

# 江苏省高等学校 大学生创新创业训练计划项目申报表 (创新训练项目)

推荐学校：(盖章)

项目名称：碳减排政策指导下的大型城市一氧化碳浓度潜势预报预警系统设计与开发

项目类型：☐ 重点项目  
☒ 一般项目  
☐ 校企合作基金项目

所属一级学科名称：理学

所属重点领域：

项目负责人：董璇

联系电话：18716097027

指导教师：樊仲欣

联系电话：13062586300

申报日期：2023年3月

江苏省教育厅 制

二〇二三年四月



项目名称	碳减排政策指导下的大型城市一氧化碳浓度潜势预报预警系统设计与开发						
项目所属一级学科	理学 (07)			项目所属二级学科	大气科学类(070601)		
项目类型	( ) 重点项目 (√) 一般项目 ( ) 校企合作基金项目						
所属重点领域	(省级重点项目选填)						
项目来源	A	B	C	来源项目名称	来源项目类别		
	√						
项目实施时间	起始时间: 2023 年 4 月 完成时间: 2024 年 4 月						
项目简介 (限 200 字)	本项目以全国空气质量监测站小时级监测数据及 ECMWF 细网格数值模式未来 72 小时预报场数据为支撑, 构建深度学习网络模型, 以进一步提高一氧化碳浓度潜势预报预警的准确度与稳定性, 为实现国家节能减排规划目标和保障人民群众生命健康提供小时级的高实用性预测产品。						
申请人或申请团队		姓名	年级	学号	所在院系/专业	联系电话	QQ 邮箱
	主持人	董璇	2021 级	202183300834	龙山书院/大气科学类	18716097027	3463786001@qq.com
	成员	陈凯	2021 级	202113380042	软件学院/软件工程	13776903131	299271096@qq.com
		武紫妍	2022 级	202283300389	龙山书院/大气科学类	18799607905	2444527532@qq.com
指导教师	第一指导教师	姓名	樊仲欣		单位	大气与环境实验教学中心	
		年龄	40		专业技术职务	实验师	



	主要成果		参与国家重点研发计划（2018YFC1505804）：10~30 天极端天气过程可预报性及预报理论与方法研究，国家自然科学基金项目（41575085）：近 30 年来影响我国北方的寒潮路径变化及其机理研究，国家自然科学基金（41276033）：海洋中尺度涡旋动力结构与维持机制研究，并有论文成果 10 余篇，专利 5 项。		
	第二指导教师	姓名	无	单位	
		年龄		专业技术职务	
	主要成果				

**一、申请理由**

负责人曾获江苏省高等学校第十九届高等数学竞赛本科一级 A 组一等奖，数理基础扎实；负责人成功参加 2022 年全国大学生数学建模竞赛，有一定的 matlab 基础和模型方法基础。负责人曾获校一等奖学金、三好学生标兵等荣誉。





## 二、项目方案

具体内容包括:

1、项目研究背景(国内外的研究现状及研究意义、项目已有的基础,与本项目有关的研究积累和已取得的成绩,已具备的条件,尚缺少的条件及方法等)

国内外研究现状:

前人利用地面观测站的数据和卫星反演数据等讨论天气形势,对大气污染物进行观测研究,但是对一氧化碳浓度变化研究较少;大部分的研究都是监测实时一氧化碳浓度是否超标,对于一氧化碳未来的发展状况的预警相关研究较少,且其采用数据都是以再分析资料或 WRF、MM5 模式资料为基础。

美国目前已有 7 个州 11 个城市通过立法,规定家庭、公寓等都要安装一氧化碳报警器。美国现在有华瑞最新技术固定式一氧化碳监控报警器 FGM,采用的是电化学传感器和微控制器技术。

德国现有的比较先进的传感器有 PAC 5500 CO,采用的是高灵敏度电化学传感器原理,结合单片机技术和网络通讯技术对一氧化碳浓度进行监测。

马来西亚槟城赛恩斯大学通过使用统计时间序列方法和机器学习方法,开发和预测未来几小时的 CO 浓度。项目使用的数据是马来西亚兰卡威监测站的空气质量数据,使用的数据挖掘工具是 RapidMiner Studio。结果表明,具有深度学习的时间序列分析为未来 3 小时提供了相当好的 CO 浓度预测,相对误差约为 10%。<sup>[1]</sup>

印度尼西亚万隆技术研究所使用支持向量回归方法预测 CO 浓度,以最佳预测精度预测印度尼西亚西爪哇万隆市的每小时 CO 浓度。通过用不同的核参数值对 CO 浓度进行建模来进行实验,以获得准确的预测结果。<sup>[2]</sup>

