**中国有色集团科技计划**

**项目申报书**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称：** | **谦比希铜矿东南矿体膏体充填智能化**  **精准控制与三维可视化系统建设项目** | | | | |
| **承担单位：** | **中色非洲矿业有限公司** | | | | （公章） |
| **项目负责人：** | **胡国斌** | | | | |
| **起止时间：** | **2019年** | **05月至** | **2021年** | **04月** | |

**中国有色矿业集团有限公司科学技术部**

|  |  |
| --- | --- |
| **2019年** | **04月** |
|  |  |

**填 写 说 明**

一、填写项目申报书之前，请认真阅读《中国有色矿业集团有限公司科技计划项目管理暂行办法》（中色科〔2018〕28号）文件规定，项目申报书的各项内容要实事求是，并逐条认真填写，表达要明确、严谨；

二、填写项目预算之前，请项目负责人认真阅读《中国有色矿业集团有限公司科技计划项目经费管理办法》（中色科〔2018〕28号）及集团公司其他相关财务规章制度，按程序和规定会同本单位财务人员共同编制项目预算；

三、正文字体采用仿宋体\_GB2312四号字，外文字母及阿拉伯数字采用Times New Roman四号字体，行距1.5倍；

四、填写内容涉及到外文名称，首次出现时要写全称和缩写，再次出现时可以使用缩写；

五、凡不填写内容的栏目，均用“×”或“无”表示。

1. **项目简介（不少于1000字）**

目前，谦比希东南矿体充填站已经基本建设完成，其中一共包含两套完整的浓密、搅拌设备，且从搅拌机排出的底流料浆以自流的方式流入井下输送管道和采场区域以进行充填。除生产设备外，现场监测仪表、阀门泵机，以及配套的自动化控制设备正在由美卓公司开发部署中，预计将在2019年底正式投入生产使用。

在井上充填站中，现有的工作模式均以手工操作为主。即在控制室的两位黑人操作员通过DCS系统显示屏观察仪表状态，采场人员和选场调度人员通过电话联系控制室操作员并告知现场情况，操作员根据现场指示对DCS系统中的设备手工点击操作（包括阀门的开关、流量给定量、泵机转速等生产参数的设定），系统内部基于传统闭环反馈回路控制可以简单实现对电机转速和流量阀的控制。此外，其生产数据均存储在美卓研发的生产数据库中。

经过现场走访调研得知，东南矿体充填站的仪器设备齐全，自动化程度较高，生产作业方式灵活和工艺控制方式可变性强，并且两套生产设备相互配合能够同时满足排尾和充填需求。但是经过细致调研发现，东南矿体充填生产过程仍存在技术和管理上的缺陷：

a) 浓密机底流浓度不达标。目前底流浓度仅满足排尾需求（约50%左右），并且在低浓度下仍会存在溢流水浑浊的情况。

b) 井上膏体制备流程与井下输送充填流程存在割裂。制备与采场之间的生产调度均基于电话通讯与人工协调，其中多工序之间没有形成有效的数据流与控制流，这将对数据管理、人工成本、生产鲁棒性造成压力。

c) 监测数据管理混乱。因为缺乏有效的统计分析手段，以致数据的价值没有得到充分利用。

d) 生产精细化程度不够。现有自控系统无法做到所有工艺量的精细化自动调节，部分物料添加量高于需求量，造成成本浪费。

e) 部分监测仪器存在误差，监测值与实际值存在较大偏差。

f) 井下输送缺乏可视化手段。难以准确发现是否存在空管以及定位空管的位置和衡量满管率。

当前正处"中国智能2025"时期，国家大力倡导制造业、工业以信息化、智能化手段提升自主创新能力、资源利用效率、信息化程度和质量效益。为此我们拟采用物联网、大数据、人工智能、机器学习技术手段解决以上技术难题，辅助充填膏体生产过程的工业控制，实现全流程、高精度、低成本、自适应四大核心目标。

