



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104705136 B

(45)授权公告日 2018.02.27

(21)申请号 201510073500.2

审查员 陈琛

(22)申请日 2015.02.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104705136 A

(43)申请公布日 2015.06.17

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞瑜路
1037号

(72)发明人 刘大伟 卢新培 谭笑 邱云昊

杨勇 潘垣

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51)Int.Cl.

A01G 15/00(2006.01)

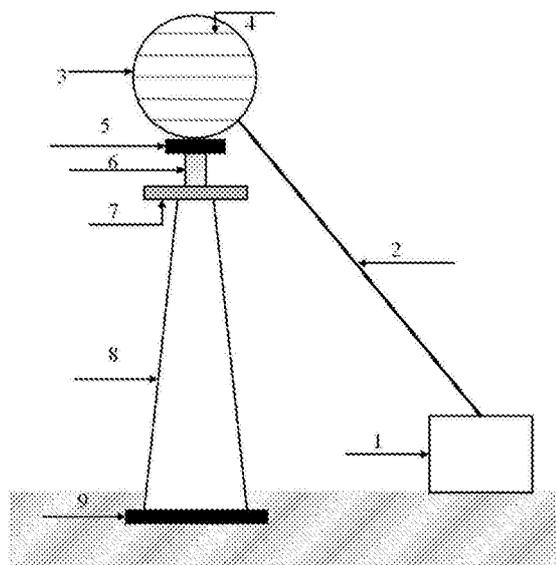
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

一种人工催化降雨雪的装置

(57)摘要

本发明提供一种人工催化降雨雪的装置及方法,包括测量和控制系统以及电催化装置,电催化装置通过发射电极产生电晕放电,周围产生大量等离子体,发射出大量电荷和负离子,电荷和负离子在上升气流和自由扩散的作用下被传送至高空的云中,进而影响云中的微物理过程,产生降雨或降雪。本发明使得人工影响天气受云系作业条件的影响减小,作业条件及要求变宽,并且增加降雨或降雪量。



1. 一种人工催化降雨雪的装置,其特征在于,所述装置包括:高压发生器(1)、高压电缆(2)、电极安装框架(3)、发射电极(4)、绝缘结构(6)、塔架(8),所述高压发生器(1)通过高压电缆(2)与导电的发射电极(4)连接,所述高压发生器(1)与测量和控制系统通过传输线相连接,所述高压发生器(1)电压输出范围为0至-200kV持续可调,输出形式为直流或脉冲形式,

所述发射电极(4)绕制在绝缘的电极安装框架(3)上,所述电极安装框架(3)下方安装有绝缘结构(6),所述绝缘结构(6)安装在所述塔架(8)顶端位置,

所述测量和控制系统包括独立电源模块、差分隔离监测及保护模块、气候监测模块、分析存储模块、控制驱动模块;

独立电源模块为测量和控制系统独立供电保证其正常工作;

差分隔离监测及保护模块通过监测高压发生器各个部件的电压电流工作情况实时反应所述高压发生器的工作状态,并在高压发生器工作参数发生错误非正常工作时,反馈给系统界面,并停止所述高压发生器的输出;

气候监测模块实时反映出作业区域气候条件以及变化情况;

分析存储模块对差分隔离监测及保护模块反馈的高压发生器(1)工作状态参数,以及气候监测模块反馈的气候参数进行整合存储分析工作,判断所述高压发生器(1)是否处于正常工作状态,判断作业区域的实时气候条件是否满足人工降雨或降雪的作业需求,并计算出该作业区域人工降雨或降雪所需求的放电功率;

控制驱动模块根据分析存储模块进行的模拟计算给出的结果自行调节高压发生器(1)的输出功率和电压幅值;

装置工作时,发射电极(4)产生电晕放电,进而在相关区域催化降雨雪,其具体包括以下步骤:

所述高压发生器(1)通过高压电缆(2)将产生直流负高压或者脉冲负高压传送至所述发射电极(4);

所述发射电极(4)产生电晕放电,周围产生大量等离子体,发射出大量带电粒子;

所述带电粒子在水平区域按公式 $q(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_x} \exp[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{\lambda}{\varepsilon} t]$ 扩散,在垂直区域按公式 $q(x, 0, z) = \frac{2Q}{\pi^{1/2} C_z u X^{(1-1/2n)}} \exp[\frac{-z^2}{C_z^2 X^{(2-n)}} - \frac{\lambda}{\varepsilon} t]$ 扩散,其中以所述塔架(8)的顶点位置为原点建立坐标系 $q(x, 0, z)$ 代表坐标系中任一点 $(x, 0, z)$ 的电荷密度, $q(x, y, 0)$ 代表坐标系中 $(x, y, 0)$ 的电荷密度, C_z 表示垂直方向的扩散系数, σ_x 、 σ_y 为水平方向的扩散系数, Q 为电荷释放速率, n 是变化指数, u 为平均风速, λ 为衰变常数, ε 为带电粒子的初始浓度, t 为时间, $0 < n < 1$;

带电粒子扩散到相应的高空云中,进而影响云中的微物理过程,产生降雨或降雪。

2. 根据权利要求1中所述的装置,其特征在于,所述电极安装框架(3)整体结构形成球体或锥体或柱体的构造,所述发射电极(4)绕制电极安装框架(3)而成相应的形状。

3. 根据权利要求2中所述的装置,其特征在于,所述电极安装框架(3)整体结构形成圆球体或圆柱体或圆锥体或圆台体,所述发射电极(4)围绕所述电极安装框架(3)的表面,从

顶部到底部,依次绕制成平行分布的圆环结构。

4. 根据权利要求1中所述的装置,其特征在于,所述塔架(8)采用金属杆塔结构,材质为钢结构或铁结构,高度为70m至100m,所述高压发生器(1)额定工作功率为10kW。

5. 根据权利要求1中所述的装置,其特征在于,所述电极安装框架(3)选用绝缘性能良好的环氧树脂或聚四氟乙烯或尼龙或玻璃钢材料搭建而成,所述发射电极(4)选用导电性良好的钢或钨或导电碳纤维制作而成,所述电极安装框架(3)通过固定平台(5)安装在绝缘结构(6)上,所述绝缘结构(6)通过连接平台(7)安装在塔架(8)顶端位置。

