

# 露天矿穿孔钻机智能监控系统分析与设计

贺爱平

国家能源集团神延煤炭西湾露天煤矿 陕西榆林

**【摘要】**针对露天矿穿孔钻机作业过程中智能化水平低问题，以 D45 穿孔钻机为载体，实现钻机智能监控系统分析与设计。首先，分析钻机监控系统智能化升级的主要功能需求。其次，实现了钻机智能监控系统架构及硬件设计。最后，在炮孔相关方面，实现基于 3D Mine 的自动布孔功能，并借助炮孔设计参数自主接收、钻机精准定位实现智能施工引导，兼顾实现电子围栏预警、远程孔位信息管理和生成炮孔施工报告功能；在钻机状态远程监测方面，实现钻机运行状态参数监测、异常与故障报警功能。D45 钻机改造升级的智能监控系统设计为穿孔作业装备的智能化提供技术支持，推进了智慧化矿山建设。

**【关键词】**露天矿穿孔钻机；智能化；监控系统

## Analysis and Design of Intelligent Monitoring System for Open Drilling rig

Aiping He

Chn Energy Shenyang Xiwan Openpit Coal Mine, Yu'Lin

**【Abstract】**In view of the low level of intelligence in the operation process of open-pit perforation drilling rig, the analysis and design of drill intelligent monitoring system are realized with D45 perforation drilling rig as the carrier. First, the main functional requirements of the intelligent upgrade of the drilling rig monitoring system are analyzed. Secondly, the drilling rig intelligent monitoring system architecture and hardware design are realized. Finally, realize 3D Mine automatic hole distribution function, with the aid of gun hole design parameters, drilling rig accurate positioning, electronic fence early warning, remote hole information management and gun hole construction report function, remote monitoring of rig state, realize the functions of rig operation state parameter monitoring, abnormality and fault alarm. The intelligent monitoring system design of D45 drilling rig transformation and upgrading provides technical support for the intelligent operation of perforating equipment, and promotes the construction of intelligent mines.

**【Keywords】**open-pit mine perforation drilling rig; intelligent; monitoring system

### 引言

2020 年 8 部委联合印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，明确提出煤矿智能化发展的 3 个阶段目标，2021 年建成多种类型不同模式的智能化示范煤矿，2025 年大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，2035 年煤矿基本实现智能化，建成煤矿智能化体系。露天煤矿智能化、智慧化将成为未来几年发展的核心，最终达到实现安全生产、智能开采、精细化管理、降本增效、绿色环保、自动化减人的目标<sup>[1]</sup>。同时，也强调重点突破精准地质探测、精确定位与数据高效连续传输、露天开采无人

化连续作业、重大危险源智能感知与预警等技术与装备，而这些都对智能监控系统的设计提出了挑战<sup>[2]</sup>。

目前，露天矿正在加速推进智慧化矿山建设，在矿卡无人驾驶、电铲远程驾驶等方面取得了重要突破。由于穿孔爆破工程方面受到外包公司设备更新换代慢、施工人员技术水平层次不齐等因素影响，在穿孔作业生产方面的智能化建设方面相对滞后。穿孔作业生产的自动化和智能化程度相对较低，在生产过程中布孔设计、放样找点均采用人工的方式；钻孔参数信息记录均采用人工记录的方式，尚未实

作者简介：贺爱平（1978-）男，汉，陕西榆林，工程师，研究生，从事煤炭开采和新能源建设。

现数字化；钻机的操作通过现场工作人员手动操作，其中部分钻机还尚未实现全电控操作，钻孔生产过程中的参数信息尚未实现远程监测。因此，针对现有装备进行升级改造，逐步实现穿孔作业装备的智能化，是智慧化矿山建设的重要途径和重要环节。

### 1 钻机智能监控系统功能需求分析

PowerROC D45 全液压潜孔式露天钻机是安百拓专为满足中国骨料、石灰石矿山、采石场及建筑市场客户的需求而设计。针对 D45 钻机在钻孔作业过程中强依赖操作员工作经验、人工布孔、钻机运行状态参数无法同步至本地等突出问题，现对露天矿穿孔钻机智能监控功能提出以下三点要求：

