



T/CECS G XXXX: 20XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

运营公路路基应急抢险技术规程

(征求意见稿)

Technical Specification for Emergency Rush Repair of
Subgrade in Operating Highways

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

中国工程建设标准化协会标准

运营公路路基应急抢险技术规程

Technical Specification for Emergency Rush Repair of Subgrade in
Operating Highways

T/CECS G XXXXX-20XX

主编单位：中交第二公路勘察设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

实施日期：20XX 年××月××日

××××××× (出版单位)

中国工程建设标准化协会 公告

20XX 年第 XX 号

关于发布《运营公路路基应急抢险技术规程》
(CECSG ×××××—20XX) 的公告

现发布中国工程建设标准化协会标准《运营公路路基应急抢险技术规程》(CECSG ×××××—20XX), 自 20XX 年××月××日起实施。

《运营公路路基应急抢险技术规程》(CECSG ×××××—20XX) 的版权和解释权归中国工程建设标准化协会所有, 并委托主编单位中交第二公路勘察设计研究院有限公司负责日常解释和管理工作。

中国工程建设标准化协会
20XX 年××月××日

前 言

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2022年第二批工程建设协会标准制订、修订计划》的通知”（建标协字〔2022〕40号）的要求，由中交第二公路勘察设计研究院有限公司承担《运营公路路基应急抢险技术规程》（以下简称本规程）的制定工作。

为规范公路路基应急抢险工程调查分析、处治设计施工、应急监测，提高技术水平，保障运营公路安全通畅，本规程编写组在总结、归纳运营公路路基应急抢险技术与工程应用经验的基础上，通过大量的文献调查、现场调研及验证试验等工作，并广泛征求了有关单位和专家意见，经过反复讨论修改，最终形成本规程。

本规程的主要内容共分7章、1个附录，主要内容包括：1.总则；2.术语、符号；3.灾害类型与险情分级；4.应急抢险原则与要点；5.应急调查与分析；6.应急抢险处治技术；7.信息化应急监测；附录A 应急调查记录表。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第二公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容解释。请各有关单位在使用过程中注意总结经验，将发现的问题和意见函告本规程日常管理组，联系人：付伟（地址：武汉市经济技术开发区创业路18号，中交第二公路勘察设计研究院有限公司，邮编：430056；联系电话：027-84214101；电子邮箱：19632003@qq.com），以便修订时参考。

主编单位：中交第二公路勘察设计研究院有限公司

参编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司、四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、中铁西北科学研究院有限公司、三峡大学、武汉中交试验检测加固工程有限责任公司

主 编：付伟

主要参编人员：××××××

主 审：张留俊

主要审查人员：××××××

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 灾害类型与险情分级	3
3.1 路基灾害分类	3
3.2 路基险情分级	4
4 应急抢险原则及要点	6
4.1 一般规定	6
4.2 临灾应急处治	7
4.3 灾后应急处治	9
5 应急调查与评估	13
5.1 一般规定	13
5.2 资料搜集	13
5.3 现场调查	14
5.4 应急勘察	16
5.5 分析评估	18
6 应急处治技术	20
6.1 一般规定	20
6.2 技术选用	20
6.3 截水排水	22
6.4 反压与减载	23
6.5 路基填补	25
6.6 障碍清除	28
6.7 快速支挡	31
7 信息化应急监测	38
7.1 一般规定	38
7.2 应急监测内容	38
7.3 监测点位布置	41
7.4 应急监测数据采集频率	42
附录 A 应急调查记录表	43

1 总则

1.0.1 为规范公路路基应急抢险工程处治工作，提高技术水平，保障运营公路安全通畅，制订本技术规程。

1.0.2 本规程适用于运营期各等级公路路基灾害的临灾应急处治和灾后应急处治。

1.0.3 运营公路路基应急抢险应遵循因地制宜、安全快捷、灵活实用、经济环保、易于实施的原则。

1.0.4 运营公路路基应急抢险应积极稳妥地采用新技术、新材料、新工艺、新设备。

1.0.5 运营公路路基应急抢险除应满足本技术规程要求外，尚应符合有关法律、法规及国家、和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 突发路基灾害 subgrade disaster

突然出现的、较短时间内造成或者可能造成公路路基设施严重危害、需要紧急处治的自然灾害，包括崩塌、滑坡、泥石流、塌陷、水毁等。

2.0.2 路基险情 subgrade emergency situation

突发路基灾害造成的公路设施损坏、交通受阻、经济损失等情况。

2.0.3 应急处治 emergency treatment

为消除或减轻路基灾害险情而采取的截水排水、反压减载、障碍清除、快速支挡等临时性抢通保通措施。

2.0.4 临灾应急处治 pre-disaster emergency treatment

突发路基灾害发生前进行的应急处治。

2.0.5 灾后应急处治 post-disaster emergency treatment

突发路基灾害发生后进行的应急处治。

2.0.6 应急调查 emergency investigation

综合应用遥感、无人机、现场核对等方法，为快速评估现场地质灾害特征及对公路影响的调查。

2.0.7 应急监测 emergency Monitoring

采用相关技术方法、仪器设备快速获取有关突发路基灾害发展过程动态信息的技术工作。

3 灾害类型与险情分级

3.1 路基灾害分类

3.1.1 根据路基结构形式及发生灾害部位，路基灾害可分为填方路基灾害与挖方路基边坡灾害。

3.1.2 填方路基灾害可分为路基沉陷或塌陷、路堤滑坡、路基水毁、风沙、风吹雪等。

3.1.3 挖方路基灾害可分为崩塌与落石、路堑滑坡、泥石流、雪崩、涎流冰等。

条文说明：公路路基灾害类型多种多样，依据不同的划分指标、标准有不同的分类方案。交通运输部 2021 年发布的《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》指出，与公路路基相关的主要自然灾害包括地质灾害、水旱灾害、地震灾害，地质灾害主要包括崩塌、滑坡、泥石流、沉陷塌陷，水旱灾害主要为水毁灾害，地震灾害主要为由地震引发的直接灾害和次生灾害（崩塌、滑坡、泥石流等）。《公路路基养护技术规范》（JTG 5150—2020）依据病害发生的路基结构部位将路基病害分为路肩病害、路堤与路床病害、边坡病害、既有防护及支挡结构物病害、排水设施病害五类。《公路交通应急抢通技术规程》（JTG T 6410-2025）与四川省地方标准《公路应急抢通保通技术规程》（DB51T3267-2025）中，在应急调查章节采用按路基结构部位来分类，而应急处治章节则采用按灾害成因和性质来分类。本规程在以上分类方案基础上，先根据路基结构形式及发生灾害部位进行一级分类，将路基灾害分为填方路基灾害、挖方路基灾害，再根据灾害的成因和性质进行二级分类，将崩塌、滑坡、泥石流、沉陷或塌陷、水毁、风沙、风吹雪、雪崩、涎流冰等灾害划分进两个一级分类。

3.1.4 根据路基灾害发生的时间，路基应急抢险可分为临灾应急处治和灾后应急处治。

3.2 路基险情分级

3.2.1 路基险情可根据路基受损程度、灾害直接经济损失、交通中断与抢修时间，表 3.2.1 由轻到重分为I、II、III、IV四级。

表 3.2.1 路基灾害险情分级标准

路基险情等级	损伤程度	直接经济损失 (万元)	交通中断与抢修时间
IV	极严重损伤	>1000	高速公路、普通国道抢修、处置时间 48 小时以上； 县道、乡道抢修、处置时间 48 小时以上，且短期内难以修复。
III	严重损伤	500~1000	高速公路抢修、处置时间 12 小时以上； 国道、省道抢修、处置时间 24 小时以上； 县道、乡道抢修、处置时间 48 小时以上。
II	中等损伤	100~500	高速公路未造成交通中断； 国道、省道抢修、处置时间 6 小时以上； 县道、乡道抢修、处置时间 24 小时以上。
I	轻微损伤	<100	国道、省道未造成交通中断； 县道、乡道抢修、处置时间 12 小时以上。

条文说明：自然灾害的灾情、险情分级指标有很多。在自然资源系统，《地质灾害防治条例》(国务院令第 394 号)规定地质灾害按照人员伤亡、经济损失的大小分为四个等级，《国家突发地质灾害应急预案》(国办函[2005]37 号)规定地质灾害按危害程度和规模大小分为特大型、大型、中型、小型地质灾害险情和地质灾害灾情四级，《地质灾害分类分级》(DZ0238-2004)、《地质灾害分类分级标准》(TCAGHP001-2018)均采用以上分级标准。交通运输部发布的《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》，根据公路及其构筑物破损情况、交通受阻情况、经济损失等指标，将自然灾害对公路的危害程度分为严重、较严重、一般、轻微四级。《公路交通应急抢通技术规程》(JTG T 6410-2025)根据路基路面、路基防护、路基支挡结构的损伤程度，将自然灾害对路基的损伤等级分为I、II、III三级。本规程在以上分级标准基础上，根据公路工程特点，选择路基

受损程度、灾害直接经济损失、交通中断与抢修时间三个指标，将路基险情分为四级。路基险情按最不利情况考虑，路基受损程度、灾害直接经济损失、交通中断与抢修时间的满足描述中之一，即判断为对应的路基险情等级。

3.2.2 路基损伤程度可根据路基路面、路基防护、路基支挡结构的受损情况，按表 3.2.2 划分为轻微损伤、中等损伤、严重损伤、极严重损伤四级。

表 3.2.2 路基损伤程度分级标准

损伤程度	损伤部位	损伤状况描述
轻微损伤	路基路面	路堤、边坡无明显破坏；路面存在轻微裂缝、轻微凹陷鼓胀现象
	路基防护	防护结构受损不明显，受损段落面积（长度）占比小于 10%
	路基支挡	支挡结构受损不明显，出现轻微的变形开裂，基本不影响支挡功能
中等损伤	路基路面	路堤、路堑边缘有小范围垮塌；路面存在开裂错台、凹凸鼓胀现象，裂缝宽度小于 10cm；崩塌落石落石滚落至路面，滑坡、泥石流灾害的堆（淤）积物小范围掩埋路面
	路基防护	防护结构有一定程度开裂或碎落，受损段落面积（长度）占比 10%~30%
	路基支挡	支挡结构小范围受损，出现沉陷、开裂等现象，局部支挡功能削弱
严重损伤	路基路面	路堤部分垮塌，边坡崩塌落石砸坏并部分掩埋路面，滑坡、泥石流灾害堆淤积物大范围掩埋公路；路面凹凸鼓胀、开裂明显或错台严重，裂缝宽度大于 10cm
	路基防护	防护结构受损明显，大面积碎落或剥离坡面，受损段落面积（长度）占比 30%~60%
	路基支挡	支挡结构受损明显，出现明显的断裂、滑移等现象，大部分支挡功能失效
极严重损伤	路基路面	路堤或路堑边坡大范围垮塌、滑移；崩塌、滑坡、泥石流灾害的堆（淤）积物大段落掩埋公路，泥石流堆积物堵塞河道形成堰塞湖并掩埋公路；
	路基防护	防护结构基本损毁，受损段落面积（长度）大于 60%
	路基支挡	支挡结构受损严重或基本损毁，出现滑移、垮塌等现象，支挡功能基本失效

注：路基工点的损伤程度按最不利特征考虑，路基路面、路基防护、路基支挡结构的满足描述中之一，即判断为对应的损伤程度等级。

4 应急抢险原则及要点

4.1 一般规定

4.1.1 应急抢险总体应遵循“安全优先、快速抢通、科学处治、永临结合、经济环保”的原则组织实施，兼顾抢险效率与工程长效性，最大限度降低灾害损失、保障公路通行安全。

