

风能太阳能开发项目选址气候可行性论证 技术指南

Technical guidelines for climate feasibility demonstration of site selection for wind
energy and solar energy development projects

2024-02-04 发布

2024-05-04 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由宁夏回族自治区气象局提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：宁夏回族自治区气候中心。

本文件主要起草人：孙银川、高睿娜、高娜、左河疆、王素艳。

风能太阳能开发项目选址气候可行性论证技术指南

1 范围

本文件规定了风能太阳能开发项目选址气候可行性论证的流程、准备、选址、报告编制、评审及提交报告的要求。

本文件适用于风能太阳能开发项目选址的气候可行性论证。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 18709-2002 风电场风能资源测量方法
- GB/T 18710-2002 风电场风能资源评估方法
- GB/T 31156-2014 太阳能资源测量总辐射
- GB/T 33698-2017 太阳能资源测量直接辐射
- GB/T 33699-2017 太阳能资源测量散射辐射
- GB/T 35231-2017 地面气象观测规范辐射
- GB/T 37526-2019 太阳能资源评估方法
- QX/T 117-2020 气象观测资料质量控制地面气象辐射
- QX/T 423-2018 气候可行性论证规范报告编制
- QX/T 469-2018 气候可行性论证规范总则
- QX/T 497-2019 气候可行性论证规范数值模拟与再分析资料应用
- DB64/T 1585-2019 风电场风能资源测量评估数据处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气候可行性论证 climatic feasibility demonstration

对与气候条件密切相关的规划和建设项目进行气候适宜性、风险性及可能对局地气候产生影响的分析、评估活动。

[来源：QX/T 469-2018, 3.1]

3.2

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。

[来源：QX/T 423-2018, 3.2]

3.3

风功率密度 wind power density

与风向垂直的单位面积中风所具有的功率。

注：以 W/m^2 为单位。

[来源：GB/T 18710-2002, 3.3]

3.4

风能密度 wind energy density

在设定时段与风向垂直的单位面积中风所具有的能量。

注：以 W/m^2 为单位。

[来源：GB/T 18710-2002, 3.4]

3.5

威布尔分布 Weibull distribution

风速的概率分布函数，分布函数取决于两个参数，控制分布宽度的形状参数和控制平均风速分布的尺度参数。

[来源：GB/T 18710-2002, 3.10]

3.6

风切变指数 wind shear exponent

通常用于描述风速剖面线形状的幂定律指数。

[来源：GB/T 18710-2002, 3.17]

3.7

湍流强度 turbulence intensity

风速的标准偏差与平均风速的比率。用同一组测量数据和规定的周期进行计算。

[来源：GB/T 18710-2002, 3.18]

3.8

水平面总辐照量 global horizontal irradiation

在给定时间段内水平面总辐照度的积分总量。

注：以兆焦每平方米 (MJ/m^2) 或千瓦时每平方米 (kWh/m^2) 为单位。

[来源：GB/T 37526-2019, 3.16]

3.9

直射比 direct horizontal irradiation ratio

水平面直接辐照量在水平面总辐照量中所占的比例。

注1：用百分比或小数表示。

注2：实际大气中，其数值在 (0, 1) 区间变化，越接近1，水平面直接辐射所占的比例越高。

[来源：GB/T 37526-2019, 3.26]

4 论证流程

风能太阳能开发项目选址气候可行性论证流程图见附录A。

5 论证准备

5.1 基本情况调研

对项目基本情况调研的内容应包括：

- 项目建设内容、性质、规模及平面布局情况；
- 项目场址周围的地形地貌特征；

- 项目场址及附近气象站的经纬度和海拔高度；
- 项目场址周边的气象灾害及灾情记录；
- 项目对气象资料的需求情况。

5.2 资料收集

对项目及相关行业资料收集的内容应包括：

- 项目情况调查资料，如项目建设内容、性质、规模及平面布局情况；
- 项目场址周围的地形地貌特征、基础地理数据（项目场址四周的经纬度、数字高程数据等地理信息数据）；
- 项目可行性研究报告或项目建议书、项目相关论证研究成果等；
- 与项目有关的行业规范、技术标准、导则等。

