

分类号 _____
U D C _____

学校代码: 10126
密级
编号

论 文 题 目

呼包鄂城市群环境空气质量强化监测网络设计研究

学院（中心）：环境与资源学院

学 号：W1143167

研 究 生：赵文佳

指 导 教 师：王立新

专 业：环境工程

研 究 方 向：环境影响评价

2015 年 12 月 01 日



TITLE

**Hohhot Baotou and Erdos urban agglomeration ambient air quality
strengthen monitoring network design**

GRADUATE STUDENT: Zhao Wenjia

FACULTY ADVISER: Wang Lixin

SPECIALTY: Environmental Impact Assessment

COLLEGE OF ENVIRONMENT AND RESOURCES,
INNER MONGOLIA UNIVERSITY,
HOHHOT, 010021, P.R.CHINA
DEC, 2015

原创性声明

本人声明：所呈交的学位论文是本人在导师的指导下独立完成的研究工作及取得的研究成果。除本文已经注明引用的内容外，论文中不包含其他人已发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得内蒙古大学及其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：赵文佐

指导教师签名：王立新

日 期： 年 月 日 日 期： 年 月 日

在学期间研究成果使用承诺书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，即：内蒙古大学有权将学位论文的全部内容或部分保留并向国家有关机构、部门送交学位论文的复印件和磁盘，允许编入有关数据库进行检索，也可以采用影印、缩印或其他复制手段保存、汇编学位论文。为保护学院和导师的知识产权，作者在学期间取得的研究成果属于内蒙古大学。作者今后使用涉及在学期间主要研究内容或研究成果，须征得内蒙古大学就读期间导师的同意；若用于发表论文，版权单位必须署名为内蒙古大学方可投稿或公开发表。

学位论文作者签名：赵文佐

指导教师签名：王立新

日 期： 年 月 日 日 期： 年 月 日



呼包鄂城市群环境空气质量强化监测网络设计研究

摘要

呼包鄂城市群位于内蒙古自治区中西部，是内蒙古自治区重要的经济圈，随着区域经济的快速发展，该区域大气污染防控压力日益凸显。呼包鄂城市群区域大气污染主要以煤烟型、机动车尾气以及风沙型复合型大气污染特征。

对呼包鄂区域现有环境质量监测网络进行强化设置，增设区域环境监测点位，补充监测项目，加密监测频次。同时对该区域内环境空气监测点位进行优化调整，整合现有城市监测点位、沙尘暴监测点位等监测资源，采用自动监测及手工监测方法进行强化监测。

综合评估研究区域经济发展、人口分布、大气环流特征、工业污染布局等因素，按照城市、区域、背景三个监测尺度，经过实地踏勘，优化确定监测点位，组建区域大气强化监测网络。对呼包鄂城市群主要建成区进行强化监测，在充分利用现有监测点位的基础上，增设区域环境空气联系监测点位，以分析呼包鄂城市群区域间污染物传输轨迹；利用现有的沙尘暴监测点位，以通过长期监测分析区域内沙尘暴发生的频次、传输轨迹；同时为了掌握区域内环境空气背景，增设背景监测点作为环境空气对照点。

强化监测后可达到说清区域大气污染现状的目的，为模型反演预测及源清单编制等后续科学研究提供数据支撑。

关键词：呼包鄂、环境空气、大气污染、监测网络



Hohhot Baotou and Erdos urban agglomeration ambient air quality strengthen monitoring network design

ABSTRACT

Hohhot Baotou and Erdos The city group is located in the west of the Inner Mongolia Autonomous Region, The Inner Mongolia Autonomous Region is the most important economic circle, With the rapid development of regional economy, the pressure of air pollution control in the region is becoming more and more prominent. Regional air pollution mainly in coal, motor vehicle exhaust and dust compound characteristics of atmospheric pollution.

To strengthen the existing environmental quality monitoring network in the area of the call, additional regional environmental monitoring points, supplementary monitoring projects, encryption monitoring frequency. At the same time, the area of environmental air monitoring points to optimize the adjustment, the integration of the existing urban monitoring point, sand and dust storm monitoring resources monitoring, using automatic monitoring and manual monitoring method to strengthen monitoring.

Comprehensive assessment of regional economic development, population distribution, atmospheric circulation characteristics, industrial pollution and other factors, according to the city, the region, the background of three monitoring scale, through field reconnaissance, optimizing monitoring points, strengthening the formation of regional atmospheric monitoring network. This project on the basis of the full use of the existing monitoring points, the regional environmental air contact monitoring points are added to the area of the regional environmental air monitoring; Additional sandstorm monitoring points, to analyze the frequency,



transmission path of regional dust storms occur through long-term monitoring;At the same time, in order to grasp the background of environmental air in the region, adding background monitoring points as the environmental air control point.

To achieve the purpose of the current situation of the air pollution in the region, to provide data support for the model inversion forecast and the source list and other scientific research.

KEYWORDS: Hohhot Baotou and Erdos , Ambient air, Air pollution,
Monitoring network



目 录

第一章 综述 - 1 -

1.1 呼包鄂城市群大气污染现状 - 1 -

1.2 呼包鄂城市群大气污染防治压力 - 2 -

1.3 项目由来及意义 - 3 -

第二章 研究区域概况及研究方法 - 5 -

2.1 研究区域概况 - 5 -

2.2 研究方法 - 13 -

第三章 区域环境空气质量监测现状 - 15 -

3.1 区域城市环境空气质量现状 - 15 -

3.2 区域环境空气自动监测网络现状 - 19 -

第四章 区域环境空气质量强化监测网络设计 - 23 -

4.1 区域强化监测网络布设方案 - 23 -

4.2 区域强化监测网络质控方案 - 49 -

第五章 结论 - 54 -

参考文献 - 55 -

致 谢 - 56 -



第一章 综述

1.1 呼包鄂城市群大气污染现状

呼包鄂城市群位于全国“两横三纵”城市化战略格局中，区域功能定位为全国重要的能源基地、煤化工基地、农畜产品加工基地、重工业基地和稀土新材料产业基地，北方地区重要的冶金和装备制造业基地。由于呼包鄂城市群产业作为全国重化工基地以电力、煤化工、稀土等行业为主，目前呼包鄂城市群主要以煤烟型、机动车尾气以及风沙型复合型大气污染特征^[1]。

内蒙古自治区 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 年均浓度峰值主要分布在以呼包鄂为核心及其辐射区，沿阴山以南连片分布， SO_2 、 NO_2 的年均最高值分别为 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 PM_{10} 年均高峰值约为 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，大气污染物年均浓度峰值均分布特征与以呼包鄂为核心的经济发展带布局相吻合。

呼包鄂城市群目前大气污染主要呈现如下特征：一是大气污染物排放负荷巨大，各类大气污染物排放总量呈增长趋势。区域 SO_2 排放总量 406990.7 吨、 NO_x 排放总量 452914.8 吨，工业烟粉尘排放量为 205806.9 吨，均远超出区域环境承载能力。特别是冬季取暖期间，呼包鄂城市燃煤量大幅增加，导致大气污染物排放量急剧上升。2013 年呼包鄂城市群单位 GDP 二氧化硫排放量为 $8.46\text{kg}/\text{万元}$ ，高出全国平均水平（ $5.45\text{kg}/\text{万元}$ ）55%；单位 GDP 氮氧化物排放量为 $7.06\text{kg}/\text{万元}$ ，高出全国平均水平（ $5.67\text{kg}/\text{万元}$ ）24.5%^[2]。二是沙尘天气对空气质量影响。沙尘天气主要发生在春季，呼包鄂地区因沙尘天气频发，空气质量受到的影响明显。2006-2010 年，呼包鄂地区沙尘天气次数维持在 10-15 天/年^[3]，颗粒物浓度监测范围在 $4-16\text{mg}/\text{m}^3$ 。呼包鄂为核心的城市群工业经济结构仍然以能源、重工业为主，单位产值资源环境消耗水平较高，矿山生态环境治理和工业污染防治压力较大。

呼包鄂城市群之间及对周边大气传输影响严重。内蒙古风场的年内变化表现为风速一月、四月风速相对较大，七月、十月风速相对较小，风向的变化随季节变化相当明显。

同时，呼包鄂及乌兰察布与山西、河北交界处存在相互输送影响，以 SO_2 为例，年均浓



度的相互影响约为 $8\sim 12\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，以一月份的长距离输送影响最为显著。自治区内盟市间也存在互相输送影响。乌海市、巴彦淖尔河套地区、包头市山前地区、呼和浩特市、鄂尔多斯中东部等沿黄河沿交通干线地区已形成相对浓度较高的成片区域，这些地区的污染排放对其周边地区有一定影响。其中呼包鄂区域内部存在较为明显的相互输送影响，以 SO_2 为例，年均浓度相互影响可达 $16\sim 25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

1.2 呼包鄂城市群大气污染防控压力

2013 年，国务院下发《大气污染防治行动计划》，其中明确指出“京津冀等区域力争实现煤炭消费总量负增长，通过逐步提高接受外输电比例”。《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》明确指出“京津冀及周边地区（包括北京市、天津市、河北省、山西省、内蒙古自治区、山东省）是我国大气污染最严重的区域，内蒙古自治区 2017 年实现 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度较 2013 年下降 10%”。《内蒙古自治区环境保护“十二五”规划》（2011 年）明确要求“大气环境质量明显改善，重要生态功能区得到有效保护，主要城市空气质量年均浓度值达到二级标准以上的城市比例保持 90%以上，空气质量优于 GB3095 二级标准的天数超过 292 天的比例达到 100%，同时还提出“改善重点区域和城市大气环境质量，建立区域大气污染联防联控机制”。2012 年，鄂尔多斯被国家发展改革委列为“资源型地区创新发展改革联系点”。在专项工作方案中，鄂尔多斯提出要进一步提升煤炭开发集中度和就地转化能力，培育一批亿吨级大型煤企，建成“西电东送”和京津冀直供电基地。

2014 年内蒙古自治区统计年鉴显示，呼包鄂城市群 GDP 占到内蒙古自治区经济的 59% 以上。作为京津冀周边能源基地的内蒙古将面临着能源输出巨大的压力，而呼包鄂城市群煤炭储量占到内蒙古自治区总贮量的 53%，是内蒙古能源输出的重要基地。据统计，内蒙古自治区火电行业排放的 SO_2 、 NO_x 和烟尘量基本占到全区排放量的 50%以上，特别是火电行业 NO_x 排放贡献率甚至达到了 83%^[2]。

而呼包鄂城市群经济发展仍旧是以能源、化工、冶金和建材等大气污染排放的重点行业为主，随着呼包鄂城市群经济发展数量和质量不断提升的需求，如何防治该城市群之间以及对周边区域大气污染传输的相互影响，避免或者降低区域大气污染复合性和传输影响，实现经济发展的同时环境质量的持续改善目标，将是呼包鄂城市群经济发展面临的巨大挑战。



呼包鄂区域经济产业结构调整需要相当长的一段时期,资源能源消耗还要增加,减排的潜力逐渐缩小,经济发展的要求与国家确定的区减排指标的矛盾越来越突出,在消化增量的同时需要继续削减存量,与此同时,随着新的空气质量标准的颁布和实施,呼包鄂城市群大气污染防治和空气质量改善任务更加艰巨。因此,如何有效保障京津冀地区能源结构调整和能源供给,同时又要实现呼包鄂城市群当地大气环境质量持续改善,将是该呼包鄂城市未来发展过程中大气污染防治工作面临的重点和难点问题。

1.3 项目由来及意义

呼包鄂城市群位于内蒙古自治区中西部,三座城市呈品字形分布,是我内蒙古自治区重要的经济圈,也是我国呼包鄂榆重点开发区和呼包银经济区的重要组成部分。2012年内蒙古自治区政府批准实施了《呼包鄂城市群规划》,提出了将呼包鄂城市群建设成为西部大开发的战略高地和国家级区域发展的新增长极的新目标,该区域的工业化、城镇化已进入快车道。与此同时,该区域大气污染防治压力日益凸显,区域大气污染物排放总量控制压力巨大,区域复合型大气污染态势逐渐显现。

2014年环境保护部设立环保公益性行业科研专项“呼包鄂城市群大气污染表征及空气质量持续改善方案研究项目”,旨在针对呼包鄂城市群主要城市经济发展水平、能源与工业结构、畜牧业养殖业等特色农畜行业情况,分析和识别大气污染特征、主要污染源贡献及其影响因素,课题承担单位为中国环境科学研究院,协作单位为内蒙古环境科学研究院、内蒙古环境监测中心站、清华大学、南开大学、环境保护部南京环境科学研究所。

为了支撑课题研究,说清呼包鄂区域大气污染现状,亟需对呼包鄂区域现有环境质量监测网络进行强化设置,增设区域环境监测点位,补充监测项目,加密监测频次。同时,对该区域内环境空气监测点位进行优化调整,整合现有城市监测点位、沙尘暴监测点位等监测资源,利用自动及手工监测方法,达到说清区域大气污染现状的目的,为模型反演预测及源清单编制等后续科学研究提供数据支撑。

呼包鄂区域性大气污染及其传输影响问题已经成为我国大气污染防治工作面临的热点和难点问题,有效开展该领域的研究,建立分类分级的大气污染防治对策已经成为国家以及区域性大气污染的重中之中,同时也是大气污染防治技术体系函待突破的重要科研领域^[10]。该



区域环境空气质量强化监测网络设计研究,对内蒙古自治区有效地落实《大气十条》,开展区域性大气污染防治管理,开展区域大气污染表征、传输影响分析及空气质量持续改善工作,实现经济发展与环境保护双赢目标,保障京津冀及周边区域大气污染防治规划实施提供的重要基础支撑。



第二章 研究区域概况及研究方法

2.1 研究区域概况

2.1.1 区域自然地理概况

呼包鄂城市群由内蒙古呼和浩特市、包头市、鄂尔多斯市组成。该区域组团内鄂尔多斯市位于组团西部、包头市位于组团中部、呼和浩特市位于组团东部。

呼和浩特是内蒙古自治区首府，位于自治区中部的土默特平原上，北靠阴山山脉、南临黄河与鄂尔多斯市隔黄河相望、东与乌兰察布市毗邻、西与包头市土右旗相邻。距离首都北京 669km。市区平均海拔 1050m，东西最大横距 125km，南北最大纵距 200km。市区总面积为 17224 km²，其中城市建成区面积为 77.9 km²。

包头市位于内蒙古自治区中西部，地处渤海经济区与黄河上游资源富集区交汇处，是祖国西部地区、内蒙古经济带的东出口。北与蒙古国接壤、南与鄂尔多斯市隔黄河相望、东西接土默川平原与河套平原，城市总面积为 27768km²。包头市位于蒙古高原南端，阴山山脉横贯于中部，形成中间高、南北低、西高东低的地势。黄河包头段总长 214km，是包头市工业、农业生产用水源，居民生活用主要水源。

鄂尔多斯市位于内蒙古自治区西南部，西北东三面被黄河环绕，毗邻晋陕宁 3 省。鄂尔多斯市辖东胜区、达拉特旗、准格尔旗、鄂托克前旗、鄂托克旗、杭锦旗、乌审旗、伊金霍洛旗 8 个区/旗，总面积为 8.7 万 km²。城市东西长约 400km、南北宽约 340km²。鄂尔多斯市地处我国农牧交错带的中心位置，属于半干旱向干旱过渡地带，境内毛乌素沙地、库布齐沙漠和丘陵沟壑区、干旱硬梁面积分别占全市总面积的 48%，是沙漠化和水土流失化比较严重的地区。鄂尔多斯市境内五大类型地貌分别为平原、丘陵山区、波状高原、毛乌素沙地、库布齐沙漠。鄂尔多斯市自然资源富集，其中煤炭探明储量为 1676 亿吨，占全国的六分之一。煤炭资源不仅分布面积广、储量大，而且煤质品种齐全。天然气探明储量为 8000 亿 m³，占全国的三分之一。



2.1.2 区域社会经济概况

呼包鄂城市群土地总面积约 13.18 万 km^2 。截止 2013 年末总人口为 613.32 万人。至 2013 年末呼包鄂城市群生产总值 (GDP) 10084.06 亿元, 其中第一产业产值为 329.06 亿元、第二产业产值为 4893.03 亿元、第三产业产值为 4863.95 亿元。人均生产总值 412254 亿元^[2]。