根据谦比希东南矿体现行的运作模式与专家评估，确定了一下研究及开发内容：

a) 以充填膏体质量为目标导向的精准控制系统

b) 基于大数据平台的膏体全流程生产（排尾、制备、运输、充填）数据监测、存储、可视化系统

c) 井下管道压力仿真系统

d) 采场充填仿真系统

e) 监测数据矫正算法

项目关键技术及创新点：

a) 生产过程中多工序的前后协同控制技术

b) 针对环境噪声与仪器误差的数据修复技术

c) 复杂、高时滞生产设备的智能控制算法

项目主要考核指标：

a) 充填体浓度误差（目标值暂定为75%）相比手工控制精确度提升至少50%

b) 正常生产情况下溢流水浊度大部分情况低于200ppm。

c) 井下管道运输状况可视化结果与真实输送情况基本相符

d) 生产稳定性：开机48小时内不产生压耙、停产情况

e) 膏体制备过程中水泥添加量误差不超过理论添加量（干重灰砂比）的10%、絮凝剂消耗量误差不超过理论添加量（干重絮凝剂添加比例）的5%

f) 采场充填高度估计、百分比估计与实际充填状况误差不超过实际值的5%。

项目开发总经费295.2万元人民币

项目研究时间：2019年5月至2021年4月，研究时间共2年。

**二、项目的背景及必要性**

**1. 项目研究背景、目的及意义**

随着社会的快速进步，可持续发展已成为资源性产业的首要任务，要求矿冶企业尽可能采用充填法开采宝贵的矿产资源。根据充填技术的发展现状，以及矿山具体的条件，中国有色集团赞比亚谦比西东南矿体充填技术要求物料的波动范围窄，设备数量多，为精确控制物料的用量以及设备工作参数带来较大的技术难题。东南矿体充填工段现存在如下技术难题：

a) 浓密机底流浓度不达标，目前底流浓度仅满足排尾需求（约50%左右），并且在低浓度下仍会存在溢流水浑浊的情况。

b) 井上膏体制备流程与井下输送充填流程存在割裂，依然基于电话通讯与人工协调的方式来实现充填与采场之间的生产调度，多工序之间没有形成有效的数据流与控制流，对数据管理、人工成本、生产鲁棒性造成严重负面影响。

c) 监测数据管理混乱，且缺乏有效的统计分析手段，数据的价值没有得到充分利用。

d) 生产精细化程度不够，现有自控系统无法做到所有工艺量的精细化自动调节，部分物料添加量高于需求量，造成成本浪费。

e) 部分监测仪器存在误差，监测值与实际值存在较大偏差。

f) 井下输送缺乏可视化手段，难以准确发现是否存在空管以及对其空管位置进行定位，满管率亦难以衡量。

根据现场情况调研与专家的分析，必须采用更先进的智能控制手段。如根据膏体充填工艺流程特点开展基于生产综合指标的复杂工业过程优化，采用先进的人工智能与数据挖掘手段来辅助充填膏体生产过程的仪器控制等。

目前，中国有色集团赞比亚谦比西东南矿体的充填站自动控制系统正在由美卓公司进行研发部署，美卓开发的自动控制系统负责东南矿体两台浓密机、两台搅拌机、两台底流泵、三台隔膜泵的实时监测与远程控制。其控制模式主要为手工设定点位，局部仪器利用PID闭环控制算法操控电机转速。

尾矿过程包括浓密、搅拌、运输、充填四个过程，从控制角度看，其中浓密和搅拌是整个过程最重要也是最复杂的控制部分，井下管道监测与充填是最重要的监测部分。控制系统需要从中捕捉生产环境参数、了解生产状况。当前，东南矿体充填站已经基本实现了自动化和部分信息化建设。大部分生产过程的仪表监测值可以通过PLC或DCS系统及局域网汇入主控系统，操作员可以在中控室实时观察各充填模块的工作状态，并通过鼠标点击监测系统上的可控制单元，如开关、阀门、泵机即可对其仪器远程控制。

