**《高速公路边坡光伏发电工程技术规范》** **山东省地方标准编制说明**

**一、工作简况**

(一)任务来源

根据《山东省市场监督管理局关于印发2021年第二批地方标准 制修订计划项目的通知》(鲁市监标函〔2021〕305号), 《高速 公路边坡光伏发电工程技术规范》列入2021年第二批山东省地方标

准制修订计划(计划编号2021-T-237)。

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，

由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

(二)起草单位、主要起草人及任务分工

**1.主要起草单位**

山东高速集团有限公司、山东高速能源发展有限公司、山东省 质量技术审查评价中心有限公司、交通运输部科学研究院、中国铁 建投资集团有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司、山东 省交通科学研究院、山东高速新能源开发有限公司、 一道新能源科

技(衢州)有限公司。

**2.主要起草人**

王其峰、嵇可成、姜晓庆、李鹏、丁爱辉、毕玉琦、隋华杰、 郭宝峰、陈建、李涛、耿国营、包西勇、赵庆云、王晓燕、方海、 张晓峰、陆旭东、宫海波、宋雪、周慧龙、范鲁涛、徐小卓、牛之

印、刘勇、王福海、陆由付、张文武、徐宁、马川义。

**3.任务分工**

王其峰、嵇可成：标准起草负责人，组织标准起草工作

把握标准制定技术方向，组织协调标准制定所需资源。

姜晓庆、李鹏：标准起草负责人，组织确定标准制定方 案，组织推进标准制定程序和进度，组织协调标准制定所需

资源。

丁爱辉、毕玉琦：组织讨论确定标准框架、编写思路，

组织起草组人员讨论确定标准化对象需要规范的技术要素。

隋华杰、郭宝峰：组织实施标准制定方案，调度起草组

成员推进标准制定程序和进度，组织标准审查、报批等工作。

陈建、李涛、耿国营、包西勇、赵庆云：协助组织讨论 确定标准框架、编写思路，协助组织起草组人员讨论确定标

准化对象需要规范的技术要素。

王晓燕、方海、张晓峰、陆旭东：组织起草组人员进行 调研、收集素材，组织起草人员编写标准，参与标准编写， 整理标准相关技术文档，组织召开标准研讨会，组织征求意

见等。

宫海波、宋雪、周慧龙、范鲁涛：参与标准调研、对编 写思路、技术路线、标准框架进行技术指导，协助征求意见

等。

徐小卓、牛之印、刘勇、王福海：参与标准调研、标准 编写、标准讨论，协助整理标准相关技术文档，参与办理征

求意见。

陆由付、张文武、徐宁、马川义：提供标准编写所需的 资料、素材，参与标准编写，协助征求意见，办理标准研讨

会、标准专家审查会等具体事务。

(三)起草过程

**1.标准立项**

为贯彻落实国家“碳达峰、碳中和”战略决策，加强高 速沿线光伏资源利用，山东高速集团于2021年10月组织交 通运输部科学研究院、省交通运输厅、省公安厅交管局等单 位开展了山东高速边坡光伏项目建设方案专家论证会。项目 论证通过后，山东高速集团起草了《关于开展高速公路边坡 光伏试验项目的请示》报请凌文、范华平副省长批示，批示 要求“加快审批进度，加大相关部门对标准规范制定的指导

和支持，尽快形成地方标准”。

2021年12月21日， 《高速公路边坡光伏发电工程技 术规范》由省市场监督管理局批准，列入地方标准制定计划。 在山东省交通运输厅、山东省公安厅的指导下，山东高速集 团有限公司、交通运输部科学研究院、山东省交通规划设计

院集团有限公司等单位共同承担标准起草工作。

**2.项目实施及经验积累**

2021年11月，山东高速集团针对边坡光伏试验的可行 性组织召开多次专家论证会，全面论证边坡光伏项目实施方 案、交通组织方案的可行性，收集边坡光伏项目建设相关技 术资料。期间技术团队查阅并搜集了光伏发电工程相关的国 家、省级、行业、地方政策和标准。针对国内外高速公路边 坡光伏建设情况，山东高速集团先后与云南高速、江西高速、 湖北高速等单位进行对接，对高速公路边坡光伏发电工程的 发展现状、政策支持及技术要求有了较为全面的了解和认

识。

2021年11月，山东高速集团完成高速公路边坡光伏试 验项目科研正式立项，并启动项目建设。选取荣乌高速(威 海)荣成至文登段的4段边坡，共计约2290米，作为高速 公路边坡光伏试验区，建设光伏发电项目，建设装机容量 2.01兆瓦。2021年12月底项目完工，实现并网发电，此后 通过边坡光伏工程的实际运行进行了大量试验探索，并完成 了在全省进行应用技术推广的经验积累。试验项目的建设实

践为标准制定，提供了实际经验与数据支撑。

**3.标准编制**

2021年12月，山东高速集团充分调动多方力量，吸纳 来自光伏项目建设、高速公路设计、道路施工、能源综合利 用、标准理论等专业技术领域的多名专家组建了标准起草工

作组，并确定标准的编制思路、起草方案及时间安排。

2022年1月至3月，为保证边坡标准制定的准确性、 规范性与实用性，标准起草组全面研究了荣威试点项目的全 部技术资料，对试验数据进行了系统论证，对关键性措施进 行了合规性评价，进而提炼出交光伏技术在高速公路边坡进 这一特定场景进行应用的共性技术要求及关键性。标准司起 草组召开了10余次内部讨论会，最终以现行公路及光伏领 域的法规及技术标准为基础，形成了标准草案。此后，起草 组又多次组织光伏、公路、环保等领域的行业专家对草稿进

提出意见。

2022年3月1日，标准草稿报山东高速集团领导审阅

通过后，在集团内部征求了意见。起草组针结合意见将草稿 进行了补充、修改与完善，形成了《高速公路边坡光伏发电 工程技术规范》(初稿)。同时完成了《高速公路边坡光伏

发电工程技术规范》编制说明(初稿)

**4.征求意见**

2021年3月初，山东高速集团通过山东省市场监督管 理局向山东省自然资源厅、山东省生态环境厅、山东省水利 厅、山东省应急厅4个相关厅局对《高速公路边坡光伏发电

工程技术规范》(初稿)征求了意见，各厅局反馈无意见。

2021年4月4日，起草组将修改后的标准初稿报送省 交通厅，并由山东省交通运输标准化技术委员会提出了初审 审核意见。意见修改结束后，交通运输标准化委员会于2021 年4月18日组织了对初稿的专家审查会，会上合并整理了 38 条专家意见(详见山东省地方标准《高速公路边坡光伏 发电工程技术规范》(初稿)专家审查会议纪要及意见处理 表),起草组对意见修改处理后，形成《高速公路边坡光伏

发电工程技术规范》(征求意见稿)。

2021年4月19日，由交通运输标委会发布了《关于征 求<高速公路边坡光伏发电工程技术规范>(征求意见稿)地 方标准意见的通知》,在行业内进行了为期一个月的意见征 求。截至2022年5月20日，有30家单位反馈意见，其中 24家单位共反馈意见106条，6家单位无意见，起草组对意 见进行了修改处理，具体修改情况详见山东省地方标准《高

