



中华人民共和国国家标准

GB/T 43056—2023

沙漠光伏电站技术要求

Technical requirements for photovoltaic power station in desert areas

2023-09-07 发布

2024-01-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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	2
4 基本规定	3
5 基本资料	3
6 设备设施	5
7 施工	8
8 验收	10
9 运行维护	10
附录 A (资料性) 典型沙漠风积沙物理力学特性参数	13
附录 B (资料性) 防沙治沙植物材料	15
参考文献	16

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。

本文件由中国电力企业联合会提出并归口。

本文件起草单位：中广核太阳能开发有限公司、五凌电力有限公司、华为数字能源技术有限公司、中国电力科学研究院有限公司、中国长江三峡集团有限公司、华能江苏能源开发有限公司。

本文件主要起草人：靳志会、傅旭、李光明、张星、吴刚、徐华利、魏久凡、张超、吴福保、朱振军、柏贤生、陈志磊、陈辉、高二伟、方宏苗、吴晓锋、席东泽、刘彦东、梁言、万松、高拥兵、陈志勇、宗嵩、徐文超、高超、朱德豪。

沙漠光伏电站技术要求

1 范围

本文件规定了沙漠光伏电站的基本资料、设备设施、施工、验收和运行维护技术要求。
本文件适用于新建、扩建或改建的沙漠光伏电站的设计、施工、验收和运行维护。

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 1094(所有部分) 电力变压器
- GB/T 2423.37 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验L:沙尘试验
- GB/T 4796 环境条件分类环境参数及其严酷程度
- GB/T 4798.2 电工电子产品应用环境条件 第2部分:运输
- GB/T 19608.2 特殊环境条件分级 第2部分:干热沙漠
- GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定
- GB/T 21141 防沙治沙技术规范
- GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定
- GB/T 29320 光伏电站太阳跟踪系统技术要求
- GB/T 29321 光伏电站无功补偿技术规范
- GB/T 31366 光伏电站监控系统技术要求
- GB/T 34120 电化学储能系统储能变流器技术规范
- GB/T 34131 电力储能用电池管理系统
- GB/T 34936 光伏电站汇流箱技术要求
- GB/T 35694 光伏电站安全规程
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- GB/T 36547 电化学储能系统接入电网技术规定
- GB/T 37408 光伏发电并网逆变器技术要求
- GB/T 37526 太阳能资源评估方法
- GB/T 38335 光伏电站运行规程
- GB/T 42288 电化学储能电站安全规程
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB 50794 光伏电站施工规范
- GB/T 50796 光伏发电工程验收规范
- GB 50797 光伏电站设计规范
- GB 51048 电化学储能电站设计规范

- GB 51101 太阳能发电站支架基础技术规范
GB 55017 工程勘察通用规范
DL/T 5755 沙漠地区输电线路杆塔基础工程技术规范
NB/T 10100 光伏发电工程地质勘察规范
NB/T 10642 光伏电站支架技术要求
IEC 61215 地面用晶体硅光伏(PV)组件 设计鉴定和型式[Terrestrial photovoltaic(PV) modules—Design qualification and type approval]
IEC 61730 光伏(PV)组件安全鉴定[Photovoltaic(PV) module safety qualification]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沙漠地区 desert area

地面完全被沙所覆盖、植物非常稀少、雨水稀少、空气干燥的荒芜地区。

3.2

风积沙 aeolian sand

被风吹,且积淀的砂层。

[来源:DL/T 5755—2017,2.1.2]

3.3

流动沙丘 mobile sandy dune

完全裸露或只有稀少植被,在风力作用下,不仅有较强的风流沙活动,且整体也会顺风迁移的沙丘。

[来源:DL/T 5755—2017,2.1.4]

3.4

半固定沙丘 semi-fixed sandy dune

介于流动沙丘和固定沙丘之间的一种不稳定沙丘。

注:又称半流动沙丘。

[来源:DL/T 5755—2017,2.1.5,有修改]

3.5

机械沙障 mechanical sand barrier

为控制地表风沙运动,防止风沙危害,采用柴草、树枝、秸秆、板条、粘土、卵石及其他材料,在流动沙面上设置各种形式的障蔽物。

[来源:GB/T 21141—2007,3.15]

3.6

植物沙障 vegetative barrier for sandification control

为控制地表风沙运动,防止风沙危害,采用具有生命力的植物材料,在沙地表面设置各种形式的障蔽物。

[来源:GB/T 21141—2007,3.16]

3.7

平铺式沙障 flat sand barrier

在沙表带状或全面铺设抗风蚀材料,高度在 20 cm 左右的沙障。

[来源:GB/T 21141—2007,6.3.1]