至 2013 年末呼包鄂城市群农业总产值为 577.44 亿元, 工业总产值为 9024.40 亿元, 固定资产投资 7478.24 亿元。至 2013 年末呼包鄂城市群园林绿化面积 10692 公顷, 建有公园 103 个, 公园绿地面积为 6921 公顷。至 2013 年末呼包鄂城市群城乡划分全社会固定资产投资为 748.72 亿元。呼包鄂城市群城市建设情况: 其中组团内建成区面积为 557.65 km^2 , 市区人口密度为 10999.0 人/ km^2 , 城区面积为 1403 km^2 , 城市建设用地面积为 588.65 km^2 ^[2]。

呼和浩特市是内蒙古自治区首府, 是自治区经济、政治、文化中心, 辖新城区、回民区、玉泉区、赛罕区、土默特左旗、托克托县、和林格尔县、清水河县、武川县共计 9 个区县, 行政区域土地面积 1.72 万 km^2 、城市面积 322.42 km^2 。截至 2013 年末, 全市常住人口为 300.11 万人, 全市实现地区生产总值 2705.39 亿元, 其中, 第一产业 134.72 亿元、第二产业 826.74 亿元、第三产业 1743.93 亿元。人均生产总值 90941 亿元。人均可支配收入为 32003 元。规模以上企业 281 家, 总产值为 150.3 亿元^[2]。

包头市是内蒙古自治区最大的工业城市, 也是国家重要的基础工业基地。包头市辖昆都仑区、青山区、东河区、九原区 4 个市区, 石拐和白云鄂博 2 个矿区, 土默特右旗、固阳县和达茂旗 3 个农牧业旗县, 共计 9 个旗、县、区。常住人口人口为 273.2 万人, 其中城镇人口 22.3 万人, 农村人口 50.9 万人。全市城镇化率为 81.4%。包头市工业主要以稀土、冶金、机械加工等为主, 第一、第二、第三产业占全市总产值的比重分别为 2.6%、55.3%和 42.1%。规模以上企业 654 家, 总产值 325.3 亿元^[2]。

鄂尔多斯市是内蒙古自治区重要的煤炭基地, 辖东胜区、达拉特旗、准格尔旗、鄂托克前旗、鄂托克旗、杭锦旗、乌审旗、伊金霍洛旗 8 个区/旗, 行政区域土地面积为 8.68 万 km^2 , 城市面积为 195.58 km^2 。截至 2013 年末全市常住人口为 201.75 万人。鄂尔多斯市以煤炭、电力、能源工业为主, 截至 2013 年末全市实现生产总值为 3955.90 亿元, 其中, 第一产业为 95.69 亿元、第二产业为 2369.33 亿元、第三产业为 1490.88 亿元。人均生产总值为 196728 亿元。人均可支配收入为 32243 元。规模以上企业 390 家, 总产值为 426.8 亿元^[2]。



2.1.3 区域气象条件概况

2.1.3.1 呼和浩特市地面气象资料

呼和浩特市属于中温带大陆性季风气候区。由于其地理位置及特殊的地理环境使得该地的气候特征主要表现为：冬季寒冷、雨雪稀少，春季干旱风大，夏季炎热、降水偏少且相对集中，秋季气温剧降。

根据呼和浩特市气象局近三十年（1984~2013 年）地面气象资料进行统计，该地区多年平均气温为 8.7℃，年极端最高气温为 38.5℃，年极端最低气温-27.6℃；历年平均降水量为 393.2mm，月最大降水量为 106.0mm；年平均气压为 896.2hPa；年平均相对湿度为 61%，历年平均蒸发量为 1361.5mm，月最小蒸发量为 32.0mm，年平均风速为 1.8m/s^[4]。

呼和浩特市气象站近 30 年常规气象统计参数见表 2.1。

表 2.1 呼和浩特市常规气象统计资料汇总表

Table2.1 Hohhot summary table of conventional meteorological data in recent 30 years

项目	数值	项目	数值
年平均气温℃	8.7	年均主导风向	E
年极端最高气温℃	38.5	十分钟平均最大风速 m/s	18.3
年极端最低气温℃	-27.6	年平均风速 m/s	1.8
年平均气压 hPa	896.2	年平均降水量 mm	393.2
年平均相对湿度%	52	年极端最高降水量 mm	629.5
年平均蒸发量 mm	1361.5	年日照时数 h	2662.7

呼和浩特市春季主导风向为 NW，出现频率为 10.4%，次主导风向为 SW，出现频率为 8.58%，静风在春季出现频率为 16.6%；夏季主导风向为 E，出现频率为 9.72%，次主导风向为 SW，出现频率为 9.33%，静风在夏季出现频率为 20.82%；秋季主导风向为 E，出现频率为 8.53%，次主导风向为 NW，出现频率为 7.76%，静风在秋季出现频率为 27.13%；冬季主导风向为 NW，出现频率为 10.46%，次主导风向为 E，静风在冬季出现频率为 28.7%；全年主导风向为 E，出现频率为 8.57%，次主导风向为 NW，出现频率为 8.49%，静风在全年现频率为 23.16%。

根据呼和浩特市近 30 年气象资料统计可知：春、冬两季主导风向均为西北风（NW），夏、秋两季主导风向为东风(E)，全年以东风（E）出现频率较高，频率为 8.57%，西北风(NW)略低，频率为 8.49%，位居第二。



呼和浩特市近 30 年年均风频的季变化及年均风向频率玫瑰图见图 2.1。

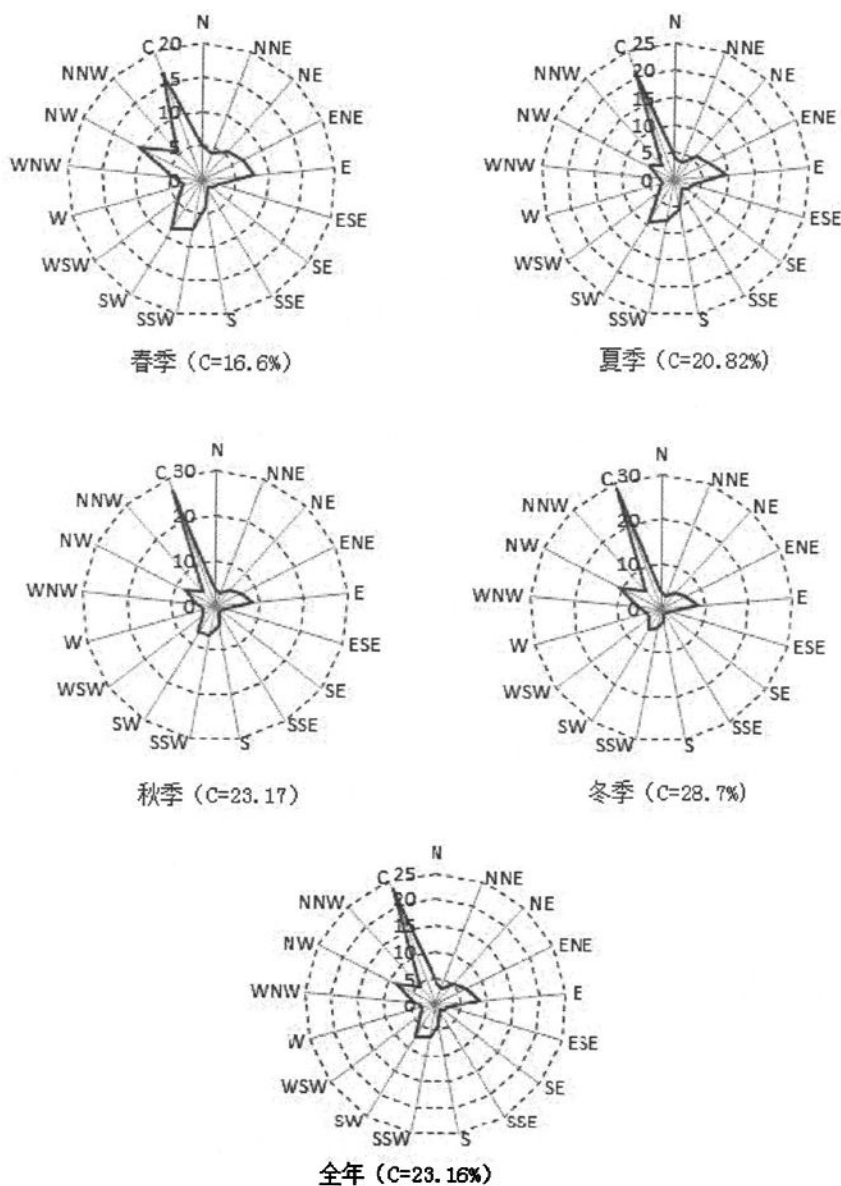


图 2.1 呼和浩特市近 30 年年均风频的季变化和年均风向频率玫瑰图

Fig.2.1 Hohhot seasonal variation of mean wind rose diagram and annual average wind rose diagram in recent 30 years



2.1.2.2 包头市地面气象资料

根据包头市气象站近三十年（1984~2013 年）的地面常规气象资料进行统计，包头市年平均气温为 7.6℃，极端最高气温为 39.9℃，极端最低气温为-27.9℃；年平均气压为 895.9hPa；年平均相对湿度为 51%；年降水量为 303.4mm；年蒸发量为 2125.8mm；年日照时数 2889.8h；年平均风速为 2.1m/s；年最大风速为 21.3m/s，最大风速对应风向为 NW；年最大冻土深度为 154cm，年最大积雪深度为 10cm，年扬沙日数 18.3 天，年沙尘暴日数为 3.3 天，年雷暴日数 28.3 天，年冰雹日数 1.9 天^[5]。

表 2.2 包头市气象站常规气象统计资料汇总表

Table2.2 Baotuo summary table of conventional meteorological data

项 目	数 值	项 目	数 值
年平均气温	7.6℃	年平均降水量	303.4mm
年极端最高气温	39.9℃	年极端最高降水量	465.2mm
年极端最低气温	-27.9℃	年最大风速，风向	21.3m/s,NW
年平均气压	895.9hPa	年最大冻土深度	154cm
年平均相对湿度	51%	年最大积雪深度	10cm
年平均水汽压	6.6hPa	年沙暴日数	3.3 天
年平均蒸发量	2125.8mm	年扬沙日数	18.3 天
年平均风速	2.1m/s	年雷暴日数	28.3 天
年日照时数	2889.8h	年冰雹日数	1.9 天

包头市地区春季主导风向为 NNW 风，出现频率为 13.1%，次主导风向为 NW 风和 N 风，出现频率均为 9.9%，静风在春季的出现频率为 15.7%；包头市地区夏季主导风向为 ESE 风，出现频率为 10.0%，次主导风向为 SE 风，出现频率为 9.5%，静风在夏季的出现频率为 16.0%；包头市地区秋季主导风向为 NNW 风，出现频率为 12.3%，次主导风向为 N 风和 NW 风，出现频率均为 9.6%，静风在秋季的出现频率为 25.3%。

包头市地区冬季主导风向为 NNW 风，出现频率为 18.1%，次主导风向为 NW 风，出现频率为 12.3%，静风在冬季的出现频率为 24.8%；包头市地区全年主导风向为 NNW 风，出现频率为 13.0%，NW 风的出现频率也较高，为 9.8%，静风的年出现频率为 20.4%。

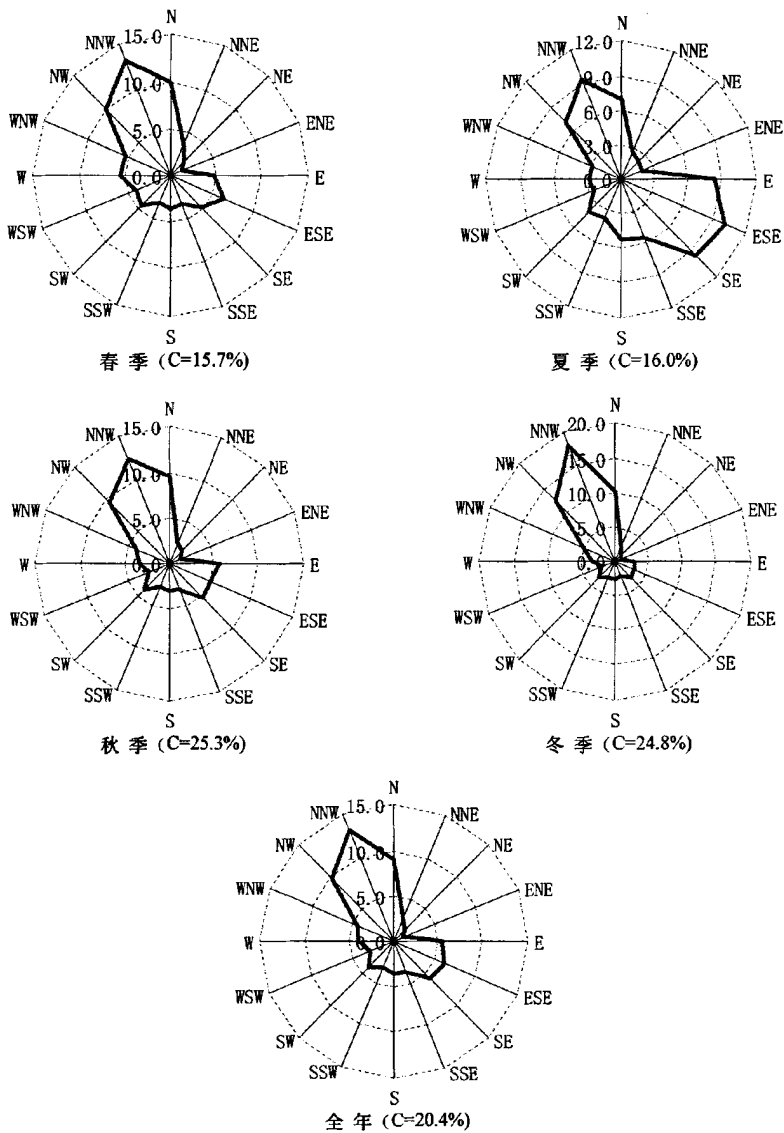


图 2.2 包头市近 30 年年均风频的季变化和年均风向频率玫瑰图

Fig.2.2 Baotuo seasonal variation of mean wind rose diagram and annual average wind rose diagram in recent 30 years



2.1.3.3 鄂尔多斯市地面气象资料

鄂尔多斯市属于中温带温暖型极干旱气候区。气候特征主要表现为冬季寒冷、漫长、雨雪稀少，春季干旱风大，夏季短暂炎热，秋天秋高气爽。

根据鄂尔多斯市气象局近 30 年（1984~2013 年）的气象资料统计，该地区年平均气温为 7.2℃，极端最高气温为 39.6℃，极端最低气温为-30.3℃；年平均气压为 901.8hPa；年平均相对湿度为 53%；年降水量为 306.5mm；年蒸发量为 2075.7mm；年日照时数 3102.1h；年平均风速为 2.4m/s；该地区年主导风向为 E 风，出现频率为 13.2%，W 风的出现频率也较高，为 12.6%，静风的年出现频率为 16.2%。全年以 WNW 和 NW 方向平均风速最大均为 3.9m/s^[6]

表 2.3 鄂尔多斯市气象站近 30 年常规气象统计资料汇总表

Table2.3 Erdos summary table of conventional meteorological data in recent 30 years

项 目	数 值	项 目	数 值
年平均气温	7.2℃	年平均降水量	306.5mm
年极端最高气温	39.6℃	年极端最高降水量	506.4mm
年极端最低气温	-30.3℃	年最大风速，风向	22.7m/s,W
年平均气压	901.8hPa	年最大冻土深度	176cm
年平均相对湿度	53%	年最大积雪深度	15cm
年平均水汽压	6.7hPa	年沙暴日数	5.5d
年平均蒸发量	2075.7mm	年雷暴日数	32.2d
年平均风速	2.4m/s	年冰雹日数	1.3d
年日照时数	3102.1h	年扬沙日数	23.0d

