

高速公路深基坑施工安全技术与应急预案

袁章伟

四川公路桥梁建设集团有限公司公路三分公司 四川 成都 610200

摘要: 本文聚焦高速公路深基坑施工工程特性, 结合其工况特殊、地质复杂、环境敏感的特点, 系统识别地质、施工技术、人为设备三类核心安全风险, 并完成风险分级评估。同时详细阐述支护、开挖降水、动态监测、现场防护等核心安全施工技术, 搭建完善的应急预案体系, 明确专项处置方案、演练培训及善后管控机制, 旨在全方位防控施工风险, 保障高速基坑工程安全有序推进。

关键词: 高速公路; 深基坑施工; 安全技术; 应急预案

引言: 高速公路深基坑是道路工程施工的高危关键分项工程, 多处于复杂野外环境, 受地质、气象、周边构筑物影响显著, 极易出现坍塌、涌水、沉降等安全事故, 施工安全管控难度极大。为有效规避施工安全隐患、杜绝安全事故发生, 规范深基坑标准化施工流程, 本文结合高速基坑施工实际工况, 梳理核心安全施工技术, 构建系统化应急预案与处置体系, 为现场安全施工提供技术支持与实操依据。

1 高速公路深基坑施工工程特性与安全风险分析

1.1 高速公路深基坑工程施工特性

(1) 工况特殊性。高速公路深基坑多为露天作业, 施工战线长、作业点位分散, 无法实现集中封闭施工。施工过程受降雨、高低温等气象条件, 以及区域地形、地表径流影响极大, 施工连续性易中断, 现场管控难度较高, 对临时防护、排水防风等配套施工措施有着较高要求。(2) 地质复杂性。山区高速基坑施工区域地质条件差异较大, 多存在软土夹层、破碎岩层、地下水富集等不良地质情况。此类岩土结构稳定性差, 土体抗剪、固结性能薄弱, 基坑开挖时易出现土体松动、边坡开裂等问题, 是诱发边坡失稳、局部坍塌的主要地质隐患。(3) 环境敏感性。工程基坑多临近通车道路、地下管线、山体及构筑物, 施工空间受限。基坑开挖、降水及支护作业易扰动土体、引发地层沉降, 造成周边管线破损、道路变形、山体滑移, 施工精度与安全管控标准远高于普通基坑工程。

1.2 深基坑施工主要安全风险识别

(1) 地质风险。施工区域复杂水文地质条件易引发各类地质灾害, 主要包含地下水突涌、基坑管涌、流沙、土体滑移、破碎岩层坍塌等风险, 突发性破坏性强, 易直接造成基坑大面积失稳, 引发施工安全事故。(2) 施工技术风险。支护结构选型与现场地质工况不匹配、分层

开挖工序违规、支护浇筑及安装施工质量不达标、降水速率与降水深度把控不合理等技术问题, 都会导致支护体系受力失衡, 诱发基坑变形、结构失稳等安全隐患。(3) 人为与设备风险。现场施工人员安全意识薄弱、违规野蛮操作, 机械设备作业走位不当、荷载控制不规范, 加之基坑沉降、位移监测频次不足、数据研判滞后, 无法及时预判风险隐患, 极易引发突发性安全事故^[1]。

1.3 施工安全风险评估与分级

(1) 风险评估方法。工程结合层次分析法与现场排查法开展风险评估, 对基坑开挖、支护、降水、监测等各施工工序进行全方位梳理, 实现风险的量化分析与精准研判, 保障评估结果贴合现场实际工况。(2) 风险等级划分。以风险发生概率、危害严重程度为核心判定依据, 将施工风险划分为一般风险、较大风险、重大风险三个等级, 清晰区分各类隐患的危险层级。(3) 分级管控原则。针对不同等级风险制定差异化、专项化管控措施, 落实分级负责、分层管控机制, 实时跟踪风险变化, 实现施工风险源头防控、动态管控、闭环治理。

2 高速公路深基坑核心施工安全技术

2.1 深基坑支护安全施工技术

(1) 主流支护技术选型。高速公路深基坑需结合现场地质条件、基坑深度、周边环境及施工工况科学选型。其中, 排桩支护适用性极强, 多用于中等深度基坑及周边有构筑物的路段, 稳定性强、扰动小; 土钉墙支护施工便捷、成本较低, 适用于土质稳定、开挖深度较小的边坡基坑; 钢板桩支护防水性好、可重复利用, 多应用于地下水丰富、临时支护的基坑工程; 地下连续墙支护刚度大、防渗效果优异, 适合超深基坑、复杂地质及临近重要管线、道路的高风险施工路段。(2) 支护施工核心工艺。施工过程需严格规范全流程工序, 按照测量定位、钻孔清孔、构件安装、混凝土浇筑、张拉锚固的标