4.1.2 应急抢险前应对路基险情进行全面调查、精准分析评估，根据病害类型、发育特征、危害程度等，分类分级制定科学、可行的应急抢险方案，避免盲目抢险施工加剧险情。

4.1.3 应急抢险应控制险情发展和扩大，工程措施应分期、分批组织实施。先期应急抢险、抢通保通方案应与后期永久防治工程相结合、相互兼顾，永久防治工程设计应考虑应急加固工程对路基安全稳定的提升作用。

4.1.4 对于公路路基损毁严重且短时间难以恢复原有通行能力的路段，应急抢险工作应分抢通及保通两阶段实施；对于公路路基损毁相对轻微，短期内易恢复通行能力的路段，宜按照应急保通一阶段抢险措施处治。

4.1.5 路基应急抢险采用便道绕避时应充分利用原道路，尽量减少桥涵、避免高填深挖、避开重要建筑物。

4.1.6 对于恢复重建时间较长的路段可增加简易路面铺装或采用修建便道便桥应急通道保证临时通行。

4.1.7 运营公路路基应急抢通及保通宜按原路技术标准实施，并符合《公路交通应急抢通技术规程》（JTG T 6410）的要求，局部抢险施作困难段可适当降低技术标准。

4.1.8 运营公路路基应急抢险阶段应因地制宜，采用简便可行、施工快捷的技术措施，快速恢复公路基本通行条件。宜优先选择成熟、高效的抢险技术和工艺，优先选用快速施工、快速成型、快速起效的预制拼装、钢材等材料。

4.1.9 应急调查宜采用无人机、机载雷达等自动化调查、勘测技术快速获取现场信息。险情复杂严重时，应进行信息化监测，根据险情变化与监测数据动态优化调整应急抢险方案。

4.1.10 应急抢险应考虑临时交通组织方案，需中断交通的，应合理采取分流

措施。

4.1.11 严禁在未采取安全防护措施下开展应急抢险作业，应急抢险人员必须配备齐全安全防护装备，严格执行安全操作规程，防范二次灾害发生。

4.1.12 公路管养单位应根据历年险情类型和时间等特点，制定路基应急抢险预案，建立应急抢险工作机制，储备必要的应急抢险队伍、设备和物资。

4.1.13 风沙、风吹雪、雪崩、涎流冰等灾害的应急处治可参考《公路交通应急抢通技术规程》（JTG T 6410）。

4.2 临灾应急处治

4.2.1 填方路基出现滑坡、沉陷、塌陷、水毁等灾变迹象时，应根据路基稳定状态、病害影响范围、病害发展速度等及时采取临灾应急抢险措施，并符合下列规定：

1 对受路基滑坡影响的车道，应根据路基稳定状态确定是否进行交通管制，必要时可设置警示标志及防护围挡措施。

2 路面及路堤坡面出现裂缝时，可采用砂浆、小石子砼或沥青进行裂缝封闭处理，并根据险情的规模和等级启动应急监测。

3 面临滑坡或塌陷风险的路堤，应根据病害成因、路基稳定状态、影响范围、周边环境、地质条件等采用坡脚反压、清方减载、钢管桩支挡、截排水等临灾应急处治措施，并避免在路堤坡脚进行大规模开挖。

4 填方路基或路堤坡面有地下水渗出导致路堤稳定性不足时，应采取设置仰斜式排水孔等应急排水措施。

5 面临沉陷风险的路基，应结合交通管制措施严禁重型车辆碾压，并根据沉陷速率、沉陷量及路基填料类型，采取注浆、回填等应急措施。

6 当路基沉陷风险段整体基本稳定，短期内仍具有安全通行能力时，可采用边通行、边填筑方式处治。

7 面临水毁风险的路堤临灾应急抢险应按快速阻水护脚、快填快压固坡、就地取材控险的总体原则，先遏制冲刷，再补强加固、疏导水流。对路堤边坡受冲刷部位，可采用抛石、沙袋堆码、石笼挡墙护脚等快速防护措施。若路堤出现局部淘空、冲毁，应及时清除松软、饱水土体后采用透水性材料回填夯实，必要时设置挡水板、围堰等临时挡水设施。

4.2.2 挖方路基出现滑坡、崩塌、泥石流等灾变迹象时，应根据路基边坡稳定状态、病害影响范围、病害发展速度等及时采取应急措施，并符合下列规定：

1 对受灾害影响的车道，应根据边坡地质条件、稳定状态、影响范围等确定是否进行交通管制，必要时可设置警示标志及防护围挡；

2 对边坡或防护、排水结构上的裂缝进行封闭处理，并根据险情的规模和等级启动应急监测。

3 面临滑坡或塌陷风险的路基边坡，应根据病害成因、边坡稳定状态、影响范围、周边环境、地质条件等采用清方减载、回填反压、钢管桩支挡、疏通排水等临灾应急处治措施。

4 面临崩塌风险的路基边坡，应根据病害特征、崩塌规模、发育位置、岩体稳定状况合理采用清除危岩、被动拦截、引导疏排、主动锚固等应急处治措施。对发育规模较小、有清除条件的危岩，宜采用人工或机械方式予以应急清除；对于规模较大、易坠落、有主动加固条件的危岩，宜采用主动防护网、锚杆固定、砼支撑、喷砼封闭等应急措施；对于规模大、发育分散、位置较高且无法主动加固的危岩，宜以被动防护网、引导防护网、柔性棚洞等被动拦截应急措施，保障下方道路及设施安全。

5 面临泥石流风险的路基边坡，应快速疏通泥石流排泄通道，清除泥石流过流通道内的障碍物。对泥石流可能翻越冲入路面的段落，条件允许时可新建临时排泄通道；无法满足临时排泄条件时，也可应急采用钢管桩林坝、钢轨格栅等水石分流临时拦截措施。

4.2.3 既有路基防护结构物产生变形破坏灾变迹象时，应根据病害成因、结构物类型、病害等级等确定临灾应急抢险措施，并符合下列规定：

1 坡面防护结构物出现局部或小规模松动、脱落、损坏、隆起等病害时，应按不弱于原防护结构型式及时修复；出现大面积严重变形时，应及时分析原因并补强重建。

2 既有锚固结构物发生应力松弛、较大应力损失时，应进行补充张拉或新增锚固工程；锚固结构出现断裂或锚固段滑移失效时，应在临近位置增设新的锚固措施；锚固工程反力结构出现变形开裂时，应进行加固或重建。

3 悬臂式抗滑桩、桩板墙变形过大导致混凝土剪裂或钢筋被剪断时，可在悬

臂段增设锚固工程或其他刚性横梁、冠梁、腰梁等结构。

4 既有挡墙产生整体滑移、剪切开裂或倾覆变形不满足对路基边坡支挡要求时，宜增加锚固工程、桩支挡工程或地基注浆等加固措施，或拆除重建。

5 柔性防护网系统或配套锚杆出现锈蚀时，应进行防腐处理；网面出现破损时，应及时修补；被动防护网拉伸松动或立柱倾倒、变形时，应及时更换或拆除重建。

6 水毁冲刷防护工程受到洪水、波浪或流水冲击，坡脚发生局部破坏时，应及时采取抛石防护、石笼压覆等措施，并在评估防护工程结构安全性后及时进行维修加固或重建。

4.3 灾后应急处治

4.3.1 灾害发生后，应根据险情的规模和等级等启动必要交通管制、应急调查、应急监测，并根据灾情等级、成因类型、灾害规模、抢险施工条件等，综合制订障碍清除、反压减载、填补修复、快速支挡、截排水等应急处治措施。

4.3.2 填方路基沉陷灾害应急抢险处治应遵循“先保通、后处治”的原则，宜根据其对路基及填方边坡稳定性影响的严重程度，采取回填、注浆加固、路基拓宽等应急措施，并符合下列规定：

1 路基已发生沉陷，但沉陷部分整体趋于稳定，短期内仍保持一定通行能力的路段可采用路基土石方机械对沉陷路段进行回填、整平、压实。

2 纵向裂缝已贯通且形成严重错台的路段可采用注浆加固措施。

3 半填半挖路基出现纵向沉陷开裂、沉陷部分稳定性不足的路段，可采用路基拓宽措施。

4 回填及加固等处治过程中，始终保持回填及加固工作面排水顺畅、不积水。

5 处治路段设置导向、限速等标识牌和警戒线，并采取交通管制措施。

4.3.3 路堤滑坡灾害应急抢险处治应遵循“先抢修限行、后加固通行”原则，宜根据现场条件、坍塌程度及规模，采取全部填筑、拦边填筑、微型桩加固、路基拓宽、半边桥法等应急措施，并符合下列规定：

1 滑坡段路基在应急通行情况下可适度缩小路基宽度、较陡边坡以争取抢通工期。

2 滑塌体工程量不大、取土（石）方便时，可采取全部填筑土石抢险措施。

- 3 滑塌体工程量大或取土困难时，可采取拦边填筑措施。
- 4 滑坡路段较长且取土修复困难时，可采用凹形竖曲线法。
- 5 路基临空侧填筑困难时，可采取向路基靠山侧拓宽措施。
- 6 路基填方一侧滑塌且滑塌面积大时，可采用半边桥法。
- 7 路基滑塌严重，填筑难度较大时，可根据路基滑塌长度和现场实际情况，采取架设制式桥梁措施。
- 8 路基滑塌、场地水环境敏感难以采用土石填筑时，可采用泡沫轻质材料应急填筑。

条文说明

拦边填筑指利用各自就近征集、临时采集或加工制作的简便材料拦边构筑路基边坡，同时在其内填筑土，包括袋装土（石）拦边、片石拦边、石笼拦边、钢板桩拦边、简易桩板墙拦边等。凹形竖曲线法指将未坍塌段路基逐渐降低至坍塌部分，以凹形竖曲线形式接顺，再对新的路基进行填平压实，完成修复。路基拓宽指根据现场实际情况，通过填平靠山侧边沟、清理靠山侧坍塌土石或对内侧边坡进行开挖等措施拓宽路基，应尽量避免大规模开挖路基边坡坡脚。

4.3.4 路堑滑坡灾害应急抢险处治应遵循“先稳定评估、再清理恢复、后抢修通行”原则，宜根据滑坡体规模、类型等，采用滑坡阻塞体清除、从阻塞物上通过、坡脚回填反压、坡体清方减载、微型桩支挡等应急措施，并应符合下列规定：

- 1 清除滑坡阻塞物后可能引起新生滑移或垮塌时，应采取防护措施后再进行路面范围的清挖整平。

- 2 阻塞物工程量不大，且经研判确认清挖后不会导致滑塌堆积体进一步下滑时，可采取工程机械清除阻塞物。

- 3 当阻塞物方量巨大而无法短期内彻底清除，或路基范围内清除滑塌体会引起上边坡较大范围垮塌时，可对上边坡进行加固处理后，采取从阻塞物上通过的措施。

- 4 回填反压高度和宽度应根据拟反压加固挖方路基边坡的稳定状态确定。回填反压材料宜采用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土或清方减载弃方，且回填反压不应堵塞地下水渗水、排水通道，必要时可设置渗沟、排水管等临时排水措

施。

5 清方减载设计应包括清方减载部位与范围确定、清方断面与清方坡率确定、清方量计算、清方排水设计和坡面防护设计，并应考虑清方后边坡后缘及两侧坡体的稳定性，必要时应对边坡进行临时加固。

4.3.5 挖方路基崩塌灾害应急处治应遵循“先清理上边坡、再清理路面、后应急加固”原则，宜根据崩塌规模、危岩发育特征等，采用崩塌体清除、危岩体主动网或引导网防护、凹腔支撑嵌补、临时锚固封闭等应急措施，并应符合下列规定：