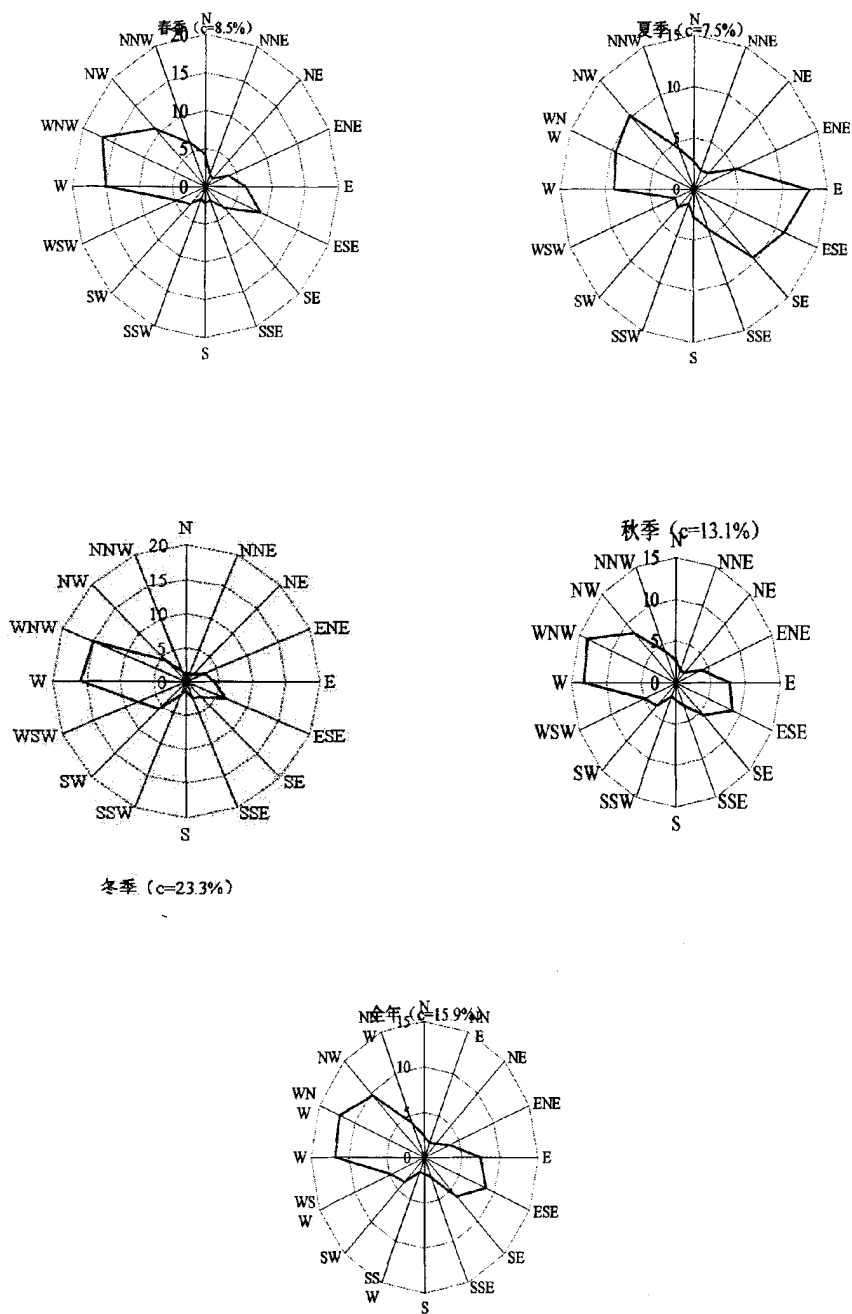


图 2.3 鄂尔多斯市近 30 年年均风频的季变化和年均风向频率玫瑰图

Fig.2.3 Erdos seasonal variation of mean wind rose diagram and annual average wind rose diagram in recent 30 years



2.2 研究方法

2.2.1 资料调研

通过收集整理历年《内蒙古自治区统计年鉴》、《内蒙古自治区环境统计年鉴》、《内蒙古自治区环境质量年鉴》及相关政策文件、公报、报告等文献,分析研究呼包鄂城市群近年自然环境状况、气象条件、自然资源状况、社会经济发展状况和人口、经济发展、产业发展、能源利用、空气质量、大气污染排放特征等内容,揭示该区域大气污染物排放特征及时空分布特征,为监测项目、点位布设、监测频次选择提供依据。

2.2.2 HYSPLIT-4 模型模拟

HYSPLIT-4 模型是由美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 的空气资源实验室和澳大利亚气象局在过去 20 年间联合研发的一种用于计算和分析大气污染物输送、扩散轨迹的专业模型。

计算简单的空气粒子和复杂的分散和沉积模拟。该模型它使用一个移动的帧的参考,从他们的初始位置,它使用一个固定的三维网格作为参考帧的参考。在模型中,对流和扩散的计算是在一个拉格朗日框架下面的运输的空气包裹,而污染物浓度的计算在一个固定的网格。

该模型核心采用拉格朗日和欧拉方法混合计算方法,处理三维空间上的多种气象要素输入场、多种物理过程和不同类型污染物排放源功能的较为完整的输送、扩散和沉降模式,已经被广泛地应用于多种污染物在各个地区的传输和扩散的研究中。模式使用的气象数据来源为 NCEP 的 GDAS 全球在分析数据资料。该数据集将全球 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 的气象场数据,插值到正形投影的地图上,每天具有 00:00、06:00、12:00、18:00 (UTC 时间) 4 个时次,从地面到 10hPa 垂直分层共 17 层。数据从 2005 年 1 月至今,每个月的 5 个星期进行保存,每 7 天资料约 571Mb,每月更新。

本次模拟数据采用通过 GDAS 2011 年 12 月至 2012 年 2 月 (采暖期) 数据,以北京市高空 1000 米为起点,空间平均分层 10 层,计算北京市采暖期高空污染物传输后向轨迹来源。以期分析呼包鄂城市群大气污染对京津冀区域传输方向。同时以包头、呼和浩特等地地面和高空不同高度层的典型月份 (一、四、七、十月) 后向输送轨迹进行统计分析,分析内蒙古自治区典型月份及全年输送轨迹,分析呼包鄂地区与周边山西、河北等省区的污染物互相输



送及影响。

2.2.1 现场踏勘

现场调研拟选监测点位周边局地污染分布、交通道路以及水、电、网络基础设施配套、区域监测点附件生活条件等情况，判断监测点位设置的合理性。



第三章 区域环境空气质量监测现状

2013 年呼和浩特在全区率先开展新标准监测, 2014 年包头、鄂尔多斯也相继实施新的国家空气质量标准 (GB3012-2012), 监测二氧化硫 (SO_2)、二氧化氮 (NO_2)、可吸入颗粒物 (PM_{10})、细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$)、一氧化碳 (CO) 和臭氧 (O_3) 六项指标。

3.1 区域城市环境空气质量现状

3.1.1 区域空气质量综合评价

2014 年, 呼和浩特、包头、鄂尔多斯城市空气质量综合评价不达标, 各城市单独评价均不达标。其中, 三个城市空气污染物可吸入颗粒物 (PM_{10}) 年平均浓度均不达标; 细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$) 除鄂尔多斯市达标外, 其他均不达标; 二氧化硫 (SO_2) 均达标。从污染物的日均值超标率看, 可吸入颗粒物 (PM_{10}) 和细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$) 超标明显^[3]。

3.1.2 单项污染物时空分布规律

通过对 2014 年呼包鄂三地空气质量监测数据进行统计分析后发现, 三个城市污染物浓度在时间分布上呈现相同的变化规律: 其中, 二氧化硫浓度冬季最高, 夏季最低; 二氧化氮浓度秋冬季高, 春夏季低; 可吸入颗粒物浓度春季最高, 夏季最低; 细颗粒物浓度冬季高, 夏季低; 臭氧夏季高, 冬季低; 一氧化碳浓度冬季高, 夏季低。污染物的时间分布特性反映了呼包鄂城市群空气污染具有相同的污染来源^[7], 见图 3.1。

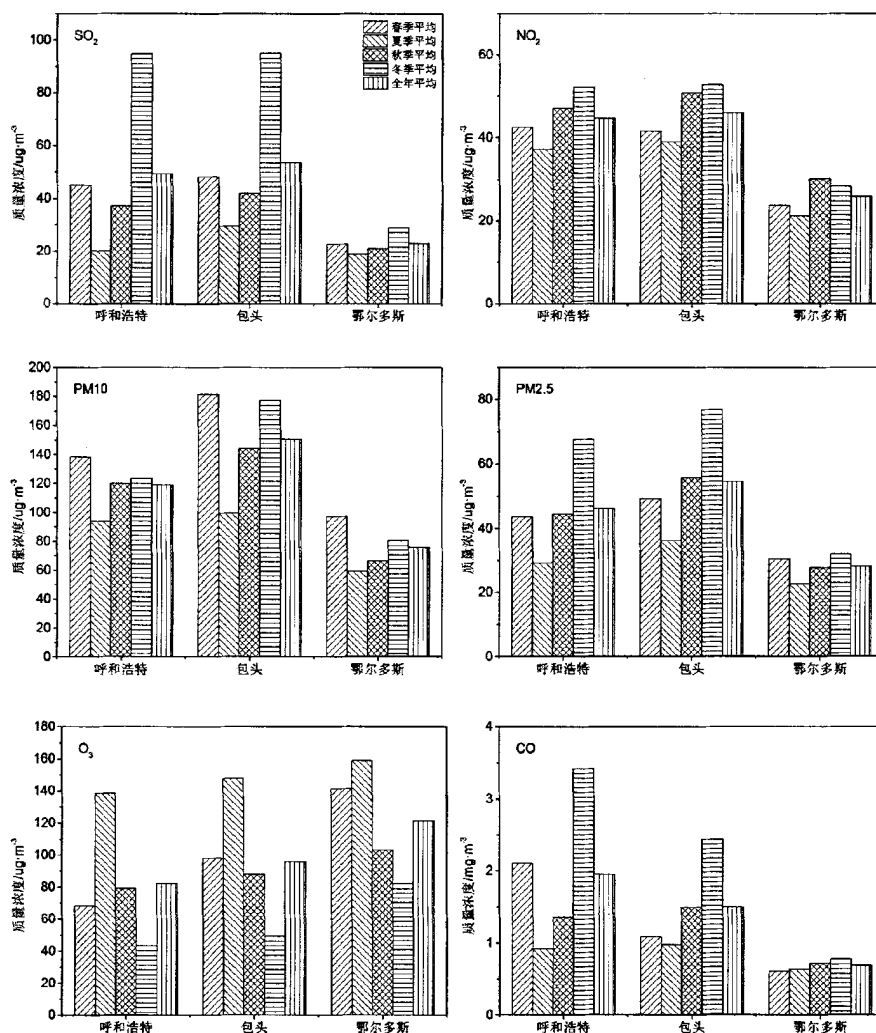


图 3.1 2014 年呼包鄂城市空气主要污染物季节分布图

Fig.3.1 Hohhot baotou ordos 2014 season of major pollutants in urban air distribution

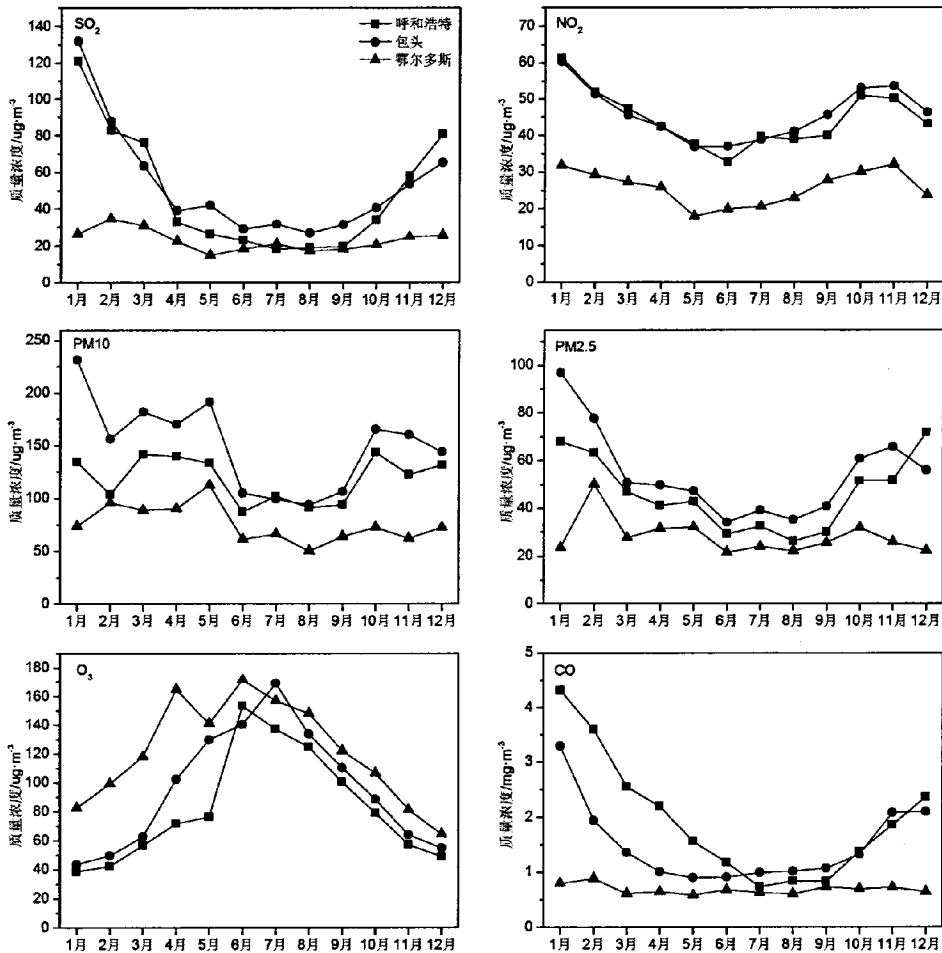


图 3.2 2014 年呼包鄂城市空气主要污染物月均值分布图

Fig.3.2 Hohhot Baotou Erdos 2014 monthly average of major pollutants in urban air distribution

由图 3.2 可以看出，呼和浩特和包头的 SO_2 的时间分布规律比较相似，都是在 1 月出现最高值，在 7、8 月份出现最低值，呈现出单峰型的分布特征，鄂尔多斯整体变化比较平缓，最大值在 2 月出现。 NO_2 的分布规律比较一致，一般在 1 月和 11 月出现峰值，可能与冬季取暖再加上秋冬季节比较不利的大气扩散条件有关系。从 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 的变化图来看，呼和浩特和包头的时间分布规律比较一致，1 月浓度最高，主要受冬季采暖季燃煤的影响；5 月、10 月出现峰值，可能受到比较频繁的沙尘影响，有研究表明，沙尘天气的出现会增加大气中



的颗粒物。从 O_3 的分布图来看,呼和浩特、包头、鄂尔多斯的变化特征比较一致,都是在 6、7 月份出现峰值,主要是因为夏季光照比较强,有利于生成 O_3 的光化学过程的进行,总体来看,鄂尔多斯的 O_3 浓度比较高,具体产生原因待进一步监测该区域臭氧前驱体物浓度进行验证。从 CO 的分布图来看,呼和浩特和包头都是 1 月份出现最大值,而鄂尔多斯变化比较平缓。

统计各单项污染物的月均浓度分析发现,可吸入颗粒物和细颗粒物已经成为影响呼和浩特市和包头市空气质量的主要污染物,鄂尔多斯市臭氧浓度的统计值均高于其他两个城市,具有地域特点。

颗粒物浓度较高的主要原因:一是我区大部地区干旱少雨,中西部地区地表植被覆盖差,春秋季容易发生扬沙、浮尘等污染天气。二是城区道路扬尘及施工扬尘逐年增多。伴随各地城镇化建设及车辆增加,建设施工扬尘和道路清扫等措施滞后导致城区可吸入颗粒物浓度升高。三是由能源结构导致的冬季煤烟型污染。受火电和冬季采暖烟尘排放及城中村煤炭散烧等影响,导致可吸入颗粒物浓度居高不下。