3.8

条带状沙障 banded sand barrier

排列方向大致与主风向垂直的沙障。

[来源:GB/T 21141—2007,6.3.1]

3.9

网格状沙障 gridded sand barrier

由2个不同方向的带状沙障交织而成的沙障。

[来源:GB/T 21141—2007,6.3.1]

3.10

单带式防沙林带 single sandbreak forest belt

由1条林带构成,一般由乔木或灌木组成,若有灌木,将灌木配置于迎风面。

[来源:GB/T 21141—2007,5.2.3]

3.11

多带式防沙林带 multi sandbreak forest belt

由2条或2条以上单带构成,林带间距为成熟龄林树高的4倍~5倍。

[来源:GB/T 21141—2007,5.2.3]

3.12

啮齿动物 rodent

哺乳动物中种类最多、分布最广的一目动物。无犬齿,故门齿与前齿间有空隙。有上下门齿各一对,很发达,无齿根,终生不绝生长,常借啮物以磨短,繁殖迅速。

注:包括田鼠、家鼠、跳鼠、松鼠、河狸和豪猪等。

4 基本规定

4.1 沙漠光伏电站规划应根据可再生能源中长期发展规划、当地自然条件、太阳能资源、电网接入、电力消纳、沙漠治理及综合利用等因素确定。

4.2 沙漠光伏电站建设前宜在站址设立太阳能辐射观测站及气象观测站,观测站除进行常规观测外,宜进行反射辐照量的观测及地表沙子温度的观测。

4.3 沙漠光伏电站及其输电线路基础宜选址在未经治理的沙漠。

4.4 沙漠光伏电站设计宜考虑沙漠特殊气候条件、沙漠地面光线反射率、植被高度、沙丘移动、风蚀沙埋等环境因素。

4.5 沙漠光伏电站站址宜避开流沙、盐渍化严重地面及冲沟等不良地质区域和坎儿井、沙巷、暗渠、山(沟)口地面水流变迁的临近地段,并靠近现有公路。

4.6 沙漠光伏电站总体布置方案应结合沙丘坡度、沙丘稳定性、沙丘遮挡、场平工作量等因素,经技术经济比较后确定。

4.7 沙漠光伏电站宜选用具备智能运维功能的支架、汇流箱、逆变器及输变电设备,设备的选择及布置应符合沙漠运行环境条件,并利于检修维护。

4.8 防风固沙应结合沙漠光伏电站站址条件,采用物理治沙与植物治沙相结合的措施。

5 基本资料

5.1 太阳能资源

5.1.1 沙漠光伏电站应收集水平面总辐射、日照时数等太阳能资源,太阳辐射观测数据验证与分析应

符合 GB 50797 的规定。

5.1.2 沙漠光伏电站的太阳能资源评估应符合 GB/T 37526 的规定。

5.2 气象资料

沙漠光伏电站应收集至少一个完整年站址实测的环境温度与地表沙子温度,以及风速、风向与沙尘暴次数,数据采集与处理应符合 GB 50797 的规定。

5.3 工程地质资料

5.3.1 沙漠光伏电站的工程地质勘察资料的深度应符合 GB 55017 的要求,主要内容应包括:

- a) 场地地形、地貌、地层及地质构造、岩土性质及其均匀性;
- b) 场地各岩土层的物理力学性质指标;
- c) 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化、相关水文地质参数;
- d) 土和水的腐蚀性;
- e) 对工程危害的地质灾害。

5.3.2 沙漠光伏电站的专门性勘察资料的深度应符合 NB/T 10100 的要求,主要内容应包括:

- a) 表层结皮情况、植物种类及植被覆盖度等;
- b) 流动沙丘的类型、高度、间距、走向、密度和分布范围;
- c) 流动沙丘和丘间低地的干沙层厚度、颗粒组成、沙粒矿物成分等,典型沙漠地区风积沙的物理力学特性参数见附录 A;
- d) 下伏地层岩性;
- e) 天然建筑材料储量及分布情况。

5.4 生态环境

生态环境资料宜包括以下内容:

- a) 沙漠电站建设、生产和生活所需要的水资源情况;
- b) 沙漠电站建设所需要的土地资源情况;
- c) 耐旱和耐盐碱植物种类;群落分布规律和生长条件;植被繁衍、更新的可能性和手段;可用来固沙的乡土植物种类等生物资源生态特征及其覆盖程度。

5.5 接入条件

电力系统接入条件资料应包括以下内容:

- a) 电力发展规划,包括规划用电负荷、规划全社会用电量、规划供电方式、规划电网技术水平和规划电网覆盖;
- b) 拟建站址接入电网的拓扑图和电网输送能力、电压等级;
- c) 拟建站址接入电网的变电站数量、主变压器数量、总变电容量、间隔情况、用电负荷情况和扩容的可能性。

