

2024年2月晋城雨凇天气过程与电线积冰形成条件分析

畅敏艳, 李若羽, 杨帆, 张雨涵

晋城市气象局, 山西 晋城

收稿日期: 2025年11月25日; 录用日期: 2025年12月24日; 发布日期: 2025年12月30日

摘要

电线积冰是冬季常见的气象灾害之一, 也是影响电网建设及其安全运行最大的隐患之一。进行电线积冰的气候特征及气象条件研究, 可为电力气象服务开展提供技术支持, 对电力部门输电线路安全运行具有重要的意义。本文通过分析晋城市2024年2月一次雨凇天气过程, 对照国家站电线积冰观测数据, 得出雨凇天气过程极大概率导致电线积冰。通过分析物理量场及探空条件, 为之后分析雨凇天气过程、更好地开展电力气象服务提供参考。

关键词

雨凇, 电线积冰, 条件分析

Analysis of the February 2024 Rime Weather Event in Jincheng and the Conditions for Ice Accumulation on Power Lines

Minyan Chang, Ruoyu Li, Fan Yang, Yuhan Zhang

Jincheng Meteorological Bureau, Jincheng Shanxi

Received: November 25, 2025; accepted: December 24, 2025; published: December 30, 2025

Abstract

Ice accretion on power lines is one of the common meteorological hazards in winter and also one of the biggest hidden dangers affecting power grid construction and safe operation. Studying the

文章引用: 畅敏艳, 李若羽, 杨帆, 张雨涵. 2024 年 2 月晋城雨凇天气过程与电线积冰形成条件分析[J]. 气候变化研究快报, 2026, 15(1): 28-32. DOI: 10.12677/ccrl.2026.151005

climatic characteristics and meteorological conditions of ice accretion on power lines can provide technical support for power meteorological services and is of great significance for the safe operation of transmission lines by power departments. This paper analyzes an ice rain weather event in Jincheng City in February 2024, and by comparing it with national station observations of ice accretion on power lines, it concludes that ice rain events have a very high probability of causing ice accretion on power lines. By analyzing the physical field and sounding conditions, it provides a reference for further analysis of ice rain events and better implementation of power meteorological services.

Keywords

Rime, Ice Accumulation on Power Lines, Condition Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

晋城市位于山西省东南部，地理坐标为东经 $111^{\circ}56'05''\sim113^{\circ}37'15''$ ，北纬 $35^{\circ}11'12''\sim36^{\circ}13'56''$ ，地势险要，属于高原盆地地形。东部、西部和南部群山连绵，北部和中部丘陵起伏、盆地相间。最高点为沁水县的舜王坪，海拔 2322 m；最低处为沁河、丹河下游河谷，海拔最低点为 290 m，相对高差约 2000 m，境内大部分海拔在 800 m~1200 m 之间。晋城市属大陆性季风气候，四季分明，冬季寒冷干燥，夏季降水集中，春秋温凉短促。在全球变暖背景下，我国平均气温屡创新高，极端天气气候事件的发生愈加频繁，且更易发生复合型灾害^{[1][2]}，给人们的生产和生活造成了严重影响。而电线积冰作为冬季常见的气象灾害之一，也是影响电网建设及其安全运行最大的隐患之一^[3]。进行电线积冰的气候特征及气象条件研究，可为电力气象服务开展提供技术支持，对电力部门输电线路安全运行具有重要的意义。

气象上电线积冰指的是雨凇、雾凇凝附在导线上或湿雪冻结在导线上的现象^[4]。其中，雨凇对农业和畜牧业的危害更大，它会压死秋播作物，并使牲畜因吃不到草而导致大批死亡^[5]。根据李清华等利用 1980~2017 年山西省 18 个电线积冰站观测资料的分析^[6]，对晋城市电线积冰历史情况进行总结概括：晋城市电线积冰时空分布极不均匀，年际变化大，与地理环境、气候条件息息相关，仅阳城县出现 5 次电线积冰。电线积冰一般出现在雨凇、雾凇天气过程中^[7]，本文就 2024 年 2 月晋城一次雨凇天气过程对晋城电线积冰形成条件进行简要分析。