1 清理路面范围岩土崩塌体前，应先对上方危岩进行清除或设置拦截措施，同时对崩塌体堆积斜坡开展稳定性评估与监测，确保崩塌堆积体清理作业安全。

2 当阻塞物方量巨大且含大块岩较多时，可采取机械清除阻塞物措施。

3 对不具备移除条件的巨石，可采取爆破或静态爆破措施进行破碎、清除，爆破应避免诱发新的地质病害或危及邻近建筑设施。

4 对无法移除或爆破的巨石，可采取填筑斜坡道措施。

5 当崩塌体规模巨大、不具备清理抢通条件时，可改移路线绕避通行。

4.3.6 路基泥石流灾害应急抢险处治应遵循“先清理恢复、后应急保通”的原则，宜根据石流类型、规模等，采取机械清淤、铺设制式路面、架设制式桥梁、改线绕避等应急措施，并符合下列规定：

1 规模较小的坡面泥石流，可采取机械清淤措施。

2 大型泥石流掩埋较深路段，可采取铺设制式路面措施。

3 路段被沟谷泥石流冲毁，需跨越沟谷时，可采取架设制式桥梁措施。

4 当路基发生大面积泥石流，且难以在短时间内抢通时，可采取改线绕避措施。

4.3.7 路基水毁灾害应急抢险处治应遵循“固基护脚，以疏为主，疏堵结合”的原则，宜根据水流流速、水面高程等，采取透水路堤法、架设制式桥梁、多孔管涵法、开挖导流渠等应急措施，并符合下列规定：

1 水流平稳、水深较浅时，低等级道路可采用透水路堤法。

2 路基出现缺口时，可根据缺口长度和现场条件，采取架设制式桥梁或多孔管涵措施，并应在水流上游适当位置设置若干简易导流设施。

- 3 现场具备引流条件时，可采取开挖导流渠措施。
- 4 宜在浸水侧路基位置，采取抛石、抛砼块、石笼防护等措施。

5 应急调查与评估

5.1 一般规定

5.1.1 应急调查应坚持“准备充分、快速响应、规范调查、信息速报、结论客观、建议可行”的基本原则。

5.1.2 险情发生后，应根据灾害类型、影响区域、公路路基设施受损情况等初步信息，启动应急调查与评估。

5.1.3 应急调查与评估应以灾情快速识别、分析原因、评估趋势为目的，按照资料收集、应急调查、勘察测量、分析评估等环节开展，为应急抢险方案制定提供基础资料。

5.1.4 应急调查应在充分收集已有资料的基础上，进行现场调查和综合分析，并加强应急抢险各单位之间的沟通与协作。

5.1.5 应根据适用性和有效性原则确定应急调查方式，提高应急调查效率。

5.2 资料搜集

5.2.1 路基灾害出现或发生后立即收集基础资料，包括灾情信息、公路交通图、建设期灾害路段的勘察设计文件、变更设计图、施工记录、竣工文件、运营期管养资料等。

5.2.2 收集路基灾害形成与诱发因素资料，包括：气象水文、地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、地震和新构造运动、人类工程活动、不良地质等。

5.2.3 收集灾（险）情发生地及周边地质灾害调查、勘查、勘测、加固处治、科学研究、检测资料、监测资料等资料成果。

5.2.4 收集准备路基灾（险）情所在区域地形图、地质图或分辨率优于 1.0m 的高分辨率遥感影像图等基础图件资料，并将其作为野外调查手图，其他应急资料作为室内报告编写参考资料备用。

5.2.5 收集准备通讯器材、定位设备、调查工具、测量与检测设备、记录工具等装备。

5.2.6 从气象、国土等部门获取灾（险）情区域气象监测与预报信息、地质灾害历时与预警预报等信息。

5.3 现场调查

5.3.1 应急现场调查项目包括填方路堤、路堑边坡、路面、截排水系统、既有支挡结构物、波形护栏、裂缝等。

5.3.2 应急调查流程和现场调查方法应符合以下要求：

1 应按照调查准备、应急调查、应急评估及抢通技术四个环节开展工作。

2 调查方法在确保安全的前提下，尽量采取能快速获取应急抢险方案制定所需信息的方法，如摄像拍照设备、激光测距仪、无人机、机载雷达、三维激光扫描、测量机器人等调查技术手段。

3 可通过现有视频监控设备获取受灾路基的影像资料、公路通行状况等灾情信息；可通过人工调查获取灾（险）情段详细灾损情况。

4 植被发育的路堑边坡或填方路基边坡宜使用激光雷达测量技术进行测量调查。

5 对强震、强降雨诱发的群发性运营公路路基灾害，可选用卫星遥感等技术获取路网规模的灾情信息，通过高分辨率卫星获取生命通道、重点线路、事关救灾的关键节点灾损信息。

6 主要灾损点宜按附录 A 灾害应急调查表进行调查，并及时整理出调查成果，对主要灾损点进行应急评估，提出应急抢通建议。

5.3.3 路基地质灾害应急抢险处治调查应包括以下主要内容：

1 地理位置、地质灾害类型、影响公路长度、桩号范围等基本情况。

2 填方路基灾害主要调查填方路基断面型式、填方高度及坡比、填方前原地面以下地层结构、填方材料及性质、填方坡脚冲刷淘蚀或软化状况、既有防护结构物状态、路面及坡面汇水条件、地下水及（井）泉特征、河流关系及冲淤特征、裂缝发育及分布特征、路基变形破坏特征及范围、灾害成因类型、灾变历程等。

3 挖方路基灾害主要调查挖方边坡类型、高度、坡形、坡率、岩土体特征及性质、基岩产状及结构面组合特征、边坡及以上坡体汇水条件、地下水及泉眼特征、既有防护结构物状态、裂缝发育及分布特征、堑坡外灾（险）情发育情况、边坡变形破坏特征及范围、灾害成因类型、灾变历程等。

5.3.4 出现滑坡灾（险）情时，应急抢险现场调查尚应满足以下要求：

1 灾情段路基或坡体滑移的应急调查应包括诱发因素、滑移区地质条件、滑

移发生过程、滑移体特征、滑坡类型等。

2 地质条件调查包括地层结构、岩性、地质构造、地貌及其演变、水文地质条件、地震等。

3 调查地表水及地下水补给排情况、地表水自然排泄沟渠的分布和断面、水塘湿地的分布和变迁情况、泉水出露点及流量等。

4 走访调查滑坡发生的时间、历时和过程，斜坡、房屋、树木、水渠、道路、坟墓等变形位移及井泉、水塘渗漏或干枯的情况。

5 圈定的滑移边界应涵盖滑坡区及其临近稳定地段，并从微观与宏观形态两个层面调查滑坡形态，同时排查滑坡体裂缝等变形情况。

5.3.5 出现崩塌灾（险）情时，应急抢险现场调查尚应满足以下要求：

1 崩塌灾害调查内容主要包括危岩体发育及分布特征、岩体结构面及组合特征、裂缝发育、崩塌落石运移特征、崩塌堆积体特征等。

2 危岩体调查内容主要包括危岩发育位置、形态、裂缝展布情况、主控结构面产状特征及空间组合特征、形成和诱发因素、危岩体凹腔深度及变化等。

3 初步划定危岩体崩塌可能造成的影响范围。

4 调查崩塌落石运动路径、坡面形态和植被情况。

5 调查崩塌堆积体形态、稳定性和危险区范围。

5.3.6 出现泥石流灾（险）情时，应急抢险现场调查尚应满足以下要求：

1 调查范围应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段，调查内容主要涵盖流域、成因、特征和灾（险）情等。

2 对泥石流形成、流通、堆积各区的地形地貌、地质条件、堆积物质组成、冲淤特征进行测量调查。

3 调查气象水文条件及泥石流历史发生时间、次数、规模等。

4 调查流域范围内的人类工程活动，主要调查人类活动所产生的矿山尾矿、工程弃渣、弃土、垃圾等堆放位置、形式、规模。

5 泥石流成因调查包括物源条件、地形地貌条件、水动力条件。

6 调查泥石流的运动过程，测量泥石流泥位、流速、流量、超高等特征。

7 灾（险）情调查包括依据历次泥石流残留痕迹和堆积范围划定危险区，调查泥石流危害对象、危害形式。

5.3.7 出现路基沉陷塌陷灾（险）情时，应急抢险现场调查尚应满足以下要求：

1 主要调查内容为沉陷塌陷区及相邻地段变形特征、诱发因素、既有公路构筑物变形特征。

2 调查沉陷塌陷区规模、范围、发生时间和发展变形情况。

3 诱发因素调查包括沉陷塌陷灾（险）情发生前七日降雨资料，沉陷塌陷周边岩土体、地表水分布及人类工程活动情况。

4 调查以往开展的勘察、监测以及工程治理措施，重点调查沉陷塌陷灾（险）情出现以来既有防护结构物变形情况。

5.3.8 出现路基水毁灾（险）情时，应急抢险现场调查尚应满足以下要求：

1 主要调查内容为成因类型、路基主体及附属结构物灾损情况、场地环境及水文条件、防护结构及排水系统等。

2 调查成因类型确定具体水毁形式、规模。

3 场地环境及水文条件调查包括气象条件、路基回填特征、场地地下水等。

4 调查排水系统整体连接情况、通畅性、现状过流能力、进出水口或集中冲刷位置损毁变形情况。

5.4 应急勘察

5.4.1 应急勘测工作以便于快速开展的地面测量、测绘为主，测量测绘应覆盖路基灾害处治范围并进行适当扩展，测量测绘比例尺一般不宜小于 1:500，范围特别大的崩塌、滑坡、水毁、沉陷塌陷灾害测绘比例尺不宜小于 1:2000，泥石流灾害测绘比例尺不宜小于 1:5000。

5.4.2 灾害险情评定为 I 级及 II 级的路基灾害，应急勘测以现场调查、测量、测绘、倾斜摄影测量为主，确因应急处治方案确定需要可辅助开展勘探工作。

5.4.3 灾害险情评定为 III 级及 IV 级的路基灾害，应根据应急抢险处治工作的需要开展应急勘察工作，包括地形及剖面测量、工程地质测绘、勘探及岩土试验，除应符合《公路工程地质勘察规范》（JTG 20）规定外，还应符合以下规定：

1 宜采用无人机三维全景摄影技术、机载激光雷达测量技术等航空摄影遥感技术，快速获取数字正射影像、数值高程模型、三维实景模型、激光点云数据等地形及影像数据资料。

2 灾害规模较大或出现群发性灾害时,遥感测量数据分辨率不宜大于 20cm,在重点部位应提高调查精度。

3 一般手段无法查明病害原因、无法判定其稳定性或无法确定灾害应急治理所需地质参数的Ⅲ级和Ⅳ级路基灾害,应补充必要的地质勘探。

4 勘察工作量宜布置在主轴断面和应急处治工程实施部位,当覆盖层厚度较大时可适当增加勘察工作量。

5.4.3 滑坡、崩塌、路基水毁、沉陷垮塌等灾害应急勘察应查明灾害区地层岩性分布及岩土参数等,勘探工作应满足以下要求:

1 根据场地的地质结构、水文地质条件和拟订的工程处治方案,确定代表性位置布置横向勘探断面,灾情等级为Ⅲ级及以下单个灾害点横向勘探断面的数量不得少于 1 条,灾情等级为Ⅳ级单个灾害点横向勘探断面的数量不得少于 2 条。工程地质条件较大变化的段落应适当增加。

2 每条横向勘探断面上的钻孔或探井数量应不少于 2 个,勘探深度应穿过软弱层、滑动面、变形带并至其下的稳定地层中不小于 5m。拟设支挡结构位置,勘探深度应达持力层以下的稳定地层中不小于 5m;如采用桩基础,勘探深度应达持力层以下的稳定地层中不小于 8m。

