



武汉理工大学

WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



缺氧条件下无轨运输系统“人-机-环”安全保障 技术与装备



任高峰 教授、博导

二零二五年十二月



目 录

CONTENTS



研究背景



井下运输系统智能感知与多源异常信息提取技术



无轨运输车辆尾气排放智能控制及后处理技术



“人-机” 适应性调控及安全运输技术



高海拔地区无轨运输车辆安全高效运行管控系统

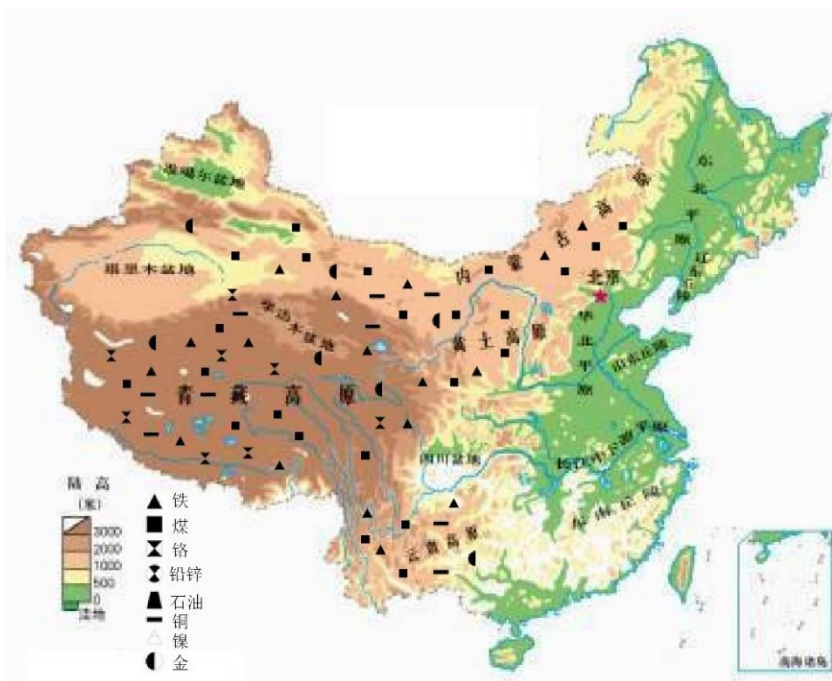


1

研究背景



我国西部高原地区面积广阔，具有优越的成矿条件，各类矿产资源储量丰富，且开发度较低，是西部大开发战略的**核心区域**。



高原及矿产资源分布

已发现了120多种矿产资源，许多优势矿种恰好是内地的紧缺矿种。

已探明储量的矿产种类共有77种，稀土矿占全国的95%、铌矿占全国的一半以上。

青藏高原

内蒙古高原

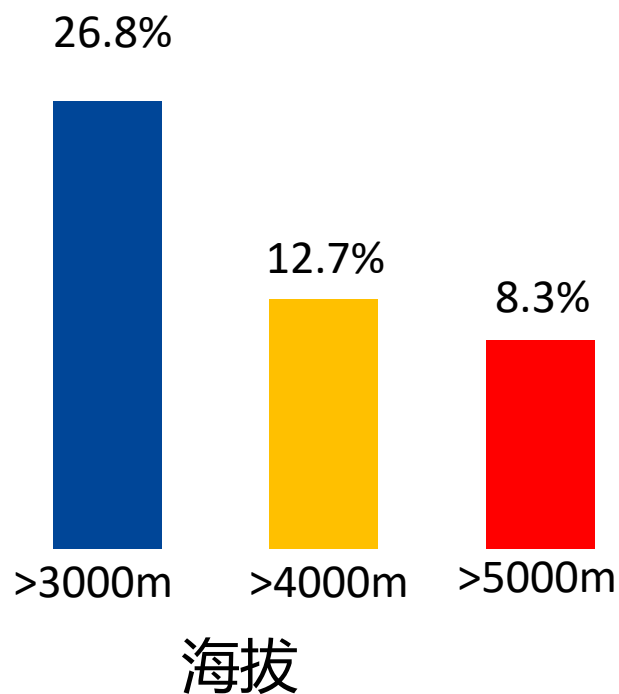
探明储量的矿产资源70种，稀土矿资源储量居世界之首。

黄土高原

云贵高原

已探明储量的矿产种类共有88种，钨矿、锑矿、锡矿储量丰富，品位高。

随着“一带一路”国家倡议的逐步推进，高海拔矿山势必成为我国**主要的矿产基地**。



青藏高原

平均海拔**4000-5000米**

高海拔地区具有独特的**地理条件**以及**环境气候**特点，主要表现为**低压、缺氧、低温**，且随着海拔的增加，其特点表现愈加明显。恶劣的自然环境使得**矿产资源开发面临诸多问题**。



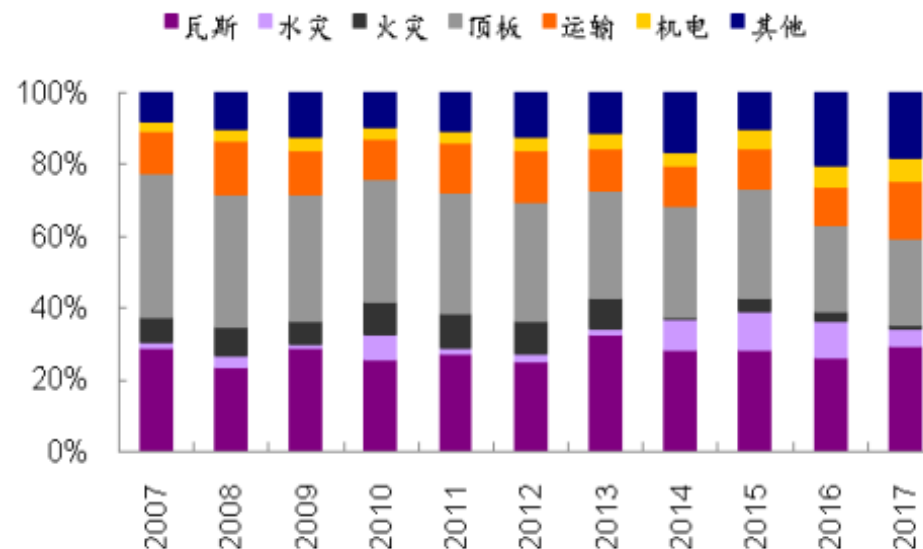
低温、低压、低氧环境对运输作业的影响



- 1 作业工人：高原病、影响工作效率和身体健康
- 2 耗氧机械：功率下降、故障率增加、尾气污染物增加



高海拔矿山井下运输环境恶劣
严重影响运输安全

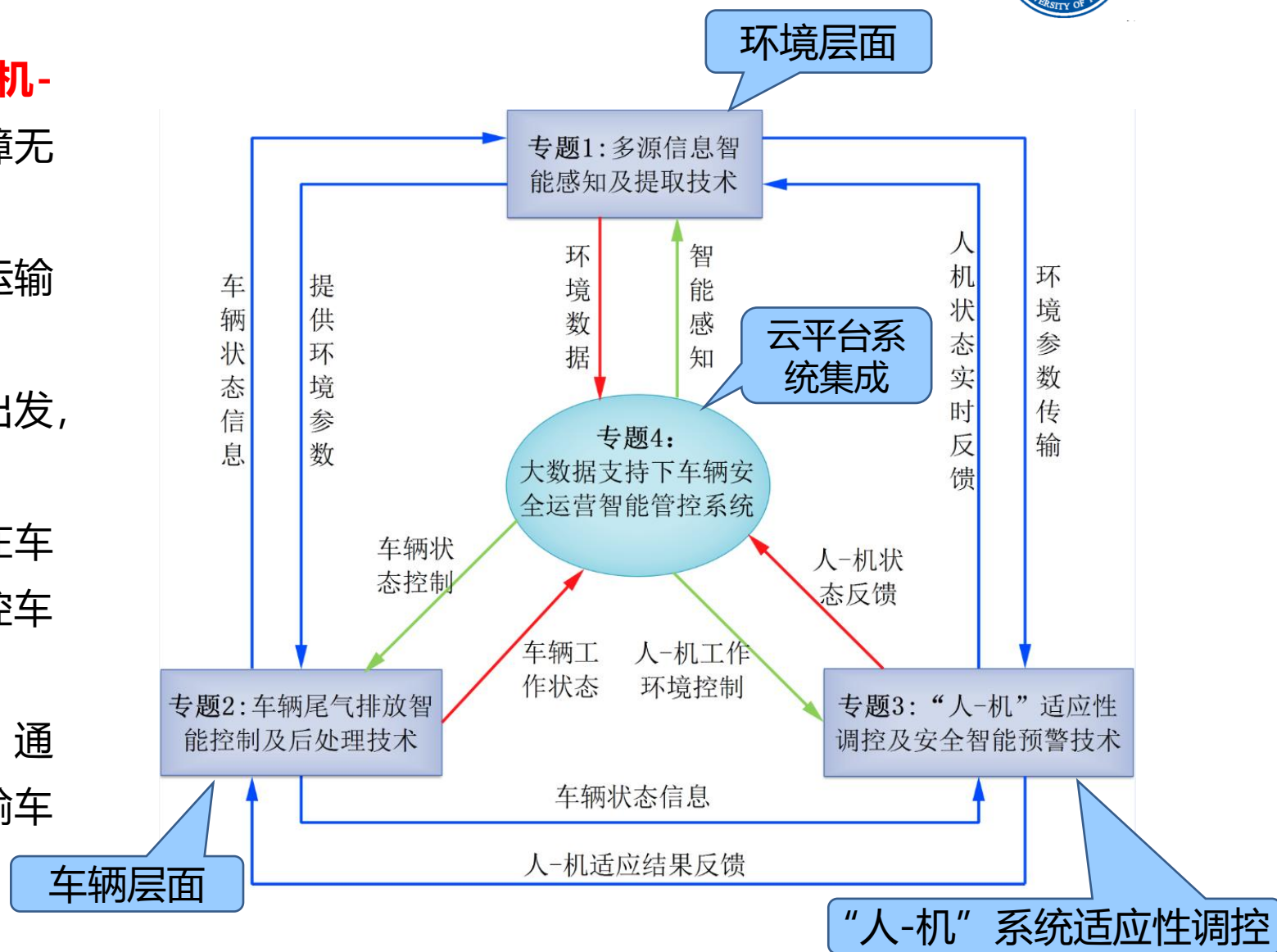


除去瓦斯、顶板等常规矿山安全事故以外，**运输系统安全事故**占比较高，严重影响运输环节的安全性和运输效率，甚至可能会引起**多米诺效应的链式事故**。



针对高海拔井下运输环节，把**“人-机-环境”**当作一个系统来进行研究，为保障无轨运输车辆安全，从以下几个方面来实现：

- (1) **运输环境的监测**：为无轨车辆运输安全提供基础数据；
- (2) 从**车辆本身性能的改善与改造**出发，减排提效；
- (3) **“人-机”适应性调控**，通过在车辆运输过程中，改善人的工作条件和调控车辆的运行状态达到对安全运输的要求；
- (4) **“人-机-环境”系统安全**方面，通过对整个系统的智能管控，实现无轨运输车辆的安全、高效、低排放运行。

