

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 972—2015

公路边坡锚固工程耐久性评价 与维护技术规程

Durability evaluation and maintenance rules of the highway slope anchorage
engineering

2015 – 06 – 30 发布

2015 – 08 – 01 实施

陕西省质量技术监督局

发 布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准附录 A 为资料性附录，附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 为规范性附录。

本标准由中交第一公路勘察设计研究院有限公司提出。

本标准由陕西省交通运输厅归口。

本标准起草单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司、中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所、西安中交土木科技有限公司。

本标准主要起草人：丁小军、何思明、彭泽友、王成华、吴清、邹顺、杨安、冯绍攀、吴永、李秀珍。

本标准由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司；

电话：029-88851152-2615；

地址：陕西省西安市雁塔区科技四路 205 号；

邮编：710075。

公路边坡锚固工程耐久性评价与维护技术规程

1 范围

本标准规定了公路边坡锚固结构的类型特征、耐久性调查、勘测、评估方法和维护技术等内容。
本标准适用于公路边坡锚固工程的耐久性评价与维护工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

DZ/T 0219 滑坡防治工程设计与施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路边坡锚固工程 highway slope anchorage engineering

为防止公路边坡（滑坡）变形破坏或失稳而修建的锚固工程。

3.2

锚固结构 anchoring structure

由钢筋混凝土柱、墙、横梁等结构，加锚杆或锚索形成的组合结构。

3.3

锚固结构耐久性 durability of the anchoring structure

公路边坡锚固工程抵抗自身和外部环境双重因素长期破坏作用的能力。

3.4

层次分析法 analytical hierarchy process-AHP

将有关因素分解成目标、准则、方案等层次，在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。

3.5

钢绞线锈蚀损伤 corrosion damage of strands

钢绞线由于锈蚀导致的抗拉强度退化。

3.6

锈胀力 corrosion expansion force

边坡锚杆在某种因素作用下发生相变（生锈）引起体积膨胀而在钢筋与砂浆之间产生的作用力。

3.7

锚索拉拔试验 pullout test of the anchoring structure

采用拉力计（千斤顶）对锚索进行拉拔加载以检测锚索锚固力的现场试验。

3.8

锚固单体优良率 excellent rate of the anchoring monomers

在一个锚固工程中，评价等级为优和良的单体数占整体数的百分率。

4 公路边坡锚固结构耐久性现状调查

4.1 一般规定

4.1.1 公路边坡常用的锚固结构工程类型有锚索抗滑挡土墙、锚索抗滑桩、框架式锚固工程和立柱（或列板）锚固工程，各类工程应分别进行调查。

4.1.2 锚固工程耐久性评价前应收集、查阅建设期的勘察、设计、施工和竣工验收文件资料，查明各类工程结构对边坡的防护作用特点，分析各工程结构耐久性与建设期勘察、设计和施工的关系。

4.1.3 锚固工程耐久性评价之前，应查明工程区地质概况、气象特征、极端天气、植被生态特征和对锚固结构耐久性有影响的人类活动。

4.2 调查的主要方法和手段

4.2.1 锚固工程外露部分的受损调查的主要方法和手段为：观察并记录损伤部位，量测混凝土表面裂缝，可采用铁锤敲击锚固构件辨别损伤。

4.2.2 结构下伏基土的受损调查的主要方法和手段为：检查基土压缩松动变形、水土流失和工程结构物悬空情况，记录损伤时间和原因，在损伤处采取土样、水样进行土体强度和水、土腐蚀性离子试验。

4.2.3 钢筋混凝土内部损伤可采用钢筋混凝土探伤仪测定。

4.2.4 锚索钢绞线锈蚀条件调查的主要方法和手段为：钻孔测定地下水位；进行岩土、水离子试验测定岩土体腐蚀性。

5 锚固结构耐久性评价

5.1 一般规定

5.1.1 锚固工程结构的每一个构件都应分别进行耐久性评价。

5.1.2 采用层次分析法进行锚固结构的耐久性评价时，各评价指标等级划分按附录 A 的要求进行。

5.2 耐久性评价方法

5.2.1 锚固结构的构件按受损后对工程耐久性的影响程度分为无受损（Ⅰ级）、轻微受损（Ⅱ级）、中等受损（Ⅲ级）、较严重受损（Ⅳ级）和严重受损（Ⅴ级）五个等级，其等级评定按附录 B 的要求进行。

