



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 528—2019

气候可行性论证规范 架空输电线路抗冰 设计气象参数计算

Specifications for climatic feasibility demonstration—Meteorological parameter
statistics for anti-icing design of overhead transmission line

2019-12-26 发布

2020-04-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 抗冰设计资料收集 2

6 临时覆冰观测 3

7 输电线路抗冰设计气象参数计算 3

8 冰区等级划分 5

附录 A(资料性附录) 标准冰厚高度和线径订正 7

附录 B(资料性附录) 重现期冰厚微地形订正 8

参考文献 9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会(SAC/TC 540)提出并归口。

本标准起草单位:陕西省气候中心、中国气象局公共气象服务中心、武汉区域气候中心、西安市公共气象服务中心、广东省气象防灾技术服务中心。

本标准主要起草人:孙娴、宋丽莉、雷杨娜、周月华、徐军昶、王丙兰、黄浩辉、何晓媛。

气候可行性论证规范 架空输电线路抗冰设计气象参数计算

1 范围

本标准规定了气候可行性论证中架空输电线路抗冰设计气象参数的计算方法。
本标准适用于架空输电线路抗冰设计气象参数计算的气候可行性论证工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 35235—2017 地面气象观测规范 电线积冰

DL/T 5462—2012 架空输电线路覆冰观测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

架空输电线路 overhead transmission line

用绝缘子和杆塔将导线架设于地面上的电力线路。

注:在本标准中简称输电线路。

3.2

雨凇 glaze

过冷却液态降水碰到地面物体后直接冻结而成的坚硬冰层,呈透明或毛玻璃状,外表光滑或略有隆突。

注:参照 GB/T 35224—2017 的附录 A 的 A.14。

3.3

雾凇 rime

空气中水汽直接凝华,或过冷却雾滴直接冻结在物体上的乳白色冰晶物,常呈毛茸茸的针状或表面起伏不平的粒状,多附在细长的物体或物体的迎风面上,有时结构较松脆,受震易塌落。

注:参照 GB/T 35224—2017 的附录 A 的 A.15。

3.4

导线覆冰 conductor icing

雨凇、雾凇、雨雾凇混合冻结物和湿雪凝附在导线上的天气现象。

[Q/GDW 11004—2013,定义 3.1]

注:在本标准中简称覆冰。

3.5

标准冰厚 standard ice thickness

将不同密度、不同形状的覆冰厚度统一换算为密度 0.9 g/cm^3 的均匀裹覆在导线周围的覆冰厚度。

[Q/GDW 11004—2013,定义 3.2]

QX/T 528—2019

3.6

重现期冰厚 return period ice thickness

将标准冰厚按线路设计规定的重现期计算得到的冰厚。

3.7

覆冰期 icing season

从当年7月第一次覆冰过程开始,至下一年6月最后一次覆冰过程结束的时间。

3.8

参证气象站 reference meteorological station

气象分析计算所参照或引用的具有长年代气象观测数据的国家气象观测站。

注1:长年代一般不少于30年。

注2:国家气象观测站包括GB 31221—2014中定义的国家基准气候站、国家基本气象站和国家一般气象站。

[QX/T 469—2018,定义3.2]

4 符号

下列符号适用于本文件。

A :覆冰横截面积(包括导线),单位为平方毫米(mm^2);

a :覆冰长径(包括导线),单位为毫米(mm);

B :电力线标准冰厚,单位为毫米(mm);

B_n :标准冰厚,单位为毫米(mm);

c :覆冰短径(包括导线),单位为毫米(mm);

G :覆冰重量,单位为克(g);

I :覆冰周长,单位为毫米(mm);

K_d :微地形订正系数;

K_h :高度订正系数;

K_s :覆冰形状系数;

K_φ :线径订正系数;

L :覆冰体长度,单位为米(m);

R :覆冰半径(包括导线),单位为毫米(mm);

r :导线半径,单位为毫米(mm);

z :设计导线离地高度,单位为米(m);

z_0 :实测或调查覆冰附着物高度,单位为米(m);

ρ :覆冰密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);

α :幂指数;

φ :设计导线直径,单位为毫米(mm);