我国中国科学技术大学以单个  $\text{SnO}_2$  传感器为敏感元件对 CO 进行动态检测,讨论了  $\text{SnO}_2$  气体传感器动态检测方法的理论基础。结果表明,运用动态检测方法明显提高了  $\text{SnO}_2$  传感器对 CO 的选择性,动态检测方法是建立在半导体电导率温度依赖特性基础上的。<sup>[3]</sup>

我国辽宁省气象局利用统计学方法对气象资料进行普查,根据普查结果并借鉴大气污染潜势预报等级划分标准得出 4 种主要的天气环流型。利用实况资料对预报等级标准和天气形势场分型进行检验,结果显示预报方法所定义的等级划分标准以及天气形势场分型具有实际业务应用价值。<sup>[4]</sup>

开展大气一氧化碳实况监测,在黑龙江省乃至全国还是空白。近年来,大气变暖趋势明显,冬季气象形势愈加稳定少变;加之各地平房住户自行取暖,频繁发生居民一氧化碳的中毒事件,给人们生命健康造成重大损失。结合气象部门的行业特点和技术优势,合作研发出一氧化碳监测站,建立城镇大气一氧化碳监测系统,对掌握大气一氧化碳浓度的分布流动变化情况、开展城乡区域一氧化碳中毒气象潜势预警业务具有现实意义,也具有广阔的应用前景。<sup>[5]</sup>

参考文献:

[1]Wah Chyang Choy<sup>1</sup>,Azleena Mohd Kassim<sup>1\*</sup>,Ahmad Zia Ul-Saufie<sup>2</sup>,Prediction of Carbon Monoxide (CO) Atmospheric Pollution Concentrations with Machine Learning and Time Series Analysis in Langkawi, Malaysia[J].ASM Science Journal,2021,Volume 16.

[2]Erniwati Halawa<sup>1,2</sup>, Yazid Bindar<sup>3</sup>, Acep Purqon<sup>1</sup>, and Wahyu Srigutomo<sup>1\*</sup>, Prediction



of Carbon Monoxide Concentration with Variation of Support Vector Regression Kernel Parameter Value[J].J. Math. Fund. Sci. Vol. 54, No. 1, 2022, 39-53.

[3]孟凡利,黄行九,孙宇峰,刘锦淮,基于  $\text{SnO}_2$  气体传感器对 CO 的动态检测及原理[J].传感技术学报,2005,18(1).

[4]梁寒,陈宇,刘凤辉,王瀛,吴曼丽,方娟,辽宁省非职业性一氧化碳中毒气象预报方法[J].气象与环境学报,2009,25(6).

[5]邢俊江,刘运武,赵 燃,刘 刚,大气一氧化碳监测系统[J],黑龙江气象,2009,26(2).

研究意义:

一氧化碳为无色、无味、无刺激性气体,几乎不溶于水,不易被活性炭吸附。当碳物质燃烧不完全时,可产生 CO,当环境中的量达到一定浓度或停留一定时间后即可引起一氧化碳中毒。北方地区容易发生,与季节天气关系密切,当吸入其中一氧化碳体积分数含量超过 0.05%或  $30 \text{ mg/m}^3$  时即可使人中毒,严重危害居民的健康。对一氧化碳浓度进行预测预警,找出一氧化碳不易消散的天气状况,做好监测预防一氧化碳浓度过高工作,对人民群众生命安全具有重要作用。

近年来,在中国工业化、城镇化快速发展的背景下,城市空气污染问题日益严重。长期暴露在高浓度污染空气会显著增加多种患病风险,严重损害人体自身的呼吸系统、神经系统、心血管系统及生殖系统。据统计,中国每年因空气污染物致死大约为 100 万人。其中,碳氧化物污染包括一氧化碳(CO)和二氧化碳( $\text{CO}_2$ )对大气的污染。CO 化学性质较稳定,人为来源主要是矿物燃料燃烧、石油炼制、钢铁冶炼、固体废物焚烧等。CO 是排放量最大的大气污染物。据估计,每年人为排放一氧化碳总量为 3—4 亿吨,其中一半以上来自汽车废气。过去曾认为 CO 大部分来自人类活动,研究表明,CO 的自然排放量比人为排放量大几倍,主要来自森林火灾、海洋和陆地生物的腐烂等过程。CO 在大气中的存留时间约为几个月。大气中 CO 的消除作用现已知道的有 OH 自由基氧化作用,形成  $\text{CO}_2$ ,更主要是土壤微生物的代谢过程。对一氧化碳浓度预报预警有利于助力节能减排;同时 CO 影响 OH 清除的甲烷等温室气体和对流层臭氧的浓度,对气候产生作用。一氧化碳的短期暴露还对人群总死亡率、心血管疾病的死亡率有不利影响,对一氧化碳预警监测有助于降低一氧化碳暴露的风险。因此,一个具有准确可靠预测方法的 CO 大气浓度预测预警系统至关重要。预测预警系统得到的结果可能导致对环境问题的正确决策,并可以改进空气污染控制策略。