2. 资料与方法

本文所用的国家站气象观测资料均来自山西省气象信息中心。实况数据使用 micaps 实况资料、郑州站探空数据、晋城市国家站站点加密观测资料等。其中加密观测数据为晋城市下辖城区、高平市、阳城县、陵川县和沁水县 5 个国家站加密观测数据，泽州县国家气象观测站 2024 年 3 月正式开始地面观测，时间序列短，暂不参考泽州站观测数据。由于晋城电线积冰出现次数少，观测资料不足，间隔时间长，统计数据不具有代表性。故本文主要分析晋城 2024 年 2 月一次多个国家站出现电线积冰的雨凇天气过程，研究复杂雨雪相态出现的天气条件，为开展电力气象服务提供参考。文中电线积冰厚度为电线积冰架上冰层最大测量直径。

3. 实况

2 月 19 日 08 时~2 月 22 日 08 时，晋城市出现较强雨雪天气，各县(市)降雪量分别为：晋城 8.8 m，

泽州 5.7 mm, 高平 12.1 mm, 阳城 6.6 mm, 沁水 8.8 mm, 陵川 6.9 mm。积雪深度分别为晋城 3 cm, 泽州 3 cm, 高平 5 cm, 阳城 1 cm, 沁水 4 cm, 陵川 4 cm。较强降水时段(图 1): 19 日 14~16 时, 20 日 16~18 时。此次过程降水相态复杂, 有雨淞、霰、雨夹雪、雪等。19 日 14~16 时以雨夹雪、霰、冰粒等为主, 20 日 16~18 时以雪为主, 20 日凌晨及中午出现雨淞。

2 月 20 日 14 时至 21 日 14 时最低气温: 晋城-7.6°C、高平-9.6°C、阳城-6.2°C、陵川-12.0°C、沁水-8.3°C。17 到 18 日有升温过程, 最低气温升高 5.3°C~9.1°C, 18 日~21 日为负变温, 19 日~21 日全市均出现寒潮天气, 各站 48 小时最低气温最大降幅为 10.4°C~13.7°C, 其中阳城 20 日达到 24 h 寒潮标准, 高平、沁水连续两天达到 48 h 寒潮标准。19~21 日风力较大, 阵风风力可达 6 级以上, 极大风速 15.0 m/s。