速公路边坡光伏发电工程技术规范》征求意见反馈表。

**5.专家审查**

2022年5月28日，山东省交通运输标准化技术委员会 在济南市组织召开了地方标准专家审查会，山东省市场监督 管理局对审查会议进行监督指导。来自山东省电力行业协 会、山东大学、山东建筑大学、国网山东省电力公司电力科 学研究院、山东公路学会、中国电建集团核电工程有限公司、 济钢集团国际工程技术有限公司、山东电力工程咨询院有限 公司、中国电建山东电建一公司的9名专家组成了审查委员

会，对提交审查会的材料进行审查。

专家提出了标准技术内容等方面的意见，同时一致同意 该标准通过审查。会议要求起草单位根据审查意见对标准文 本等进行修改完善后，形成报批材料上报省市场监督管理

局。

**二** **、标准制定的目的和意义**

**1.落实国家双碳战略的需要**

为应对全球气候变化，彰显大国担当和责任，2020年9 月22日，习近平主席在第七十五届联合国大会提出“我国 二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，2060年前实现碳 中和”。2021年9月，中共中央、国务院发布《关于完整 准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》指 出，实现碳达峰、碳中和，是以习近平同志为核心的党中央 统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策部署，是着力解 决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选 择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。2021年9月，《国

务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知》(国发

〔2021〕23号)中提出，将碳达峰贯穿于经济社会发展全 过程和各方面，重点实施包括能源绿色低碳转型行动、节能 降碳增效行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳 行动在内的“碳达峰十大行动”。2021年10月，习近平主 席在第二届联合国全球可持续交通大会开幕式主旨讲话中 提出，要加快形成绿色低碳交通运输方式，加强绿色基础设 施建设，推广新能源、智能化、数字化、轻量化交通装备， 让交通更加环保、出行更加低碳。在工业、建筑和交通运输 三大重点行业中，交通运输业是碳减排潜力最大、难度最高 的行业，对中国能否实现2030年碳达峰以及碳达峰后走势 有重要影响。因此，交通运输行业的碳减排是支撑我国实现 “碳中和”目标的关键领域之一，交通系统低碳化是实现交

通领域“双碳”目标的关键抓手。

**2.促进交通网与能源网融合发展的需要**

交通与能源是经济社会发展的基础保障，直接决定经济 发展质量、效率和可持续性。面对资源紧缺、气候变化、环 境污染带来的严峻挑战，推动交通与能源供给革命，促进产 业转型与升级是应对各项挑战的根本途径。加快交通与能源 领域的技术革命和体制革命，优化能源与交通运营管理体 系，实现能源与交通领域的追赶和创新，可以为我国经济发 展注入全新的驱动力。2021年2月，中共中央国务院印发 的《国家综合立体交通网规划纲要》要求，要推进交通基础 设施网与运输服务网、信息网、能源网融合发展。推进交通 基础设施网与能源网融合发展，适应新能源发展要求。本标

准的制定与实施，可促进山东省高速公路与新能源融合发

展，加快构建清洁低碳、安全高效的现代化交通能源体系，

构建绿色、弹性、自洽和可持续发展的交通能源一体化系统。

**3.加快山东交通强省建设的需要**

2019年9月，中共中央国务院印发的《交通强国建设 纲要》要求，优化交通能源结构，推进可再生能源、清洁能 源应用。2020年10月，山东省委、省政府印发的《山东省 贯彻<交通强国建设纲要>实施意见》要求，建设节能环保、 生态集约的绿色交通体系，强化节能减排和污染防治，推进

交通能源结构优化升级，大力推广应用新能源、清洁能源。

目前，山东高速集团正加快推进高速沿线服务区、匝道 圈、收费站光伏项目规模化建设，但高速公路边坡光伏发电 工程缺少统一明确的技术规范，极大阻碍了高速沿线边坡这 一重要光伏资源的开发利用。2021年10月，山东高速集团 《关于开展高速公路边坡光伏试验项目的请示》已报请凌 文、范华平副省长批示，批示要求“加快审批进度，加大相 关部门对标准规范制定的指导和支持，尽快形成地方标准”。 因此，亟需开展高速公路边坡光伏发电工程技术规范的研究

制定工作。

**4.标准制定相关科研及实践工作基础扎实**

本标准制定有山东最大的高速公路基础设施建设运营 单位牵头，交通运输部科学研究院、山东省交通规划设计院 集团有限公司等相关权威技术单位参与，形成了优势互补、 紧密合作的标准编写组织。标准参编单位均派出了具有标准 编制和工程建设相关经验的专家技术骨干组成标准起草专

家组。标准牵头单位现已建成高速沿线收费站、匝道圈、服

务区等场景的光伏发电项目5.26 万千瓦，合计年均发电 5853万度，高速沿线光伏项目建设经验丰富，有能力为高 速公路边坡光伏工程技术规范的形成提供实验数据和经验 支持；同时，自筹经费约300万用于《高速公路边坡光伏成 套技术标准化应用研究》,针对对涉路安全评估及防护、边 坡稳定性评价及降雨渗流腐蚀影响、边坡光伏设施配套新型 设备材料开发、边坡光伏智能化运维监测及能效评估集成系 统搭建开展专项研究，为科学制定地方标准提供技术和数据 支撑。为加强标准编制的实践验证性，山东高速集团依托荣 乌高速(威海)荣成至文登段选取的4段高速公路南侧边坡， 共计约2290米，作为高速公路边坡光伏试验区域，安装光 伏容量2.01兆瓦；先后组织并召开了示范工程专家论证会、 涉路评价、涉路工程交通组织方案评审会，论证了项目在设 计、施工、涉路等方面的可行性。这些工作从科研和实践等

方面，都为本标准的编制打下了扎实的前期工作基础。

**三** **、标准编制原则、主要技术内容和依据**

(一)标准的编制原则

本标准的编制是在国家、行业、我省关于光伏工程建设 及涉路工程建设的等相关政策文件要求的基础上，结合我省 高速公路及光伏项目建设实际开展情况，以适用性和可操作 性、适度引领性等为原则，既考虑光伏项目建设的场景需求、 技术水平、试验段建设的实际情况，同时充分结合高速公路 涉路工程安全、技术、规范等各方面要求的基础上形成。在

标准编制过程中，起草组主要把握了以下方面。

一是标准制定的指导思想方面。本标准的制定是以助力

碳达峰、碳中和为主要目标，落实集团转型发展政策要求， 提高高速沿线闲置资源利用率，推动新能源产业在交通领域 发展，充分考虑光伏工程技术与涉路工程要求相结合，在实 现光伏工程发电功能的情况下，保障涉路工程在安全、环保 等方面的要求，推动“光伏+交通”模式的发展，助力山东

省绿色交通转型。

二是标准主要内容方面。重点围绕项目建设选址要求、 主要设备及施工技术要求、施工交通组织、监控测量、环境 保护与水土保持等关键内容，综合考虑光伏工程建设与涉路 工程建设相结合的具体做法、实践经验和现实需求，提炼边