与本项目有关的研究积累和已取得的成绩:

(1) LSTM 长短期记忆神经网络

使用 2019 年 EC 细网格资料,调整数据,初步构造了一个模式预报系统的原型。该系统原型在预报转折性天气过程中表现出了显著优于 EC 的效果。例如:2019 年 6 月 5 日晚至 6 月 6 日早,安徽省定远一带出现幅度较大降温,图 1 为神经网络模型给出的 6 月 6 日 08h 温度预报与观测资料的对比,图 2 为 6 月 6 日 08h EC 的预报与观测资料的对比。





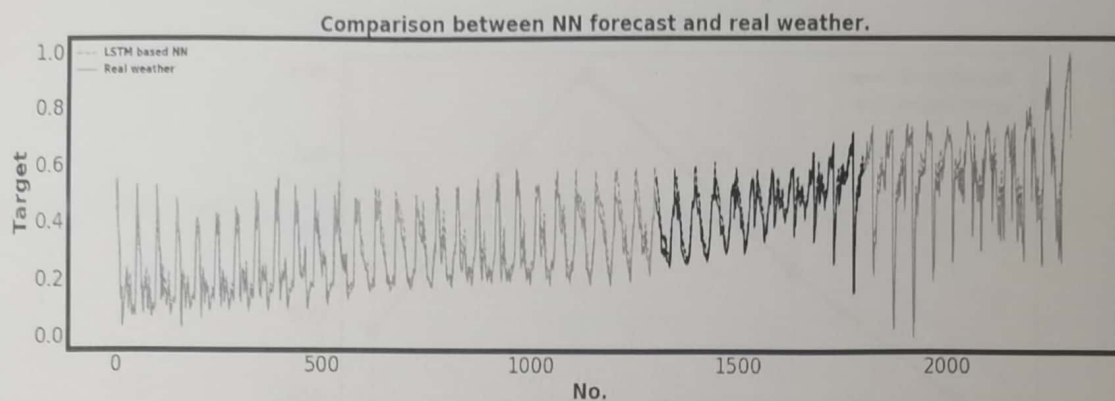


图 1 以 LSTM 为基础的神经网络与真实天气的对比

由于在预报过程中使用了多气象要素自动筛选，其值的量级和单位都有所差异，因此我们在准备数据的时候做了归一化处理，即消去单位和量级的影响。图 8.1 的纵坐标代表的是 target 目标气象要素场的预报值，横坐标为编号，指代特定的经纬度，整张图为同一时次不同地点的气象要素值的连线。