6. 根据权利要求1中所述的装置,其特征在于,所述电极安装框架(3)选用绝缘材料搭建成为球体框架结构,所述球体框架的水平面结构分别选用十段长度相等的所述材料拼接成中部十边形结构(11)、顶部十边形结构(12)、底部十边形结构(13),所述球体框架的垂直面结构采用十个支撑结构(10),用于固定三个水平面结构,所述支撑结构(10)采用六段长度相等的所述材料拼接而成,所述球体框架结构的直径范围为10m至30m。

7. 根据权利要求6中所述的装置,其特征在于,所述发射电极(4)采用导电的绳状材料,围绕所述十个支撑结构(10)绕制成N个十边形结构,所述N个十边形结构所在平面间距离保持在10cm至50cm, $N \geq 1$ 。

8. 根据权利要求7中所述的装置,其特征在于,所述支撑结构(10)上存在固定小孔(14)或固定圆环(15),所述固定小孔(14)或固定圆环(15)直径范围在1.2mm至2.5mm,所述发射电极(4)穿过所述固定小孔(14)或所述固定圆环(15)进行装配和固定。

一种人工催化降雨雪的装置

技术领域

[0001] 本发明属于一种新型人工影响天气的方法和装置,具体涉及电催化降雨或降雪装置和方法。

背景技术

[0002] 目前传统人工影响天气的方法基本上都是利用物质催化达到增强云滴形成和增长的目的,催化剂一般由飞行器和火箭施放到云层中或者在地表经过焚烧炉通过上升气流到达云层。

[0003] 传统人工影响天气的原理主要分为两种:一种是在人工影响天气的过程中在云中引入催化剂(干冰、碘化银),会在该目标区域中产生大量冰晶,会在一定程度上增加冷云降水的效率,该过程被称为静力催化;另一种原理为改变局部云体的动力状态。在云中引入催化剂(干冰、碘化银),形成冰晶或水滴,进行这些微物理过程时,会释放出潜热,从而可影响云的上升气流,使云内上升气流加强,云的发展速度加快,水分积累加大,这样可使原来不产生降水的积云产生降水,使本来可能有降水的积云增加降水量,该过程被称为动力催化。

[0004] 但是传统人工影响天气的方式有其不可避免的缺陷:首先,传统的人工增雨作业条件苛刻,传统的方法称为人工“增雨”,而非人工降雨,因为传统的方法是在自然条件已经开始降雨的条件下作业才有效果,传统的人工增雨方法必须有合适作业条件的云系,且温度窗口较窄,如冷云增雨时只有当云层温度处于 $-25\sim-10^{\circ}\text{C}$ 时,增雨作业才有效果。其次,传统人工增雨作业管制严格,如采取空中飞行器播撒方法,作业前必须申请航空管制,另外火箭、高炮发射装置及其弹药的生产、存储、运输、使用受到严格管控。最后,载具(飞机、火箭、高炮等)操作要求较高,而且维护使用费用昂贵(2010年人工影响作业费达18亿),并且有些催化剂中所含化学物质对环境造成不利影响。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的上述缺陷,本发明要解决的技术问题在于提供一种带电粒子催化降雨或降雪的装置和方法,使得人工影响天气受云系作业条件的影响减小,作业条件及要求变宽,并且增加降雨或降雪量。

[0006] 电催化改变天气的理论依据为:高密度的电荷会使云滴和气溶胶本身荷电,静电力会导致距离近的云滴粒子相互吸引,增加了液滴、气溶胶粒子碰撞合并的几率。随着粒子带电量的增加,电催化可以提高粒子间碰撞频率3个数量级,加速云滴生长。如果气溶胶粒子状态为冰核,会导致与其接触的液滴瞬间冷冻,产生的冰冻颗粒会继续增长。电催化的另一个作用是在暖云的环境下增加液滴碰并截面,计算表明,电场凝聚碰撞截面高于自然碰撞截面2个数量级,该过程对降雨的形成至关重要。另一方面,带电粒子碰并合并后不会受气流的影响再次分离成许多更小的液滴所以电荷可以使碰撞增长的效率大大提高。液滴上的电荷会导致其饱和蒸汽压变小,更有利于进行凝结增长,带电液滴产生的电场可以促使过冷水直接冷冻。为了有效促进云滴发展过程,每一个云滴粒子所带的电荷是有一定要求

的,例如半径为10-20um的气溶胶液滴至少需要几百个电荷才能增强其碰并增长的效率。所以该方法对于电荷的密度有一定要求。国外理论研究表明(Khain et al., Journal of Applied Meteorology 43, 2004, 1513-1529),当云层中带电粒子密度达到 10^5cm^{-3} 时即可快速诱发云滴的电场催化碰并。

[0007] 因此改变分布在大气中粒子(水、气溶胶、分子簇团)之间的电场力可以进而改变大气气候条件,为了有效改变气候条件例如控制、增加、减少沉降,此过程需要采用特殊的方法和装置。

[0008] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0009] 本发明根据带电粒子催化降雨的原理提供一种人工催化降雨雪的装置,包括:高压发生器、高压电缆、电极安装框架、发射电极、绝缘结构、塔架,所述高压发生器通过高压电缆与导电的发射电极连接,所述发射电极绕制在绝缘的电极安装框架上,所述电极安装框架下方安装有绝缘结构,所述绝缘结构安装在塔架顶端位置,高压发生器产生直流负高压或者脉冲负高压传送至发射电极,电极产生电晕放电,发射电极周围产生大量等离子体,发射出大量电荷和负离子,其产生的单极性离子使云滴带电,周围空气中的大量气溶胶经过放电电极或者通过离子附着进行荷电并送入云中,进而达到降雨或降雪的目的。

[0010] 进一步地,高压发生器的输出电压和功率可以由测量和控制系统给出的控制信号进行控制。将高压发生器与测量和控制系统通过传输线连接,通过监测气候数据控制高压发生器的输出电压和功率,其中:

[0011] 测量和控制系统包括独立电源模块、差分隔离监测及保护模块、气候监测模块、分析存储模块、控制驱动模块。其中独立电源模块为测量和控制系统独立供电保证其正常工作;差分隔离监测及保护模块通过监测高压发生器各个部件的电压电流工作情况实时反应高压发生器的工作状态,并在高压发生器工作参数发生错误非正常工作时,反馈给系统界面,并停止高压发生器的输出;气候监测模块又包括毫米波气象雷达、激光雷达、微波辐射计、全天空成像仪、温湿度和风向测量仪仪器,目的测量作业区域温湿度参数、高空云分布情况、云中水成物相态形状、云的垂直结构信息、和上空大气水汽含量等信息。实时反映出作业区域气候条件以及变化情况。分析存储模块即对高压发生器工作参数和气候参数数据进行整合存储分析工作,判断其高压发生器是否处于正常工作状态、判断作业区域的实时气候条件是否满足人工降雨雪的作业需求并计算出该作业区域人工降雨雪所需求的放电功率;控制驱动模块分为两种工作模式:一为手动模式,手动调节控制信号来控制高压发生器的输出电压幅值和功率。二为自动模式,根据分析存储模块进行的模拟计算给出的结果自行调节高压发生器的输出功率和电压幅值。

[0012] 另外,高压发生器主要包括三相整流滤波模块、高频串联谐振逆变模块、升压整流模块、输出滤波及保护模块以及电压电流检测模块。其原理为把输入380V的三相交流电进行整流滤波然后再高频逆变,通过IGBT高频晶闸管控制其脉冲宽度(控制信号由测量和控制系统给定),再通过升压整流滤波等过程进行高压输出。

[0013] 进一步地,电极安装框架整体结构形成球体或锥体或柱体或多面体的构造,发射电极绕制电极安装框架而成相应的形状。

[0014] 进一步地,电极安装框架可选用绝缘性能良好的环氧树脂或聚四氟乙烯或尼龙或玻璃钢材料搭建而成,发射电极可采用导电性能良好的钢丝、钨丝或者碳纤维制作高压发

生器产生电压范围为0—(-200kV),整体装置的额定工作功率为10kW,输出形式为直流或脉冲形式。

[0015] 进一步地,塔架采用金属杆塔结构,材质为钢结构或铁结构,高度为70m-100m,当塔架高度设定为70m时,在电场作用下带电粒子簇团如 $(O_2^-(H_2O)_6, O^-(H_2O)_5, OH^-(H_2O)_6)$ 的下降速度为0.05m/s,山区平均上升气流约为0.1m/s。所以70m高度的塔架即可以使上升气流促进带电离子簇团的运输。当塔架的高度为100m时,可将带电离子簇团的下降速度降至0.03m/s。由此可见塔架的高度越高越能抵消带电粒子下降的速度并能使带电气溶胶和负离子输送到更高的云层中。

[0016] 另外本发明还提供一种催化降雨雪的方法,可以引入测量和控制系统,其包括独立电源模块、差分隔离监测及保护模块、气候监测模块、分析存储模块、控制驱动模块,装置工作时,包括以下步骤:

[0017] 独立电源模块为测量和控制系统独立供电保证其正常工作;

[0018] 差分隔离监测及保护模块通过监测高压发生器各个部件的电压电流工作情况实时反应所述高压发生器的工作状态,并在高压发生器工作参数发生错误非正常工作时,反馈给系统界面,并停止所述高压发生器的输出;

[0019] 气候监测模块实时反映出作业区域气候条件以及变化情况;

[0020] 分析存储模块对差分隔离监测及保护模块反馈的高压发生器工作状态参数,以及气候监测模块反馈的气候参数进行整合存储分析工作,判断所述高压发生器是否处于正常工作状态,判断作业区域的实时气候条件是否满足人工降雨雪的作业需求,并计算出该作业区域人工降雨雪所需求的放电功率;

[0021] 控制驱动模块根据分析存储模块进行的模拟计算给出的结果自行调节高压发生器的输出功率和电压幅值;

[0022] 高压发生器通过高压电缆将产生直流负高压或者脉冲负高压传送至各个发射电极;

[0023] 发射电极产生电晕放电,周围产生大量等离子体,发射出大量带电粒子;

[0024] 所述带电粒子在水平区域按公式 $q(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi u \sigma_x \sigma_y} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z}{\lambda}\right)$ 扩散,在垂直

区域按公式 $q(x, 0, z) = \frac{2Q}{\pi^{1/2} C_z u x^{1-1/3n}} \exp\left[\frac{-z^2}{C_z^2 x^{2-2/n}} - \frac{z}{\lambda} t\right]$ 扩散,其中以所述塔架的顶点位置为原点建立坐标系, $q(x, 0, z)$ 代表坐标系中任一点 $(x, 0, z)$ 的电荷密度, $q(x, y, 0)$ 代表坐标系中 $(x, y, 0)$ 的电荷密度, C_z 表示垂直方向的扩散系数, σ_x 、 σ_y 为水平方向的扩散系数, Q 为电荷释放速率, u 是平均风速, n 是变化指数, $0 < n < 1$, λ 为平均自由程, ϵ 为介电常数, t 为时间;

[0025] 带电粒子扩散到相应的高空云中,进而影响云中的微物理过程,产生降雨或降雪。

[0026] 本发明通过改变大气微观物理过程来影响气候变化,为人工影响天气提供了新的方法和装置。详细的实验数据及有益效果见实施例,本发明具有以下优点:

[0027] (1) 本发明作业窗口要求宽。湿度不必饱和,温度窗口宽,在无自然降雨时也有效。本发明相对于传统人工影响天气方法具有效果更显著。

[0028] (2) 本发明安装维修更方便、工具简单,装置运行维护不受严格管制,可以长时间

工作。

[0029] (3) 本发明操作简单,费用经济。

[0030] (4) 本发明无需特殊化学工质,对环境损害降低。

附图说明

[0031] 图1为本发明地面电催化装置示意图;

[0032] 图2为本发明测量和控制系统工作示意图;

[0033] 图3为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第一个实施例的侧视图;

[0034] 图4为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第一个实施例的俯视图;

[0035] 图5为本发明发射电极的一种固定安装方法示意图;

[0036] 图6为本发明发射电极的另一种固定安装方法示意图;

[0037] 图7为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第二个实施例的俯视图;

[0038] 图7-1为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第二个实施例的侧视图;

[0039] 图8为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第三个实施例的俯视图;

[0040] 图8-1为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第三个实施例的侧视图;

[0041] 图9为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第四个实施例的俯视图;

[0042] 图9-1为本发明电催化装置中发射电极随电极安装框架绕制的第四个实施例的侧视图;