5.6 道路交通

道路交通资料应包括以下内容:

- a) 道路总体情况及其相关规划;
- b) 站外道路与设备及材料运输要求的符合性;
- c) 拟建站址内道路条件。

6 设备设施

6.1 一般规定

- 6.1.1 沙漠光伏电站设备的选择应遵守 GB 50797 的相关规定。
- 6.1.2 沙漠光伏电站设备应符合沙漠地区的沙尘特征、最高温度、最低温度、温差、环境水侵蚀等使用环境要求。
- 6.1.3 光伏支架和组件连接件的防腐层厚度应根据水文地质报告及 GB/T 19608.2 确定的化学活性物质条件和机械活性物质条件的严酷等级进行确定。
- 6.1.4 沙漠光伏电站监控系统技术要求应符合 GB/T 31366 的规定。
- 6.1.5 沙漠光伏电站的并网性能应符合 GB/T 19964、GB/T 29319 的规定。
- 6.1.6 设备现场储存和运输宜满足 GB/T 4798.2 规定的 2M4 等级要求。

6.2 光伏组件

- 6.2.1 组件类型应根据地面反射辐照量、双面组件的背面发电效率、支架跟踪形式、组件安装高度和倾角等因素对发电量的影响,经技术经济比较确定。
- 6.2.2 沙漠光伏电站应选用功率温度系数绝对值低的组件。
- 6.2.3 光伏组件的机械性能、电气性能和安全性能应符合 IEC 61215 和 IEC 61730 的规定。
- 6.2.4 光伏组件应在全寿命周期内满足当地沙尘磨蚀条件下的使用要求,沙尘试验应符合 GB/T 2423.37 的规定。
- 6.2.5 光伏组件最低点与地面的距离应根据地表植被对光伏组件发电的影响确定。

6.3 支架及基础

6.3.1 支架

- 6.3.1.1 光伏支架的结构类型、布置和构造设计应便于检查和维修,材料、结构和防腐蚀要求应符合 NB/T 10642 的规定。
- 6.3.1.2 倾角可调式光伏支架的转动构件应满足沙漠地区长期户外使用的要求。
- 6.3.1.3 光伏支架两侧端部应使用防尘帽封闭密封。

6.3.2 基础

- 6.3.2.1 光伏支架基础可采用板柱式基础、装配式基础或螺旋桩基础,当地下水位较高时,宜采用水泥桩基础,基础的技术要求应符合 GB 51101 的规定。
- 6.3.2.2 光伏支架基础稳定和基础承载力的计算应采用荷载的设计值,地基不均匀沉降和基础位移的计算应采用荷载的标准值。
- 6.3.2.3 光伏支架基础采用“土重法”计算基础上拔稳定时,其抗拔深度应扣除浮沙的厚度。
- 6.3.2.4 光伏支架位于地下水位以下的基础重度和风积沙重度应按浮重度计算。
- 6.3.2.5 光伏支架的基础附加分项系数 γ_i 可按表 1 规定的数值进行选取。
- 6.3.2.6 光伏支架基础应根据水土腐蚀程度采取相应的防腐蚀措施。

表 1 基础附加分项系数 γ_f

设计条件	上拔稳定		倾覆稳定	上拔、下压稳定
基础形式	重力式基础	其他各类型基础	各类型基础	灌注桩基础
γ_f	0.95	1.30	1.30	1.00
支架形式	固定式、跟踪式			