5.3 场址初步选取

5.3.1 根据项目规划范围和现有的风能太阳能资源分布图，从一个相对较大的区域中筛选出风能太阳能资源较好的开发区域。

5.3.2 通过现场勘探，结合地形地貌和树木等标志物，在万分之一地形图上确定风能太阳能电场的初步开发范围。

5.4 参证气象站选取

5.4.1 风能开发项目参证气象站选取

满足以下条件的邻近气象站可作为风能开发项目的参证气象站：

- 具有 30 年以上完整的测风记录；
- 具备完整的台站搬迁测风对比观测记录；
- 平均风速在 $3 \text{ m/s} \sim 25 \text{ m/s}$ 区间内，与测风塔相关性较好；
- 与项目区域处于同一气候区，下垫面特征相似，两地之间距离不宜超过 100 km。

5.4.2 太阳能电场参证气象站选取

满足以下条件的邻近气象站可作为太阳能开发项目的参证气象站：

- 具有最近 10 年以上的太阳能资源数据；
- 太阳能资源数据应包括各要素的逐月数据，宜包括：
 - 逐日数据，
 - 逐时数据，
 - 逐分钟数据；
- 太阳能资源数据应包括水平面总辐射数据，宜包括：
 - 法向直接辐射数据，
 - 水平面直接辐射数据，
 - 水平面散射辐射数据，
 - 日照时数数据，
 - 日照百分率数据；
- 与项目区域处于同一气候区，下垫面特征相似，两地之间距离不宜超过 100 km。

5.5 气象资料收集

按照以下内容对与项目相关的气象资料进行收集:

- 参证气象站气温、降水、气压、湿度、风向、风速、日照、辐射、能见度等气象资料的日数据,资料时间长度应不少于30年;
- 风能开发项目还应收集参证气象站连续30年的逐小时风速、风向和建站以来记录到的最大风速及其风向、极大风速及其风向数据;
- 太阳能开发项目还应收集参证气象站近10年以上的水平面总辐射等太阳能资源数据;
- 收集卫星遥感和探空观测等其他资料作为辅助补充资料。

5.6 现场观测

5.6.1 风能开发项目应按照 GB/T 18709-2002 的规定在拟定风电场场址中设立测风塔进行测风。现场测风获取至少连续一整年的不同高度层风速、风向、气温、气压和相对湿度实测时间序列数据。测风数据的完整率应达到90%。

5.6.2 太阳能开发项目应在拟定太阳能电场场址中设立太阳能辐射观测站,按照 GB/T 31156-2014、GB/T 33698-2017、GB/T 33699-2017、GB/T 35231-2017、QX/T 117-2010 的规定进行辐射观测。辐射观测数据应包括太阳能资源各要素至少1年的连续、完整数据,数据记录应至少包括小时值,小时值的有效数据完整率应不低于95%,且连续缺测时间不宜超过3天。

5.7 数据的检验与订正

5.7.1 应根据 GB/T 18710-2002 的规定,对现场测风数据的完整性和合理性进行检验,并根据参证气象站的长期观测数据,将检验后的现场测风数据订正为一套反映风场长期平均水平的代表性数据。

5.7.2 应根据 GB/T 37526-2019 的规定,对现场辐射观测数据的完整性和合理性进行检验,并根据参证气象站的长期观测数据,将检验后的现场辐射观测数据订正为一套反映太阳能电场长期平均水平的代表性数据。

6 选址论证内容

6.1 气候背景分析

对项目区区域气候背景分析应包括以下内容:

- 平均气压年际、年、日变化特征;
- 极端气压年际、年变化特征;
- 平均气温年际、年、日变化特征;
- 极端气温年际、年变化特征;
- 降水年际、年、日变化特征;
- 平均风速年际、年、日变化及风向频率年、季节变化特征;
- 最大风速和极大风速年际变化特征;
- 平均相对湿度年际、年、日变化特征;
- 最小相对湿度年际、年变化特征;
- 日照时数年际、年变化特征;
- 平均地面温度年际、年、日变化特征;
- 极端地面气温年际、年变化特征。

