

ICS 93.080.01

CCS A 87

DB 37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4516—2022

高速公路边坡光伏发电工程技术规范

Technical code for photovoltaic engineering construction of Expressway Sloper

2022 - 06 - 20 发布

2022 - 07 - 20 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 项目选址 2

6 技术要求 2

7 施工交通组织 5

8 监控测量 5

9 环境保护与水土保持 5

附录 A（资料性） 高速公路边坡光伏发电工程建设流程 7

附录 B（资料性） 施工作业控制区布置 8

附录 C（资料性） 施工现场安全标志及安全警示设施 9

参考文献 10

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。

本文件由山东省交通运输厅、山东省公安厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

引 言

为贯彻落实国家“碳达峰、碳中和”重大战略决策，促进可再生能源、清洁能源利用，推进交通基础设施网与运输服务网、信息网、能源网融合发展，助力绿色低碳交通发展，推动高速公路边坡光伏工程规模化建设，编制本文件。

高速公路边坡光伏发电工程技术规范

1 范围

本文件规定了高速公路边坡光伏发电工程的基本规定、项目选址、技术要求、施工交通组织、监控测量、环境保护与水土保持的要求。

本文件适用于既有高速公路边坡光伏发电工程建设。新建、改扩建高速公路参照执行。

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 38335 光伏电站运行规程
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB 50794 光伏电站施工规范
- GB 50797 光伏电站设计规范
- GB 51101 太阳能发电站支架基础技术规范
- JTG/T D33 公路排水设计规范
- JTG D81 公路交通安全设施设计规范
- JTG H30 公路养护安全作业规程
- DB37/T 3366 山东省涉路工程技术规范

3 术语和定义

GB 50794、GB 50797和GB 51101界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高速公路边坡 highway slope

由高速公路开挖或填方施工，在路基横断面两侧与地面形成的坡面，包括路堑边坡和路堤边坡。

注：与公路平行方向为边坡纵向，简称纵向；与公路垂直方向为边坡横向，简称横向。

3.2

路堤边坡 embankment slope

高于原地面的填方路基的边坡。

3.3

光伏组件 PV module

具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的、最小不可分割的太阳电池组合装置，又称太阳电池组件(solar cell module)。

[来源：GB 50797—2012，2.1.1]

3.4

螺旋桩 helical pile

桩杆上连接一个或多个螺旋状叶片,并通过在桩顶施加扭矩旋拧钻入土中形成的一种可承受竖向和水平向荷载作用的桩。

[来源: GB 51101—2016, 2.1.8]

3.5

光伏支架 PV supporting bracket

光伏发电系统中为了摆放、安装、固定光伏组件而设计的专用支架,简称支架。

[来源: GB 50794—2012, 2.0.3]

3.6

逆变器 inverter

光伏发电站内将直流电变换成交流电的设备。

[来源: GB 50794—2012, 2.0.7]

3.7

箱式变电站 box-type substation

将电力变压器、高压和低压开关及控制设备等集成到箱体内的整体式变配电设备。

4 基本规定

4.1 高速公路边坡光伏发电工程设计及施工应考虑交通事故及二次事故影响,识别安全应急风险,并制订应急预案。

4.2 应结合环境保护和水土保持要求,从高速公路边坡光伏发电工程全生命周期角度,考虑其建设及运行对环境的影响。

4.3 光伏电站设计在满足安全性和可靠性的同时,宜采用绿色、环保、节能、低碳的材料与设施。

4.4 高速公路边坡光伏发电工程主要流程包括设计、施工与验收,应加强流程实施相关方之间的信息沟通与协调,建设流程参照附录 A。

5 项目选址

5.1 应对项目建设路段工程地质情况进行勘探和调查,根据地形地貌特征、水文特征、结构和主要地层的分布及物理力学性质等选取项目建设路段。

5.2 应充分考虑光资源利用率和眩光安全性,宜选择东西走向直线段向阳侧边坡和不产生眩光影响的曲线段向阳侧边坡进行工程建设。

5.3 应充分考虑施工、运营安全性及施工难度,宜选择路堤边坡进行项目建设。

5.4 应充分考虑路基边坡地质条件,宜选取填土路基及混填路基进行项目建设。

5.5 应充分结合边坡本身植被情况,宜选择少树木或无树木的边坡进行项目建设,并应建模确认 9:00—15:00 时段内边坡内外构筑物 and 树木等对光伏组件无阴影遮挡。