准化流程施工。各工序需严格把控操作要点,钻孔需保证孔径、深度、垂直度符合设计标准,杜绝偏位、塌孔问题;浇筑作业保证混凝土密实均匀,严控浇筑速度与振捣质量;锚固施工需精准控制张拉力度与锁定时间,确保支护结构整体成型质量^[2]。(3) 支护质量安全控制。施工完成后需重点把控支护结构的强度、刚度与整体稳定性,严格开展抗倾覆、抗滑移、承载力专项验算。同时定期检查支护结构外观状态,及时处理开裂、变形、渗漏等隐患,确保支护体系可有效抵御土体压力与地下水压力,从结构层面规避基坑失稳风险。

2.2 基坑开挖与降水安全技术

(1) 分层分段开挖技术。基坑开挖严格遵循“分层开挖、先撑后挖、严禁超挖”的核心原则,结合基坑设计深度与土体特性划分开挖层级和作业区段。合理规划开挖顺序,控制每层开挖厚度,杜绝一次性深挖、无序开挖等违规操作。开挖过程与支护施工紧密衔接,随挖随护,保障基坑土体始终处于稳定状态。(2) 基坑降水排水技术。针对施工现场地下水位偏高、雨水汇集等问题,因地制宜选用降水排水方案。浅层积水采用明沟排水、集水井抽水方式快速排净;深层地下水采用井点降水技术,持续降低基坑内部地下水位,有效减小地下水对边坡的渗透压力,防止管涌、流沙、边坡泡水软化等安全问题,保障干地施工条件。(3) 开挖过程安全防护。开挖作业中及时修整基坑边坡,保证边坡坡度合规、坡面平整。在基坑周边设置临时防护结构与安全作业通道,严禁边坡堆载土方、建材。同时做好雨天、大风天气专项防护,及时排查边坡松动土体,有效防范高处坠落、边坡坍塌等施工事故^[3]。

2.3 深基坑施工动态监测安全技术

(1) 监测项目设置。结合高速公路基坑施工风险特点,设置全方位动态监测项目,重点监测基坑边坡水平与竖向位移、基坑土体沉降、支护结构形变、地下水位变化、周边道路及管线构筑物形变等核心指标,全面覆盖基坑施工各类风险点位。(2) 监测频率与流程。根据施工进度、基坑深度及风险等级制定差异化监测方案,常规施工阶段开展常态化定时监测,在土方开挖、支护张拉、降水作业等关键施工时段,加密监测频次。严格按照定点、定时、定标准的流程作业,规范数据记录与存档,保障监测数据连续、真实有效。(3) 监测数据预警机制。提前设定各监测项目安全阈值,建立完善的分级预警体系。安排专人实时研判监测数据,一旦数据超标、出现异常波动,立即触发预警,暂停现场高危作业,快速排查隐患并落实整改,实现风险早发现、早预警、

早处置,杜绝隐患扩大引发安全事故。

2.4 施工现场安全防护技术

(1) 现场围挡与防护设施设置。严格落实施工现场标准化防护要求,在基坑临边搭设防护栏杆、铺设安全网,全面封闭危险区域。现场设置标准化围挡、醒目安全警示标识、夜间警示灯,明确危险区域范围,严禁无关人员、设备进入作业区域,筑牢现场基础安全防线。(2) 施工机械安全作业管控。针对挖掘机、起重机等大型机械设备,制定专项基坑作业安全规范,明确设备作业半径、吊装荷载、行走路线,严禁设备超荷载作业、近距离贴近基坑边坡作业。作业前检查设备性能,作业中安排专人指挥,杜绝机械违规操作引发边坡坍塌、设备倾覆等事故^[4]。(3) 临时用电安全技术。施工现场严格执行三级配电、两级保护的临时用电制度,规范配电箱布设、线缆架设与接地保护措施。所有用电设备做好防雨、防漏电防护,定期排查线路老化、接线不规范等问题,杜绝私拉乱接现象,全方位防范施工现场触电安全事故。

3 高速公路深基坑施工应急预备体系与处置方案

3.1 应急预备体系构建

(1) 应急组织机构设置。为保障深基坑施工险情能够快速响应、有序处置,施工现场需建立完善的应急组织架构,组建专项应急领导小组。小组下设现场抢险组、后勤保障组、监测预警组等专项职能小组。领导小组统筹整体应急指挥、方案决策与资源调配工作;现场抢险组负责突发险情的现场处置、隐患封堵与人员救援;监测预警组全程跟进基坑变形、水位数据变化,及时推送风险预警;后勤保障组负责物资运输、现场后勤与医疗保障,各岗位权责清晰、分工明确,形成闭环应急管理体系。(2) 应急制度建设。结合高速公路深基坑施工高风险特性,建立完善的应急管理制度体系。重点落实应急24小时值守、日常隐患排查、风险预警上报、常态化应急演练、应急物资专项管理等制度。明确险情上报流程、分级处置标准、演练开展周期及物资管护要求,以制度化形式规范应急管理工作,杜绝应急管理流于形式,保障各类突发情况处置有章可循、有据可依^[5]。(3) 应急资源预备。根据基坑施工风险类型,提前配齐各类应急抢险资源,实现常态化储备与动态补充。主要储备挖掘机、抽水机、封堵设备等抢险机械设备,安全帽、救生绳、防护面罩等安全防护物资,同时配备应急照明、防雨设备、沙袋、止水材料等防汛抢险物资。安排专人定期检查物资完好度、有效期,做好物资分类存放、台账登记与定期更换,确保险情发生时物资设备可随时投入使用。