5.4.4 路基沉陷塌陷应急勘查应根据沉陷、塌陷的类型,采用地球物理勘探、钻探、岩土体测试等手段,查明路基沉陷、塌陷发生原因及塌陷变形破坏特征等。

5.4.5 应急勘测成果应包括工程地质平面图、工程地质剖面图、遥感影像图或无人机航拍图等,勘测成果需反映灾(险)情发育范围、变形特征、影响范围及场地地质环境条件,能为应急抢险处治方案制定提供可靠依据。

5.4.6 路基滑坡、不稳定边坡的岩土体力学参数应综合室内外试验值、类似地质条件下滑动面(带)经验值和反算分析值综合分析确定。

5.4.7 对产生的滑坡或有滑动迹象的不稳定边坡宜采用反算法确定滑动面(带)的抗剪强度指标,除应符合《公路滑坡防治设计规范》(JTG/T 3334)规定外,尚应符合下列规定:

1 反算方法宜采用综合 c 、 ϕ 法。对滑动面(带)以土质为主或黏粒包裹粗颗粒的滑坡,可采用综合 c 法;对滑动面(带)以粗粒岩屑、砂粒或硬质岩石的风化残积土为主的滑坡,可采用综合 ϕ 法。

2 反算时，宜根据不同部位滑动面（带）的物质组成、密实度和含水状态等情况，结合试验值和经验数据，给定牵引段、抗滑段滑动面（带）的抗剪强度值，反算主滑段滑动面（带）的抗剪强度值。

3 反算时，应根据滑动迹象和变形特征，判断滑坡所处的滑动状态，确定滑坡稳定系数。当滑坡处于整体蠕动状态时，滑坡反算稳定系数可取 1.0~1.05；当滑坡处于整体滑动状态时，滑坡反算稳定系数可取 0.95~1.0。

5.5 分析评估

5.5.1 应根据调查资料，对路基灾（险）情的成因机制、影响范围、破坏模式、诱发因素、变形阶段、稳定状态及发展趋势等进行分析评估，在险情等级初判基础上，复核确定路基险情等级。

5.5.2 根据填方路基、边坡、支挡结构受损情况，路基险情等级评定为Ⅱ级及以上时，应评估公路应急通行能力，给出应急抢通处治方案及交通管制措施建议；对路基险情等级评定为Ⅲ级及以上的，应给出应急监测方案。

5.5.3 对路基灾（险）情进行成因分析论证时可借助测试、试验或模拟等手段，重点分析致灾地质作用及影响因素，查找灾害直接原因；调查报告中正式成因结论应经过专家会商论证确定。

5.5.4 调查分析评估成果应充分利用已有最新成果资料，结合调查、监测分析数据，全面反映应急调查取得的成果和认识。

5.5.5 应急抢险工程措施应进行适宜性评估，并应保证边坡稳定性满足《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定。

5.5.6 对路基滑移变形灾（险）情，应采用综合地质分析及定量计算相结合的方法，评价滑移变形区稳定性、分析滑动特征，预测滑坡进一步发展后可能的成灾范围和险情，评估产生二次或次生灾害的风险。

5.5.7 对危岩崩塌灾（险）情分析评估尚应符合下列规定：

1 采用赤平投影分析危岩体形成的控制性结构面及影响危岩体稳定性的结构面组合关系。

2 可采用地质类比、定量估算或数值模拟等方法评价危岩体稳定性，预测危岩崩塌后空间运动路径，计算落石运动速度、冲击能量等特征参数。

3 分析评估崩塌堆积体稳定及其产生滑坡、碎屑流、泥石流等链式灾害的风

险。

5.5.8 对泥石流灾（险）情，尚应进行泥石流易发性分析、发展趋势预测和危险区划分，并分析计算泥石流流速、一次过流总量、冲击力、冲起高度等特征值。

5.5.9 对路基沉陷塌陷灾（险）情，尚应评价沉陷塌陷的发展趋势，分析与预测进一步沉陷塌陷后可能成灾范围及破坏方式，划定危险区、影响区。

5.5.10 对路基水毁灾（险）情，尚应评估通行能力、次生灾害风险，结合建议措施对路基抗水毁能力进行评估。

6 应急处治技术

6.1 一般规定

6.1.1 路基应急处治应根据灾害类型、险情等级、发展趋势、工程条件、道路交通运行状况等，综合选择障碍清除、反压减载、填补修复、快速支挡、截排水等应急处治措施。

6.1.2 应急处治过程中应加强现场监测，实时跟踪险情变化及处治效果，发现险情加剧或出现新的风险隐患时，应立即停止作业，组织人员、设备撤离至安全区域，并及时调整处治方案。

6.1.3 应急处治施工应严格执行安全操作规程，作业区域应设置明显警示标志、防护设施及交通引导标识，处治作业应严控安全风险，最大限度降低对公路正常通行的干扰，保障抢险作业人员、道路通行车辆及行人安全。

6.1.4 应急处治完成后，应对处治效果进行检验评估，确认路基结构稳定、通行安全后，方可恢复通行。

6.2 技术选用

6.2.1 应急处治的技术措施可按表 6.2.1 分为障碍清除、反压减载、填补修复、快速支挡、截排水等类型。

表 6.2.1 应急处治措施类型及适用条件

技术措施		适用条件
截水排水	地表截排水	可用于降雨诱发的路基滑坡、垮塌的地表排水
	斜孔排水	可用于降雨诱发的路基滑坡、垮塌的地下排水
反压与减载	堆载反压	可用于路基水毁、滑坡塌方、滑坡前缘的临时或永久反压
	削方减载	可用于地下水位较低的山区公路滑坡后缘减载，且不应引起次生病害的发生。
障碍清除	土方清除	可用于挖方路基滑坡、崩塌、泥石流引起的路基掩埋土方清理
	危岩清除	可用于挖方路基滑坡、崩塌伴生的危岩体处理
	爆破清除	可用于挖方路基滑坡、崩塌引起的路基掩埋巨石清理
路基填补	土石速填	可用于路基沉陷、塌陷及路堤滑坡垮塌的路基填补修复。
	泡沫轻质土	可用于需要减载路段的路基填补修复。
快速支挡	钢板桩	可用于防止路基滑坡垮塌、水毁病害、边坡坍塌的临时加固。
	微型桩	可用于路基滑坡垮塌、小型滑坡的加固处治。

	石笼挡墙	可用于防护水流对沿河、沿溪等路堤坡脚的冲刷与淘刷。
	装配式挡墙	可用于路基滑坡、崩塌、水毁等的边坡坡脚支挡
	柔性防护	可用于处治边坡坡面冲刷、风化、碎落崩塌、落石等病害。

6.2.2 路基应急处治应根据路基岩土体条件、灾害类型及严重程度、地下水等工程条件、交通组织要求、施工可行性，经综合比选后确定合理的技术措施。常用路基灾害的处治措施可参照表 6.2.2 选用。

表 6.2.2 应急抢险处治技术措施推荐

病害类型	处治技术措施													
	截水排水		反压与减载		路基填补		障碍清除			快速支挡				
	地表截排水	斜孔排水	堆载反压	削方减载	土石速填	泡沫轻质土	土方清除	危岩清除	爆破清除	钢板桩	微型桩	石笼挡墙	装配式挡墙	柔性防护
路基沉降或塌陷	√	√	×	×	√	√	×	×	×	√	√	×	×	×
滑移垮塌	√	√	△	△	△	△	×	√	√	√	√	△	√	×
路基水毁	△	△	△	×	△	△	√	×	√	×	×	√	√	×
崩塌与落石	×	×	×	△	×	×	√	√	△	√	×	×	×	√
滑坡	√	√	√	√	×	×	√	△	△	√	√	×	×	×
泥石流	×	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	√	△	×

注：√——推荐；△——可选；×——不推荐。

6.3 截水排水

6.3.1 裂缝封闭、截水应满足以下技术要求：

1 裂缝封闭应按宽度分级处治。当裂缝宽度 $\leq 5\text{mm}$ 时，采用聚合物水泥浆或环氧砂浆灌注封闭。当裂缝宽度 $> 5\text{mm}$ 时，应先采用聚氨酯发泡材料填充至与裂缝表面平齐，再用环氧砂浆对表面进行封闭处理，防止地表水通过裂缝入渗。

2 截水设施应布设在病害区域上方（含边坡顶部、坡肩位置），布设位置距裂缝边缘不应小于 1.5m 。截水沟宜采用梯形或矩形断面，沟底纵坡不应小于 0.3% ；土质路段的截水沟内壁应进行抹面处理或铺设土工膜防渗，岩质路段的截水沟可采用浆砌片石砌筑成型。

3 截水设施应与地表排水系统顺畅衔接，出水口需引至路基范围以外的安全区域，避免排水回流对路基造成冲刷。截水设施完工后，应及时清理沟内淤泥及杂物，确保排水通道畅通。

4 裂缝封闭与截水施工宜选择无雨天气进行，施工完成后需进行不少于 3d 的养护，确保施工质量。

条文说明

裂缝按宽度分级处治，是结合其渗水风险、封堵难度制定的差异化方案： $\leq 5\text{mm}$ 裂缝直接灌注可保证密实度， $> 5\text{mm}$ 先填充再封闭，能提升封堵效果与耐久性；截水沟距裂缝 $\geq 1.5\text{m}$ 、纵坡 $\geq 0.3\%$ ，为行业通用安全取值，可防回流、保排水顺畅；土质段防渗、岩质段砌筑，适配不同地质的防渗抗冲刷需求；无雨施工可避免雨水影响施工质量，养护 $\geq 3\text{d}$ 能确保封闭材料、砌筑砂浆充分固化，保障设施稳定性。

6.3.2 地表排水应满足以下技术要求：

1 地表排水应遵循分汇结合、就近排出的原则，快速排除路基及边坡地表水，减少地表水对路基、边坡的浸泡与冲刷。

2 路基表面应修整为 $2\% \sim 4\%$ 的横坡，确保排水顺畅；边坡表面应修整平顺、无明显凹凸，坡度符合设计要求，边坡平台及坡脚应设置边坡排水沟，排水沟中心间距宜为 $5\text{m} \sim 10\text{m}$ ，沟底纵坡不宜小于 0.5% 。

3 地表排水设施（边沟、排水沟等）宜采用预制构件拼装，提升施工效率；土质段边沟纵坡大于 3% 时，应采取铺砌、加固等防护措施；岩质段边沟可采用

浆砌片石砌筑，确保结构稳定。

4 排水出口应避让桥梁墩台、涵洞进出口及地下管线，避让距离应符合设计及规范要求；必要时应设置消力池、抛石护脚等消能设施，防止水流冲刷损毁构筑物。施工完成后应进行闭水（通水）试验，确保排水畅通、无渗漏、无堵塞，试验结果符合规范要求。

5 应急地表排水不得占用行车道及应急通道，应布设临时排水通道，临时通道断面尺寸、纵坡应满足排水需求，施工单位应做好排水维护，保障施工期间路基、作业面无积水，不影响正常通行及施工安全。

6.3.3 斜孔排水应满足以下技术要求：

1 斜孔排水适用于排除路基内部滞水、降低地下水位，以治理由此引发的路基软化、边坡滑坡等病害。应根据地质勘察成果确定孔位、倾角与孔深，孔位宜布设在边坡中下部或滑坡体前缘。

2 钻孔直径宜为 100mm~150mm，与水平方向的倾角宜为 5°~15°。孔深应穿透软化层或含水层，进入下卧坚实土层或稳定岩层，孔底宜低于设计地下水位线 0.5m~1.0m。

3 成孔后应及时安装透水管。管材宜采用 UPVC、HDPE 或经防腐处理的钢管。管壁应开设透水孔，孔径 5mm~8mm，沿管长方向间距 ≤ 200 mm，呈梅花形布置。管壁外侧应包裹 1~2 层无纺土工布。