6.4 汇流箱

6.4.1 汇流箱应具备在沙漠极端温度、沙尘等环境因素的影响下正常运行的能力，汇流箱的机械性能、电气性能和安全性能应符合 GB/T 34936 的规定。

6.4.2 汇流箱应在 GB/T 19608.2 规定的对应环境条件严酷等级下稳定运行。

6.4.3 汇流箱防护等级不应低于 IP65。

6.4.4 汇流箱宜具备智能监控和数据通信功能。

6.5 逆变器

6.5.1 逆变器应具备在沙漠极端温度、沙尘等环境因素的影响下正常运行的能力，逆变器的机械性能、电气性能和安全性能应符合 GB/T 37408 的规定。

6.5.2 逆变器应在 GB/T 19608.2 规定的对应环境条件严酷等级下稳定运行。

6.5.3 户外型逆变器的金属外壳在正常使用情况下，全生命周期内不应出现裂纹或破裂等明显的退化迹象。

6.5.4 逆变器宜具备在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温时自启动的能力。

6.5.5 组串式逆变器宜具备直流端子温度检测功能，直流输入端子进灰或松动等引起温度过高时，宜自动告警或关机。

6.5.6 组串式逆变器防护等级不应低于 IP66，逆变升压一体机防护等级不应低于 IP55。

6.5.7 逆变器散热风扇防护等级不应低于 IP68，且宜具备主动除尘功能。

6.5.8 逆变器应具有直流侧自动关断能力，当逆变器内部发生直流短路或光伏组件串反向电流超标时可自动切断故障。

6.5.9 逆变器的直流输入电压范围应与组件串在最高和最低环境温度下的电压相匹配，且逆变器的启动电压应低于组件串在最高环境温度下的电压。

6.5.10 光伏组件与逆变器的容配比应根据沙漠运行环境条件、方阵布置、组件类型、跟踪形式、逆变器温度降额影响、光伏方阵的各项损耗及土地成本等因素，经技术经济比较后确定。

6.5.11 逆变器宜就近布置在站区道路两侧。

6.6 跟踪系统

6.6.1 跟踪系统的外观、结构强度、跟踪精度应符合 GB/T 29320 的规定。

6.6.2 跟踪系统的选型宜考虑安装地点的太阳能资源、场地条件、环境情况、气候特征等因素的影响。

6.6.3 跟踪控制系统和驱动系统应在 GB/T 19608.2 规定的对应环境条件严酷等级下稳定运行。

6.7 变压器

6.7.1 变压器应具备在沙漠极端温度、沙尘等环境因素的影响下正常运行的能力，变压器的机械性能、电气性能和安全性能应符合 GB/T 1094(所有部分)的规定。

6.7.2 变压器容量应结合逆变器功率因数、过载能力以及相同温度条件下其视在容量与逆变器额定容量相关关系等因素确定。

6.7.3 就地升压变压器的选择满足下列要求：

- a) 应具备电气隔离功能,不应采用自耦变压器；
- b) 宜选用自冷式、低损耗电力变压器；
- c) 宜选用预装式,变压器本体防护等级不应低于 IP65,高、低压室防护等级不应低于 IP54；
- d) 宜选用无励磁调压变压器；
- e) 宜选用全密闭式。

6.7.4 主变压器的选择满足下列要求：

- a) 相关参数宜按 GB/T 6451、GB/T 10228、GB 20052 的规定进行选择；
- b) 宜选用强制油循环风冷型、低损耗电力变压器,变压器的冷却方式应根据容量合理选择；
- c) 当无励磁调压电力变压器不能满足电力系统调压要求时,应采用有载调压电力变压器；
- d) 主变压器容量可按光伏电站的最大连续输出容量进行选取,且宜选用标准容量。

6.8 无功补偿系统

6.8.1 无功补偿系统应具备在沙漠极端温度、沙尘等环境因素的影响下正常运行的能力,无功补偿系统的电压偏差、无功容量、无功补偿装置、电压调节能力和无功电压控制系统、监测系统与考核应符合 GB/T 29321 的规定。

6.8.2 无功补偿系统配置应充分利用并网逆变器的无功容量及其调节能力,逆变器无功容量及其调节能力应符合 GB/T 37408 的规定。

6.8.3 无功补偿系统应依据环境条件、设备技术参数及沙漠地区特殊使用条件选择,采用集中式时,宜选用成套设备,补偿性能应符合 GB/T 29321 的规定。

6.8.4 集中式无功补偿系统宜采用水冷型室内布置型式,并宜考虑维护和检修方便。

6.8.5 无功补偿系统宜具备在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温时自启动的功能。

6.9 储能系统

6.9.1 并网沙漠光伏电站可根据电网需求、工程实际需要和技术经济性配置储能,满足消纳光伏弃电、改善电能质量,提供调频、调峰、无功支撑等电力辅助服务的要求。离网型沙漠光伏电站应配备储能系统,满足重要负载提供持续、稳定电力的要求。

6.9.2 沙漠光伏电站储能系统储能载体可选用电化学储能电池,电化学储能电池的类型选择应根据使用目的,经技术经济比较后确定。储能系统的选型和配置应遵守 GB 51048 的规定,接入电网技术要求应符合 GB/T 36547 的规定,储能系统安全要求应符合 GB/T 42288 的规定。

6.9.3 离网型沙漠光伏电站的储能电池容量配置应结合当地太阳能资源、气象条件、光伏方阵安装容量、负载用电负荷、连续阴雨天的供电保证和电能需求、电池充放电效率、电池使用环境温度以及电池设计寿命期容量衰减等因素确定。