[0043] 图10为本发明装置在温度15℃,相对湿度100%条件下的降雨雪实验曲线图;

[0044] 图11为本发明装置在温度-10℃,相对湿度100%条件下的降雨雪实验曲线图;

[0045] 图12为本发明装置在温度-6℃,相对湿度为100%条件下的降雨雪实验曲线图;

[0046] 附图中,1为高压发生器;2为高压电缆;3为电极安装框架;4为发射电极;5为固定平台;6为绝缘结构;7为连接平台;8为塔架;9为地基与接地;10为支撑结构;11为中部十边形结构;12为顶部十边形结构;13为底部十边形结构;14为固定小孔;15为固定圆环。

具体实施方式

[0047] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0048] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

[0049] 如图1所示,一种人工催化降雨雪的装置,包括测量和控制系统(单独在图2中画出)以及电催化装置,电催化装置包括:高压发生器1、高压电缆2、电极安装框架3、发射电极4、固定平台5、绝缘结构6、连接平台7、塔架8、地基与接地9,测量和控制系统通过传输线与高压发生器连接,通过监测气候数据控制高压发生器的输出电压和功率,高压发生器1通过高压电缆2与发射电极4连接,发射电极4安装在电极安装框架3上,电极安装框架3安装在固定平台5上,固定平台5下方连接有绝缘结构6,绝缘结构6通过连接平台7固定在塔架8顶端位置,塔架8安装在地基与接地9上方。

[0050] 装置工作时,高压发生器1电压输出范围为0至-200kV持续可调,额定工作功率为10kW,输出形式可以为直流、脉冲形式。根据电压等级,高压电缆2采用绝缘等级为-200kV的特高压电缆。

[0051] 塔架8结构采用金属杆塔结构,材质为钢结构或铁结构,高度为70m-100m。绝缘支撑结构6采用复合T型绝缘子结构,以便固定和连接电催化输出装置,绝缘子的额定工作直流电压为-220kV。

[0052] 电极安装框架3材料可选用绝缘性能良好的结构搭建而成,例如:环氧树脂、聚四氟乙烯、尼龙、玻璃钢材料。如图3、图4所示,该电极安装框架3总体设计为圆球形,由于把绝缘材料做成弧形具有较大难度且公差较大所以我们采用多边形结构代替圆形结构。该实施例中电极安装框架3选用绝缘性能良好的材料搭建成为球体框架结构,球体框架的水平面结构分别选用十段长度相等的材料拼接成中部十边形结构11、顶部十边形结构12、底部十边形结构13,球体垂直面结构采用十个支撑结构10,用于固定三个水平面结构,支撑结构10采用六段长度相等的所述材料拼接而成,球体框架结构的直径范围为10m至30m。

[0053] 发射电极4必须为导电性良好的材料,,发射电极直径一般小于3mm,本实施例中采用直径为1mm的钢丝绳,该钢丝绳由1*7的细钢丝绕制而成,抗拉强度可达670Mpa,保证发射电极的抗压抗拉能力和电催化装置的使用寿命。

[0054] 如图3、图4所示,在水平方向上,发射电极4围绕垂直支撑结构10成多个十边形状态,在垂直方向上发射电极之间的距离应保持10-50cm之间绕制,如果距离太近,发射电极产生的电场会互相影响导致发射的电荷效率有所下降;如果距离太远,单位面积下的发射电荷功率降低,导致装置效果降低。每个水平面的发射电极4通过物理上连接保持等电位并与通过高压电缆2与高压发生器1相连。

[0055] 发射电极4的固定方式有两种:

[0056] 1、如图5所示在垂直绝缘支撑结构10上打固定小孔14,小孔直径应大于1.2mm小于2.5mm,发射电极4通过穿过固定小孔14进行装配和固定。

[0057] 2、如图6所示在垂直绝缘支撑结构10上安装固定圆环15,圆环内直径应大于1.2mm小于2.5mm,发射电极4通过穿过固定圆环15进行装配和固定。

[0058] 当高压发生器1开启时,高压通过高压电缆2传输至发射电极4上,发射电极4开始发生电晕放电,发射出大量电荷和负离子,在上升气流和自由扩散的作用下被传送至高空的云中,进而影响云中的微物理过程,产生降雨。

[0059] 如图7及7-1所示,电极安装框架可以为圆柱体,多个发射电极围绕圆柱的表面,自上而下绕制成多个互相平行的圆环结构;

[0060] 如图8及8-1所示,电极安装框架可以为圆锥体,多个发射电极围绕圆锥体的表面,

自上而下绕制成多个互相平行的圆环结构；

[0061] 如图9及9-1所示,电极安装框架可以为圆台体,多个发射电极围绕圆台的表面,自上而下绕制成多个互相平行的圆环结构；

[0062] 上述三个实施例中,实际制作过程,做成弧形具有一定难度且公差较大,不排除使用多边形代替圆形结构。

[0063] 带电粒子在空中的扩散状态：

[0064] 根据sutton扩散模型,计算一个地面装置在垂直剖面作用范围。考虑到电荷复合损失： $q = Q \exp(-\frac{\lambda}{\epsilon} t)$ ；Sutton扩散模型修正公式为： $q(x, 0, z) = \frac{2Q}{\pi^{1/2} C_z u x^{1-1/2n}} \exp[-\frac{z^2}{C_z^2 x^{2-n}} - \frac{\lambda}{\epsilon} t]$ ；

以塔架的顶点位置为原点,建立坐标系,其中 $q(x, 0, z)$ 代表坐标中任一点 $(x, 0, z)$ 的电荷密度, C_z 表示垂直方向的扩散系数,常数 Q 为电荷释放速率, u 是平均风速, n 是变化指数($0 < n < 1$), λ 为平均自由程, ϵ 为介电常数, t 为时间。取一个地面装置的额定放电功率为10kW,垂直上升气流为0.1m/s,经计算,地面装置垂直方向1km处电荷密度可达到 $10^5/\text{cm}^3$,所以该地面装置释放电荷作用高度超过1km。

[0065] 根据高斯扩散模型计算地面装置的水平剖面作用范围,计算电荷复合损失,高斯

扩散模型修正公式为： $q(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_x} \exp(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{\lambda}{\epsilon} t)$ ；以塔架8的顶点位置为原点,建