3.1.3 区域空气质量达标情况

呼和浩特、包头、鄂尔多斯市 AQI 达标天数比例分别为 66.3%、52.1%、81.8%^[7]。AQI 分布见图 3.3,表 3.1。

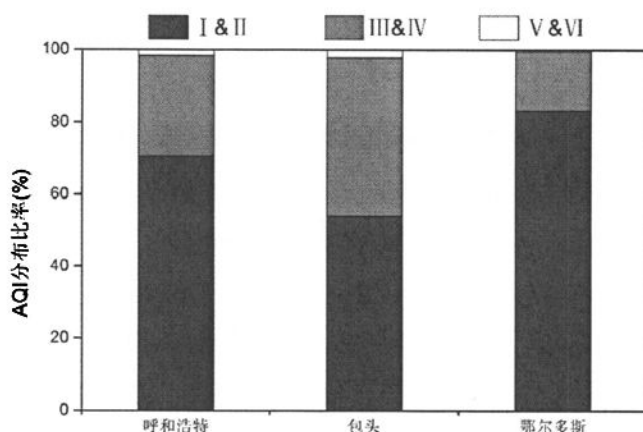


图 3.3 呼包鄂城市空气质量 AQI 指数级别分布图

Fig.3.3 Hohhot Baotou Erdos AQI level distribution of urban air quality



表 3.1 呼包鄂城市空气 AQI 指数级别评价

Table3.1 Hohhot Baotou Erdos urban air AQI level evaluation								
城市	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染	达标天数	达标率
呼和浩特	25	215	104	11	6	1	240 天	66.3%
包 头	7	180	130	31	7	4	187 天	52.1%
鄂尔多斯	57	231	57	4	2	1	288 天	81.8%

呼、包、鄂三个城市全部超标天数中以可吸入颗粒物超标占比最高，其次是细颗粒物。其中，呼和浩特、包头市空气质量超标天数中以可吸入颗粒物超标占比最高，鄂尔多斯市以臭氧超标占比最高。

3.2 区域环境空气自动监测网络现状

3.2.1 城市环境空气质量监测点位

2014 年，内蒙古自治区共有国控城市空气质量监测点位 44 个，分布于全区 12 个盟市政府所在城市，其中，巴彦淖尔市“秋林养殖基地”和巴彦浩特镇“体育场”为对照点，不参加城市空气质量评价。区控城市空气监测点位 7 个，满洲里、二连浩特、牙克石市各 2 个，阿尔山市 1 个。区域空气质量自动监测站 1 个，即牙克石国家区域空气质量自动监测站，位于牙克石市八号农场^[7]。

其中，呼和浩特市城市环境质量监测共布设 8 个监测点位，分别为内蒙古工业大学金川校区、糖厂、呼市一监、小召、兴松小区、化肥厂生活区、二十九中、如意污水处理厂，点位分布图见图 3.4。

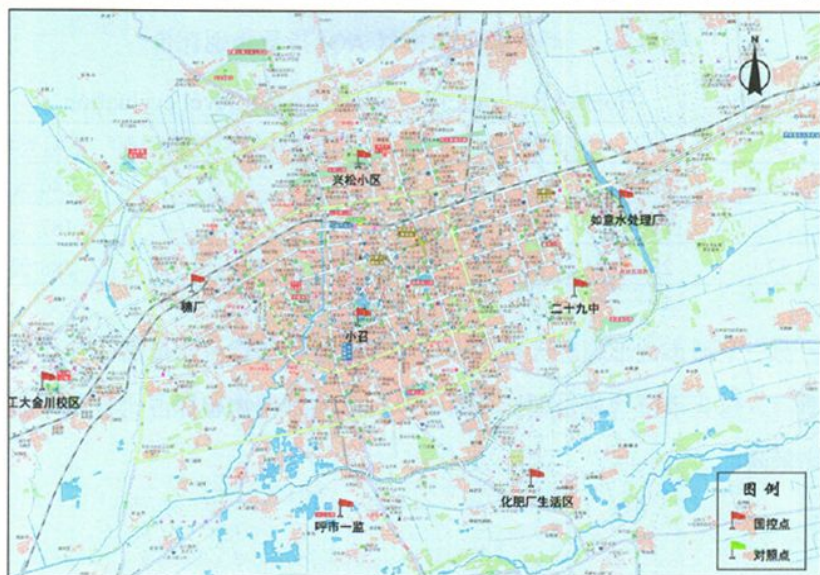


图 3.4 呼和浩特市城市空气质量监测点位分布图

Fig.3.4 Hohhot urban air quality monitoring sites map

包头市城市环境空气质量监测共布设 6 个监测点位，分别为包百大楼、青山宾馆、包头市环境监测站、惠龙物流、东河城环局、东河鸿龙湾，点位分布图见图 3.5。

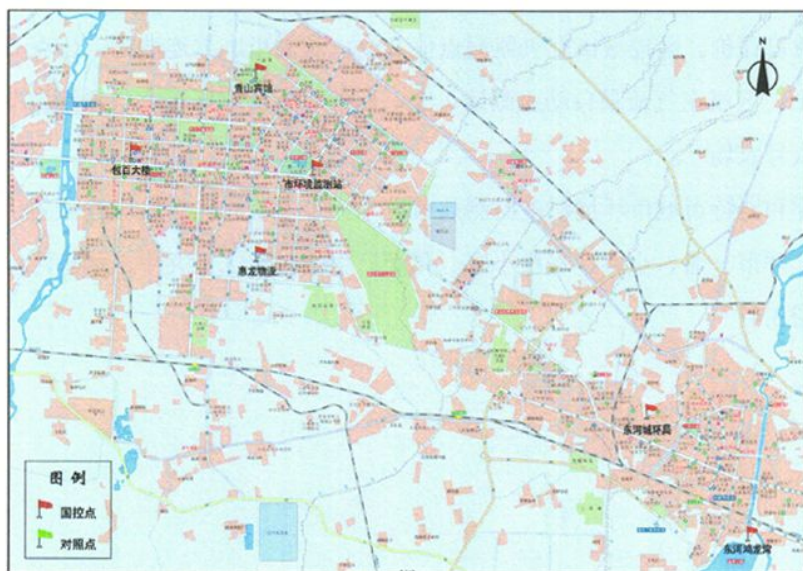


图 3.5 包头市城市空气质量监测点位分布图

Fig.3.5 Baotou urban air quality monitoring sites map



鄂尔多斯市城市环境质量监测共布设 5 个监测点位，分别为巴音孟克林场办事处、综合楼、奥林花园、康泽苑、华泰汽车城，点位分布图见图 3.6。



图 3.6 鄂尔多斯市城市空气质量监测点位分布图

Fig.3.6 Erdos urban air quality monitoring sites map



3.2.2 区域沙尘暴监测点位

2014 年, 全区共有 20 个沙尘天气监测站点, 分布于全区 12 个盟市。其中呼包鄂区域范围内有鄂尔多斯市、包头市、达茂旗、四子王旗、呼和浩特市 5 个点位, 全部为自动监测设备, 主要监测指标包括: 总悬浮颗粒物 (TSP)、可吸入颗粒物 (PM_{10})、能见度、温度、湿度、风速、风向和大气压, 全年监测频次为每日 24 小时自动监测。

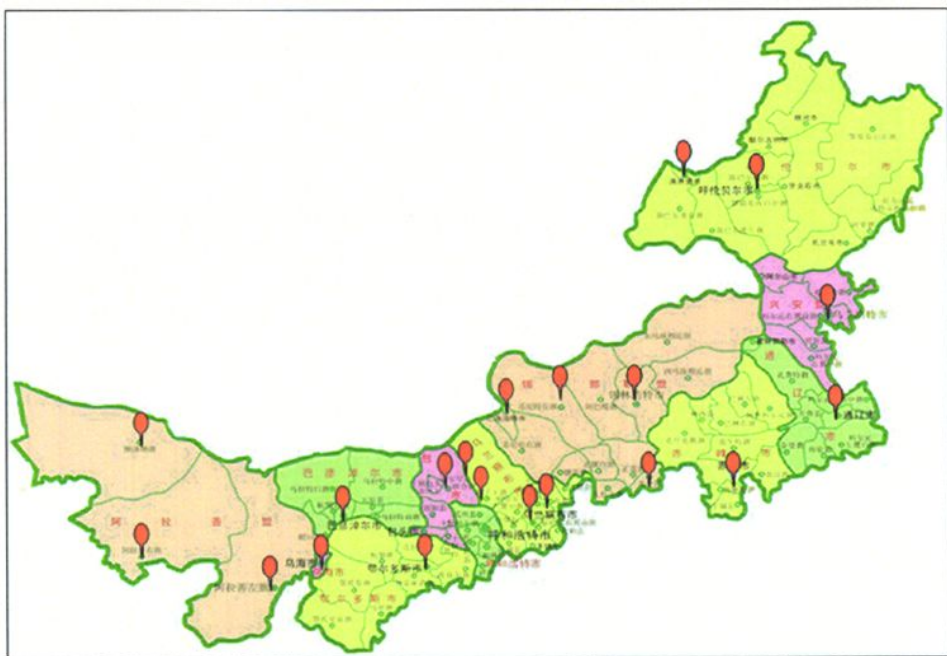


图 3.7 内蒙古自治区沙尘监测点位分布图

Fig.3.7 Inner Mongolia Autonomous Region dust weather monitoring network monitoring sites distribution diagram



第四章 区域环境空气质量强化监测网络设计

4.1 区域强化监测网络布设方案

4.1.1 监测点位选址原则

代表性：具有较好的代表性，能客观反映一定空间范围内的环境质量水平和变化规律，客观评价城市区域环境空气状况，污染源对环境空气质量影响，满足为公众提供环境空气状况健康指引的需求^[8]。

可比性：同类型监测点设置条件尽可能一致，使各个监测点获取的数据具有可比性。

整体性：环境空气质量评价点应考虑城市自然地理、气象等综合因素，以及工业布局、人口分布等社会经济特点，在布局上应反映城市主要功能区和主要大气污染源的空气质量现状及变化趋势，从整体出发合理布局，监测点之间相互协调。

前瞻性：应结合城乡建设规划考虑监测点的布设，使确定的监测点能兼顾未来城乡空间格局变化趋势。

稳定性：监测点位置一经确定，原则上不应变更，以保证监测资料的连续性和可比性。

城市监测点位布设原则

(1) 城市监测点位在呼和浩特、包头、鄂尔多斯市现有国控城市空气质量监测网络点位中优化选择。

(2) 监测点应覆盖城市主要建成区，具有城市空气质量整体代表性。

(3) 监测点站房应具备较大空间，可提供多台手工监测采样仪器布设位置。

区域监测点位布设原则^[9]

(1) 区域站的点位要能够代表 30~50km 大尺度区域范围内的污染物浓度水平。

(2) 省级区域内新增的站点需均匀分布，同时综合考虑原有区域站点位，进行合理的空间布局兼顾覆盖面和代表性。

(3) 区域站应综合考虑污染源分布、污染物排放格局，应设置在城市之间大气污染物传输的主要通道上，以反映本区域内污染物排放之间的相互影响。

(4) 区域站应处在本区域主要大气环流的路径上，以代表和反映区域内空气充分混合



状态下的区域大气背景情况，并监控区域尺度内的污染物背景水平变化。

(5) 区域站的点位应尽可能设置在能够反映整体监测网络协调性的关键位置上，为区域空气质量预警提供必要的区域尺度的监测数据。

(6) 区域站的设置目的是监测较大范围区域的空气质量品质，设置地点需不受局地污染影响。因此需设置于较少人为污染地区或周围污染总量控制区的盛行风路径的上风方。设立在自然保护区内的点位需离旅游点有较远的距离。区域站点周边 10.0km 以内不应有明显的大的人为污染源（如城市、火电厂等），若污染源在站点上风向，周边距离应尽可能扩大到 20 公里，以避免局地污染源的影响。

(7) 监测点位周边向外的大视野需 360 度开阔，1.0~10.0km 距离内应没有明显的视野阻断。

(8) 区域站的海拔高度应合适，在山区应位于局部高点，避免受到局地空气污染物的干扰和近地面逆温层等气象条件影响；在平缓地区应保持开阔点的相对高地，避免空气沉积的凹地。监测点具体设立位置附近应较为开阔，没有影响风场的障碍物；

(9) 区域站为长期监测，需要有固定型的站房结构，预选站点所在地质条件需长期稳定和足够坚实，所在点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地害影响。区域站需考虑站位维护条件，包括地域特征、道路交通基础电力和讯等后勤支持基础，以保障实现长期稳定监测的可行性。

(10) 区域内的站点应能协调作用，实现监测网络的连接能够综合反映区域内光化学烟雾、灰霾、酸雨和温室气体等在内的多目标污染的过程、特征和影响机制，为区域性大气复合污染和预警提供数据依据。

(11) 区域站的选址可利用现有实测数据、可供利用的地面和卫星遥感数据、数值模式拟统计分析等方法进行优化。

(12) 区域站的选址应根据所在区域的工业能源开发和社会经济发展趋势（城市发规划、区域或其他土地利用和变化）、大气污染发展趋势（污染源之分布类型及污染物浓度分布动态）进行综合考虑，预留缓冲空间以保持区域站的长期稳定监测。

(13) 区域站的选址应考虑到征地可行性，在所有的可选地点中尽可能选取有征地保障的点位。



4.1.2 HYSPLIT-4 模型预测区域大气环流分析

根据 HYSPLIT-4 模型模拟北京市采暖期高空污染物传输后向轨迹, 通过对大气气流后向轨迹分析, 找出主要的大气污染物传输路径。在这些污染物传输路径及轨迹中分析西北地区产生的大气污染物对京津冀地区的污染物传输轨迹及传输方向。

采暖期后向轨迹分析

根据 2011 年 12 月至 2012 年 2 月 (采暖期) 数据, 对北京市高空 1000 气流后向轨迹分析后进行轨迹分型后得到 5 条主要传输路径。其中呼包鄂地区对北京的影响主要在西北方向。

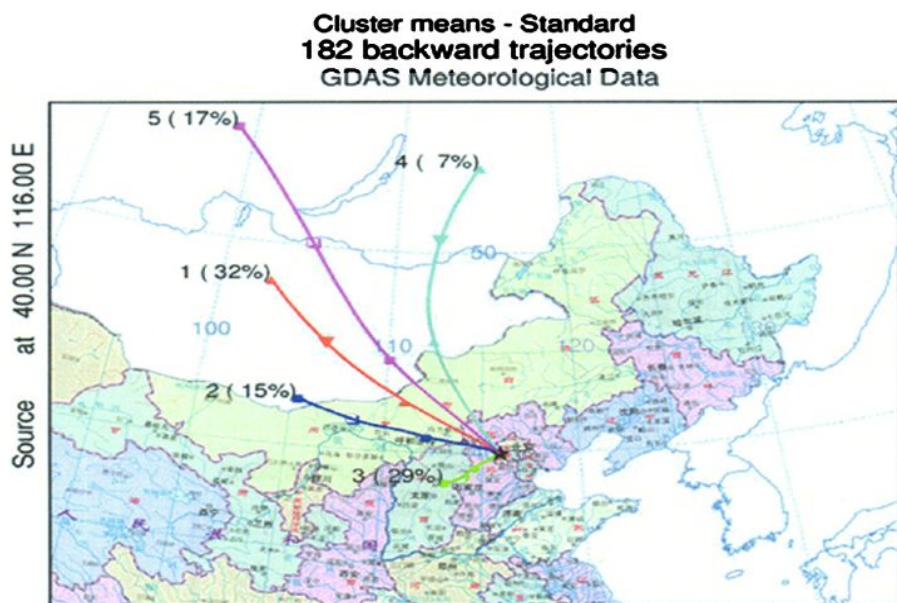


图 4.1 京津冀地区采暖季高空大气污染传输轨迹模拟分析

Fig.4.1 Beijing, Tianjin and Hebei area heating season high altitude simulation of air pollution transport track

通过京津冀地区采暖期高空大气污染物传输后向轨迹分析, 影响京津冀地区的大气污染物传输轨迹主要有 5 条, 分别为来自西侧短距离传输轨迹 1 条 (轨迹 3), 约占总污染传输量的 29%; 来自西北长距离输送的污染轨迹 4 条 (轨迹 1、2、4、5), 约占总污染传输量的 71%。内蒙古呼包鄂地区位于西北方向长距离输送轨迹 1、轨迹 2、轨迹 5 上。因此选定呼包鄂区域环境质量作为重点监测区域。