6.9.4 离网型沙漠光伏电站的储能系统应具有黑启动的功能,满足支撑负荷连续运行小时数的要求。

6.9.5 储能系统用锂离子电池的技术要求应符合 GB/T 36276 的规定,储能系统用锂离子电池管理系统的功能应符合 GB/T 34131 的规定,储能系统的储能逆变器的技术要求应符合 GB/T 34120 的规定。

6.10 监测装置

沙漠光伏电站宜配备沙丘外观、基础沉降等监测装置,自动监测装置宜根据沙漠环境特点及便于取电的原则,布置在箱式变电站顶部、升压站建筑顶部等部位。

6.11 防雷接地

6.11.1 沙漠光伏电站应根据沙漠地区的环境特点,综合考虑光伏电站的容量、地区年雷暴强度、土壤地质条件和投资成本等因素,经技术经济分析和安全风险评估,确定相应防雷措施。

6.11.2 沙漠光伏电站的接地网结构和设备及装置防雷设计与接地应符合 GB/T 50065 的规定,沙漠光伏电站建筑物防雷应符合 GB 50057 的规定。

6.11.3 光伏方阵接地应连续、可靠,结合沙漠光伏电站季节变化导致的接地电阻值变化,接地电阻应小于或等于 $4\ \Omega$ 。

6.12 电缆、架空线路

6.12.1 沙漠光伏电站电缆的选择与敷设应遵守 GB 50217 的规定,并应采取防啃齿动物的措施。

6.12.2 沙漠光伏电站架空线路应符合 DL/T 5755 的规定。

6.12.3 流动沙丘和半固定沙丘区域中的线路杆塔不宜采用高低腿配置。

6.13 建(构)筑物

6.13.1 沙漠光伏电站建(构)筑物的布置应结合总体布置要求、站址地质条件、设备形式、电源进线方向、对外交通等因素确定,并满足工程管理、站房施工、设备安装与检修的需要,建(构)筑物的设计应符合 GB 50797 的规定。

6.13.2 建(构)筑物的门窗应避开沙漠主导风向。

6.13.3 各类建(构)筑物应有良好的自然通风条件。当自然通风条件达不到室内空气参数要求时,宜采用自然与机械联合通风、机械通风和局部空气调节等辅助通风方式。

6.13.4 建(构)筑物门窗应满足建筑物内通风、保暖和采光的要求。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 沙漠光伏电站的安装调试应遵守 GB 50794 的规定。

7.1.2 沙漠光伏电站施工前应制定防风固沙方案,施工过程中应采取环境保护措施,并避开沙漠季节性恶劣天气。

7.1.3 对于地震烈度 8 度及以上地区的基础,当厂址风积沙为饱和状态时,施工前应进行地基液化分析。

7.1.4 路基两侧应预留集电线路敷设走廊,集电线路开挖时应避免破坏道路和桩基础。

7.1.5 预埋件、穿线管、电缆沟等部位应采取防止流沙侵入封堵措施。

7.1.6 粗砂层地表区域或植被覆盖的区域不应作为堆弃沙场。临时堆沙应采取保护措施,永久性堆沙宜堆放在主导风向下风侧。

7.1.7 风积沙松散地质区不宜设置设备和材料堆场。

7.2 基础施工

7.2.1 光伏区基础施工宜连续作业,基坑开挖过程中,基坑边沿外一定范围内应无堆载、无人员活动、无设备放置。

7.2.2 基坑宜采用机械开挖及采用台阶式边坡和挡土板相结合的支护方式,放坡角度宜综合考虑沙丘移动等因素。当地下水对基础施工有影响时,应采取降水措施。

7.2.3 采用现浇混凝土支架基础时,打孔前应采取阴湿等防止塌陷措施。

7.2.4 箱式变电站、逆变升压一体机基础开挖、电缆沟开挖时应采取防止流沙倒灌措施,必要时增加挡土沙袋或增大开挖面积。

7.2.5 采用机械设备施工时,宜考虑机械设备运输、转移、落位点地基承载力、坡度要求、碾压影响范围及对防风固沙措施的影响等因素。

7.3 安装

7.3.1 设备安装前的前序土建工程应已完成并通过验收。

7.3.2 支架安装应在混凝土基础强度达到设计强度的 70%及以上时进行。

7.3.3 设备安装宜连续作业,遇特殊情况需要暂停安装时,应采取保护措施。

7.4 调试

7.4.1 沙漠光伏电站调试前应编制调试方案,并经审批通过。

7.4.2 设备和系统调试前,设备安装工作已完成并验收合格。

7.4.3 沙漠光伏电站调试应至少包括光伏组件串调试、跟踪系统调试、逆变器调试、二次系统调试以及整个系统的联调。

7.4.4 沙漠光伏电站调试完成后应编制调试报告。

7.5 防风固沙

7.5.1 沙漠光伏电站的防风固沙宜采用物理治沙和植物治沙,物理治沙可采用机械沙障和植物沙障;植物治沙措施包括种草及防沙林带,治沙措施应符合 GB/T 21141 的规定。

