

ICS 93.040

CCS P 28

DB 63

青海省地方标准

DB 63/T 2091—2022

盐渍土地区公路桥涵防腐蚀技术规范

2022 - 12 - 30 发布

2023 - 03 - 01 实施

青海省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 盐渍土环境 2

5 材料要求 3

6 防腐设计 4

7 防腐施工 5

8 质量验收 8

附录 A（规范性） 盐渍土环境类别、作用等级及环境条件（指标） 9

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。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海省交控建设工程集团有限公司、青海省兴利公路桥梁工程有限公司、青海省湟源公路工程建设有限公司、长安大学。

本文件主要起草人：马青龙、仁青才让、马银祥、慕生巍、黎福禄、李尔荣、乌泽明、吴生彬、索有升、王志强、苏世明、李克辉、朱全文、白玉婷、李娜、樊涛、吴永畅。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

盐渍土地区公路桥涵防腐蚀技术规范

1 范围

本文件规定了盐渍土地区公路桥涵防腐蚀技术的术语和定义、盐渍土环境、材料要求、防腐设计、防腐施工及质量验收等内容。

本文件适用于盐渍土地区公路桥涵防腐蚀的设计与施工。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB 748 抗硫酸盐硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- JC/T 1011 混凝土抗侵蚀防腐剂
- JG/T 335 混凝土结构防护用成膜型涂料
- JG/T 337 混凝土结构防护用渗透型涂料
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 192 钢筋阻锈剂应用技术规程
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 736 混凝土工程用透水模板布
- JT/T 991 桥梁混凝土表面防护用硅烷膏体材料
- JT/T 1432.6 公路工程土工合成材料 第6部分：土工膜
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG/T 3365-02 公路桥梁抗撞设计规范
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG E42 公路工程集料试验规程
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准(第一册 土建工程)
- JTG F90 公路工程施工安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盐渍土

易溶盐含量大于或等于0.3%，并具有溶陷或盐胀等工程特性的土体。

[来源：GB/T 50942—2014，2.1.1，有修改]

3.2

钢筋阻锈剂

掺入混凝土（砂浆）中或涂刷在混凝土（砂浆）表面，能够阻止（减缓）钢筋腐蚀的外加剂。

[来源：JGJ/T 192—2009，2.1.1，有修改]

3.3

氯离子扩散系数

描述混凝土孔隙水中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散过程的参数，用于评价混凝土抵抗氯离子侵蚀的能力。

[来源：JTG/T 3310—2019，有修改]

3.4

临界氯离子浓度

钢筋表面开始去钝化时的氯离子含量。

3.5

盐渍土腐蚀

由盐渍土中氯化物等对桥涵混凝土造成的损伤腐蚀。

4 盐渍土环境

4.1 一般规定

4.1.1 盐渍土地区公路桥涵设计与施工应遵循“安全、耐久、环保、经济”的原则。

4.1.2 应根据公路桥涵所处盐渍土环境特点、腐蚀环境条件（指标），确定腐蚀环境类别和环境作用等级。

4.1.3 混凝土受多项腐蚀物质作用时，以其中单项作用最高的环境作用等级作为腐蚀环境的设计作用等级；当存在两项以上作用等级均达到最高时，应提高一级作用等级。

4.1.4 桥涵位于附录 A.1 规定的严重、非常严重、极端严重腐蚀环境作用影响程度时，在改善混凝土密实性、满足规定的钢筋保护层厚度和养护时间的基础上，宜采用附加防腐蚀措施。

4.2 盐渍土环境类别及环境条件（指标）

盐渍土地区公路桥涵混凝土结构所处环境类别、区域及腐蚀特点见表 1，环境类别的环境作用等级、环境条件（指标）见附录 A。

表 1 环境类别、区域及腐蚀特点

环境类别及等级		桥涵混凝土所处区域	桥涵混凝土腐蚀特点
类别	等级		
冻融环境	II	长期与水接触并存在冻融循环区域	反复冻融损伤
除冰盐及其他氯化物环境	IV	冬季除冰盐除冰等区域	桥面及排水设施除冰盐侵蚀损伤
盐结晶环境	V	盐渍土地表盐结晶区域	孔隙结晶膨胀导致损伤

