

DB63

青 海 省 地 方 标 准

DB 63/T 2327—2024

公路氯氧镁水泥混凝土路面设计规范

2024 - 08 - 21 发布

2024 - 09 - 25 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 总体要求 2

5 材料 2

 5.1 轻烧菱镁石粉 2

 5.2 氯化镁 2

 5.3 粗集料 2

 5.4 细集料 3

 5.5 水 5

 5.6 掺合料 6

 5.7 外加剂 6

 5.8 钢筋 6

 5.9 纤维 6

6 配合比设计 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 材料用量 6

 6.3 试验室配合比 7

 6.4 配合比验证 8

7 配合比报告 8

附录 A（规范性） 机制砂抗冻性能比测试方法 9

附录 B（资料性） 氯氧镁水泥混凝土配合比设计报告 11

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：青海交通职业技术学院、长安大学、青海省交控建设工程集团有限公司、青海省玉树公路总段、青海省格尔木公路总段、青海省乐都公路段。

本文件主要起草人：徐安花、吴海涛、关博文、王新燕、李想、关春洁、熊锐、贾国平、徐永恒、李元吉、吴婧、盛燕萍、张晨琛、马建华、余金城、何珍庆、张启斌。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

公路氯氧镁水泥混凝土路面设计规范

1 范围

本文件规定了公路氯氧镁水泥混凝土路面设计的术语和定义、总体要求、材料、配合比设计及配合比报告等内容。

本文件适用于二级及以下公路氯氧镁水泥混凝土路面的设计。

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/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 20473 建筑保温砂浆
- JG/T 243 混凝土抗冻试验设备
- JG/T 244 混凝土试验用搅拌机
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JT/T 523 公路工程水泥混凝土外加剂
- JT/T 769 公路工程 聚羧酸系高性能减水剂
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG 3431 公路工程岩石试验规程
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
- WB/T 1019 菱镁制品用轻烧氧化镁

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.13.1

轻烧菱镁石粉

菱镁矿经800 ℃~1000 ℃高温煅烧并研磨而成的粉状材料。

3.23.2

氯氧镁水泥

由轻烧菱镁石粉和氯化镁溶液按一定比例混合而成的一种新型镁质气硬性胶凝材料。

3.33.3

氯氧镁水泥混凝土

由氯氧镁水泥和砂石等材料配比组成的混合物。

3.43.4

波美度

表示溶液浓度的一种方法，将波美比重计浸入氯化镁溶液中，所测度数即为波美度（Be°）。

4 总体要求

- 4.1 氯氧镁水泥混凝土路面设计除应符合本文件规定外，还应符合 JTG D40 规定。
- 4.2 混凝土配合比设计应与工程实际使用的原材料相匹配。
- 4.3 氯氧镁水泥安定性按 GB/T 1346 测定，初凝时间宜不少于 45 min，终凝时间宜不超过 3 h。
- 4.4 氯氧镁水泥配合比设计应满足力学性能、工作性、耐久性和经济性要求。
- 4.5 混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能的试验方法符合 JTG 3420 规定。
- 4.6 掺合料、外加剂等与氯氧镁水泥各组成材料之间应具备良好的兼容性。

5 材料

5.1 轻烧菱镁石粉

- 5.1.1 轻烧菱镁石粉中氧化钙含量小于 2 %；氧化镁含量宜大于 75 %，氧化镁合格品 125 μm 方孔筛筛余宜不超过 3 %。
- 5.1.2 轻烧菱镁石粉的活性按 WB/T 1019 测定，宜为 60 %~65 %。
- 5.1.3 轻烧菱镁石粉的比表面积按 GB/T 8074 测定，宜为 240 m²/kg~320 m²/kg。