我们拟开发的全流程智能控制系统将辅助甚至替代人工的操作，实现部分设备无人值守的工作模式，并且为系统使用人员提供更直观的全局生产数据显示与分析，其具体意义包含以下几个方面：

a) 精确性：人工调控依赖于工作经验，基于最优控制理论和智能算法相结合的控制手段在浓度、流量控制上更加精确，相比于操作员的工作经验更加可靠。

b) 低成本：采用智能化控制策略可以减少操作员数量，降低人力成本。同时稳定、精确的充填作业可以有效减少电力成本和设备养护成本。

c) 先进性：实现智能化可以间接推进充填站信息化、自动化的水平，促进生产模式上的革命性创新与改进。

我们最终的目标是构建一套集监测、控制为一体的全流程智能控制系统，能够快速、精准化地根据生产参数对生产仪器进行调节，确保膏体制备的质量水平满足充填要求，实现全流程、高精度、低成本、自适应的四大核心目标。

**2. 项目拟解决的问题**

1) 数据监测值矫正

由于监测仪表具有一定误差，因此实际监测值往往与真实值存在一定差异。我们拟根据统计学方法，从以下两方面角度对仪表监测值进行偏离度矫正，(1)利用不同监测项之间的相关性，如泥层高度与浓密机底部压力的相关性。(2)利用被监测项的时序信息，如前十分钟内的底流浓度与当前时刻底流浓度的相关性。

2) 全流程精准化控制：

全流程精准化控制是为了实现对生产过程精准化、低成本控制，对诸如流量、浓度等参数进行精准调节。充填料浆制备过程是一个具有高时延、多耦合、环境输入波动大等特点的复杂工业生产过程。我们拟采用先进的人工智能技术开发一个智能控制系统，从全局角度，根据生产总目标约束，对各个生产模块进行协同控制，实现全局最优的调控策略。全流程控制内含四个子控制点：

1. 底流浓度精准调控

底流浓度控制是整个充填系统中最重要也是最复杂的控制部分，我们采用强化学习与案例学习相结合的控制手段来解决底流浓度控制问题，通过调节底流流量设定值、絮凝剂流量设定值、耙架电机速度、以及利用底流循环系统。准确调节泥层高度、泥层压力、底流浓度，抵抗由于进料情况波动导致的底流浓度波动。

1. 泥层压强控制

众所周知，泥层压强控制好坏与底流浓度控制息息相关，而泥层压强的变化与浓密机内泥层质量是强相关的，浓密机内固体质量的变化等于由于进料导致的固体增加量和底流导致的固体减少量的差，因此可以通过维持浓密机进出料的质量平衡来控制泥层压强的大小。

1. 灰砂比智能测算

充填过程中，充填强度的需求是不断变化的，充填强度由灰砂比决定，为解决这一问题，我们利用流量表对累积充填方量进行统计，通过膏体强度理论模型估测采场不同深度处，灰砂比的需求值并及时根据底流流量调节水泥添加量。

3) 井下管道监控系统

井下管道监控系统通过对井下管道压力进行精确监测，并结合膏体输送理论，可以实现如下功能：

1. 空气柱计算

采用流体仿真技术，根据中段管道压力表示数，实现对管道膏体分布、空气柱长度进行精确测算。

1. 管道堵塞识别与预警

管道堵塞对膏体输送过程具有严重的负面影响，由于堵塞导致的管道破裂会造成大量的膏体浪费以及管道维修成本，并且会导致长时间停产，严重影响生产的持续性与稳定性。通过对横向输送管路两端压力表之间压力差异值的计算，可以有效地判别是否存在管道堵塞。并且根据短期压力变化，可以对当前堵管风险、未来堵管概率作出估计，及时调整井上膏体制备的浓度设定值，并给操作员提供最直观的管道维护指导。