坡光伏发电工程整体要求。

**(二)标准编写的主要依据**

**1.编制依据**

(1)2020年8月，交通运输部印发《关于推动交通运 输领域新型基础设施建设的指导意见》。(打造融合高效的 智慧交通基础设施。引导在城市群等重点高速公路服务区建 设超快充、大功率电动汽车充电设施。鼓励在服务区、边坡

等公路沿线合理布局光伏发电设施，与市电等并网供电。)

(2)2021年5月，山东省能源局发布《山东省能源发 展“十四五”规划(征求意见稿)》。(明确指出，到2025

年，光伏发电装机达到5200万千瓦。)

(3)2021年10月，交通运输部印发《绿色交通“十 四五”发展规划》。(推广应用新能源，构建低碳交通运输 体系。因地制宜推进公路沿线、服务区等适宜区域合理布局

光伏发电设施。)

(4)2021年10月，国务院发布《2030年前碳达峰行 动方案》。(重点实施能源绿色低碳转型行动、交通运输绿 色低碳行动等“碳达峰十大行动”,提出“开展交通基础设 施绿色化提升改造，统筹利用综合运输通道线位、土地、空 域等资源”等系列要求，计划到2030年，风电、太阳能发

电总装机容量将达到12亿千瓦以上。)

(5)2022年2月，交通运输部印发《关于积极扩大交 通运输有效投资的通知》。(加快建设绿色低碳交通基础设 施，因地制宜推进公路沿线、服务区等适宜区域合理布局光

伏发电设施。)

2.参考资料

|  |  |
| --- | --- |
| [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 光伏发电站接入电力系统技术规定 |
| [8]GB/T | 32512 光伏发电站防雷技术要求 |
| [9]GB/T | 33593 分布式电源并网技术要求 |

[10]GB/T 35694 光伏发电站安全规程

[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]GB50169 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]JTG B01 公路工程技术标准

[19]JTG D03 公路路基设计规范

|  |  |
| --- | --- |
| [20]DL/T | 448 电能计量装置技术管理规程 |
| [21]DL/T | 621 交流电气装置的接地 |
| [22]DL/T | 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程 |
| [23]DL/T | 5137 电测量及电能计量装置设计技术规程 |
| [24]DL/T | 5222 导体和电器选择设计技术规定 |
| [25]JG/T | 490 太阳能光伏系统支架通用技术要求 |
| [26]NB/T | 42073 光伏发电系统用电缆 |

(三)主要技术内容

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 与水土保持等要求。本文件适用于指导既有高速公路边坡光

伏发电工程建设。新建、改扩建高速公路可参照执行。

2.规范性引用文件

高速公路边坡光伏发电工程建设要求应兼顾涉路工程 和边坡光伏发电工程设计，并应综合考虑设计、施工、验收、

用使用要求。该标准规范性引用的标准包括： GB 50009 建

筑结构荷载规范、GB 50217 电力工程电缆设计标准、GB 50794 光伏发电站施工规范、GB 50797 光伏发电站设计规 范、GB51101 太阳能发电站支架基础技术规范、GB/T38335 光伏发电站运行规程、JTG D81 公路交通安全设施设计规 范、 JTGH30 公路养护安全作业规程、JTG/TD33 公路排水

设计规范、DB 37/T 3366 山东省涉路工程技术规范。

**3.术语和定义**

明确的术语和定义，是标准使用者准确理解和实施标准 的前提条件。标准对高速公路边坡光伏发电工程涉及的高速 公路边坡、路堤边坡等相关概念基于本标准的标准化对象和 范围进行了明确的界定，规范性引用了GB50794、GB50797 和 GB 51101界定的“光伏组件”、 “螺旋桩”、 “光伏支

架”、 “逆变器”四个术语。

明确将“高速公路边坡”定义为“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”;将“路堤边坡”定义为“高于原地面的填 方路基的边坡”;将“箱式变电站”定义为“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”。这些新提出的定义，有利于对标准的理解，属于

创新性提出。

4.基本规定

4.1条款：高速公路边坡光伏发电工程属于涉路工程， 应重点关注对道路安全运行的影响，边坡光伏发电工程在设

计及施工阶段应重点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条款：高速公路边坡光伏发电工程建设于高速公路 边坡上，属于公路附属设施，应充分考虑边坡环境保护与水

土保持，应从全生命周期考虑其建设及运行对环境的影响。

4.3条款：光伏发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，保证工

程质量及安全。

4.4 条款：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，同时高速公路边坡光伏发电工程属于涉路 工程，应加强流程实施相关方之间的信息沟通与协调，项目 建设流程及建设标准应结合涉路工程要求和光伏工程建设 要求，严格按照光伏工程与涉路工程建设要求进行流程办 理。设计阶段首先考虑路段选取要求进行项目地选取，而后 进行地勘测绘确认边坡土质及施工可行性，并确认可建设面 积，依据地勘报告及测绘面积进行光伏系统设计，同步进行 涉路工程设计、涉路工程交通组织设计，设计完成后进行涉 路工程设计评价，并确认施工单位，组织召开涉路工程交通 组织设计评价，通过路政、交警、涉路工程审批单位审批。 在施工阶段除光伏系统施工外，还应进行道路防护工程施工 等。在验收阶段，根据GB/T 50796《光伏发电工程验收规

范》中“1.0.3光伏发电工程应通过单位工程、工程启动、

工程试运和移交生产、工程竣工四个阶段的全面检查验收。”

“4.3.1安装工程验收应包括对支架安装、光伏组件安装、 汇流箱安装、逆变器安装、电气设备安装、防雷与接地安装、 线路及电缆安装等分部工程的验收。”“4.4.2 场区绿化和 植被恢复情况应符合设计要求”等要求，边坡光伏应组织各 阶段验收，工程使用启动前，即项目并网发电前，应进行相 关基础验收，验收除光伏系统结构稳定性检查、设备布置及 运行有效性、必要的电气和线路检查及系统调试与运行检查 外，还应对边坡的植被及施工表面恢复补救情况、标志标识 符合性、排水设施功能有效性进行验收检查。高速公路边坡

光伏发电工程建设流程的相关要求，凝练形成标准的附录

A。

**5.项目选址**

路段选取主要是从安全、经济性角度规定了项目建设对 于高速公路路段、边坡类型、边坡条件的选择要求。主要说

明如下：

5.1条款：根据GB 50797《光伏发电站设计规范》中 “4.0.2光伏发电站选址时，应结合电网结构、电力负荷、 交通、运输、环境保护要求，出线走廊、地质、地震、地形、 水文、气象、占地拆迁、施工以及周围工矿企业对电站的影 响等条件，拟订初步方案，通过全面的技术经济比较和经济 效益分析，提出论证和评价。当有多个候选站址时，应提出 推荐站址的排序。”要求，本条结合边坡光伏发电工程建设

在高速公路边坡这一特性，项目选址时，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，不可选择存在边坡稳定性差，施工难度大等问题的路