5.2 氯化镁

氯氧镁水泥宜采用工业级氯化镁，其成分含量应符合表1规定。

表1 氯氧镁水泥用氯化镁化学成分

项目	MgCl ₂	NaCl	KCl	CaCl ₂	SO ₄ ²⁻
含量（%）	≥45.0	≤1.5	≤0.7	≤1.0	≤3.0

5.3 粗集料

- 5.3.1 选用坚硬、耐久、洁净的碎石、卵石或碎卵石。粗集料技术指标应符合表 2 规定。

表2 粗集料技术指标

项目		技术要求			试验方法
		I 级	Ⅱ 级	Ⅲ级	
碎石压碎指标（%）		≤18.0	≤25.0	≤30.0	JTG 3432 T0316
卵石压碎指标（%）		≤21.0	≤23.0	≤26.0	JTG 3432 T0316
坚固性（按质量损失计）（%）		≤5.0	≤8.0	≤12.0	JTG 3432 T0314
针片状颗粒含量（按质量计）（%）		≤8.0	≤15.0	≤20.0	JTG 3432 T0311
含泥量（按质量计）（%）		≤0.5	≤1.0	≤2.0	JTG 3432 T0310
泥块含量（按质量计）（%）		≤0.2	≤0.5	≤0.7	JTG 3432 T0310
吸水率 ^a （按质量计）（%）		≤1.0	≤2.0	≤3.0	JTG 3432 T0307
硫化物及硫酸盐 ^b （按SO ₃ 质量计）（%）		≤0.5	≤1.0	≤1.0	GB/T 14685
洛杉矶磨耗损失 ^c （%）		≤28.0	≤32.0	≤35.0	JTG 3432 T0317
有机物含量（比色法）		合格	合格	合格	JTG 3432 T0313
岩石抗压强度 ^b （MPa）	岩浆岩	≥100.0			JTG 3431 T0221
	变质岩	≥80.0			
	沉积岩	≥60.0			
表观密度（kg/m ³ ）		≥2500.0			JTG 3432 T0308
松散堆积密度（kg/m ³ ）		≥1350.0			JTG 3432 T0309
空隙率（%）		≤47.0			JTG 3432 T0309
磨光值 ^c （%）		≥35.0			JTG 3432 T0321
碱活性反应 ^b		不准许有碱活性反应或疑似碱活性反应			JTG 3432 T0325
^a 有抗冰冻、抗盐冻时检验粗集料吸水率。 ^b 使用前对硫化物及硫酸盐含量、岩石抗压强度、碱活性反应至少检验 1 次。 ^c 洛杉矶磨耗损失、磨光值有要求时检测。					

5.3.2 重交通及以上荷载等级时粗集料不低于表 2 中 II 级指标；中、轻交通荷载等级时粗集料可采用表 2 中 III 级指标。

5.3.3 应采用分级的集料，按最大公称粒径以 2~4 个粒级的集料进行掺配，并应符合表 3 规定。最大公称粒径碎石应不大于 31.5 mm，碎卵石宜不大于 26.5 mm，卵石宜不大于 19.0 mm。碎卵石或碎石中粒径小于 75 μm 的石粉含量宜不大于 1 %。

表3 粗集料合成级配范围

级配范围	方孔筛尺寸（mm）							
	2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
	累计筛余（以质量计）（%）							
4.75~16.0	95~100	85~100	40~60	0~10	0	—	—	—
4.75~19.0	95~100	85~95	60~75	30~45	0~5	0	—	—
4.75~26.5	95~100	90~100	70~90	50~70	25~40	0~5	0	—
4.75~31.5	95~100	90~100	75~90	60~75	40~60	20~35	0~5	0