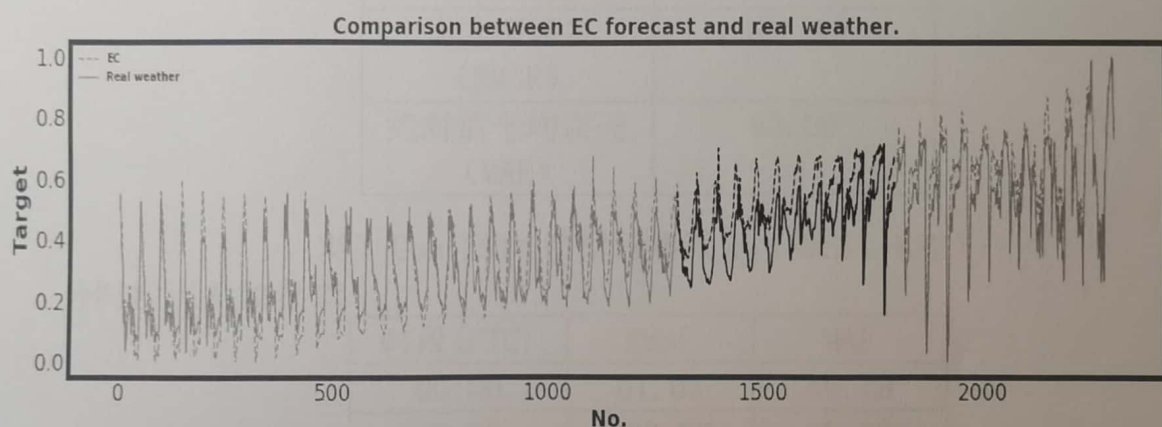


图 2 EC 的预报与真实天气的对比

图 2 的纵坐标代表的是 target 目标气象要素场的预报值，横坐标为编号，指代特定的经纬度，整张图为同一时次不同地点的气象要素值的连线。

对比图 1，图 2，编号为 1300-1800（加黑段）经纬度范围内的转折性天气预报，以 LSTM 为基础的神经网络效果显然优于 EC，并且在其它横坐标编号范围内的 LSTM 预报结果则与 EC 预报结果持平。

未来，在该系统原型对转折性个例天气的预报基础上，将进一步优化并拓展应用范围，建立大型城市一氧化碳浓度预报预警系统。

## (2) ConvLSTM 卷积长短期记忆神经网络

1) 取 2018 年 9 月 1 日 00 时（世界时）至 2020 年 7 月 20 日 09 时的时间段，用往前最优时长的地表太阳辐射相关气象要素为训练集的输入，和之后 24h 的 FY4A 卫星地表太阳辐射观测数据为训练集的输出。

2) 用 2020 年 7 月 21 日 00 时（世界时）往前最优时长的地表太阳辐射相关气象要素为预测集的输入，得到未来 24h 的南京站地表太阳辐射预测结果如图 3。



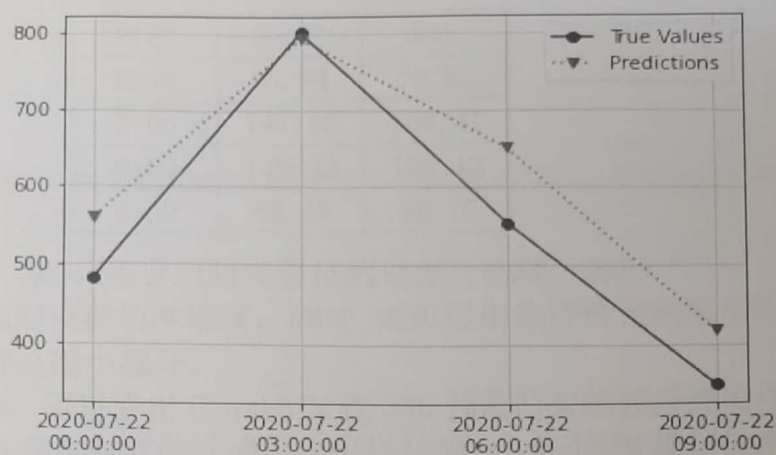


图3 2020年7月21日00时(起报时刻)预测结果

3) 2020年7月21日00时至2020年11月7日00时预测误差如表1:

预测指标	误差 ( $W/m^2$ )
均方根误差 (RMSE)	102.99
绝对值平均误差 (MAE)	63.09

表1 ConvLSTM模型预测误差 (RMSE、MAE)

分时段误差如表2:

时段(UTC)	RMSE	MAE
00:00	61.03	46.18
03:00	133.85	95.59
06:00	108.31	76.90
09:00	95.17	33.71

表2 分时段 ConvLSTM模型预测误差 (RMSE、MAE)

其他预测手段的结果如下:

基于随机森林与云速测算的太阳辐射预测:

	2018年	第5分钟	第10分钟	第15分钟	第20分钟
MSE	4月17日	53.3	56.4	78.6	89.1
	5月9日	87.3	90.6	95.4	111.8
	6月11日	97.1	99.1	108.3	134.8
RMSE	4月17日	90.6	97.6	112.6	128.2
	5月9日	137.5	152.1	169.4	184.9
	6月11日	153.4	163.3	181.3	201.8

表3 随机森林模型预测误差 (RMSE、MAE)





基于 EC 细网格数据与逐步回归的太阳辐射预测：

时次	RMSE	MAE
0:00	73.94	79.83
3:00	147.42	108.41
6:00	146.33	105.13
9:00	53.48	38.75

表 4 逐步回归模型预测误差 (RMSE、MAE)

MAE 用来评价预测模型的准确度, RMSE 则可以用来评价预测模型的稳定性 (误差离散程度), 其值都是越小越好。

比较表 1 和表 3, 可以看出 ConvLSTM 在 24h 预测时效的预报准确性已经要优于随机森林模型在 20min 预测时效的准确性。可以认为, ConvLSTM 模型的准确性要优于随机森林模型。比较表 2 和表 4, 可以看出, 除了 9:00 时次外, ConvLSTM 模型都优于逐步回归模型。在 9:00 准确度较低的原因可能是 FY-4A 辐射数据在傍晚误差较大导致。

