



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110915511 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 19

(21) 申请号 201911185767.5

(22) 申请日 2019.11.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110915511 A

(43) 申请公布日 2020.03.27

(73) 专利权人 大连市人工影响天气办公室
地址 116001 辽宁省大连市解放路649号楼
1号公建
专利权人 中国气象局沈阳大气环境研究所

(72) 发明人 李红斌 周德平 王秀萍 濮文耀
张靖萱 何阳 杨洪斌 王以琳

(74) 专利代理机构 北京润泽恒知识产权代理有限公司 11319
代理人 莎日娜

(51) Int.Cl.
A01G 15/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 104996244 A, 2015.10.28
CN 106500776 A, 2017.03.15
CN 1557131 A, 2004.12.29
US 2004065773 A1, 2004.04.08
匡顺四.《石家庄市碘化银地面发生器增雪
作业研究》.《安徽农业科学》.2011, (第7期), 全
文.

审查员 贺怡敏

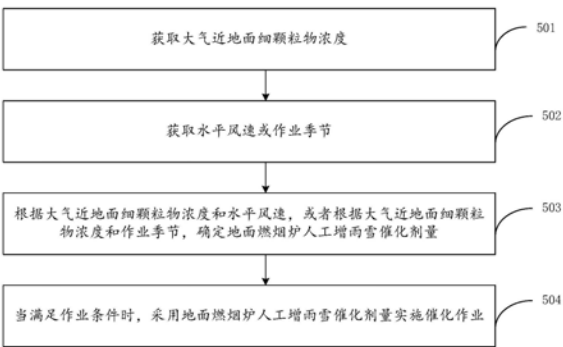
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术
方法及系统

(57) 摘要

本申请提供了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法及系统,基于ADMS城市模型数值模式对AgI催化剂大气扩散进行数值模拟和分析,并结合实践与经验指标,研究和建立了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法及系统,该方法最大限度地解决了现有人工增雨雪地面燃烟炉作业中,无法在不同天气、不同环境条件下有针对性地确定AgI催化剂量等技术难题,采用该方法可以使人工增雨(雪)地面燃烟炉作业更科学有效且简单易行,可大大减少盲目作业及人雨弹等资源的损失浪费,起到有效保护和开发空中云水资源的作用,为科学有效实施催化作业奠定基础,大大提高地面燃烟炉人工增雨雪催化作业的科学性,达到减轻大气污染、修复生态环境的目的。



1. 一种人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术方法,其特征在于,所述方法包括:

获取大气近地面细颗粒物浓度;

获取水平风速或作业季节;

根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量;

当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业;

所述大气近地面细颗粒物浓度为PM2.5,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量的步骤,包括:

当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为90g,或120g。

2. 根据权利要求1所述的人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术方法,其特征在于,根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量的步骤,还包括:

当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $6\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $10\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为春季或秋季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为110g,或160g。

3. 根据权利要求1所述的人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术方法,其特征在于,根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量的步骤,还包括:

当PM2.5大于或等于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且小于或等于 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5大于或等于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且小于或等于 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为40g,或80g。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术方法,其特征在于,当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业的步骤,包括:

当降水云系的雷达垂直积分液态水含量大于或等于 $1\text{kg}/\text{m}^3$,且降水云系的雷达降水回波前沿与地面燃烟炉作业点大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

5. 一种人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术系统,其特征在于,所述系统包括:

第一模块,被配置为获取大气近地面细颗粒物浓度;

第二模块,被配置为获取水平风速或作业季节;

第三模块,被配置为根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量;

第四模块,被配置为当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业;

所述大气近地面细颗粒物浓度为PM2.5,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,所述第三模块具体被配置为:

当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 90g ,或 120g 。

6.根据权利要求5所述的人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术系统,其特征在于,所述第三模块还被配置为:

当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $6\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $10\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为春季或秋季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 110g ,或 160g 。

7.根据权利要求5所述的人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术系统,其特征在于,所述第三模块还被配置为:

当PM2.5大于或等于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且小于或等于 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5大于或等于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且小于或等于 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 40g ,或 80g 。

8.根据权利要求5至7任一项所述的人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术系统,其特征在于,所述第四模块具体被配置为:

当降水云系的雷达垂直积分液态水含量大于或等于 $1\text{kg}/\text{m}^3$,且降水云系的雷达降水回波前沿与地面燃烟炉作业点大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

一种人工增雨雪地面燃烟炉催化作业技术及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及人工影响天气领域,特别是涉及一种地面燃烟炉人工增雨(雪)催化作业方法及系统。

背景技术

[0002] 人工增雨(雪)是我国普遍利用的一种开发空中云水资源的技术手段。采用的作业工具主要有人影飞机、火箭和地面燃烟炉。其中,地面燃烟炉以其操作简单,安全性高等特点,特别是作业时无需申请作业空域,不会由于等待空域而时常错失作业良机等问题,对于越来越繁忙的航空业来讲,地面燃烟炉作业工具将越来越被人们重视和广泛普及应用。