5.4 细集料

5.4.1 应采用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂或机制砂。

5.4.2 采用天然砂时，重交通及以上荷载等级时不低于表 4 中的Ⅱ级指标；中、轻交通荷载等级时可采用表 4 中的Ⅲ级指标。

表4 天然砂技术指标

项目	技术要求			试验方法
	I 级	Ⅱ 级	Ⅲ级	
坚固性（按质量损失计）（%）	≤6.0	≤8.0	≤10.0	JTG 3432 T0340
含泥量（按质量计）（%）	≤1.0	≤2.0	≤3.0	JTG 3432 T0333
泥块含量（按质量计）（%）	0	≤0.5	≤1.0	JTG 3432 T0335
云母含量（按质量计）（%）	≤1.0	≤1.0	≤2.0	JTG 3432 T0337
硫化物及硫酸盐含量 ^a （按SO ₃ 质量计）（%）	≤0.5	≤0.5	≤0.5	JTG 3432 T0341
轻物质含量（按质量计%）	≤1.0			JTG 3432 T0338
吸水率（%）	≤2.0			JTG 3432 T0330
表观密度（kg/m ³ ）	≥2500.0			JTG 3432 T0328
松散堆积密度（kg/m ³ ）	≥1400.0			JTG 3432 T0331
空隙率（%）	≤45.0			JTG 3432 T0331
有机物含量（比色法）	合格			JTG 3432 T0336
碱活性反应 ^a	不允许有碱活性反应或疑似碱活性反应			JTG 3432 T0325
结晶态二氧化硅含量 ^b （%）	≥25.0			JTG 3432 T0324
^a 使用前对硫化物及硫酸盐含量、碱活性反应检验不少于 1 次。				
^b 测定结晶态二氧化硅含量时，应测定除晶质、玻璃质二氧化硅以外的结晶态二氧化硅的含量。				

5.4.3 天然砂级配范围应符合表 5 规定。

表5 天然砂级配范围

砂分级	细度模数	方孔筛尺寸（mm）							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
		累计筛余（以质量计）（%）							
粗砂	3.1~3.7	100	90~100	65~95	35~65	15~30	5~20	0~10	0~5
中砂	2.3~3.0	100	90~100	75~100	50~90	30~60	8~30	0~10	0~5
细砂	1.6~2.2	100	90~100	85~100	75~100	60~84	15~45	0~10	0~5

5.4.4 机制砂宜采用碎石作为原料，并采用专用设备生产。重交通及以上荷载等级时不低于表 6 中的Ⅱ级指标；中、轻交通荷载等级时可采用表 6 中的Ⅲ级指标。

表6 机制砂技术指标

项目	技术要求			试验方法
	I 级	Ⅱ 级	Ⅲ级	
机制砂母岩的抗压强度（MPa）	≥80.0	≥60.0	≥30.0	JTG 3431 T0221
机制砂母岩的磨光值	≥38.0	≥35.0	≥30.0	JTG 3432 T0321
机制砂单粒级最大压碎指标（%）	≤20.0	≤25.0	≤30.0	JTG 3432 T0350
坚固性（按质量损失计）（%）	≤6.0	≤8.0	≤10.0	JTG 3432 T0340
云母含量（按质量计）（%）	≤1.0	≤2.0	≤2.0	JTG 3432 T0337

表6 机制砂技术指标（续）

项目		技术要求			试验方法
		I 级	Ⅱ 级	Ⅲ级	
硫化物及硫酸盐含量 ^a （按SO ₃ 质量计）（%）		≤0.5	≤0.5	≤0.5	JTG 3432 T0341
泥块含量（按质量计）（%）		0	≤0.5	≤1.0	JTG 3432 T0335
机制砂抗冻性能比（%）		≥90.0	≥85.0	≥70.0	附录A
石粉含量 （%）	MB值<1.40或快速法检验合格	<3.0	<5.0	<7.0	JTG 3432 T0349
	MB值≥1.40或快速法检验不合格	<1.0	<3.0	<5.0	
轻物质含量（按质量计）（%）		≤1.0			JTG 3432 T0338
吸水率（%）		≤2.0			JTG 3432 T0330
表观密度（kg/m ³ ）		≥2500.0			JTG 3432 T0328
松散堆积密度（kg/m ³ ）		≥1400.0			JTG 3432 T0331
空隙率（%）		≤45.0			JTG 3432 T0331
有机物含量（比色法）		合格			JTG 3432 T0336
碱活性反应 ^a		不允许有碱活性反应或疑似碱活性反应			JTG 3432 T0325
^a 使用前对氯离子含量、硫化物及硫酸盐、碱活性反应含量检验不少于 1 次。					