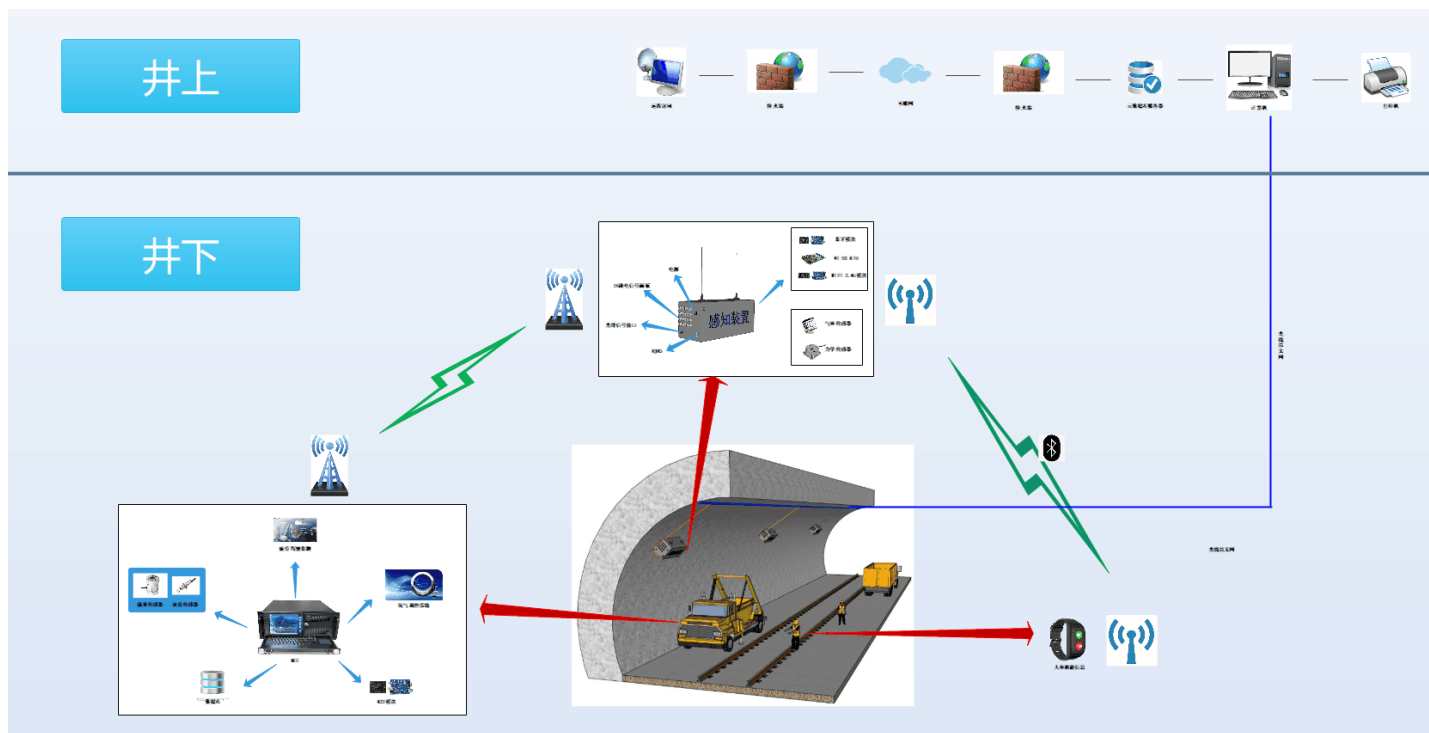




2

井下运输系统智能感知与多源异常 信息提取技术

研究内容1-1：井下运输系统智能感知装置



“运输环境感知装置”样机

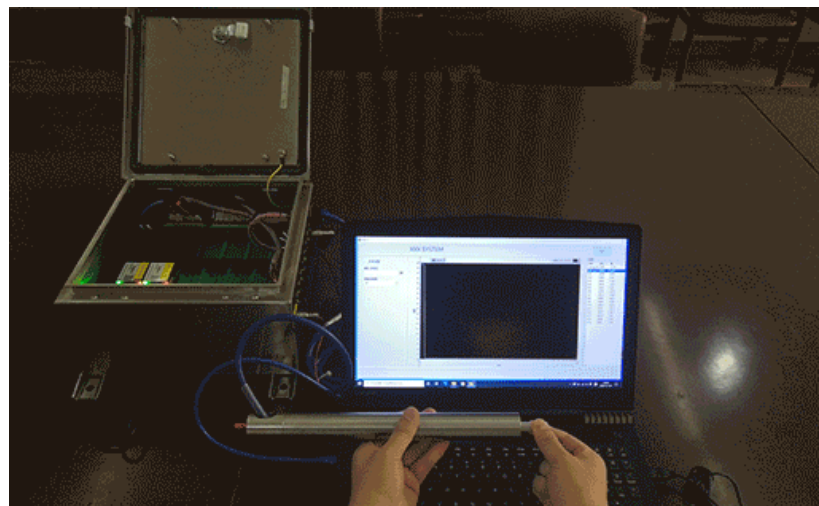
◆ 高海拔高寒地区地下矿山无轨运输环境感知装置，完成了感知装置研发思路确定、功能设计、装置选型和测试工作，最后完成了环境感知装置的试制。



研究内容1-1：井下运输系统智能感知装置

“高海拔矿山井下运输环境感知系统” 软件部分采用 LabVIEW 虚拟仪器技术进行编程，实现多传感器的配置、调试和控制功能，保证多通道多传感器数据采集与传输的稳定。

- 1 **数据显示：** 软件 and 用户交互的主要界面；
- 2 **配置模块：** 将传感器采集到的原始数据经过转换成常见的监测数值；
- 3 **采集模块：** 实现包括数据采集、数据存储功能；
- 4 **数据回放模块：** 用于查看历史数据。



软件显示界面

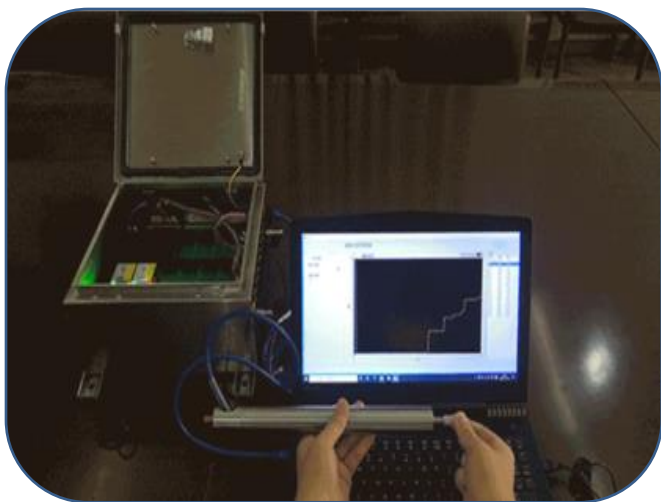


室内测试

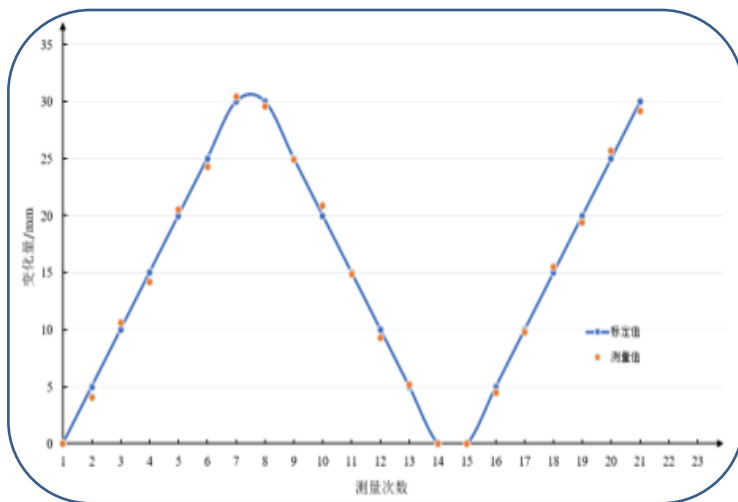


研究内容1-2：多源信息数据仓库及动态感知系统

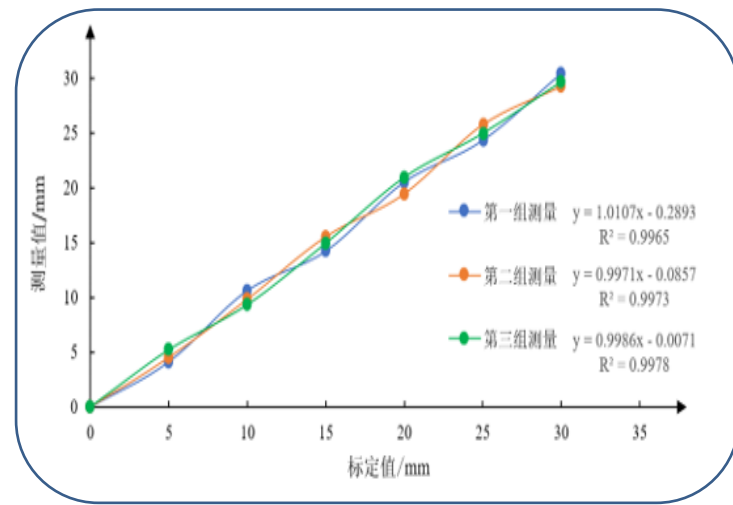
系统研发成功后室内测试在武汉理工大学进行，武汉市平均海拔约30m。选用多类型振弦式传感器在平原地区进行测试。



常规室内测试图



测量值与标定值对比图



三组测试线性拟合分析

结果表明“高海拔矿山井下运输环境感知系统”整体性能良好，在低海拔平原地区使用时能够保证感知过程的真实可靠。



研究内容1-2：多源信息数据仓库及动态感知系统

利用武汉理工大学搭建的高海拔环境模拟舱进行了高海拔环境适应性测试，与硬件模块适应性测试相似，测试时高海拔环境模拟舱的模拟海拔以每次**1000m的速率**升高，并在达到**2000m、3000m、4000m、5000m海拔**时分别保持1个小时，以留足时间观察“高海拔矿山井下运输环境感知装置”数据采集是否正常、各项性能是否平稳。

结果表明，“高海拔矿山井下运输环境感知系统”在海拔升到5000m过程中，各通道能够正确实时采集传感器数据，**各组测试线性度良好**；系统软硬件配合稳定，整体性能良好，**接入传感设备有效采集率100%**，满足高海拔条件下的性能要求。



“高海拔矿山井下运输环境感知系统”
舱内测试图



武汉理工大学高海拔环境模拟仓





研究内容一：现场测试工作



基于课题组研制的软硬件系统，研发人员携带井下环境智能感知装置及井下巷道安全监测所需的系列应力及气体传感器，于**华泰龙矿山4420m开采水平**进行了装置测试。测试结果显示，项目团队所研发的环境智能感知装置性能良好，能够有效完成高海拔矿山井下运输环境数据的智能感知、分析、传输及预警。

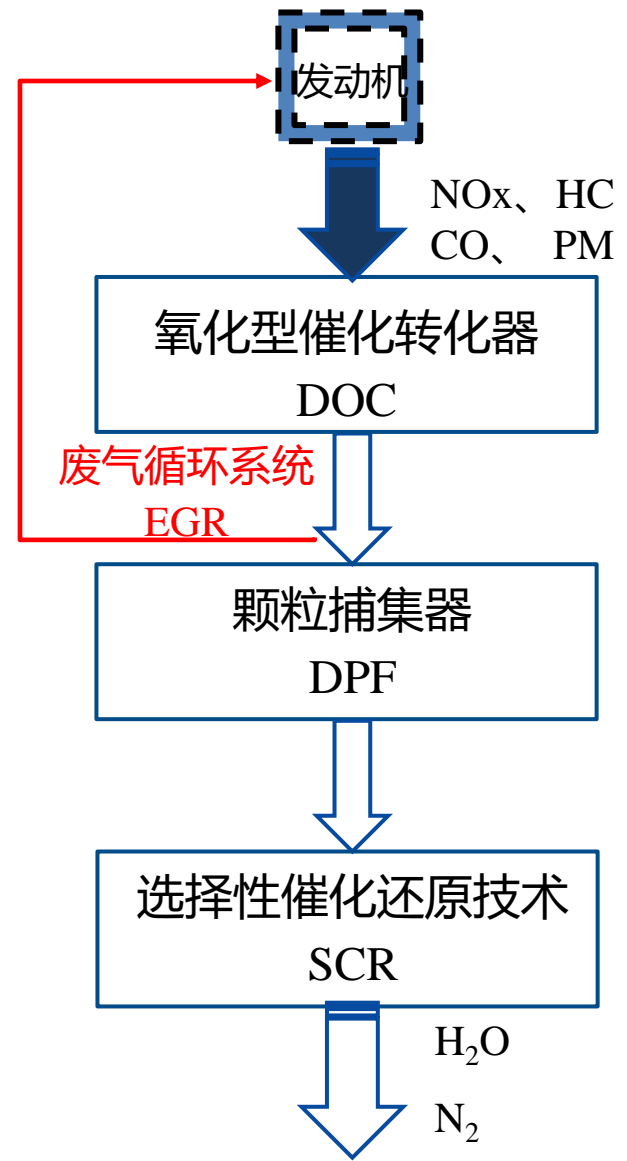
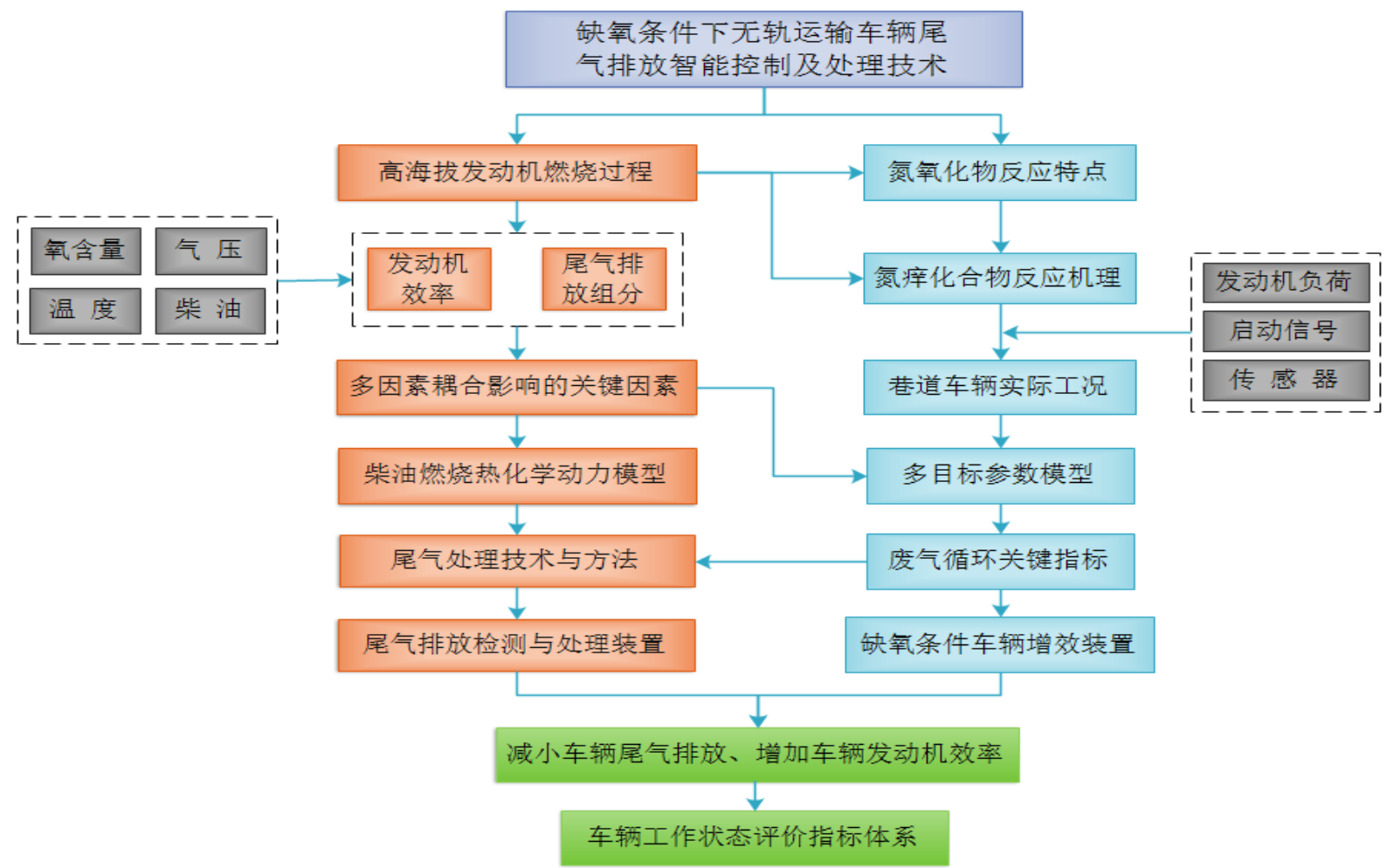