[0003] 采用地面燃烟炉实施人工增雨(雪)作业,通过选择最佳时机对降水云系进行适量播撒催化剂,以达到充分开发空中云水资源,增加地面降水的目的,从而起到抗旱、森林防火、空气净化及城市生态环境保护等作用。对于冷云降水,人工增雨(雪)要求降雨云在具有充足液态水的条件下,还需要拥有适量的冰核数,若冰核数过量则会出现消减雨结果。由于目前人工增雨雪地面燃烟炉作业技术只能参照业务实践的经验总结,具体作业过程过于简单粗放,无法确定作业后云中冰核数是否能达到适量程度以及作业是否有效,而且作业中时常出现烟剂下行等问题,造成人雨弹等资源的浪费。

发明内容

[0004] 本发明提供一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术及系统,以解决目前人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法过于简单粗放、烟剂下行及增雨烟弹资源浪费等问题。

[0005] 为了解决上述问题,本发明公开了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法,所述方法包括:

[0006] 获取大气近地面细颗粒物浓度;

[0007] 获取水平风速或作业季节;

[0008] 根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量;

[0009] 当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

[0010] 可选地,所述大气近地面细颗粒物浓度为PM2.5,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量的步骤,包括:

[0011] 当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为90g,或120g。

[0012] 可选地,所述大气近地面细颗粒物浓度为PM2.5,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面

细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量的步骤,包括:

[0013] 当 $PM_{2.5}$ 小于 $75\mu g/m^3$,所述水平风速大于或等于 $6m/s$ 且小于或等于 $10m/s$ 时,或者,当 $PM_{2.5}$ 小于 $75\mu g/m^3$,所述作业季节为春季或秋季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 $110g$,或 $160g$ 。

[0014] 可选地,所述大气近地面细颗粒物浓度为 $PM_{2.5}$,所述水平风速为距离地面 $10m$ 高度的风速,根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量的步骤,包括:

[0015] 当 $PM_{2.5}$ 大于或等于 $75\mu g/m^3$ 且小于或等于 $93\mu g/m^3$,所述水平风速大于或等于 $2m/s$ 且小于或等于 $5m/s$ 时,或者,当 $PM_{2.5}$ 大于或等于 $75\mu g/m^3$ 且小于或等于 $93\mu g/m^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 $40g$,或 $80g$ 。

[0016] 可选地,当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业的步骤,包括:

[0017] 当降水云系的雷达垂直积分液态水含量大于或等于 $1kg/m^3$,且降水云系的雷达降水回波前沿与地面燃烟炉作业点大于或等于 24 分钟且小于或等于 36 分钟距离时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

[0018] 为了解决上述问题,本发明还公开了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术系统,所述系统包括:

[0019] 第一模块,被配置为获取大气近地面细颗粒物浓度;

[0020] 第二模块,被配置为获取水平风速或作业季节;

[0021] 第三模块,被配置为根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量;

[0022] 第四模块,被配置为当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

[0023] 可选地,所述大气近地面细颗粒物浓度为 $PM_{2.5}$,所述水平风速为距离地面 $10m$ 高度的风速,所述第三模块具体被配置为:

[0024] 当 $PM_{2.5}$ 小于 $75\mu g/m^3$,所述水平风速大于或等于 $2m/s$ 且小于或等于 $5m/s$ 时,或者,当 $PM_{2.5}$ 小于 $75\mu g/m^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 $90g$,或 $120g$ 。

[0025] 可选地,所述大气近地面细颗粒物浓度为 $PM_{2.5}$,所述水平风速为距离地面 $10m$ 高度的风速,所述第三模块具体被配置为:

[0026] 当 $PM_{2.5}$ 小于 $75\mu g/m^3$,所述水平风速大于或等于 $6m/s$ 且小于或等于 $10m/s$ 时,或者,当 $PM_{2.5}$ 小于 $75\mu g/m^3$,所述作业季节为春季或秋季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 $110g$,或 $160g$ 。

[0027] 可选地,所述大气近地面细颗粒物浓度为 $PM_{2.5}$,所述水平风速为距离地面 $10m$ 高度的风速,所述第三模块具体被配置为:

[0028] 当 $PM_{2.5}$ 大于或等于 $75\mu g/m^3$ 且小于或等于 $93\mu g/m^3$,所述水平风速大于或等于 $2m/s$ 且小于或等于 $5m/s$ 时,或者,当 $PM_{2.5}$ 大于或等于 $75\mu g/m^3$ 且小于或等于 $93\mu g/m^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 $40g$,或 $80g$ 。

[0029] 可选地,所述第四模块具体被配置为:

[0030] 当降水云系的雷达垂直积分液态水含量大于或等于 $1\text{kg}/\text{m}^3$,且降水云系的雷达降水回波前沿与地面燃烟炉作业点大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

[0031] 与现有技术相比,本发明包括以下优点:

[0032] 本申请技术方案,通过对近三年大连降水时环境风场等气象要素观测资料统计和分析,基于ADMS城市模型数值模式对AgI催化剂大气扩散进行数值模拟和分析,并结合实践与经验指标,研究和建立了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法及系统,该方法最大限度地解决了现有人工增雨雪地面燃烟炉作业中,无法在不同天气、不同环境条件下有针对性地确定AgI催化剂量等技术难题,采用该方法可以使人工增雨(雪)地面燃烟炉作业更科学有效且简单易行,可大大减少盲目作业及人雨弹等资源的损失浪费,起到有效保护和开发空中云水资源的作用,为科学有效实施催化作业奠定基础,大大提高地面燃烟炉人工增雨雪催化作业的科学性,达到减轻大气污染、修复生态环境的目的。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对本发明实施例的描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,可以根据这些附图获得方法获取其他雷达风暴单体回波的附图。