7.5.2 站址上风向及风口处宜采用平铺式沙障,沙障主要技术要求包括:

- a) 沙障材料可采用尼龙网类、枝条、板条、高秆作物的秸秆、芦苇、麦秆、稻草、草绳、沙袋、石块、粘土等;
- b) 沙障可采用网格状和条带状布置形式;
- c) 网格状沙障的网格大小宜根据风沙危害程度选择 1 m×1 m、1 m×2 m、2 m×2 m 等不同规格,芦苇、麦秆、稻草等材料的沙障网格大小宜为 1 m×1 m;
- d) 条带状沙障在坡度小于 4°的平缓沙地进行配置时,相邻两条沙障的距离应为沙障高度的 10 倍~20 倍,在坡度大于 4°时,下一列沙障的顶端应与上一列沙障的基部等高,沙障间距可按照式(1)进行计算:

$$D = H \times \cot\alpha \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

D ——沙障距离,单位为米(m);

H ——沙障高度,单位为米(m);

α ——沙面坡度,单位为度(°)。

7.5.3 光伏阵列区设备基础附近宜采用石块或粘土覆盖的措施进行防风固沙。

7.5.4 光伏阵列区其他区域的防风固沙措施宜采用种草,主要技术要求包括以下内容。

- a) 种草宜根据不同沙化土地类型区选择适宜的固沙草种,不同类型区适宜的固沙草种见附录 B 的表 B.1。
- b) 种草可采用撒播,小粒种子用于沙均匀拌种后撒播,播种量为 7.5 kg/hm²~15 kg/hm²;大粒种子直接撒播,播种量为 30 kg/hm²~45 kg/hm²。
- c) 种草应选择当地低矮草种,宜采用一年生草种与多年生草种混播,直根型、须根型、根茎型或根蘖型草种混播。
- d) 种草的种子播种期宜根据风沙危害程度和土壤水分条件选择春播或雨季播种。流沙地区撒

播,宜使种子在播种后 7 d~15 d 内得到自然覆沙。

7.5.5 升压站区的防风固沙措施宜采用防沙林带,主要技术要求包括:

- a) 防沙林带宜选用具有深根性、抗逆性强的树种,林带可采用两行灌木或小乔木组成,不同沙化土地类型区适宜的防沙林带树种见表 B.2;
- b) 防沙林带的配置类型宜根据风沙危害程度选择单带式或多带式,单带式防沙林带带宽 3 m~5 m,多带式防沙林带带宽 4 m~10 m,株距 1.5 m~2 m,行距 2 m~3 m。

7.5.6 施工道路两侧的防风固沙措施常用的措施包括平铺式沙障和植物沙障,平铺式沙障的要求见 7.5.2,植物沙障宜满足下列要求。

- a) 植物沙障材料可选用沙柳、黄柳、沙拐枣、花棒、杨柴的枝条和沙蒿植株等。
- b) 施工道路两侧的植物沙障配置宜采用网格状植物沙障。风沙活动较强的地段,灌木类网格大小 2 m×2 m,蒿草类 1 m×1 m;风沙活动较轻的地段,灌木类网格大小 3 m×3 m,蒿草类 2 m×2 m。
- c) 植物沙障的扦插宜在晚秋或早春进行,灌木类扦插深度宜在 50 cm~80 cm,蒿草类根系应置于湿沙层中。

8 验收

8.1 沙漠光伏电站验收

沙漠光伏电站的土建、设备安装调试及启动验收应遵守 GB/T 50796 的规定。

8.2 防风固沙验收

8.2.1 沙漠光伏电站防风固沙的物理治沙和植物治沙验收应遵守 GB/T 21141 的规定。

8.2.2 沙漠光伏电站的防风固沙措施不应应对电站发电量造成不利影响。

8.2.3 沙漠光伏电站的机械沙障应在布置 1 年后完好率不低于 70%,植物沙障应在布置 1 年后成活率不低于 40%。

8.2.4 沙漠光伏电站的人工种草 1 年后成活率不应低于 70%,种草 2 年后保存率不应低于 70%。

8.2.5 沙漠光伏电站的防沙林带在造林 1 年后的成活率、造林 2 年后的保存率的验收标准见表 2。

表 2 防沙林带验收合格标准

类型区	成活率/%	保存率/%
极端干旱、干旱沙化土地类型区(有灌溉条件)	≥85	≥80
北方干旱、半干旱沙化土地类型区	≥70	≥65
高原高寒沙化土地类型区(有灌溉条件)	≥80	≥75

