



# 线路运行与检修

## 第七讲 输电线路覆冰分析 与防治（一）

- 复习：

- 外力破坏故障的现状
- 外力破坏故障的分析
- 外力破坏故障的防治措施
- 外力破坏故障的原因有哪些？

- 鸟害故障调查
- 鸟害故障的类型和形成原因
- 鸟害故障发生的规律
- 防治鸟害故障的措施和对策
- 鸟害故障有哪些分类？

- 本学时待解决问题：

- 输电线路覆冰事故统计
- 覆冰形成机理分析
- 输电线路冰害故障类型和特点

# 一、输电线路覆冰事故统计

## 1、概述

覆冰：一种特殊的天气现象



大自然的美景



输电线路的灾难



# 一、输电线路覆冰事故统计

## 2、覆冰分布

- 覆冰事故统计数据
- 分布比较广泛，**华中网**最为严重。
  - 华中地区：湖南、湖北、河南
  - 为什么？
  - 地理特点：气象，地形

## 二、覆冰形成机理分析

### 1、线路覆冰的分类

#### ■ 按外观特征：

表 7-1

导线覆冰类型

类型	外观	密度/g/cm <sup>3</sup>	特点及成因
雨淞	透明玻璃体	0.6~0.9	坚硬、不易脱落，冻雨或雪花与导线相碰或接触，在导线周围形成水层，水层冻结而形成
粒状雾淞	乳白色不透明体	0.1~0.3	含有气隙，疏松较脆，无定形状，云或者雾与导线相触冻结成冰而形成，在导线表面没有形成水层
晶状雾淞	白色结晶	0.01~0.08	空气泡较多，疏松且软，容易脱落，大气中的水蒸气直接冻结在导线表面而形成
湿雪	乳白色或灰白色	0.1~0.7	质地较软，处于融化状的雪花和冰体附到导线表面而形成，当气温进一步降低时降到导线表面而形成，当气温进一步降低变成坚硬的冰冻体
混合淞	乳白色	0.2~0.6	体积大，气隙较多，是雨淞和雾淞在导线上交替冻结而成的

## 二、覆冰形成机理分析

### 1、线路覆冰的分类

#### ■ 按形成机理：

- 降水覆冰 → 雨凇
- 云中覆冰 → 雾凇
- 凝华覆冰 → 晶状雾凇



## 二、覆冰形成机理分析

### 2、线路覆冰的形成过程

#### 1) 冻雨覆冰

- 严冬和初春，北方冷空气和南方暖湿空气交汇。
  - “静止峰”，冷气团，在下部
  - “准静止峰”，暖气团，在上面
  - 高空低温层
- 水滴、雪花、冰晶下降过程：
  - 大水滴：尘埃做为凝结核，变冰粒落地
  - 小水滴：张力大，难以将尘埃做为凝结核，下落较慢，遇到较冷物体（例如杆塔或导线），发生形变，凝结成冰。
  - 雨凇：丘陵地区
  - 雾凇：高海拔地区



## 二、覆冰形成机理分析

### 2、线路覆冰的形成过程

#### 2) 冻雾覆冰

- 含过冷却水滴的云雾在导线上的凝聚。

#### 3) 混合凇

- 冷 → 雨 → 晴 → 冷
- 雨凇 → 混合凇 → 雾凇

#### 4) 覆冰形状

- 圆形、椭圆形、松针形
- 取决于风、扭转等

### 3、覆冰的气象条件

- 温度低于 $0^{\circ}\text{C}$
- 湿度大于85%
- 风速大于 $1\text{m/s}$ 。

## 二、覆冰形成机理分析

### 4、**导线**覆冰的影响因素

#### 1) 气象因素

- 空气温度
- 风速风向
- 过冷却水滴直径
- 空气中**液态**水含量
- 不同组合，不同覆冰类型
  - 温度升高,雾粒直径变大，液态水含量增加。
  - 严寒北方，冰害事故反而比南方的云贵湘鄂更轻
  - 覆冰与风速不成正比
  - 风向影响覆冰情况的轻重、均匀。