沙尘天气后向轨迹分析

通过对呼和浩特市 2013 年 5 月 13 日和 10 月 27 日两个沙尘日的后向轨迹模拟图，呼和浩特沙尘天气影响主要是西北和西南方向。

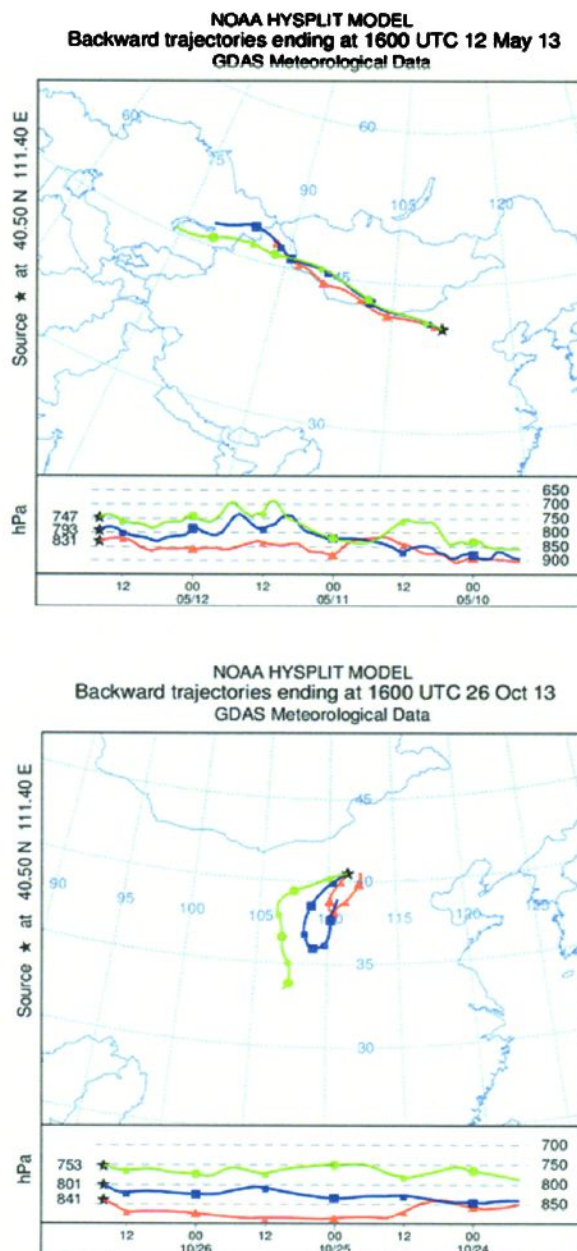


图 4.2 呼和浩特沙尘天气后向轨迹模拟

Fig.4.2 Hohhot trajectory simulation of sand dust weather



全年各季节后向轨迹分析

以包头、呼和浩特地面和高空不同高度层的典型月份（一、四、七、十月）后向输送轨迹进行统计分析，其大气输送轨迹分为几种典型类型：来自东北向输送、来自南方输送、地面高空不同向输送、来自西北向长距离输送、旋转型输送，全年西北向长距离输送型轨迹占38%，其他类型轨迹占62%。

表 4.1 呼和浩特、包头典型月份及全年输送轨迹统计
Table4.1 Hohhot Baotou Typical month and year of delivery trajectory statistics

月份	东北向输送 (%)	南向输送 (%)	高空地面不同向输送 (%)	西北向长距离输送 (%)	旋转型输送 (%)
1 月	6.9	3.5	17.2	69.0	3.5
4 月	3.6	10.7	14.3	25.0	46.4
7 月	13.8	27.6	27.6	13.8	17.2
10 月	3.4	6.9	24.1	44.8	20.7
全年	7.0	12.2	20.9	38.3	21.7
特征表述	污染物由东北向输送过来，输送距离不长	污染物由南向输送过来，输送距离不长	高低空输送方向不一致	污染物由西北向输送过来，受西风带的影响，输送距离较长	反映小风静风类轨迹及旋转型输送轨迹

4.1.3 区域工业污染源强分布

根据 2014 年内蒙古自治区环境统计数据，呼包鄂区域内共有废气排放企业 1132 家，工业总产值 3127.93 亿元，二氧化硫排放量 476239.6 吨、氮氧化物排放量 404570.3 吨、烟尘排放量 303821.92 吨^[7]。

从地区分布上看，烟尘排放量较大的盟市是鄂尔多斯市和包头市。按旗县排放量统计，二氧化硫排放主要集中在昆都仑区、鄂托克旗、准格尔旗、达拉特旗、托克托县、赛罕区、包头市稀土高新区；氮氧化物排放主要集中在达拉特旗、鄂托克旗、准格尔旗、托克托县、昆都仑区；烟尘排放主要集中在昆都仑区、鄂托克旗、准格尔旗、达拉特旗、伊金霍勒旗、东胜区和托克托县、赛罕区、土默特左旗。

综合分析，该区域各类污染排放强度较大的旗县基本集中于呼包鄂三市中心地带及沿乌海地区附近。



表 4.2 2014 年呼包鄂地区各旗县区废气污染物排放总量

Table 4.2 Hohhot Baotou Erdos 2014 the county exhaust pollutant emission

行政区划名称	工业企业数 (个)	工业总产值 (当年价格) (亿元)	二氧化硫 排放量 (吨)	氮氧化物 排放量 (吨)	烟(粉)尘 排放量 (吨)
呼和浩特市	新城区	118	10.0011	7524.81	1862.00
	回民区	69	28.0741	10404.60	11275.94
	玉泉区	74	73.9399	8017.11	2001.58
	赛罕区	89	404.7861	24810.63	18421.60
	土默特左旗	61	48.8160	10004.88	7114.29
	托克托县	16	152.2387	25216.55	47560.74
	和林格尔县	81	337.8786	1680.35	635.26
	清水河县	78	63.2366	1581.24	4897.45
	武川县	38	16.4634	2120.22	5068.58
	合计	624	1135.4344	91360.39	98837.44
包头市	东河区	10	74.3242	8834.42	6370.00
	昆都仑区	44	880.9883	91968.83	43846.14
	青山区	8	255.2086	14786.50	11183.25
	石拐区	2	14.0400	424.30	273.16
	白云鄂博矿区	4	17.5013	1020.96	312.60
	九原区	12	100.4657	18078.80	19710.30
	土默特右旗	17	23.6696	13870.92	7275.71
	固阳县	12	13.2911	15206.24	1007.69
	达茂旗	18	52.9414	837.81	1234.28
	稀土高新区	7	185.2453	24401.46	17733.90
	合计	134	1617.6755	189430.25	108947.02
鄂尔多斯市	东胜区	25	60.3404	16945.23	13377.19
	达拉特旗	28	162.1519	31865.96	63050.35
	准格尔旗	122	687.7974	52431.47	47648.76
	鄂托克前旗	22	18.1164	3009.39	788.24
	鄂托克旗	83	414.4736	59135.50	49405.63
	杭锦旗	38	5.5169	2487.07	600.17
	乌审旗	17	85.2429	13329.72	7143.83
	伊金霍洛旗	39	558.8517	16244.59	14771.67
	合计	374	1992.4912	195448.93	196785.83
					124340.13



图 4.3 呼包鄂地区废气排放源分布图

Fig.4.3 Hohhot Baotou Erdos emission source distribution

从大气污染物产生行业分布上看，二氧化硫排放主要集中在电力、热力生产和供应业、黑色金属冶炼和压延加工业、化学原料和化学制品制造业；氮氧化物排放主要集中在电力、热力生产和供应业、化学原料和化学制品制造业、有色金属冶炼和压延加工业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、石油加工、炼焦和核燃料加工业；烟尘排放主要集中在电力、热力生产和供应业、黑色金属冶炼和压延加工业、化学原料和化学制品制造业、煤炭开采和洗选业、非金属矿物制品业、石油加工、炼焦和核燃料加工业。

表 4.3 2014 年呼包鄂地区各行业废气污染物排放总量^[7]

Table4.3 Hohhot Baotou Erdos 2014 Total emissions of industrial emissions

行业名称	工业企业数 (个)	工业总产值 (当年价格) (亿元)	二氧化硫 排放量 (吨)	氮氧化物 排放量 (吨)	烟(粉)尘 排放量 (吨)
电力、热力生产和供应业	491	535.3605	230688.90	269876.10	103287.80
电气机械和器材制造业	2	28.0944	20.40	44.00	33.75
纺织服装、服饰业	2	2.9750	93.06	22.70	23.24
纺织业	32	16.3984	309.04	97.26	214.56
非金属矿物制品业	115	88.7059	7610.87	17256.74	14390.06



行业名称	工业企业数 (个)	工业总产值 (当年价格) (亿元)	二氧化硫 排放量 (吨)	氮氧化物 排放量 (吨)	烟(粉)尘 排放量 (吨)
黑色金属矿采选业	23	113.2503	1021.52	320.05	2034.18
黑色金属冶炼和压延加工业	13	477.3687	74356.09	15709.16	64610.61
化学原料和化学制品制造业	90	395.0895	50797.49	28506.61	25289.40
金属制品业	4	29.1630	556.69	109.54	620.82
酒、饮料和精制茶制造业	16	10.1447	236.79	94.69	203.60
开采辅助活动	1	4.8387	330.62	74.09	33.00
煤炭开采和洗选业	187	1141.1970	7578.19	2836.75	25182.91
农、林、牧、渔服务业	2	0.0198	16.34	4.04	10.70
农副食品加工业	27	17.5924	687.37	174.00	480.05
其他制造业	1	0.2200	11.22	7.67	38.13
汽车制造业	4	110.4423	9.29	58.30	22.47
燃气生产和供应业	1	7.3600	0.00	3.04	0.00
石油和天然气开采业	3	51.1900	5109.25	462.00	30.00
石油加工、炼焦和核燃料加 工业	20	441.5526	18989.40	14838.40	10530.73
食品制造业	21	405.1380	5183.23	1318.82	2783.27
铁路、船舶、航空航天和其 他运输设备制造业	2	0.1310	97.36	25.89	23.75
烟草制品业	1	60.3739	5.84	27.31	3.98
医药制造业	18	36.3942	2581.04	621.56	492.71
有色金属矿采选业	6	5.9110	24.50	10.79	31.41
有色金属冶炼和压延加工业	36	607.0862	28563.90	19090.36	8578.76
造纸和纸制品业	12	44.0621	84.10	31.58	19.58
专用设备制造业	1	115.2264	2.09	29.87	120.16
总计	1132	4745.6010	434964.60	371651.30	259089.60



图 4.4 呼包鄂地区火电厂分布图

Fig.4.4 Hohhot Baotou Erdos distribution diagram of thermal power plant

4.1.4 区域监测点位优化设置

根据点位选址原则，综合评估研究区域经济发展、人口分布、大气环流特征、工业污染布局等因素，按照城市、区域、背景四个监测尺度，经过实地踏勘，优化确定监测点位，组建区域大气强化监测网络^[1]。

（一）城市监测点位

主要开展城市尺度下，呼包鄂三个城市建成区大气主要污染物 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 、气象五参数的自动监测及大气颗粒物中无机元素、离子分析、TC/OC、多环芳烃、VOCs 等污染物的手工采样。

城市强化监测点位均选择在现有国家城市空气质量监测网自动监测站点为上。主要原因为，现有城市自动站选址均经过论证，具有代表性；同时现在自动站可以提供实时气象五参数监测数据，便于后期数据分析。每个城市选择 1 个自动监测点位布设手工采样设备，开展强化监测。具体为：

呼和浩特市：

- （1）呼市一监：位于呼和浩特市玉泉区，点位位于东经 111.650693°、北纬 40.751671°，



距地面高度 8m，代表呼和浩特市南部城区空气质量。

(2) 小召：位于呼和浩特市回民区，点位位于东经 111.657275°、北纬 40.803330°，距地面高度 9m，代表呼和浩特市中心城区空气质量。

包头市：

(1) 包百大楼：位于包头市昆都仑区，点位位于东经 109.820049°、北纬 40.657509°，距地面高度 18m，代表包头市西部城区空气质量。

(2) 东河鸿龙湾：位于包头市东河区，点位位于东经 110.033737°、北纬 40.556446°，距地面高度 8m，代表包头市东部城区空气质量。

鄂尔多斯市：

(1) 综合楼：位于鄂尔多斯市东胜区，点位位于东经 110.002297°、北纬 39.812725°，距地面高度 15m，代表鄂尔多斯市东胜区中心城区空气质量。

(2) 华泰汽车城：位于鄂尔多斯市康巴什新区，点位位于东经 109.811946°、北纬 39.598786°，距地面高度 5m，代表鄂尔多斯市康巴什新区空气质量。



图 4.5 呼包鄂强化监测城市点位分布图

Fig.4.5 Hohhot Baotou Erdos city strengthened monitoring of urban point distribution



(二) 区域监测点位

区域强化环境监测点位：

(1) 哈素海：该点位位于阴山山脉大青山中段南麓，黄河北岸，呼包两市之间，四周以农田为主，属地为温带大陆性气候，气候较为干燥，年平均温度 7.2°C ，年平均相对湿度 54%。冬夏具有明显的风向变化，冬季盛行北风、西北风，春季风向较为多变，但仍以较强的北风或西北风为主。夏季多偏南风，秋季多偏北风及西北风。年平均风速为 1.9 米/秒。

设置目的为监测呼包鄂区域黄河北岸环境空气质量及呼包两市之间污染传输关系。经现场踏勘，该点位拟选哈素海旅游区办公楼顶，周边空旷，无明显障碍物，1km 范围内无明显污染源。



图 4.6 呼包鄂区域强化监测点位-哈素海

Fig.4.6 Hohhot Baotou Erdos Regional enhanced monitoring point distribution Huhai

(2) 万通农牧园：该点位位于鄂尔多斯市达拉特旗树林召镇东南约 37km。地处鄂尔多斯高原北端，黄河南岸，四周为设施农业集中区。属典型的温带大陆性气候，冬寒夏热，干燥少雨，主导风向为西北风、静风，年平均风速 2.9m/s ，年均气温 $6.1\sim 7.1^{\circ}\text{C}$ ，年均降水量 240~360mm。

设置目的为监测呼包鄂城市群区域中心空气质量，同时为达拉特电厂对区域空气质量影



响监控点。经现场踏勘，该点位拟选万通农牧园园区南部 50m 处，周边平坦开阔，附近为村庄及农田，无明显障碍物，1km 范围内无明显污染源。

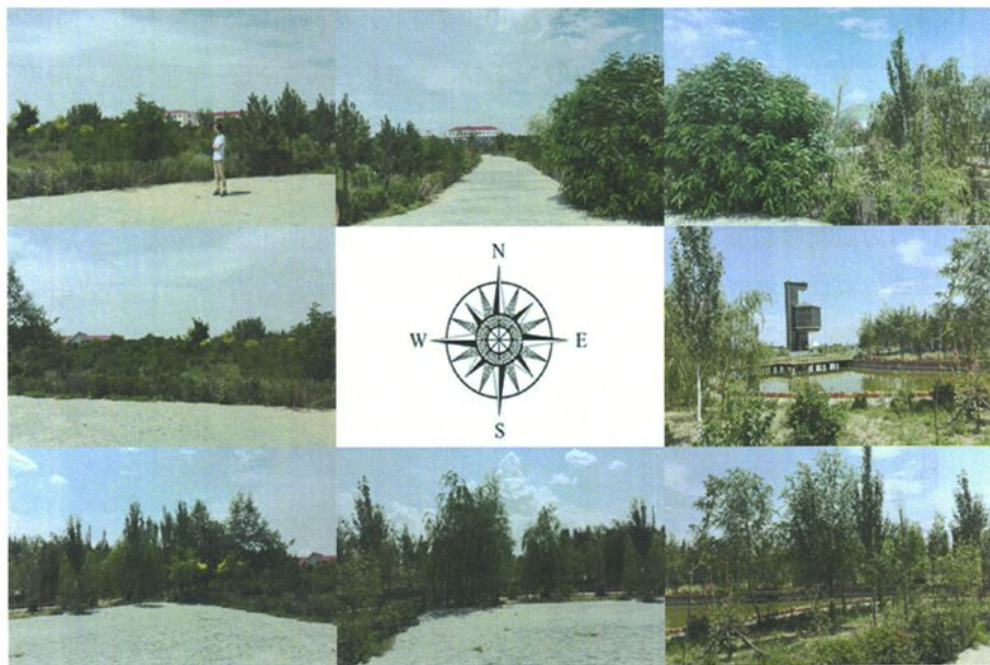


图 4.7 呼包鄂区域强化监测点位-万通农牧园

Fig.4.7 Hohhot Baotou Erdos Regional enhanced monitoring point distribution-Wantong