3

无轨运输车辆尾气排放智能控制及 后处理技术



研究内容2-1：无轨车辆尾气智能检测及处理装置

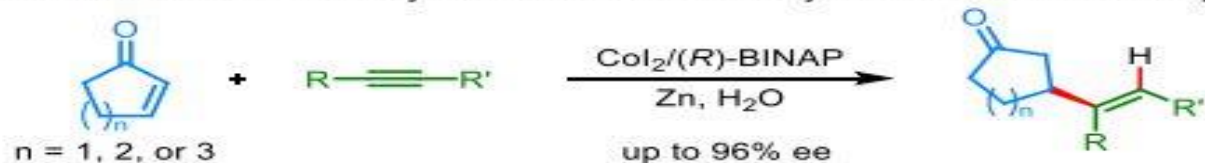




研究内容2-1：无轨车辆尾气智能检测及处理装置

氧化型催化转化器，简称DOC（Diesel Oxidation Catalyst），是一种以铂、钯等贵金属作为催化剂，将柴油机尾气中的CO、HC 以及PM的可溶性有机物(SOF)氧化为CO₂和H₂O的装置。氧化型催化转化器可以减少尾气颗粒物中90%的SOF，从而降低尾气颗粒物的排放，同时还能降低60%以上的CO和HC排放。

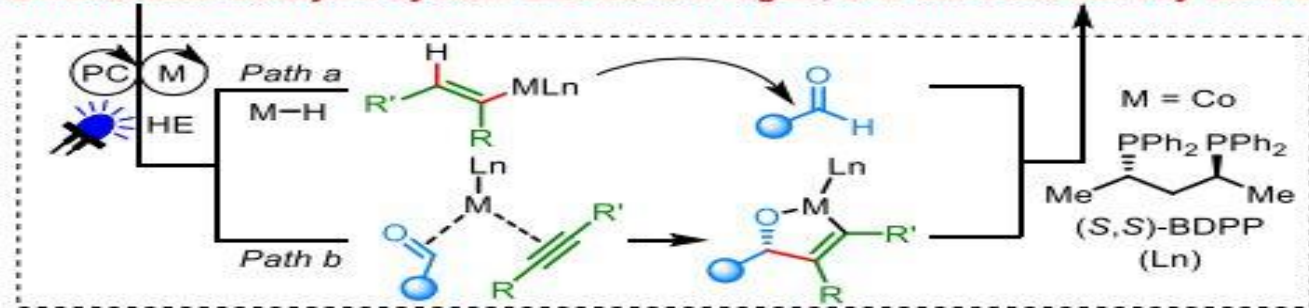
A. Previous work: Co-catalyzed enantioselective alkyne-alkene reductive coupling



B. This work: Co-catalyzed enantioselective alkyne-aldehyde reductive coupling



□ Novel dual catalysis system □ Excellent regio-, and stereoselectivity control



氧化型催化器内部的化学反应

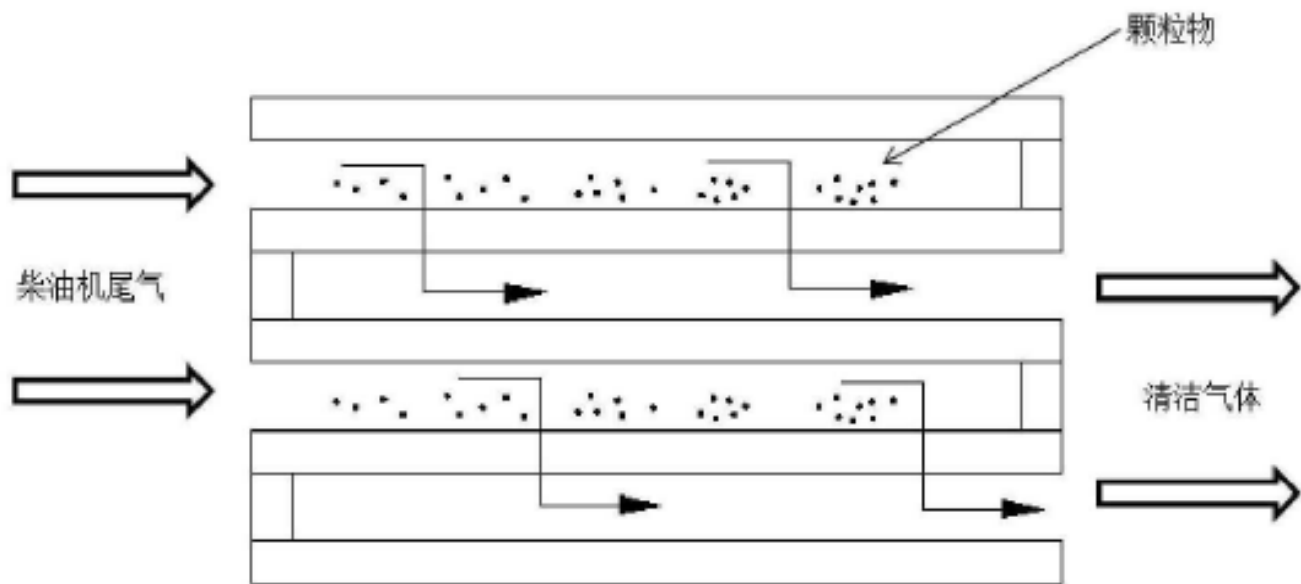


自主研发的氧化型催化器工作原理

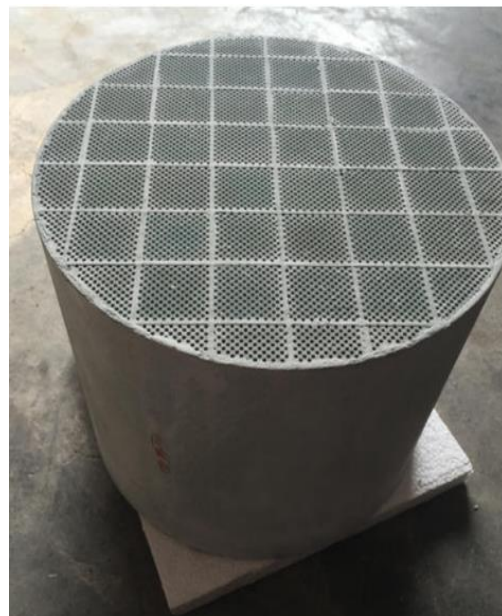


研究内容2-1：无轨车辆尾气智能检测及处理装置

研发的“**尾气智能检测及处理装置**”中颗粒捕集器，简称DPF（Diesel Particulate Filter），是一种利用滤芯中孔隙，截留或吸附柴油机尾气颗粒物的装置，同时也是国际上公认的分效率最高且最有效的柴油机尾气颗粒物处理装置。本项目采用自主研发颗粒物捕集器的滤芯，碳化硅和堇青石是本课题装置中采用的一种陶瓷材料，其具有耐高温、耐腐蚀和高吸附特性。



自主研发的颗粒物捕集器工作原理



自主研发的DPF滤芯

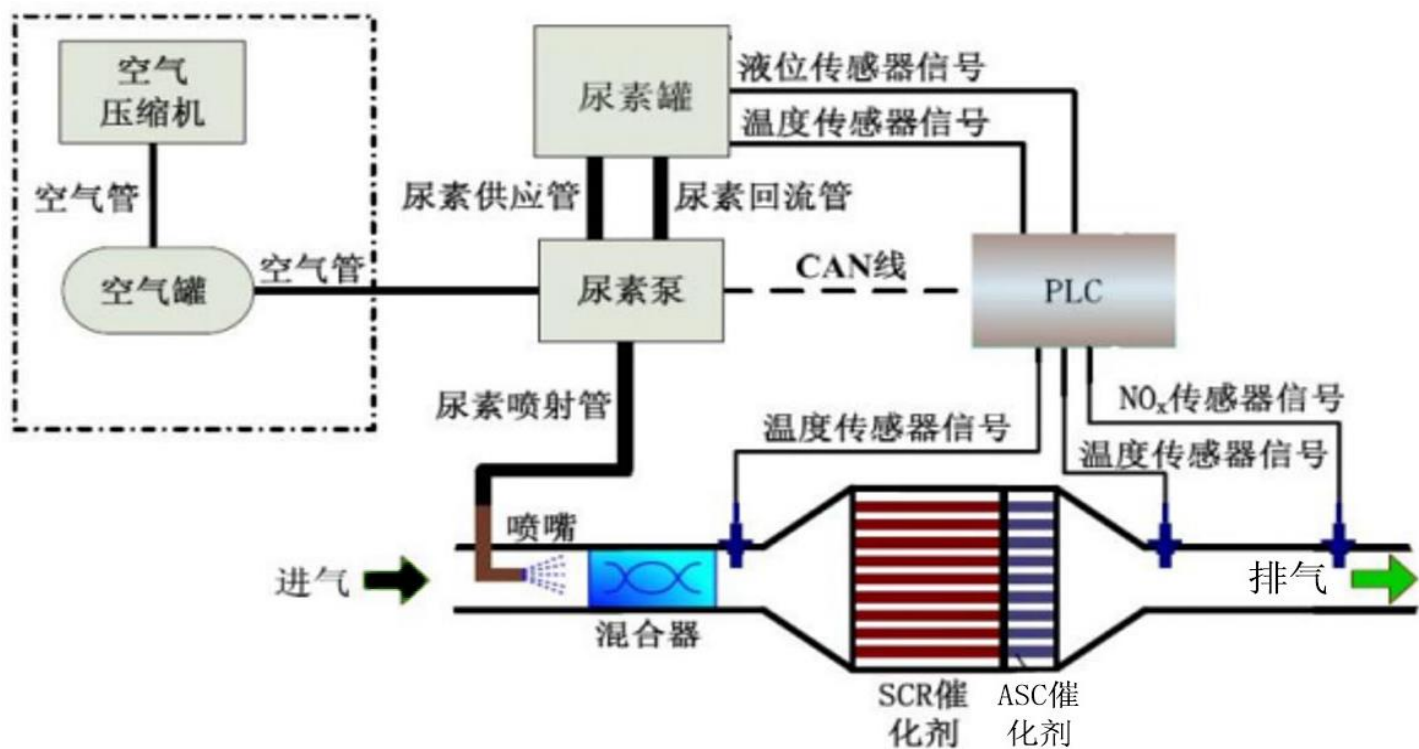


自主研发的DPF滤芯外壳

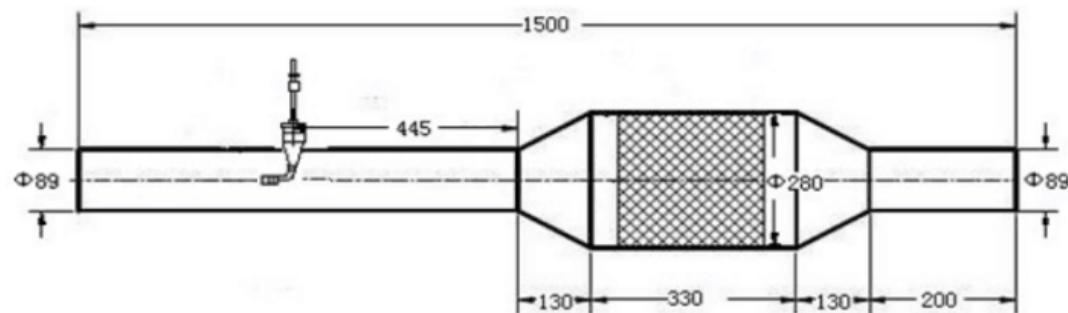


研究内容2-1：无轨车辆尾气智能检测及处理装置

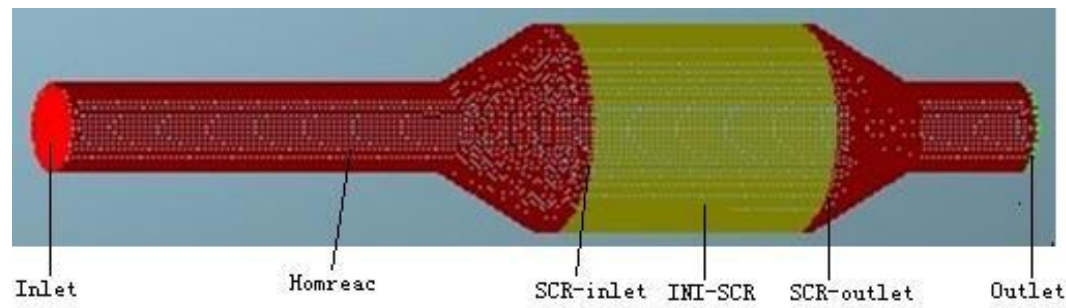
项目自主研发的“尾气智能检测及处理装置”中选择性催化还原技术，简称SCR（Selective Catalytic Reduction）是针对柴油车尾气排放中 NO_x 的一项处理工艺，即在催化剂（贵金属和非贵金属）的作用下，喷入还原剂氨或尿素，把尾气中的 NO_x 还原成 N_2 和 H_2O 。项目中采用的催化剂是铂金。



SCR反应原理图



SCR系统的几何尺寸



SCR催化剂计算网络实体模型



研究内容2-1：无轨车辆尾气智能检测及处理装置



采用实车安装方式进行检测，实车来自中国黄金集团公司的华泰龙矿业开发有限公司的甲玛矿区，符合高原高海拔缺氧环境特点。该实车是 7.5m^3 斗容装载车，为非道路车辆，用于矿山井下矿岩运输。