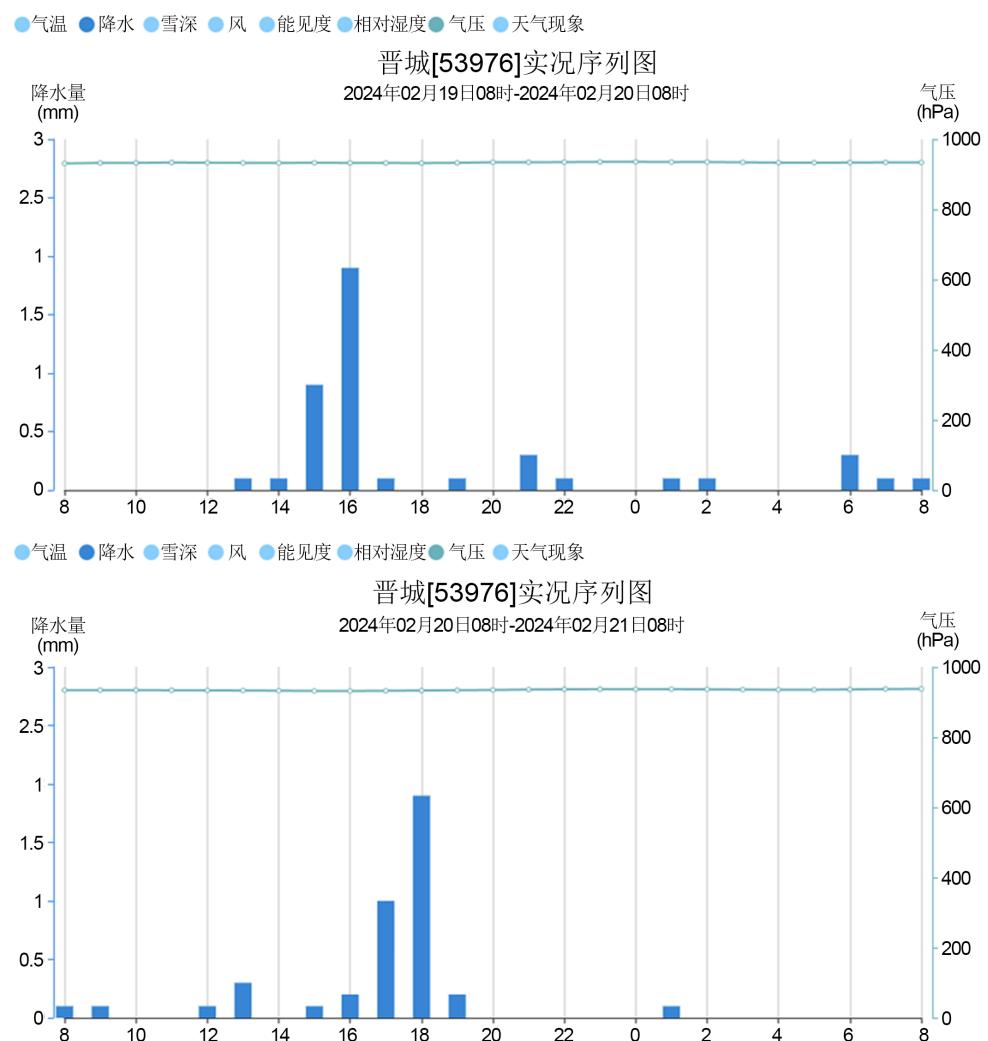


Figure 1. Hourly precipitation at Jincheng Station on February 19 and 20

图 1. 晋城站 2 月 19、20 日小时降水量

经实地观测, 20 日 08 时, 晋城 3 个国家站出现电线积冰, 分别为: 晋城站 27 mm、沁水站 27 mm、阳城站 29 mm。21 时 08 时, 3 个国家站积冰厚度均有增长, 分别为: 晋城站 30 mm、沁水站 28 mm、阳城站 33 mm。22 日 08 时, 积冰厚度稍减, 分别为: 晋城站 28 mm、沁水站 27 mm、阳城站 30 mm。雨淞天气过程是此次电线积冰形成的主要原因。

4. 物理量场分析

700 hPa 西南急流左前方有强辐合上升作用, 850 hPa 偏东风急流、地面低压倒槽以及地面向流形势进一步增强抬升运动; 散度场上, 暴雪落区的中低层有辐合中心, 高层有辐散区进一步增强上升运动, 对应的垂直速度场 2 月 20 日 14 时, 700 hPa 晋城的垂直速度大于 -0.2 Pa/s , 南部的垂直上升速度达 -0.4 Pa/s , 600 hPa 晋城地区垂直速度在 $-0.6 \sim -0.2 \text{ Pa/s}$, 负的垂直速度形成强的上升气流, 与实况 2 月 20 日下午晋城的强降水时段对应(图 2)。