表 1 环境类别、区域及腐蚀特点（续）

环境类别及等级		桥涵混凝土所处区域	桥涵混凝土腐蚀特点
类别	等级		
化学腐蚀环境	VI	埋置于盐渍土中的水土区域	多种离子化学腐蚀损伤
磨蚀环境	VII	流质（沙、流水、泥沙或流冰） 等摩擦及冲刷区域	表面磨蚀损伤

5 材料要求

5.1 水泥

5.1.1 混凝土位于盐结晶（硫酸盐）为主的盐渍土环境时，应选用抗硫酸盐硅酸盐水泥，其技术要求和试验应符合 GB 748 规定。

5.1.2 掺入外加剂和矿物掺合料配置混凝土时，应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥的细度、氯离子含量、碱含量、铝酸三钙含量应符合 JTG/T 3310 规定，水泥试验和其他技术要求应符合 GB 175 规定。

5.1.3 大体积混凝土应选用硅酸二钙含量相对较高的水泥、中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥，并符合 GB 175 规定。

5.2 集料

5.2.1 应选用质地坚硬、级配良好的粗、细集料，技术指标应符合 JTG/T 3650 规定，试验应符合 JTG E42 规定。

5.2.2 当非碱活性集料缺乏需使用碱活性粗、细集料时，应按 JTG/T 3310 和 JTG/T 3650 的规定控制。粗、细集料的碱活性检验（包括抵制集料碱活性效能试验）及其指标评定应符合 JTG E42 规定。

5.3 石料

盐渍土地区桥涵用石料应符合 JTG/T 3650 和 JTG/T 3365-02 规定。

5.4 矿物掺合料

5.4.1 根据矿物掺合料使用目的、施工条件、配合比等因素选用（粉煤灰、磨细矿渣、硅灰等）矿物掺合料。

5.4.2 粉煤灰、磨细矿渣、硅灰的技术要求（等级、细度、需水量比、烧失量、碱含量、氯离子含量、二氧化硅含量等）应符合 JTG/T 3310 和 JTG/T 3650 规定，试验应分别符合 GB/T 1596、GB/T 18046 和 GB/T 27690 规定。

5.4.3 矿物掺合料中的碱含量，以其中的可溶性碱计算，按试样中碱的溶出量试验确定。

5.5 外加剂

5.5.1 根据使用目的和混凝土性能、原材料性能、施工条件、配合比等因素，选择适宜的外加剂种类或品种（聚羧酸系减水剂、防冻剂、抗硫酸盐添加剂、引气剂、泵送剂等）。钢筋混凝土不宜掺用氯化钙、氯化钠等氯盐类外加剂。