立坐标系,其中 $q(x, y, 0)$ 代表坐标中 $(x, y, 0)$ 的电荷密度, Q 为电荷施放速率, σ_x 、 σ_y 为扩散系数, u 为平均风速。取一个地面装置的额定放电功率为10kW,水平平均气流为3.7m/s,径向采用Briggs扩散系数,经计算,地面装置顺风方向20km处电荷密度可达到 $10^5/\text{cm}^3$,径向3.6km处电荷密度可达到 $10^5/\text{cm}^3$,作用范围成椭圆形状。

[0066] 在大型云室内开展上述装置催化降雨实验研究。大型云室内径25m,高度为27.5m,体积15000 m^3 ,温度从-20℃到70℃可调,湿度从20%到100%可调,耐压等级为800kV,该云室是目前国际领先的电网大型人工气候模拟装置平台,带电粒子降雨装置通过升降平台架设至离地面10m左右的高度。

[0067] 如图10,在温度15℃,相对湿度100%条件下,开启带电粒子降雨装置(电压等级40kV),可迅速观察到降雨现象,降雨量在12分钟时达到最高值,之后降雨量逐渐下降,在相对湿度低于86%时降雨现象消失。

[0068] 如图11,在温度-10℃,相对湿度100%条件下,开启带电粒子降雨装置(电压等级40kV),可迅速观察到降雪现象,降雪量随时间逐渐下降,在相对湿度低于91%时降雪现象消失。

[0069] 通过改变放电功率(电压等级),在实验中我们可以控制降雪量和降雨量的大小,从而实现对降雪量、降雨量实现实时控制。

[0070] 如图12,在温度为-6℃,相对湿度为100%条件下,开启带电粒子降雨装置,初始电压等级为40kV,出现明显降雪现象24h降雪量平均为2.5mm,随后在实验24min时我们将电压等级调整为50kV,发现降雪量有明显提高。

[0071] 在不同的温湿度条件下,做了大量的实验采集数据如下：

[0072]

湿度 \ 温度	降雪 (mm/24h)			降雨 (mm/24h)	
	-10°C	-7.5°C	-2°C	5°C	15°C
100%	9.2	5.0	8.8	20	6
97.5%	6.6	4.0	8.5	22	23
95%	3.8	3.1	7.6	40	35
92.5%	2.4	1.6	1.8	22	18
90%	0	0.3	0.2	8	15
87.5%	0	0	0	0	4
85%	0	0	0	0	2

[0073] 上表中,0mm/24h表示无降雨、降雪,小雨的范围在(0-10mm)/24h,小雪的范围在(0-2.5mm)/24h,中雨的范围在(10-25)mm/24h,中雪的范围在(2.5-5mm)/24h,大雨的范围大于25mm/24h,大雪的范围大于5mm/24h。

[0074] 从上述试验数据发现,在已进行的实验中,电场催化技术对-10°C至+15°C环境有效;当湿度>95%时可产生中雨/中雪;湿度90%-95%可产生小雨/小雪。由此可见,该带电粒子催化方法大大拓宽了人工降雨降雪温度窗口和湿度窗口。