5.4.5 机制砂级配范围应符合表 7 规定。

表7 机制砂级配范围

机制砂 分级	细度 模数	方筛孔尺寸（mm）						
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
		累计筛余（以质量计）（%）						
I 级	2.3~3.1	100	90~100	80~95	50~85	30~60	10~20	0~10
II、III级	2.8~3.9	100	90~100	50~95	30~65	15~29	5~20	0~10

5.5 水

5.5.1 符合 GB 5749 规定的饮用水可用于混凝土拌和。

5.5.2 非饮用水技术指标除应符合表 8 规定外，还应与蒸馏水进行水泥凝结时间与水泥胶砂强度的对比试验；对比试验的水泥初凝与终凝时间差均不大于 30 min，水泥胶砂 3 d 和 28 d 强度不低于蒸馏水配制的水泥胶砂 3 d 和 28 d 强度的 90 %。

表8 水技术指标

项目	钢筋混凝土及钢纤维混凝土	素混凝土	试验方法
pH值	≥5.0	≥4.5	JGJ 63
Cl ⁻ 含量（mg/L）	≤1000	≤3500	
SO ₄ ²⁻ 含量（mg/L）	≤2000	≤2700	
碱含量（mg/L）	≤1500	≤1500	
可溶物含量（mg/L）	≤5000	≤10000	
不溶物含量（mg/L）	≤2000	≤5000	
其他杂质	无漂浮的油脂和泡沫；无明显的颜色和异味		

5.6 掺合料

粉煤灰技术指标应符合GB/T 1596规定。

5.7 外加剂

- 5.7.1 应根据设计和施工要求选择减水率高、坍落度损失小、能明显改善混凝土性能且质量稳定的减水剂。采用聚羧酸减水剂时技术指标应符合 JT/T 769 规定。
- 5.7.2 缓凝剂技术指标应符合 JT/T 523 规定。

5.8 钢筋

- 5.8.1 钢筋应符合 JTG D40 规定。
- 5.8.2 钢筋宜采用环氧树脂涂层或防锈涂层等保护措施。

5.9 纤维

纤维应符合JTG/T F30规定。

6 配合比设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 配合比设计应充分考虑环境条件、路用要求、公路等级及交通量组成等因素。
- 6.1.2 各交通等级混凝土面板的 28 d 设计弯拉强度标准值应符合 JTG D40 规定。
- 6.1.3 混凝土拌合物应满足工作性要求，坍落度宜控制在 5 mm~70 mm。
- 6.1.4 混凝土耐久性应符合 JTG/T F30 规定；软化系数宜大于 0.7，其测定应符合GB/T 20473 规定。
- 6.1.5 配合比设计时应确定氯氧镁水泥混凝土的轻烧菱镁石粉用量、氯化镁用量、最大水灰比、最优砂率、外加剂、掺合料和纤维的最佳掺量等。

6.2 材料用量

6.2.1 胶凝材料

- 6.2.1.1 轻烧菱镁石粉用量取值如下：
 - a) 临界用量：根据试验结果预设轻烧菱镁石粉含量为 190 kg/m³~270 kg/m³，以 20 kg 为梯度，成型试件并养护至规定龄期时测试其强度，根据设计要求和耐久性规定，再逐步减少用量，直至满足设计强度的最小轻烧菱镁石粉用量；
 - b) 推荐用量：各交通等级混凝土轻烧菱镁石粉推荐用量见表 9。