5.5.2 外加剂的氯离子总含量、硫酸钠含量指标及试验，应符合 JTG/T 3310 和 JTG/T 3650 规定。

5.5.3 外加剂的均质性指标和混凝土的碱水率、含气量、凝结时间差等试验，应符合 GB 8076 规定。

5.5.4 抗硫酸盐防腐剂的性能指标和试验，应符合 JC/T 1011 规定。

5.6 工程用水

应选用洁净的水用于桥涵混凝土拌和及养护用水质量及指标，应符合 JTG/T 3650 规定。混凝土用水试验应符合 JGJ 63 规定。

5.7 附加防腐蚀材料

5.7.1 环氧涂层钢筋技术指标及试验应符合 JTG/T 3310 规定。

5.7.2 内掺型和外涂型钢筋阻锈剂技术指标及试验，应符合 JTG/T 3310 和 JTG/T 3650 规定。

5.7.3 透水模板衬里材料性能及试验应符合 JT/T 736 规定。

5.7.4 成膜型涂料性能、涂层性能及试验应符合 JG/T 335 规定。

5.7.5 液体渗透型防护涂料，均质性能、技术性能及试验应符合 JG/T 337 规定。

5.7.6 膏体渗透型材料性能、技术性能及试验应符合 JT/T 991 规定。

5.7.7 氧富锌底漆、环氧云铁中间漆和丙烯酸聚氨酯面漆，性能及试验应符合 JT/T 722 规定。

5.7.8 聚乙烯（PE）土工膜，技术性能及试验应符合 JT/T 1432.6 规定。

6 防腐设计

6.1 一般规定

应根据公路桥涵混凝土（钢筋混凝土、预应力混凝土等）所处盐渍土环境类别、环境作用等级、环境条件（指标）进行耐久性、防腐蚀构造措施和附加防腐蚀设计。

6.2 混凝土耐久性及构造措施

6.2.1 盐渍土地区桥涵混凝土不同设计使用年限的最低强度等级、混凝土材料的最大水胶比和单位体积混凝土的胶凝材料用量、混凝土中矿物掺合料用量范围、混凝土抗冻耐久性指数、混凝土抗氯离子渗透性能、混凝土内游离氯离子含量限制、混凝土最大碱含量限值、混凝土抗硫酸盐结晶侵蚀性能、混凝土的耐磨性能等，应符合 JTG/T 3310 规定。

6.2.2 桥涵混凝土结构耐久性的构造要求、混凝土钢筋保护层最小厚度、钢筋混凝土构件和预应力混凝土构件最大裂缝宽度、构造措施、后张预应力筋和预应力锚头防护措施等，应符合 JTG/T 3310 规定。

6.3 附加防腐蚀措施

6.3.1 桥涵混凝土符合 4.1.4 条件时，应进行附加防腐蚀设计。附加防腐蚀措施主要为环氧涂层钢筋、钢筋阻锈剂、透水模板衬里、混凝土表面涂层、混凝土表面憎水处理、桩基础顶段钢护筒（环氧富锌底漆、环氧云铁中间漆和丙烯酸聚氨酯面漆）防腐漆、基础（承台、桩顶系梁、浅基础等）混凝土包裹防腐用聚乙烯（PE）土工膜等。

6.3.2 混凝土附加防腐蚀措施宜按表 2 选择。

表 2 混凝土附加防腐蚀措施

环境类别与作用等级		混凝土附加防腐蚀措施							
		环氧涂层 钢筋	钢筋 阻锈剂	混凝土表面憎水处理			透水衬里 模板	桩顶段钢护 筒及防锈漆	基础 土工膜
				混凝土 表面涂层	表面憎水	防腐面层			
冻融环境	II-D	—	—	—	○	—	△	△	—
	II-E	—	—	—	○	—	△	△	—
除冰盐等其他 氯化物环境	VI-D	—	○	△	○	△	△	—	—
	VI-E	△	○	△	○	△	△	—	—
盐结晶环境	V-D	△	△	○	△	△	△	○	○
	V-E, V-F	○	○	○	△	○	△	○	○
化学腐蚀环境	VI-D	△	△	○	△	△	△	○	○
	VI-E, VI-F	○	○	△	△	○	△	○	○
磨蚀环境	VII-D	—	—	△	△	○	△	△	—
	VII-E	—	△	△	△	○	△	△	—
注1：表列环境类别及作用等级见附录A。									
注2：表中符号：○宜采用、△可采用、— 一般不采用。									