5.6 应充分考虑路段交通流量和交通事故情况,宜选择流量小、交通事故少的路段进行项目建设。

5.7 应考虑边坡排水及耐冲刷需求,宜选择具备集中排水系统或易于进行排水改造的边坡进行项目建设。

5.8 建设自发自用、余电上网的边坡光伏发电工程,宜选择高速公路服务区、隧道、收费站等大用电量场景的临近路段边坡;建设全额上网的边坡光伏发电工程,宜选择并网条件便利的路段边坡。

6 技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 应按照 DB37/T 3366 要求,对边坡光伏发电工程设计方案进行涉路评价,并按涉路评价结果进行高速公路护栏、边坡排水系统设计。护栏防护等级应满足 JTG D81 的规定,边坡排水系统设计应满足 JTG/T D33 的规定。
- 6.1.2 宜采用安全性高的新工艺、新材料对暴露于组件方阵以外的支架、支架基础、钢结构棱角等实施安全防护措施。
- 6.1.3 项目施工不应破坏高速公路边坡原有设施的基本功能。
- 6.1.4 应减少土石方挖填施工,降低对地表植被和表层土的破坏;应减少开挖施工对边坡及道路基础的影响,保证公路路基稳定。
- 6.1.5 应按照 GB 50797 要求,对边坡光伏发电工程进行过电压保护、防雷接地和消防设计。
- 6.1.6 工程使用启动前,应进行系统调试,并对植被及施工表面恢复补救情况、交通安全设施、排水设施功能、结构稳定性、设备布置及运行、电气和线路安全性等进行必要检查。

6.2 支架基础

- 6.2.1 应根据所选路段的岩土工程勘察结果,进行支架基础设计。
- 6.2.2 应减少支架基础施工对边坡稳定性产生的不良影响,宜采用螺旋桩等破坏性小的支架基础型式。
- 6.2.3 螺旋桩支架基础型式相关技术要求,包括但不限于:
 - a) 为设计提供依据的试验应在设计前进行,基桩载荷试验、锚杆的抗拔试验及平板载荷试验等应加载至破坏或设计要求值。支架基础竖向拉力值应根据 GB 50009 中 50 年一遇的风荷载数值取值,结构建模计算确定;
 - b) 通常采用便携式旋紧机进行打桩作业,如遇钻进困难可预成小孔后再旋拧,预成孔孔径不应超过桩杆直径;
 - c) 螺旋桩施工完毕后,应测量螺旋桩位置,当桩位偏差大于 30 mm 或大于桩直径的 10 % 时,应进行纠偏,并用素土或砂浆等填充材料回填螺旋桩与边坡之间的缝隙。

6.3 支架

- 6.3.1 高速公路边坡光伏可选用刚性支架、柔性支架或一体化安装等形式,宜采用刚性材料较少的柔性支架等安装方式。
- 6.3.2 支架的风荷载、雪荷载和温度应力应按 GB 50009 中 50 年一遇的荷载数值取值。
- 6.3.3 应根据不同地区的实际环境确定支架的防腐处理要求,可采用热浸镀锌或镀镁铝锌等方式进行表面处理。
- 6.3.4 支架安装施工宜采用螺栓连接方式,组件与支架之间螺栓的螺杆朝向地面。
- 6.3.5 应保证支架立柱与支架基础连接牢固,纵横两向排布于同一直线上,且同一阵列内立柱顶点位于与边坡平行的同一倾斜面内。以倾斜面为基准,支架的高度偏差应不大于 5 mm。
- 6.3.6 采用刚性支架时,应确保同一光伏方阵内各横梁相互平行,连接点不应位于两块光伏板空隙之间。
- 6.3.7 采用柔性支架时,结合边坡地形进行结构设计,支架柱间跨度不小于 5 m。组件安装前使用专用锚具对钢绞线进行预张拉,确保钢索不会出现明显下沉与偏移,单根拉锁长度不宜超过 120 m。

6.4 组件

- 6.4.1 组件的选择应满足高效、防火的基本功能,宜采用低眩光的无边框或无玻璃光伏组件。
- 6.4.2 应结合边坡利用率、光伏建设容量、电缆用量等确定组件安装方向。
- 6.4.3 光伏方阵上缘与高速公路土路肩外边缘沿坡面的直线距离不小于 1.5 m;光伏组件与坡面垂直距