表9 各交通等级氯氧镁水泥混凝土轻烧菱镁石粉用量

交通等级	极重、特重、重	中	轻
抗弯拉强度标准值（MPa）	≥5.0	4.5	4.0
轻烧菱镁石粉用量M（kg/m³）	230≤M<270	210≤M<230	190≤M<210

6.2.1.2 氯化镁用量及波美度：氯氧镁水泥材料组成（摩尔比）：MgO/MgCl₂=6~10，H₂O/MgCl₂=14~19。采用波美计测定氯化镁溶液的浓度，用波美度（Be°）表示，也可用质量百分比浓度或摩尔浓度表示。波美度测定时温度宜为 20 ℃，推荐范围为 23 Be°~27 Be°。

6.2.2 最大水灰比

水灰比范围宜为0.45～0.54。

6.2.3 最优砂率

6.2.3.1 采用碎石或卵石时的最优砂率，应根据砂的细度模数和粗集料种类而定，最优砂率见表 10。

表10 砂的细度模数与最优砂率关系

砂细度模数		2.2～2.5	2.5～2.8	2.8～3.1	3.1～3.4	3.4～3.7
砂率Sp (%)	碎石	30～34	32～36	34～38	36～40	38～42
	卵石	28～32	30～34	32～36	34～38	36～40
注：碎卵石可在碎石和卵石间内插取值。						

6.2.3.2 砂石料用量可按密度法或体积法计算，具体如下：

- a) 密度法计算时，混凝土单位质量取 2400 kg/m³～2450 kg/m³；
- b) 体积法计算时，应计入设计含气量，计算按 JGJ 55 执行。采用超量取代法掺用粉煤灰时，超量部分应代替砂，并折减用砂量。经计算得到的配合比，应验算单位粗集料填充体积率，且宜不小于70 %。

6.2.4 外加剂

外加剂用量应根据试验确定，采用聚羧酸减水剂时掺量宜为 0.8 %～1.2 %，采用缓凝剂时掺量宜为 0.4 %～0.8 %。

6.2.5 纤维

纤维用量应根据试验确定，采用聚丙烯纤维时掺量宜为0.6 %～1.2 %，采用钢纤维时掺量宜为 0.8 %～1.2 %。

6.3 试验室配合比

6.3.1 胶凝材料

胶凝材料用量确定如下：

- a) 轻烧菱镁石粉：根据表 9 选取轻烧菱镁石粉用量范围，并按规定梯度分为 3 个用量进行试验。氯化镁摩尔质量取 1/7，波美度为 24 Be°、砂率为 38 %，用来制备氯氧镁水泥混凝土试件，测试试件 3 d、7 d、28 d 抗弯拉强度，综合考虑经济节约，选取轻烧菱镁石粉最佳用量；
- b) 氯化镁：根据确定的轻烧菱镁石粉用量，MgO/MgCl₂ 摩尔比为 6、8、10，波美度 24 Be°、砂率 38 %，制备氯氧镁水泥混凝土试件，测试试件 3 d、7 d、28 d 的抗弯拉强度，确定氯化镁最佳用量。

6.3.2 单位用水量

根据确定的轻烧菱镁石粉用量、氯化镁用量，波美度分别选取24 Be°、26 Be°、28 Be°，砂率选取38 %，制备氯氧镁水泥混凝土试件，测试其工作性和3 d、7 d、28 d抗弯拉强度，确定波美度后按公式（1）确定单位用水量。

..... (1)

式中：
 $m_{\text{水}}$ ——1 m³氯氧镁水泥混凝土所需水的质量，kg；
 $Mr_{\text{水}}$ ——水的相对分子质量；
 $m_{\text{氯化镁}}$ ——1 m³氯氧镁水泥混凝土所需MgCl₂的质量，kg；
 B ——波美计测定的溶液度数，Be°；
 $Mr_{\text{氯化镁}}$ ——氯化镁的相对分子质量。