4 孔壁与透水管之间的环状空隙应采用 5mm~20mm 级配碎石（或砾石）充填并轻微捣实。排水管出水口应伸出边坡坡面不小于 0.3m，并设置防护网罩或管口保护装置。

5 斜孔排水施工宜分段或分批进行。每批次安装完成后应观测出水情况与排水量变化。后续批次钻孔可根据排水效果调整孔位、倾角或孔深。运维阶段应定期检查出水口，必要时清孔疏通。

6.4 反压与减载

6.4.1 堆载反压设计应满足以下要求：

1 反压区应设在滑坡体前缘、坡脚外侧，反压体坡脚距滑坡体坡脚外侧水平距离不宜小于 2.0m，并应避开涵洞、管线等既有构筑物。

2 反压体高度宜为 1.5m~3.0m，顶宽 ≥ 2.0 m，边坡坡度宜为 1:1.5~1:2.0。应

保证反压边坡稳定性满足《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定。

3 反压体应设置完善的排水系统，坡脚方向（纵向）宜设置排水盲沟，垂直坡脚方向（横向）宜设置排水孔或暗管，排水设施应与周边地表排水系统有效衔接。

4 反压体填料应优先选用透水性材料，如级配碎石、碎石土、开山石渣等。若采用级配碎石或卵石，粒径宜为 20mm~60mm，含泥量 $\leq 5\%$ ，并掺配适量细料（5mm~10mm 占比 10%~20%）。严禁使用粘性土、淤泥、腐殖土、松散砂土等易软化或透水性差的填料。

5 反压体应分层填筑，压实度（重型击实标准）不宜低于 90%。结合部位应加强碾压或夯实。填筑完成后坡面应平整、略向外倾斜（2%~3%），防止雨水入渗。

条文说明

反压区设在滑坡体前缘外侧，反压体坡脚距滑坡坡脚 $\geq 2.0\text{m}$ ，可提供抗滑力矩同时避免对坡脚产生次生扰动。反压体高度 1.5m~3.0m：过低不足以提供足够抗力，过高可能引起反压体自身失稳或触发更深层滑动。边坡坡度 1:1.5~1:2.0 为常规填方稳定坡率。排水通道（纵向盲沟+横向排水孔）是防止反压体积水软化的关键，必须与地表排水系统衔接。填料应优先采用透水性材料，严禁使用粘性土等易积水软化的土类，否则反压体本身可能成为新的滑动体。压实度（重型击实） $\geq 90\%$ 可保证反压体整体性与抗变形能力；分层填筑、结合部夯实可减少不均匀沉降与入渗通道。

6.4.2 堆载反压施工应满足以下要求：

1 填筑前应清除基底杂物、浮土及软弱层，平整场地。基底承载力应满足反压体自重及施工荷载要求，不满足时应进行换填或加固处理。

2 分层填筑厚度不宜大于 0.3m，采用小型机具（如蛙式夯、平板夯）或压路机压实。压实度（重型击实标准）不应低于 90%，现场以灌砂法或环刀法检测。填筑过程中应监测坡脚水平位移及反压体沉降，出现异常变形（如位移速率 $> 5\text{mm/d}$ ）时应立即停止填筑，查明原因并处理后方可继续。

3 作业区应设置警示标志，严禁非作业人员进入。反压施工宜与坡体截排水措施协同实施，避免施工期间地表水入渗反压体基底。

6.4.3 削方减载设计应满足以下要求：

1 削坡减载适用于边坡过陡、自重过大引发的滑坡、坍塌。

2 应按高度、坡度、地质及运营条件确定削方量、坡度与范围，保证边坡稳定与行车安全。削坡后的边坡坡度宜按以下控制：土质边坡不陡于 1:1.5，岩质边坡不陡于 1:1.0。边坡高度较大时应设置台阶，台阶宽度宜为 1.0m~2.0m，单级坡高（两级台阶之间的垂直距离）宜为 6.0m~10.0m。

3 削方范围应覆盖滑动区，坡顶线应远离行车道，清除松动土体与危岩。削方应避免桥梁、涵洞、管线；无法避开时应采取保护措施。

4 坡面应及时防护，坡顶设截水沟、坡脚设排水沟。

5 弃土不得长时间占用车道、堵塞排水系统。

条文说明

削方减载适用于边坡过陡、自重过大的病害，自上而下分层施工、控制边坡坡度，防止开挖失稳；台阶设置提升边坡稳定性，坡顶截水、坡脚排水避免雨水冲刷；弃土管控、避开构筑物，防止堵塞交通与引发次生灾害。

6.4.4 削方减载施工应满足以下要求：

1 削方应遵循自上而下、分层开挖的原则。

2 削方范围应清除滑坡体上部荷载，削除后坡顶线应远离行车道，确保安全距离。同时应清除坡面松动土体、危岩及不稳定块体。

3 削方前应先施工坡顶截水沟，防止地表水冲刷开挖面。削方完成后应及时对坡面进行防护，可选用喷播植草、三维网植草、骨架护坡等；浆砌片石全封闭防护仅适用于岩质边坡且需设置泄水孔。坡脚应设置排水沟，与截水沟及周边排水系统衔接。

4 削方范围应避免桥梁、涵洞、地下管线等既有构筑物；无法避开时应采取专项保护措施。削方产生的弃土应运至指定弃土场，严禁随意堆弃，不得占用车道、堵塞排水系统或影响既有交通。

6.5 路基填补

6.5.1 泡沫轻质土设计应满足以下技术要求：

1 泡沫轻质土的水泥、发泡剂、掺合料等材料要求应符合《现浇泡沫轻质土

技术规程》（CECS249）的规定。

2 泡沫轻质土的力学与物理指标应满足：28d 抗压强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ ；湿容重 $5\sim 8\text{kN/m}^3$ ；软化系数 ≥ 0.8 ；体积吸水率 $\leq 10\%$ 。

3 泡沫轻质土设计填筑总厚度宜为 $0.5\text{m}\sim 3.0\text{m}$ ，填筑范围宽度应超出病害区边缘不少于 0.5m 。填筑体顶部应设置 $0.2\text{m}\sim 0.3\text{m}$ 厚级配碎石保护层，压实度（重型击实标准） $\geq 95\%$ ，兼作排水垫层。

4 泡沫轻质土应采用分层填筑，层间应涂刷水泥净浆或专用界面剂，确保层间黏结。填筑体周边应根据防渗需要设置隔离层，地下水丰富段宜采用防渗土工膜，一般段可采用无纺土工布。

5 地下水位较高或地下水发育段，应在泡沫轻质土底部以下（或基底垫层内）设置排水盲沟，与路基排水系统衔接。需要增强整体性时，可在层间或底部设置增强材料，宜采用双向土工格栅、玻纤网或钢塑格栅；若采用镀锌钢丝网，应做防腐处理。

条文说明

泡沫轻质土具有轻质性（湿容重 $5\sim 8\text{kN/m}^3$ ，约为常规填土的 $1/3\sim 1/2$ ），可显著减小路基荷载。28d 抗压强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ 可满足一般行车荷载要求，软化系数 ≥ 0.8 保证浸水条件下强度不显著降低。分层浇筑厚度 $0.3\text{m}\sim 0.6\text{m}$ ，过厚易导致底层气泡受压破裂、密度不均匀，过薄影响施工效率。层间界面剂可保证新旧泡沫轻质土的整体黏结，避免分层剥离。周边隔离层防止地下水或细粒土渗入填筑体，保持其轻质特性。底部排水盲沟用于疏干地下水，避免泡沫轻质土长期浸水。顶部级配碎石层兼作保护层与排水垫层，防止行车荷载直接作用导致表面破损。

6.5.2 泡沫轻质土施工应满足以下要求：

1 基底应清理、整平、压实。原状土基底应碾压或夯实，无明显松软层；回填基底压实度（重型击实标准）不应低于 90% 。低洼积水段须彻底排水疏干，软弱基底段应铺设 $0.1\text{m}\sim 0.2\text{m}$ 厚碎石垫层，确保基底稳固、无积水、无软弹。

2 隔离防渗材料铺设连续完整，相邻幅材搭接宽度不小于 0.2m ，搭接部位密封固定，铺设表面无破损、无褶皱、无渗漏隐患。

3 模板体系安装牢固、板面平整顺直，模板垂直度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ ，板缝严密

封堵；仓面顶部及端部合理预留排气孔，防止浇筑裹气、空腔缺陷。

4 泡沫轻质土施工应采用连续匀速泵送浇筑，单层浇筑厚度宜控制在 0.3m~0.6m，应在下层初凝前完成上层浇筑。严禁急促冲击式出料或长时间间歇停泵。

5 浇筑完成后应及时覆盖土工布、塑料薄膜等保湿材料，养护周期不少于 7d，养护期间保持表层湿润，严禁暴晒、雨水直接冲刷及外力扰动挤压。

6 泡沫轻质土强度达到设计强度 70%后方可拆除模板。表层满足强度要求后，铺筑级配碎石保护层，顶面平顺过渡，与既有路基、路面结构衔接顺畅。

条文说明

隔离层搭接 $\geq 0.2\text{m}$ 并密封，防止周边水或细粒土渗入填筑体。搅拌总时间不宜超过 3min，水泥浆搅拌 1~2min，加入泡沫后再搅拌 30~60s，过长会破坏气泡结构，导致湿容重增大、强度降低。单层浇筑厚度 0.3m~0.6m，过厚易导致底层气泡受压破裂，过薄影响施工效率。养护 $\geq 7\text{d}$ 并覆盖保湿，泡沫轻质土早期强度增长快，缺水会导致表面开裂、强度下降。

6.5.3 土石速填设计应满足以下要求：

1 填料应选用强度高、稳定性好的碎石、卵石、块石等粗粒土，优先采用碎石含量 60%~80%的级配碎石土。严禁使用淤泥、腐殖土、松散砂土及严重风化岩。

2 碎石、卵石粒径宜为 20mm~80mm，含泥量不宜大于 3%，母岩饱和抗压强度不宜小于 30MPa。

3 设计填筑总厚度宜为 1.0m~4.0m，填筑范围宽度应超出病害区边缘不少于 0.8m。填筑体边坡坡度宜为 1:1.5~1:2.0，坡面应及时防护。

4 地下水位较高或基底软弱段，应在基底铺设 0.2m~0.3m 厚级配碎石透水垫层（粒径 20mm~50mm），兼作排水与隔离层。

条文说明

土石速填适用于应急或快速处理路基病害，以粗粒土为主填料，保证承载能力与施工速度。碎石/卵石含泥量 $\leq 3\%$ 、母岩强度 $\geq 30\text{MPa}$ ，防止填料软化、破碎。分层厚度 $\leq 0.5\text{m}$ （压实后），0.8~1.2m 过大，难以保证底部压实质量，易产生后期不均匀沉降。

6.5.4 土石速填施工应满足以下技术要求：

1 土石填筑应采用分层填筑施工，每层填筑压实厚度不宜大于 0.5m，压实度不小于 92%。

2 注浆施工宜采用“填筑完成后钻孔埋设注浆管”的工艺。施工条件受限时，也可采用分层填筑同步预埋注浆管，施工过程中应严格保护注浆管，管材应选用钢管，注浆管周边 0.5m 范围内应采用人工夯实，严禁大型机械直接碾压注浆管。

3 注浆管平面间距 1.5m~2.0m，呈梅花形布置。管底应嵌入基底或进入稳定持力层以下不少于 0.5m，管顶应高出填筑体表面 0.3m~0.5m，管口在非注浆期间应临时封堵。

4 注浆材料宜采用水泥砂浆，水泥与砂质量比为宜为 1:2~1:3，水灰比 0.45~0.55，砂宜为细砂。注浆压力宜为 0.3~0.5MPa，采用自下而上分段注浆或全孔一次性注浆，以表面溢浆且稳压 5min 不吸浆为终止条件。