φ_0 :实测或调查覆冰的导线直径,单位为毫米(mm)。

5 抗冰设计资料收集

5.1 气象资料

5.1.1 输电线路沿线气象站基本资料:设站观测年限、历史沿革;地理信息(经度、纬度、海拔高度);覆冰期的常规气象观测及天气现象资料(气压、气温、降水、相对湿度、风、积雪、雾、雨淞、雾凇)。有电线积

冰记录的气象站,收集所有电线积冰记录和相应逐时气压、气温、降水、相对湿度、风速、风向等气象要素值以及覆冰过程的起止日期等。

5.1.2 输电线路沿线气象灾害天气资料:调查、收集对输电线路设计有影响的暴雪、大风、雨夹雪、冻雨、冰雹、雾、雨淞、雾淞等各类气象灾害记录和报告等。

5.2 覆冰资料

5.2.1 输电线路沿线已建输电线及通信线的覆冰情况,冰害事故记录和报告等。

5.2.2 输电线路沿线覆冰站点资料:覆冰站点地理地形特征,覆冰发生时间和持续日数等;沿线最大冰重的区域分布。

5.2.3 电网冰区分布图。

5.3 地形地貌资料

输电线路论证区域地理坐标、高程以及本地区典型的地形、地貌特征,如高山分水岭、垭口、湖泊、水库、河流、森林范围和风道等。

6 临时覆冰观测

6.1 观测原则

输电线路论证项目存在下述情况之一时,应在沿线进行短期覆冰观测,为输电线路冰区分析设计提供依据:

- a) 覆冰可能严重但无法通过已有资料调查得到覆冰情况;
- b) 线路经过覆冰区域,且有多条线路通过,覆冰资料难以满足设计需要;
- c) 特高压(1000 kV 交流线路或±1100 kV、±800 kV 直流线路)、750 kV 和重要的 500 kV 线路经过覆冰区域。

6.2 观测内容

6.2.1 连续覆冰过程及相关气象要素的观测,均应按照 GB/T 35235—2017 或 DL/T 5462—2012 执行。

6.2.2 观测过程中宜通过摄像系统对覆冰过程进行全程记录或拍照记录。

6.3 观测周期

观测时间应不少于 1 个覆冰期。若观测的覆冰资料代表性差时应延长观测时间。

7 输电线路抗冰设计气象参数计算

7.1 标准冰厚计算

7.1.1 初步计算

根据气象观测输电线路积冰数据,可采用下列三种计算方法计算标准冰厚:

- a) 有实测覆冰重量(G)时采用公式(1);

$$B_n = (G/0.9\pi L + r^2)^{0.5} - r \quad \dots\dots\dots(1)$$

- b) 有实测覆冰长径(a)和短径(c)时采用公式(2);

QX/T 528—2019

$$B_n = (\rho/3.6(ac - 4r^2) + r^2)^{0.5} - r \dots\dots\dots(2)$$

c) 有调查或实测覆冰半径(R)时采用公式(3);

$$B_n = (\rho/0.9(K_sR^2 - r^2))^{0.5} - r \dots\dots\dots(3)$$

公式(2)、公式(3)中的覆冰密度(ρ),有实测覆冰资料地区,根据观测的各类覆冰资料,选用公式(4)―(6)计算确定。根据实测长径(a)和短径(c)计算覆冰密度采用公式(4);根据覆冰周长(I)计算覆冰密度采用公式(5);根据覆冰横截面积(A)计算覆冰密度采用公式(6)。无实测资料的地区,覆冰密度可参考表 1 选用。

$$\rho = \frac{4G}{\pi L(ac - 4r^2)} \dots\dots\dots(4)$$

$$\rho = \frac{4\pi G}{L(I^2 - 4\pi^2r^2)} \dots\dots\dots(5)$$

$$\rho = \frac{G}{L(A - \pi r^2)} \dots\dots\dots(6)$$

表 1 各类覆冰的密度 ρ 范围

覆冰种类	雨淞	雾淞	雨雾淞混合冻结	湿雪
ρ g/cm ³	0.70~0.90	0.10~0.30	0.20~0.60	0.20~0.40
高海拔地区 ρ 应靠下限选用;低海拔地区 ρ 应靠上限选用。				