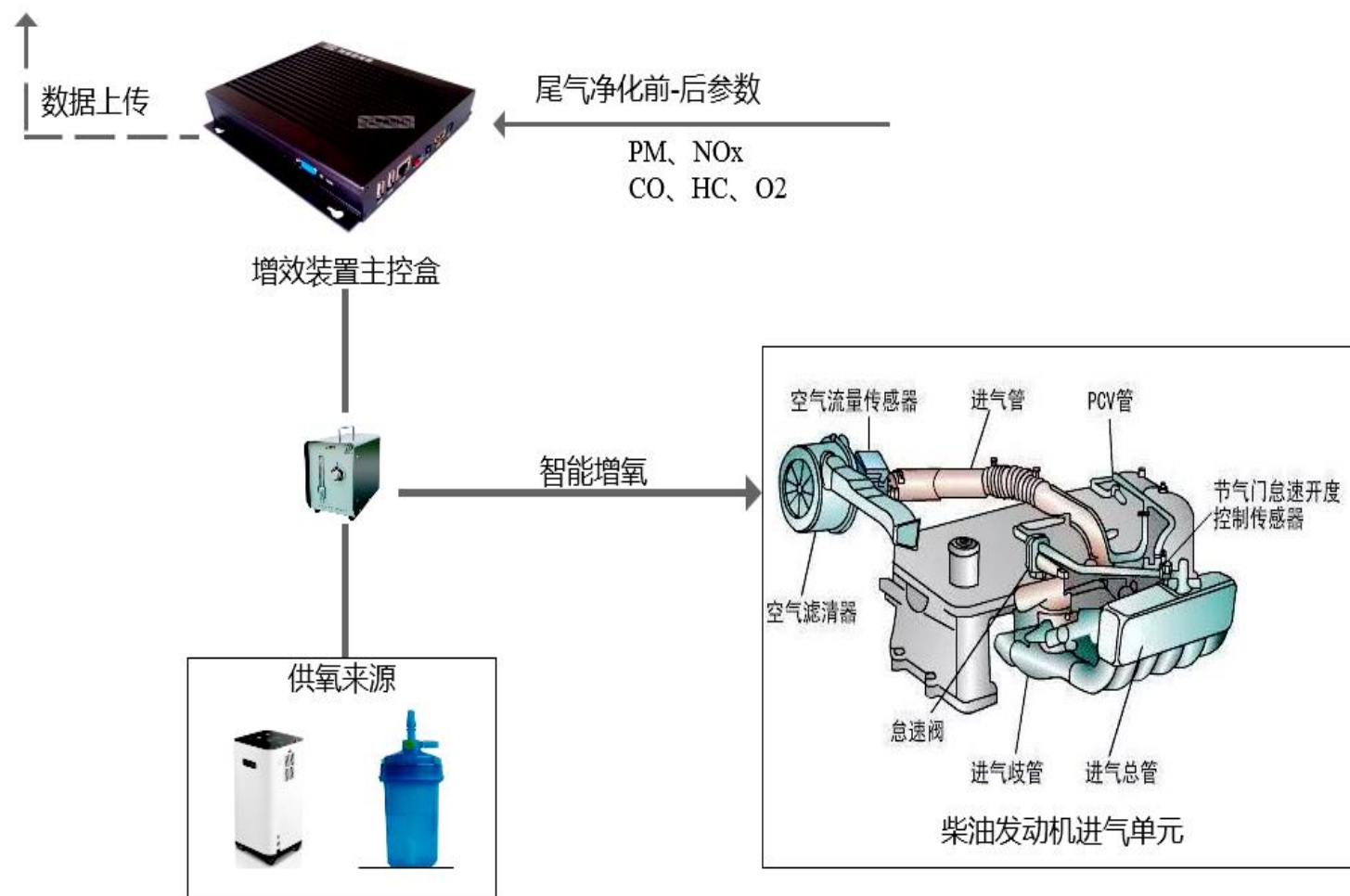
无轨车辆尾气智能监测与处理装置实车安装

无轨车辆尾气智能监测与处理装置安装外壳



研究内容2-2：无轨车辆发动机增效装置

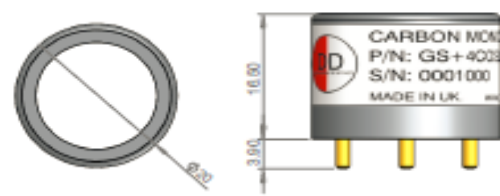
- ◆ **智能增氧模块：** 初步拟定通过外部增氧增压的方式提升柴油发动机的效率，供氧方式来源于外部直接供氧或安置供氧机；
- ◆ **增效装置控制模块：** 根据对发动机参数的实时监控，对增氧增压进行智能控制，以求发动机增效达到最大。
- ◆ **尾气净化及增效装置参数采集：** 对增效装置和尾气处理及检测装置的参数处理、分析、上传进行集成，并上传至环境感知装置及管控平台。



发动机增效装置原理示意图



研究内容2-2：无轨车辆发动机增效装置



CO传感器



SO₂传感器



PM传感器



O₂传感器



无轨车辆尾气增效装置主控模组



电源模组



通信模组



高分子膜分离制氧机



CAN模组

增效装置设置有四个氧浓度分析传感器，分别位于进气管道入口处，原料空气输送管道与电磁阀门之间、风扇预混装置后端。管道的形状为三通管。对于富氧空气的处理，则是采用新型氮、氧分离的分子筛材料来吸附大部分氮气从而获得富氧空气，同时，在供氧气的管路中设置了气体调压器，以保证压力能均衡地将空气注入制氧装置。



研究内容2-2：无轨车辆发动机增效装置



研制的一套尾气智能检测及处理装置，采用实车安装方式进行检测。实车来自中国黄金集团公司的华泰龙矿业开发有限公司的甲玛矿区，符合高原高海拔缺氧环境特点。该实车是7.5m³斗容装载车，为非道路车辆，用于矿山井下矿岩运输。



无轨车辆尾气增氧装置



无轨车辆尾气增效装置控制箱



样机制备及测试

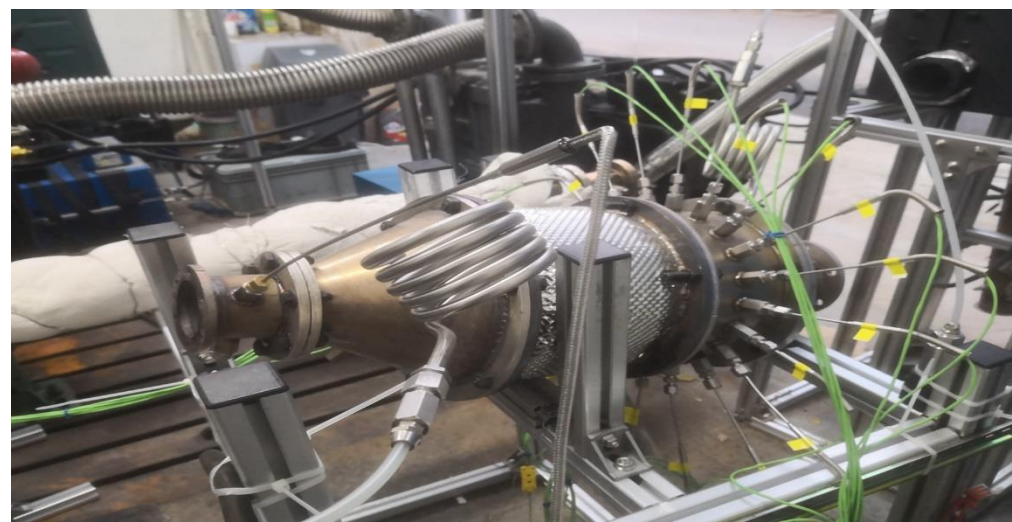
- ◆ 提能增效装置试验台架：研究通过重整空氧比，改善柴油发动机的燃烧和性能。
- ◆ 柴油发动机空气滤芯：能够有效地净化排气中**70%~90%的颗粒**。
- ◆ 颗粒物捕集器发动机试验台架：用于检测柴油发动机在不同工况和不同空氧比条件下的燃烧排放参数。



提能增效装置试验台架



柴油发动机空气滤芯



研发的颗粒物捕集器发动机试验台架

无轨运输车辆尾气智能检测及处理装置和提能增效装置试验台架



样机制备及测试

4. 测试结果 1:

检测项目	表 4.1 柴油发动机工况检测结果									
	测试比对数值									
	(氧浓度20.90% ±0.01)									
	安装增效装置前					安装增效装置后				
	(发动机进气管压力-2.25KPa)					(发动机进气管压力-1.46KPa)				
	2019-11-5 09H30	2019-11-6 10H30	2019-11-7 14H30	2019-11-8 15H30	2019-11-9 16H00	2019-11-5 11H00	2019-11-6 11H30	2019-11-7 16H30	2019-11-8 16H45	2019-11-9 17H40
扭矩 (N.m)	20.00	59.90	80.10	138.00	19.80	39.30	81.40	101.10	151.10	39.90
发动机功率 (KW)	2.10	6.30	10.5	18.1	3.10	4.10	8.50	13.20	19.80	6.30
发动机转速 (r/min)	1000	1000	1250	1250	1500	1000	1000	1250	1250	1500
燃油消耗率 (g/kwh)	624.30	345.80	300.5	276.2	575.40	408.20	312.30	292.70	283.80	396.80
燃油消耗量 (g/h)	1.27	2.18	3.16	5.08	1.80	1.71	2.67	3.82	5.63	2.48

测试结果: 2

检测项目	表 4.2 柴油发动机尾气排放（有组织排放汽车尾气）检测结果									
	检测比对数值									
	(发动机进气管压力-2.25KPa, 氧浓度20.90% ± 0.01)									
	安装尾气净化装置前					安装尾气净化装置后				
	2019-11-5 14H30	2019-11-6 15H30	2019-11-7 10H30	2019-11-8 11H00	2019-11-9 9H30	2019-11-5 16H30	2019-11-6 16H35	2019-11-7 11H50	2019-11-8 12H15	2019-11-9 10H35
CO (g/(kW.h))	2.13	2.15	2.13	2.14	2.12	0.63	0.64	0.63	0.64	0.63
HC (g/(kW.h))	0.58	0.59	0.58	0.59	0.56	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16
NOx (g/(kW.h))	4.93	4.96	4.92	4.95	4.92	1.46	1.47	1.47	1.48	1.47
PM (kW.h)	0.75	0.78	0.77	0.76	0.74	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22

(以下空白)

扭矩：20.00N·m

功率：2.10KW

➡

扭矩：39.3N·m

功率：4.10KW

扭矩提升96.5%，功率提升95.2%

CO：2.134

HC：0.58

NOx：4.936

PM：0.76

➡

CO：0.634

HC：0.168

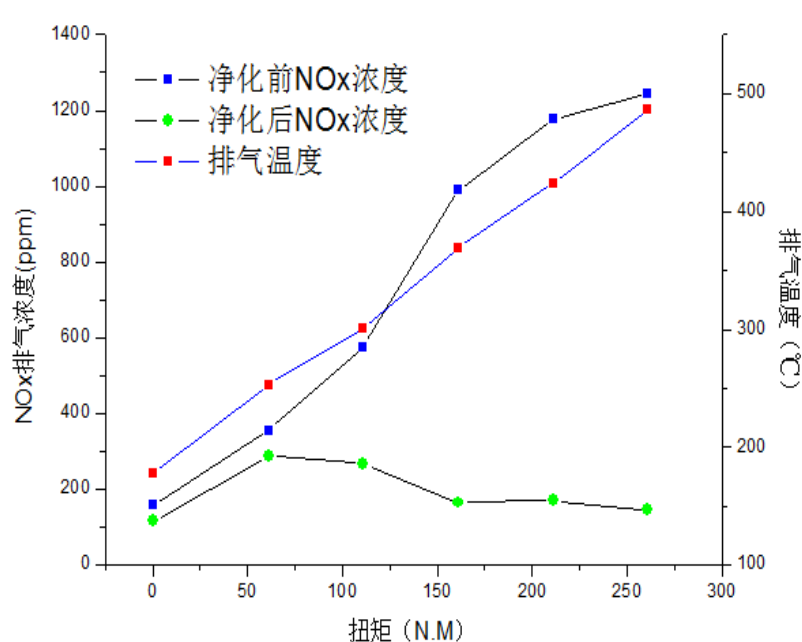
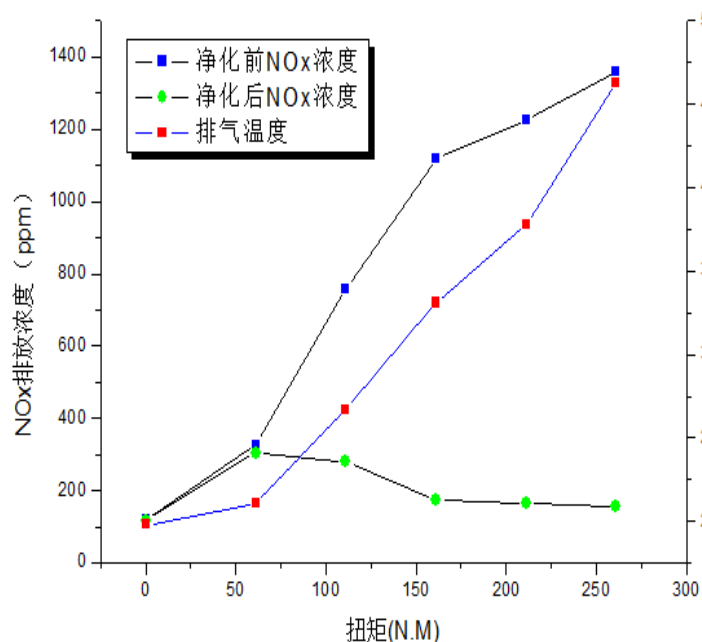
NOx：1.47

PM：0.226

排放降低到29.2%



样机制备及测试



无轨运输车辆尾气智能检测及处理装置台架测试

1.柴油发动机安装提能增效的装置后，在环境氧浓度低于15%时，可有效**提升发动机扭矩35%左右**。

2.通过测试证明NOx、CO以及HC的排放满足国V排放法规，转化率可**达到70-85%**。

3.武汉理工大学尾气净化系统采用甲胺为还原剂，钒基为催化剂的全新SCR系统，解决了尿素-SCR系统存在的低温结冰、在冬季不能正常工作的情况，以及在尿素水喷附近由于尿素析出形成结晶问题。

试验结果表明：**DOC+POC+甲胺SCR后处理系统的改造后完全可以达到国V的排放标准。**



设备装车及现场测试



检测结果		单位：(mg/m³)
7.5m³斗容装载车尾气排放口		
检测项目	检测时间：2021年7月16日	
	安装前	安装后
一氧化碳	6.50	1.71
二氧化硫	5.55	1.60
氮氧化物	35.10	8.89
烟尘浓度	13.21	0.03

