签记录质检信息，包括构件 ID、名称、类型、检验状态、问题类型、质检单位、质检人员等信息^[16]。质检不合格的构件需要修复，修复不了

的重新生产，质检合格的构件进行下一步入库操作。构件入库时，库存管理人员通过 App 记录构件 ID、名称、类型、库房、库位、入库人员等信息^[17]。

(2) 物流阶段

物流阶段主要分为构件出库和构件运输两个部分，在物流阶段使用的是物流管理 App。当接到构件运输通知时，库存管理人员首先去库房查看该构件是否存在，如果存在则进行出库操作，使用 App 记录构件 ID、名称、类型、库房、库位编号、出库人员等信息。之后通过汽车起重机将构件吊装在货车上，并记录构件 ID、名称、类型、运输单号、运输单位、运输司机、运输车牌号等信息。记录完毕后货车开始发车进行运输。预制构件生产厂大门处安装了 RFID 固定读写器，当车辆驶出大门时，

固定读写器会读取到车辆上的预制构件 RFID 标签，并将当前时间记录上传作为运输起始时间^[18]。

(3) 施工阶段

施工阶段主要分为施工质检和施工安装两个部分，使用的是施工管理 App。当货车通过施工大门时，RFID 固定读写器会读取到车上的预制构件 RFID 标签，并将当前时间记录上传作为运输结束时间。当预制构件运输到施工现场后，施工检测人员负责将构件卸货并进行质检，其中质检是为了检查车辆在运输途中预制构件是否损坏产生质量问题。记录信息包括构件 ID、名称、类型、检验状态、问题类型、质检单位、质检人员等信息。如果检验不合格则返厂修复，合格的构件进行安装。施工安装时，起重机将预制构件吊装到施工楼层，工人进行安装，施工负责人使用 App 记录构件 ID、名称、类型、安装楼号、楼层、安装部位、施工责任人等信息。

在上述 3 个阶段的每个过程中，当点击保存时，都会获取当前位置的经度和纬度，还会默认获取当前时间，每个过程还都需要拍摄照片和视频信息^[19]。一旦出现工程质量问题或者构件损坏时，管理者可以通过溯源 App 扫描 RFID 标签进行溯源查询，也可以通过浏览器设置查询条件进行批量查询，得到预制构件生产、运输、施工过程中的所有数据信息、地理位置信息和照片视频等信息，实现全面的构件溯源查询。

2.4 区块链数据的存储和查询

区块的区块体容量有限，所以区块链一般存储的是结构化数据，如字符串、数字类型等。构件名称、类型、检验状态等汉字必须转化成十六进制才能存储，非结构化数据如照片视频等二进制文件存储难度较大，一般不会直接存储文件本身。综合考虑，本管理系统采取的是数据库和区块链结合的存储方式^[20]。通过 App 采集到的

39.106.9.251:8080/homesm/select?id=23

Google 翻译 插件下载 北京工业大学上网... 北京工业大学校园... 毕业论文 fabric 学习 易买网项目 淘淘商城6-13天 淘淘商城 面向接口

预制构件管理系统

欢迎你, 管理员 退出

构件ID: (01)06972271280099(10)001(11)190425(240)YZ2b(3300)8082(3312)060(3322)060(3332)898 构件名称: YZ2b 构件类型: 预制柱

生产浇筑信息

混凝土强度	主筋规格	规格型号	生产单位	浇筑人员	时间	经度	纬度	是否可信	照片	视频
C30	Φ12	8082*60*60	中建(天津)工业化建筑工程有限公司	王永德	2019-10-16 09:10:31	116.90897	39.25101	是		

生产质检信息

检验状态	问题类型	质检单位	质检人员	时间	经度	纬度	是否可信	照片	视频
合格	无	中建(天津)工业化建筑工程有限公司	李帅	2019-10-27 11:44:51	116.90889	39.25099	是		

生产入库信息

库房	库位编号	入库人员	时间	经度	纬度	是否可信	照片	视频
二号厂房	库位3	袁星	2019-10-27 14:11:20	116.92474	39.22387	是		