5 注浆完成后应养护不少于 7d，养护期间避免车辆碾压、机械撞击。填筑体与既有路基、路面衔接处应平顺过渡，无台阶、无错台。

6 施工过程中应监测填筑体沉降及坡脚水平位移，出现异常变形时应立即停工，查明原因并处理后方可继续施工。

条文说明

推荐“先填筑后钻孔注浆”工艺，可避免压实机械损坏注浆管，且注浆孔不会被填土堵塞，注浆效果更可靠。注浆管采用钢管（镀锌或防腐）比 PVC 管更耐施工冲击。注浆孔间距 300mm~500mm 可保证浆液扩散均匀，同时避免管身强度过度削弱。水泥砂浆采用细砂（ $\leq 2\text{mm}$ ）可防止沉淀堵管；稳压 5min 不吸浆可保证浆液充分填充空隙。

6.6 障碍清除

6.6.1 土方清除应满足以下技术要求：

1 适用于清除因滑坡、坍塌造成的路面堆积土方、边坡浮土等影响通行的障碍物。

2 作业前应设置警戒区、围挡及安全防护设施，并实施交通管制。

3 宜采用挖掘机、装载机配合自卸车机械清运，局部边角或松散土方可在安全防护下辅以人工清理。应自上而下分层清除，每层厚度不宜大于 1.0m，严禁从底部掏挖，防止边坡二次坍塌。

4 清除后路面应基本平整，无明显凸起、坑洼或松散土堆（宜用 3m 直尺检查，最大间隙 $\leq 30\text{mm}$ ）。边坡应修整至设计坡度或临时稳定坡度，清除坡面浮土、松动块体。弃土应运至指定场地，严禁随意堆弃，不得占用行车道、堵塞排水系统或影响既有交通。

5 雨后复工前应检查边坡稳定性，确认无裂缝、滑移、落石等隐患后方可作业。施工过程中应监测边坡及作业面变形，发现坡面开裂、局部坍塌、土体位移等异常时，应立即停止作业并组织人员撤离。

6.6.2 危岩清除应满足以下技术要求：

1 适用于清除边坡及坡顶的松动危岩、悬空岩块。应遵循优先清除威胁下方道路及构筑物的危岩、自上而下、逐块清除的原则。

2 作业前应划定危险区，在坡脚或道路侧设置被动防护网，并实施交通管制。

3 危岩清除应根据岩块大小、位置及稳定状态选择合适方法。单块质量 $\leq 100\text{kg}$ 且人工可安全操作的小型危岩，可采用人工撬挖、牵引清除。单块质量 $> 100\text{kg}$ 或位置险要的大型危岩，宜采用机械破碎（如破碎锤、劈裂机），必要时可采用控制爆破或膨胀剂静态破碎，也可采用钢丝绳捆绑锚固后缓慢下放的方式清运。严禁在无防护措施的情况下直接锤击或撬动大型危岩。

4 清除后坡面应无松动岩块、无悬空危岩，残留岩体应稳定。清除的岩块应及时清运，不得堆放在坡脚或路面上。作业过程中应持续监测边坡稳定性，发现裂缝扩展、岩块位移、落石等异常时立即停止作业并撤离。

5 作业前应在路面铺设缓冲层（如砂垫层、废旧轮胎、钢板或土工布），防止落石砸坏路面。宜采用半幅封闭、半幅通行的交通组织方式，人工与机械（如破碎锤、装载机）配合清除，确保作业安全与通行效率。

条文说明

危岩清除是边坡应急处治的关键环节，优先清除对下方道路、构筑物威胁最大的危岩。被动防护网设于坡脚或道路侧，可拦截意外坠落的岩块。机械破碎（破碎锤、劈裂机）适用于中等规模危岩；控制爆破或膨胀剂静态破碎适用于大规模危岩体；钢丝绳捆绑下放适用于需要保留岩块完整性或下方有重要设施的情况。路面铺设缓冲层可有效防止落石砸坏沥青或水泥路面，减少次生修复工作。半幅封道可维持应急交通，人工与机械配合可提高效率并保障作业人员安全。

6.6.3 爆破清除应符合下列技术要求：

1 爆破清除适用于机械无法清除的大块危岩、坚硬岩体堆积体的爆破处治。爆破作业应由具备相应资质的单位及人员实施，严格执行《爆破安全规程》（GB 6722）及公路运营管理相关规定。

2 作业前应开展现场勘查，确定爆破参数，编制专项爆破方案并按规定报批；应探测标识地下管线，必要时采取保护或迁移措施，清除周边杂物；警戒范围应依据 GB 6722、飞石可能距离及爆破震动影响范围计算确定，作业前需疏散警戒区内所有人员、车辆并设置警戒点。

3 爆破材料的运输、储存、使用应符合 GB 6722 及危爆品管理相关规定；炮孔深度、角度应符合设计要求，成孔后采用高压风清孔，确保孔内无积水、无岩粉。

4 宜采用预裂爆破、光面爆破等控制爆破方式，起爆方式优先采用毫秒微差起爆，减小爆破震动及飞石影响；爆破体表面应覆盖钢丝网、土工布、沙袋等防护层控制飞石距离；邻近桥梁、涵洞、管线等构筑物处，应实时监测爆破震动，质点峰值振动速度（PPV）不应超过 GB 6722 规定限值（一般 $\leq 5\text{cm/s}$ ，按结构类型调整），监测数据超限时应立即停止作业并调整参数。

5 爆破后，电力起爆应等待不少于 15min、导爆管起爆应等待不少于 30min，待烟尘消散后，由爆破技术人员现场检查：确认无盲炮（如有，按 GB 6722 规定程序处理）、边坡稳定无新增隐患、邻近结构物无受损；确认安全后，方可组织机械清理块石，完工后撤除警戒、恢复交通。

6 宜选择夜间或交通低峰时段作业，减少对通行的影响；临路侧应设置防护排架、防落石网或沙袋挡墙等防护设施，防止飞石侵入行车道。

条文说明

地下管线应探测并保护/迁移，而非简单“清理”，防止次生灾害。爆破体表面覆盖防护层（钢丝网、沙袋等）是控制飞石的有效措施。盲炮处理必须由专业爆破员按 GB6722 执行，严禁强行处理。爆破清除需资质单位实施，执行 GB6722 爆破安全规程，方案报批、警戒区范围由设计确定，严控爆破风险；控制爆破、微差起爆减少震动飞石；爆破后等待 15~30min，确认安全后方可进入，低峰时段作业降低交通影响。

6.7 快速支挡

6.7.1 钢板桩设计应符合下列要求：

1 适用于粘性土、粉土、砂土、粒径 $\leq 100\text{mm}$ 碎石土及地下水位较高路段的临时支挡防护；不适用于坚硬岩层、密实卵石层及岩溶发育地层，确需采用时，应提前采取钻孔预处理（引孔）及专项加固措施。

2 钢板桩沿坡脚或病害区域边缘连续布设，布置范围超出病害边缘不应小于 1.0m ；桩间采用锁口咬合连接，形成连续封闭挡土防渗体系。桩体入土嵌固深度经稳定性验算确定，不宜小于支挡悬臂高度的 1.0 倍，一般取 $1.2\sim 1.8$ 倍，临水、软土及高土压力工况取 $1.5\sim 2.0$ 倍。

3 宜采用拉森钢板桩，钢材采用 Q235B 或 Q355B，力学性能应满足：Q235B 屈服强度 $\geq 235\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 26\%$ ；Q355B 屈服强度 $\geq 355\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 21\%$ 。截面宜选用 SP-III、SP-IV 型，有效厚度 $9\text{mm}\sim 15\text{mm}$ ，截面宽度 $400\text{mm}\sim 600\text{mm}$ 。防腐涂层干膜厚度：常规路段 $\geq 100\ \mu\text{m}$ ；临水、潮湿及腐蚀环境 $\geq 200\ \mu\text{m}$ 或采用热浸镀锌加强防腐。

4 钢板桩悬臂支挡高度宜为 $2.0\text{m}\sim 5.0\text{m}$ ：支挡高度 $\leq 3.0\text{m}$ 可采用无支撑悬臂支护； $>3.0\text{m}$ 时应设置型钢水平围檩及横向内支撑，竖向间距 $2.0\text{m}\sim 3.0\text{m}$ ； $>4.5\text{m}$ 时宜设两道及以上支撑。桩后与边坡间回填 $0.3\text{m}\sim 0.5\text{m}$ 厚级配碎石作为排水垫层；支护转角采用异形锁口桩衔接，起始端及转角应力集中部位桩长，比标准桩加长 $2.0\text{m}\sim 3.0\text{m}$ （或按标准桩长 $1.2\sim 1.5$ 倍控制）。

条文说明

桩体连续布设、锁口咬合、外扩 $\geq 1.0\text{m}$ ，可形成整体封闭挡土防渗结构。支挡高度 $>3.0\text{m}$ 设支撑， $>4.5\text{m}$ 设多道支撑，是控制桩身变形与内力的关键。桩后回填级配碎石作排水垫层，防止水压力累积。转角及起始端加长桩长 $2\sim 3\text{m}$ ，可消除应力集中薄弱环节。

6.7.2 钢板桩施工应符合下列要求：

1 施工流程：清表→放线→导架安装→插桩→沉桩→支撑安装→回填→检测→（使用结束后）拔桩→孔洞注浆填充。

2 放线定位桩位允许偏差 $\leq 50\text{mm}$ ；应安装牢固导向架（导梁），控制桩位及垂直度，沉桩过程中不得下沉或变形。

3 宜采用振动锤或锤击沉桩，垂直度偏差 $\leq 1\%$ ；沉桩前清理锁口杂物，必要时涂抹润滑剂，确保锁口咬合严密、无渗漏。

4 沉桩后及时安装支撑并施加预紧力（千斤顶或楔块预紧），确保围檩与桩身贴合紧密、连接可靠。

5 桩后分层回填，每层松铺厚度 $\leq 0.3\sim 0.5\text{m}$ ，采用小型夯实机具压实，压实度（轻型击实标准） $\geq 90\%$ ，不得损坏钢板桩及支撑。

6 完工检测应符合：桩顶水平位移 $\leq 30\text{mm}$ （全站仪或经纬仪测量）；垂直度 $\leq 1\%$ （吊线或测斜仪抽检）；锁口无张开、无渗漏；支撑连接牢固、预紧有效、无松动变形。

7 沉桩遇地下障碍物应立即停机，处理后再施工；锤击沉桩设桩帽，采用重锤低击，防止桩头损坏；邻近构筑物时宜采用静压沉桩减少振动。拔桩按对称、分层顺序进行，孔洞及时用水泥砂浆或细石混凝土注浆填充，防止地面塌陷。

条文说明

导向架用于控制桩位与垂直度，是保证成桩质量的关键。完工检测中，桩顶水平位移 $\leq 30\text{mm}$ 是临时支挡的变形控制限值，超过此值可能影响结构安全。拔桩后注浆填充是防止桩孔坍塌引发路面沉陷的关键措施；对称、分层拔桩可减少周边土体的扰动。

6.7.3 微型桩设计应满足以下要求：

1 钢管宜采用 Q235B 焊接钢管，外径 $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ ，壁厚 $6\text{mm}\sim 8\text{mm}$ 。防腐层（环氧涂层或热浸镀锌）干膜厚度 $\geq 80\mu\text{m}$ ，腐蚀环境应适当加厚。

2 筋材宜采用 HRB400 钢筋，直径 $16\text{mm}\sim 22\text{mm}$ ，抗拉强度 $\geq 400\text{MPa}$ 。钢筋应除锈、除油，其长度应超出钢管顶端 0.5m ，用于顶部锚固或与承台连接。