可以看出, ConvLSTM 的预测结果, 相较于其他预测手段, 对于观测数据的拟合更加接近, 这是因 ConvLSTM 同时考虑到了时间空间和气象要素对于地表太阳辐射的影响, 所以 ConvLSTM 预测效果最为准确和稳定。

已具备的条件:

(1) 我们通过学院和指导教师, 获取了 EC 模式的数据和高分辨率地形数据 (分辨率  $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ ), 为本项目建立了完整、充足的数据保障。

(2) 我们通过与指导教师的交流, 采取小组讨论的方式, 加深了对于 BiLSTM 神经网络的认识, 从应用的角度对理论进行具体化, 使抽象的理论能够更好的为实际的项目服务。

(3) 我们认真分析了当前业务化的各种数值预报模式产品, 研究其在各方面的优缺点, 最终确定使用综合评价最好的 EC 细网格数值预报模式数据作为本项目预报系统的基础数据。

(4) 我们利用学校图书馆、计算机网络等途径, 广泛浏览资料, 分析前人的研究成果, 总结经验教训, 提出亟待解决的问题, 为该项目提供了神经网络算法、相关性分析法等研究内容。

科研保证:

(1) 大气科学是我校的重点学科, 在国际和国内享有崇高的声誉。我们能够利用学校在多年理论研究所总结的核心原理和方法, 对系统的原理进行缜密的分析, 这将从理论的角度为整个项目奠定坚实的基础。

(2) 本项目由校大气与环境实验教学中心牵头, 联合大气科学学院和气象业务部门, 共同研究这一课题。我们能够从这些机构和单位获得宝贵的气象资料, 从而对系统的核心算法进行反复地检验, 提高系统对于实际数据的拟合程度, 确保一氧化碳浓度潜势监控报警装置的预报结果能够更加的准确和稳定。

(3) 该项目的指导教师由具有扎实理论基础和丰富实践经验的气象专业人员组成, 能够及时的发现研究过程中所存在的问题, 帮助我们解决问题, 不断地引导我们完成整





个项目的研发。

缺少的条件及解决方法：

- (1) 缺少的条件：计算机算力不足，不能用格点数据来进行覆盖面广泛的精细化分析。
- (2) 解决办法：选择一二线大城市的站点数据作为潜势预报站点进行点对点分析。

## 2、项目研究目标及主要内容

研究目标：

近年来，随着各地大气污染防治工作的不断深入，常规大气污染物得到有效治理，环境空气质量不断好转。以此同时，一些非常规污染物逐渐引起关注，一氧化碳（CO）就是其中之一。一氧化碳浓度潜势预报预警系统设计与开发，对持续改善大气环境质量非常重要。

冬春季是一氧化碳中毒事故的高发时期，卫生局、国家生产安全监督总局为保障人民群众生命安全，进一步防范一氧化碳中毒事件作出了如下指示：各地区卫生、安监、气象、民政、公安等部门要加强协调联动，及时通报信息，按照分工做好预防控制工作。出现气候、气压明显变化等异常情况，要及时提醒公众注意防范一氧化碳中毒事件。一氧化碳浓度潜势预报预警系统设计与开发，对于监测易于引起一氧化碳中毒的天气状况和预测一氧化碳浓度变化，从而向人民群众发出预警信号有重要作用。