研究单位对示范矿车（ 7.5m³斗容运输车）进行废气（有组织排放汽车尾气）排放检测，得到了在**装置安装前后**运输车辆尾气中一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物以及烟尘浓度，测试结果表明：**各项尾气有害物均减少到30%以下。**

无轨运输车辆尾气智能检测及处理装置装车测试

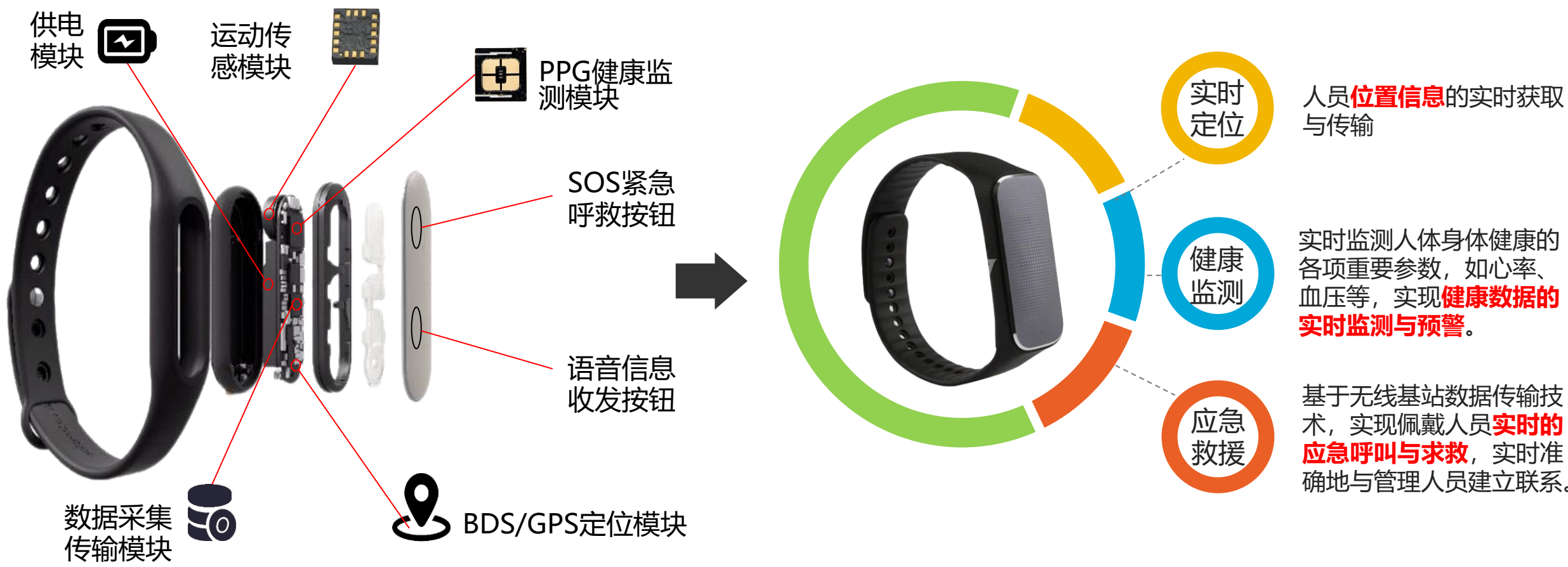


4

“人-机” 适应性调控及安全运输技术

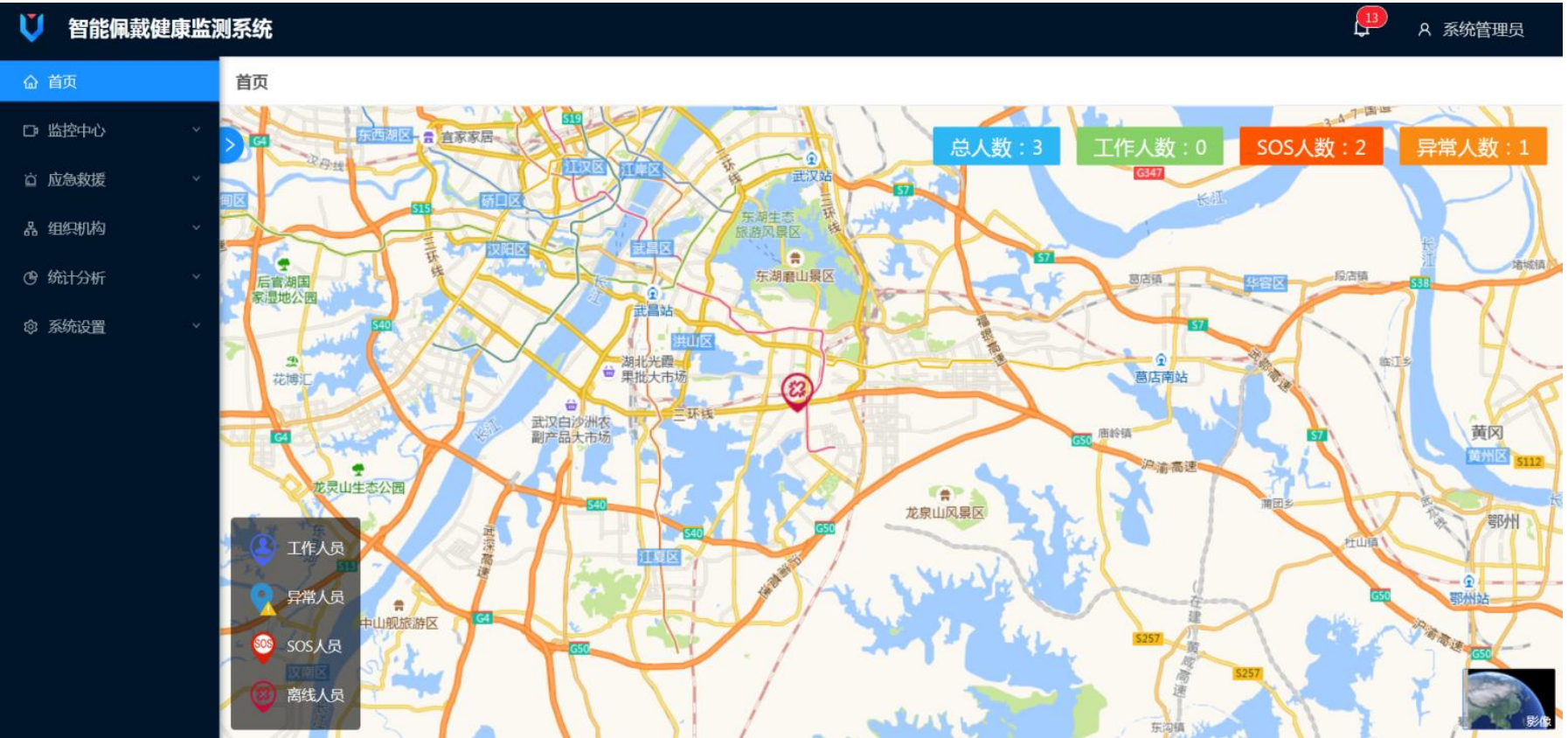


研究内容3-1：缺氧环境下驾驶员心率动态获取方法



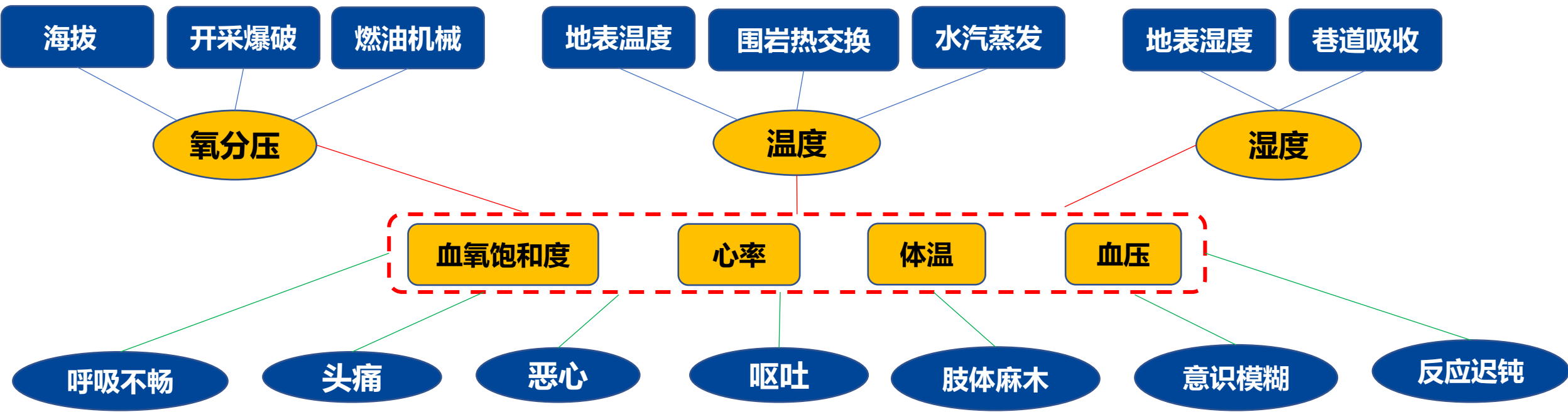


研究内容3-1：缺氧环境下驾驶员心率动态获取方法



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

高海拔地区环境特点是“高、寒、旱”，矿山生产过程中，井下恶劣的环境因素如“低温、干燥、低气压、噪音、粉尘”会影响井下作业人员生理响应指标，进而会影响生理健康和工作效率。





研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置



为使实验研究对象具有**普遍性**，选择不同性别、不同年龄、不同区域的人群，使实验数据具有代表性。但是基于矿山生产劳动者大多为中青年人群，实际实验条件的限制，所选用的实验者均为25~35岁的中青年。

由于个体之间的差异，不同的人对环境的耐受程度不同。为保证**实验安全**以及**实验数据的准确**，本着自愿的原则，选择身体健康的受试人群，在实验正式开始前在平原环境中对每一位受试者进行全面体检，保证其身体健康后方可作为受试对象。经过一系列的筛选后，确定了10名受试者，其中**男性受试者8人**，**女性受试者2人**。



8人



2人

借助高海拔环境模拟实验舱开展了实验，研究驾驶员生理指标随环境因素变化规律



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

氧分压单因素影响实验

氧分压水平值

21.226 kPa
18.826 kPa
16.651 kPa
14.686 kPa
12.912 kPa
11.316 kPa

温度值为25 °C
湿度为40 %RH

温度单因素影响实验

温度水平值

25 °C
20 °C
15 °C
10 °C
5 °C
0 °C

湿度值为40 %RH
氧分压为21.226 kPa

湿度单因素影响实验

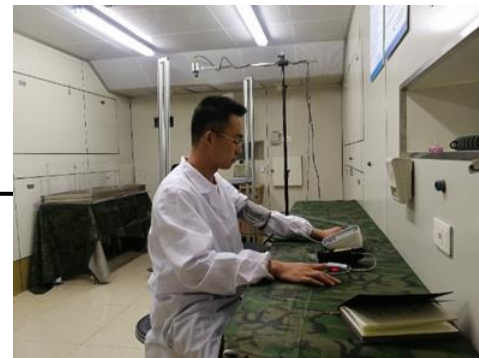
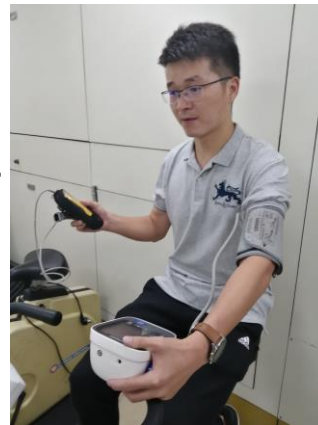
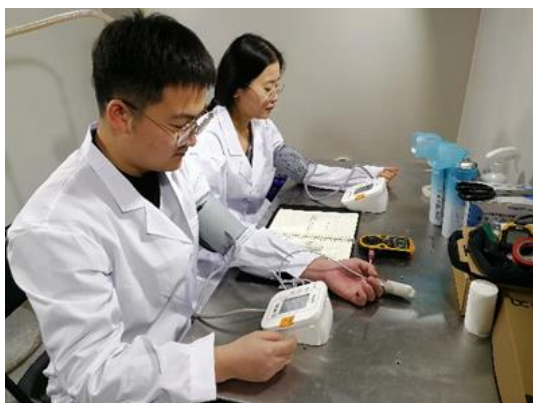
湿度水平值

40 %RH
35 %RH
30 %RH
25 %RH
20 %RH
15 %RH

温度值为25 °C
氧分压为21.226 kPa

研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

(1) 10名受试者分为2组，每组包括4名男性受试者和1名女性受试者。



(2) 受试者进入实验舱，将舱内的环境因素值设置到实验条件对应数值，受试者在跑步机上进行慢跑，模拟工作状态。

(3) 实验舱内环境参数到达设定工况并稳定5min后，采集每一位受试者的生理机能数据，进行持续的慢跑运动，每间隔10min采集一次数据，每人采集三组数据分别取平均值。

(4) 两组受试者完成同一环境因素影响实验后，依次进行其他两种环境因素实验。



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

开展了环境**单因素影响**实验，探讨人体**血氧饱和度、心率、体温、血压**各生理响应指标与井下**氧分压、温度、湿度**环境之间的定量关系。

氧分压影响实验结果

生理响应指标	拟合公式	R ²
血氧饱和度	$y=-0.425x^2+16.707x-65.489$	0.9892
心率	$y=0.388x^2-15.702x+228.634$	0.9484
体温	$y=-0.006x^2+0.244x+33.924$	0.9946
收缩压	$y=0.224x^2-9.744x+220.634$	0.9456
舒张压	$y=0.219x^2-9.725x+176.488$	0.9847

温度影响实验结果

生理响应指标	拟合公式	R ²
血氧饱和度	$y=-0.0124x^2+0.596x+91.092$	0.9848
心率	$y=-0.00181x^3+0.086x^2-0.82x+68.79$	0.9762
体温	$y=7.259*10^{-5}x^3-0.00371x^2+0.072x+35.83$	0.9771
收缩压	$y=-0.0045x^3+0.209x^2-2.608x+120.03$	0.9578
舒张压	$y=0.023x^2-1.264x+87.23$	0.9883