[0034] 图1示出了本申请一实施例提供的第一组水平风速和催化剂量下的扩散模拟图;

[0035] 图2示出了本申请一实施例提供的第二组水平风速和催化剂量下的扩散模拟图;

[0036] 图3示出了本申请一实施例提供的第三组水平风速和催化剂量下的扩散模拟图;

[0037] 图4示出了本申请一实施例提供的第四组水平风速和催化剂量下的扩散模拟图;

[0038] 图5示出了本申请一实施例提供的一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法的步骤流程图;

[0039] 图6示出了本申请一实施例提供的一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术系统的结构框图。

具体实施方式

[0040] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合实例附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0041] 我国北方及全国大部地区的秋冬春季多为冷云降水。在冷云降水中,自然云中有足够的过冷水和适量的冰核才能产生充分降水。若云中过冷水多,冰核数少,则地面降水不充分;若云中过冷水少,冰核数多,也会出现地面降水少或消减雨现象。因此,采用地面燃烟炉对冷云实施人工增雨(雪)催化作业,不同天气背景下的降水云既要有充足的过冷水,又要具有适量的冰核数。

[0042] 发明人对近三年(2016年-2018年)大连地区秋冬春季(11-4月份)出现的过程降水3毫米以上的13个降水个例进行风廓线雷达垂直风速和近地面水平风观测资料进行统计和分析,发现大连市冬半年产生降水的天气形势场主要为高空槽前降水(占80%),少量为低涡降水(占20%);且降水前垂直风速均不大,为 $0.1-0.5\text{m}/\text{s}$,水平风场则出现大小两种风

速,分别为2-5m/s(占78%)和6-10m/s(占22%)。

[0043] 此外,在13个降水个例中,有3次降水过程出现大气污染,即近地面细颗粒物浓度 $PM_{2.5} > 75 \mu g/m^3$ 。近年来,由于大气污染影响,使降水云中的冰核数不同程度增加,特别在大气重污染情况下,出现云中冰核数过量而产生消减雨情况。发明人根据地面燃烟炉增雨雪作业的特点,侧重考虑在不同天气背景 and 不同环境条件下,采用专项ADMS(大气扩散模型系统)点源扩散模式对不同剂量的AgI催化剂烟剂扩散设计了六套模拟方案,系统地进行了数值模拟试验和分析研究,进而得到一些对地面燃烟炉催化作业剂量确定有指导意义的结论。下面介绍数值模拟试验的条件及结果。

[0044] 在相同垂直风速条件下,采用不同水平风速和AgI剂量进行数值模拟,参照图1至图4分别示出了在不同水平风速不同催化剂量下的扩散模拟图,即不同高度所达到的适量播撒的水平扩散面积(假设烟剂全部入云催化)。其中,适量播撒的浓度范围为 $0.002 \mu g/m^3 \sim 0.005 \mu g/m^3$ 。图1示出的是水平速度为5m/s,AgI催化剂量为90克,高度层为200m,浓度最大值为 $0.0052 \mu g/m^3$,浓度大于或等于 $0.002 \mu g/m^3$ 所围面积为 $7496484 m^2$ 。图2示出的是水平速度为10m/s,AgI催化剂量为90克,高度层为100m,浓度最大值为 $0.0111 \mu g/m^3$,浓度大于或等于 $0.002 \mu g/m^3$ 所围面积为 $5931164 m^2$ 。图3示出的是水平速度为5m/s,AgI催化剂量为160克,高度层为300m,浓度最大值为 $0.0040 \mu g/m^3$,浓度大于或等于 $0.002 \mu g/m^3$ 所围面积为 $11199110 m^2$ 。图4示出的是水平速度为10m/s,AgI催化剂量为160克,高度层为200m,浓度最大值为 $0.0043 \mu g/m^3$,浓度大于或等于 $0.002 \mu g/m^3$ 所围面积为 $7168468 m^2$ 。

[0045] 对图1至图4进行分析,得到如下催化剂量确定依据和结论:(1)催化剂AgI的水平扩散面积和上升高度均与水平速度有关,均成反比关系;(2)催化剂AgI的水平扩散面积和上升高度均与催化剂播撒剂量有关,均成正比关系。

[0046] 在相同水平速度(5m/s)和相同催化剂量(40g)的条件下,针对不同垂直速度(即0.1 m/s、0.3 m/s、0.5m/s),采用ADMS数值模拟计算1小时后不同高度的浓度大于或等于 $0.002 \mu g/m^3$ 的扩散面积,以及与扩散点之间距离,如下表1所示。根据表1获得催化剂量确定的重要结论和依据,即AgI烟剂的水平扩散面积和上升高度均与垂直速度关系不明显(因垂直速度均不大,差距也不大)。