段边坡。

5.2条款：根据GB 50797《光伏发电站设计规范》中 “4.0.4地面光伏发电站站址宜选择在地势平坦的地区或 北高南低的坡度地区。坡屋面光伏发电站的建筑主要朝向宜 为南或接近南向，宜避开周边障碍物对光伏组件的遮挡。” 要求，本条规定应充分考虑光伏系统对光资源的利用率，光 资源最佳利用情况为东西向高速公路南侧(向阳侧)边坡， 同时考虑组件表面玻璃可能造成眩光对车辆行驶造成一定 影响，当前阶段宜选取直线路段和不会产生眩光影响的曲线

路段进行光伏建设。

5.3条款：路堤边坡相较路堑边坡，不需要爬高作业， 施工难度低，且不存在光伏设备坠落和边坡滑落到路面的风 险，同时路堤边坡安装光伏系统不宜被车辆驾驶员观测到， 减弱了对车辆驾驶员视觉的影响，故宜选择路堤边坡进行项

目建设。

5.4 条款：考虑光伏系统支架基础需打入边坡进行固 定，且不宜进入大型施工机械设备，以填石为主的边坡施工 难度大，宜选取施工难度小的填土路基及混填路基进行项目

建设。

5.5条款：为保持边坡稳定性，应充分考虑边坡本身的 植被情况，宜选择少树木(灌木)或无树木(灌木)的边坡，

减少因工程移除树木对边坡水土保持和稳定性造成影响；同

时，根据GB50797《 光伏发电站设计规范》“7.2.2光伏方 阵各排、列的布置间距，无论是固定式还是跟踪式均应保证 全年9:00-15:00(当地真太阳时)时段内前、后、左、右 互不遮挡，也即冬至日当天9:00-15:00时段内前、后、左、 右互不遮挡。”要求，应建模确认9:00-15:00时段内边坡

内外构筑物和树木等对光伏组件无阴影遮挡。

5.6条款：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，减少后期

车辆事故二次伤害的机率。

5.7条款：高速公路边坡具有排水和耐冲刷功能，光伏 工程建设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，不得降低或损坏边坡排水和耐冲刷能

*力。*

5.8条款：光伏工程并网发电是最关键环节，考虑并网 便捷性与经济性，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，建设自发自用、余额上网的 边坡光伏发电工程，光伏产生电力优先供高速沿线用电设备 使用，提高高速沿线绿电使用比例，减少碳排放；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，减少线缆使用量及线损，保证系统效率，提高经济性。

6.技术要求

6.1 一般要求

6.1.1条款：根据DB37/T 3366《山东省涉路工程技术 规范》,“在公路用地范围内上跨、下穿、并行、接入公路

的建设工程，以及在建筑控制区内对公路改扩建规划、公路

安全运营有影响的建设工程”均属于涉路工程，边坡光伏属 于在公路用地范围内并行于公路的建设工程，属于涉路工程 范畴。在示范项目建设过程中，按照涉路工程建设需要及流 程，边坡光伏发电工程设计方案应进行涉路评价，并进行涉 路评价要求的高速公路护栏、边坡排水系统等设计。根据涉 路工程要求，在高速公路边坡加装光伏系统提升了公路交通 安全事故严重程度，需按照JTG D81的规定，结合事故严重 程度、公路技术等级及设计速度等，相应提升护栏防护等级。

边坡排水系统设计应满足JTG/T D33的规定。

6.1.2条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “3.0.2光伏发电站设计在满足安全性和可靠性的同时，应 优先采用新技术、新工艺、新设备、新材料。”要求，结合 边坡光伏特性，减少可能产生的二次伤害，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，荣乌高速边坡光伏试验项

目对组件边框，暴露的支架用柔性材料进行了包裹。

6.1.3条款：边坡光伏发电工程施工过程不应破坏高速 公路边坡警示牌基础、排水沟、监控设备配电柜等原有设施

的基本功能。

6.1.4条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “4.0.10光伏发电站站址选择应利用非可耕地和劣地，不 应破坏原有水系，做好植被保护，减少土石方开挖量，并应 节约用地，减少房屋拆迁和人口迁移。”要求，为保证边坡 稳定性，应减少土石方挖填施工，降低对地表植被和表层土

的破坏，开挖施工过程减少对边坡及道路基础的影响，保证

公路路基稳定。

6.1.5条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “8.8过电压保护及接地要求”,光伏发电站的升压站区和 就地逆变升压室的过电压保护和接地和光伏方阵接地保护 等应满足相关规范要求； “14消防”规定了光伏发电站的

消防要求。

6.1.6条款：边坡光伏发电工程包含涉路工程与光伏发 电工程，根据GB/T50796《光伏发电工程验收规范》中“1.0.3 光伏发电工程应通过单位工程、工程启动、工程试运和移交 生产、工程竣工四个阶段的全面检查验收。” “4.3.1安装 工程验收应包括对支架安装、光伏组件安装、汇流箱安装、 逆变器安装、电气设备安装、防雷与接地安装、线路及电缆 安装等分部工程的验收。” “4.4.2场区绿化和植被恢复情 况应符合设计要求。”等要求，光伏发电工程验收执行 GB/T 50796,验收内容包含设备布置及运行、电气和线路安全性 等，涉路工程包含施工表面恢复补救情况、标志标识、排水 设施功能、结构稳定性等，同时，工程使用启动前，即并网 发电前，应进行必要的实验及系统调试，并接受电网公司验

收。

**6.2支架基础**

6.2.1条款： GB51101《 太阳能发电站支架基础技术规 范》中“3.0.1支架基础设计前应获得场地的岩土工程勘察 文件、阵列总平面布置图、支架结构类型、使用条件及对基 础承载力和变形的要求、施工条件、施工周期等资料。”对

支架基础设计进行了要求，结合边坡光伏特性，应根据所选

路段的岩土工程勘察结果，进行支架基础设计，选取最优的

支架基础型式。

6.2.2条款：根据GB 50797《光伏发电站设计规范》 “10.4.8当场地地下水位低、稳定持力层埋深大、冬季施 工、地形起伏大或对场地生态恢复要求较高时，支架的基础 可采用钢制地锚。采用钢制地锚时，应符合本规范附录C 的要求。”。高速公路边坡里程长，具有一定起伏性，且对 表面的植被具有一定要求，为避免或减少支架基础施工对边 坡稳定性、边坡植被产生不良影响，宜采用螺旋桩等破坏性 小的支架基础型式。相较混凝土基础，螺旋桩施工不用开挖 边坡土石方，可使用设备直接旋入，同时对边坡的植被破坏 小；相较灌注桩、预制桩等支架基础，无需大型设备入场 可使用便携设备进行施工作业，可减少对边坡稳定性的影

响。

6.2.3条款：在高速公路边坡使用螺旋桩支架基础，主

要包含以下要求：

a) 应在设计前在不同路段边坡进行试桩等试验作业， 为设计提供精准数据，支架基础设计应按照GB 50009《建 筑结构荷载规范》的要求，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，风荷载数值 按照50年一遇的取值等要求，建模确认螺旋桩半径、打入