3 灌浆材料宜采用 M30 水泥砂浆，配合比为水泥:砂=1:1~1:2（质量比），水灰比 $0.4\sim 0.5$ ，砂宜为细砂（粒径 $\leq 2\text{mm}$ ）。28d 抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

4 微型桩应布设在边坡、病害区或滑坡体前缘，平面呈梅花形布置，桩间距 $1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 。桩深应穿透滑动面（滑带）并进入稳定地层不少于 1.0m ，设计桩长宜为 $8\text{m}\sim 15\text{m}$ （根据滑动面深度确定）。

5 微型桩倾角（与水平面夹角）宜为 $15^\circ\sim 30^\circ$ （可根据滑动面倾角调整）。成孔直径（桩径）宜为 $130\text{mm}\sim 250\text{mm}$ ，钢管外径应小于桩径 $20\text{mm}\sim 50\text{mm}$ （保

证灌浆层厚度)。桩顶应低于路面 300mm~500mm,浇筑 C20 混凝土或水泥砂浆封帽,顶部可设置钢筋混凝土连梁以增强整体性。

6.7.4 微型桩施工应满足以下要求:

1 施工流程:清表→测量放线→钻孔→清孔→钢管安装→内插筋材安装→灌浆→养护→质量检测。

2 钻孔直径(孔径)宜为 120mm~160mm,垂直度偏差 $\leq 1\%$ 。遇松散、塌孔地层时,可采用 C15 混凝土护壁或套管跟进钻进,必要时可对松散段进行注浆加固后重新钻孔。

3 清孔后孔底沉渣厚度 $\leq 30\text{mm}$,孔内无明显积水(如有积水应抽干)。

4 钢管应居中安装,管壁可预留灌浆孔(孔径 5mm~8mm,间距 300mm~500mm)或采用孔口注浆器。内插钢筋应居中放置,与钢管内壁预留不小于 10mm 的间隙,保证浆液均匀包裹。

5 灌浆应采用自下而上的方式(注浆管随灌浆缓慢提升),灌浆压力宜为 0.2MPa~0.5MPa(根据地层条件调整,松散地层取低值),直至孔口溢出纯水泥浆为止。灌浆完成后应养护不少于 7d(或达到设计强度的 70%以上),养护期间不得扰动桩体。养护 3d 后方可进行桩顶清理、连梁施工等后续工序。

6.7.5 石笼挡墙设计应满足以下要求:

1 石笼挡墙应布设在坡脚外侧,距坡脚不宜小于 1.0m,长度应超出病害边缘不少于 1.0m。挡墙高度宜为 1.5m~4.0m,墙面坡度(背坡)宜为 1:0.3~1:0.5,顶宽(墙身厚度)宜为 0.8m~1.2m。基底应埋入地面以下不小于 0.5m,或置于稳定持力层上;临水段基础埋深应位于冲刷线以下。

2 石笼网宜采用热镀锌钢丝或 PVC 包塑钢丝,网箱采用六角形双绞合网孔。

3 填料应选用坚硬块石,粒径 100mm~300mm,单块石最小厚度 $\geq 150\text{mm}$ (防止片状、薄片石),母岩饱和抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$,含泥量 $\leq 3\%$ 。宜避免使用卵石(因不易咬合),严禁使用风化岩、泥岩。

4 石笼挡墙应分层堆叠,每层网箱高度宜为 0.5m~1.0m,层间采用连接筋(直径 $\geq 6\text{mm}$ 镀锌钢筋,间距 $\leq 0.5\text{m}$)绑扎固定。基底应铺设 0.2m~0.3m 厚碎石垫层。墙背与土体之间应铺设无纺土工布($\geq 200\text{g/m}^2$),作为反滤层。墙身可不单独设置排水孔(利用网孔自然排水);若设置,间距 1.5m~2.0m,孔径 $\geq 50\text{mm}$ 。沿

挡墙长度方向每 10m 设一道伸缩缝（兼沉降缝），缝宽 20mm，填塞沥青麻絮深度 $\geq 100\text{mm}$ （或贯穿墙厚）。

6.7.6 石笼挡墙施工应满足以下要求：

1 施工流程：清表→基底处理→垫层铺设→网箱安装→填石（分层）→层间连接→排水孔预埋（如需）→修整→检测。

2 基底应清理整平，压实度（轻型击实标准） $\geq 90\%$ ，并排除积水。

3 垫层应采用 5mm~20mm 级配碎石，铺设厚度 0.2m~0.3m，并夯实平整。

4 网箱应拼接牢固，相邻网箱绑扎点间距 $\leq 100\text{mm}$ 。网箱安装垂直度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ 。

5 填石应分层填筑，每层厚度不宜大于 0.3m~0.5m，采用人工码砌或小型振捣器振实，确保石料饱满密实，网箱无明显鼓胀变形。严禁直接碾压或强力夯实。

6 石笼挡墙可利用网孔自然排水，可不单独设置排水孔。

7 完工后应检查墙面顺直平整，网箱连接牢固、排水畅通、外观无缺陷。宜避开雨季施工；雨季施工应采取防雨覆盖措施。

6.7.7 装配式重力式挡墙设计应满足以下要求：

1 装配式重力式挡墙应布设在坡脚或病害区边缘，挡墙两端超出病害区边缘的长度不应小于 2.0m。挡墙高度宜为 2.0m~5.0m，墙面坡度（俯斜/仰斜）宜为 1:0.3~1:0.5，墙背坡度不宜陡于 1:0.3（或按稳定计算确定），顶宽（墙身厚度）宜为 0.6m~1.0m。基础基底应嵌入稳定持力层，一般土质地段埋入天然地面以下不应小于 0.5m；软弱土层、冲刷及冻胀地段埋深不应小于 1.0m。。

2 预制构件应采用 C30 钢筋混凝土，标准养护 28d 立方体抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。受力钢筋采用 HRB400 钢筋，普通环境混凝土保护层厚度不应小于 30mm；轻度腐蚀环境 $\geq 35\text{mm}$ ，中度及以上腐蚀环境 $\geq 40\text{mm}$ 。

3 结构连接件宜采用 Q355B 钢材或 8.8 级高强螺栓；预埋钢板采用 Q355B 钢材，厚度 8mm~10mm。所有金属连接件、预埋钢板、螺栓配件均应做防腐处理，优先采用热浸镀锌（镀锌层厚度 $\geq 85\mu\text{m}$ ）或环氧防腐涂层（干膜厚度 $\geq 120\mu\text{m}$ ）。

4 墙后应回填 20mm~60mm 级配碎石，回填应分层压实，每层厚度不宜大于 0.3m，采用小型夯实机具压实，不得损坏挡墙结构。

5 装配式重力式挡墙应自下而上分层拼装，单层拼装高度宜为 0.5m~1.0m，

层间采用高强螺栓紧固连接，相邻预制块之间宜设置榫槽或锚筋以增强整体性。底部现浇混凝土基础采用 C30 混凝土，基础厚度 0.3m~0.5m，基础平面每侧宽出墙身边缘不少于 0.2m。墙背满铺 $\geq 200\text{g/m}^2$ 无纺土工布，配套设置碎石排水盲沟，盲沟应与墙底纵向排水系统贯通衔接。

6.7.8 装配式重力式挡墙施工应满足以下要求：

1 施工流程：场地清表→测量放线→构件进场运输检验→基坑开挖→基础施工→墙身拼装→连接件紧固安装→墙背土工布及排水设施施工→分层回填压实→质量检测验收。

2 基础基坑开挖深度宜为 0.5m~0.8m，基础平面每侧宽出墙身不少于 0.2m。基坑基底平整夯实后铺设 0.1m~0.2m 厚级配碎石垫层，现浇 C30 混凝土基础；基础养护不少于 7d 且强度达到设计强度 80%以上，方可进行上部构件拼装。基底纵向坡度 $> 5\%$ 时应设置错台台阶，台阶高度不宜大于 0.5m，台阶高宽比不宜大于 1:2。

3 预制构件运输、吊装过程中应采用橡胶软垫衬垫、捆绑固定，防止边角磕碰、构件开裂。拼装应自下而上逐层进行，拼装接缝宽度偏差 $\leq 5\text{mm}$ ，墙体垂直度偏差 $\leq 1/200$ ；墙顶高程偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$ ，墙面平整度偏差 $\leq 8\text{mm}$ 。每层构件拼装完成后设置刚性临时支撑，支撑稳固后方可进行上层施工，防止墙体倾覆偏移。

4 高强螺栓连接应对称、分次拧紧，确保连接牢固、无松动。8.8 级高强螺栓连接应采用对称、分次紧固工艺，分为初拧、复拧、终拧三道工序，终拧扭矩符合设计及规范要求，螺栓紧固完成后逐一检查，确保无松动、滑移，螺栓丝扣外露应为 2~3 扣，其中允许有 10% 的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。

5 墙后应分层回填级配碎石，每层松铺厚度不宜大于 0.3m，采用小型夯实机具压实。压实度（重型击实标准） $\geq 95\%$ ，不得损坏挡墙结构及排水设施。

6.7.9 柔性防护设计应满足以下要求：

1 柔性防护系统可分为主动系统与被动系统，主动系统可用于坡面松动、风化剥落、浅层溜塌等坡面病害，被动系统可用于落石、滚石的拦截防护。

2 主动防护系统防护覆盖范围应超出病害区边缘不少于 1.0m。锚杆间距宜为 2.0m~3.0m，危险区应适当加密；锚杆长度应穿透潜在滑动面或进入稳定岩土层不少于 1.0m，且不宜小于 3.0m。

3 被动防护系统适用于落石拦截，应布设在坡脚或车道外侧。防护长度应超出落石影响区两端各不少于 2.0m，防护高度宜为 2.0m~3.5m（应根据落石能级经计算或选型确定）。基础不得占用公路净空及抢险通道。

4 坡面薄弱部位（凹陷、破碎带、岩腔等）应进行局部加固（如增设锚杆、钢丝绳锚杆）。防护系统不得封堵既有排水设施，应预留排水通道。

5 主网、锚杆、立柱、横梁等材料要求应符合《边坡柔性防护网系统》（JT/T 1328-2020）的规定。

6 主动系统安装时，网片搭接宽度 $\geq 150\text{mm}$ ，采用卡扣锁紧，并适度张拉使其贴合坡面（不得过紧或过松）。被动系统安装时，基础埋深不宜小于 0.8m（或进入稳定地层），应满足抗滑、抗倾覆要求；应设置耗能构件（如减压环），以吸收落石冲击能量。

7 防护系统应预留排水通道，与既有排水系统衔接，不得阻碍地表水排泄。临路侧应设置反光警示标志（夜间反光）及警示牌，提醒车辆注意。

6.7.10 柔性防护施工应满足以下要求：

1 柔性防护施工应遵循先清险、后防护、再加固的原则，分段施工。作业前应进行安全技术交底，作业人员必须佩戴安全帽、安全带、防滑鞋等防护用品，高空作业应搭设脚手架或采用高空作业车。