图 8 溯源查询详细信息截图

区块链后台系统对应数据存储层。溯源查询系统对应用户应用层,包括溯源查询 App 和溯源查询 Web,其中溯源查询 App 扫描 RFID 标签后返回该构件包括生产、物流、施工阶段的所有数据,用于单一查询;溯源查询 Web 用于根据查询条件(如根据构件名称、人员姓名等)进行批量查询,查询完之后点击“查看”了解详细数据,如图 8 所示。

4 结论

本文设计并实现的系统对每一个预制构件进行唯一标识,贯穿了预制构件从生产、运输到施工的整个过程,App 将数据采集并加密后打包存入区块链,利用区块链的不可篡改特性为管理者提供最可靠的数据。本系统目前已经部署在 Windows Server 服务器上,经过实际测试和应用,实现了预制构件的全过程溯源,目前系统已经上线运营。

参考文献

- [1] 程和平,任国亮,丁鼎.人居文化视野下常州祠堂建筑的历史发展与当代价值研究[J].住宅与房地产,2018(5): 220, 222.
- [2] 张昊,陈振海.基于 BIM 的二维码技术在装配式预制构件全过程应用研究与分析[J].施工技术,2019,48(S1): 347-350.
- [3] 楼智博,冯雪婷,刘加敏,等.基于 BIM 的预制构件编码体系与数据库设计[J].现代商贸工业,2019,40(24): 214-218.
- [4] 卢磊.基于威盛 CBP5.7 的 UHF RFID 手机硬件设计与实现[D].成都:电子科技大学,2012.
- [5] 吴青衡.区块链在征信系统设计过程中的应用[J].电子

- 世界,2019(2): 179, 181.
- [6] 龚胜宇.基于 RFID 技术的图书馆三维防盗检测系统的设计与研究[D].合肥:合肥工业大学,2012.
- [7] 程文璐.区块链引入食品信息溯源的行政法规制[D].上海:上海师范大学,2018.
- [8] ALIREZA B, JOOSEOK S. Trend of centralization in Bitcoin's distributed network[C]. 2015 IEEE/ACIS 16th International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, 2015.
- [9] 吴雨.区块链技术在公共资源交易领域的应用[J].中国招标,2018(48): 34-36.
- [10] 徐寿芳,章剑林.基于区块链技术的“一带一路”跨境物流平台构建[J].物流技术,2018,37(7): 56-61, 124.
- [11] 李梦思.基于区块链的扶贫小额信贷信用风险管理研究[D].武汉:武汉理工大学,2017.
- [12] HILDENBRANDT E, SAXENA M, RODRIGUES N, et al. KEVM: a complete formal semantics of the ethereum virtual machine[C]. 2018 IEEE 31st Computer Security Foundations Symposium(CSF), 2018: 204-217.
- [13] BIRYUKOV A, KHOVRATOVICH D, PUSTOGAROV I. Deanonymisation of clients in Bitcoin P2P network[C]. Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communication Security, 2014.
- [14] 李春燕,赵佳,刘吉强,等.车载自组织网络中基于区块链的路况预警方案[J].网络与信息安全学报,2018,4(7): 39-47.
- [15] 林波,杨睿哲,杨兆鑫,等.基于区块链和边缘计算的智慧农业系统[J].情报工程,2018,4(3): 14-20.
- [16] 于振欢,韦永斌.基于物联网的预制构件信息管理系统

设计与应用[J].工程建设与设,2017(15):222-224,227.

(收稿日期:2019-12-05)

- [17] 刘建平,刘凤英.数控切割管理系统的研发[J].电脑知识与技术,2010,6(19):5357-5358.
- [18] FURNESS A.Traceability of GMOs the new EU regulations[Z].2004.
- [19] 金凯,杨睿哲,杨兆鑫,等.区块链在供应链管理上的应用[J].情报工程,2018,4(3):29-38.
- [20] 张延华,杨兆鑫,杨睿哲,等.基于区块链的农产品溯源系统[J].情报工程,2018,4(3):4-13.