3.2 专项应急预案编制

(1) 基坑坍塌滑坡应急预案。针对基坑边坡滑移、局部坍塌、大面积滑坡等事故,制定全流程专项处置方案。明确险情预警判定标准、应急响应启动条件、现场抢险流程及事后善后处理规范。预案重点规范坍塌现场人员撤离、边坡临时加固、堆载清理、险情监测等核心操作,快速控制坍塌范围扩大,最大限度降低人员伤亡与工程损失。(2) 涌水涌砂应急预案。针对施工中常见的地下水突涌、基坑管涌、流沙等地质险情,制定专项封堵处置方案。明确险情识别要点,采取快速排水、压力封堵、回填反压、边坡加固等针对性处置措施,及时阻断地下水渗透通道,稳定基坑土体结构,避免涌水涌砂引发基坑整体失稳坍塌。(3) 恶劣天气专项预案。结合户外施工特性,针对暴雨、大风、汛期等恶劣天气编制应急防控预案。明确恶劣天气预警后施工停工标准、基坑设备撤离、临边防护加固、基坑积水预排等防控措施,提前清理排水通道,加固边坡临时防护设施,防范雨水冲刷、大风扰动引发的基坑安全隐患。

3.3 应急演练与培训管理

(1) 常态化应急培训。定期组织全体施工及管理人员开展安全应急培训,重点讲解深基坑风险辨识方法、常见险情特征、基础应急处置技能及安全防护知识。针对一线作业人员重点强化违规操作危害、险情自救互救技能培训,全面提升全员安全防范意识与应急处置基础能力。(2) 专项应急演练。结合工程施工进度,定期开展基坑坍塌、涌水抢险、防汛排水等实战化应急演练,模拟真实险情场景,检验应急队伍的快速响应、协同配合与现场处置能力,熟悉预案流程、设备操作及人员疏散流程,提升团队实战处置水平。(3) 演练复盘优化。每次演练结束后组织全员复盘总结,梳理演练过程中存在的响应滞后、操作不规范、物资调配不及时等问题,针对性优化应急预案、完善处置流程、补齐管理短板,实现演练、总结、优化的闭环管理,持续提升应急体系实用性与科学性。

3.4 事故应急处置与善后管控

(1) 事故分级响应。依据基坑安全事故的危害程度、影响范围、险情等级,将事故划分为不同层级,对应启动差异化应急响应机制。一般险情由现场班组就地处置,较大及重大险情立即启动专项预案,调动全员、物资设备开展抢险工作,确保险情分级、精准、高效处置。(2) 现场应急处置流程。事故发生后严格按照标准化流程处置,第一时间落实现场警戒、疏散施工人员、切断现场危险电源,快速排查险情根源,同步开展隐患封堵、排水降压、边坡加固等工作,快速控制现场态势,防止险情持续恶化。(3) 事故善后与整改。险情处置完毕后,及时开展事故调查,深度分析事故诱因,梳理施工、管理、技术层面的漏洞,落实针对性隐患整改措施。同步完善现场安全管控体系,优化施工工艺与管理制度,建立长效防控机制,杜绝同类安全事故重复发生。

结束语

综上所述,高速公路深基坑施工风险诱因多、突发性强、危害极大,安全技术管控与应急处置是工程建设的核心重点。本文整合了全套安全施工技术,搭建了分级管控、闭环处置的应急管理体系,可有效解决现场施工安全管控难题。后续施工中需严格落实各项技术与应急制度,持续优化风险防控举措,强化全员安全应急能力,切实筑牢高速公路深基坑施工安全防线。

参考文献

- [1]毛海波.公路工程施工中深基坑支护方式研究[J].运输经理世界,2021,7(36):49-51.
- [2]徐寿政.公路工程施工中深基坑支护方式的分析探讨[J].科技资讯,2022,19(33):71-73.
- [3]赵万冉.公路工程施工中采用的深基坑施工技术[J].工程机械与维修,2024,37(6):214-218.
- [4]张晓林.高速公路建设中的深基坑施工技术[J].工程技术研究,2023,5(8):76-79.
- [5]刘波,席培胜.某紧邻既有高速公路偏压深基坑开挖效应分析[J].高速公路结构,2025,11(6):93-98.