5.2.2 锚固结构工程单体的耐久性应分为优、良、一般、较差、差五个等级，等级说明见表 1，耐久性率的计算按附录 C 的要求进行。

表1 工程单体耐久性评价等级表

序号	评价等级	耐久性率
1	优	>90%
2	良	80%~90%
3	一般	65%~80%
4	较差	50%~65%

表1 工程单体耐久性评价等级表（续）

序号	评价等级	耐久性率
5	差	<50%

5.2.3 锚固结构工程整体耐久性应按表2的规定划分为优、良、一般、较差、差五个等级。

表2 工程整体耐久性评价等级表

序号	评价等级	等级说明
1	优	锚固结构单体优良率 $\geq 90\%$
2	良	$80\% \leq$ 锚固结构单体优良率 $\leq 90\%$
3	一般	$70\% \leq$ 锚固结构单体优良率 $\leq 80\%$
4	较差	$60\% \leq$ 锚固结构单体优良率 $\leq 70\%$
5	差	锚固结构单体优良率 $\leq 60\%$

6 公路边坡锚固结构工程损伤修复与加固技术

6.1 修复必要性

6.1.1 对于耐久性评价等级为良及以上的锚固结构工程，应对工程中已受损失效的锚固结构单体进行修复加固。

6.1.2 对于耐久性评价等级为中等的锚固结构工程，应对受损和失效的工程单体修复加固，加强其它锚固构件的抽检和安全性评价。

6.1.3 对于耐久性评价等级为较差、差的锚固结构工程，应立即进行全面修复加固。

6.2 锚固工程外部结构维修加固技术

6.2.1 常见的锚固工程结构外部损伤类型包括框架梁节点受损、框架梁跨中受损、框架梁凹陷、锚索框架悬空和锚头受损破坏5种类型。

6.2.2 对于框架梁节点出现的裂缝病害应扩大节点进行修复。

6.2.3 对于框架梁跨中出现的裂缝病害应加大跨中截面或增加纵向受力钢筋进行加固。

6.2.4 对于基土承载力不足引起的框架梁凹陷和悬空病害，可选用换填、注浆方法加固，或采用扩大节点与地表接触面的方式加固维修，应根据病害产生原因和特征按表3要求选择相应的具体加固措施。

表3 锚索框架悬空病害原因及加固措施

序号	框架悬空病害原因	加固措施
1	表土层湿陷	排除地表径流水
2	土坎处垮塌	采用砂袋或浆砌片石填充恢复
3	地下小土洞垮塌	采用块、碎石土填实土洞，并将地表径流水引排除土洞区

6.2.5 锚头部位索体严重腐蚀时，应采用新钢绞线替换原严重受损的钢绞线，恢复其预应力。

6.2.6 对于落石、滚石多发路段，新增预应力锚索宜设置内嵌式封锚。

6.3 结构锚固力和抗滑力补强技术

6.3.1 原预应力锚索框架结构锚固力不足时，可采用以下措施进行补强：

- a) 原框架为矩形或不规则形状时可紧挨原框架设置钢筋混凝土竖梁，增设预应力锚索进行补强，见图 1 的分图 a)；
- b) 原框架为中心对称形状时可在框架中心设置“十”字梁或锚墩，增设预应力锚索补强结构锚固力，见图 1 的分图 b)；