9 运行维护

9.1 一般规定

9.1.1 沙漠光伏电站运行应结合电站环境特点及 GB/T 38335 的要求,编制现场运行规程。

9.1.2 沙漠光伏电站运行维护安全应遵守 GB/T 35694 的规定。

9.2 监测

- 9.2.1 沙漠光伏电站的运行监测应符合 GB/T 38335 的规定。
- 9.2.2 沙漠光伏电站的监测设备应可收集沙丘外观变化、基础沉降、组件沙尘遮挡情况等信息。
- 9.2.3 根据沙漠光伏电站监控系统对监测设备收集信息的分析,制定或调整运行维护计划。

9.3 操作

- 9.3.1 沙漠光伏电站的运行操作应遵守 GB/T 38335 的规定。
- 9.3.2 沙漠光伏电站现场户外操作应避开季节性恶劣天气。

9.4 巡视检查

- 9.4.1 沙漠光伏电站的巡视检查应遵守 GB/T 38335 的规定。
- 9.4.2 沙漠光伏电站应根据运行环境和设备特点,确定巡视检查项目、要求和频次。
- 9.4.3 检查升压站设备及组件,检修道路、排水沟、电缆沟的积沙情况。
- 9.4.4 检查桩基础、架空线路基础、箱变基础。
- 9.4.5 当发生设备异常、设备改造、脱网和遇到沙尘暴、高温、低温等极端天气时应进行专项巡视。
- 9.4.6 定期巡视检查防风固沙设施情况。

9.5 日常维护

- 9.5.1 沙漠光伏电站应按照运行环境和设备特点,确定日常维护的项目和要求。
- 9.5.2 光伏组件的日常维护应至少包括以下内容。
 - a) 根据灰尘对发电量影响及近期天气条件,及时对光伏组件进行清洗。组件清洗宜采用软化水,并选用节水方案。
 - b) 定期清扫光伏组件表面,沙尘暴后应及时对组件表面进行清扫。
 - c) 及时更换无法正常使用的组件。
 - d) 及时处理松动的紧固件。
- 9.5.3 光伏支架的日常维护应至少包括以下内容:
 - a) 定期检查螺栓和支架连接处,出现松动应及时维修;
 - b) 定期检查支架表面防腐层,出现开裂、脱落等情况时应及时维修;
 - c) 定期检查跟踪支架旋转轴、电机等传动机构,发现故障应及时维修;
 - d) 定期检查支架和设备基础,出现破损、裂纹等情况应及时维修。
- 9.5.4 汇流箱的日常维护应至少包括以下内容:
 - a) 汇流箱出现标识名称、编号牌脱落、外观破损时,应及时维修;
 - b) 汇流箱内部出现老化的元器件,应及时更换;
 - c) 定期检查汇流箱内部,出现积沙、密封损坏时应及时处理。
- 9.5.5 逆变器的日常维护应至少包括以下内容:
 - a) 内部标识名称、编号牌脱落、外观破损时,应及时维修;
 - b) 定期检查逆变器室,保持逆变器内部清洁、无积沙、无杂物。
- 9.5.6 定期清扫光伏发电系统设备滤网、光功率预测系统气象站等非密封设备的沙尘。
- 9.5.7 沙漠地区基础与支架连接件受损时,宜采用植筋、焊接、局部加固或拼接延伸等修复措施。
- 9.5.8 沙漠地区地基不能满足基础承载性能要求时,宜采用加大基础底面积或增加基础重量等修复措施。
- 9.5.9 桩基础、架空线路基础、箱变基础出现外漏应及时回填并用石块或粘土固沙。

9.5.10 基础积沙应及时清理,检查被掩埋基础或连接件的受损状况,根据受损程度选择修复或重建。

9.5.11 定期维护沙漠光伏电站的绿化工程。夏秋季节应采取修剪、清理草及灌木类植物等防止组件遮挡、降低火灾隐患措施。

9.5.12 沙障破损面积比例达到 60%时,需重新设置。

9.5.13 当人工植被出苗率不足时,应采用补植、补播、移密补稀等促进植被恢复措施。

附录 A

(资料性)