湿度影响实验结果

生理响应指标	拟合公式	R ²
血氧饱和度	$y=6.148*10^{-4}x^3-0.055x^2+1.726x+77.54$	0.9871
心率	$y=-0.0043x^2+0.405x+61.95$	0.9570
体温	$y=-5.5*10^{-4}x^2+0.0452x+35.54$	0.9548
收缩压	$y=-0.01029x^2+0.734x+103.15$	0.9644
舒张压	$y=-6.667*10^{-4}x^3+0.064x^2-2.0776x+92.94$	0.9083



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

通过**正交实验**分析氧分压、温度、湿度3种环境因素复合作用下人体生理指标的响应情况。根据正交实验设计原则将**3种环境因素**分别划分为**3个水平值**。在划分各因素水平时，由第三章的单因素影响实验可知，在环境氧分压小于**14.686kPa（即海拔高于3000m）**、**环境温度小于10℃**、**环境湿度小于25%RH**时人体各项生理响应指标变化较明显。所以参照**单因素实验结果**，保证选取的正交实验因素水平具有代表性，同时考虑需保证实验过程的安全性。

因素水平	氧分压/kPa	温度/℃	湿度/%RH
1	14.686	10	35
2	12.912	5	25
3	11.316	0	15



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

通过**正交实验**得到了驾驶员各**生理指标**关于**井下环境因素**的多元回归数学模型。

血氧

$$y_1 = 3.845 - 0.239x_1^2 + 9.389x_1 + 0.022x_2^2 - 1.048x_2 - 4.119 \times 10^{-4}x_3^3 + 0.037x_3^2 - 1.156x_3 + 0.099x_1x_2 + 0.013x_1x_3$$

心率

$$y_2 = 217.506 + 0.329x_1^2 - 13.3x_1 - 0.001x_2^3 + 0.049x_2^2 - 0.467x_2 - 0.001x_3^2 + 0.056x_3 - 0.036x_1x_2 + 0.001x_2x_3$$

体温

$$y_3 = 34.645 - 0.003x_1^2 + 0.122x_1 - 0.8 \times 10^{-5}x_2^3 + 0.00004x_2^2 - 0.001x_2 - 0.748 \times 10^{-4}x_3^2 + 0.006x_3 + 0.003x_1x_2$$

收缩压

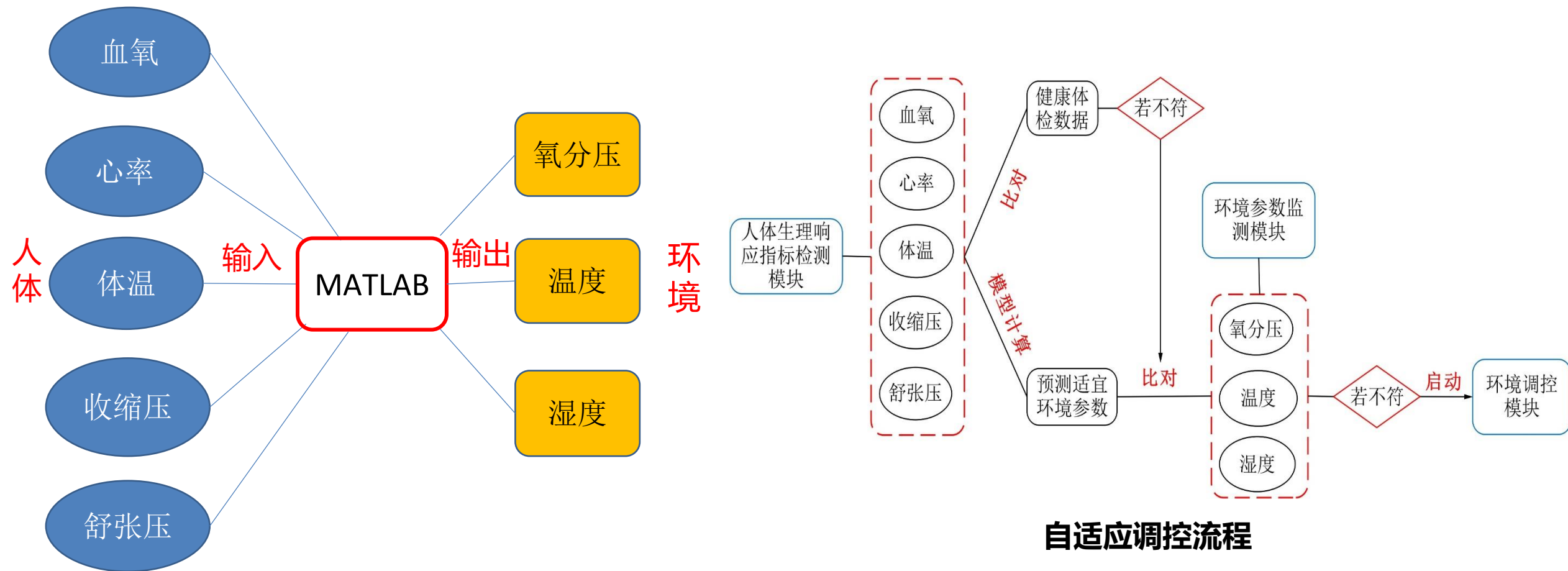
$$y_4 = 239.029 + 0.259x_1^2 - 11.284x_1 - 0.001x_2^3 + 0.043x_2^2 - 0.537x_2 + 0.00014x_3^2 + 0.01x_3 - 0.037x_1x_2 + 0.008x_2x_3$$

舒张压

$$y_5 = 237.742 + 0.304x_1^2 - 13.489x_1 + 0.004x_2^2 - 0.231x_2 - 7.114 \times 10^{-4}x_3^3 + 0.068x_3^2 - 2.216x_3 - 0.038x_1x_2 + 0.01x_1x_3$$



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置



利用构建的多元线性回归方程设计了驾驶室环境自适应调控算法及流程



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

监测检测模块



人体生理健康检测手环



LuminOx荧光学氧气传感器



HM1500LF型湿度传感器

集控显示模块



BL PPC12工控平板

环境调控模块



高分子膜分离制氧机



车载空调系统



高速离心雾化加湿机



2.4GHz数据传输模块

构建了驾驶室健康环境自适应调控系统硬件

研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置

利用**LABVIEW**的**状态机**编写采集程序，该方式最大的优点是遵从预先设置的事件运行。在一个事件结构中，设置了空闲、打开设备、设置间隔时间、开始采集和停止采集并关闭设备等几个事件。按**设定的时间间隔**采集由人体生理响应指标检测模块检测到的**驾驶员生理数据**和环境监测模块监测到的**驾驶室内环境参数**。



利用LabVIEW虚拟仪器技术开发了系统软件平台



研究内容3-2：驾驶室健康环境自适应调控装置





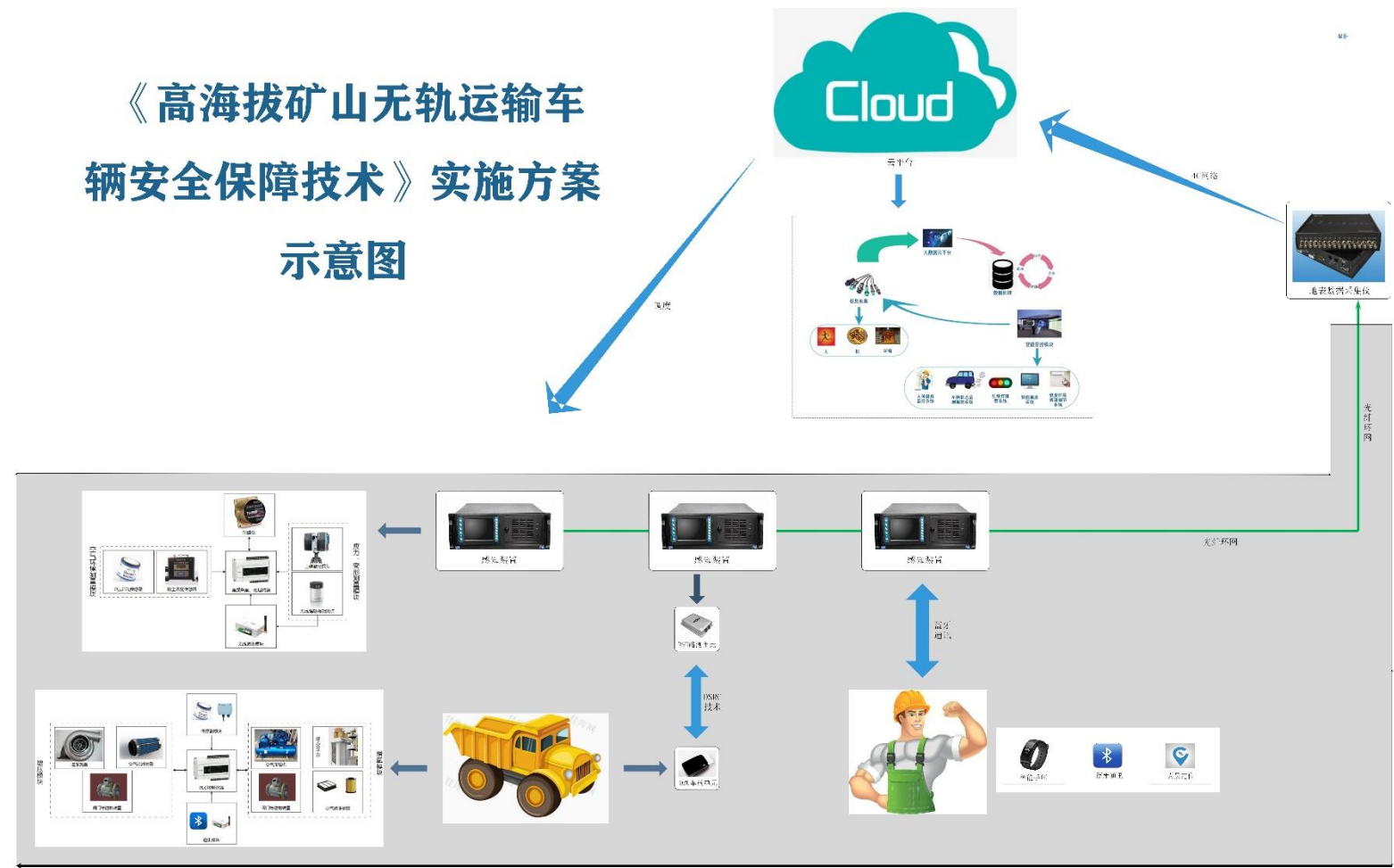
5

高海拔地区无轨运输车辆安全高效运行管控系统



基于研究内容1~3的数据采集及成果的基础上，构建高海拔地区地下矿山无轨运输车辆**高效运行管控系统**。该系统实施的方案是基于“云平台”技术和“大数据”支持下的管控系统及平台。井下**运输环境参数、车辆信息、驾驶员身体机能**等信息通过有线或无线传输至管控平台，实现数据的融合、处理及管控。

《高海拔矿山无轨运输车辆安全保障技术》实施方案示意图





研究内容4-1：多因素耦合人-机-环境系统安全性综合评价方法

目标层	一级指标	二级指标
高海拔矿山 井下无轨安全性综合评价	人的不安全状态0.5089	心率0.1302
		血氧0.1746
		血压0.1020
		体温0.1021
	运输设备的不安全状态0.1128	尾气0.0245
		载重0.0309
		速度0.0574
	环境的不安全因素0.3783	道路条件0.0407
		巷道围岩变形0.0333
		CO浓度0.0703
		含氧量0.0872
		NO ₂ 浓度0.0609
		排尘风速0.0859

$$R_i = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.55 & 0.25 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$W_i = (0.2771, 0.4658, 0.0960, 0.1611)$

$B_1 = W_1 * R_1 = (0.6449, 0.3311, 0.024, 0, 0)$

$B_2 = (0.6562, 0.2525, 0.0537, 0.0378, 0)$

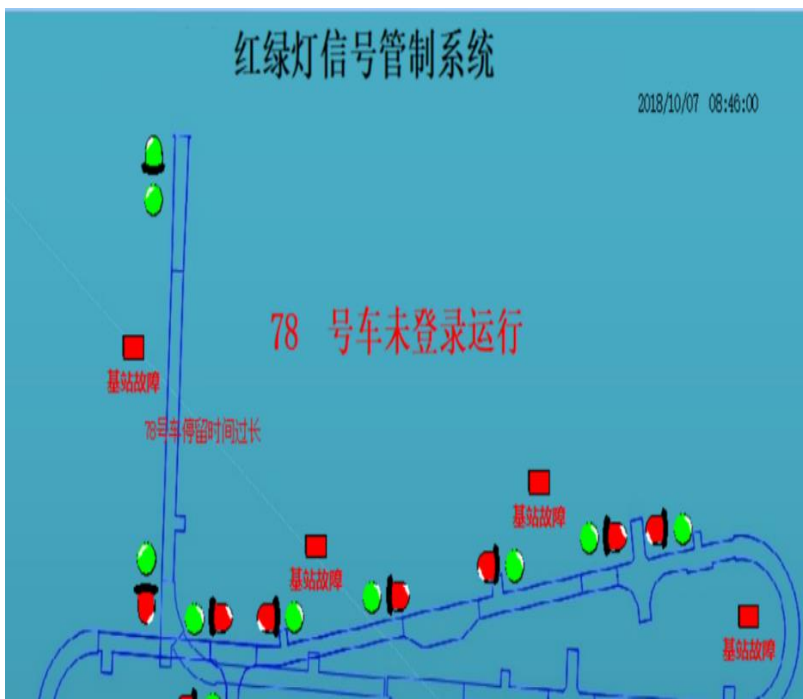
$B_3 = (0.3568, 0.2350, 0.3804, 0.0278, 0)$