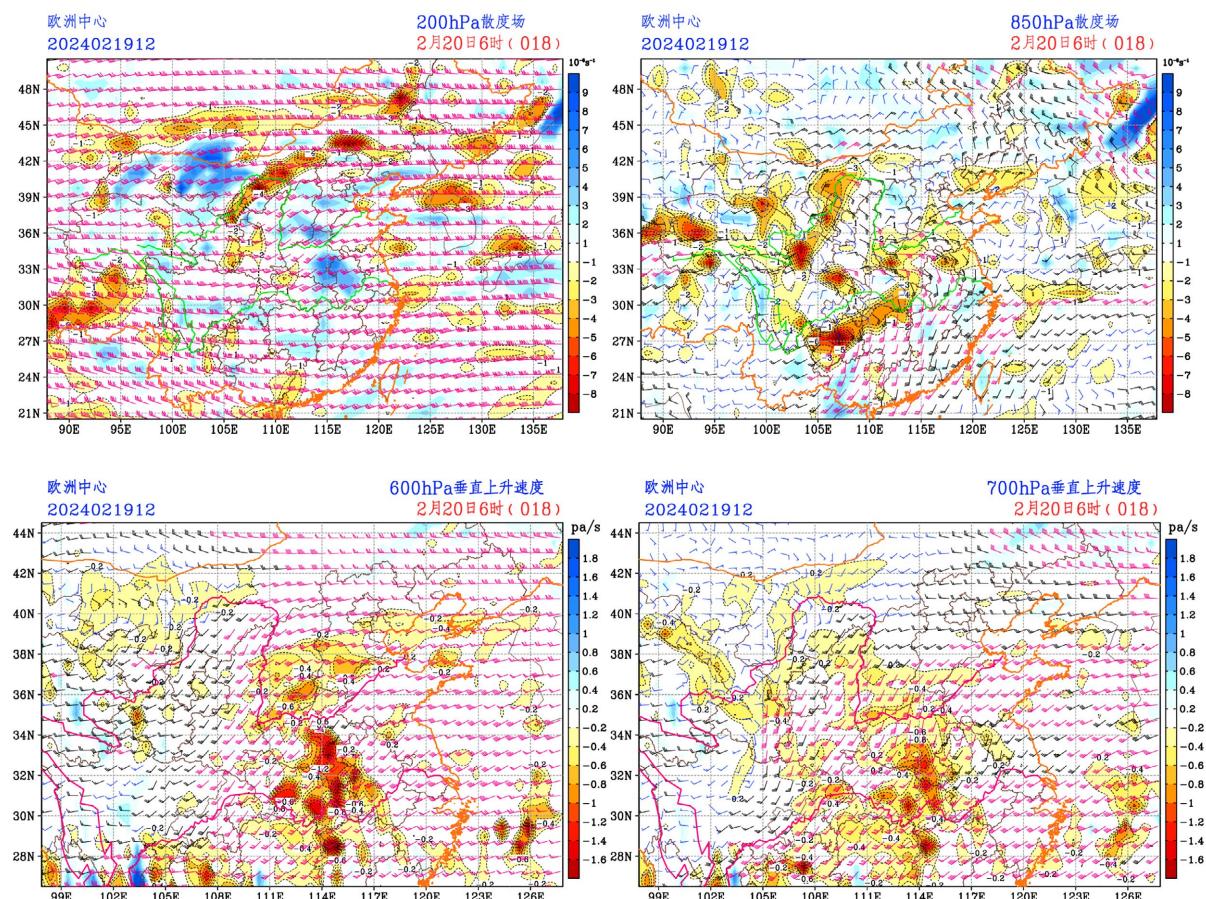


Figure 2. Divergence and vertical velocity chart at 14:00 on February 20

图 2 2 月 20 日 14 时散度、垂直上升速度图

19 日开始, 700 hPa 西南暖湿气流作为主要水汽输送通道开始不断向山西输送水汽, 在 20 日 08 时达到最强, 中南部比湿达到 4 g/kg , 700 hPa 水汽通量散度场上山西中南部为水汽辐合中心, 同时整层水汽含量达到 $10 \sim 15 \text{ mm}$, 水汽条件比较有利。

5. 探空分析

从探空图看出(图 3), 19 日 08 时, 850 hPa 以下为东北风, 700 hPa 以上为一致的西南暖湿气流, 低层温度较高, 0°C 线位于 850 hPa 附近, 且 2 km、4 km 高度存在逆温层, 有利于降水粒子的多次融化冻结, 降水相态复杂; 19 日 20 时整层湿度条件转好, 850 hPa 温度降至 -3°C , 降水相态以雨夹雪或雪为主; 20 日 08 时低层存在锋面逆温层, 逆温层温度最大为 4.5°C , 地面气温 -3°C , 而地面气温和地表温度在 0°C