[0047] 表1不同垂直速度下1小时AgI水平和垂直扩散浓度及面积

[0048]	垂直速度	距 离	最大浓度	0.002 ($\mu g/m^3$)	水平速度	扩散剂	高 度
	(m/s)	(m)	($\mu g/m^3$)	所围面积(m^2)	(m/s)	(克)	(m)
	0.1	1005.0	0.0101	4271524	5	40	100
[0049]	0.3	1005.0	0.0101	4270890	5	40	100
	0.5	1005.0	0.0102	4270388	5	40	100
	0.1	2601.9	0.0023	675050	5	40	200
	0.3	2601.9	0.0023	679310	5	40	200
	0.5	2601.9	0.0023	683129	5	40	200

[0050] 在相同垂直速度(0.3m/s)和相同催化剂量(40g)的条件下,针对不同水平速度和不同时间,采用ADMS数值模拟不同高度的浓度最大扩散值及与扩散点之间距离,得到模拟数据如表2所示,并由此获得指导催化剂量确定的如下依据,即:(1)AgI的浓度扩散面积与时间成反比关系,且最佳浓度扩散时间为一小时左右(有效浓度面积最大);(2)水平风速增大一倍,水平扩散最大浓度减半;(3)催化剂播撒1小时,AgI水平最大扩散浓度及有效催化浓度出现在距播撒点1-4公里之间,并随高度快速远离播撒点。

[0051] 表2不同时间和水平速度的AgI催化剂扩散浓度最大值

	催化剂 (40 克)	水平风速 (m/s) 时间 (h)	距排放源点距离 (m)	最大浓度 ($10^{-6}\mu\text{g}/\text{m}^3$)	高 度 (m)
[0052]	AgI	风速 5m/s 排放 1 小时	1000.00	10224.66	100
	AgI	风速 5m/s 排放 1 小时	4201.19	1006.57	300
	AgI	风速 5m/s 排放 1 小时	7800.64	361.94	500
	AgI	风速 5m/s 排放 1 小时	11700.43	185.12	700
	AgI	风速 5m/s 排放 1 小时	15900.31	111.24	900
	AgI	风速 5m/s 排放 2 小时	806.23	5395.67	100
	AgI	风速 5m/s 排放 2 小时	4201.19	503.29	300
	AgI	风速 5m/s 排放 2 小时	5603.57	203.12	500
	AgI	风速 5m/s 排放 2 小时	8205.49	105.32	700
	AgI	风速 5m/s 排放 2 小时	11506.95	64.39	900
	AgI	风速 10m/s 排放 1 小时	1204.16	4957.98	100
	AgI	风速 10m/s 排放 1 小时	5001.00	462.17	300
[0053]	AgI	风速 10m/s 排放 1 小时	10000.50	161.43	500
	AgI	风速 10m/s 排放 1 小时	15700.32	81.3	700
	AgI	风速 10m/s 排放 1 小时	20200.25	47.96	900
	AgI	风速 10m/s 排放 2 小时	1004.99	2569.14	100
	AgI	风速 10m/s 排放 2 小时	4604.35	242.46	300
	AgI	风速 10m/s 排放 2 小时	8805.11	85.69	500
	AgI	风速 10m/s 排放 2 小时	13509.26	43.49	700
	AgI	风速 10m/s 排放 2 小时	18713.10	26.04	900

[0054] 在相同垂直速度(0.2m/s)和不同催化剂量的条件下,针对不同水平速度,采用

ADMS数值模拟不同高度浓度大于或等于 $0.002\text{ug}/\text{m}^3$ 的浓度扩散面积及与播撒点之间距离，得到模拟数据如表3所示，并由此获得指导催化剂量确定的重要依据和结论：(1) 催化剂AgI的水平扩散面积和上升高度均与水平速度有关，均成反比关系；(2) AgI的水平扩散面积和上升高度均与催化剂播撒剂量有关，均成正比关系。

[0055] 表3不同时间和水平速度的AgI催化剂扩散浓度最大值

情景	距离 (m)	最大浓度 (ug/m^3)	$0.002\text{ ug}/\text{m}^3$ 所围面积(m^2)	水平 速度	扩散剂 (克)	高度 (m)	是否 有图
1	1005.0	0.0228	11242920	5m/s	90	100	有图
2	2601.9	0.0052	7496484	5m/s	90	200	有图
3	4201.2	0.0023	1408744	5m/s	90	300	有图
4	6000.8	0.0013	0	5m/s	90	400	
5	7800.6	0.0008	0	5m/s	90	500	
6	1204.2	0.0111	5931164	10m/s	90	100	有图
7	3001.7	0.0024	1274902	10m/s	90	200	有图
8	5001.0	0.0010	0	10m/s	90	300	
9	7400.7	0.0006	0	10m/s	90	400	
10	10000.5	0.0004	0	10m/s	90	500	
11	1005.0	0.0405	21378350	5m/s	160	100	有图
12	2601.9	0.0092	17532660	5m/s	160	200	有图
13	4201.2	0.0040	11199110	5m/s	160	300	有图
14	6000.8	0.0023	2520504	5m/s	160	400	有图
15	7800.6	0.0014	0	5m/s	160	500	
16	1204.2	0.0198	12246720	10m/s	160	100	有图
17	3001.7	0.0043	7168468	10m/s	160	200	有图
18	5001.0	0.0018	0	10m/s	160	300	
19	7400.7	0.0010	0	10m/s	160	400	
20	10000.5	0.0006	0	10m/s	160	500	

