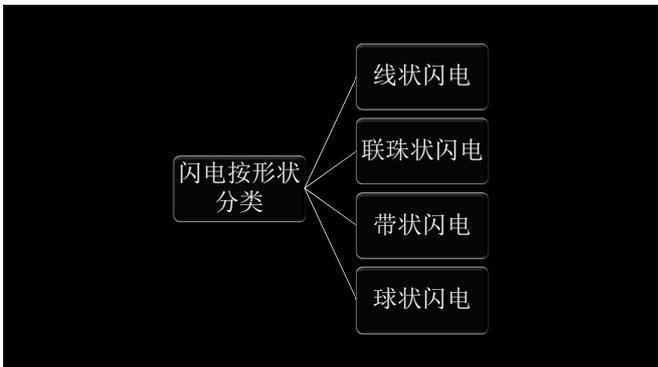


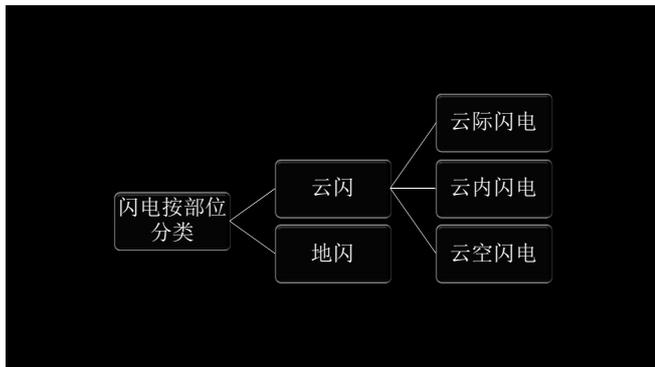


研究课题: 关于云间闪放电场强和能量的估算, 积雨云所带电荷是否可以产生足以击穿空气的场强

研究思想: 定性与半定量, 通过简化模型探究复杂的自然现象

探究目的: 加深对相关研究思想的理解





地闪——发生于云体与地面之间的放电现象。

放电通道暴露于云体之外，易于光学观测——研究较系统。

云闪——未到达地面的闪电(2/3以上)。

分类(十分类似, 难以区分):

- 云内(intracloud)闪电
- 云间(intercloud)闪电
- 云-空气(cloud-air)放电

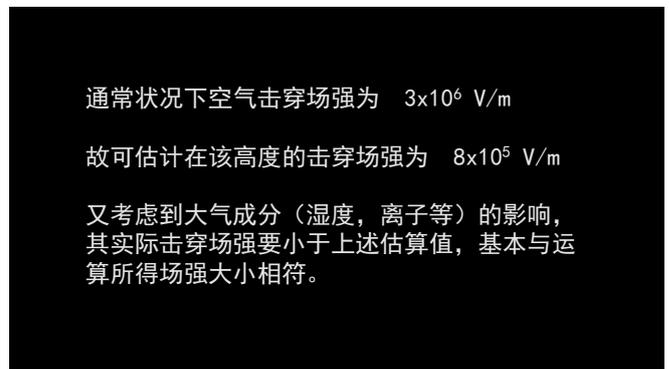
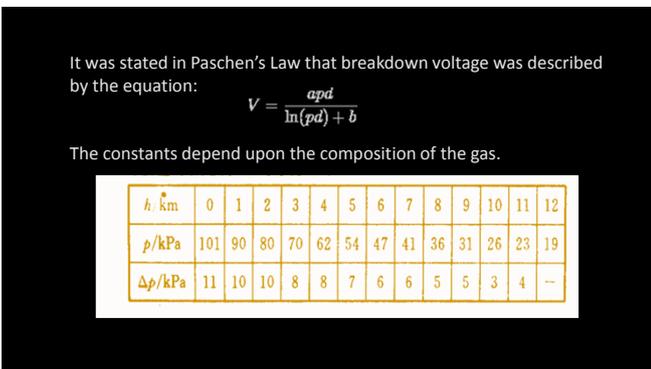
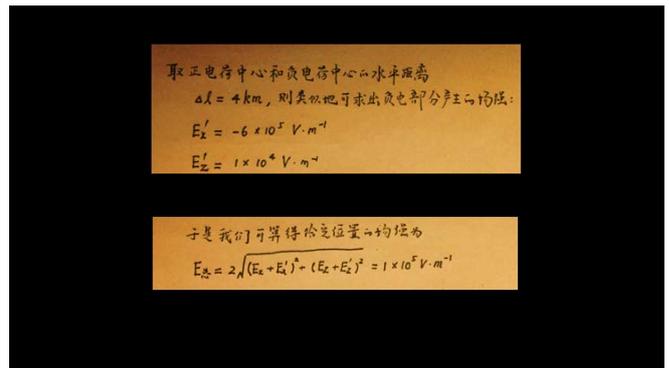
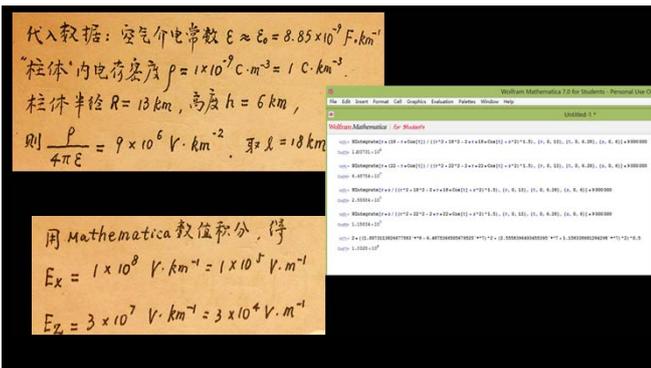
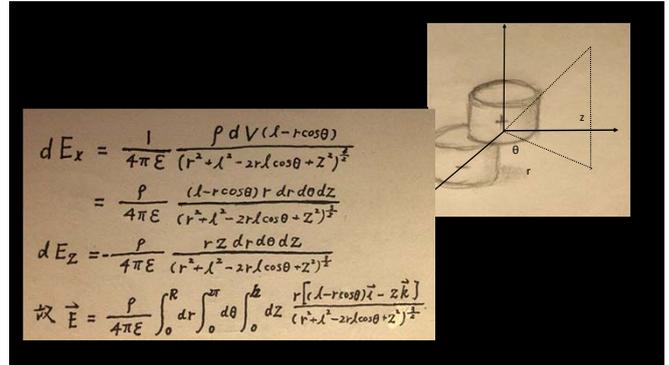
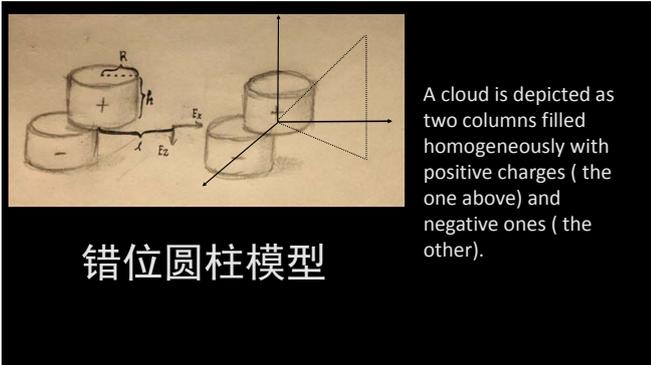
	典型值
<b>总体放电</b>	
高度 (km)	4-12
持续时间 (s)	0.3-0.5
中和电荷 (C)	5-30
<b>初始流光</b>	
持续时间 (ms)	250
速度 (m/s)	$1-5 \times 10^4$
电流 (A)	100-1000
<b>反冲流光</b>	
一次放电所包含的数目	6
持续时间 (ms)	<1
速度 (m/s)	$1 \times 10^6$
电流 (A)	1400
中和电荷量 (C)	1