公式(3)中的 K_s 由当地实测覆冰资料计算分析确定,无实测资料地区可参考表 2 选用。

表 2 覆冰形状系数 K_s 范围

覆冰种类	覆冰附着物名称	K _s
雨淞、雾淞 雨雾淞混合冻结	电力线、通信线	0.80~0.90
	树枝、杆件	0.30~0.70
湿雪	电力线、通信线、树枝、杆件	0.80~0.95
小覆冰 K _s 靠下限选用;大覆冰 K _s 靠上限选用。		

7.1.2 高度和线径订正

需要将标准冰厚进行高度和线径订正,统一订正为离地 10 m、直径为 26.8 mm 导线的覆冰冰厚。订正公式见式(7)。

$$B = K_h K_\varphi B_n \dots\dots\dots(7)$$

其中,标准冰厚相关的系数 K_h、K_φ 的订正公式参见附录 A。

7.2 重现期冰厚计算

7.2.1 重现期冰厚初步计算

分下列不同情况对重现期冰厚进行初步计算:

- a) 输电线路沿线覆冰观测资料年代足够长(30 年以上),可采用概率统计法根据概率分布模型计算不同重现期冰厚。概率分布模型宜采用极值 I 型(Gumbel)分布。
- b) 输电线路沿线覆冰观测资料年代长度较短而周边气象站覆冰观测资料年代较长(30 年以上),

应通过建立输电线路沿线与气象站导线覆冰厚度的回归模型(经验统计模型),对覆冰资料进行长年代延长推算后,利用极值 I 型(Gumbel)分布进行不同重现期冰厚计算。

- c) 输电线路沿线覆冰观测资料及周边气象站覆冰观测资料年代长度均较短,应先通过建立气象站导线覆冰厚度与气象因子的回归模型,对气象站覆冰资料进行长年代延长,其次建立输电线路沿线覆冰观测资料与气象站延长后覆冰资料的回归模型,对覆冰资料进行长年代延长推算后,利用极值 I 型(Gumbel)分布进行不同重现期冰厚计算。
- d) 输电线路沿线覆冰观测资料年代较短而周边气象站无覆冰观测资料,应通过建立导线覆冰厚度与气象站气象因子的回归模型(经验统计模型),对覆冰资料进行长年代延长推算后,利用极值 I 型(Gumbel)分布进行不同重现期冰厚计算。计算步骤如下:
 - 1) 根据覆冰观测资料,选择该区域与导线覆冰密切相关的诸如气温、相对湿度、风速、水汽压和降水等气象观测资料,以及可能的地理因子(海拔高度、坡度、坡向等),相关气象资料宜选取电线覆冰日当日和前 1 日、前 2 日的逐日或逐时的观测资料;
 - 2) 利用多元逐步回归方法,进行电线覆冰资料和高影响气象因子、地理因子进行回归分析,建立标准冰厚与高影响气象因子和地理因子的回归方程。回归方程应通过显著性检验,以确保方程可以收敛;
 - 3) 根据气象因子回归方程,利用各年覆冰期高影响气象因子资料,计算该站历史覆冰序列资料;
 - 4) 对延长的长年代的覆冰资料采用概率统计法根据概率分布模型计算不同重现期冰厚。
- e) 输电线路沿线覆冰观测资料及周边气象站均无覆冰观测资料,可根据沿线参证气象站降雪量、湿雪量、雨淞日数、雾淞日数、积雪深度等相关气象要素以及沿线覆冰调查资料,推算重现期覆冰厚度。

7.2.2 微地形影响订正

重现期冰厚运用到输电线路沿线其他覆冰地点时,还需将 7.2.1 计算得到的不同重现期冰厚进行海拔高度等微地形等订正,计算不同海拔高度和微地形下的重现期冰厚。进行海拔高度订正时,以 7.2.1 计算得到的不同重现期冰厚作为标准值,根据海拔高度数据和覆冰数据,建立海拔高度间的指数或线性关系,计算不同海拔高度的重现期冰厚;特殊地形的微地形订正时,换算系数 K_d 由实测资料分析确定,无实测资料地区的换算系数可参照附录 B。