[0058] 其中， $0.002\text{ug}/\text{m}^3$ 浓度为云中充分核化的冰核数。

[0059] 由于人工增雨(雪)地面燃烟炉催化剂量的确定是作业成败的关键，也是科学实施人工增雨(雪)作业的基础前提。根据以上综合分析，并结合数值模拟试验结果，本申请一实施例提供了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法，参照图5，该方法可以包括：

- [0060] 步骤501:获取大气近地面细颗粒物浓度。
- [0061] 其中,大气近地面细颗粒物浓度可以为PM_{2.5}。
- [0062] 步骤502:获取水平风速或作业季节。
- [0063] 其中,水平风速可以为距离地面10米高度的风速。
- [0064] 步骤503:根据大气近地面细颗粒物浓度和水平风速,或者根据大气近地面细颗粒物浓度和作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量。
- [0065] 步骤504:当满足作业条件时,采用地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。
- [0066] 具体地,作业条件可以为降水云系的雷达垂直积分液态水含量大于或等于1kg/m³,且降水云系的雷达降水回波前沿与地面燃烟炉作业点大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离。当该作业条件满足时,可以在地面燃烟炉作业点采用地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。其中,作业条件中的具体时长(大于或等于24分钟且小于或等于36分钟)可以根据实际的作业实施方式来确定,例如,当催化作业持续时间需要24分钟时,相应的时长可以选为24分钟,等等。
- [0067] 在一种可选的实现方式中,当PM_{2.5}小于75μg/m³,水平风速大于或等于2m/s且小于或等于5m/s时,或者,当PM_{2.5}小于75μg/m³,作业季节为冬季时,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为90g,或120g。分别采用目前大连市及全国普遍应用的江西、西安生产的大小两种型号人工增雨(雪)地面燃烟炉,具体催化作业方式如下:
- [0068] 西安生产的地面燃烟炉(AgI 7.5g/根):每次作业一组,共12根烟条(AgI90g),分四次连续点燃,每次点燃3根,共计24分钟(每次燃6分钟)。
- [0069] 江西生产的地面燃烟炉(AgI 40g/根):每次作业一组,共3根烟条(AgI120g),分三次连续点燃,每次点燃1根,共计36分钟(每次燃12分钟)。
- [0070] 在另一种可选的实现方式中,当PM_{2.5}小于75μg/m³,水平风速大于或等于6m/s且小于或等于10m/s时,或者,当PM_{2.5}小于75μg/m³,作业季节为春季或秋季时,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为110g,或160g。分别采用江西、西安生产的大小两种型号人工增雨(雪)地面燃烟炉,具体催化作业方式如下:
- [0071] 西安生产的地面燃烟炉(AgI 7.5g/根):每次作业一组,共15根(AgI110g),分五次连续点燃,每次点燃3根,共计30分钟(每次燃6分钟)。
- [0072] 江西生产的地面燃烟炉(AgI 40g/根):每次作业一组,共4根(AgI 160g),分三次连续点燃,前两次各点燃1根,第三次点燃2根,共计36分钟(每次燃12分钟)。
- [0073] 在又一种可选的实现方式中,当PM_{2.5}大于或等于75μg/m³且小于或等于93μg/m³,水平风速大于或等于2m/s且小于或等于5m/s时,或者,当PM_{2.5}大于或等于75μg/m³且小于或等于93μg/m³,作业季节为冬季时,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为40g,或80g。分别采用江西、西安生产的大小两种型号人工增雨(雪)地面燃烟炉,具体催化作业方式如下:
- [0074] 西安生产的地面燃烟炉(AgI 7.5g/根):每次作业一组,共5-6根(AgI40g),每次点燃一根,逐一点燃,共计30-36分钟(每次燃6分钟)。
- [0075] 江西生产的地面燃烟炉(AgI 40g/根):每次作业一组,共2根(AgI 80g),分二次连续点燃,共计24分钟(每次燃12分钟)。
- [0076] 需要说明的是,当大气近地面细颗粒物浓度 $93\mu\text{g}/\text{m}^3 \geq \text{PM}_{2.5} \geq 75\mu\text{g}/\text{m}^3$,水平风速

为6-10m/s或作业季节为春季或秋季时,考虑大气污染源为外来源,因此不适合作业(李红斌,2016年.气象)。另外,当大气近地面细颗粒物浓度 $PM_{2.5} \geq 94 \mu g/m^3$ 时,这种情况下降水云中的冰核数可能已达到充分降水的冰核数,冰核数甚至可能过量产生消减雨,故应慎重作业。(李红斌,2016年.气象)。

[0077] 实际应用中,在秋冬春季,当市气象台预报24小时有降水($\geq 5mm$)天气过程时,市人影指挥中心首先根据国家人影中心发布的数值预报产品,即云中液态水量、云中冰核数等数值预报结果,初步判断本次天气过程的降水云系经过大连上空时,是否具有人工增雨(雪)潜力。