**云闪毫秒级放电特征参量**

# 关于云间闪的模拟计算

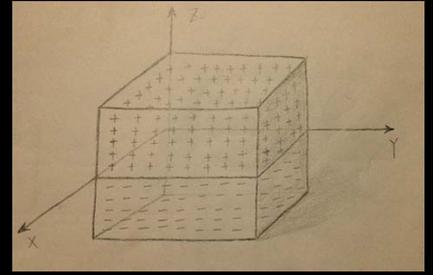
据观测数据, 云间闪电长度多为10km左右。

下面我们将据此给出电场最弱处的场强估计值, 并与空气击穿场强比较, 说明其合理性。



# 关于能量的模拟计算

如图所示，我们给出计算能量的切糕模型。



在  $(a, b, c)$  处，正电荷柱体产生电势

$$U_+(a, b, c) = \frac{\rho}{4\pi\epsilon} \int_0^{25} dx \int_0^{25} dy \int_0^6 dz \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}}$$

负电荷产生电势

$$U_-(a, b, c) = \frac{-\rho}{4\pi\epsilon} \int_0^{25} dx \int_0^{25} dy \int_0^6 dz \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}}$$

故  $U(a, b, c) = U_+(a, b, c) + U_-(a, b, c)$

$$= \frac{\rho}{4\pi\epsilon} \int_0^{25} dx \int_0^{25} dy \int_0^6 dz \left( \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z+c)^2}} \right)$$

双积分云在该模型下静电势能

$$E_{\text{静}} = \int_0^{25} da \int_0^{25} db \int_0^6 dc \left[ \frac{1}{2} \rho U(a, b, c) \right] + \int_0^{25} da \int_0^{25} db \int_0^6 dc \left[ \frac{1}{2} (-\rho) U(a, b, c) \right]$$

$$= \frac{\rho^2}{4\pi\epsilon} \int_0^{25} da \int_0^{25} db \int_0^6 dc \int_0^{25} dx \int_0^{25} dy \int_0^6 dz \left( \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z+c)^2}} \right)$$

其数值积分(代入  $\frac{\rho^2}{4\pi\epsilon} = 9 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{km}^{-3}$ )为  $3 \times 10^{12} \text{ J}$ .

```
NIntegrate[ ((x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2)^(-0.5) -
((x-a)^2 + (y-b)^2 + (z+c)^2)^(-0.5), {a, 0, 25}, {b, 0, 25},
{c, 0, 6}, {x, 0, 25}, {y, 0, 25}, {z, 0, 6}] * 9000000
NIntegrate::eincr:
The global error of the strategy GlobalAdaptive has increased more than 2000 times. The global error is
expected to decrease monotonically after a number of integrand evaluations. Suspect one of the
following: the working precision is insufficient for the specified precision goal; the integrand is highly
oscillatory or it is not a (piecewise) smooth function; or the true value of the integral is 0. Increasing the
value of the GlobalAdaptive option MaxErrorIncreases might lead to a convergent numerical integration.
NIntegrate obtained 316272.8730474134 and 274.1408402710514 for the integral and error estimates. >
2.84666e+12
```

$$E = 3 \times 10^{12} \text{ J}$$

非常巨大的能量，够一户正常的家庭使用6年。

目前**完全**无法利用闪电中的能量

无法收集

放电时间短

无法储存

瞬间高温

无法持续放电

## 对于利用雨云静电自能的设想

无法利用以闪击的方式释放的能量

因此——温和持续的方式

问题：电荷的收集，雨云的漂移……