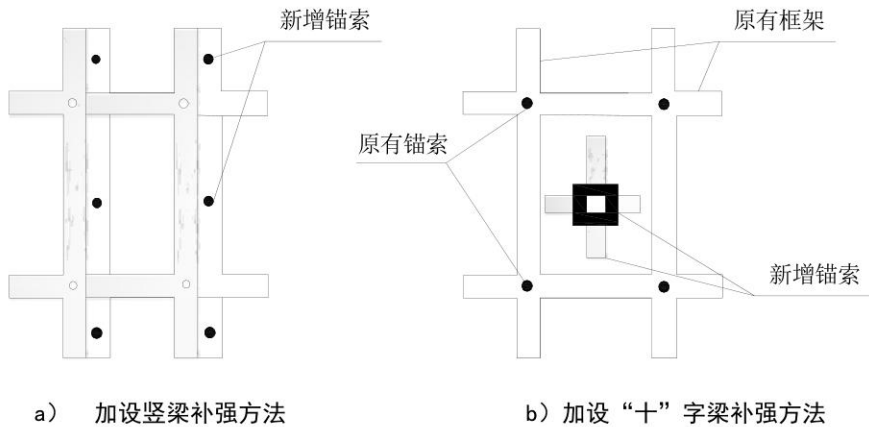


图1 预应力锚索补强加固示意图

- c) 当仅有少量锚索破坏而结构锚固力出现明显损失时可采用竖向钢花管、竖向钢筋笼和钢花管注浆锚杆三种注浆补强措施增强结构锚固力。

6.3.2 原预应力锚索抗滑桩（挡墙）抗滑力不足时可采用以下措施进行补强：

- a) 当原抗滑桩（挡墙）无明显损伤而原锚索预应力产生明显松弛时可采用增设预应力锚索的方法进行修复（见图 2）；

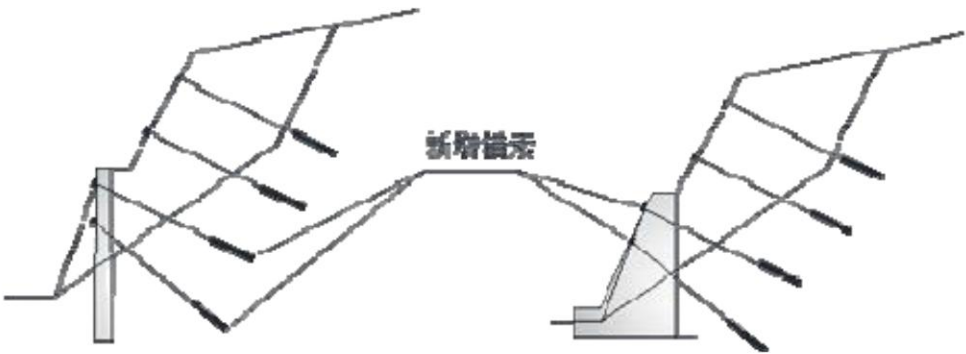


图2 预应力锚索抗滑桩及预应力锚索挡墙补强结构抗滑力

- b) 当预应力锚索抗滑桩桩体损坏严重导致抗滑力不足时，可增设抗滑桩提高结构的抗滑力；
- c) 锚索抗滑桩（挡墙）抗滑力不足而整体结构完好时可采用注浆法进行补强。