离应为 $0.5\text{ m} \pm 0.1\text{ m}$ ，确保边坡草皮与组件无接触；边坡纵向相邻组件阵列间应设置宽度不小于 1 m 的检修通道；边坡横向每隔两排组件设置一条维护通道，通道宽度应不小于 0.5 m 。

6.4.4 将光伏组件与光伏支架牢固组装，并确保组件不会对电缆产生挤压。

6.4.5 采用横向自下而上，纵向自方阵一侧向另一侧的方式安装光伏组件。

6.4.6 同一光伏方阵内，组件间的间隔距离不小于 20 mm 。

6.4.7 同一光伏方阵内的光伏组件应在与边坡平行的同一倾斜面内，光伏组件倾斜角度偏差允许范围为 $\pm 1^\circ$ ，相邻光伏组件间的边缘高差不大于 2 mm ，同组光伏组件间的边缘高差不大于 5 mm 。

6.5 逆变器

6.5.1 应选用具备频率异常耐受能力、高低电压穿越能力、系统异常电压耐受能力、防孤岛保护能力等功能的逆变器，必要时选用具备组串智能分断功能的逆变器。

6.5.2 应结合光伏方阵排布、电缆用量、线损、箱式变电站布置方案、外线接入方案等确定逆变器安装位置，且不应对应光伏组件形成光线遮挡。

6.5.3 宜采用壁挂方式将逆变器安装于坡脚位置，逆变器与地面的垂直距离不小于 1 m ，壁挂支架基础外沿与排水沟净距不小于 0.5 m ，逆变器安装不应破坏原排水系统。

6.5.4 电缆与逆变器连接前，应检查电缆绝缘性，并校对电缆相序和/或极性。

6.5.5 采用套管将逆变器直流进线缆与交流出线缆接入地面，对直流电缆进行组串标号，对交流电缆编号并挂标识牌。

6.5.6 应在逆变器明显位置设置防触电警示标识。

6.6 箱式变电站

6.6.1 箱式变电站建设应考虑环境保护及安全防护需求，宜选择干式变压器。

6.6.2 应结合边坡高度、高速公路隔离栅外土地性质等因素，确定箱式变电站的安装位置，宜安装在高速公路隔离栅以外。

6.6.3 确需将箱式变电站安装于隔离栅以内时，相关技术要求包括但不限于：

- a) 应结合光伏方阵排布、接入方案、线缆用量、走线便利性等，确定箱式变电站安装位置，宜放置于电网接入点附近，箱式变电站不应对应光伏方阵造成光线遮挡；
- b) 应结合基础承载力、边坡抗雨水冲刷能力及水土保持需求，预留边坡导水通道，设计箱式变电站基础；
- c) 箱式变电站应安装于坡底位置，安装完成后的箱体最高点宜低于高速公路路面，箱体最低点与地面的间距应不小于 0.4 m ，且保证箱体水平；
- d) 应围绕箱式变电站搭建检修平台，检修平台应设置防护围栏，围栏高度不低于 1 m ，应设置检修扶梯与检修平台连接，并在高速公路隔离栅处预留维修通道。

6.6.4 应加强箱式变电站安装区域的安全防护，必要时提升公路护栏等级，并在箱式变电站的明显位置设置防触电警示标识。

6.7 电缆

6.7.1 电缆选择与敷设满足 GB 50217 的规定，宜采取穿管埋地敷设方式，应在边坡下沿敷设电缆，埋地深度应不小于 0.8 m ，直埋电缆与排水沟净距不小于 0.5 m ；遇不易开挖的边坡路段可采取桥架敷设方式，桥架宜布置于坡脚位置，应预制桥架基础架空桥架，桥架与地面的距离不小于 0.1 m 。

6.7.2 敷设前应复核电缆型号、规格、电压等级等，并检查电缆外观及盘上电缆端头密封性。

6.7.3 电缆敷设前，沿电缆敷设路径检查电缆桥架、支架、电缆保护管等，并确认各单元区域的设备位号和平面位置符合设计要求。

6.7.4 电缆与公路交叉时，应采用非开挖方式敷设，并设置保护套管。高速公路、一级公路套管顶覆土深度不小于 2 m，二级及以下公路套管顶覆土深度不小于 1.8 m。