(3) 杭锦旗：地处鄂尔多斯市西北部，地跨鄂尔多斯高原与河套平原，北部是黄河南部冲击平原，中部为库布旗沙漠，西南部与毛乌素沙地交接，海拔高度为 1040m，四周多为沙漠及荒漠草原，杭锦旗气候特征属于典型的中温带半干旱高原大陆性气候，年平均气温 6.8℃，年平均相对湿度 49%，主导风向为西北风，年平均风速为 3.5m/s。该点位为区域空气监测点位，主要考虑呼包鄂西部地区区域环境空气质量监测。该点位于杭锦旗东部杭锦旗环保局楼顶。

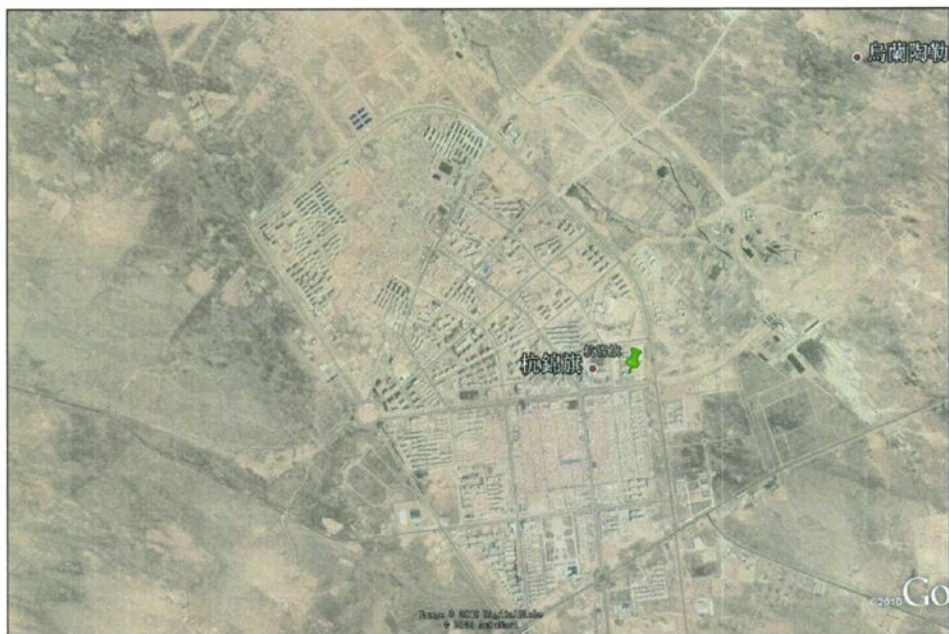


图 4.8 呼包鄂区域强化监测点位-杭锦旗

Fig.4.8 Hohhot Baotou Erdos Regional enhanced monitoring point distribution- Hangjinqi

(4) 大路镇：所属行政区域为鄂尔多斯市准格尔旗，地处鄂尔多斯高原东北部，属库布齐沙漠尾端，地势由东南向西北逐渐升高。境内大部分地区为沙地草原，南部为山川丘陵。属于典型的中温带大陆性气候，光照充足，四季分明，气候特点为：冬季漫长寒冷，夏季炎热短促，春秋气温变化剧烈，降水量少。全年平均气温 $6.2^{\circ}\text{C} \sim 8.7^{\circ}\text{C}$ ，境内受季风影响，夏季多偏南或偏东风，晚秋至次年早春多西北风。因近地面受涡流状湍流及地形的影响，亦常出现不定向风。大路工业园区位于大路镇境内，分为南部煤化工基地、东部工业基地和西部工业基地，其中南部煤化工基地为煤制油、甲醇、二甲醚、烯烃产业基地，东部为精细化工及三废综合利用产业基地，西部为煤制天然气及下游深加工产业基地。该点位为工业园区监测点，主要考虑大路工业园区煤化工行业对区域空气质量的影响。经现场踏勘，该点位鄂尔多斯大路工业园区管委会 4 楼楼顶，南部 3km 处为大路煤化工园区，东、西、北部为居住区、办公区和绿化带。



图 4.9 呼包鄂区域强化监测点位-大路镇

Fig.4.9 Hohhot Baotou Erdos Regional enhanced monitoring point distribution- Dalu town

(5) 双古城：乌兰察布市凉城县双古城村，位于呼和浩特市东南方向约 76km，东北方向距凉城县约 20km，海拔高度约 1300m。该点位为呼包鄂城市群和北京之间的区域传输监测点，考虑呼包鄂地区与京津冀地区大气污染物长距离传输影响。（监测条件限制，该点位只开展大气颗粒物中无机元素、离子分析、TC/OC、多环芳烃、VOCs 等污染物的采样。）经现场踏勘，该点位位于呼和浩特东南部蛮汗山以南 6km 的双古城水库旁村民活动广场，海拔 1390 米，该点位四周视野开阔，无污染源，周边农田已退耕还林。

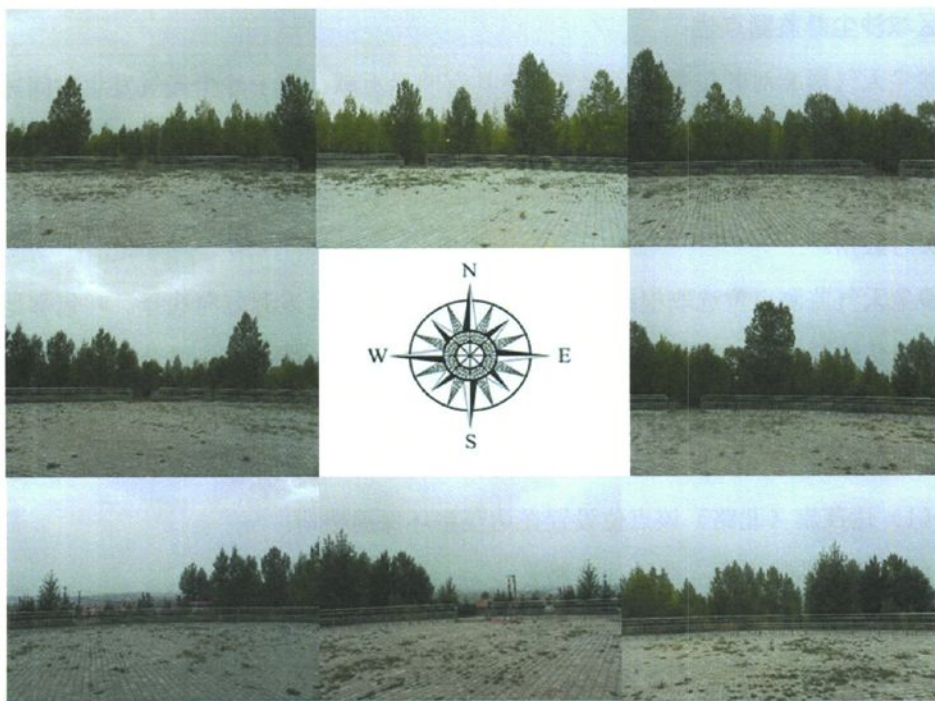


图 4.10 呼包鄂区域强化监测点位-双古城

Fig.4.10 Hohhot Baotou Erdos Regional enhanced monitoring point distribution- Suanggu

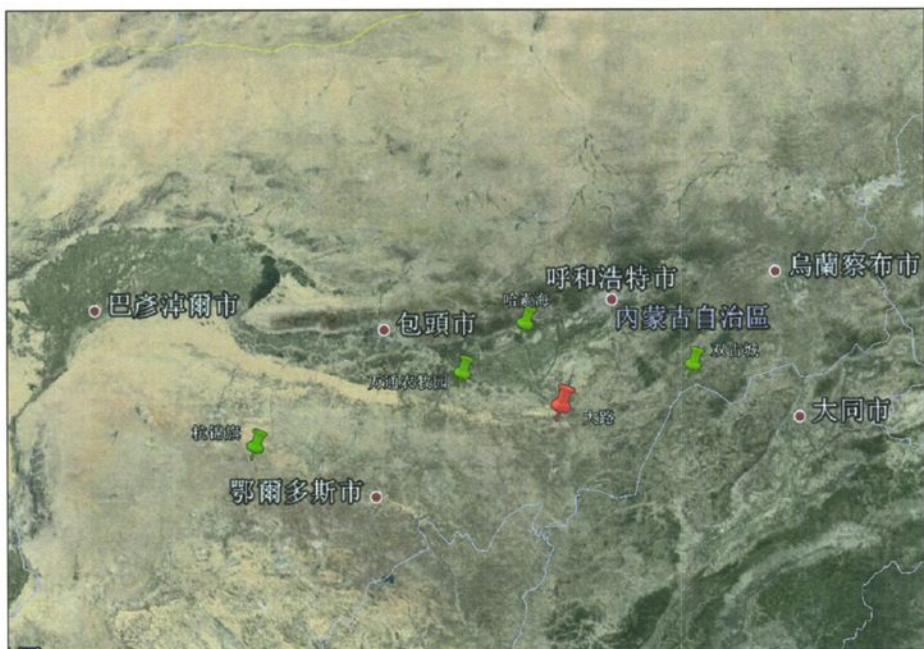


图 4.11 呼包鄂区域强化监测点位分布图

Fig.4.11 Hohhot Baotou Erdos Regional enhanced monitoring point distribution



区域沙尘暴监测点位:

沙尘天气影响对呼包鄂地区大气污染具有明显贡献。基于沙尘天气发生时间短、颗粒物浓度高、普通大气自动监测设备易超量程的特点^[12], 本次课题研究将呼包鄂地区 3 个沙尘暴自动监测站数据纳入研究范围。主要提供沙尘天气下, 区域大气 TSP、PM₁₀ 自动监测及气象监测实时数据。

沙尘天气监测点位选取根据京津冀地区三路主要沙尘来源方向选择。呼包鄂地区位于沙尘西北路传输通道上。根据区位布点, 分别选择北、中、南三个点位分别监测西北路传输通道上的沙尘天气发生过程。

具体点位为:

- (1) 达茂旗(北路) 该点位设置在达茂旗环保局楼顶;
- (2) 呼和浩特市第一监狱(中路);
- (3) 鄂尔多斯九成宫(南路)。

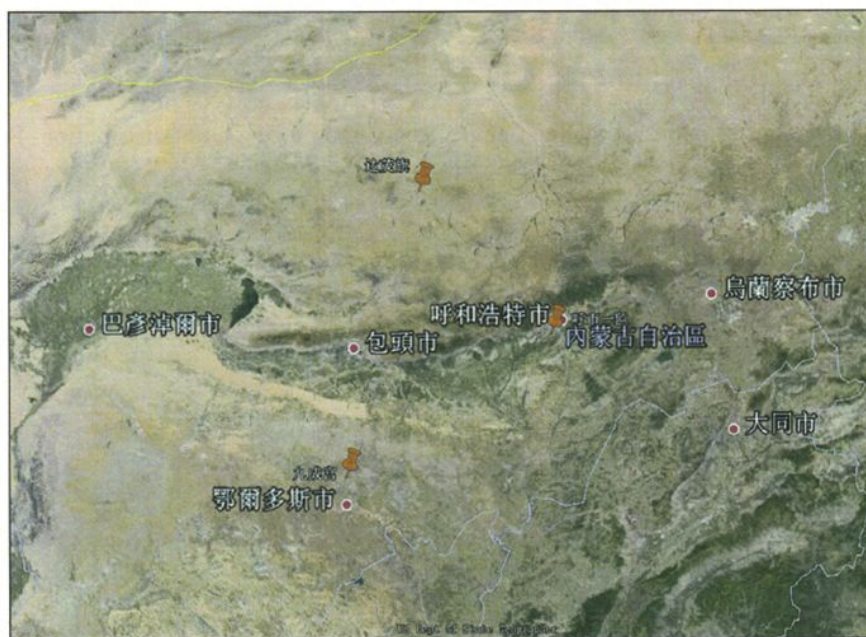


图 4.12 呼包鄂强化监测沙尘暴点布设图

Fig.4.12 Hohhot Baotou Erdos Strengthen monitoring dust storm Point layout drawing

区域背景值监测点位

希拉穆仁草原背景点: 所属行政区域为包头市达茂旗, 地处大青山北部蒙古高原地带,



位于呼和浩特市西北方向约 90km 处，属中温带半干旱大陆性气候。冬季漫长寒冷，春季干旱风沙多，夏季短促凉爽。

该点位位于希拉穆仁镇北 11km 处的旅游区，周边 10km 范围内无明显工业污染源，考虑作为区域背景点对照。希拉穆仁背景点选址位于大青山北部希拉穆仁镇北 11km 的旅游区内，点位西南 20km 处为石宝铁矿，当地冬季周边 10km 范围内无明显工业及生活污染源，可代表区域空气背景。

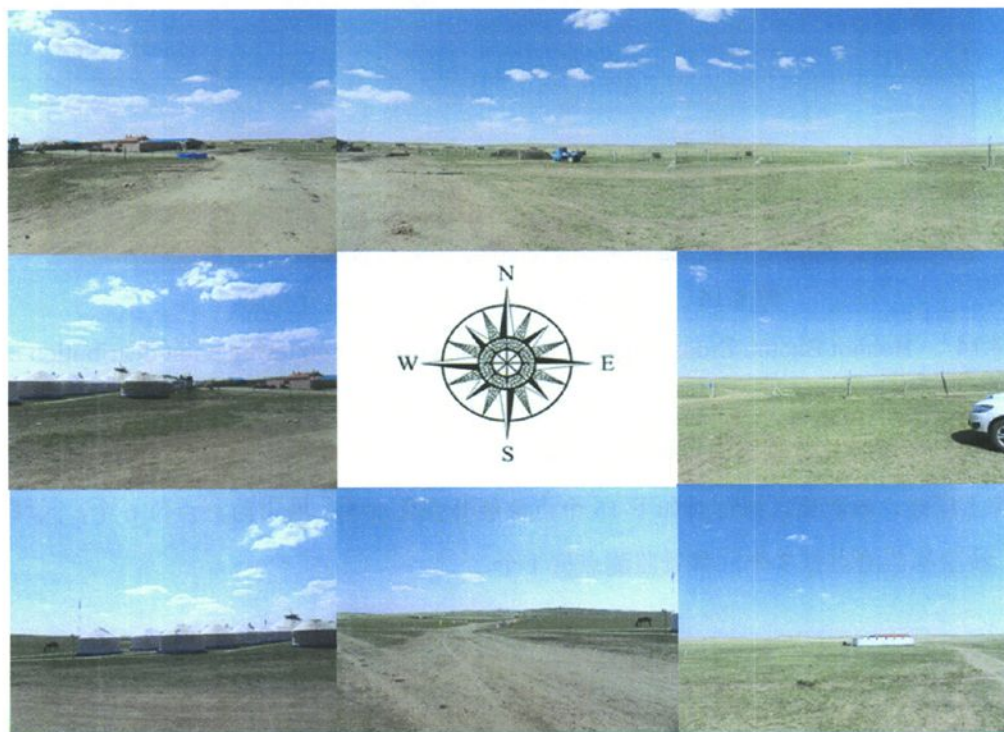


图 4.13 呼包鄂区域背景值监测点位

Fig.4.13 Hohhot Baotou Erdos Regional background monitoring points

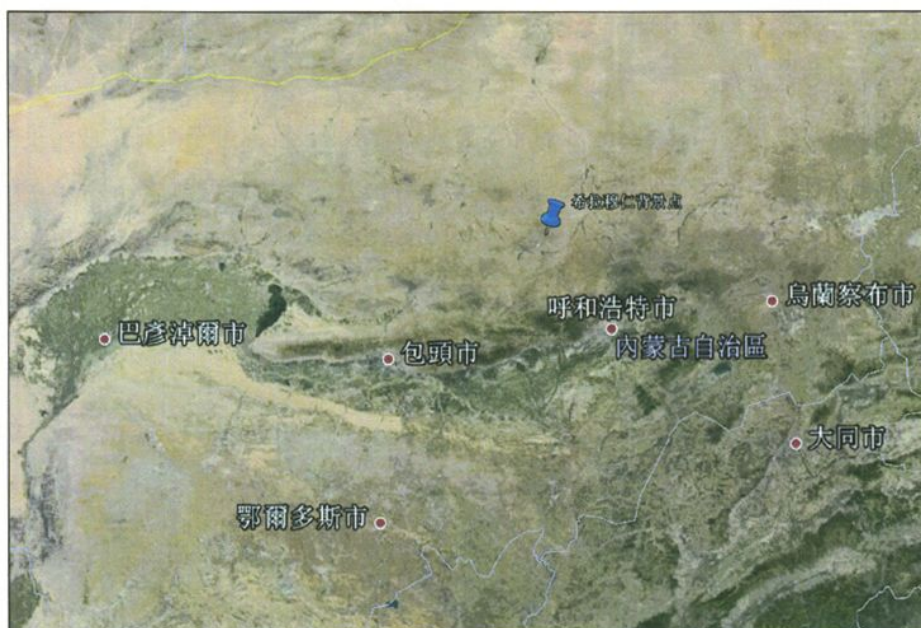


图 4.14 呼包鄂区域背景值监测点位分布图

Fig.4.14 Hohhot Baotou Erdos Regional background value monitoring point distribution map