1. 膏体泄漏识别与预警

识别膏体泄漏也是膏体输送过程中要解决的问题。通过分析中段管路两侧的压力表示数，可以估计出该管路的压力损失值，并且利用该损失值与理论损失值进行差异比对（理论损失值可以根据管道长度、尾砂粒度、膏体浓度进行估算），可以有效识别是否存在膏体泄漏，避免造成更多的膏体浪费，并及时指导相关人员进行管路维修。

另外，该系统可以利用成熟的三维可视化技术实现对井下管道分布，以及上述分析结果的可视化。可以让操作员对管道内膏体分布状况有最直观的认知。

4) 采场充填仿真系统

传统的采场充填都需要以人工方式估测采场所需充填膏体量、充填时间，并且缺乏有效的采矿可视化软件，采场充填仿真系统拟根据通过空区扫描得到的采场空间信息，通过三维数值积分计算空间体积，准确获得采场实时充填量并推算剩余充填时间，最终通过三维可视化软件实时展示充填的进度。

**3. 国内（外）研究现状**

目前研发矿山生产管控系统的厂家繁多，美卓、山地维克、西门子、和利时等大部分的国内外厂家都能够根据现场监控设备情况，开发配套的DCS系统，使控制员在中控室内进行简单的点击、编辑操作即可实现对现场所有设备的远程操作。这种基于程序逻辑控制器 PLC 和集散控制系统 DCS 的也被称为第三次工业革命。而德国提出的工业 4.0——信息物理融合系统CPS (cyber-physical systems) 的出现将会引起第四次工业革命。CPS的涵义是计算资源与物理资源紧密结合与协同, 未来的 CPS将在适应性、自治、效率、功能、可靠性、安全性和可用性方面远远超过现今的系统。控制系统技术、计算机技术、通讯技术紧密融合与协同研制，可以实现企业经营生产管理的智能优化决策系统、智慧优化控制系统、新一代网络化、安全可靠的工业控制计算机系统。这些将成为工业过程控制系统技术的发展方向。

另外，从工业过程控制技术角度来说，膏体制备过程是一个典型的复杂工业过程，而复杂工业过程控制是控制科学界的前沿。 目前，主要的复杂工业过程自动控制技术采用的方法有:以古典控制理论为主要基础的PID控制方法、以现代控制理论为主要基础的自适应控制和预测控制等方法、神经网络方法、模糊控制方法等。为了满足优质、高产、低耗、以及安全生产、环境保护等要求，现代过程控制的任务也愈加繁重。这样的生产过程一般具有大滞后、时变性、强耦合性、不确定性和非线性等特点。由于工业过程的复杂性，决定了控制的艰难程度。

采矿充填料浆制备控制是一个极其复杂的工业过程，具有多变量、强耦合、非线性、大时滞等特点，我们根据充填站实际运行状况进行分析与设计，拟提出了一种基于强化学习和基于案例学习相结合的控制算法，充分利用操作者(或专家)的经验以及历史控制记录，对控制算法的控制逻辑进行一定范围的限定，再利用强化学习的在线学习能力，克服传统的控制方法需要被控对象的精确数学模型的缺点，为非线性、强耦合、大时延的复杂工业过程系统的控制提供了一个新颖的、有效的解决途径。

强化学习也称为再励学习，是一种重要的机器学习方法，目前是人工智能研究中的一个热点领域。它由环境(Environment)提供的强化奖赏信号(Reward)来对Agent产生的动作的好坏做出评价，而不是告诉系统如何去产生正确的动作。通过尝试探索来发现哪个动作能产生最大的奖赏，从而获得最优控制策略。在系统外部提供的信息(先验知识)极少情况下，主要依靠自身的经历进行学习，通过与环境的不断的交互进行探索，在行动-评价的环境中获取知识，优化行为策略并改进控制方案来适应环境。