(1) 实现炮孔工作智能化，包括钻机布孔设计、放样找点自动化和智能化；

(2) 实现钻孔参数信息记录数字化；

(3) 实现钻孔生产过程中的参数信息远程监测，包括但不限于钻机运行状态参数监测、异常与故障报警，为实现钻机全电控操作提供技术支持。

### 2 钻机智能监控系统架构

针对露天矿现有 D45 穿孔钻机机械结构、液压系统、发动机、电气系统的实际条件，钻机智能监控系统由钻机端、通讯端和信息化平台三部分构成<sup>[3-5]</sup>。钻机端主要实现钻机状态参数的采集；通讯端主要实现信息的实时传输；信息化平台可对施工数据进行存储、处理与展现。钻机智能监控系统设计工作主要体现在供电方案、数据采集方案、信号传输方案和集控中心参数监测显示方案的提出。

#### 2.1 供电方案

该部分为整个监控系统供电。系统整体采用 24VDC 供电，钻机端所有用电设备从发动机启动电源直接取电，而信息化平台所用电直接从集控中心取电，均选用 24V 供电。

#### 2.2 数据采集方案

该部分主要任务是为了满足钻机的功能需求进行传感器选择及布置、控制器选择等。为实现钻机布孔设计、放样找点自动化需求，在数据采集方案中，对 D45 钻机进行钻机端数据采集改装，其方案示意图如图 1 所示，具体设计如下：

(1) 钻机端加装整机倾角传感器，用于监测车体 X、Y 轴 2 个方向倾角，钻机机械臂上加装 2 个倾角传感器，实现钻孔倾角监测和钻头的精准定位；

(2) 给进驱动马达处加装旋转编码器，用于监测钻机动力头的给进位移和钻孔深度；

(3) 在液压系统给进和回转回路加装 4 个压力传感器，用于监测钻机在钻进过程中的钻压和扭矩，为司钻人员提供决策信息；

(4) 加装车载专用控制器，用于以上传感器数据的采集、处理；

(5) 加装 GNSS 天线和北斗定位一体机<sup>[6,7]</sup>，实现钻机的精准定位、钻孔设计数据的收发、支持路径引导线和钻机中心线的显示等。

### 2.3 信号传输方案和集控中心参数监测显示方案

该部分的主要任务是确保钻机相关运行和控制数据通信实时性强、线束布置合理，为钻机操作人员提供操作引导，并为集控中心的远程信息管理提供有效途径。前期工程项目证实该系统 CAN 总线通信方式可实现控制指令输入、检测输入、执行动作输出、存储器和显示器等之间的数据交换，并可减少设备之间多线束的物理连接<sup>[8]</sup>。整个监控系统采用总线模块化设计理念，钻机端传感器和车载控制器之间数据交互采用 CAN 总线方式通讯，车载控制器和北斗定位一体机采用 485 总线通讯。

车载北斗定位一体机 PAD 软件采用 Android Studio 编译器和 Java 语言完成程序开发，实现钻机端数据采集，并将信息通过无线网络传输至矿区服务器。当基于 B/S 架构的 Web 服务器接收到钻机数据后，采用 IntelliJ IDEA 编译器和 Java 语言完成程序开发，实现数据实时解析和缓存，并向 Web 服务器发送 HTTP 请求，将数据存储至钻机数据库。同时集控中心的上位机系统采用 HTML、CSS 和 JavaScript 对钻机数据进行处理并显示，实现集控中心网页平台定时获取设备状态信息功能，最终实现对钻机相关性信息的远程动态监测。钻机智能监控系统架构中数据传输路径示意图和监控系统的六个层面如图 2 所示。

### 3 智能监控系统主要功能实现

智能监控系统主要功能包括和炮孔相关的孔位自动规划、智能施工引导、远程孔位信息管理、生成炮孔施工报告、电子围栏预警功能；和钻机状态远程监测相关的钻机运行状态参数实时远程监测、异常与故障报警功能。

### 3.1 钻机精准定位、炮孔设计参数自主接收、自动布孔功能

#### (1) 孔位自动规划

3DMine 三维矿业工程软件是一款完全本地化的创新设计、为国内用户量身打造的三维矿业软件平台,其主要功能有三维可视化核心、CAD 辅助设计与原始资料处理、勘探和炮孔数据库、矿山地质建模、地质储量估算、露天采矿设计、地下采矿设计、采掘计划编排、测量仪器接口与数据应用等,同时具有更加开放的数据兼容性、易学易用、客户定制和价格优势等特点<sup>[9]</sup>。