[0078] 然后,通过市人影中心业务指挥平台,实时跟踪监测雷达回波的移动和发展演变。当回波前沿移入作业点,分析雷达降水回波及其移向移速与发展变化,判断降水回波移经作业点时间;当作业点距降水回波大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离时,该作业点开始实施燃烟炉增雨(雪)作业;市人影指挥中心将根据作业点附近 $PM_{2.5}$ 实时观测值和气象观测站10分钟水平风速值,结合雷达降水回波,或雷达垂直积分液态水含量($\geq 1 kg/m^2$)分析,确定该作业点地面燃烟炉增雨(雪)作业实施方案,并实时指挥作业。

[0079] 通过市人影指挥中心业务平台,实时跟踪监测天气雷达回波的移动和发展。当回波前沿移入作业点时,根据雷达降水回波的移向移速,分析判断降水回波到达作业点的时间;当作业点与降水回波大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离时,即是该作业点实施人工增雨(雪)的作业时机;市人影指挥中心可以根据作业点附近 $PM_{2.5}$ 实时观测值和观测站10分钟水平平均风速值,结合雷达降水回波垂直积分液态水含量分析,确定该作业点人工增雨(雪)地面燃烟炉作业实施方案模式,并实时指挥作业。

[0080] 本申请实施例根据冷云降水原理和人工催化原理,在不同天气背景条件和大气环境条件下,选取目前大连市及全国普遍应用的江西、西安生产的大小两种型号人工增雨(雪)地面燃烟炉,通过采用“ADMS”城市模型模拟点源(如烟窗)大气扩散的数值模拟试验,分析得到一些相关有指示意义的数据和结果,研究和建立了地面燃烟炉人工增雨(雪)催化作业方法及方案模式。当判定云中具有人工增雨(雪)作业潜力后,在合适的雷达降水回波条件下,即可实施人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业。利用该技术方法将使人工增雨(雪)地面燃烟炉作业更科学有效,且简单易行,可大大减少盲目作业及人雨弹等资源的损失浪费,起到有效保护和开发空中云水资源的目的。

[0081] 本申请另一实施例还提供了一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术系统,参照图6,该系统可以包括:

[0082] 第一模块601,被配置为获取大气近地面细颗粒物浓度;

[0083] 第二模块602,被配置为获取水平风速或作业季节;

[0084] 第三模块603,被配置为根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述水平风速,或者根据所述大气近地面细颗粒物浓度和所述作业季节,确定地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量;

[0085] 第四模块604,被配置为当满足作业条件时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

[0086] 在一种可选的实现方式中,所述大气近地面细颗粒物浓度为 $PM_{2.5}$,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,所第三模块603具体被配置为:

[0087] 当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 90g ,或 120g 。

[0088] 在一种可选的实现方式中,所述大气近地面细颗粒物浓度为PM2.5,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,所第三模块603具体被配置为:

[0089] 当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $6\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $10\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5小于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为春季或秋季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 110g ,或 160g 。

[0090] 在一种可选的实现方式中,所述大气近地面细颗粒物浓度为PM2.5,所述水平风速为距离地面10米高度的风速,所第三模块603具体被配置为:

[0091] 当PM2.5大于或等于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且小于或等于 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述水平风速大于或等于 $2\text{m}/\text{s}$ 且小于或等于 $5\text{m}/\text{s}$ 时,或者,当PM2.5大于或等于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且小于或等于 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$,所述作业季节为冬季时,确定所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量为 40g ,或 80g 。

[0092] 在一种可选的实现方式中,所述第四模块604具体被配置为:

[0093] 当降水云系的雷达垂直积分液态水含量大于或等于 $1\text{kg}/\text{m}^3$,且降水云系的雷达降水回波前沿与地面燃烟炉作业点大于或等于24分钟且小于或等于36分钟距离时,采用所述地面燃烟炉人工增雨雪催化剂量实施催化作业。

[0094] 本实施例提供的人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术系统,能够实现图5所示方法实施例中的各个过程和效果,为避免重复,这里不再赘述。

[0095] 本申请基于烟炉专项数值模式(采用英国ADMS模型模拟城市大气扩散),通过不同天气背景和大气环境条件下,针对人工增雨(雪)地面燃烟炉作业催化剂(AgI)的扩散进行数值模拟试验和分析,研究了地面燃烟炉增雨雪催化作业方法,建立的作业方案模式即简单易行,又科学实用,不仅能极大提高作业的科学性和有效性,更是大气污染情况下保护和开发空中云水资源、减少盲目作业造成人雨弹等资源的损失浪费的有效方法。

[0096] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

[0097] 最后,还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0098] 以上对本发明所提供的一种人工增雨(雪)地面燃烟炉催化作业技术方法及系统进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