2 主动防护系统施工要求：

1) 施工流程：清表（清除危岩、浮石）→放线→钻孔→安设锚杆→灌浆→铺网→连接→张紧→检测。

2) 坡面应清理至无松动危岩、无尖锐凸起，清理范围超出设计边界不少于 0.5m。

3) 锚杆灌浆应采用水泥砂浆，灌浆压力宜为 0.2MPa~0.4MPa，确保灌浆饱满。养护不少于 7d（或达到设计强度 70%）。

4) 网片搭接宽度 $\geq 150\text{mm}$ （与设计要点一致），采用卡扣连接，卡扣间距 $\leq 200\text{mm}$ 。

5) 网片应适度张拉，使其紧密贴合坡面，不得有明显松弛或鼓包。

3 被动防护系统施工要求：

1) 施工流程：清表（清除危岩、浮石）→放线→基础施工→立柱安装→横

梁安装→铺网→耗能构件安装→张紧→固定→检测。

2) 基础混凝土养护不少于 7d (或达到设计强度 70%)，基础埋深应符合设计要求 (不宜小于 0.8m)。

3) 立柱垂直度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ ，立柱与基础连接牢固。

4) 耗能构件 (减压环) 应按设计位置安装，连接可靠，不得缺失。

5) 防护网应适度张紧，固定牢固，不得有明显松弛。

7 信息化应急监测

7.1 一般规定

7.1.1 路基灾害应急监测应根据灾害险情等级、公路等级、周围环境及其工程重要性等进行分级监测，按表 7.1.1 确定。

表 7.1.1 应急监测等级

灾害险情等级	监测等级		
	高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
I	三级	三级	三级
II	二级	三级	三级
III	一级	二级	三级
IV	一级	一级	二级

注：1.监测等级由高到低依次为一级、二级、三级；

2.灾害影响区有桥梁、隧道、高压输电塔、油气管道等重要建筑物，以及村庄和学校的二、三、四级公路，监测等级宜提高一级；

3.区域内唯一通道的二、三、四级公路的公路，监测等级宜提高一级。

7.1.2 公路路基灾害应急监测应以采用自动化监测为主，辅以人工巡查或无人机巡查。

7.1.3 应急监测方案制定前应进行现场调查，收集灾害点变形范围、潜在影响对象等信息。

7.1.4 应急监测方案应综合考虑灾害点状态、工程地质条件、现场实施条件、应急抢险施工方案等制定，并根据应急抢险工程进度及现场施工需求进行动态调整。

7.1.5 当出现下列情况之一时，应组织专业技术人员进行技术会商，若会商认定监测可解除，可终止应急监测，转为常规监测。

- 1 诱发灾害的主要因素已经消除；
- 2 应急处治措施施工完毕，且险情得到控制。

7.2 应急监测内容

7.2.1 滑坡灾害应急监测以变形监测为主，监测内容应根据应急监测等级，按表 7.2.1 确定。

表 7.2.1 滑坡应急监测内容

监测内容		监测等级		
		一级	二级	三级
变形监测	地表位移	应测	应测	应测
	裂缝	应测	应测	应测
	深部位移	应测	宜测	可测
影响因素监测	降雨量	应测	应测	宜测
	地下水水位	宜测	宜测	可测
	土壤含水率	宜测	宜测	可测
灾害体动态监测	视频监控	宜测	可测	可测
	人工/无人机巡查	应测	应测	应测

7.2.2 崩塌灾害应急监测以变形监测为主，监测内容应根据应急监测等级，结合表 7.2.2 确定。

表 7.2.2 危岩崩塌应急监测内容

监测内容		监测等级		
		一级	二级	三级
变形监测	地表位移	应测	应测	应测
	裂缝	应测	应测	应测
	危岩倾斜	应测	应测	宜测
相关因素监测	降雨量	应测	应测	宜测
	孔（裂）隙水压力	宜测	宜测	可测
	地声/次声	宜测	宜测	可测
灾害体动态监测	视频监控	宜测	可测	可测
	无人机/人工巡视	应测	应测	应测

7.2.3 泥石流应急监测以泥（水）位、降雨量等为主，监测内容应根据应急监测等级，结合表 7.2.3 确定。

表 7.2.3 泥石流应急监测内容

监测内容		监测等级		
		一级	二级	三级
流体监测	泥（水）位	应测	应测	应测
	地声/次声	应测	宜测	可测
	拦挡坝（网）倾斜或振动	宜测	宜测	可测
相关因素监测	降雨量	应测	应测	应测
	土壤含水率	宜测	可测	可测
灾害体动态监测	视频监控	宜测	可测	可测
	无人机/人工巡视	宜测	宜测	宜测

7.2.4 沉陷与塌陷应急监测应重点监测地面沉降、地裂缝、塌陷坑变化情况，

监测内容应根据应急监测等级，结合表 7.2.4 确定。

表 7.2.4 沉陷与塌陷应急监测内容

监测内容		监测等级		
		一级	二级	三级
变形监测	地表位移	应测	应测	应测
	裂缝	应测	应测	应测
影响监测	降雨量	宜测	宜测	宜测
	地下水水位	宜测	宜测	可测
	地下水含砂量	宜测	宜测	可测
	地表水水位	宜测	可测	可测
灾害变化	视频监控	宜测	可测	可测
	无人机/人工巡视	应测	应测	应测

7.2.5 路基水毁监测可根据现场灾害特征，参考 7.2.1~7.2.4 内容。

7.2.6 应急监测的监测仪器设备技术指标、监测精度应满足表 7.2.6 的要求。

表 7.2.6 监测设备及其技术指标

序号	监测项目	监测内容	检测方法与仪器	精度与参数要求
1	变形特征	地表位移	GNSS	平面：±(2.5mm+0.5ppm) 高程：±(5.0mm+0.5ppm)
			智能型全站仪	测角精度：0.5"或 1" 精度：1.0mm+2.0ppm
			地基合成孔径雷达	精度：毫米级
			三维激光扫描	精度：±5mm
			毫米波雷达	精度：毫米级
		裂缝	裂缝计 拉线式位移计	量程：0~500mm 精度：0.1mm 或 0.1%F.S
		深部位移	固定式测斜仪、阵列式位移计	量程：30° 精度：0.1%F.S
2	影响因素	降雨量	翻斗式、轮盘式、压电式、光学式等一体式自动雨量计	±0.2mm
		地下水位	水位计	±0.1%F.S
		孔（裂）隙水压力	水压力计	±0.2%F.S
		土壤含水率	含水率计	±2%RH
		泥水位	泥水位计	±5mm
		地声/次声	地声仪/次声仪	—
3	灾害变化	灾害体动态变化	摄像机	—
			无人机	—
			人工巡查	—

7.3 监测点位布置

7.3.1 滑坡应急监测断面与点位布置应根据滑坡地形地貌、工程地质条件、滑坡防治安全等级和主体防治工程布置方案，合理布设，并符合下列规定：

- 1 监测断面应沿滑坡主滑动方向布设，在主滑方向布置 1~3 个监测断面；
- 2 规模大、性质复杂的滑坡按变形分区进行稳定性评价与治理工程设计时，应根据分区布设监测断面，每个分区监测断面不应少于 1 个；
- 3 在监测断面上，滑坡后缘之外的稳定地段、后缘牵引段、主滑段、前缘抗滑段、支挡结构物、路基或桥隧构造物等均应布置监测点，其中主滑段监测点不应少于 2 个；
- 4 预应力锚索应力监测点数量不宜少于锚索总数的 5%，且不应少于 3 根；
- 5 当需要设置水文观测孔监测地下水、渗水和降雨对滑坡稳定的影响时，每个监测断面上观测孔的设置不应少于 2 个；
- 6 深部位移监测孔深度应达滑动面以下不小于 5m。

7.3.2 崩塌灾害应急监测点位布置应符合以下规定：

- 1 危岩崩塌监测点应重点布设于主控结构面或变形敏感位置；
- 2 监测线平行危岩崩塌方向布置；危岩单体监测点数量可根据地质灾害体变形特征具体确定，监测剖面一般不少于 1 个，每条监测线上的监测点一般不宜少于 2 个；
- 3 地表变形监测点应布设于危岩单体顶部，裂缝监测点应沿主控裂缝发展方向布设。

7.3.3 泥石流应急监测点位布置应符合以下规定：

- 1 监测点位应能反映变形特征的关键部位，如拦挡坝轴线、排导槽起始段、沟道转折处；
- 2 拦砂（渣）坝等单体构筑物监测剖面不宜少于 1 条；
- 3 对于重要的重力式拦挡坝，坝肩的横剖面不应少于 2 条，纵剖面不应少于 2 条；
- 4 冲击力、地表水动态、流量等监测剖面，布置不应少于 1-2 条；
- 5 在变形较大或特别重要的部位监测剖面应适当加密。

7.3.4 沉陷与塌陷应急监测点位布置应符合以下规定：

- 1 大面积塌陷宜采用 GNSS、InSAR 等监测；
- 2 点状分布塌陷测线以塌陷中心呈圆环状布置，每一测线变形监测点数量不宜少于 4 个，并成对布设；
- 3 沉陷与塌陷受地下水影响时，地下水位监测点不宜少于 2 个。

7.4 应急监测数据采集频率

7.4.1 应急监测数据采集频率不宜低于 1 次/10min，数据上传频率不宜低于 1 次/h。

7.4.2 次声监测数据采集频率不宜低于 1 次/分钟；

7.4.3 视频监测的视频帧率不宜小于 7 帧/秒，以保证视频流畅。

7.4.4 当出现下列情况之一时，应提高数据采集与数据上传频率，数据采集频率不宜低于 5 次/10min，数据上传频率不宜低于 1 次/20min：

- 1 监测数据累计值达到预警值；
- 2 监测数据变化速率加快或达到预警值；
- 3 路基灾害影响范围内构筑物及地表出现异常；
- 4 暴雨或长时间连续降雨。

条文说明

自动化监测设备传感器采样频率可以达到 1 次/min 以上，数据可同步上传到监控管理平台。实际工程中监测设备供电主要以太阳能+蓄电池为主，电力储备能力受限，现场监测与数据设备需要节约电能消耗，根据供电能力制定适宜的数据采集与上传频率，以保证全天候应急监测需求。

附录 A 应急调查记录表

1	调查点编号:	路线名称:	路线编号:	
2	道路技术等级:	里程桩号:	位置坐标:	
3	工点名称 (位置描述):		照片编号:	
4	路基应急调查对象	<input type="checkbox"/> 挖方路基 <input type="checkbox"/> 填方路基 <input type="checkbox"/> 防护结构	灾害特征补充描述:	
5	路基灾害评价分级	<input type="checkbox"/> A 轻微 <input type="checkbox"/> B 中度 <input type="checkbox"/> C 严重 <input type="checkbox"/> D 极严重		
6	灾害类型	<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 沉陷 <input type="checkbox"/> 水毁 <input type="checkbox"/> 其他___		
7	交通中断现状	<input type="checkbox"/> 交通中断 <input type="checkbox"/> 半幅通行 <input type="checkbox"/> 双向通行		
8	手绘平面、剖面示意图:			
9	灾害综合评定等级 (综合路基影响范围内桥梁、隧道评价分级综合评定)		<input type="checkbox"/> A 可观察通行 <input type="checkbox"/> B 简单处理后通行 <input type="checkbox"/> C 采取措施并管制通行 <input type="checkbox"/> D 无法通行	
10	应急处治技术措施建议			
既有防护措施状况 (选填)				
11	防护结构基本条件	<input type="checkbox"/> 柔性防护网	<input type="checkbox"/> 主动防护系统 <input type="checkbox"/> 被动防护系统 <input type="checkbox"/> 引导防护系统	破坏特征简述
		<input type="checkbox"/> 坡面防护	<input type="checkbox"/> 抹面 <input type="checkbox"/> 喷素混凝土 <input type="checkbox"/> 挂网喷浆 (砼)	
		<input type="checkbox"/> 锚索 (杆) 框架	<input type="checkbox"/> 锚杆 <input type="checkbox"/> 锚索 <input type="checkbox"/> 框架	
		<input type="checkbox"/> 挡墙		
		<input type="checkbox"/> 抗滑桩或桩板墙		
		其它结构		

填表人:

复核人:

填表日期:

注: 灾害特征补充描述, 可包括坡高、坡度、岩土类型、基岩结构面特征、路基变形状况、灾害规模等。

本规程用词说明

本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。