6.7.5 不应出现电缆外露情形，应对垂落的线缆进行捆扎固定，捆扎间距不大于 0.3 m，防止直接垂落于坡面。

6.7.6 应沿电缆敷设路径的直线间隔 100 m、转弯处和接头部位，竖立明显的方位标识或标桩。

6.8 接入系统

6.8.1 光伏发电工程接入电网应满足 GB/T 38335 的有关规定。

6.8.2 光伏发电工程接入电网的电压等级应根据光伏电站的容量及电网的具体情况，经技术经济比较后确定，宜采用 10 kV 及以下电网等级接入。

6.8.3 光伏发电工程应具备与电力调度部门进行数据通信的能力，并网双方的通信系统应符合电网安全经济运行对电力通信的要求。

6.8.4 应充分考虑周边电网接入条件及要求，确定光伏发电工程接入点位，宜按就近并网原则将边坡光伏发电工程与边坡外并网点建立快速通道。

6.8.5 配电柜、计量柜等带电设施放置于边坡以外，应架高安装并采取隔离措施，并在明显位置设置警示标识。

7 施工交通组织

7.1 应编制施工交通组织方案及应急管理预案，并有效实施，确保施工和行车安全，减少封闭时间及施工对交通的影响，不宜对周边路网造成交通压力。

7.2 应按照 JTG H30 的要求，采用封闭硬路肩交通组织方式布设交通控制设施，施工作业控制区布置参照附录 B。施工作业前，应顺交通流方向布设交通控制设施；作业完成后，应逆交通流方向撤除相关安全设施，恢复正常交通。

7.3 施工期间应加强安全管控，落实施工安全和交通保障措施，重要位置设置安全提示，施工现场安全标志及安全警示设施参照附录 C。

7.4 夜间及雨雪天气不应进行施工作业，需实施夜间应急管理时，应使用带有反光功能的安全设施。

8 监控测量

8.1 应配备高速公路边坡光伏发电能效监测系统，对系统运行情况、发电量（年、月、日）、逆变器组串电压和电流等能效指标进行监控与统计。

8.2 应配备远程实时视频监控系统，对光伏发电工程、工程建设路段道路状况等场景进行在线监控，传输的图像质量不宜低于 4CIF(704×576)，视频图像信息存储时间不应少于 30 d。

8.3 采用现场巡检、仪器监测等方法 and 手段，获取监测对象的安全状态、变化特征及发展趋势等信息，加强数据分析与利用。

8.4 按照电网公司的调度管理要求，配备光伏发电工程监测系统。

9 环境保护与水土保持

9.1 应结合道路景观需求，统筹光伏发电工程的整体布置与规划。

9.2 应确保因项目施工所导致的土方开挖、路面破坏等临时性破坏情形得到有效恢复。

- 9.3 施工中应尽量减少对边坡植被的破坏，并应充分评估植被破坏对边坡抗冲刷能力的影响，施工结束后及时修复植被，并对边坡植被生长情况进行跟踪观测。
- 9.4 施工完毕后，应及时拆除临时设施，恢复既有地貌。
- 9.5 应减少施工污水、废油、废气等污染物的排放，对废弃物进行有效处理。

附 录 A
(资料性)