[0075] 本发明中“降雨雪”与“降雨或降雪”的含义相同。

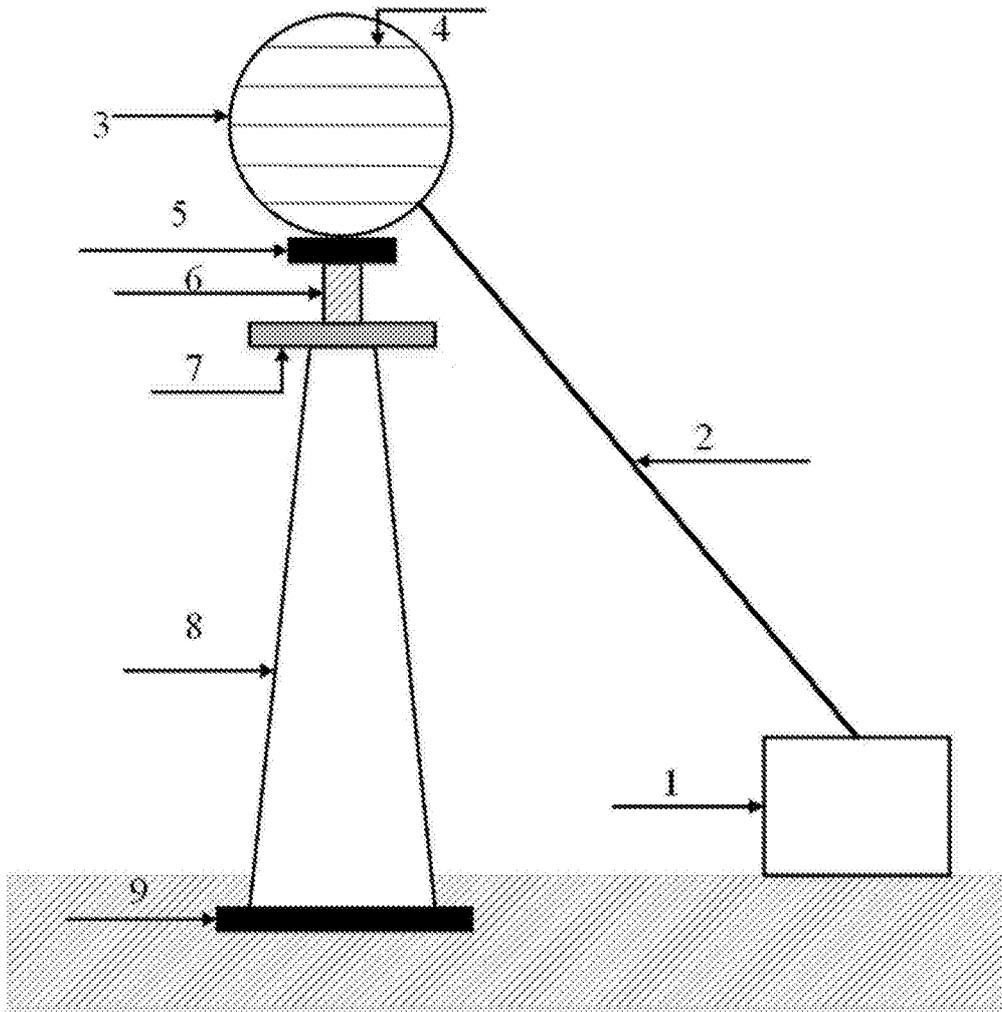


图1

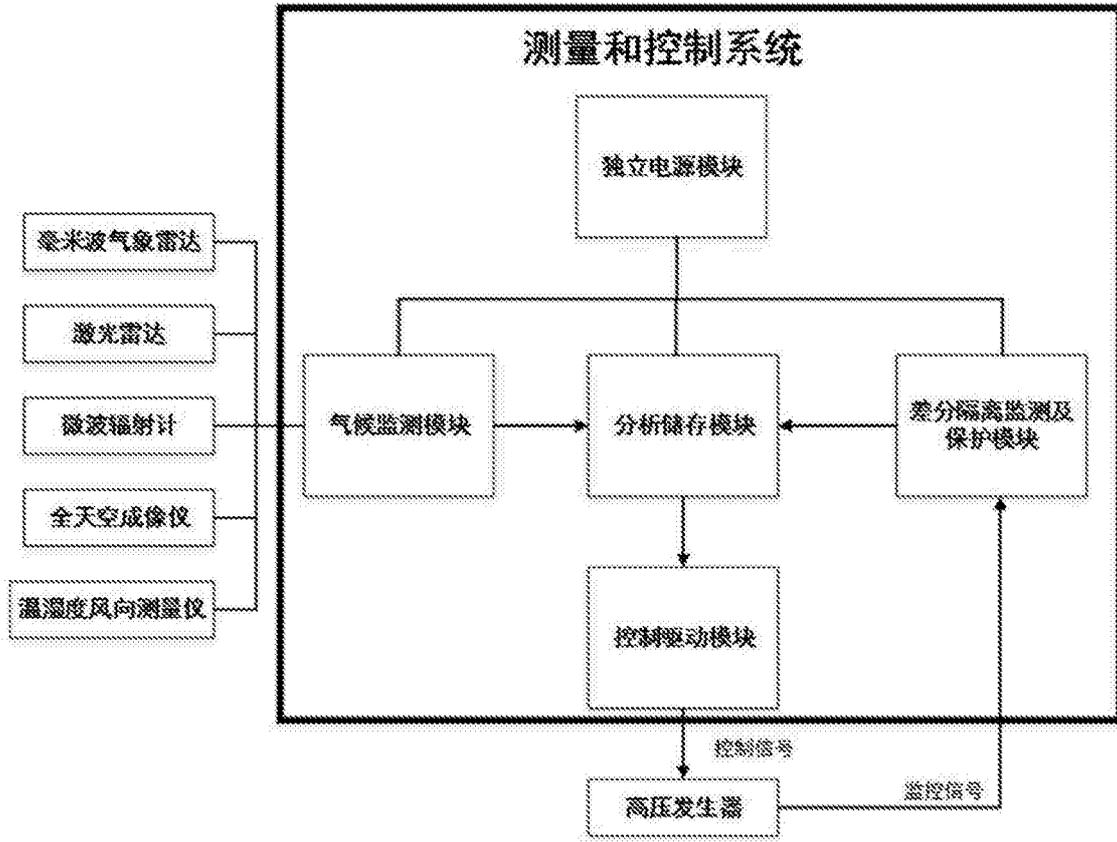


图2

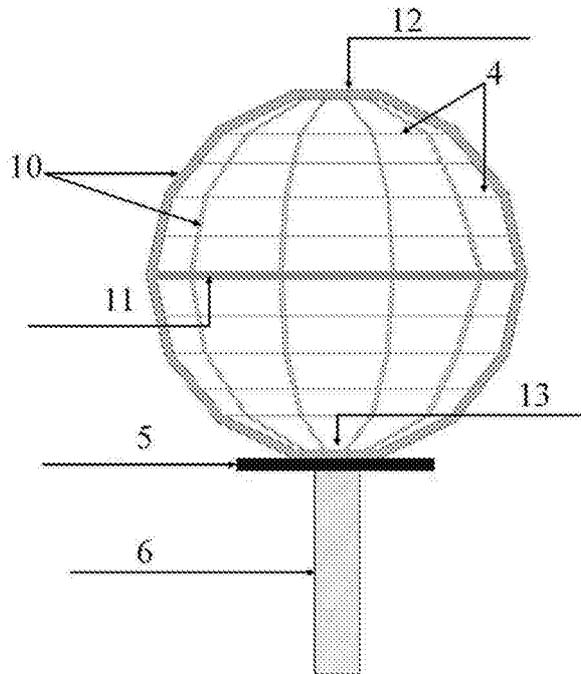


图3

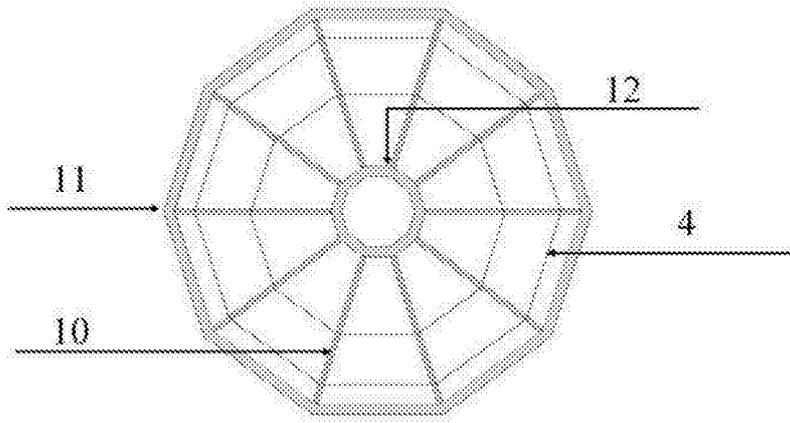


图4