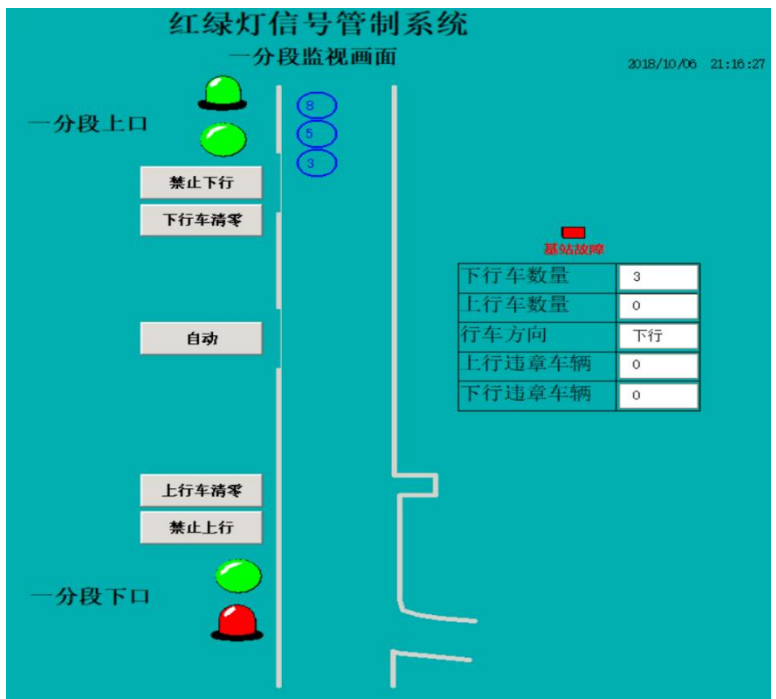
研究内容4-2：适应矿山需求的智能化调度技术



上位机系统主界面图



报警界面

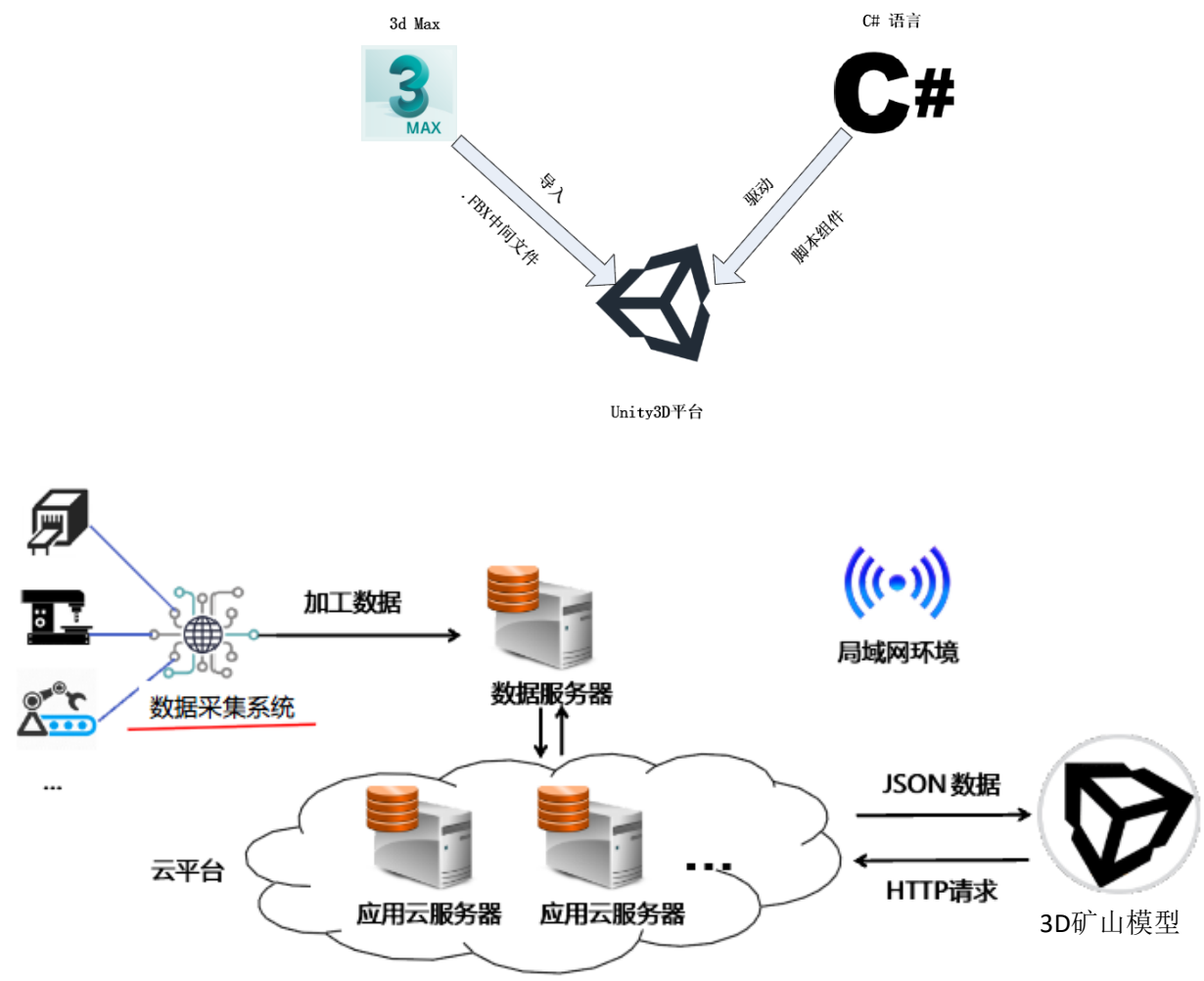
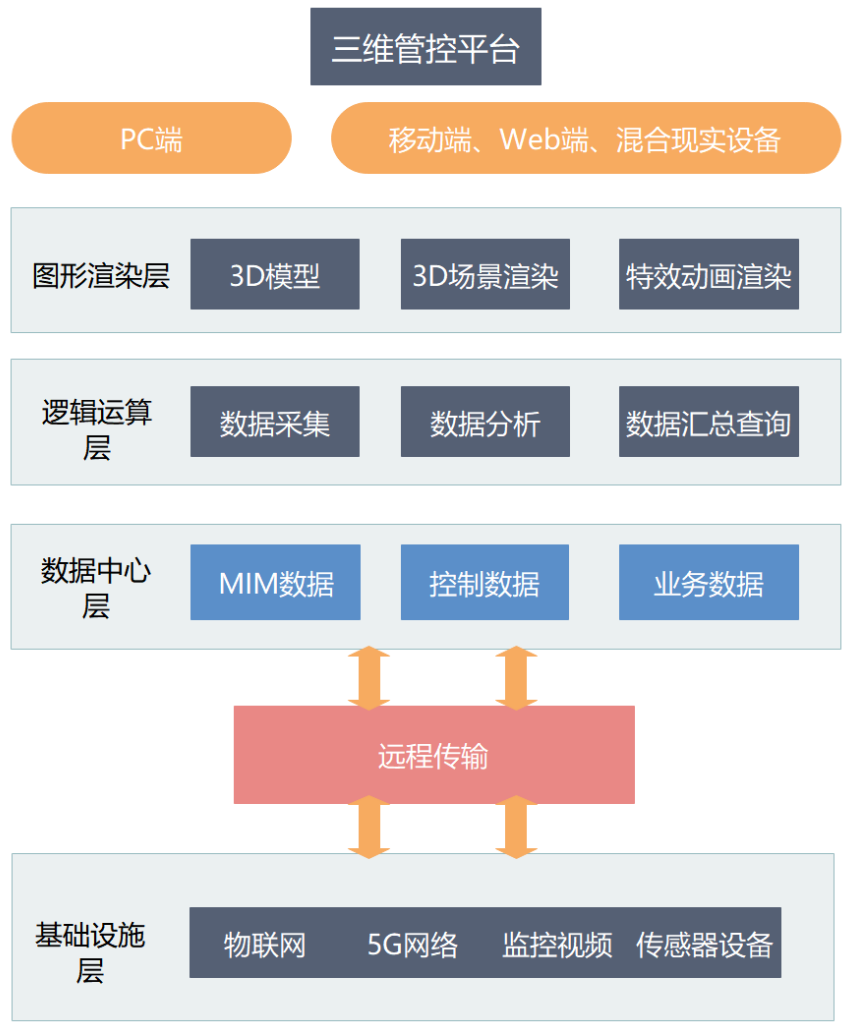


分段显示画面

界面提供文件、用户管理、实时状态查询、车辆登录、车辆查询、违章查询、轨迹查询、报警查询等菜单。用户可通过点击不同的子菜单可进入相关的页面。

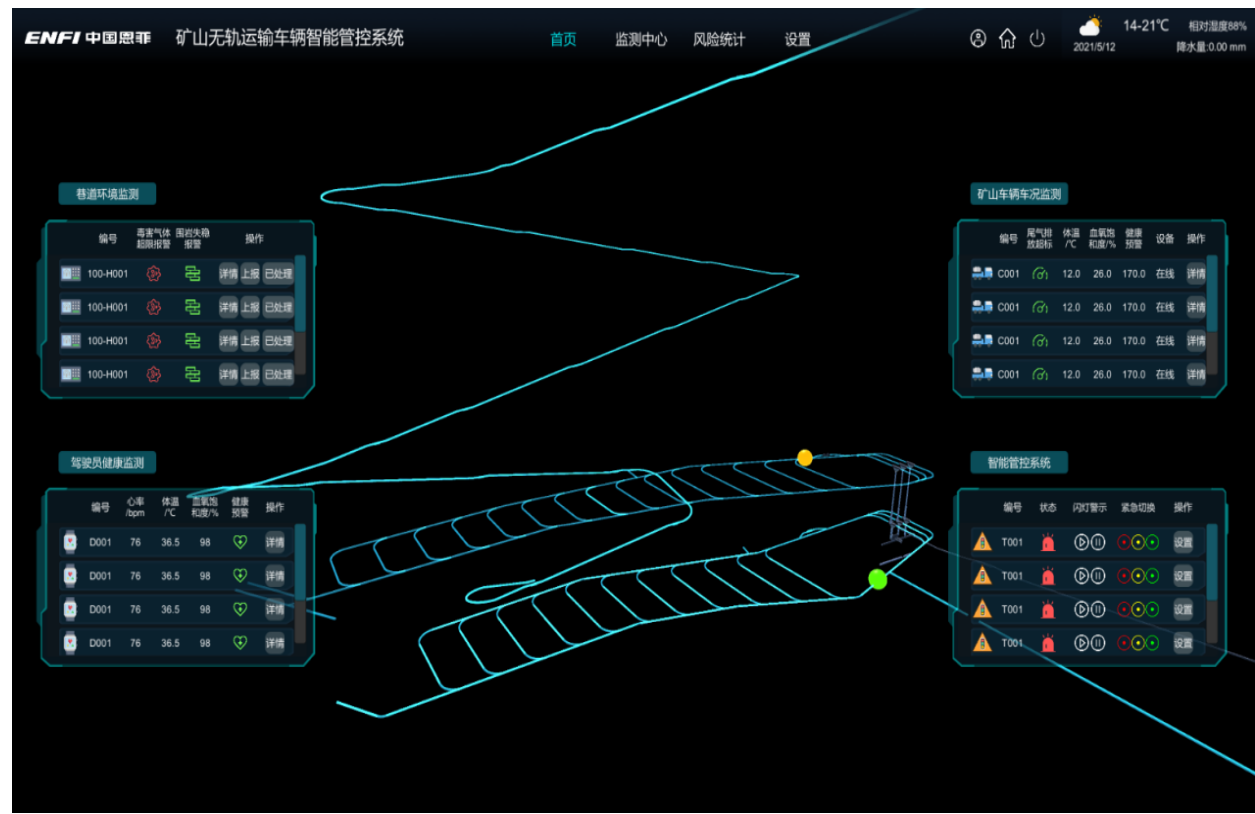
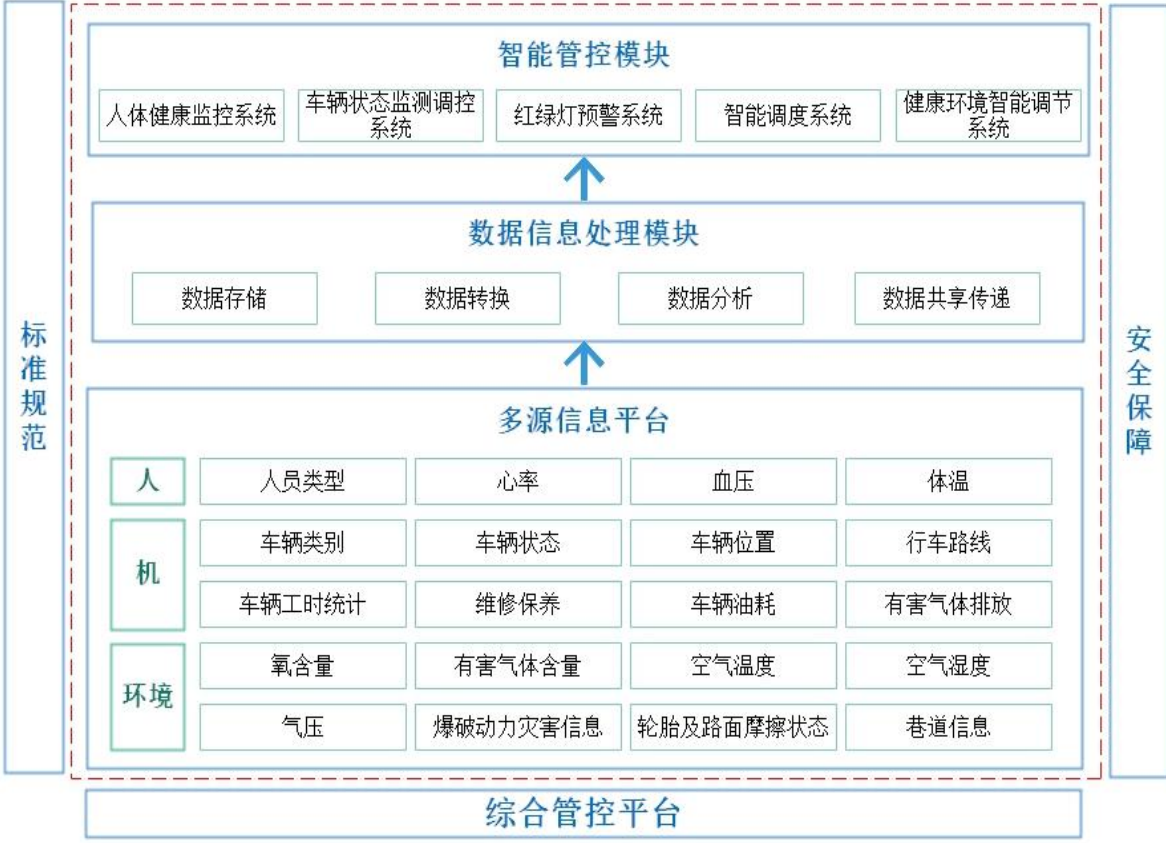