基于案例的学习(Case—Based Learning)是人工智能领域中的一种机器学习方法。基于案例的学习方法的基本思想是从过去相关的案例进行学习问题的求解。一个新的案例可以通过案例库中与当前情况相似的旧的案例来获得。基于案例的学习重视的是如何组织和管理一个案例库，在需要进行推理时如何检索案例库以找到合适的匹配案例，以及如何根据匹配的结果去修改、扩充案例库，改进案例库的组织及检索方法。

我们拟采用一种基于强化学习与基于案例的学习相结合的新颖的控制算法。强化学习是一种非监督式的机器学习方法，它可以通过与周围的环境的交互探索来获得知识，而不需要环境的数学模型。但是，强化学习也有自己的缺点:学习的计算复杂度高，其计算的复杂度随着状态一动作空间的增大而成指数增加;与环境进行交互的试错探索可能带来较大的风险与损失。在复杂工业过程控制中，熟练的操 作者(或专家)的知识通常起着很重要的作用，为了充分利用操作者(或专家) 的知识，将基于案例的学习引入到强化学习中来克服强化学习的缺点。用经验案例库来指导强化学习过程，强化学习的结果也为案例库的优化与完善提供帮助，强化学习的过程同时也是案例库的优化与完善的过程，逐步优化与完善的案例库又用来指导强化学习。因而，基于强化学习与基于案例的学习相结合的控制算法可以大大的简化知识的获取过程，提高了强化学习的效率和学习的速度，降低了强化学习的风险程度，提升工业控制稳定性与安全性。

**三、项目研究目标、研究内容、技术路线、关键技术及创新点**

**1. 研究目标**

通过计算机学科与采矿专业的学科交叉，解决充填领域控制技术难题，进入人工智能时代无人值守的生产模式，实现全流程、高精度、低成本、自适应四大核心目标，最终解放生产力，促进高效益。

**2. 研究内容**

根据谦比希东南矿体现行的运作模式与专家评估，确定了一下主要研究及开发内容：

1. 监测数据矫正算法与系统

经过在充填站现场调研发现，工业领域的仪表面临工作不稳定、精度差等问题，且该问题会伴随着使用年份增长而愈加明显。我们拟通过监测仪表之间的数据相关性以及外来数据对仪表监测值进行优化以修复误差值或异常值。此部分工作是实现精准智能控制的必要前提。

1. 以充填膏体质量为目标导向的全流程精准控制总系统

充填站的运行是一个复杂的过程，传统人工控制都是基于大量的观察、大量的操控实验而获得的经验模型，只有少部分的仪器控制可以基于理论模型进行计算。我们拟采取强化学习与案例学习相结合的方式来学习膏体制备过程中复杂生产环节的生产规律，基于数据科学的视角实现生产过程中的智能控制。

该系统内设如下四个控制决策子系统

a) 浓密机底流浓度精准调控子系统

b) 絮凝剂添加控制子系统

c) 泥层压强控制

d) 灰砂比智能调控子系统

3) 基于大数据平台的膏体全流程生产（排尾、制备、运输、充填）数据监测、存储、可视化系统

工业领域的数据体量极大，而为了实现实时控制，控制系统需要能够对大量监测数据进行存储、计算、并提供反馈，因此需要大量的存储空间与计算能力。我们基于Hadoop平台技术开发数据存储平台与实时计算平台，为数据的存储、备份以及控制模型的计算、训练提供充足的软硬件基础。

4) 井下管道压力仿真系统和采场充填仿真系统

传统工业控制以DCS系统作为基础，但是这仅能实现简单的数据展示与控制交互。为了解决数据显示与人机交互问题，我们拟采用先进的Web系统架构以及成熟的可视化组件，开发一套既美观又实用的浏览器端操控软件。