在本项目的钻机智能监控系统设计中,3D Mine 设计软件可为监控系统提供炮孔设计信息,规划设计钻孔,包括自动生成钻孔数量、孔间距及行间距、钻孔倾斜度、钻机行进路线等。同时,集控中心实现将以上信息发布至钻机端,实现孔位自动规划功能,项目施工现场的孔位信息实时监控界面如图 3 所示。

#### (2) 智能施工引导

钻机智能监控系统可通过导入 3D Mine 设计数据实现孔位导航,进行孔序规划引导时,支持路径引导线和钻机中心线的显示,引导钻机操作人员进行施工,在移动终端指挥下,快速找到所需炮孔的孔位,无需提前放线,节省工作量,提高施工效率。项目施工现场其中一个定位系统显示界面局部图如图 4 所示。

#### (3) 远程孔位信息化管理、生成炮孔施工报告

云平台实时把控施工现场,可实现对成孔数量、成孔质量、孔位偏差、设备情况、施工进度、施工记录等信息的统计分析查看,远程孔位管理界面如图 5 所示。

监控系统支持施工数据查询及施工进度的综合展现,支持快速成果报表输出、生成分析报告等功能,报告内容包括 3 类信息:①钻机所在区域、孔位多少、任务分配情况、要求完成时间等基本参数;②孔位设计坐标、孔深、角度等设计参数;③单个孔实际完成的深度偏差、坐标偏差、角度偏差等单项分析成果。

#### (4) 电子围栏预警

考虑到施工区域的环境复杂且危险,监控系统设计生成电子围栏区域,当接近电子围栏预警范围

时,系统发出预警提示,提醒操作人员远离危险区域 如图 6 所示的车载北斗定位一体机 PAD 软件工作界面中的蓝色区域为电子围栏。

### 3.2 钻机运行状态参数监测、异常与故障报警功能

#### (1) 钻机运行状态参数实时监测

钻机运行状态参数监测旨在全面显示运行及作业参数,其中,钻机状态参数包括转速、位移、给进压力、起拔压力、钻架倾角、车体倾角参数;发动机 ECU 的转速、水温、油压、油耗、扭矩等发动机参数;电瓶电压、工作小时数、维保信息和报警信息等车载参数远程在线显示。

#### (2) 异常与故障报警

异常与故障是钻机运作状态的极端和极限状态,与之相关的警示信息的监测是钻机安全运行和预防钻机事故的保障,异常与故障报警信息包括以下 5 个方面:

①钻压过高报警:压力超过报警值时,显示危险报警,提醒人员注意出现卡钻孔内故障。

②倾角超限:该功能参照国际认证的防滚翻进行设计,软件设定最大倾角值,此值可调。超过预设值时,禁止动作,仅能朝反方向动作。低于预设报警值自动恢复动作并解除报警。

③油箱油液报警:实时显示发动机油液液位,设定低液位和超低液位报警值,提醒燃油加注。

④电池欠电压报警:电瓶电压低于 20V 显示低电压报警,并提醒电池充电。

⑤发动机的故障:读取发动机故障代码,并进行常用代码汉化说明,滚动显示实时故障,并记录历史故障方便查询。例如低冷却液位报警、高冷却液温度报警、低机油压力报警、空滤报警等等。

集控中心上位机界面中钻机状态信息监测平台和发动机状态信息监测界面分别如图 7(a)和(b)所示。

## 4 结论

露天矿穿孔钻机智能监控系统设计是智慧化矿山建设研究的重要组成部分,本文以露天矿现有 D45 穿孔钻机为改造升级对象,实现炮孔工作智能化、钻孔参数信息记录数字化、钻孔生产过程中的运行状态远程监测。钻机智能监控系统能够实现的具体功能总结如下:

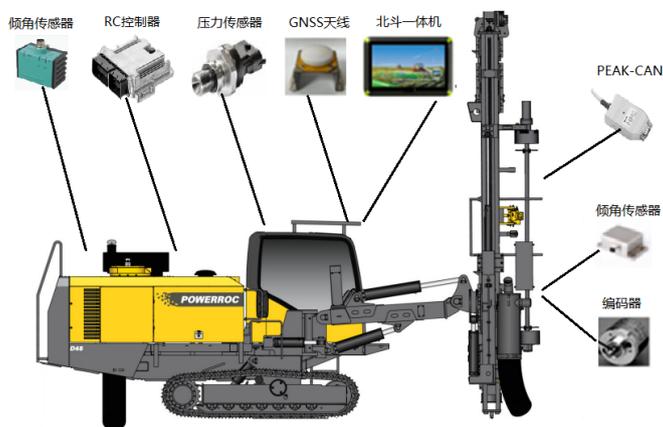
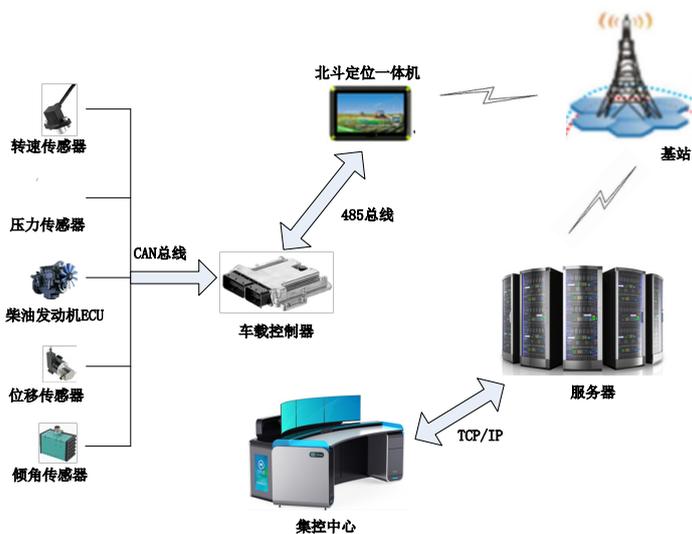
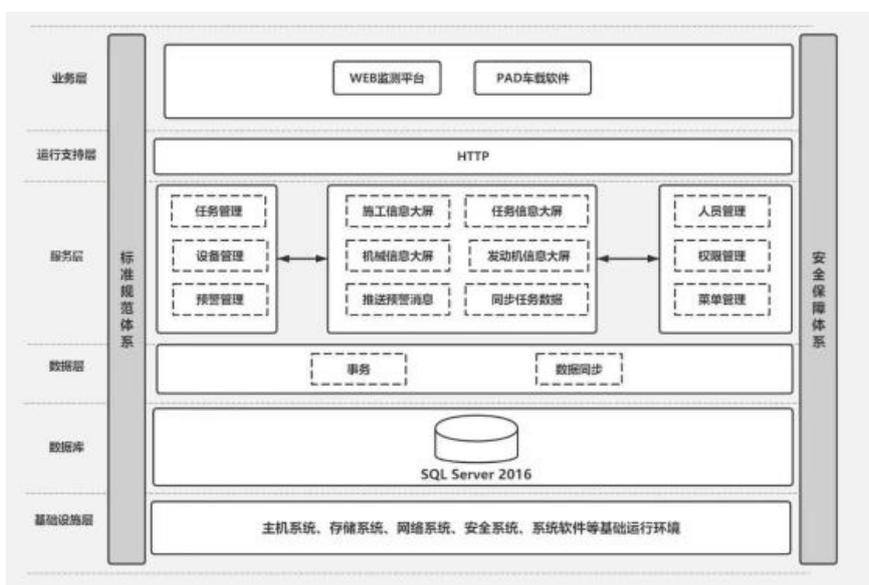