(三) 区域强化监测网络总体布设结果

综上所述，本次项目拟针对如下 15 个点位展开强化观测。城市监测点位 6 个，区域点位 5 个，沙尘暴监测点位 3 个，背景监测点位 1 个。



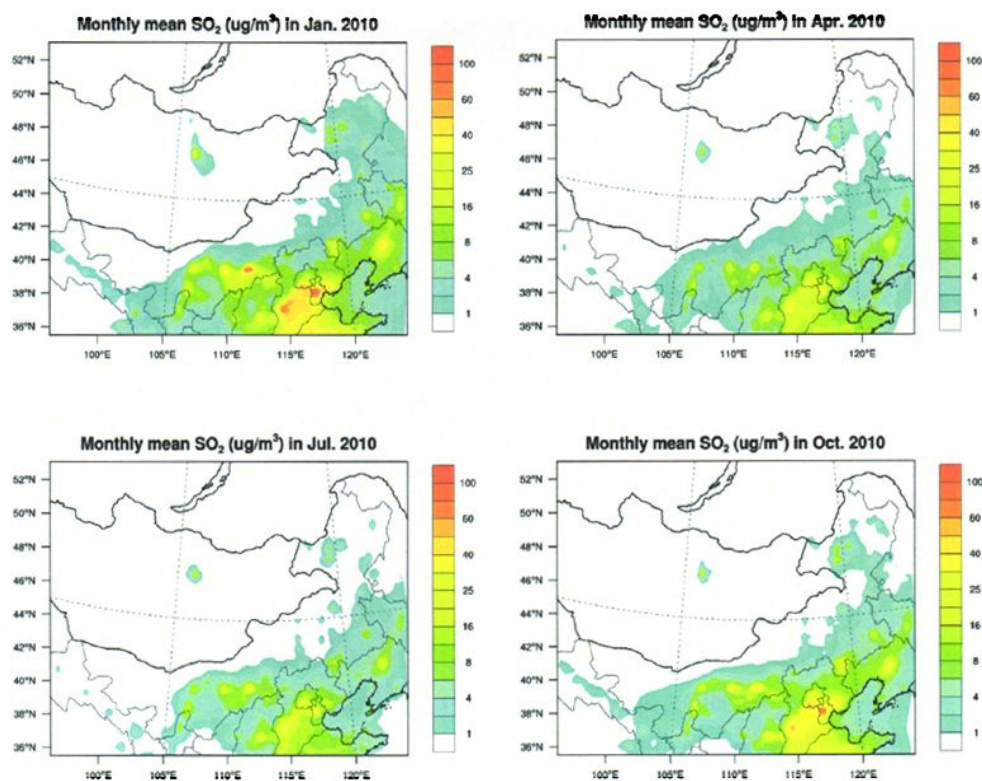
图 4.15 呼包鄂强化监测点位总体布设图

Fig.4.15 Hohhot Baotou Erdos Strengthen monitoring points overall layout plan

4.1.4 区域污染物监测项目、采样方法及频次设置

根据《内蒙古自治区“十一五”规划纲要战略环境影响评价》华北地区污染源清单模型反演数据^[13]及 2014 年呼包鄂地区分析呼包鄂重点城市不同重污染的类型、发生频率和主要发生时段，确定强化观测的典型时段。

内蒙古自治区不同季节 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度差别比较明显。一月份月均浓度最高，七月份月均浓度最低，十月份的月均浓度高于四月份的月均浓度。

图 4.16 内蒙古典型月份（一、四、七、十月）SO₂ 浓度空间分布Fig.4.16 The spatial distribution of SO₂ concentration in typical months (four, seven, and October) in Inner Mongolia

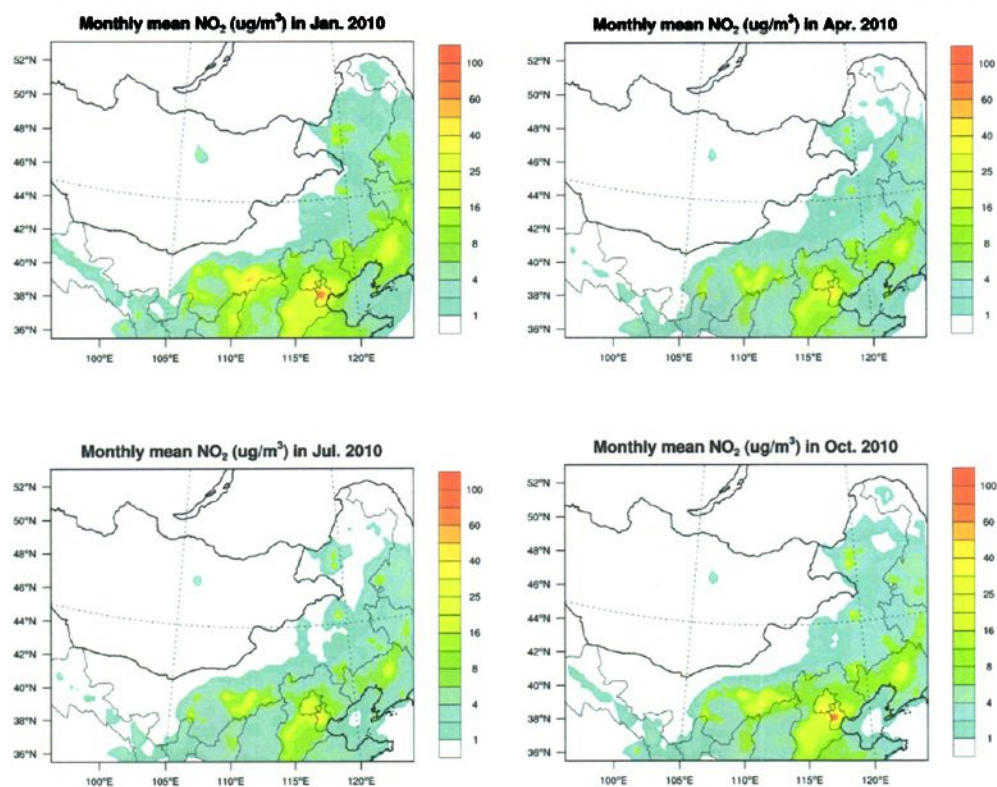


图 4.17 内蒙古典型月份（一、四、七、十月）NO₂ 浓度空间分布

Fig.4.17 The spatial distribution of NO₂ concentration in typical months (four, seven, and October) in Inner Mongolia

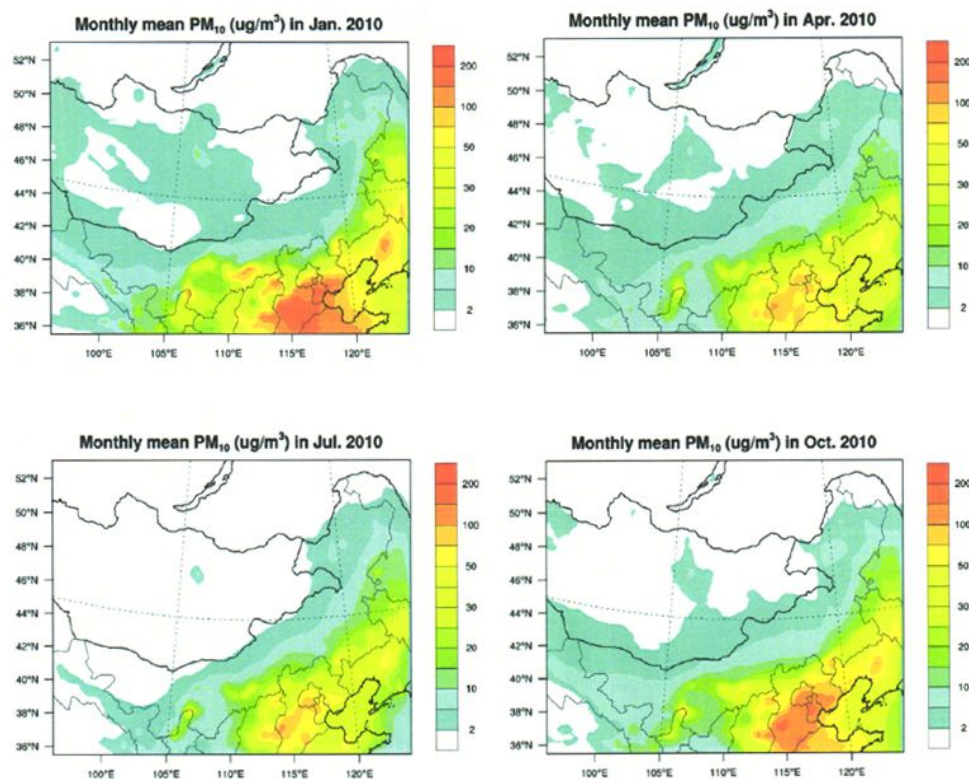


图 4.18 内蒙古典型月份（一、四、七、十月）PM₁₀ 浓度空间分布

Fig.4.18 The spatial distribution of PM₁₀ concentration in typical months (four, seven, and October) in Inner Mongolia

从 2014 年呼包鄂城市群和重点城市大气中度以上污染（中度、重度和严重）发生频率和
时间来看，该区域的重污染发生季节性非常明显，高发期在冬季和春季，夏、秋季相对较少
（见下图）。因此，本次强化观测时间选定在冬季（15-20 天）、春季（7-10 天），夏季（7
天）、秋季（7 天）。

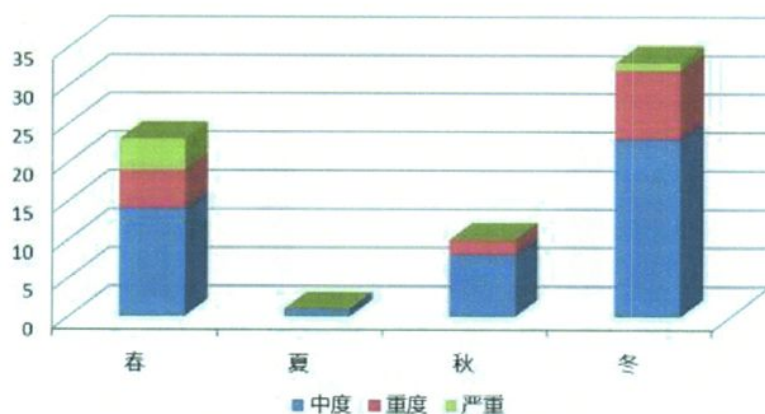


图 4.19 2014 年呼包鄂城市群大气污染季节分布

Fig.4.19 Hohhot Baotou Erdos Urban Agglomeration 2014 Seasonal distribution of air pollution

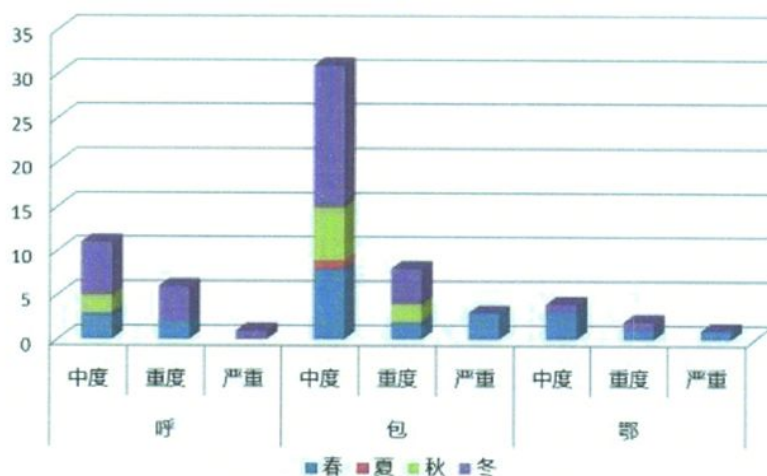


图 4.20 2014 年呼包鄂各城市大气污染季节分布

Fig.4.20 Hohhot Baotou Erdos 2014 Seasonal distribution of air pollution

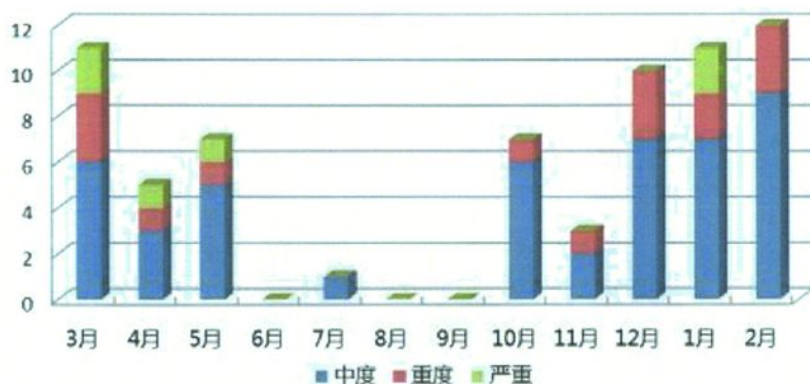


图 4.21 2014 年呼包鄂城市群中度以上污染天气数量分布

Fig.4.21 Hohhot Baotou Erdos Urban Agglomeration 2014 Moderate or above pollution weather quantity distribution



表 4.4 呼包鄂城市群环境空气质量拟布设和强化监测点位

Table4.4 Hohhot Baotou Erdos Urban Agglomeration Environmental air quality Layout and strengthen monitoring points

序号	监测类型	所在城市	点位名称	监测项目	监测频次	监测目的
1	城市自动监测	呼和浩特	呼市一监	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	2 年逐小时/1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季 (7 天)、秋季 (7 天)	掌握城市建成区环境空气质量
2	城市自动监测	呼和浩特	小召	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	2 年逐小时/1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季 (7 天)、秋季 (7 天)	掌握城市建成区环境空气质量
3	城市自动监测	包头	包百大楼	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	2 年逐小时/1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季、夏季 (7-10 天)、秋季各 7 天	掌握城市建成区环境空气质量
4	城市自动监测	包头	东河鸿龙湾	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	2 年逐小时/1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季、夏季 (7-10 天)、秋季各 7 天	掌握城市建成区环境空气质量
5	城市自动监测	鄂尔多斯	综合楼	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	2 年逐小时/1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	掌握城市建成区环境空气质量
6	城市自动监测	鄂尔多斯	华泰汽车城	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	2 年逐小时/1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	掌握城市建成区环境空气质量
7	区域手工监测	呼和浩特	哈素海	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	掌握城市间大气污染物传输影响
8	区域手工监测	鄂尔多斯	万通农牧园	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	掌握区域间大气污染物传输影响及达拉特火电企业污染排放影响
9	区域手工监测	鄂尔多斯	大路镇	常规 6 项/ PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	1 自然年, 冬季 (15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	掌握煤化工产业污染特征及传输影响



序号	监测类型	所在城市	点位名称	监测项目	监测频次	监测目的
10	区域手工监测	鄂尔多斯	杭锦旗	常规 6 项/PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	1 自然年, 冬季(15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	掌握煤化工产业污染特征及传输影响
11	区域自动监测	呼和浩特	双古城水库	PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	1 自然年, 冬季(15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	区域传输监测, 区域高点, 考虑呼包鄂地区与京津冀地区大气污染物长距离传输影响
12	沙尘暴自动监测	呼和浩特	呼市一监	TSP、PM10	2 年逐小时	掌握区域沙尘天气影响规律
13	沙尘暴自动监测	包头	达茂旗	TSP、PM10	2 年逐小时	掌握区域沙尘天气影响规律
14	沙尘暴自动监测	鄂尔多斯	九成宫	TSP、PM10	2 年逐小时	掌握区域沙尘天气影响规律
15	背景值监测	包头市	希拉穆仁	常规 6 项/PM10、PM2.5, 元素分析、离子分析、OC/EC、VOCS	1 自然年, 冬季(15-30 天)、春季 (7-10 天), 夏季、秋季各 7 天	背景点