6.2 参数计算

6.2.1 风能开发项目应按 GB/T 18710-2002 中附录 B1、DB64/T 1585-2019 规定的方法计算拟选场址的空气密度、湍流强度、风切变指数、风功率密度、风能密度、威布尔分布参数、50 年一遇最大风速和极大风速。

6.2.2 太阳能开发项目应按 GB/T 37526-2019 规定的方法计算拟选场址的水平面总辐照量、水平面总辐射稳定度、太阳能资源直射比、地外太阳辐射和太阳总辐射经验公式。

6.3 气象灾害分析

6.3.1 风能开发项目应分析暴雨、暴雪、连阴雨、雷电、结（积）冰、大风、冰雹、沙尘等灾害性天气日数的年际、年变化特征。

6.3.2 太阳能开发项目应分析大风、雷电、结（积）冰、冰雹、暴雨、连阴雨、高温、低温、沙尘等灾害性天气日数的年际、年变化特征。

6.3.3 提出气象灾害对项目规划、建设和运营期安全及生产可能造成的影响。

6.4 项目建设可能对局地气候产生的影响分析

根据 QX/T 423-2018 中的规定，必要时，需分析说明项目实施对局地气候产生的影响。宜采用数值模式模拟风能太阳能开发项目建成后局地气温、风、湿度等气象要素的变化，评估建设项目对局地气候的影响。数值模拟方法应按 QX/T 497-2019 的规定进行。

6.5 场址对比分析

6.5.1 风能资源场址对比分析

6.5.1.1 根据风能开发项目场址的初步选取结果，按照附录 B.1 中的风能资源评估标准，对选取的每个场址的 10 m、30 m、50 m 等高度层的风能资源按以下内容开展对比分析：

- 月平均空气密度的年变化特征；
- 风速和风功率密度的年变化特征、日变化特征；
- 各风速段全年风速频率分布特征；
- 各风速段全年风能频率分布特征；
- 全年和逐月风向频率和风能密度方向分布特征；
- 各高度层层间风切变指数分布特征；
- 湍流强度特征；
- 威布尔分布特征；
- 50 年一遇最大风速和极大风速；
- 标准空气密度状况值特征。

6.5.1.2 根据各场址的气象灾害以及风能资源状况初步提出拟定的风电场场址。

6.5.2 太阳能资源场址对比分析

6.5.2.1 根据太阳能开发项目场址的初步选取结果，按照附录 B.2 中的太阳能资源评估标准，对选取的每个场址的太阳能资源按以下内容开展对比分析：

- 日照时数和日照百分率年际、年变化特征；
- 水平面总辐射、法向直接辐射、水平面散射辐射的年际、年变化特征，说明其总体变化趋势及可能原因；
- 水平面总辐射、法向直接辐射、水平面散射辐射的日变化特征，说明各种典型天气条件下辐照度变化范围；

- 水平面总辐射各辐照度区间出现的时次及能量占比，以及辐照度分布特征；
- 年水平面总辐照量及丰富等级；
- 水平面总辐射稳定度等级；
- 太阳能资源直射比等级。

6.5.2.2 根据各场址的气象灾害以及太阳能资源状况初步提出拟定的太阳能电场场址。

7 论证报告编制、评审及提交报告

7.1 论证报告编制应符合 QX/T 423-2018 的要求，编制依据充分，使用资料可靠，分析内容清晰，计算方法科学，结论客观明确，对策建议有针对性和可行性，能全面反映风能太阳能开发项目选址气候可行性论证工作。论证报告大纲见附录 C。