图 1 D45 钻机端数据采集改装方案示意图



(a) 数据传输路径示意图



(b) 监控系统的六个层面

图 2 钻机智能监控系统架构



图 3 孔位信息实时监控界面

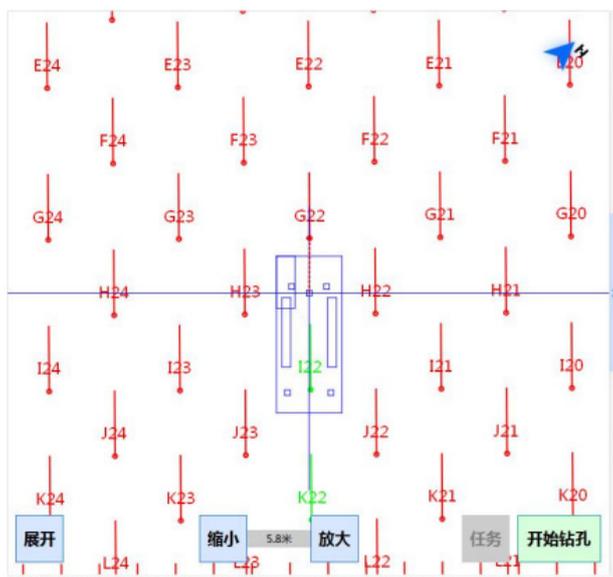


图 4 定位系统显示界面局部图

安全监测系统

项目: 【测试项目】 中译

共计 26 条数据

ID	样点名	样点状态	样点类型	经度	纬度	高程	东坐标	北坐标	海拔高	粗孔/孔径	粗孔/孔径	编号	创建时间	创建者	操作
1	A-23	已完成	圆形孔	113.506905	23.351513	47.463	440298.94	2564758.0	47.463	14	0.4	23	2022-04-22 23:06:10		刷新状态 删除
2	A-10	已完成	圆形孔	113.4469	23.211514	60.463	440291.94	2564751.8	60.463	14	0.4	10	2022-04-18 10:19:47		刷新状态 删除
3	A-16	已完成	圆形孔	113.4169	23.341513	47.463	440298.94	2564758.0	47.463	14	0.4	16	2022-04-23 16:00:04		刷新状态 删除
4	A-10	已完成	圆形孔	113.4369	23.261513	47.463	440298.94	2564758.0	47.463	14	0.4	10	2022-04-23 10:00:04		刷新状态 删除
5	A-7	未创建	圆形孔			10	50	50	0	10	5	7	2021-12-30 14:32:48	admin	刷新状态 删除
6	A-3	已完成	圆形孔	113.4469	23.181513	47.463	440298.94	2564758.0	47.463	14	0.4	3	2022-04-23 03:00:03		刷新状态 删除
7	A-1	已完成	圆形孔	113.4265	23.181467	47.463	440298.94	2564753.0	47.463	14	0.401	1	2022-03-09 10:51:16	admin	刷新状态 删除
8	A-17	已完成	圆形孔	113.4269	23.341513	47.463	440298.94	2564758.0	47.463	14	0.4	17	2022-04-23 17:00:04		刷新状态 删除
9	A-6	已完成	圆形孔			10	50	50	0	10	5	6	2021-12-30 14:32:13	admin	刷新状态 删除
10	A-8	已完成	圆形孔	113.4169	23.181513	47.463	440298.94	2564758.0	47.463	14	0.4	8	2022-04-27 08:00:03		刷新状态 删除