作者简介:

- 邱凯(1994-),男,硕士研究生,主要研究方向:区块链技术。
- 司鹏搏(1983-),男,博士,教授,主要研究方向:无线网络。
- 曾涛(1972-),通信作者,男,硕士,高级工程师,主要研究方向:工业化建造技术,E-mail:783772328@qq.com。

(上接第78页)

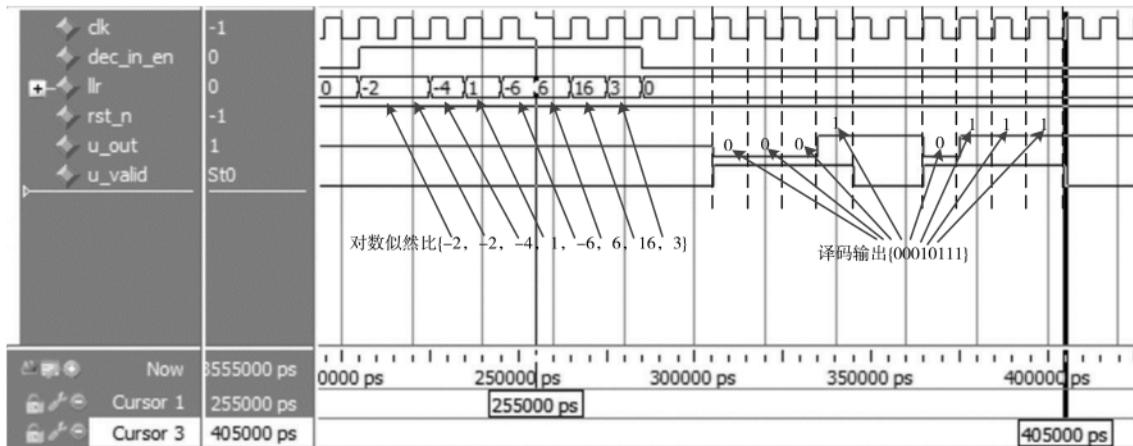


图5 低资源的SC译码仿真图

表2 低资源SC译码架构多种码长的硬件消耗

资源	N=8	N=128	N=1 024
LUT/个	191	690	2 072
FF/个	95	274	640
IO/个	22	22	22
BUFG/个	1	1	1
f/MHz	259.804	220.444	144.47
吞吐量 Th(Mb/s)	207.84	89.86	44.57

表3 N=128时传统SC译码器的硬件消耗^[7]

资源	使用量
LUT/个	7 429
FF/个	2 102
IO/个	1 156
BUFG/个	1

本文研究的低资源的极化码SC译码架构的计算单元PE利用率相比树型SC架构提升了14.67倍;相比文献[7]提出的SC译码架构,在码长N=128时,在主要硬件资源指标LUT和FF上分别节省了74.22%和62.1%。

参考文献

- [1] 詹伟,李琳.无线传感器网络信道编码技术与研究[J].计算机与数字工程,2009(7):11-12.

- [2] 谢东福,王琳,陈平平.低资源多边类型LDPC码译码器的FPGA实现[J].应用科学学报,2010,28(6):633-637.
- [3] SHANNO C E.A mathematical theory of communication[J].Bell Labs Technical Journal,1948,2(4):3-55.
- [4] ARIKAN E.Channel polarization: a method for constructing capacity-achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels[J].IEEE Transaction on Information Theory,2009,55(7):3051-3073.
- [5] LEROUX C,TAL I,VARDY A,et al.Hardware architectures for successive cancellation decoding of polar codes[J].2011 IEEE Conference on Acoustics,Speech and Signal Processing,2011.
- [6] 许永富.应用于无线传感器网络的LDPC码研究与实现[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- [7] 夏阁淞,葛万成.极化码译码架构的改进与FPGA实现[J].通信技术,2019,52(11):2611-2616.

(收稿日期:2020-03-19)

作者简介:

- 曹蓉(1992-),女,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式、信息与信号处理。
- 赵德政(1985-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:工控安全、工业控制。
- 郭佳(1988-),男,硕士,助理工程师,主要研究方向:嵌入式、工控安全。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所