7 防腐施工

7.1 施工准备

- 7.1.1 施工前核查公路桥涵混凝土（钢筋混凝土、预应力混凝土等）所处盐渍土环境类别、环境作用等级、环境条件（指标），根据现场核查结果，制定专项施工方案。
- 7.1.2 试验检测仪器、测量仪器及计量器具等，能够满足施工及精度控制。
- 7.1.3 各种材料进场应检验合格，并按不同品种、规格、用途、产地等，分类标识，并防混、防潮、防污染储存。储备的材料数量能够满足施工进度需求。
- 7.1.4 采用不易变形、刚度相对较高和不易受盐渍土环境腐蚀的基础混凝土模板。
- 7.1.5 施工机械设备种类、数量及技术性能等与施工进度和施工技术（质量）要求相适应。
- 7.1.6 施工测量、复测及放样应符合 JTG/T 3650 规定，其余防腐施工安全、环保应符合 JTG F90 和 JTJ/T 3310 规定。

7.2 施工配合比试验

- 7.2.1 盐渍土环境的公路桥涵混凝土配合比及验证试验，掺入外加剂的混凝土中的氯离子含量、硫酸钠含量、含气量，混凝土中总碱含量，水下混凝土、大体积混凝土、泵送混凝土和抗冻混凝土的配合比试验及性能指标，抗冻混凝土的含气量，混凝土拌合物的坍落度和工作性能等，应符合设计文件和 JTG/T 3650 规定。
- 7.2.2 桥涵混凝土拌合物的工作性能试验、混凝土的力学性能试验和混凝土的抗冻性、抗硫酸盐侵蚀、

耐磨性试验等应符合 JTG 3420 规定。

7.2.3 混凝土施工配合比应在满足配制强度和耐久性条件下,根据理论配合比和使用的混凝土拌和用砂、石材料含水量计算确定。当砂、石材料含水量有变化时,应及时测定含水量,并调整施工配合比。

7.3 钻孔及基坑施工

7.3.1 钻孔施工(护筒埋设、泥浆及测试、成孔检测),基坑开挖、坑壁支护、防水、降(排)水、基底处理及检验、混凝土垫层等施工,应符合 JTG/T 3650 规定。

7.3.2 钻孔泥浆池应设置在距钻孔位置 20 m 以外,泥浆池内采用砂浆或混凝土隔断层,避免氯盐、硫酸盐等混入泥浆中。

7.3.3 桩头处理(包括桩顶段桩身周围开挖及基坑降排水、坑壁支护等)、质量控制及成桩检验,按 JTG/T 3650 规定执行。桩顶设有承台或系梁时,桩顶段桩身周围开挖宜按承台或系梁施工所需尺寸开挖。开挖及桩头处理过程中,应对桩头钢筋采取保护及防锈措施。

7.4 钢筋及预应力筋施工

7.4.1 钢筋加工及安装、环氧涂层钢筋施工、预应力筋施工等应符合设计文件和 JTG/T 3650 规定。

7.4.2 钢筋和预应力筋加工制作应在相对密闭且地面硬化的工棚中进行。钢筋绑扎与采用点焊,采用细铁丝绑扎时的铁丝端头宜朝内。现场钢筋安装施工过程中,应避免钢筋直接放置在盐渍土地基上。

7.4.3 预应力筋和锚头的防腐(防护)施工应符合设计文件和 JTG/T 3650 规定。

7.5 模板施工

7.5.1 模板制作及安装、拆除应符合 JTG/T 3650 规定。

7.5.2 透水模板衬里施工时,应在模板内侧安装透水衬里,并确保衬里平整、无褶皱,接缝平顺严密。

7.5.3 模板拆除后应采用混凝土拌和用水清洗。

7.6 混凝土施工

7.6.1 混凝土施工(混凝土计量配料、拌和、运输、浇筑)及质量控制应符合 JTG/T 3650 规定。

7.6.2 钢筋阻锈剂与其他外加剂联合使用时,应先加入钢筋阻锈剂,搅拌时间应较其他混凝土延长 1 min~3 min,且搅拌均匀。

7.6.3 透水模板衬里的混凝土分层浇筑高度应不超过 50 cm,并及时跟进振捣,使水分和气泡快速排出;混凝土振捣过程中确保衬里不被振捣棒侵扰碰触,并确保透水衬里完整。