1-10 / 共 26 条 < 1 2 3 > 10 条/页 跳至 页

图 5 远程孔位管理界面

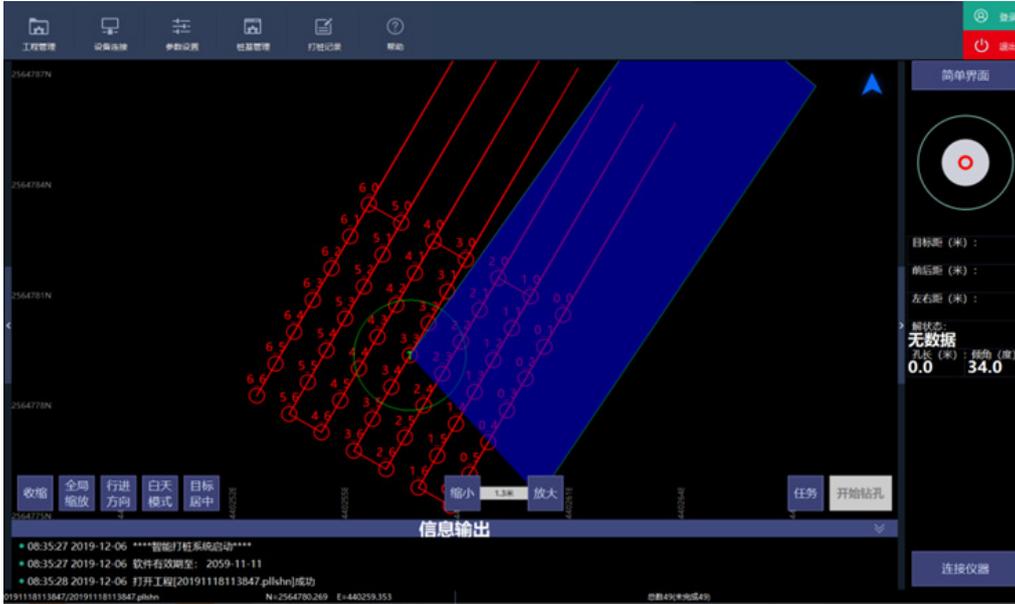
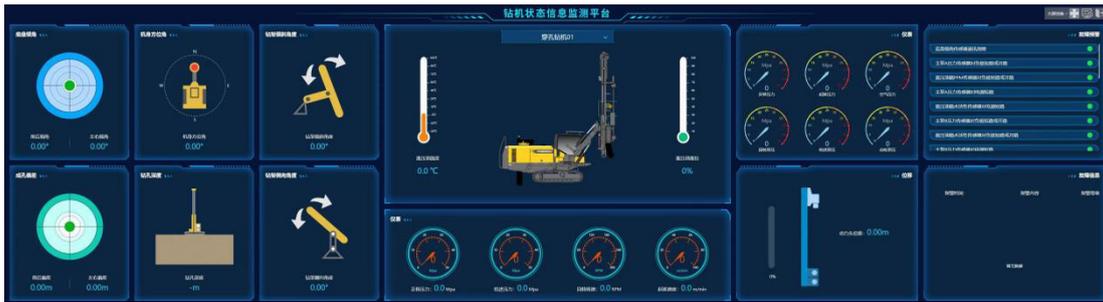


图 6 车载端软件工作界面



(a) 钻机状态信息监测平台



(b) 发动机状态信息监测界面

图 7 集控中心上位机界面

(1) 和炮孔工作相关的钻机精准定位、炮孔设计参数自主接收、自动布孔功能；基于 3DMine 孔位自动规划和智能施工引导、远程孔位信息管理、生成炮孔施工报告、电子围栏预警功能；

(2) 和钻机状态远程监测相关的钻机运行状态

参数实时远程监测、异常与故障报警功能。

### 参考文献

[1] 关于加快煤矿智能化发展的指导意见[N]. 中国煤炭报,2020-03-05(002).

- [2] 王国法,王虹,任怀伟,赵国瑞,庞义辉,杜毅博,张金虎,侯刚.智慧煤矿 2025 情景目标和发展路径[J].煤炭学报,2018,43(02):295-305.
- [3] 陈峥廷,乔红兵,张浩,周祖能,余天歌,刘杨.液压锚杆钻机冷却监控系统设计[J].煤矿机械,2019,40(10):4-6.
- [4] 黄雷,文国军,张奥东.基于 Web 的非开挖钻机远程监控系统[J].自动化仪表,2016,37(04):82-85.
- [5] 赵良.煤层气车载钻机远程监控系统设计[J].工矿自动化,2019,45(06):105-108.
- [6] 吴浩,李奎,陶婧,张建华,叶海旺,艾晓宗,黎华,鲍光明.基于 GNSS 的露天矿牙轮钻机钻孔导航定位模型与系统研究[J].爆破,2014,31(03):47-51.
- [7] 陈新恩,毕齐林,方欣,施玲玲,闫奕樸.基于北斗的船舶防污染监控系统[J].舰船科学技术,2020,42(21):138-142.
- [8] 邢望,罗鹏平.基于双 PLC 协同作用的煤层气车载钻机控制系统设计[J].煤矿机械,2022,43(08):10-12.
- [9] 何旭,李克钢,秦庆词,王会琼,刘洋.某磷矿露天边坡稳定性分析[J].矿业研究与开发,2021,41(09):25-28.

**收稿日期:** 2022 年 9 月 10 日

**出刊日期:** 2022 年 10 月 25 日

**引用本文:** 贺爱平, 露天矿穿孔钻机智能监控系统分析与设计[J]. 工程学研究, 2022, 1(4): 105-111

DOI: 10.12208/j.jer.20220128

**检索信息:** RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

**版权声明:** ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**