8 冰区等级划分

8.1 根据计算订正的不同重现期冰厚,按照表 3 进行冰区等级划分。

表 3 冰区等级划分

冰区分类	轻冰区		中冰区		重冰区			
重现期冰厚范围 mm	(0,5]	(5,10]	(10,15]	(15,20]	(20,30]	(30,40]	(40,50]	大于 50

8.2 冰区的分级级差:设计冰厚小于 20 mm 级差为 5 mm,设计冰厚大于或等于 20 mm 级差为 10 mm。覆冰存在地区的相似性和差异性特点,在概化的同一量级冰区内,覆冰量级基本相近,尽量避免划区过于零碎。

8.3 为了便于线路工程的概化设计,把同一气候区内海拔相近、地理环境类似(地貌、坡向、植被等情

QX/T 528—2019

况)、线路走向一致、覆冰特性参数基本相等、设计冰厚基本相同的地段划分为一个冰区。

8.4 沿线覆冰区等级划分按照冰区等级绘制。冰区分布图绘制参照 Q/GDW 11004—2013 的规则执行。

附 录 A

(资料性附录)

标准冰厚高度和线径订正

A.1 高度订正

订正公式见式(A.1):

$$k_h = (z/z_0)^a \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

a 为幂指数,表示了冰厚随高度变化的关系,综合反映了风速、含水量、捕获系数等随高度的变化。 a 应由不同高度实测覆冰资料 and 高度拟合确定,具体方法可参考《基于覆冰分析计算的输电线路路径优化》。计算时,应考虑 a 随风速的变化。无资料地区可取值 0.22。

A.2 线径订正

线径订正系数应根据实测资料分析拟合确定,具体方法可参考《导线覆冰厚度的直径订正系数》、《导线标准冰厚的直径订正系数实验研究》,无实测资料地区可参照式(A.2)订正。线径订正适用范围是设计导线直径小于或等于 40 mm。

$$k_\varphi = 1 - 0.14 \ln(\varphi/\varphi_0) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

QX/T 528—2019

附 录 B
(资料性附录)
重现期冰厚微地形订正

重现期冰厚的微地形订正参照表 B.1。在实际应用中,如遇到比较特殊的地形,需根据实际情况进行再次修正。

表 B.1 地形换算系数 K_d 范围

地形类别	K_d
冬季背风区、逆温频繁区、河谷地区	<1.0
一般地形	1.0
风口	2.0~3.0
迎风坡	1.2~2.0
山岭	1.0~2.0

参 考 文 献

- [1] GB/T 31221—2014 气象探测环境保护规范 地面气象观测站
- [2] GB/T 35224—2017 地面气象观测规范 天气现象
- [3] QX/T 469—2018 气候可行性论证规范 总则
- [4] Q/GDW 11004—2013 冰区分级标准和冰区分布图绘制规则
- [5] 巢亚锋,蒋兴良,毕茂强,等. 导线覆冰厚度的直径订正系数[J]. 高压电技术,2011,37(6): 1391-1397
- [6] Masoud Farzaneh. 电网的大气覆冰[M]. 黄新波等译. 北京:中国电力出版社,2010
- [7] 潘晓春,王爱平. 基于覆冰分析计算的输电线路路径优化[J]. 电力建设,2007,28(9):30-32,38
- [8] 王守礼,李家垣. 特殊地形小气候对送电线路的影响[M]. 北京:中国电力出版社,1999
- [9] 王守礼,李家垣. 电力气候[M]. 北京:气象出版社,1994
- [10] 王守礼,李家垣. 云南高海拔地区电线覆冰问题研究[M]. 昆明:云南科技出版社,1994
- [11] 杨加伦,朱宽军. 导线标准冰厚的直径订正系数实验研究[J]. 输配电技术,2015,36(3): 33-37
- [12] 中国气象局预报与网络司. 输电线路抗冰设计气候可行性论证技术指南:第1版[Z],2011
- [13] 中国气象局. 气象探测环境和设施保护办法:中国气象局第7号令[Z],2004年10月1日起施行

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
气候可行性论证规范 架空输电线路抗冰设计气象参数计算
QX/T 528—2019

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街 46 号
邮政编码:100081
网址: <http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京中科印刷有限公司印刷

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:1 字数:30 千字
2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

*

书号:135029-6112 定价:15.00 元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301