7.6.4 环境湿度相对较小、昼夜温差较大、风速较大等条件下浇筑混凝土时,可采取遮挡棚、保温棚等防止混凝土表面过快失水、裂纹或裂缝措施。

7.7 混凝土养护

7.7.1 混凝土养护应符合 JTG/T 3650 规定。

7.7.2 混凝土强度达到设计强度等级 80 %前,应采取防冻害养护措施;可在确保混凝土表面湿润前提下采取加厚覆盖、密闭养护棚等降低混凝土内部温度与大气环境温差措施。

7.7.3 使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的大体积混凝土保湿保温养护时间宜大于 14 d，使用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥的混凝土保湿保温养护时间宜大于 21 d。

7.7.4 混凝土养护时间内的混凝土内部温度与大气环境温度之差应小于 25℃，并防止基础混凝土表面骤然降温产生大面积裂缝。

7.8 混凝土表面附加防腐蚀施工

7.8.1 桩基础顶段防腐蚀施工应符合下列规定：

- a) 桩顶段桩身设计长度范围采用钢护筒包裹时，可利用钻孔钢护筒作为防腐钢护筒；
- b) 钢护筒安装前的表面处理等级为 $Sa^{2.5}$ ，钢护筒外表面涂装总干膜厚度不小于 80 μm 的环氧富锌底漆+总干膜厚度不小于 260 μm 的环氧云铁厚浆中间漆+总干膜厚度不小于 90 μm 的丙烯酸聚氨酯面漆防腐层。

7.8.2 混凝土表面涂层施工应符合下列规定：

- a) 混凝土表面涂层体系及厚度、结构位于水土以上浸蚀区或水位变动区的涂层处理等符合设计文件规定；
- b) 涂层施工前的混凝土龄期大于 28 d，且表面修补后大于 14 d，并经验收合格；
- c) 待施做涂层部位的混凝土表面缺陷修补完成后，表面附着物、灰尘、油污等清理洁净，表干区含水率小于或等于 6.0 %；
- d) 根据涂料的物理性能、施工条件等，采用高压无气喷涂方法喷涂，条件不允许时，宜可采用刷涂或滚涂；宜避免在风沙天或雨天喷涂施工；
- e) 喷涂作业过程中，随时用湿膜厚度规检查湿膜厚度，以控制涂层最终厚度及均匀性；
- f) 大面积喷涂前进行不小于 3.0 m^2 的试验喷涂，测定各层涂料的耗用量 (L/m^2) 及其湿膜厚度，经 7 d 自然养护后测定平均干膜厚度，最小干膜厚度小于平均干膜厚度的 75% 时，进行局部或全部补涂至合格，并测定涂层的粘结强度（附着力）；试验喷涂合格后，再大面积进行基础混凝土表面涂层处理施工。

7.8.3 混凝土表面液体渗透型或硅烷膏体渗透型涂料憎水处理施工应符合下列规定：

- a) 憎水处理前的混凝土龄期大于 28 d，且混凝土表面缺陷修复（修补）后大于 14 d，并经验收合格；
- b) 憎水处理前对混凝土表面进行洁净处理，并处于面干状态，表面温度大于 5℃；
- c) 憎水处理涂料在施工现场一次性备足，使用前启封，并于启封后 72 h 内使用完，超时或多余涂料不再使用；
- d) 采用喷嘴压强为 60 kPa～70 kPa 的不间断循环泵送系统喷涂两遍，每遍喷涂量宜为 300 mL/m^2 ，两遍喷涂间隔时间大于 6 h；
- e) 雨雪天、风力大于 5 级或阳光直射混凝土憎水处理面时，避免进行施工。