6.3.3 原锚杆框架锚固力不足时可采用以下措施增强锚固力：

- a) 可在原框架梁上增加锚杆补强锚固力，新增锚杆的设置可采用以下三种方式（见图 3）：

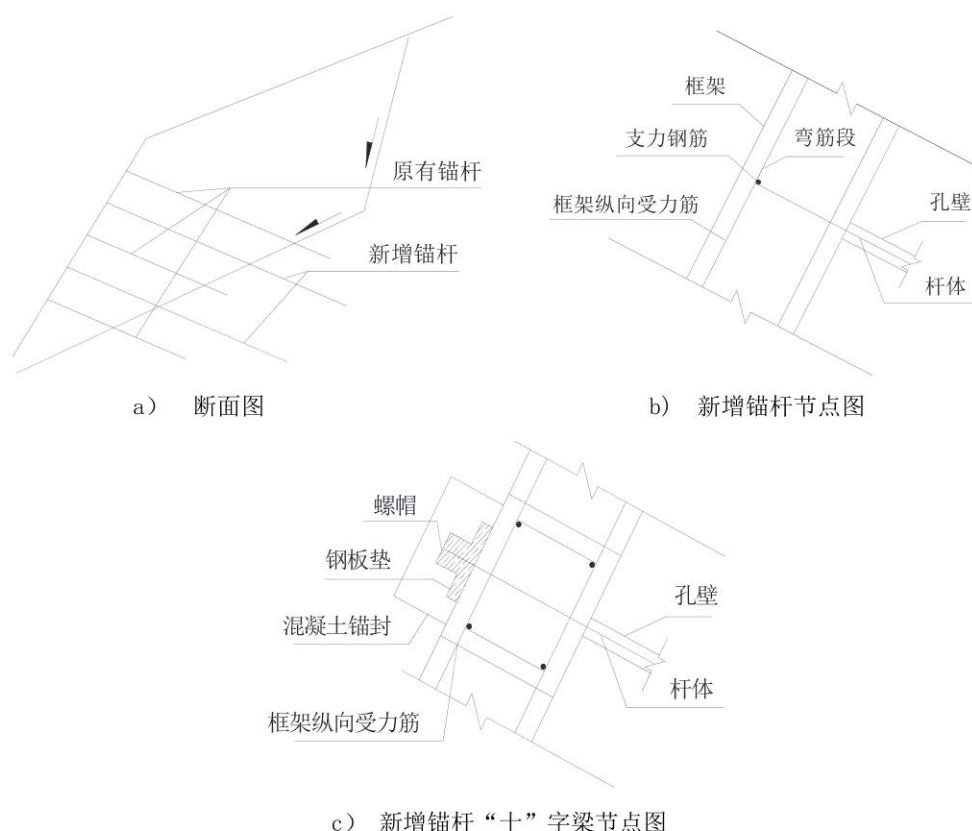


图3 补增锚杆补强锚杆框架锚固力示意图

- b) 原预应力锚杆未控制住深部滑动面而导致结构锚固力不足时，可在原框架两纵梁之间设置地梁，增设预应力锚索进行补强；
- c) 锚杆锚固力产生明显损伤而框架有足够安全储备时可在原框架纵梁上增加竖向钢花管进行注浆加固补强。

6.4 新增锚索预应力损失控制

- 6.4.1 新增预应力锚索锚固段应置于较完整的坚硬岩层内，避免地下水的长期浸泡。
- 6.4.2 新增预应力锚索下伏基土宜选择相对密实的岩土体，对于松散的基土应进行压实或采用优质碎石土换填夯实，确保结构与基土紧密接触。
- 6.4.3 新增锚索的设置和张拉应遵循以下原则：
 - a) 宜采用多孔、小吨位锚索，应避免使用大吨位锚索；
 - b) 宜采用多台张拉设备进行同步张拉锁定，条件不允许时应进行循环张拉，对称结构应进行对称循环张拉；
 - c) 锚索张拉和补偿张拉应选择合适的时间，重大滑坡应对锚索进行长期监测，根据其环境条件和内力变化情况确定补偿张拉时间；
 - d) 预应力锚索张拉锁定后，应避免在其附近进行爆破和重型机械操作。

7 公路边坡锚固工程的维护与监测

7.1 公路边坡锚固工程维护

- 7.1.1 锚固工程完成后应树立警示牌。
- 7.1.2 锚固工程维护工作分为日常维护和定期检查维护两种类型。
- 7.1.3 锚固工程的日常维护主要包括以下内容：
 - a) 清洁水泥砂浆墙面，防止泥土，杂草覆盖；
 - b) 排除工程区地表积水，当发现基土流失、工程结构物悬空等问题时应填实悬空处，排引地表径流；
 - c) 清除锚固区上方可能演化成落石的危岩，发现结构被冲、撞损伤时应立即上报。
- 7.1.4 锚固工程日常维护每季度至少一次，发现超出维护工作内容以外的安全问题时应上报。
- 7.1.5 锚固工程定期检查维护工作的主要内容包括锚固工程外露部分的检查维护和锚索内部结构的检测。
- 7.1.6 锚固工程外露部分的检查维护每年至少一次，内部结构的检测维护每三年至少一次。
- 7.2 锚固工程的监测
 - 7.2.1 锚固工程监测按附录 D 和附录 E 的要求进行。
 - 7.2.2 宜根据锚固工程区的特征及现状建立锚固工程耐久性监测网。
 - 7.2.3 锚固工程的监测包括结构本身受损耐久性监测和边坡（滑坡）稳定变形监测。
 - 7.2.4 锚固工程结构本身的耐久性监测主要包括锚固工程外部结构的受损情况和受力状态监测。锚固工程结构本身耐久性监测的结构单体数不宜低于整个工程单体总数的 10%。
 - 7.2.5 锚固工程结构本身耐久性监测的时间和周期：工程竣工一年内每半年至少监测一次，第二年内每年至少监测一次，两年后每两年至少监测一次，遇暴雨或极端长时间降雨时加密观测一次。
 - 7.2.6 边坡（滑坡）的稳定变形监测应符合 DZ/T 0219 的规定。