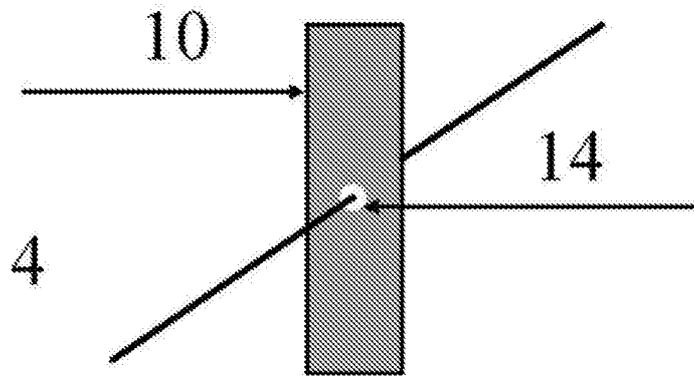


图5

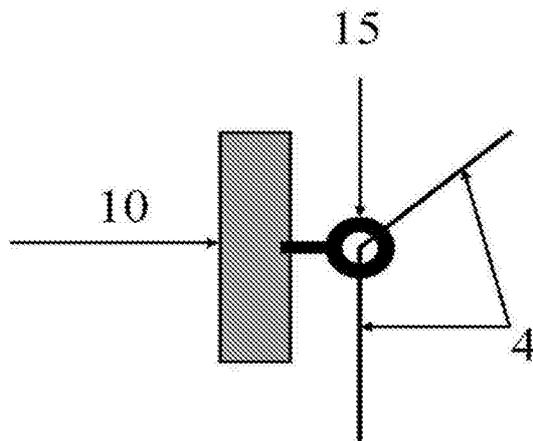


图6

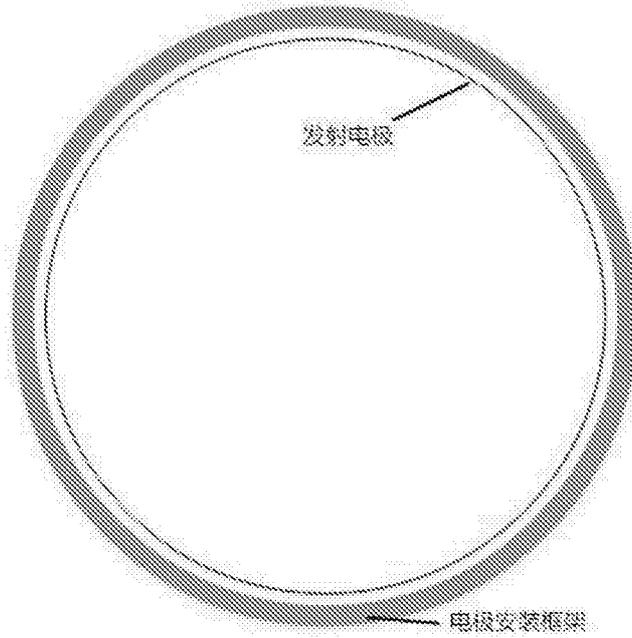


图7



图7-1

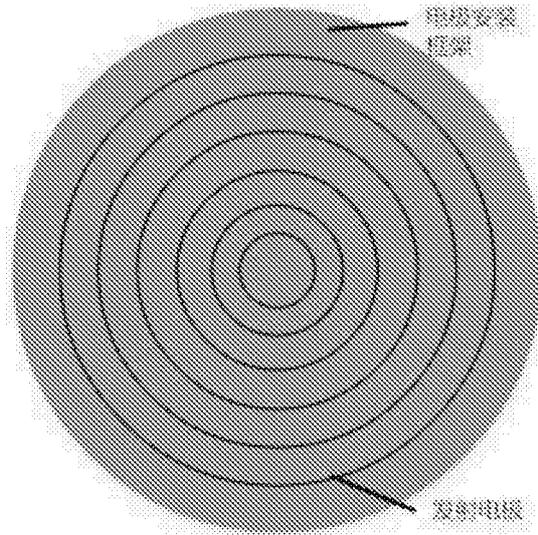


图8

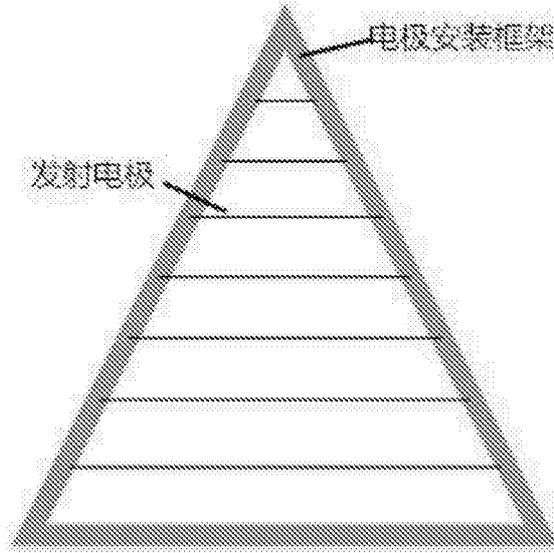


图8-1