深度、排布等，达到螺旋桩拉拔力要求；

b) 边坡因具有倾斜度，且靠近高速路面，大型设备难 以进场，螺旋桩可采用便携式旋紧机进行施工，可由3-4

人进行操作，适合边坡场景施工；在土石混填边坡，使用便

携式旋紧机存在无法将螺旋桩打进设计深度的问题，可预成 小孔后再旋拧，预成孔孔径不应超过桩杆直径，以免预孔半 径过大影响螺旋桩旋入后拉拔力，从而影响支架基础的稳定

性，不应进行人工开挖，造成大面积土石方挖填；

c) 螺旋桩施工完毕后，应测量螺旋桩位置，根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》“桩式基础尺寸允许偏差应 符合表4.3.4-2(具体见下表1)的规定”的要求，当桩位 位置相较设计图纸偏差大于30mm或大于桩直径的10%时时 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，填充材料应保证回填紧实，不可产生回填料被

雨水冲刷等问题。

**表1** **桩式基础尺寸允许偏差**

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 名 称 | 允许偏差(mm) |
| 桩位 | D/10且小于等于30 |
| 桩顶标高 | 0,-10 |
| 垂直度 | 每米 | ≤5 |
| 全高 | ≤10 |
| 桩径(截面尺寸) | 灌注桩 | ±10 |
| 混凝土预制桩 | ±5 |
| 钢桩 | ±5%D |

6.3支架技术要求

6.3.1条款：考虑边坡的特殊场景，为减少刚性材料的

使用，高速公路边坡光伏可使用钢性支架、柔性支架或一体

化安装等形式，从降低事故二次伤害性角度考虑，优先采用

刚性材料较少的柔性支架等安装方式。

6.3.2条款：根据GB50009《建筑结构荷载规范》中“第 2.1.21条雪荷载的基准压力， 一般按当地空旷平坦地面上 积雪自重的观测数据，经概率统计得出50年一遇最大值确 定”“第2.1.22条风荷载的基准压力， 一般按当地空旷平坦 地面上10m 高度处10min平均的风速观测数据，经概率统计 得出50年一遇最大值确定的风速。”的要求，支架的风荷 载、雪荷载和温度应力应符合GB50009 中50年一遇的荷载

数值取值。

6.3.3条款：根据GB50794《 光伏发电站施工规范》中 “6.8.10当采用热镀锌防腐时，镀锌层厚度应符合现行国 家标准《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方 法》GB/T13912 的规定。对于酸碱严重的地区，镀锌层厚 度的确定应有可靠依据。”的要求，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，镀镁铝锌表面处理方式是新型的强耐

腐蚀性镀层，具有优异的耐腐性能。

6.3.4条款：目前光伏支架的主流安装形式为螺栓连接 方式，考虑安全性及后期运维便利性，螺杆向上的安装方式 会在方阵上面形成散布的金属尖锐凸起特征，存在发生次生 伤害的风险，为降低次生伤害风险，螺杆朝向地面的安装方

式，能有效消除安装位置上面的尖锐特征。

6.3.5条款：根据GB50794《 光伏发电站施工规范》中

“固定及手动可调支架安装的允许偏差应符合表5.2.2(具

体见下表2)中的规定”的要求，固定支架梁标高偏差(同 组 ) ≤ 3mm, 在实际过程中，边坡非完全平面，存在一定起 伏性，故规定以倾斜面为基准，支架的高度偏差应不大于5 mm。这就要求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。

**表2** **固定及手动可调支架安装的允许偏差**

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 名 称 | 允许偏差(mm) |
| 中心线偏差 | ≤2 |
| 梁标高偏差(同组) | ≤3 |
| 立柱面偏差(同组) | ≤3 |

6.3.6条款：为方便组件与横梁之间使用螺栓进行有效 连接，采用钢性支架时，应确保同一光伏方阵内各横梁相互 平行；横梁连接点不得位于两块光伏板空隙之间，易造成光 伏板空隙之间压块的螺丝无法与两根支架之间的檩条连接

件进行有效连接与紧固。

6.3.7条款：目前柔性支架的主要形式是用螺旋钢桩等 做支架基础，使用钢绞线或钢索等代替刚性支架做横梁，与 组件进行连接。在采用柔性支架时，结合边坡地形进行结构 设计，威海荣乌高速试验段支架柱间跨度为5.5m, 后期随 着柔性支架技术的发展，可进一步加大支架柱间跨距，从而 减少支架基础使用量，降低成本的同时，可进一步降低事故 二次碰撞伤害风险，因此规定支架柱间跨度不小于5米。组

件安装前使用专用锚具对钢铰线进行预张拉，确保钢索未出

现明显下沉与偏移，保证柔性支架风荷载、雪荷载等设计参 数要求。经过建模计算、工程设计和实践验证，单根拉锁长

度不超过120m, 既能兼顾拉索寿命，又有利于工程安全性。

6.4组件技术要求

6.4.1条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “6.3.4在与建筑相结合的光伏发电系统中，当技术经济合 理时，宜选用与建筑结构相协调的光伏组件。建材型的光伏 组件，应符合相应建筑材料或构件的技术要求。”,应选择 与建设场景相适宜的光伏组件。高速边坡靠近路面，采用无 铝合金边框或无玻璃的光伏组件可减少事故二次碰撞伤害 的风险，同时边坡覆有植被，秋冬季节存在火灾风险，组件 应满足防火行业要求的防火功能。低眩光光伏组件对高速公

路周边环境的眩光影响。

6.4.2条款：边坡组件安装方向分为横向、竖向两种安 装方式，应统筹考虑结合边坡面积及利用率、光伏电站建设

容量需要、电缆用量等确定组件安装方向。

6.4.3条款：高速边坡靠近路面，考虑发生事故护栏(一 般高速公路护栏高出路面高度小于1.5m) 导杆距离及冬季 路面扫雪宜将积雪堆积于土路肩处，故要求光伏阵列上缘与 高速公路土路肩外边缘水平距离不小于1m; 考虑植被遮挡、 可能产生的火灾风险及后期组件背面运维需求等，光伏组件 与边坡植被应保持一定间隔，以荣鸟高速试验段为例，边坡 植被草皮最高处达到了约0.4m, 故要求光伏组件与坡面垂 直距离为0.5 m±0.1 m, 确保边坡草皮与组件无接触；考

虑后期运维的便利性，纵向相邻组件阵列间应设置宽度不小

于 1m 的检修通道，边坡横向每隔2排光伏板即需要设置维 护通道，实现维护人员在检修通道处可接触到每一块光伏 板，通道宽度应不小于0.5 m, 保证检修通道可至少容纳一

人通过。

6.4.4条款：光伏组件与光伏支架之间牢固组装，应确 保组件不会对电缆产生挤压，否则易造成线缆破损，产生漏

电风险。

6.4.5条款：高速公路边坡具有一定倾斜度，组件采用 横向自下而上进行安装，可有效防止组件安装过程产生滑落 风险；组件纵向安装应自方阵一侧向另一侧的方式进行安 装，避免组件从中间安装，造成组件歪斜，安装位置不准确