附录 A
(资料性附录)

边坡锚固结构构件耐久性评估层次分析法

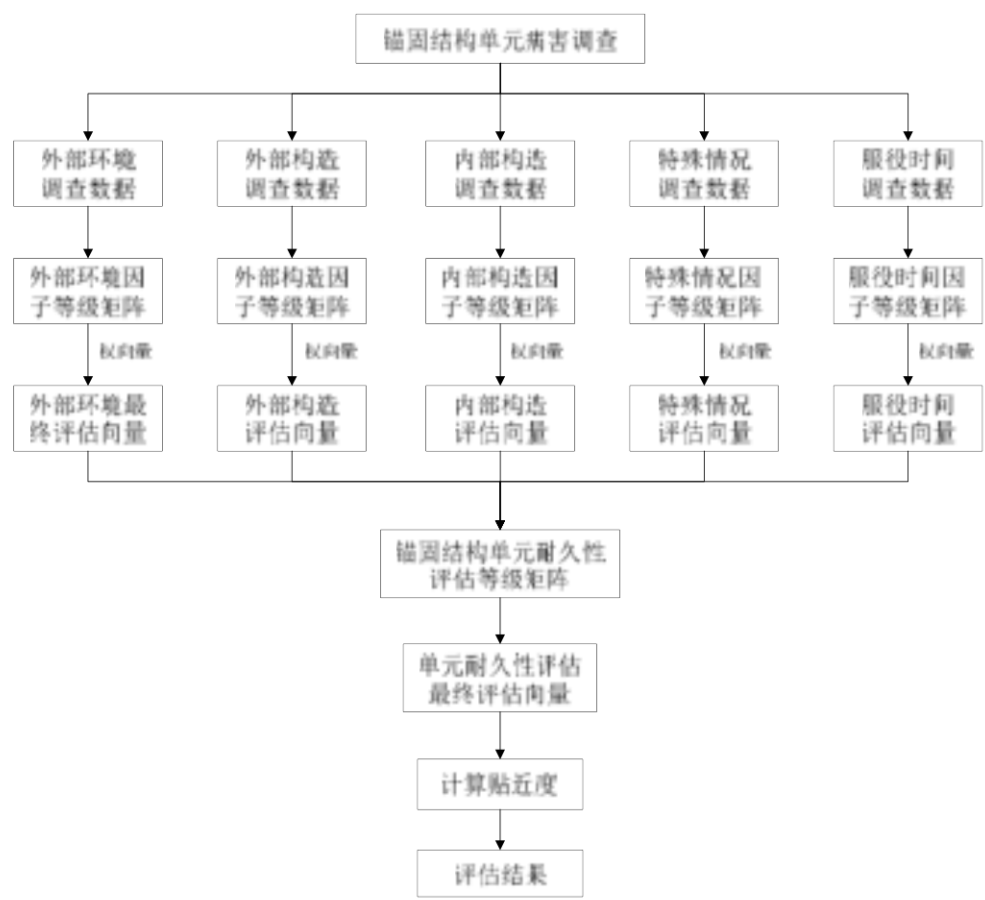
边坡锚固结构耐久性评估层次分析法是在工程地质条件调查的基础上进行的,将锚固结构按锚固段和锚头段两部分,分别进行耐久性评估并建立其层次结构模型。

建立的层次结构共4层,由上至下为准则层、项目层、指标层和子指标层。其中,项目层包括5个部分:外部环境、外部构造、内部构造、特殊情况、服役时间。外部环境评估项目的评估指标包括土的腐蚀性、水的腐蚀性和气的腐蚀性,其中土和水的腐蚀性是针对锚固段而言,水和气的腐蚀性是针对锚头段而言;内部构造评估项目的评估指标包括结构构造和施工条件。图A. 1为锚固结构构件耐久性评价模型。