**3. 技术路线**

该项目研发工作是软件开发与算法设计同步进行的，具体技术路线如下：

1) 现场调研：调研客户需求、数据采集接口、数据库对接方式、指令下达方式。并商讨系统原型。

2) 数据平台开发：根据调研得到的数据类型，设计数据库，并基于Hadoop开发数据平台及数据访问接口

3) 开发客户端软件：利用Django、Spring等优秀Web框架开发用户交互系统

4) 搭建控制仿真平台利用采矿专业理论知识开发部分核心控制点的数模仿真平台

5) 文献检索：学习人工智能、工业控制领域文献，了解工业领域前沿控制技术。

6) 控制模型设计与实验：根据项目需求设计控制模型，在仿真系统上进行实验验证。

7) 项目部署：将智能控制系统、用户交互系统、数据存储系统进行组装打包，在东南矿体充填站服务器上进行部署调试

8) 后期维护调试:根据现场运行情况进行调试与维护。

**4. 关键技术和创新点**

1) 针对环境噪声与仪器误差的数据修复技术

2) 复杂、高时滞生产设备的自适应智能控制算法

3) 基于三维图形学理论的膏体强度分析与控制

4) 矿山、管道三维模型在B/S平台上的可视化与人机交互技术

**四、项目任务考核指标**

**（1）主要技术指标**

1) 充填体浓度误差（目标值暂定为75%）相比手工控制精确度提升至少50%

2) 溢流水浊度大部分情况低于200ppm，正常生产情况下严格低于250ppm。

3) 井下管道运输状况可视化结果与真实输送情况基本相符

4) 生产稳定性：连续48小时内不产生压耙、停产的情况

5) 膏体制备过程中水泥添加量误差不超过理论添加量（干重灰砂比）的10%、絮凝剂消耗量误差不超过理论添加量（干重絮凝剂添加比例）的5%

6) 采场充填高度估计、百分比估计与实际充填状况误差不超过实际值的5%。

**（2）主要经济指标**

1) 水泥添加成本削减5%

2) 絮凝剂添加成本削减10%

3) 一定程度上削减膏体制备过程管理人员工作量

**五、项目研究开发进度**

**1. 项目执行期限**

[ 2019年 05月至 2021年 04月]

**2. 项目阶段计划及考核指标**

| **时间** | **项目阶段计划** | **项目阶段考核目标** |
| --- | --- | --- |
| 2019年 | 1. 完成项目的前期调研工作； 2. 完成软件的详细设计； | 1. 调研报告 2. 详细设计文档 |
| 2020年 | 1. 完成智能软件开发； 2. 进行软件的测试； 3. 对软件进行现场调试； | 到20年年底软件能够正常使用，并达到相应的技术指标和经济指标 |
| 2021年 | 完成最终研究报告和项目验收。 | 提交最终研究报告并进行项目验收 |

**六、项目前期研究及工作基础**

为解决上述技术难题，非矿已做了大量前期研究与相关工作，主要包括：

1. 东南矿体充填站大型生产设备目前基本建设完成，包括由史密斯提供的两台深锥浓密机、飞翼公司提供的两台卧式搅拌机，以及絮凝剂添加系统、尾矿输送管路。
2. 由美桌公司开发的现场工业过程控制系统、包括浓度、流量监测设备、阀门、泵机设备已经安装完成，大部分设备经过了调试。
3. 在选矿厂中控室中，由美卓公司开发的DCS控制系统部分功能已经开始投入使用，该系统能够较好地满足对于工业生产过程的基础控制需求，为高层次控制算法设计提供了数据、网络通信等必要基础。
4. 非矿在膏体制备技术、尾矿处理技术等领域方面与北京科技大学采矿学院具有多年研究合作经验。