等问题。

6.4.6条款：同一光伏阵列内，常规光伏组件之间通常 使用压块进行固定，压块宽度一般为20mm, 同时，组件之 间保留一定间隙可一定程度避免降雨过程水流顺着光伏板 全部泄流至坡底，对坡底土地造成冲刷，影响边坡稳定性。

因此规定组件间的间隔距离设置为不小于20 mm。

6.4.7条款： GB50794《 光伏发电站施工规范》中5.3.2 (具体见下表3)对光伏组件安装允许偏差进行了规定。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±1°,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。

**表** **3** **光伏组件安装允许偏差**

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 允许偏差 |

—25—

|  |  |
| --- | --- |
| 倾斜角度偏差 | ±1° |
| 光伏组件边缘高差 | 相邻光伏组件间 | ≤.2mm |
| 同组光伏组件间 | ≤5mm |

6.5逆变器技术要求

6.5.1条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “6.3.5用于并网光伏发电系统的逆变器性能应符合接入 公用电网相关技术要求的规定，并具有有功功率和无功功率 连续可调功能。用于大、中型光伏发电站的逆变器还应具有 低电压穿越功能。”对逆变器选型做出相关要求。目前，组 串式逆变器是分布式光伏电站主要使用产品，具有易安装、 便于电缆走线等特点；按电网接入等要求，组串式逆变器需 具的频率异常耐受能力、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；考虑边坡安全防护需求， 必要时可选用具备组串智能分断功能的逆变器，组串智能分 断功能可实现光伏组串在断开、漏电等故障时自动切断电流

传导，有效降低人员触电、火灾等风险。

6.5.2条款：高速公路边坡光伏发电工程跨越里程较 长，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，减少电缆使 用量及线损，保证光伏电站系统效率；同时，逆变器安装不

应对光伏组件形成光线遮挡，影响光伏发电能力。

6.5.3条款：结合边坡可利用位置、电缆走线便利性、 电气设备尽量远离路面、安装便利性等要求，宜采用壁挂方

式将逆变器安装于坡脚位置，边坡坡脚土地较为平坦，无倾

斜度，且远离路面，后期运维较为便利。考虑逆变器接线空 间以及积水、植被影响，采用壁挂方式安装逆变器应与地面 保持一定垂直距离，标准内无明确规定，行业施工一般为 0.8m左右，此处规定为不小于1m; 边坡坡底外侧为排水沟， 为避免边坡坡底外沿(与排水沟相接)土地受雨水冲刷造成 壁挂支架基础倾斜，壁挂支架基础外沿与排水沟净距宜不小

于0.5 m, 且逆变器支架基础的安装不应破坏原排水系统。

6.5.4条款：GB50794《光伏发电站施工规范》中“5.5.3 逆变器交流侧和直流侧电缆接线前应检查电缆绝缘，校对电 缆相序和极性。”的要求，电缆与逆变器连接前，应检查电

缆绝缘性，并校对电缆相序和极性，防止电缆接错、接反等。

6.5.5条款：为加强电缆防护，防止直接接触电缆，采 用套管的方式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，方

便后期线路故障时进行检查与维护。

6.5.6条款：应在逆变器明显位置设置防触电警示标

识，加强后期光伏电站维护人员或公路养护人员警示作用。

6.6箱式变电站技术要求

6.6.1条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “8.1.3光伏方阵内就地升压变压器的选择应符合下列要 求：1宜选用自冷式、低损耗电力变压器。2变压器容量可 按光伏方阵单元模块最大输出功率选取。3可选用高压(低 压)预装式箱式变电站或变压器、高低压电气设备等组成的 装配式变电站。”对于设备选型的要求，从安全性、环保性、

维护成本、安装便利性等方面考虑，目前干式变压器是分布

式光伏电站主要使用的升压产品，边坡光伏发电工程宜选择

干式变压器安装于箱式变电站中，不宜选择油浸式变压器。

6.6.2条款：箱式变电站属于高压设备，为降低事故二 次伤害风险，同时便于电网公司及工程维护人员检修维护， 宜安装在高速公路隔离栅以外；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。

6.6.3条款：受限于公路建设用地范围外土地多为耕地 或一般农田，属于生态红线范畴，无法对土地进行征用，确 需将将箱式变电站安装于高速公路隔离栅以内(边坡上)时，

相关技术要求包括但不限于：

a) 高速公路边坡光伏发电工程跨越里程较长，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，宜放置于光伏方阵两侧，减少电缆使 用量及线损，保证光伏电站系统效率。箱式变电站不应对光

伏方阵造成光线遮挡，影响光伏发电能力。

b) 根 据GB50797《 光伏发电站设计规范》中“10.4.4 结构构件应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的 要求，进行承载能力、稳定、变形、抗裂、抗震验算。”的 要求，在高速边坡搭建箱变基础，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) 箱式变电站属于高压设备，为降低事故二次伤害风 险，应尽量远离路面，宜将箱式变电站安装于坡底位置，且 宜选择坡面横向长度较大的边坡，安装完成后的箱体最高点

宜低于高速公路路面，即保证了箱体与路面的距离，也减弱

了箱体对车辆驾驶人员在视觉上的冲击；行业内地面箱变基 础高度一般在0.4米左右，同时，考虑边坡植被生长及边坡 雨水冲涮因素，本条规定箱体最低点与地面的间距应不小于

0.4m, 安装后应保证箱体水平，不存在倾斜、变形等风险。

d) 根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中“13.0.6 平台、走道、吊装孔等有坠落危险处，应设栏杆或盖板。需 登高检查、维修及更换光伏组件处，应设操作平台或扶梯。” 的要求，箱变安置于边坡上，且与边坡保持一定垂直距离， 存在检修不便的问题，本条规定应围绕箱变搭建检修平台， 同时检修平台应设置防护围栏，防护围栏高度不低于1 m, 应在地面设置检修扶梯与检修平台连接，方便检修人员快速 到达箱变前后各检修门，并一定程度防止外部人员进入。同 时，为方便从高速公路下方快速到达箱变及光伏电站，应在

高速公路隔离栅处预留维修通道，并加装门锁。

6.6.4条款：根据JTG/T D81《公路交通安全设施设计 细则》中 “6.2.2事故严重程度可分为三个等级：高、中、 低，应按表6.2.2-1的规定设置路侧护栏并选取路侧护栏的 防护等级。”箱式变电站周边公路护栏等级是否需要升级，