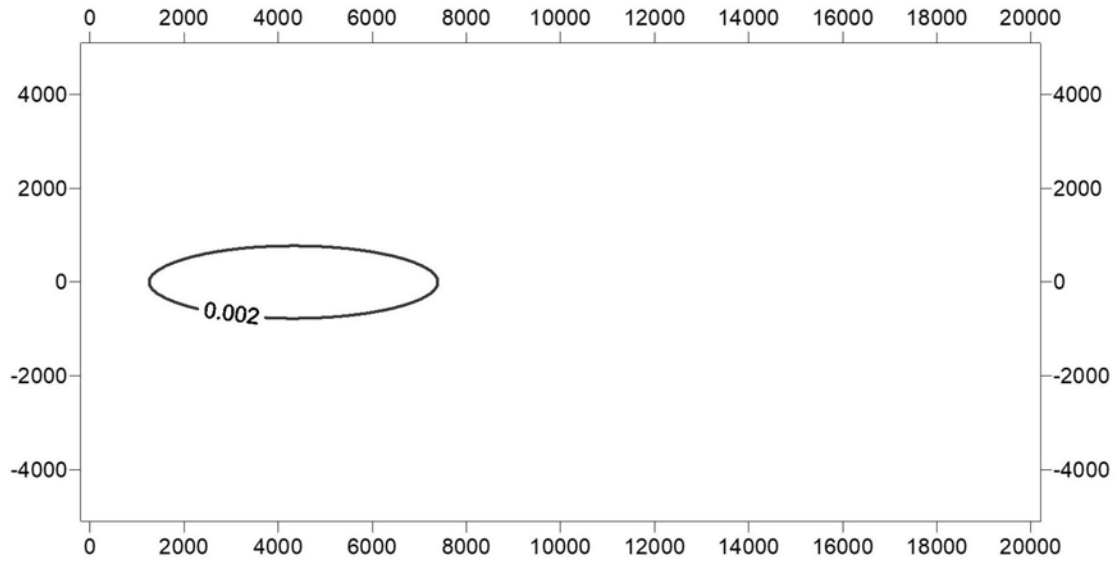


图1

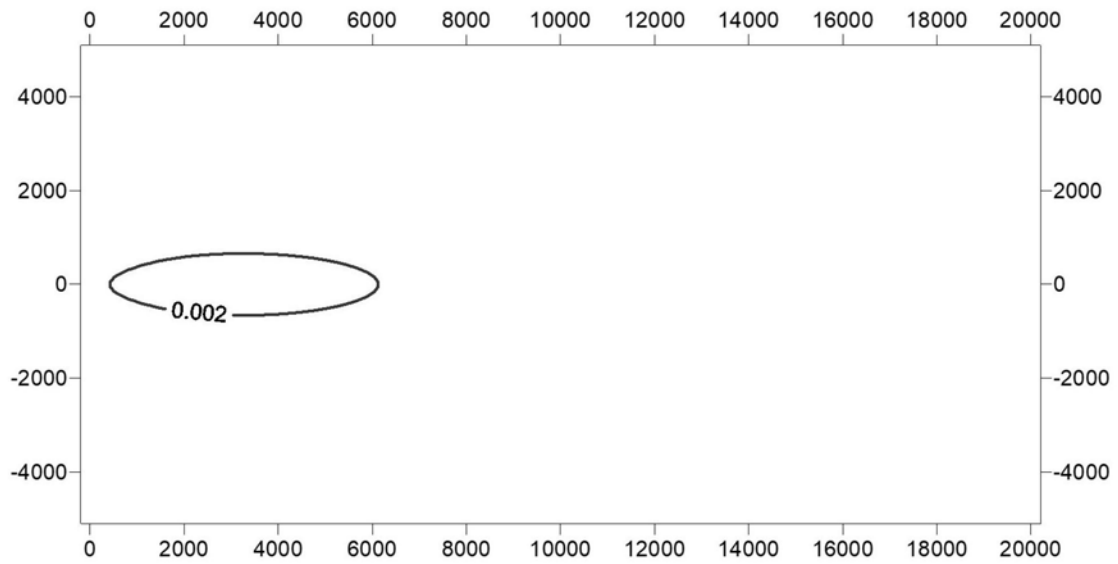


图2

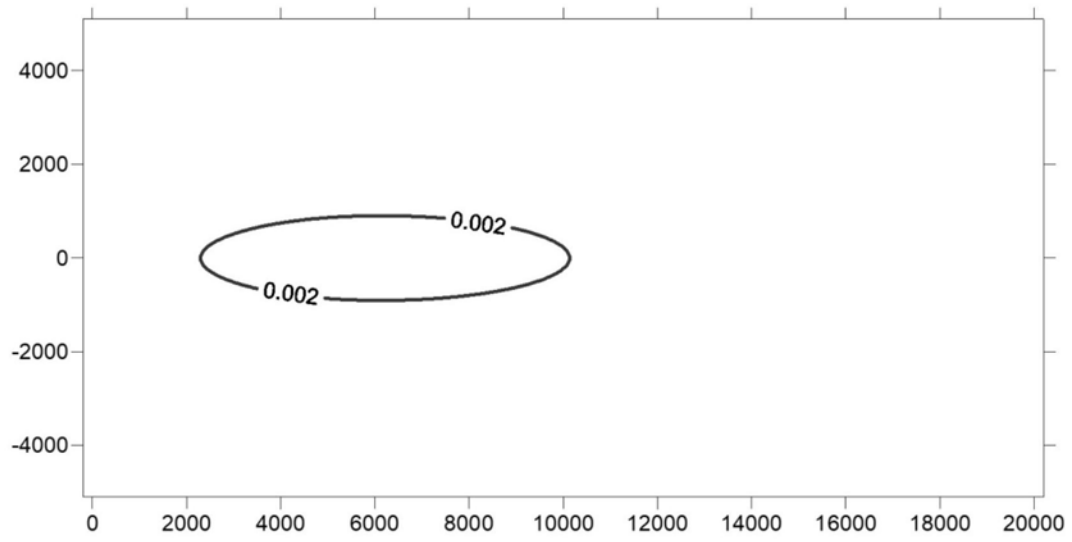