7.8.4 混凝土防腐面层施工应符合下列规定：

- a) 防腐面层材料和面层厚度符合设计文件规定；
- b) 如设计文件未规定防腐面层材料时，分别采用树脂类玻璃钢等聚合物复合材料、聚合物水泥砂浆材料等。酸性环境时采用树脂类玻璃钢等聚合物复合材料；
- c) 防腐面层的材料配合比及施工方法，根据混凝土结构构件的耐久性要求及环境类别和作用等级确定。

7.8.5 基础混凝土防腐聚乙烯（PE）膜施工应符合下列规定：

- a) 承台、桩顶系梁或浅基础采用聚乙烯（PE）土工膜防腐时，应在混凝土垫层上平铺一层聚乙烯（PE）土工膜，面积能够包裹承台、桩顶系梁或浅基础的外露面。施工过程中应采取措施防止聚乙烯（PE）土工膜破损；
- b) 混凝土结构表面喷涂等防腐施工完成经检验合格后，用铺底的聚乙烯（PE）土工膜严密包裹整个承台、浅基础或桩顶系梁，包裹时聚乙烯（PE）土工膜接缝搭接宽度宜大于 10 cm，接缝搭接面宜采用液体胶连接。

7.9 基坑回填

7.9.1 基坑回填施工应符合 JTG/T 3650 规定。

7.9.2 基坑回填高度应略高出地面或水面，且回填顶面不积水。

7.10 冬期、雨期和安全环保施工

盐渍土地区桥涵冬期、雨期施工和安全环保施工，应符合 JTG/T 3650 和 JTG F90 规定。

8 质量验收

8.1 桥涵施工前的材料进场质量检验批及质量检验频率，应符合 JTG/T 3650 规定，材料质量（性能、技术指标等）应符合第 5 章规定，按检验批检验合格后使用。

8.2 隐蔽工程应先进行质量验收，合格后再进行隐蔽施工。

8.3 钢筋保护层厚度、混凝土强度、混凝土抗渗性等质量，应采用无损检测。

8.4 桥涵分项工程质量的基本要求、实测项目和外观质量，应符合 JTG F80/1 规定。

8.5 桥涵分项工程质量保证资料、质量检验及检查项目合格判定与评定，应符合 JTG F80/1 规定，并进行自检、评定合格申请质量验收。

附录 A
(规范性)

盐渍土环境类别、作用等级及环境条件（指标）

A.1 盐渍土地区桥涵混凝土所处环境类别，根据 JTG/T 3310 的规定主要分为冻融环境、除冰盐及氯化物环境、盐结晶环境、化学腐蚀环境和磨蚀环境，环境类别、影响程度及作用等级划分，见表 A.1。
[来源：JTG/T 3310—2019，4.3.2，有修改]

表 A.1 环境作用等级划分

环境类别		腐蚀性环境作用影响程度			
名称	符号	C 中度	D 严重	E 非常严重	F 极端严重
冻融环境	II	—	II-D	II-E	—
除冰盐等其他氯化物环境	IV	IV-C	IV-D	IV-E	—
盐结晶环境	V	—	V-D	V-E	V-F
化学腐蚀环境	VI	VI-C	VI-D	VI-E	VI-F
腐蚀环境	VII	VII-C	VII-D	VII-E	VII-F

A.2 冻融环境的作用等级见表 A.2。
[来源：JTG/T 3310—2019，4.4.2，有修改]

表 A.2 冻融环境的作用等级

环境作用等级	环境条件（指标）
II-D	寒冷地区（ $-8\text{ }^{\circ}\text{C} < t < -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）和严寒地区（ $t \leq -8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）且 $\Delta t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，混凝土中度饱水
II-E	寒冷地区（ $-8\text{ }^{\circ}\text{C} < t < -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）和严寒地区（ $t \leq -8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）且 $\Delta t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，混凝土高度饱水
注1：表中t为最冷月平均气温， Δt 为日温差。 注2：中度饱水指冰冻前偶受水或受潮，混凝土内饱水程度不高；高度饱水指冰冻前长期或频繁接触水湿润，混凝土内高度水饱和。	