应结合涉路评价和施工现场具体情况确定。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 市放严重程度及护产查置原则 | 路情计算净区宽理范质内有以下作况 | 会路技本等级和设计违度(Lm/h) | 南护等级代到) |
| 商，必蝴没省 | 在速铁路，痛速陷、总承能电线塔。能动品随响仓作等设病 | 驾鸟公路10 | 六(S8)缓 |
| 高速公路。报公路 100.80 | n 1 s ( ) 盈 |
| 级公路60 级公路 60 | 网( )级 |
| 四(58)握 |
| 拟公40 | 44)8 |
| 一 . 四电 分20.30 | 4 1 |
| 中，应设置 | 1的教以遵会路运域装及面 的1风，区有范国之内的路设 。 | 2.2 间置公路路 | 高速分 一量公喜 120 ) | 国 ( 非 ) 费 |
| 例有深0m数上的感样、深 区情学的路段；2 1 问 . 海 、 消 洋 等 1.5m以上水城； |
| 经 毕4 | ( A ) 题 |
| 级公图80 P0 | 一 ( A ) |
| 3 1 要 决 塔 一 级 公 路 等 ： 4高量公 一级公路路外 | 下日安个 |
| 预备路县 | ( B ) 城 |
| 的限明灯报量机，安看标志 子间、上药桥壁的 桥缴或桥量、1至人口处的检称道或据]等设施 |
| 四 路册。0 | ( 2 ) 腹 |
| 低，宜改置 | 1 级 属 以 1 路 边 玻 坡 度刷 地 的 国 息2.2 的目风期密是因之面的路段；二、四级公普志或皮底 和路是高度在题6.2%的1区阴影泛明之响2二级及以签液质防解造沟无盖校，平高龙法 安含源过的控方路题：3 点出路面成开把向为校地在0 销上却体或大提石等障碍明：4先口座酒的一角未带有阳四 | 高速公整、是左公路 1声、iog、8o | ( A ) 蜒 |
| 路0 | (B) |
| 西公路 g回级公路40.0.20 | 二(B)级 |
| · (()颇 |

**图1** **路侧护栏设置原则及防护等级选取条件**

6.7电缆技术要求

6.7. 1条款：根据GB 50217《电力工程电缆设计标准》 中“5.2.3地下电缆通过房屋、广场的区段，以及电缆敷设 在规划中将作为道路的地段时，宜采用穿管。”的要求，边 坡光伏发电工程所需电缆宜采取穿管埋地敷设方式；考虑线 缆敷设施工便利性，应在边坡下沿敷设电缆；根据 GB 50217 《电力工程电缆设计标准》中“5 .3.3直埋敷设于非冻土地 区时，电缆外皮至地面深度，不得小于0.7m, 当位于行车 道或耕地下时，应适当加深，且不宜小于1m” 的要求，本 条规定埋地深度应不小于0.8m; 根 据GB 50797《光伏发电 站设计规范》中“8.9.4电缆敷设可采用直埋、电缆沟、电 缆桥架、电缆线槽等方式。动力电缆和控制电缆宜分开排

列。”的要求，从安全性及施工便利性考虑，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，为 防止桥架直接敷设于地面受雨水冲涮、草皮生长影响，应预 制桥架基础架空桥架，桥架与地面的距离不小于10 cm; 根 据GB 50217《电力工程电缆设计标准》中直埋敷设电缆与 排水沟平行时查表5.3.5最小允许1.0m。 鉴于高速公路护 坡道宽度约1m, 出于对边坡路基坡脚的安全稳定性角度考 虑，本条在《电力工程电缆设计标准》基础上将电缆与排水

沟净距规定为不小于0.5 m。

6.7.2/6.7.3条款：根据GB50168《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》中“6.1.1电缆敷设前应按下列 规定进行检查：1电缆沟、电缆隧道、电缆导管、电缆井、 交叉跨越管道及直埋电缆沟深度、宽度、弯曲半径等应符合 设计要求，电缆通道应畅通，排水应良好，金属部分的防腐 层应完整，隧道内照明、通风应符合设计要求。2电缆额定 电压、型号规格应符合设计要求；3电缆外观应无损伤，当 对电缆的外观和密封状态有怀疑时，应进行受潮判断；埋地 电缆与水下电缆应试验井合格，外护套有导电层的电缆，应 进行外护套绝缘电阻试验并合格；”等要求，本条规定敷设 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。同时，沿电缆敷设路径检查电缆桥架、 支架、电缆保护管等，确保全程联通，无阻挡，并确认各单

元区域的设备位号和平面位置。

6.7.4条款：电缆与高速公路或与高速公路涵洞下方公 路交叉时，应采用顶管或拉管方式敷设。DB 37《山东省涉

路工程技术规范》中6.3.2(具体见下表4)对穿越公路管

线最小覆土深度规定见下表。

**表4穿越公路管线最小覆土深度**

|  |  |
| --- | --- |
| 位置 | 最小覆土深度(m) |
| 高速公路、 一级公路 | 二级及以下公路 |
| 行车道下 | 2.0 | 1.8 |
| 非行车道下 | 1.2 | 1.0 |
| 排水边沟沟底 | 1.0 | 0.8 |

本条按照上表规定高速公路、 一级公路套管顶覆土深度

不小于2m, 二级及以下公路套管顶覆土深度不小于1.8m。

6.7.5条款：电缆垂落易与边坡植被接触，电缆外露易 造成后期维护人员接触，故规定不应出现电缆外漏情形，应 对垂落的线缆进行捆扎固定，根据荣鸟高速边坡光伏试验项 目，捆扎间距不大于0.3m时，捆扎效果良好，直流电缆无

明显下垂。

6.7.6条款：根据GB 50217《电力工程电缆设计标准》 的5.3.2条款，将电缆敷设标识要求规定为“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接入系统技术要求

6.8.1条款：边坡光伏发电工程并网后，要确保电站运 行良好平稳，故要满足GB/T 38335《光伏发电站运行规程》

的相应要求。

6.8.2条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中

“9.1.1光伏发电站接入电网的电压等级应根据光伏发电

站的容量及电网的具体情况，在接入系统设计中经技术经济 比较后确定。”要求，目前边坡光伏工程容量基本属于分布

式光伏范畴，宜采用10kV 及以下电网等级接入。

6.8.3条款： GB50797《光伏发电站设计规范》中“9.1.4 大、中型光伏发电站应具备与电力调度部门之间进行数据通 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。”对光伏电站接受电网调度进行了要求，

边坡光伏工程应满足此项要求。

6.8.4条款：结合项目建设实际情况、经济型、运维需 要、安全需求，光伏发电站接入点位置应充分考虑周边电网 接入条件及要求，以就近并网为原则，边坡内光伏发电站应

与边坡外并网点应建立快速通道。

6.8.5条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规范》中 “13.0.5电气设备的布置应满足带电设备的安全防护距离 要求，并应有必要的隔离防护措施和防止误操作措施；应 设置防直击雷设施，并采取安全接地等措施。”的要求， 根据工程并网需要，存在配电柜、计量柜等带电设施放置于 边坡以外的情形，防止人员及动物接触，应架高安装或采取

隔离措施，并安装警示标志。

**7.施工交通组织要求**

7.1.1条款：根据DB 37《山东省涉路工程技术规范》 中“<9.1.1.2>施工控制区交通控制设施应按照批准的交通组 织方案设置，施工期间，应对交通控制设施定期检查、更换， 保证交通控制设施全天候有效。”、 “<9.1.1.11>在公路上

封闭全幅、半幅、部分车道、硬路肩施工时，应征得交警、

路政部门的同意，必要时由交警、路政部门安排专人、施工 单位配合进行临时交通管制。”等要求，本条规定边坡光伏 工程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，避免对周边路网造成交通压力。