研究内容4-3：一体化智能管控系统



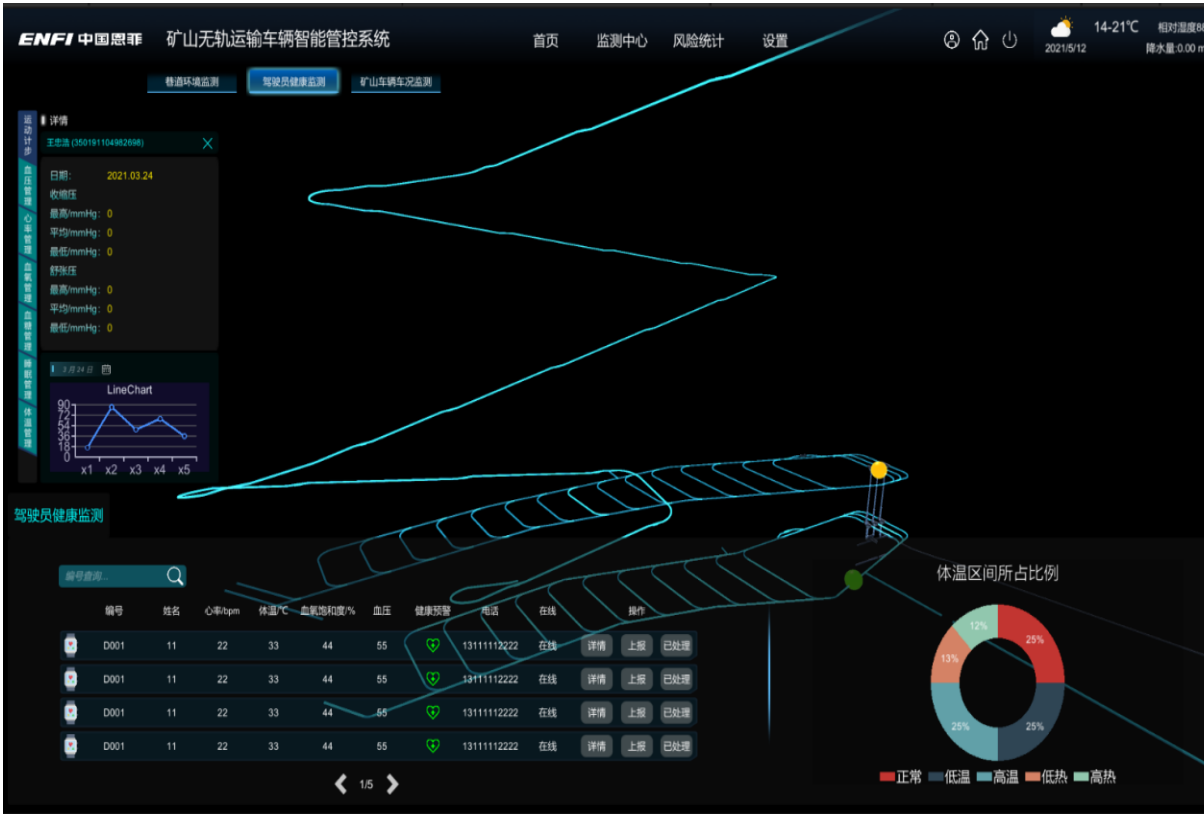
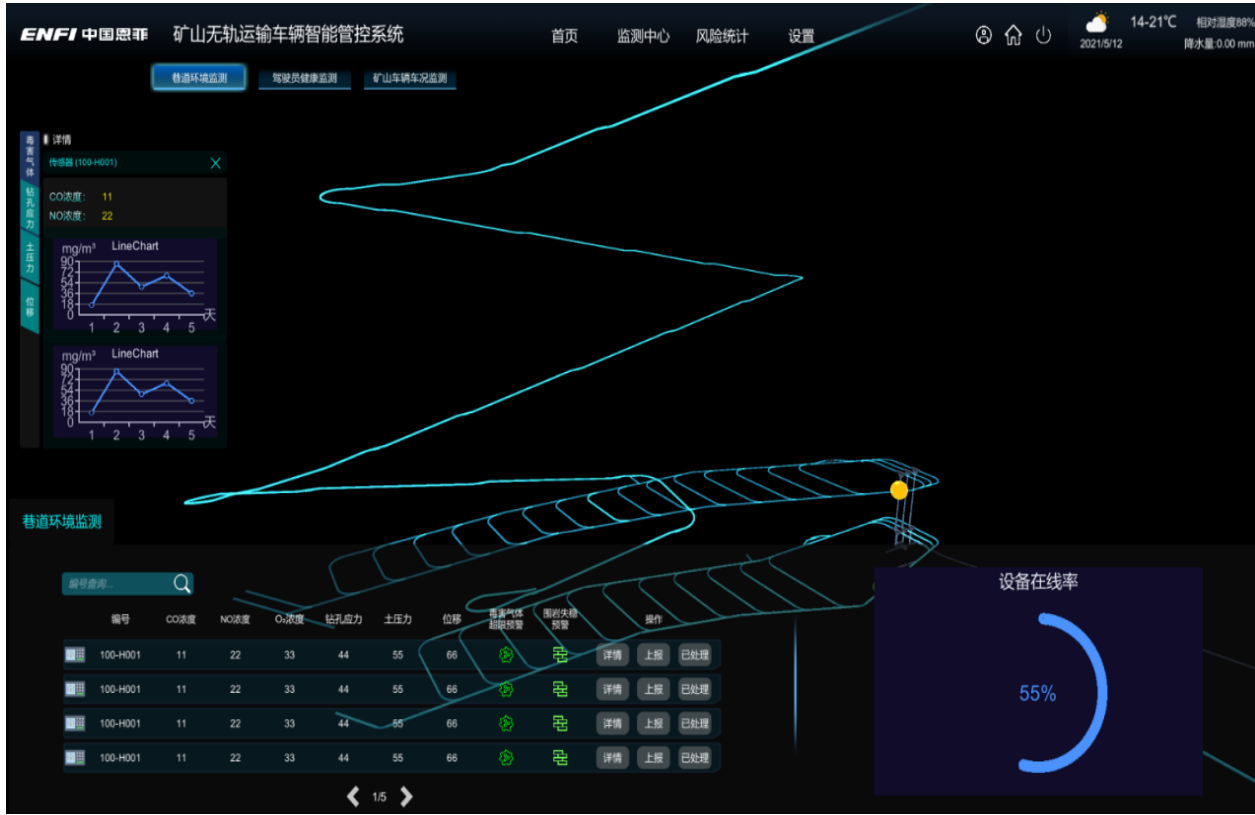


研究内容4-3：一体化智能管控系统



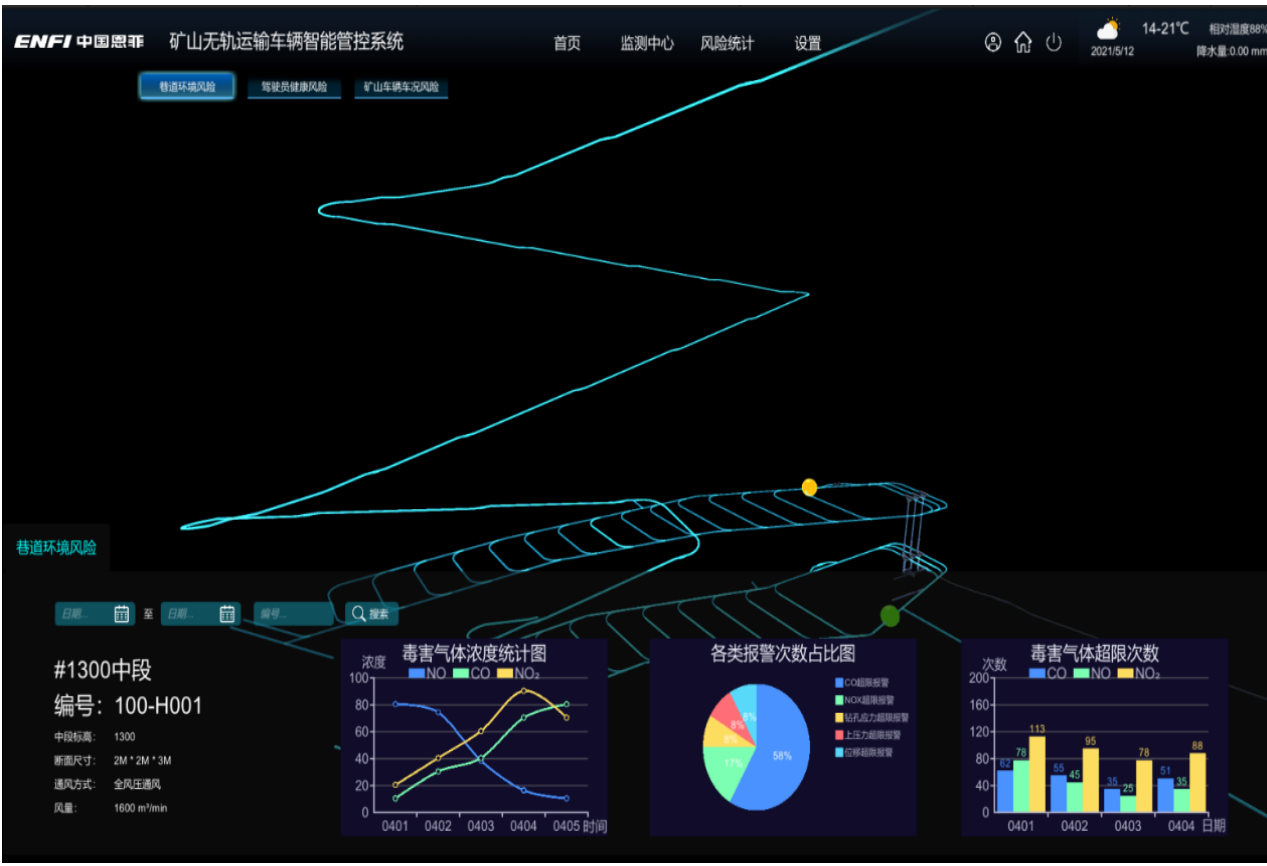
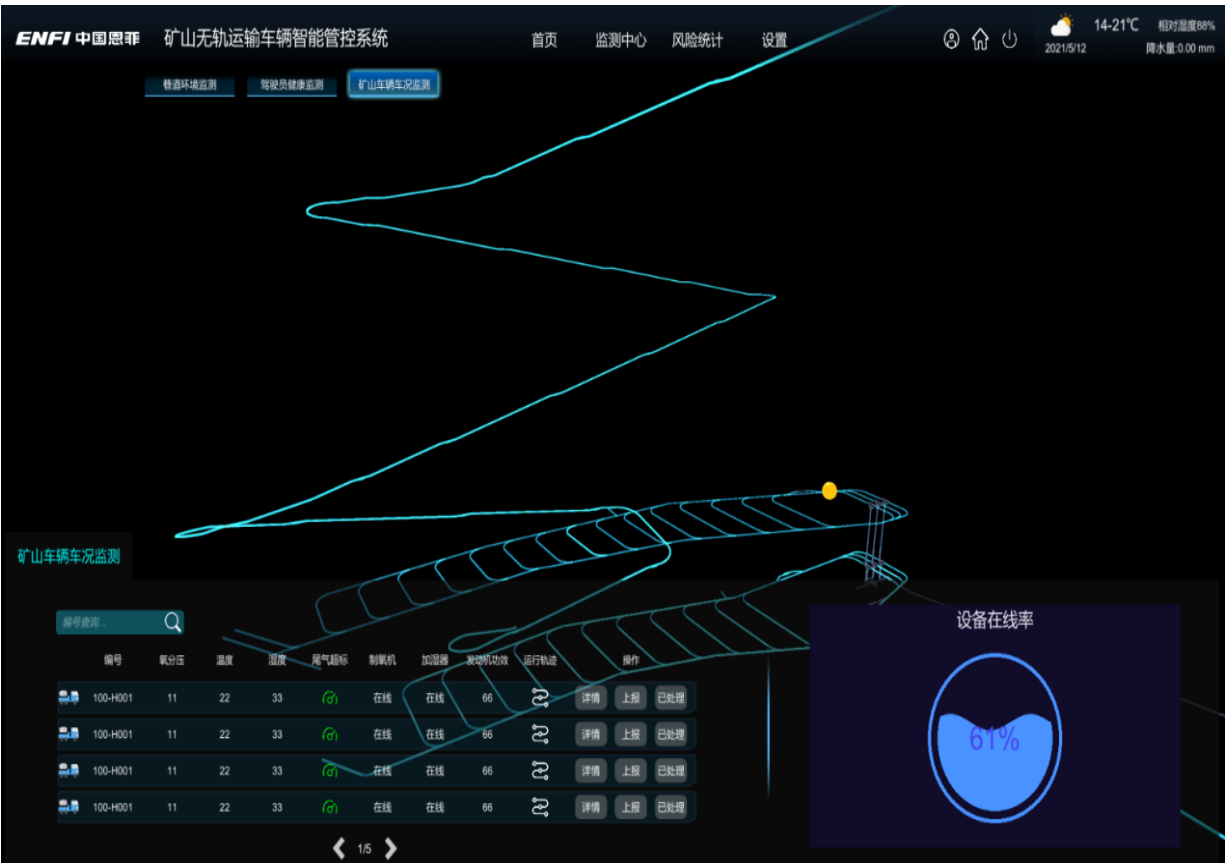


研究内容4-3：一体化智能管控系统





研究内容4-3：一体化智能管控系统





武汉理工大学
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

感谢各位专家老师，
敬请批评指正！