4.2 区域强化监测网络质控方案

4.2.1 质量保证总体要求

依托内蒙古自治区环境监测中心站质量管理体系,针对“呼包鄂城市群大气污染表征及空气质量持续改善方案研究”项目的强化观测研究工作,介入全程序的质量控制手段,避免出现偶然误差及最大程度削减系统误差,确保强化观测数据真实、有效,为课题研究提供准确、可靠的技术保障。

4.2.2 自动监测的质量控制

此次强化观测点位中包含城市固定自动监测点位及区域移动监测点位。其中移动监测点位由空气自动监测车完成,均需严格按照以下方法进行质量控制^[14]。

(1) 点位选址、仪器安装及监测环境

自动监测站点选址、仪器选型安装和监测环境须满足《环境空气质量监测点位布设技术规范》(HJ664-2013)、环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统安装和验收技术规范》(HJ655-2013)及环境空气颗粒物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统安装和验收技术规范》(HJ193-2013)中与选址相关的要求并通过环境主管部门验收合格。同时要求在强化观测期间,备选自动站附近不能出现新建工地、锅炉房等局地污染源。

(2) 仪器维护和校准

建立课题专属自动监测设备运维小组,按照《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T193-2005)中有关设备维护、校准的要求,对各自动监测设备进行日常维护,并按要求频次开展各监测因子的参数校准(零点、跨度和流量)及设备的性能审核(精密度和准确度)。

强化观测开始前、完成后及观测期间内,各自动监测站点的设备的维护、气密性检查、参数校准以及性能审核工作需由运维小组持具有同一的可溯源(要求可追溯到国家级标准)的钢瓶标准器、流量计、标准滤膜及臭氧传递标准等完成,并详细做好每次校准、维护的记录。同时要求运维技术人员保持高度责任心,拥有较高的技术水平和操作能力,做到设备出现故障及时排除,保证监测数据的准确性和完整性。



(3) 监测期间质量保证

每日两次由专人对各站点进行环境条件巡检,检查内容包括:电源供给情况、设备运行连续稳定情况、站房内温湿度变化情况、采样头清洁情况及外部环境变化情况等影响监测数据的外界条件。巡检过程中应详细做好巡检记录工作,重点做好突发性事件的记录工作。

每日检查和更换易损耗的颗粒物滤纸带、钢瓶标准气和设备滤尘芯等。

(4) 数据获取及审核

对于城市固定自动监测站点,监测数据可由计算机系统自动收集并上传至数据管理平台,但为避免计算机在数据传输中出现误差,需要由专人在自动监测设备的数据采集仪上进行手工备份。

对于区域移动监测点位,监测数据需由专人在自动监测设备的数据采集仪上进行手工备份。

观测数据获取后应连同监测期间站点运维校准记录和巡检记录上报至数据审核人员,并及时对数据开展审核工作,原则上要根据气象资料、自动站维护校准记录和巡检记录内容标记并剔除异常数据。

监测数据应按照内蒙古环境监测中心站质量管理体系要求采取三级审核制度,对于质量负责人认为不合理的数据,应会同数据处理人员和运行维护人员进行讨论,在数据报表中记录任何经过各个环节技术人员认同的变更,然后将数据报表及相关记录交由项目负责人统一归档处理。

4.2.3 手工监测的质量控制

对于开展颗粒物成分分析的点位,需进行颗粒物手工采样,手工采样过程中由于更多的人工参与,导致随即误差较大,因此在手工采样中严格采取相应的质量控制尤为重要^{[15][16]}。

(1) 手工采样器的选择

选择经国内计量认证部门强制检定的具有 PM10 和 PM2.5 切割器中流量采样器,采样器工作点流量为 100L/min,要求流量误差 $\leq 2\%$ 。同时根据《环境空气颗粒物(PM10 和 PM2.5)采样器技术要求及检测方法》(HJ 93-2013)的要求,采样器还应当具备以下条件:

①工作环境温度在 $-30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间;大气压在 80~160kPa 之间。对于北方冬季高寒地区应配置可以满足低温、低压等特殊环境条件下的采样器。

②采样器应使用耐腐材料制造,含尘气流通道表面应无静电吸附作用,采样器抽气泵应



使用无碳刷抽气泵。

③采样器采样过程中，采样膜所处的温度与环境温度的偏差应控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 内。

④具有断电后自动保存记录功能，重新供电后能继续采样，并累计采样时间和采样体积。

⑤具备环境参数（温度、气压、湿度）的实时测量功能，并需国家计量认证部门强制检定。

（2）监测点位的布设

手工监测仪器应设置在开阔、平坦的具有空气质量代表性的区域内，应做到避开污染源及障碍物，采样口距地面高度不低于 1.5 米，各切割头之间保持 1.5 米~3 米的水平间距。

（3）采样准备阶段质量控制

采样前准备包括空白滤膜的平衡和称重、采样仪器的调试、清洗和校准等工作。其中滤膜的平衡和称重是准备环节的重点，其质控手段包括：

①核对滤膜规格。主要关注滤膜的尺寸、孔径及负载率等。选择适宜的滤膜有助于保护采样设备并保证样品的采集率和代表性。

②检查滤膜外观。保证滤膜边缘平整、厚薄均匀、无毛刺、无污染，不得有针孔和破损。凡出现上述情况的滤膜应将其剔除，不得使用。

③滤膜称重过程的质控。重点在于设定滤膜的衡重条件，滤膜的平衡与称量应在同一间恒温恒湿间内进行。依据《环境空气颗粒物(PM_{2.5})手工监测方法(重量法)技术规范》(HJ 656-2013)要求[3]，滤膜应在恒温恒湿间(箱)内进行温度、湿度的平衡，保证温度控制在 $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的任意一点，控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，湿度控制在 45~55%RH 之间。在规定的温、湿度条件下将滤膜平衡 24h，并保证滤膜采样前后平衡、称量环境条件一致。对于不具备恒温恒湿条件的普通实验室，需将滤膜放置于干燥器内平衡 24h，且实验室环境条件不发生剧烈的变化。

④滤膜称重过程的质量控制。a.天平室应设置在地基较为稳定的地下或半地下室，同时安装减震平台，避免周围环境振动引起的称量误差；b.天平室应尽量保持洁净，有条件的应安装空气净化装置，避免环境中颗粒对测定结果造成干扰；c.应控制天平室内气流变化，避免对称重结果的影响。要求天平室设置缓冲间，封闭门窗，称量人员佩戴口罩进行称量；d.天平称量台应安装防静电装置，避免称重过程中滤膜带电，对称重结果产生正负干扰；e.天平应定期以标准砝码进行校准，用于校准的砝码需经计量认证部门出具强制检定证书，做到



量值可追溯；f.滤膜首次称量后，应在相同的条件下平衡 1h 后再次进行称量，若同一滤膜两次称量质量之差小于 0.04mg，则以两次称量结果的平均值作为该膜的称重值，若两次称量之差超出范围则该膜作废[3]；g.对于称重人员要求身着洁净的防静电服并佩戴白手套，使用绝缘镊子缓慢地夹取和放置滤膜，每次称量前保证天平经过长时间预热，以达到稳定状态；h.称量后的滤膜应编号并记录初始重量，并单独放置于滤膜盒内备用。i.滤膜在称重时，天平读书会受滤膜静电、环境振动或天平自身原因等出现不断小幅波动的情况，造成无法读取准确数值，此时在排除静电干扰、振动影响的前提下，应采取固定时间读书法，从滤膜放置在天平上起，读取一定时间后（一般取 15s）的瞬时数值作为该膜的重量即可。

⑤实验室空白滤膜的质控作用。为了保证天平室（恒温恒湿间）的环境条件一致，需要准备若干张实验室空白滤膜。空白滤膜不用做采样，只需放置在天平室内，每称一批滤膜前先称量一张或几张空白滤膜，保证空白滤膜前后重量变化在 $\pm 0.5\text{mg}$ 之间，说明天平室环境条件未发生明显变化，可以进行称重。

除滤膜的平衡和称重外，对手工采样仪器的调试和校准也是十分重要的质控方法。首先，应保证采样器切割头的清洁，重新在切割器内涂抹硅油或凡士林，避免仪器本身对滤膜的污染或切割效果不好而对监测结果造成影响，根据 HJ 656-2013 要求，累计采样 168h 后应对切割器进行清洗，如遇扬沙、沙尘暴等恶劣天气，应及时清洗。其次，仪器还应当按照不同种类仪器说明书要求进行气密性检查，防止在采样过程中出现漏气而造成监测结果失真。最后，对采样器流量泵的校准也是不可或缺的，采样人员应选用国家计量认证部门强制检定的流量校准器进行校准，流量误差控制在 $\pm 2\%$ 内。采样仪器的气密性检查和流量校准应在仪器现场架设好之后及开始采样前进行。

（4）采样过程中的质量控制

采样过程中误差的产生具有很大的偶然性，如果控制好采样环节，尤其是对采样人员的工作方法采取有效的质量控制，将很大程度上避免或减小误差的产生。

①滤膜的更换。采样人员应在室内进行更换滤膜，采样前后滤膜夹取时应谨慎操作，避免滤膜跌落或破损。采样前应注意将滤膜正确放置：石英滤膜毛面向上，放置好后应压紧滤膜夹以防漏气。采样结束收取滤膜时应准备专用手提箱，将滤膜连同滤膜夹一桶放置在手提箱内，同时避免大幅度震荡箱体造成颗粒物样品损失。需要登高作业的点位应多人配合完成滤膜的收取。采样后的滤膜颗粒物采集部分边缘清晰可见，若边缘模糊则是滤膜夹未夹紧漏



气所致，认定其作废。采样后的滤膜应将颗粒物样品的一面向上放置在滤膜盒内并放入密封盒中，并根据不用的分析项目将样品放置在常温或低温环境中保存。

②采样过程中对样品编号的记录应当准确无误，建议将多台采样器按照不同的样品种类进行标识，同时采样前将滤膜提前做好类别标识，在更换滤膜时放入相应采样器中，避免出现滤膜混装。同时应做好采样期间气象条件、周围环境状况的记录，尤其是发生恶劣天气或异常情况（如停电、周边发生污染事故等）时，监测人员均应当做好详细记录，方便异常数据产生原因的查找。

③采样人员应树立高度责任心，认真把握每个环节的采样工作，避免操作失误，同时做好采样器的防护工作，对电源采取密闭措施，防止进水和进尘造成断电、漏电现象。

（5）样品运输和测定的质量控制

样品采集完毕后应当按要求在低温或常温条件下保存，在运输的过程中要将样品正面向上放置并做好防震措施，避免样品在运输过程中的损耗。

样品在完好采集的前提下，需要再次进行称重，称重环境需要与采样前的实验室环境保持一致，其质控过程与样品准备过程中的质量控制手段相同。

（6）测定结果修正

在计算监测结果时，要充分考虑到气象参数对结果的影响，若采样器不具有自动记录监测结果的功能时，采样人员要利用温度计、压力计和湿度计对气象条件进行手工记录，同时须按照气象参数测量设备上所标明的修正值进行修正。同时应尽可能增加气象参数的记录频次，以获得更为准确的数据。



第五章 结论

本文通过对内蒙古自治区呼包鄂城市群产业大气污染物分析,对区域内大气污染物特征及主要污染物时空分布进行预测,利用模型分析呼包鄂城市群大气污染对京津冀区域传输方向。对呼包鄂区域现有环境质量监测网络进行强化设置,增设区域环境监测点位,补充监测项目,加密监测频次。同时,对该区域内环境空气监测点位进行优化调整,整合现有城市监测点位、沙尘暴监测点位等监测资源区域环境空气质量强化监测网络设计研究如下:

本次项目拟针对如下 15 个点位展开强化观测,其中城市监测点位 6 个,区域点位 5 个,沙尘暴监测点位 3 个,背景监测点位 1 个。

利用呼包鄂现有城市环境空气自动监测点位,监测大气主要污染物 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 、气象五参数,同时选择 1 个自动监测点位布设大气颗粒物中无机元素、离子分析、TC/OC、多环芳烃、VOCs 等污染物的手工采样设备,开展强化监测。

为了监测呼包鄂区域黄河北岸环境空气质量及呼包两市之间污染传输关系、呼包鄂城市群区域中心空气质量、呼包鄂西部地区区域环境空气质量监测、呼包鄂地区与京津冀地区大气污染物长距离传输影响,分别新增加呼和浩特市土左旗哈素海、鄂尔多斯市达拉特旗万通农牧园园区南部 50m 处、鄂尔多斯市杭锦旗东部杭锦旗环保局楼顶、鄂尔多斯市准格尔旗大路镇、乌兰察布凉城县市双古城村设置区域强化监测点位。

利用呼包鄂地区内现有 3 个沙尘暴自动监测站数据,对沙尘天气监测点位选取根据京津冀地区三路主要沙尘来源方向选择,分别为包头市达茂旗该点位设置在达茂旗环保局楼顶、呼和浩特市第一监狱、鄂尔多斯九成宫。

新增区域背景值监测点位 1 个,作为区域环境背景对照点。位于包头市达茂旗希拉穆仁草原。

城市环境空气自动监测点位监测,对掌握城市区域内环境空气质量有积极重要的意义。呼、包、鄂是内蒙古自治区的经济中心区域,也是自治区大气污染物总量排放的主要地区。随着近几年经济的快速发展大气污染形势更为严峻,尽快的掌握现有区域环境空气污染情况,通过监测数据的汇总统计、模型的推算得出污染物传输的轨迹及源强,为领导层提供决策依据,也为科研工作提供技术支持。



参考文献

- [1] 内蒙古以呼包鄂为核心沿黄河沿交通干线经济带重点产业发展规划（2010—2020年），2013，4；
- [2] 内蒙古自治区统计年鉴 2014，内蒙古自治区统计局，2014，576~578；
- [3] 内蒙古自治区环境质量公报 2014，内蒙古自治区环境保护厅，2014，23；
- [4] 呼和浩特市地面污染气象特征分析报告，呼和浩特市气象局，2014，3~4；
- [5] 包头市近三十年气象观测资料 1984~2013，包头市气象局；
- [6] 鄂尔多斯市三十年气象观测资料 1984~2013，鄂尔多斯市气象局；
- [7] 内蒙古自治区环境统计数据 2014，内蒙古环境保护厅，2014，103~109；
- [8] 王帅，关于我国环境空气质量监测点位设置的思考，环境与可持续发展，2012，4，2~25；
- [9] 王帅，重点区域环境空气质量监测方案与评价方法探讨，环境与可持续发展，2011，5，24~7；
- [10] 任丽丹，京津冀大气污染联防联控路径研究，河北大学，硕士论文，2014，2~4.；
- [11] 刘潘伟，区域空气质量监测网络优化布点方法研究，中国环境科学，2010，30，907~913；
- [12] 安月改，京津冀区域沙尘暴气候变化特征分析，环境科学研究，2004，03，21~24；
- [13] 内蒙古自治区“十一五”规划纲要战略环境影响评价，内蒙古自治区政府，2006；
- [14] 环境空气质量监测点位布设技术规范，中国环境保护部，2013，14~15；
- [15] 周卫华，手工采样环境空气监测的质量控制，化学分析计量，2009，2，18；
- [16] 环境空气质量手工监测技术规范，中国环境保护部，2005，13~16。

致 谢

在此我要衷心地感谢我的导师王立新教授。

本次论文是在王立新教授的悉心指导下完成的，他严谨的治学态度、深厚的学术功底、渊博的知识水平给了我极大地帮助，并从学习、生活等各个方面深深地影响了我，不仅为我今后的学习指明方向，更为我今后的工作树立了榜样。从论文的开题到最后的结稿，耐心的给我进行指导，帮助我解决一个又一个难题，不仅使我的学术水平有了较大提高，同时还教会我进行科学研究的方法和理念。

我要对关心我、爱护我的老师、同学、同事及家人表示深深的感谢。感谢家人对我的支持、感谢父母的默默奉献。

感谢每一位支持我的亲人和朋友，真心的谢谢你们！