研究内容：

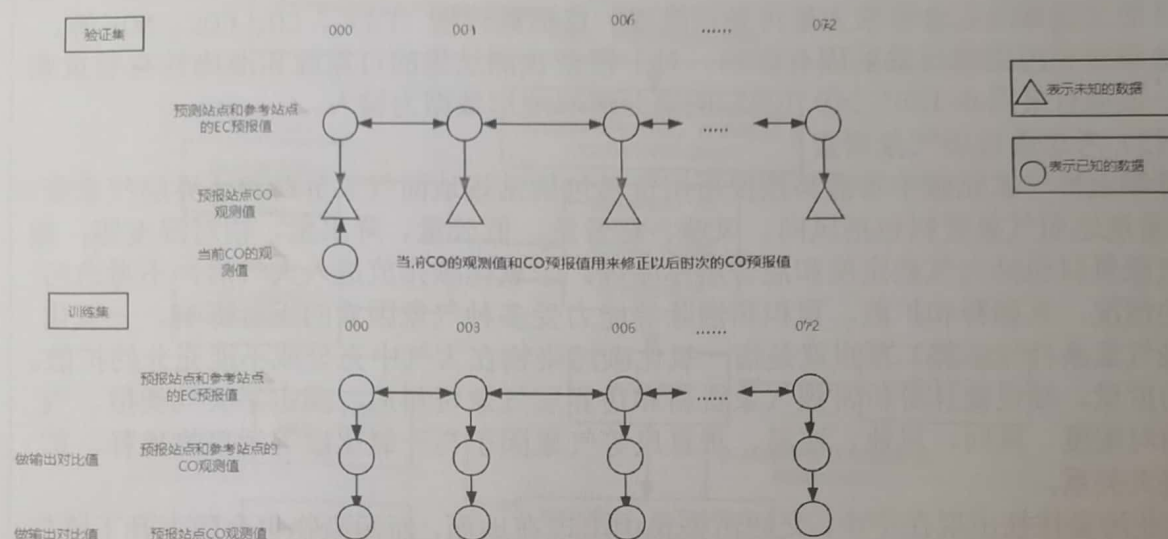
本项目的研究以欧洲中期天气预报中心（European Centre for Medium-Range Weather Forecasts，ECWMF）的 EC 细网格数值预报模式数据为数据集，选取站点数据为研究对象，以 BiLSTM 神经网络为基础，通过自适应参考站点，动态选取气象要素，以期达到更准确的一氧化碳预报预警能力。大型城市人口密度高一氧化碳中毒预报需求大，同时汽车尾气排放的一氧化碳污染最为严重，因此具体潜势预报站点的选取以一二线的大城市为选取范围。

研究步骤：

### (1) 基于 BiLSTM 神经网络的一氧化碳浓度变化的研究

BiLSTM 是一种双向长短期记忆网络，通过输入利用 EC 模式输出的江苏省各个站点的一氧化碳资料，构建 BiLSTM 神经网络模型，用一氧化碳监测值做输出对比值，并将该模型运用于预报，将结果进行检验。





BiLSTM 神经网络模型结构图

先将数据分成训练集、检验集和测试集。我们输入预报站点和参考站点的 EC 预报值，到 bilstm 模型里，预测未来一氧化碳浓度潜势，用预报站点和参考站点的 CO 观测值做输出对比值，再输入到 bilstm 模型里，用预报站点的 CO 观测值做输出对比值。在用三小时以后数据重复上述过程，一直往下执行，直到预报到 72 小时的一氧化碳浓度潜势。验证集先输入预报站点和参考站点的 EC 预报值，到 bilstm 模型里，预测未来一氧化碳浓度潜势，此时预报站点 CO 观测值是未知的，用初始时刻的 CO 观测值和 CO 预报值的误差来修正以后时次的 CO 预报值。直到验证集检验良好，就可以用神经网络模型来生成测试集，得到一氧化碳浓度潜势预报良好的模型。

### (2) 不同数值模式数据预报效果对比

将站点一氧化碳浓度监测资料与一氧化碳浓度预报资料进行对比和统计分析，比较不同数值模式的预报效果，探讨不同数值模式对于一氧化碳浓度预报能力的优劣性。

### (3) 进一步优化模型

调整 BiLSTM 神经网络的结构与参数，如神经网络的层数、loss 函数和激励函数的选择、训练集的大小调整等，测试其对一氧化碳浓度的预测效果，对比分析模型的预测准确度与稳定性，最终选取最优的一氧化碳浓度预测模型。

## 3、项目创新特色概述

(1) 基于观测和再分析资料的预测模型对未来时间的一氧化碳发展状况没有基于气象要素的考量，而基于 wrf、mm5 的空气质量模式的预测模型效果有待提高尤其是点对点预报的准确性。WRF 模式基于 MM5 发展而来，由于开源便于本地化改进，因此具有大量不同版本，预报效果良莠不齐，ECWMF 则是世界上最重要的气象预报中心之一，其模式产品领先全球，通过 EC 模式对一氧化碳浓度预报效果应优于其他模式。

### (2) 输入高分辨率格点地形数据

在城市中，高大建筑物会使运动着的大气产生涡流，在涡流区内大气污染物很难逸





散，涡流区会完全处在污染之中，在丘陵或山谷盆地也会产生类似的情况。此外，城市地区的交通状况也会带来大量污染物排放，包括颗粒物（PM）、CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>等。量化地形对于污染物传输的固有影响，对于模型预测结果的可靠性和准确性有着重要影响，该项目采用  $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$  的高分辨率地形数据为输入。