图3

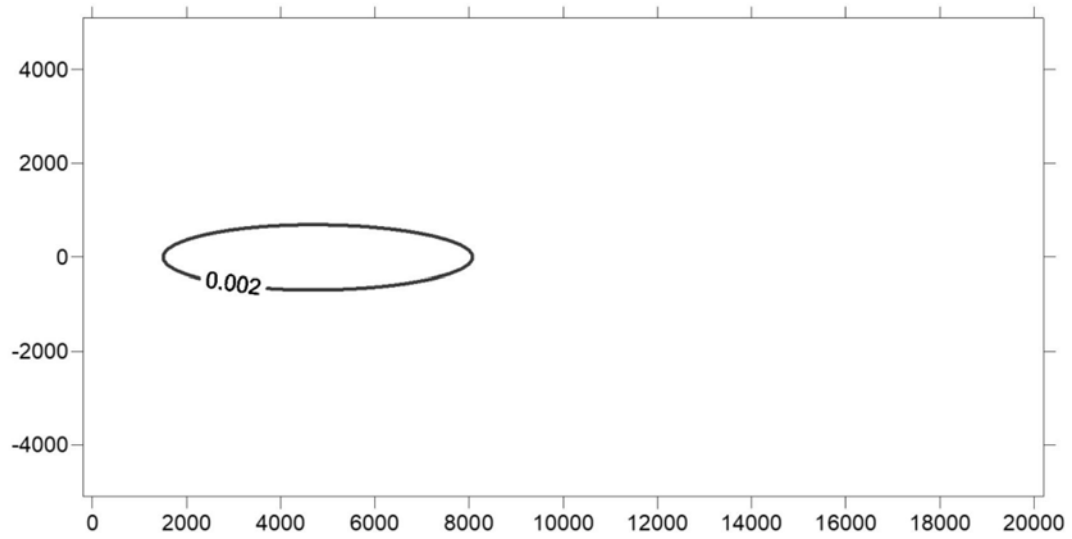


图4

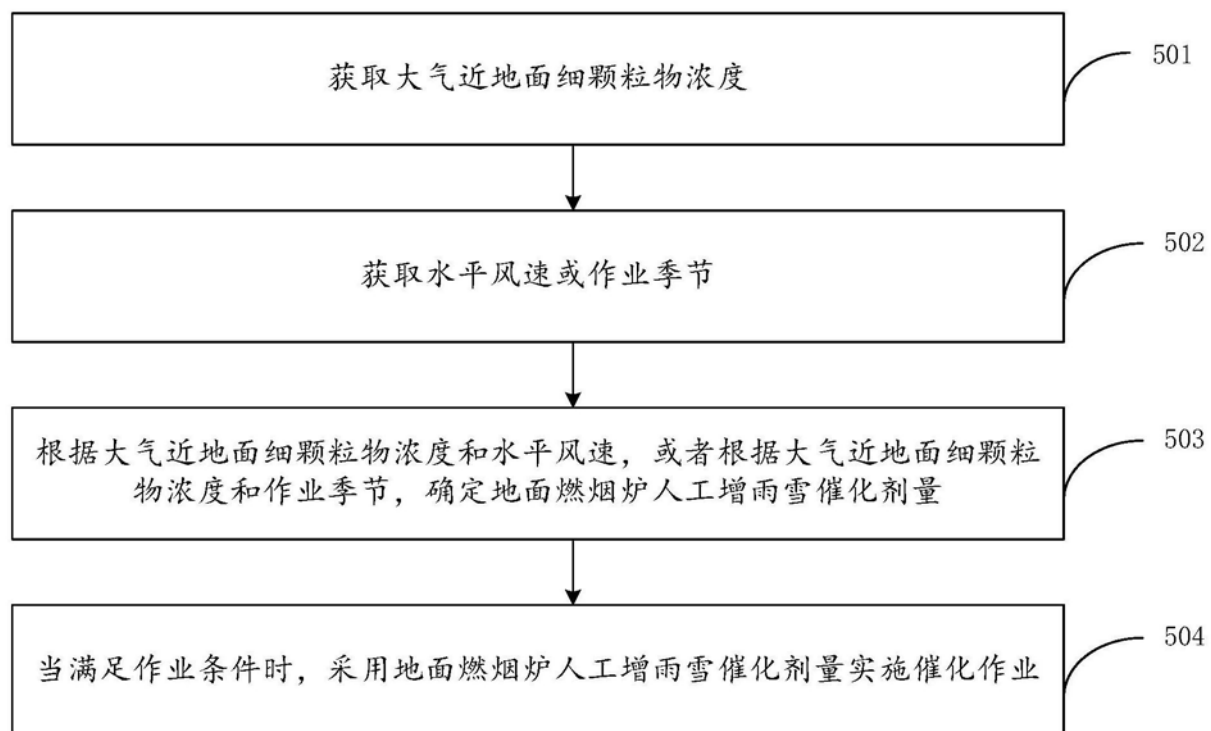


图5



图6