上述前期研究工作，为本项目积累了大量宝贵的经验和技术储备，开展创造了基本条件。

**七、项目需外委研究的内容、外协单位及主要研究人员情况**

**1. 需外委研究的内容**

根据谦比希东南矿体现行的运作模式与专家评估，确定了一下研究及开发内容：

a) 以充填膏体质量为目标导向的精准控制系统

b) 基于大数据平台的膏体全流程生产（排尾、制备、运输、充填）数据监测、存储、可视化系统

c) 井下管道压力仿真系统

d) 采场充填仿真系统

e) 监测数据矫正算法

**2. 选择外协单位的理由和外协单位基本情况**

项目外协单位为北京科技大学智能交互与三维可视化实验室。该实验室是北京市重点实验室，在人工智能领域具有多年研究经验。并且该实验室与冶金行业、采矿行业进行过多次合作，与多个大型企业合作的项目已经落地，在工业智能化、工业信息化方向具备丰富的科研成果与实践经验。部分成果如下：

1) 在北京市科技计划项目——针对尾矿采空区固体废弃物回填的关键技术与装备研发中：研究浓密机底流浓度预测技术与工业时序数据补全技术。

2) 基于大数据的集团智能决策支持系统研发：为国内某钢铁冶炼公司设计、开发智能决策支持系统，辅助高层评价、分析成本、质量、运营、运营状况。

3) ISA炉富氧顶吹铜熔池熔炼工艺冶炼效能提升研究——为某铜冶炼企业研发了智能配矿系统，根据矿石库存、原料种类、生产目标指导配料员进行配料。

4) 桥梁在线监测系统：硬件公司合作，为国内某一线城市的两座桥梁开发数据监测、报警、分析系统软件，辅助桥梁养护部门对其进行管理。

除此之外，该实验室与北京科技大学采矿专业团队进行了多年的密切合作与研究，在膏体回填领域中数据分析、智能控制具有诸多研究成果，为本项目的顺利实施提供技术保障。

**3. 主要研究人员**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目承担单位：中色非洲矿业有限公司  外协单位：北京科技大学 | | | | | | | |
| 项目负责人 | | | | | | | |
| 姓 名 | 性别 | 年龄 | 单 位 | 职称/  职务 | 专 业 | 为本项目  工作时间(%) | 签名 |
| 胡国斌 | 男 |  | 中色非矿 | 教授级高工/总经理 | 采矿 |  |  |
| 班晓娟 | 女 | 48 | 北京科技大学 | 教授 | 计算机 | 60 |  |
| 项目联系人 | | | | | | | |
| 胡文达 | 男 |  | 中色非矿 | 教授级高工/技术经理 | 采矿 | 60 |  |
| 主要研究人员 | | | | | | | |
| 吴爱祥 | 男 | 53 | 北京科技大学 | 教授/副校长 | 采矿 | 40 |  |
| 王贻明 | 男 | 46 | 北京科技大学 | 教授 | 岩力 | 60 |  |
| 王洪江 | 男 | 49 | 北京科技大学 | 教授 | 采矿 | 40 |  |
| 尹升华 | 男 | 35 | 北京科技大学 | 教授 | 采矿 | 40 |  |
| 王少勇 | 男 | 32 | 北京科技大学 | 讲师 | 岩力 | 40 |  |
| 袁兆麟 | 男 | 23 | 北京科技大学 | 博士 | 计算机 | 80 |  |
| 马博渊 | 男 | 25 | 北京科技大学 | 博士 | 计算机 | 40 |  |
| 何润姿 | 女 | 24 | 北京科技大学 | 硕士 | 计算机 | 60 |  |
| 刘婷 | 女 | 22 | 北京科技大学 | 硕士 | 计算机 | 80 |  |
| 周佳城 | 男 | 21 | 北京科技大学 | 硕士 | 计算机 | 80 |  |
| 李佳 | 男 | 21 | 北京科技大学 | 硕士 | 计算机 | 80 |  |
| 李哲 | 男 | 21 | 北京科技大学 | 硕士 | 计算机 | 50 |  |