图A. 1 锚固结构构件耐久性评价模型

锚固结构耐久性评价过程依次为:实地调查、确定指标集、确定各指标权重、对二级指标进行评估、锚固结构构件耐久性评估、评估结果处理。锚固结构构件的耐久性评价实质是将锚固结构的外部环境、外部结构、内部构造、特殊情况和服役时间作为子指标,在确定这五个子指标的评估等级后,根据其的权重值,通过相关运算,得出综合的锚固结构构件耐久性评估等级隶属度。图A. 2为锚固结构构件耐久性评估流程图。



图A.2 锚固结构耐久性评估流程图

附 录 B
(规范性附录)
锚固结构工程耐久性调查记录表

现工程编号: _____

原工程编号: _____

工程名称					行政位置	省 县(区、市) 乡 村				
所在公路位置	国道名 (编号)				起止桩号			工程规模	长 (m)	
	高速公路名				起止桩号				宽 (m)	
	省道名 (编号)				起止桩号				厚 (m)	
	县道				起止桩号				面积 (mm)	
特征边坡	结构类型	☐ 土质斜坡 ☐ 碎屑岩斜坡 ☐ 碳酸岩边坡 ☐ 岩浆岩边坡 ☐ 变质岩边坡 ☐ 平缓层状斜坡 ☐ 顺层边坡 ☐ 反向边坡 ☐ 横向边坡 ☐ 斜向边坡 ☐ 其他				地质构造	☐ 褶皱轴部 ☐ 褶皱翼部 ☐ 断层带 ☐ 构造复合带 ☐ 褶皱倾伏(翘起)端 ☐ 其他		地层代号	
		岩性								
边坡坡度		坡向		前缘高程	m	后缘高程	m	工程类型	☐ 边坡加固 ☐ 滑坡防治	

锚固结构工程构件等级评价						
锚固工程构件名称			编号		高程	
因素		评价等级				
		无受损 (Ⅰ级)	轻微受损 (Ⅱ级)	中等受损 (Ⅲ级)	较严重受损 (Ⅳ级)	严重受损 (Ⅴ级)
外部环境	土的腐蚀性	基土密实干燥； 含水率小于2%； 基本无腐蚀性离子	基土较密实较干燥； 含水率2%~5%； 腐蚀性离子较少	基土中等密实； 含水率5%~10%； 腐蚀离子中等	基土较松散； 含水率10%~15%； 腐蚀性离子较多	基土松散； 含水率大于15%； 强腐蚀性， 结构有悬空
	水的腐蚀性	内锚段干燥无水	水位低， 内锚段在水位附近； 基土无冲刷； 腐蚀性离子少， pH大于7.5	内锚段在地下水位附近； 基土有冲刷现象； 腐蚀离子中等， pH值为6.5~7.5	雨季时， 内锚段在地下水位以下； 基土较严重冲刷； 腐蚀性离子较多， pH值为6~6.5	内锚段处于地下水以下； 锚头基土冲刷悬空； 腐蚀性离子含量高，pH值小于6
外部结构	锚头外观	锚头结构完好； 无钙化液出	锚头较完整， 无明显损伤； 偶见钙化溢出	锚头裂纹， 轻微变形； 常见钙化溢出	锚头出现多处裂缝， 宽1~3mm； 有缺角，掉块现象	锚头裂缝宽大于5mm， 严重变形碎裂
	(挡墙)抗滑桩	表面光滑无裂纹； 内无空洞和断裂； 基土密实	表面光滑无损伤； 内有少量空洞， 和局部微裂； 基土较密实	表部有微裂纹； 内有明显破损和断裂； 基土松散	表部有明显断裂破损； 内部浆体破碎范围较大； 少量钢筋折拉断裂； 基土悬空	表部有明显断裂或大量破损； 内部浆体大范围破碎； 较多钢筋折拉断裂； 基土悬空