典型沙漠风积沙物理力学特性参数

我国典型沙漠风积沙地基的颗粒组成平均值及其分类见表 A.1。

表 A.1 我国典型沙漠风积沙地基的颗粒组成平均值及其分类

地名	沙粒粒径组成/%				不均匀系数 C_u	曲率系数 C_c	分类
	粗砂 mm	中砂 mm	细砂 mm	极细砂 mm			
	2~0.5	0.5~0.25	0.25~0.075	<0.075			
塔克拉玛干沙漠 (新疆南部)	0.1	6.3	79.5	14.1	2.2	1.2	细沙
古尔班通古特沙漠 (新疆北部)	0.4	23.9	71.1	4.6	2.2	1.1	细沙
库布齐沙漠	1.1	6.2	81.6	11.1	1.9	1.3	细沙
毛乌素沙漠	2.0	42.5	46.2	9.3	2.5	1.1	细沙
腾格里沙漠	3.0	10.6	83	3.4	1.6	1.0	细沙
河西走廊	—	—	94.3	5.7	1.6	1.1	细沙

我国典型沙漠风积沙地基物理性质和抗剪强度指标平均值见表 A.2。

表 A.2 我国典型沙漠风积沙地基物理性质和抗剪强度指标平均值

项目名称	塔克拉玛干沙漠 (新疆南部)	古尔班通古特沙漠 (新疆北部)	库布齐 沙漠	毛乌素 沙漠	腾格里 沙漠	河西 走廊
土粒 G_s	2.64	2.55	2.68	2.66	2.67	—
含水量 w %	2.5	4.0	3.2	2.2	2.3	1.5
天然重度 γ kN/m^3	15.6	16.3	16.4	16.0	15.9	16.5
干重度 γ_d kN/m^3	15.1	15.7	15.7	15.7	15.7	15.5
孔隙比 e	—	—	0.70	0.70	0.70	0.64
饱和度 S_d %	—	—	11.90	8.47	8.57	—
最大干重度 γ_{dmax} kN/m^3	16.6	16.6	18.0	18.5	18.2	16.5

表 A.2 我国典型沙漠风积沙地基物理性质和抗剪强度指标平均值 (续)

项目名称	塔克拉玛干沙漠 (新疆南部)	古尔班通古特沙漠 (新疆北部)	库布齐 沙漠	毛乌素 沙漠	腾格里 沙漠	河西 走廊
最小干重度 γ_{dmin} kN/m ³	13.4	14.1	13.0	13.5	13.1	14.2
最大孔隙比 e_{max}	0.60	0.56	0.48	0.44	0.47	—
最小孔隙比 e_{min}	1.02	0.85	1.06	0.97	1.04	—
相对密度 D_r	—	—	0.60	0.49	0.60	0.46
内摩擦角 $\phi/(^\circ)$	33.7	38.1	34.5	32.7	32.4	36.4

附录 B
(资料性)
防沙治沙植物材料

不同类型区适宜固沙草种见表 B.1。

表 B.1 不同类型区适宜固沙草种

类型区	适宜固沙草种
极端干旱、干旱沙化土地类型区	籽嵩、沙米、虫实、骆驼刺、芨芨草、草木樨状黄芪、沙竹、草麻黄、白沙嵩、沙打旺、甘草、木地肤
北方干旱、半干旱沙化土地类型区	差把嘎嵩、沙打旺、草木樨状黄芪、紫花苜蓿、草木樨、鹰咀紫云英、扁蓿豆、白茅、达乌里胡枝子、铁扫帚、沙竹、冰草、籽嵩、油嵩、褐沙嵩、披碱草、蒙古冰草
高原高寒沙化土地类型区	白沙嵩、沙打旺、披碱草、芨芨草、草木樨

防沙林带主要树种见表 B.2。

表 B.2 防沙林带主要树种

类型区	适宜树种	
	乔木	灌木
极端干旱、干旱沙化土地类型区	胡杨、新疆杨、箭杆杨、二白杨、小黑杨、小叶杨、俄罗斯杨、白榆、沙枣	怪柳、沙拐枣、柠条、花棒、沙棘、紫穗槐、梭梭 ^a
北方干旱、半干旱沙化土地类型区	新疆杨、小黑杨、小钻杨、樟子松、油松、河北杨、合作杨、群众杨、白榆、刺槐、刺榆	柠条、花棒、杨紫、沙柳、黄柳、紫穗槐、小叶锦鸡儿、胡枝子、沙棘、四翅滨藜、荆条、酸枣、籽嵩 ^b 、差巴戈嵩 ^b 、油嵩 ^b
高原高寒沙化土地类型区	小叶杨、青杨、新疆杨、沙枣	乌柳、甘蒙锦鸡儿、枸杞、西藏沙棘、怪柳、梭梭、柠条、白刺、沙拐枣
^a 为小乔木。 ^b 为半灌木。		

参 考 文 献

- [1] GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求
 - [2] GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求
 - [3] GB 20052 电力变压器能效限定值及能效等级
-