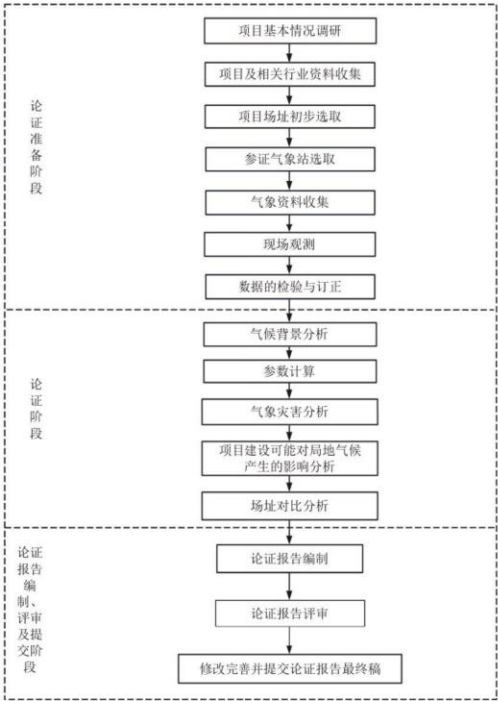
7.2 论证报告应按照 QX/T 469-2018 中的要求进行评审。

7.3 论证报告编制单位根据评审专家意见，修改完善并形成最终的风能太阳能开发项目选址气候可行性论证报告提交项目委托单位。

附录 A
(规范性)

风能太阳能开发项目选址气候可行性论证工作流程

A.1 风能太阳能开发项目选址气候可行性论证工作流程图



图A.1 风能太阳能开发项目选址气候可行性论证工作流程图

附 录 B

(规范性)

风能太阳能开发项目选址适用性评价标准

B.1 风电场风能资源评价标准

风功率密度蕴含风速、风速分布和空气密度的影响，是风电场风能资源的综合指标，因此风能开发项目的风能资源等级根据风功率密度划分，风功率密度划分标准参考GB/T 18710-2002，见表B.1。

表B.1 风功率密度等级表

风功率密度等级	10m		30m		50m		应用于并网风力发电
	风功率密度/(W/m ²)	年平均风速参考值/(m/s)	风功率密度/(W/m ²)	年平均风速参考值/(m/s)	风功率密度/(W/m ²)	年平均风速参考值/(m/s)	
1	<100	4.4	<160	5.1	<200	5.6	
2	100~150	5.1	160~240	5.9	200~300	6.4	
3	150~200	5.6	240~320	6.5	300~400	7.0	较好
4	200~250	6.0	320~400	7.0	400~500	7.5	好
5	250~300	6.4	400~480	7.4	500~600	8.0	很好
6	300~400	7.0	480~540	8.2	600~800	8.8	很好
7	400~1000	9.4	640~1600	11.0	800~2000	11.9	很好
注：1.不同高度的年平均风速参考值是按风切变指数为 1/7 推算的。2.与风功率密度上限值对应的年平均风速参考值，按海平面标准大气压及风速频率符合瑞利分布的情况推算。							

B.2 太阳能电场太阳能资源评价标准

太阳能开发项目的太阳能资源等级根据年水平面总辐照量、水平面总辐射稳定度、太阳能资源直射比这三个指标进行划分，划分标准参考GB/T 37526-2019，见表B.2~B.4。

表B.2 年水平面总辐照量（GHR）等级

等级名称	分级阈值/(MJ/M ²)	分级阈值/(kW·h/m ²)	等级符号
最丰富	$GHR \geq 6300$	$GHR \geq 1750$	A
很丰富	$5040 \leq GHR < 6300$	$1400 \leq GHR < 1750$	B
丰富	$3780 \leq GHR < 5040$	$1050 \leq GHR < 1400$	C
一般	$GHR < 3780$	$GHR < 1050$	D

表B. 3 水平面总辐射稳定度（GHRs）等级

等级名称	分级阈值	等级符号
很稳定	$GHRs \geq 0.47$	A
稳定	$0.36 \leq GHRs < 0.47$	B
一般	$0.28 \leq GHRs < 0.36$	C
欠稳定	$GHRs < 0.28$	D