	格梁	内部结构无破损; 基土压实紧密, 无悬空	梁一个方向受力压裂, 其他三个方向完好; 基土较松散, 梁有少量悬空	梁两个方向受力压裂, 或一个方向明显断裂; 基土较松散, 梁有少量悬空	梁两个方向明显断裂; 基土松散, 梁悬空	梁三个方向明显断裂; 基土松散, 梁悬空
	立柱、列板	表面完整无损; 基土压实紧密, 无水土流失	表面有少量裂纹; 基土压实紧密, 无水土流失	表面较多裂纹; 基土较松散	表面有多处裂纹; 基土较松散, 少量水土流失	表面多处裂纹, 有的断裂; 基土明显水土流失
内部结构	锚索受力腐蚀情况	受力条件好; 钢筋无腐蚀; 预应力松弛小于 10%	受力条件好; 有轻微腐蚀, 腐蚀率小于 5%; 预应力松弛 10%~20%	受力轻微缺陷; 中等腐蚀, 腐蚀率 5%~10%; 预应力松弛 20%~25%	受力明显缺陷; 较严重腐蚀, 腐蚀率 10%~15%; 预应力松弛 25%~30%	多条钢筋断缩; 严重腐蚀, 腐蚀率大于 15%; 应力失效
	设计	结构设计合理	结构设计合理	结构设计有微小缺陷	结构设计有一定缺陷	结构受力设计有明显缺陷
	用材	用材优良	用材优良	用材中等	用材中等	用料差
	防腐	防腐等级高	防腐等级较高	防腐等级中等	防腐等级差	无防腐设计
	施工及注浆方式	旱季无雨施工; 二次高压灌浆; 施工质量好	旱季无雨施工; 二次充填灌浆; 施工质量较好	旱季有时冒雨施工; 二次充填灌浆; 施工质量一般	雨季排水施工; 普通灌浆; 施工质量差	雨季冒雨施工; 普通灌浆; 施工质量差
特殊状况	滚石撞击、强烈地震、极端降雨等					
其他说明						

填表人:

时间: 年 月 日

附录 C
(规范性附录)

锚固结构工程单体耐久性率计算方法

将附录B中各锚固结构构件的评价结果进行汇总统计，具体步骤如下：

- a) 分别给附录 B 得出的锚固工程结构构件耐久性评价等级赋值，赋值规则见表 C. 1；

表C. 1 工程构件耐久性评价等级赋值表

评价等级	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
分值	5	4	3	2	1

- b) 将各构件结构耐久性评价分值代入式公式 (C. 1)，计算锚固结构工程单体耐久性率 D_c 。

$$D_c = \frac{1}{5N} \sum_{i=1}^n a_{ij} \times 100\% \quad (j=1, 2, \dots, 5) \quad \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中：

D_c ——工程单体耐久性率；

N ——结构构件数；

a_{ij} ——第 i 个结构构件评价等级为 j 时的耐久性率赋值。

以一预应力锚索抗滑桩为例，结构各构件耐久性评价等级见表C. 2：

表C. 2 结构构件耐久性评价等级

结构构件	评价等级				
	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
锚头	0	1	0	0	0
锚索	0	0	1	0	0
锚固段	1	0	0	0	0
抗滑桩	0	1	0	0	0

将各结构构件耐久性评价等级的赋值列入表C. 3。

表C. 3 结构构件耐久性评价等级赋值

结构构件	评价等级赋值				
	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
锚头	0	4	0	0	0
锚索	0	0	3	0	0

表 C.3 结构构件耐久性评价等级赋值（续）

结构构件	评价等级赋值				
	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
锚固段	5	0	0	0	0
抗滑桩	0	4	0	0	0

将表C.3的值代入耐久性率表达公式（C.1），求得锚固结构工程单体耐久性率 D_c 为80%。

附 录 D
(规范性附录)
锚固工程受损锚头检测记录表

现工程编号:

原工程编号:

工程名称		行政区划	省 市 县(区、市) 镇 村		
公路名、段、桩号		工程类型	☐ 滑坡防治 ☐ 边坡加固		
锚头编号			高程	m	
所在地形					
地层岩性					
受损特征程度					
锚头编号			高程	m	
所在地形					
地层岩性					
受损特征程度					
锚头编号			高程	m	
所在地形					
地层岩性					
受损特征程度					

调查人:

时间: 年 月 日

附 录 E
(规范性附录)
锚固工程边坡稳定性监测记录表

现工程编号：

原工程编号：

工程名称				行政位置	省 县（区、市） 镇 村	
公路名、 公路段、 桩号				工程类型	☐ 滑坡防治 ☐ 边坡加固	
剖面编号			公路编号	测站高程		
方向				监测方法		
测点号	监测时间	斜距 mm	倾角	水平位移 mm	垂直位移 mm	天气及其他说明

监测人：

时间： 年 月 日