### （3）考虑垂直层气象要素

非职业性一氧化碳中毒潜势预报所用资料包括常规地面气象资料和边界层气象资料。常规地面气象资料包括风向、风速、总云量、低云量、降水量、相对湿度等；边界层气象资料包括大气稳定性和混合层厚度等。一氧化碳排放进入大气后，不考虑污染源的情况，其稀释和扩散、聚积和清除等能力受多种气象因素的综合影响。一氧化碳污染气象条件（潜势）预报就是指一氧化碳污染物在大气中充分或不能充分的扩散、稀释的度量。经过统计分析常规气象资料和边界层气象资料后，确定了天气类型、气温与相对湿度、风向、风速、逆温、垂直风等气象因子与一氧化碳等污染物稀释、扩散有重大关系。

工业污染往往出现在空中，交通污染集中出现在地面，而污染物也会随上升下降气流扩散。在温度，湿度，气压，风向，风速，天气类型几项常用地面资料基础上，增加垂直风切变，对流抑制能量等垂直层气象要素，对于一氧化碳排放进入大气后的扩散、聚积和清除等能力预报更加准确。

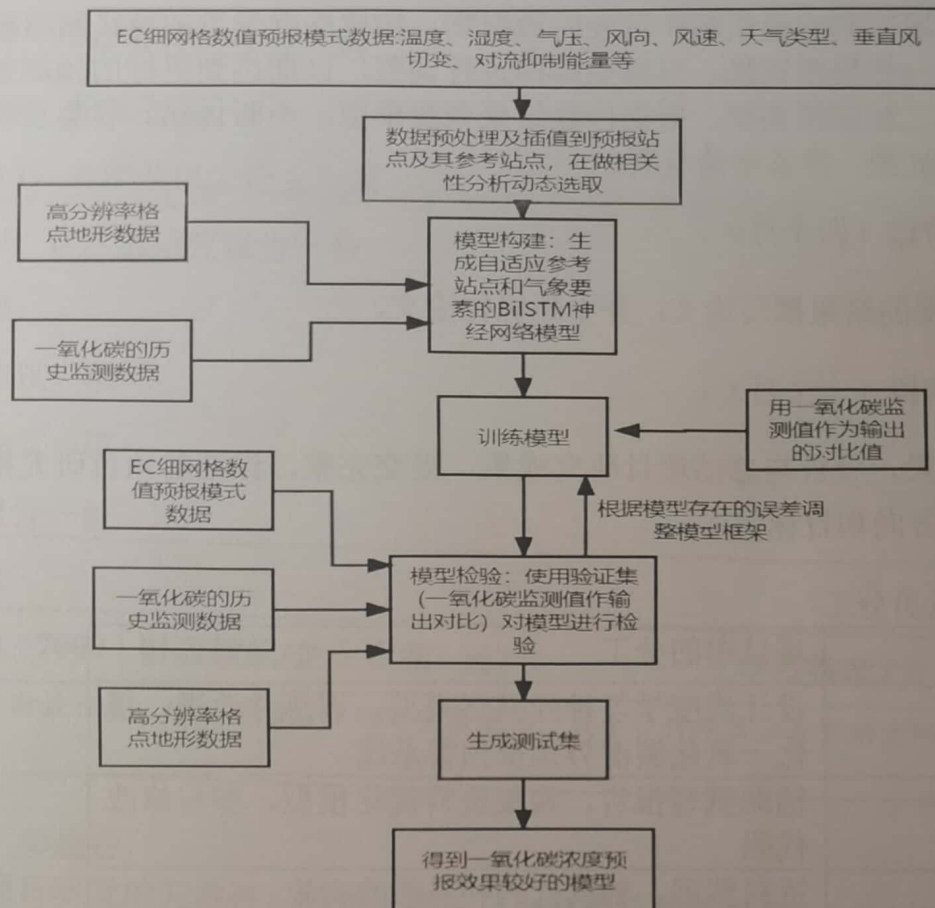
### （4）参考站点动态选取，气象要素动态选取

预报预警站点的一氧化碳监测数据，以及周边地形数据为模型固定输入。周边参考站点根据一氧化碳监测数据相关性分析结果（斯皮尔曼秩相关性系数）动态选取，气象要素则根据其与预报预警站点的一氧化碳监测数据做相关性分析从前述要素中动态选取（斯皮尔曼秩相关性系数）。

## 4、项目研究技术路线







#### 研究路线描述:

我们对 EC 细网格数值预报模式的数据中的气象要素进行数据预处理, 并和预报站点一氧化碳浓度进行相关性分析, 用斯皮尔曼秩相关系数动态选取参考站点数据, 以及动态选取气象要素, 并在温度、湿度、气压、风向、风速等常规地面气象要素选取的基础上, 增加了垂直层气象要素, 如: 对流抑制能量和垂直风切变等。