以下。研究表明,一般雨凇产生前,700 hPa 上空已为暖空气控制,温度一般在 0℃~4℃,低层有冷空气南下,气温降到 0℃ 以下时即出现雨凇天气。

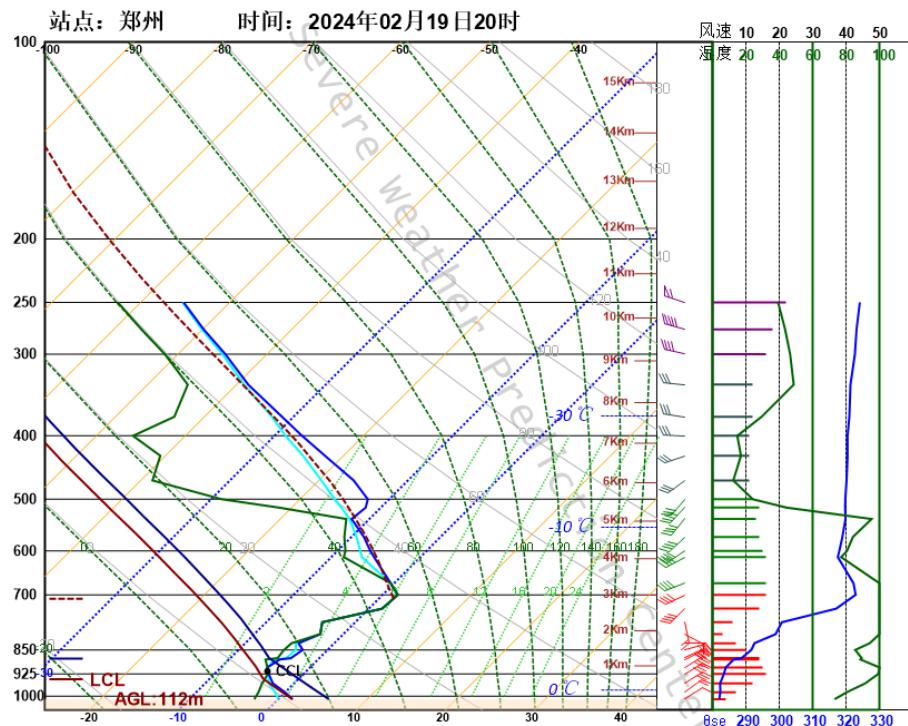


Figure 3. February 19th, 8:00 PM Zhengzhou Station Skew-T Log-P Diagram
图 3. 2 月 19 日 20 时郑州站探空图

6. 小结

1. 晋城电线积冰出现次数较少,空间分布不均匀,年际变化大。
2. 大气冷-暖-冷的垂直结构形成的冻雨是导致晋城多站出现电线积冰的主要原因。
3. 700 hPa 强劲的西南风带来暖湿空气、低层冷锋锋区是大气特殊垂直结构形成的明显特征,可为之后分析雨凇天气过程、更好地开展电力气象服务提供参考。

参考文献

- [1] 竺夏英,孙海林,钟海玲,等.2023 年中国气候异常特征及主要天气气候事件[J].气象,2024,50(2): 246-256.
- [2] 崔童,孙海林,张驰,等.2022 年夏季中国极端高温事件特点及成因初探[J].气象与环境科学,2023,46(3): 1-8.
- [3] 霍治国,李春晖,孔瑞,等.中国电线积冰灾害研究进展[J].应用气象学报,2021,32(5): 513-529.
- [4] 胡艳楠.高压电线积冰过程的气象条件分析及模拟研究[D]:[硕士学位论文].南京:南京信息工程大学,2016.
- [5] 李亚军,卫晋芳,张忠效,等.山西省不同导线电线积冰特征对比分析[J].科技与创新,2016(18): 20-21.
- [6] 李清华,常清,高珍,等.山西省电线积冰的气候特征及气象条件分析[C]//中国气象学会.第 35 届中国气象学会年会 S14 大数据、互联网、融媒体时代气象服务的创新与变革——第八届气象服务发展论坛.2018: 274-279.
- [7] 文继芬,贾然,彭宇翔.贵州电线积冰观测及其气象条件分析[C]//中国气象学会.第 34 届中国气象学会年会 S14 云降水物理与人工影响天气进展论文集.2017: 266-277.