注：每人为本项目工作时间（%）是指在项目实施期间年均为项目工作的实足月份除以12。

**八、项目经费预算**

项目预算表

金额单位： 万元

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **预算科目名称** | **合计** | **集团公司资助经费** | **配套经费** |
| **(1)** | **(2)** | **(3)** | **(4)** |
| 1 | 一、经费支出 | 295.2 | 145.2 | 150 |
| 2 | 1．设备费 | 20 | 10 | 10 |
| 3 | （1）购置设备费 | 10 | 5 | 5 |
| 4 | （2）试制设备费 | 7 | 3 | 4 |
| 5 | （3）设备改造与租赁费 | 3 | 2 | 1 |
| 6 | 2．材料费 | 5 | 0 | 5 |
| 7 | 3．测试化验加工费 | 2 | 0 | 2 |
| 8 | 4．燃料动力费 | 1 | 0 | 1 |
| 9 | 5．出版/文献/信息传播/知识产权事务费 | 9 | 0 | 9 |
| 10 | 6．会议/差旅/国际合作交流费 | 27 | 7 | 20 |
| 11 | 7．劳务费 | 10 | 5 | 5 |
| 12 | 8．专家咨询费 | 2 | 0 | 2 |
| 13 | 9．外协研究费 | 180 | 100 | 80 |
| 14 | 10．其他开支 | 39.2 | 23.2 | 16 |
| 15 | 二、经费来源 | ／ | ／ | ／ |
| 16 | 1．申请从集团公司获得的资助 | 145.2 | 145.2 | / |
| 17 | 2．配套经费来源 | ／ | ／ | ／ |
| 18 | (1) 单位自筹资金 | 150 | ／ | 150 |
| 19 | (2) 其他资金 | 0 | ／ | 0 |

注：1. 同一支出科目一般不得同时列支集团公司资助经费和配套经费。

2. 集团公司资助经费不应超过项目总经费的50%。

**九、项目效益分析**

**1. 经济效益分析**

利用智能控制系统可以从以下几方面提升厂内经济效益：

a) 削减人力资源：

利用智能控制系统，可以将充填站内对仪器控制策略的推导、计算用计算机来完成，有效节约充填站内操作员的人力数量，降低人力成本。同时系统软件一经部署可以长期使用，可以节约新人的培训成本。

b) 节约物料成本：

在实际生产过程中，如稠化剂和水泥等物料成本较高，相比于人工控制的方式，基于人工智能的控制策略可以有效、及时地对物料投放量进行控制，在保证生产质量的情况下，最大程度节约成本。

c) 提升产品质量

产品质量是工业生产中最重要的评价指标，在充填料浆制备过程中，充填体的浓度、强度是最重要的质量参数。基于人工智能算法的智能控制系统可以摆脱人工经验与直觉，从理论、数据的角度实现最优控制，保证井下采场充填稳定。

d) 提升生产稳定性与安全性

生产过程中，仪器安全、人员安全、生产安全是至关重要的。基于人工智能的控制策略可以最大程度上避免由于人的失误导致的生产事故，维持生产的稳定性，为员工安全提供保障。

**2. 社会效益分析**

实现充填生产智能控制系统的同时，可以间接促进工厂信息化、智能化的水平，工业智能化是工业发展的必然趋势，国家也在大力倡导提升制造业信息化程度、创新能力，以产、学、研合作的方式将前沿理论技术落地为应用，对于企业软实力的发展以及国家科技创新能力的进步都会起到积极的作用。同时具备高新技术资质的企业在税收等相关政策上也会得到一定的优待。另外，通过数据平台将零散的生产数据集中管理，也可以在未来支撑其他智能化系统的部署与实施，进一步促进生产模式上的革命性创新与进步。

**3. 市场前景**

不同地区采矿场的充填控制大同小异，该技术经过研发与应用后完全可以复用在其他工业充填环境下，包括非矿的多个矿区甚至其他采矿场，通过将该应用进行推广能够带来经济效益是不可估量的。

**十、其它需要说明的问题**

无