## 二、覆冰形成机理分析

### 4、**导线**覆冰的影响因素

#### 2) 季节影响

- 11月到3月，尤其入冬和倒春寒时。

#### 3) 高度的影响

- 一般海拔越高越容易覆冰，越厚，多为雾凇。
- 海拔越低覆冰越薄，多为雨凇或混合冻结。
- 乘幂规律

$$\frac{b_z}{b_0} = \left( \frac{z}{z_0} \right)^a$$

- 凝结高度

- 海宁公式： $H = 124 (T - \tau)$

- 导线悬挂高度：高度越高，覆冰越严重。



## 二、覆冰形成机理分析

### 4、**导线**覆冰的影响因素

#### 4) 地理环境的影响

- 受风条件
- 水气充足

#### 5) 线路走向的影响

- 东西走向，覆冰最为严重，且不均匀，容易诱发覆冰舞动。

#### 6) 导线本身的影响

- 刚度：扭转
- 直径：不同观点
- 负荷电流与电场：
  - 电场力：带电线路覆冰厚度较大
  - 临界负荷电流



# 三、冰害故障类型和特点

- 覆冰对线路的危害有：
  - 过负荷、覆冰舞动、脱冰跳跃、绝缘子串冰闪，
  - 会造成杆塔变形、倒塔、导线断股，金具和绝缘子损坏，绝缘子闪络等事故。

## 1、过负荷

- 线路覆冰后的实际质童超过设计值很多，从而导致架空输电线路机械和电气方面的事故。

### 1) 垂直负荷

- 当导线、杆塔覆冰时，冰的质量会增加所有支持结构和金具的垂直负荷，导致架空线的弧垂变大，使导线间或者导线之间的档距减小，当风吹动时，会由于绝缘距离不够而发生短路。
- 另外，由于覆冰会增大导线张力，从而增大杆塔及其基础的力矩,增大转角塔的扭矩，造成杆塔扭转、弯曲、基础下沉、倾斜，甚至在拉线点以下发生折断。

# 三、冰害故障类型和特点

## 1、过负荷

### 2) 水平负荷。

- 覆冰也会使导线受风面积增大, 此时杆塔所受的水平荷载也随之增加, 线路因此可能遭受到严重的横向串基倒杆事故。

表 7-2

几种导线不同冰厚对应的水平应力

覆冰形成时间/h	覆冰厚度/mm	导 线 型 号			
		120/20	300/40	400/50	630/55
2	10	65.5	69.0	74.1	67.4
4	20	124.8	108.8	109.3	94.5
6	30	202.2	156.9	150.8	126.0
8	40	294.2	211.4	197.2	161.1
10	50	398.1	271.2	247.6	199.3
12	60	511.9	335.3	301.5	239.9
最大使用应力	$\sigma_{TMAX}$	124.8	108.8	109.3	94.5
极限破坏应力	$\sigma_p$	312.0	272.0	273.3	236.1

# 三、冰害故障类型和特点

## 1、过负荷

### 3) 纵向负荷。

- 因为输电线路相邻各档之间距离、高度或安装质量不同，使导线在覆冰时引起纵向静力不平衡，产生纵向负荷。
- 当覆冰不均匀、自行脱落或被击落时，导线的悬挂点处会产生很大的纵向冲击荷载，可能造成导线或地线从压接管内抽出，或者外层铝股断势、钢芯抽出，或整根线拉断。
- 如果导线拉断脱落，则最终的不平衡冲击荷载和两相邻档之司的残余荷载就会大大增加，发生顺线倒杆事故。
- **事故举例：湖南倒塔事故**
- **分析：前后档距、高差角、覆冰负荷**

# 三、冰害故障类型和特点

## 2、导线覆冰舞动和脱冰跳跃事故

### 1) 覆冰导线在风作用下发生舞动

- 在一定条件下，覆冰导线受稳态横向风作用，可能引起大幅低频振动，即舞动。
  - 均匀覆冰时，虽然其截面增大，但其形状仍保持为均匀圆形，因此，一定的风力所引起的导线振动，其频率低于裸线时的频率，而振幅比裸线时小，并且频率下降可能低到防振装置的有效运行范围以下。
  - 当导线覆冰不均匀时，由于其断面的不对称，风吹导线时就会产生空气动力学上的不稳定，在相应风力作用下，导线会发生低频（0.1-0.3Hz）、大振幅（可达10m以上）的舞动。
  - 导线舞动将引起差频负荷，从而导致金具损坏，导线断股，相间短路，线路跳闸及杆塔倾斜或倒塌等严重事故。



# 三、冰害故障类型和特点

## 2、导线覆冰舞动和脱冰跳跃事故

### ■ 舞动的形成主要取决于三个因素，

- 覆冰

- 风激励

- 线路的结构与参数。

- 分裂导线与单导线

- 大截面导线与常规截面导线

## 2) 导线不均匀脱冰跳跃发生舞动

- 随着导线覆冰量增加，相应的张力明显增大，弧垂也有所下降，当大段或整档脱冰时，由于导线弹性储能迅速转变为导线的动能、位能，引起导线向上跳跃，进而产生舞动，使相邻悬垂串产生剧烈摆动，两端导线张力也有显著变化。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/43503333114011211>