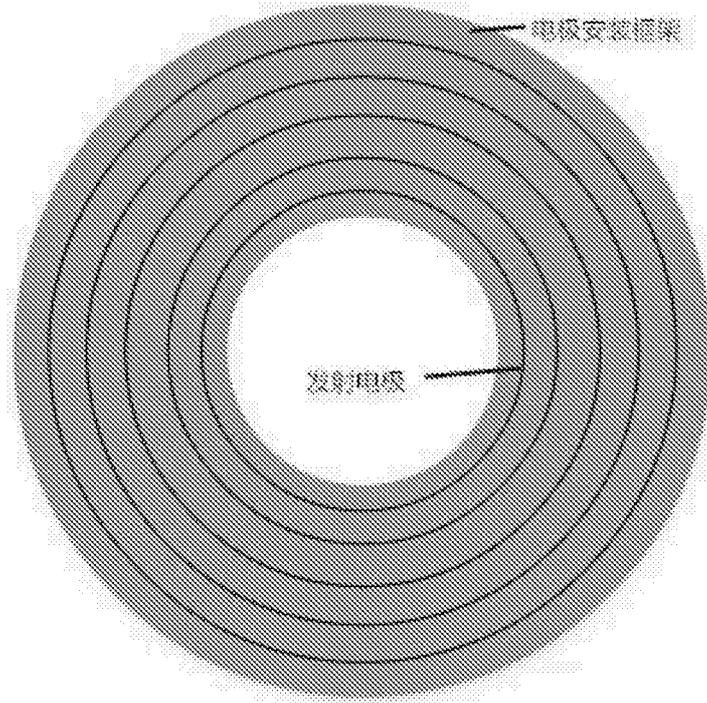


图9

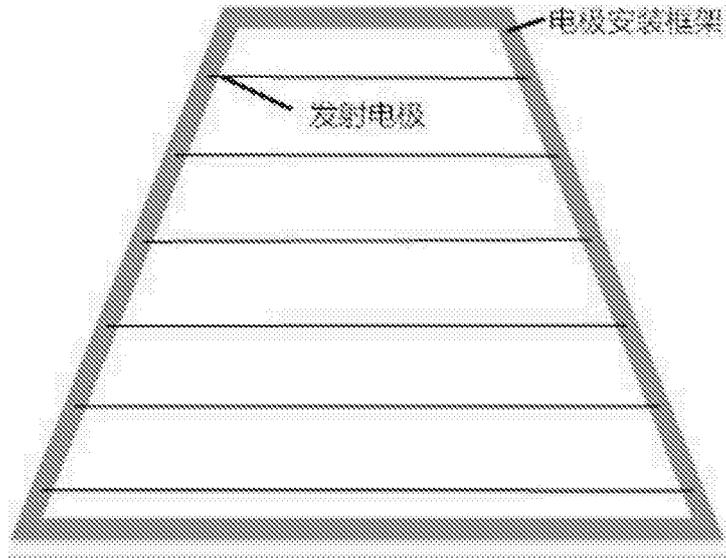


图9-1

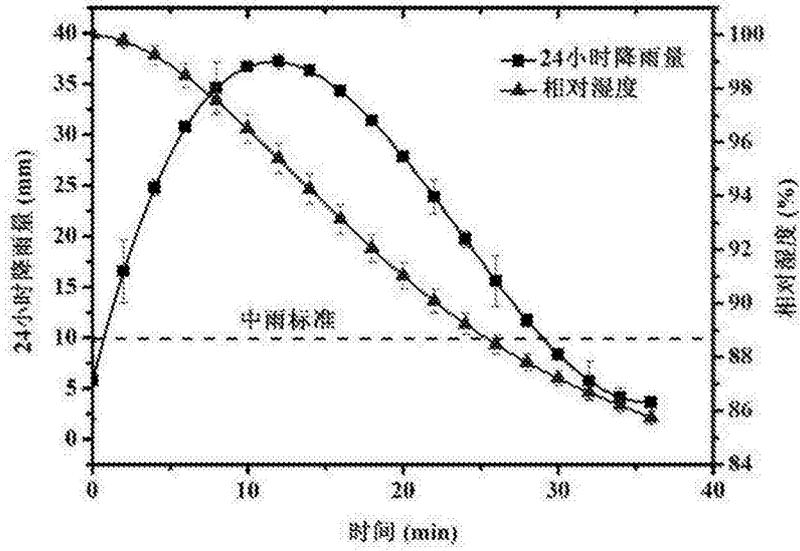


图10

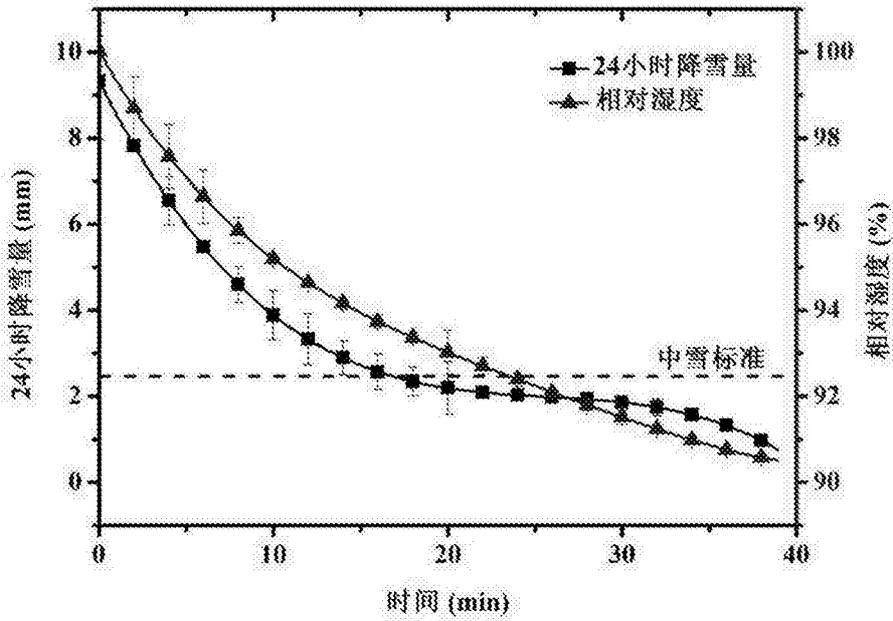


图11

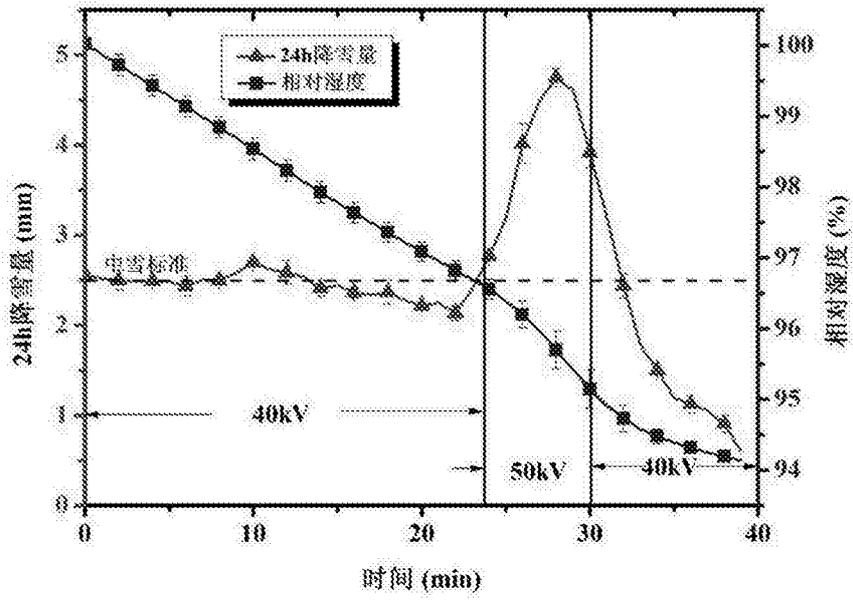


图12