高速公路边坡光伏发电工程建设流程

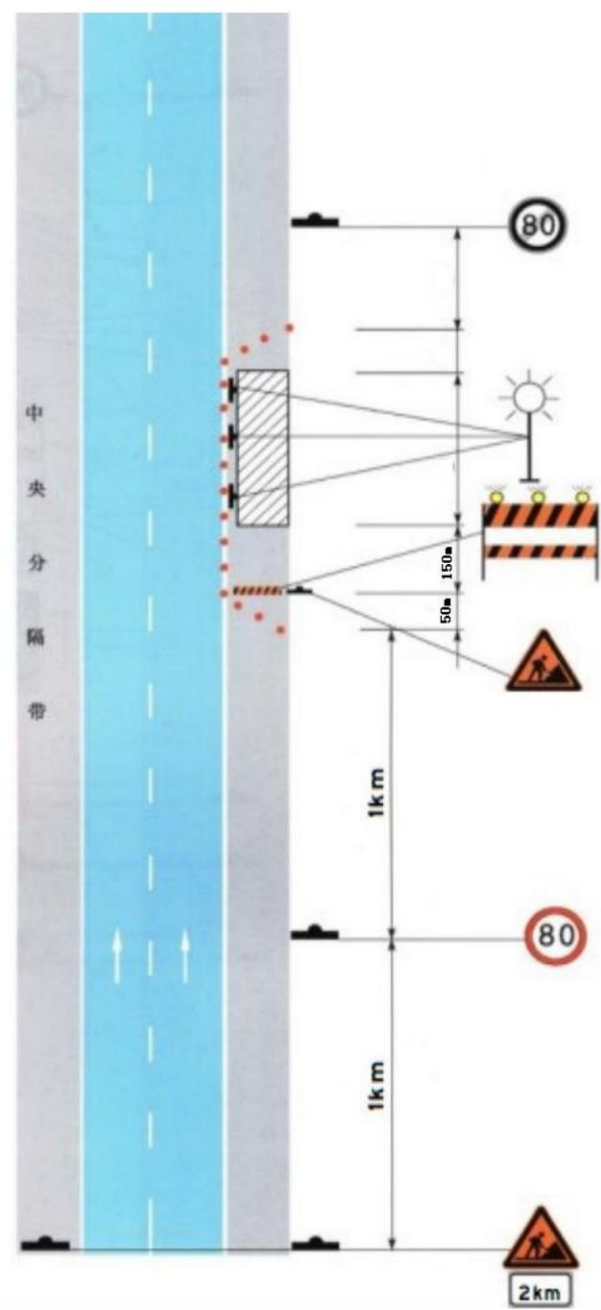
表A. 1给出了高速公路边坡光伏发电工程建设的主要流程及相关说明。

表A. 1 高速公路边坡光伏发电工程建设流程

阶段	流程	其他说明
设计	项目选址 ↓ 地勘测绘 ↓ 技术设计 ↓ 评价	1、设计主要包括光伏系统设计、涉路工程设计、涉路工程交通组织设计等。 2、评价主要包括涉路工程设计评价、施工安全评价、交通组织设计评价等。
施工	支架基础 ↓ 支架安装 ↓ 组件安装 ↓ 逆变器安装 ↓ 高压设备安装 ↓ 接入并网 线缆敷设	施工过程还涉及交通组织及部署、边坡表面处理与修复、防（排）水处理和修复、建立交通安全设施、能效监控系统安装等支持性流程。
验收	验收	验收包括单位工程验收、工程启动验收、工程试运和移交生产验收、工程竣工验收等。

附录 B
(资料性)
施工作业控制区布置

图B. 1给出了高速公路边坡光伏发电工程施工过程交通组织布置方式（以设计时速100 km/h计）。



图B. 1 施工作业控制区布置

附录 C
(资料性)

施工现场安全标志及安全警示设施

表C. 1给出了高速公路边坡光伏发电工程施工过程涉及的主要安全标志标识。
表C. 2给出了高速公路边坡光伏发电工程施工过程涉及的常用警示设施。

表C. 1 施工现场主要安全标志

标志	名称	规格
	施工距离标志 施工长度标志	三角形边长 1.3 m
	限速标志	外径 1.2 m
	解除限速标志	外径 1.2 m

表C. 2 施工现场常用安全警示设施

标志	名称	规格
	摇旗机器人	高 2 m
	警示频闪灯	黄色、蓝色相间闪光，可视距离 ≥ 150 m
	回转灯	红蓝闪光可视距离 ≥ 150 m
	附设警示灯的路栏	长方形：长 $\times$ 宽 = 1.9 m $\times$ 1.4 m
	交通锥	高度 ≥ 0.9 m

参 考 文 献

- [1] GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
 - [2] GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
 - [3] GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
 - [4] GB/T 15543 电能质量 三项电压不平衡
 - [5] GB/T 17467 高压/低压预装式变电站
 - [6] GB/T 18226 公路交通工程钢构件防腐技术条件
 - [7] GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定
 - [8] GB/T 32512 光伏电站防雷技术要求
 - [9] GB/T 33593 分布式电源并网技术要求
 - [10] GB/T 35694 光伏电站安全规程
 - [11] GB/T 37408 光伏发电并网逆变器技术要求
 - [12] GB 50153 工程结构可靠性设计统一标准
 - [13] GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准
 - [14] GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
 - [15] GB 50172 电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范
 - [16] GB 50227 并联电容器装置设计规范
 - [17] GB/T 50796 光伏发电工程验收规范
 - [18] DL/T 448 电能计量装置技术管理规程
 - [19] DL/T 621 交流电气装置的接地
 - [20] DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程
 - [21] DL/T 5137 电测量及电能计量装置设计技术规程
 - [22] DL/T 5222 导体和电器选择设计技术规定
 - [23] JG/T 490 太阳能光伏系统支架通用技术要求
 - [24] JTG B01 公路工程技术标准
 - [25] JTG D03 公路路基设计规范
 - [26] NB/T 42073 光伏发电系统用电缆
-