A.3 除冰盐及氯化物环境的作用等级见表 A.3。
[来源：JTG/T 3310—2019，4.6.2，有修改]

表 A.3 除冰盐等其他氯化物环境的作用等级

环境作用等级	环境条件（指标）
IV-C	受除冰盐盐雾作用；四周浸没于含氯化物的地下水； 接触较低浓度氯离子水体（ Cl^- 浓度：100 mg/L~500 mg/L），且有干湿交替
	接触较低含量氯离子的盐渍土体（ Cl^- 含量：150 mg/kg~750 mg/kg）
IV-D	受除冰盐水溶液直接溅射； 接触较高浓度氯离子水体（ Cl^- 浓度：500 mg/L~5000 mg/L），且有干湿交替
	接触较高含量氯离子的盐渍土体（ Cl^- 含量：750 mg/kg~7500 mg/kg）
IV-E	直接接触除冰盐溶液； 接触高浓度氯离子水体（ Cl^- 浓度>5000 mg/L），且有干湿交替
	接触高含量氯离子的盐渍土体（ Cl^- 含量>7500 mg/kg）

A.4 盐结晶环境的作用等级见表 A.4。

[来源：JTG/T 3310—2019，4.7.2，有修改]

表 A.4 盐结晶环境的作用等级

环境作用等级	环境条件（指标）	
	水体中 SO_4^{2-} 浓度（mg/L）	土壤中 SO_4^{2-} 浓度（水溶值）（mg/kg）
V-D	200~2000	300~3000
V-E	2000~4000	3000~6000
V-F	$\Delta t > 10\text{ }^\circ\text{C}$ ，有干湿交替作用频繁的高含盐量盐土环境	
	4000~10000	6000~15000
注： Δt 为日温差。		

A.5 化学腐蚀环境的作用等级见表 A.5。

[来源：JTG/T 3310—2019，4.8.2、4.8.4，有修改]

表 A.5 水体和土体中硫酸盐和酸类物质的作用等级

环境作用等级	环境条件（指标）	
	水体中 SO_4^{2-} 浓度（mg/L）	土体中 SO_4^{2-} 浓度（mg/kg）
VI-C	≥ 200 、 ≤ 500	≥ 300 、 ≤ 750
VI-D	> 500 、 ≤ 2000	> 750 、 ≤ 3000
VI-E	> 2000 、 ≤ 5000	> 3000 、 ≤ 7500

A.6 磨蚀环境的作用等级见表 A.6。

[来源：JTG/T 3310—2019，4.9.2，有修改]

表 A.6 磨蚀环境的作用等级

环境作用等级	环境条件（指标）
VII-C	风蚀（有砂情况）：风力等级 ≥ 7 级，且年累计刮风天数大于90d的风沙地区
VII-D	风蚀（有砂情况）：风力等级 ≥ 9 级，且年累计刮风天数大于90d的风沙地区
	泥砂石磨蚀：汛期含砂量 $200\text{ kg/m}^3 \sim 600\text{ kg/m}^3$ 的河道
VII-E	流冰磨蚀：有强烈流冰撞击的河道（冰层水位线下0.5m~冰层水位线上1.0m）
	泥砂石磨蚀：汛期含砂量 $600\text{ kg/m}^3 \sim 1000\text{ kg/m}^3$ 的河道
VII-F	风蚀（有砂情况）：风力等级 ≥ 11 级，且年累计刮风天数大于90d的风沙地区
	泥砂石磨蚀：汛期含砂量 $> 1000\text{ kg/m}^3$ 的河道及漂块石等撞击的河道； 泥石流地区及西北戈壁荒漠区洪水期间夹杂大量粗颗粒砂石的河道

A.7 水体和土体中的氯离子浓度或含量测定方法、硫酸根离子浓度或含量测定方法，按 JTG/T 3310 规定执行。