7.1.2/7.1.3条款：根据DB37/T3366《 山东省涉路工 程技术规范》中“<9.1.1.5> 施工作业前，应顺着交通流方向 布设交通控制设施；作业完成后，应逆着交通流方向撤除相 关安全设施，恢复正常交通。”要求，规定了本条。按照 JTGH30-2015《 公路养护安全作业规程》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 置执行附录B (以设计时速100km/h 计),安全标志及安全

警示设施参照附录C。

7.1.4条款：根据DB37/T 3366《山东省涉路工程技术 规范》中“<9.1.1.8> 涉路工程在公路上作业时，应在警告区 内设置施工标志、限制速度标志和可变标志牌或线形诱导标 志等；在上游过渡区起点至下游过渡区终点之间应放置锥形 交通路标；在缓冲区与施工区交界处应布设护栏。当施工区 位于互通立交附近，无法按规定长度设置过渡区、缓冲区标 志及安全设施时，可适当延长至相关匝道设置。用于夜间的 安全设施必须具有反光性或发光性，施工期间应保持设施完 好并能正常使用。”的要求，考虑施工安全性，边坡光伏工 程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.监控测量技术要求

8.1/8.3/8.4条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规 范》中“8.7.7:1应对发电站电气设备进行安全监控。2 应满足电网调度自动化要求，完成遥测、遥信、遥调、遥控 等远动功能。3电气参数的实时监测，也可根据需要实现其 他电气设备的监控操作。”等要求， “8.7.7:1应对发电 站电气设备进行安全监控。同时满足电网调度自动化要求， 完成遥测、遥信、遥调、遥控等远动功能。3电气参数的实 时监测，也可根据需要实现其他电气设备的监控操作。”等

要求，规定了8.1条、8.3条、8.4条。

8.2条款：根据GB50797《光伏发电站设计规范》“7.3.32 系统设计应满足监控区域有效覆盖、布局合理、图像清晰、 控制有效的要求。”,并考虑边坡工程运行及公路运行安全 性，应配备远程实时视频监控系统，对光伏发电站、项目建 设路段道路状况等场景进行在线监控，监控信息的保存期限 应不少于1个月。GB 51348《民用建筑电气设计标准》的 14.3.3 条 款 规 定 “ 视 频 传 输 的 图 像 质 量 不 宜 低 于

4CIF(704×576)”。

9.环境保护与水土保持技术要求

9. 1条款：根据GB 50797《光伏发电站设计规范》中 “2.0.1光伏发电站的站址选择应根据国家可再生能源中 长期发展规划、地区自然条件、太阳能资源、交通运输、接 入电网、地区经济发展规划、其他设施等因素全面考虑；在 选址工作中，应从全局出发，正确处理与相邻农业、林业、 牧业、渔业、工矿企业、城市规划、国防设施和人民生活等

各方面的关系。”的要求，应结合道路景观需求，统筹光伏

发电站的整体布置与规划。

9.219.3/9.4条款：根据GB50797《 光伏发电站设计规 范》中“12.3.3施工结束后，除基础和道路外，其他地方 宜恢复原有植被。对施工过程中形成的控制地貌应进行整 治。”,GB50794《 光伏发电站施工规范》中“8.1.1应根 据工程实际情况和环境特点，制订环境保护及水土保持的措 施和对策。”,“8.3.1施工中的水土保持应符合下列要求： 1.临建设施的搭设应科学布局、减少用地。2.光伏发电站的 施工应减少破坏自然植被。3.工程完工后应按设计要求恢复 地貌、植被。”对环境保护与水土保持进行了要求。边坡光 伏工程应同时考虑环境保护与水土保持要求，在施工阶段， 确保因项目施工所导致的土方开挖、路面破坏、草皮损坏等 临时性破坏情形得到有效恢复；充分评估植被破坏对边坡抗 冲刷能力的影响，尽量保留矮草，过高草植修剪后尽量保留 根系，施工结束后及时做好植被修复，将项目建设对生态环 境的影响降至最低；施工完毕后，及时拆除临时设施，恢复

既有地貌。

9.5条款：根据GB 50797《光伏发电站设计规范》中 “12.1.2光伏发电站的环境保护设计应贯彻国家产业政策 和发展循环经济及节能减排的要求，采用清洁生产工艺，对 产生的各项污染物及生态环境影响应采取防治措施。” “12.1.5各污染物的处理应选用资源利用率高、污染物排 放量少的设备和工艺，对处理过程中产生的二次污染应采取 相应的治理措施。”等要求，应尽量减少施工污水、费油、

废气等污染物的排放，对废弃物进行有效处理。

**四、** **与现行相关法律、行政法规和其他标准的关系**

本标准的制定符合《可再生能源法》《土地管理法》等 法律法规要求。目前在高速公路边坡光伏发电工程方面，尚 未有相关国家、行业标准发布，本标准与相关国家、行业标

准保持协调一致不冲突。

与本标准密切相关的法律及政策文件有：中共中央、国 务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和 工作的意见》《国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案 的通知》《国家综合立体交通网规划纲要》《交通强国建设 纲要》,山东省委、省政府印发的《山东省贯彻<交通强国

建设纲要>实施意见》等。

与本标准密切相关的标准包括： GB50797《 光伏发电站

设计规范》、GB50794《 光伏发电站施工规范》、GB 50153

《工程结构可靠性设计统一标准》、GB50217《 电力工程电

缆设计标准》、GB50227《 并联电容器装置设计规范》、GB/T

18226《公路交通工程钢构件防腐技术条件》、GB/T 32512

《光伏发电站防雷技术要求》、GB/T35694《 光伏发电站安

全规程》、JTGB01《公路工程技术标准》、JTG D03《公路

路基设计规范》、DL/T621《 交流电气装置的接地》、JG/T 490《太阳能光伏系统支架通用技术要求》、DB 37/T 3366

《山东省涉路工程技术规范》等。

**五** **、重大分歧意见的处理过程、处理意见及其依据**

无

**六、** **对地方标准自发布日期至实施日期之间的过渡期**

**(以下简称“过渡期”)的建议及理由**

建议过渡期是1个月。

山东省内的高速公路是标准实施的主体，为确保其准确 理解、掌握和执行标准，规范高速公路边坡光伏项目管理， 提高高速公路边坡光伏发电项目的质量和建设效率，标准发 布后将向标准实施主体进行推广和宣贯，推动标准的落地实

施。预计此项工作需要1个月的时间。

**七、实施效益分析**

本标准率先在国内提出了高速公路边坡光伏发电工程 建设技术要求，填补了标准空白，为行业进行边坡光伏建设 提供了可供参考的实践经验。其实施有利于提高高速沿线闲 置资源利用率，扩大高速沿线光伏可建设容量；有利于推动 高速公路边坡光伏规模化建设；促进了新能源和新材料在交 通领域快速应用，对推动我省绿色交通转型，助力交通领域

碳达峰、碳中和有重要意义。

提出部门：山东省交通运输厅、山东省公安厅

(盖 章 )

2022年5月