上述数据和高分辨率格点地形数据, 一氧化碳的实时监测数据, 选取训练集, 检验集和测试集。构建 BiLSTM 神经网络模型, 用一氧化碳检测值作为输出对比值训练模型。

使用验证集检验模型, 根据模型存在的误差调整程序框架, 直到对一氧化碳浓度预测结果良好, 生成测试集, 便得到了一氧化碳浓度预报的正式模型。

#### 5、研究进度安排

##### 计划进度:

##### (1) 第一阶段(一个月):

深入调研本项目相关的国内外最新理论与技术进展, 提出详尽的研究方案, 制定项目全面开展的详细技术路线。学习并了解项目所需要的基础知识, 熟悉软件的使用, 进行一些数据预处理, 为模型的建立和项目具体开发提供技术支撑。



(2) 第二阶段（六个月）：

针对研究内容用到的模型制作对应的数据集，构建深度学习的神经网络模型，调试模型，进行第一轮模型训练。对模型结构进行调整，以期达到更好的预测效果并调试模型，进行第二轮模型训练，根据检验结果调整模型，不断优化。收集实验数据，进行数据可视化处理，准备申请专利。

(3) 第三阶段（四个月）：

根据已经获得的结果撰写论文，并不断优化论文。

(4) 第四阶段（一个月）：

准备验收结果，分析与总结项目研究成果，提交完整、详细的项目研究报告，并思考未来的研究方向和目标。

#### 6、项目组成员分工

项目 组 主 要 成 员	姓名	项目中的分工
	董璇	设计深度学习神经网络模型，训练并改进，优化一氧化碳潜势预报预警系统
	陈凯	辅助撰写报告，搜集资料优化模型，参与修改代码
	武紫妍	资料整理，辅助代码和算法的实施

#### 三、学校提供条件（包括项目开展所需的实验实训情况、配套经费、相关扶持政策等）

实验实训：需要学校提供图书馆、计算机网络等途径，便于项目组人员浏览资料，分析前人的研究成果。

经费：论文发表需要大概 5000 元，用于项目研发的元器件、软硬件测试、小型硬件购置费等大概需要 1500 元，资料购置、打印、复印、印刷大致需要 500 元等

扶持政策：为更好地引导、督促、提升大学生创新创业训练计划项目的完成质量，进一步激励和引导学生积极参与科学研究、技术开发和社会实践等创新活动，提高科学素养和创新创业能力，学校给省级立项项目学生负责人加 0.5 分保研积分，给国家级立项项目学生负责人加 1 分保研积分，为本项目组成员积极投入到项目研究中提供了动力和目标。



#### 四、预期成果

2023.4-2023.7: 申报软件著作权一项

2023.7-2023.10: 论文初稿

2023.10-2024.1: 省级及以上论文一篇

2024.1-2024.4: 详尽的研究报告一份

预期最终成果:

申报软件著作权一项

省级及以上论文一篇

详尽的研究报告一份

#### 五、经费预算

总经费(元)	7000	财政拨款/企业资助(元)		学校拨款(元)	
--------	------	--------------	--	---------	--

注: 总经费、财政拨款、学校拨款按照规定金额填写, 校企合作项目企业资助金额不少于 5000 元。

具体包括:

- 1、调研、差旅费;
- 2、用于项目研发的元器件、软硬件测试、小型硬件购置费等; (1500 元)
- 3、资料购置、打印、复印、印刷等费用; (500 元)
- 4、学生撰写与项目有关的论文版面费、申请专利费等。(5000 元)

#### 六、导师推荐意见

当前关于一氧化碳浓度预报方面的研究成果较少, 且指导教师通过与业务部门的一线预报人员交流, 均认为深度学习方法在预报预测方面有着比天气学和动力学更加客观、高效的优势, 因此该方向具有很好的研究价值与潜力, 因此本项目建立起的一套先进的一氧化碳浓度预报预警系统在理论和实践上都具有可操作性, 能够为国家的碳减排战略以及人民群众的生命健康提供优质保障, 同时项目的执行团队成员也均获得过多项奖励, 并在其专业学习中成绩优秀、动手能力强, 因此可以确保本项目顺利完成。

签名: 魏中红

2023 年 3 月 16 日





七、院系推荐意见

院系负责人签名：

学院盖章：

年 月 日

八、学校推荐意见：

学校负责人签名：

学校公章

年 月 日