注：GHRs表示水平面总辐射稳定度，计算时，首先计算代表年各月平均日水平面总辐照量，然后求最小值与最大值之比。

表B. 4 太阳能资源直射比（DHRR）等级

等级名称	分级阈值	等级符号	等级说明
很高	$DHRR \geq 0.6$	A	直接辐射主导
高	$0.5 \leq DHRR < 0.6$	B	直接辐射较多
中	$0.35 \leq DHRR < 0.5$	C	散射辐射较多
低	$DHRR < 0.35$	D	散射辐射主导

注：DHRR表示直射比，计算DHRR时，首先计算代表年水平面直接辐照量和总辐照量，然后求二者之比。

附录 C

(资料性)

风能太阳能开发项目选址气候可行性论证编制大纲示例

C.1 风能开发项目选址气候可行性论证编制大纲

1 概述

- 1.1 项目概况
- 1.2 工作目的
- 1.3 术语
- 1.4 编制依据

2 气候概况及场址初步选取

- 2.1 气候概况
- 2.2 场址的初步选取

3 参证气象站的选取与气象资料收集

- 3.1 参证气象站的选取
- 3.2 气象资料收集

4 项目区域气候背景分析

4.1 气压年际、年、日变化

- 4.2 气温年际、年、日变化
- 4.3 降水年际、年、日变化
- 4.4 风速年际、年、日变化及风向频率年、季节变化
- 4.5 相对湿度年际、年、日变化
- 4.6 日照年际、年变化
- 4.7 地面温度年际、年、日变化

5 现场测风数据的检验、订正与参数计算

- 5.1 测风数据的检验
- 5.2 数据的订正
- 5.3 参数计算

6 气象灾害分析

7 项目建设可能对局地气候产生的影响分析

8 风能资源场址对比分析

- 8.1 风速日变化
- 8.2 风速年变化
- 8.3 风速频率分布
- 8.4 风向频率分布
- 8.5 风切变指数与风速垂直廓线
- 8.6 湍流强度
- 8.7 50 年一遇最大风速及极大风速
- 8.8 空气密度
- 8.9 风能资源主要参数
- 8.10 风功率密度的日变化
- 8.11 风功率密度的年变化
- 8.12 全风速段各风向的风能分布

- 8.13 各风速等级下不同风向的风能密度分布率
- 8.14 各风速区间的风能分布率
- 9 多场址的风资源对比分析结论与建议

C.2 太阳能开发项目选址气候可行性论证编制大纲

- 1 概述
 - 1.1 项目概况
 - 1.2 工作目的
 - 1.3 术语
 - 1.4 编制依据
 - 2 气候概况及场址初步选取
 - 2.1 气候概况
 - 2.2 场址的初步选取
 - 3 参证气象站的选取与气象资料收集
 - 3.1 参证气象站的选取
 - 3.2 气象资料收集
 - 4 项目区区域气候背景分析
 - 4.1 气压年际、年、日变化
 - 4.2 气温年际、年、日变化
 - 4.3 降水年际、年、日变化
 - 4.4 风速年际、年、日变化及风向频率年、季节变化
 - 4.5 相对湿度年际、年、日变化
 - 4.6 日照年际、年变化
 - 4.7 地面温度年际、年、日变化
 - 5 现场辐射数据的检验、订正与参数计算
 - 5.1 现场辐射观测数据的检验
 - 5.2 数据的订正
 - 5.3 参数计算
 - 6 气象灾害分析
 - 7 项目建设可能对局地气候产生的影响分析
 - 8 太阳能资源场址对比分析
 - 8.1 各场址日照时数和日照百分率变化特征
 - 8.2 各场址太阳能资源总量及丰富程度等级
 - 8.3 各场址太阳能资源年际变化特征
 - 8.4 各场址太阳能资源年变化特征及稳定度等级
 - 8.5 太阳能资源日变化特征
 - 8.6 太阳能资源直射比等级
 - 8.7 太阳能资源评价
 - 9 多场址的太阳能资源对比分析结论与建议
-