6.3.3 砂率

砂率根据表10选取。

6.3.4 砂石用量

采用密度法计算砂石用量。

6.3.5 外加剂

聚羧酸减水剂选用3个用量，测试混凝土工作性和7d抗弯拉强度，根据试验结果确定最佳用量；缓凝剂选用3个用量，测试混凝土凝结时间，根据试验结果确定最佳用量。

6.3.6 纤维

选用3个用量，测试7d抗弯拉强度，根据试验结果确定最佳用量。

6.4 配合比验证

按确定的试验室配合比，检验拌合物性能；如不符合，应调整相关参数，直至满足设计要求。

7 配合比报告

配合比设计报告应包括试验室试配和调整等内容，并形成《氯氧镁水泥混凝土配合比设计报告》（见附录B）。

附 录 A
(规范性)
机制砂抗冻性能比测试方法

A.1 材料

- A.1.1 水泥应符合GB 175规定。
- A.1.2 ISO标准砂应符合GB/T 17671规定。
- A.1.3 机制砂应符合第5章规定。
- A.1.4 碎石应符合JGJ 52规定。
- A.1.5 水应符合JGJ 63规定。

A.2 仪器

- A.2.1 天平量程应不小于20 kg，最小分度值应不大于10 g。
- A.2.2 卧式强制搅拌机性能应符合JG/T 244规定。
- A.2.3 快速冻融装置性能应符合JG/T 243规定。
- A.2.4 动弹性模量测定仪性能应符合JTG 3420规定。

A.3 试验步骤

- A.3.1 每20L混凝土配合比见表A.1所示。

表A.1 混凝土配合比

单位为千克

种类	水泥	标准砂	机制砂	碎石		水
				(5~10) mm	(10~20) mm	
基准混凝土	6.60	14.36	—	8.63	12.94	4.20
对比混凝土		—	14.36			

- A.3.2 混凝土搅拌、养护应按JTG 3420执行，在标准养护条件下养护至24 d，然后放入(20±2) °C饱和氢氧化钙溶液中养护至28 d。
- A.3.3 试件取出后用湿毛巾擦去表面水分，按JTG 3420规定进行称重、测定初始共振频率和动弹性模量，然后放入快速冻融试验装置进行抗冻性能试验，至25 次冻融循环时测定试件的动弹性模量。

A.4 结果计算

- A.4.1 机制砂抗冻性能比按式 (A.1) 计算。

$$E_R = \frac{E_M}{E_C} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- 1.1 E_R ——机制砂抗冻比，%；
- 1.2 E_M ——试验混凝土相对动弹性模量，%；
- 1.3 E_S ——基准混凝土相对动弹性模量，%。

A.4.2 取3次试验结果的算术平均值，精确至1 %。

附 录 B
(资料性)
氯氧镁水泥混凝土配合比设计报告

氯氧镁水泥混凝土配合比设计报告见表B. 1规定。

表B. 1 氯氧镁水泥混凝土配合比设计报告

试验单位：_____

委托编号：_____ 记录编号：_____ 报告编号：_____

委托日期：_____年____月____日 报告日期：_____年____月____日

委托单位：_____工程名称：_____

单位工程名称：_____

强度等级						抗渗等级			
抗冻等级						耐水系数			
坍落度 (mm)									
轻烧菱镁石粉		生产厂家		出厂日期		报告编号			
氯化镁		生产厂家		出厂日期		报告编号			
细集料		产地					报告编号		
粗集料		产地					报告编号		
水		产地					报告编号		
掺合料		生产厂家		类别、等级		报告编号			
外加剂		生产厂家		类别、等级		报告编号			
纤维		生产厂家		型号		报告编号			
试配强度 (MPa)		水胶比					砂率 (%)		
材料用量 (kg/m³)	轻烧菱镁石粉	氯化镁	细集料	粗集料	水	掺合料	外加剂	纤维	
配合比 (质量比)									
试验测试依据									
备 注	1. 无检测报告专用章无效; 2. 报告无检测或试验、审核人、批准人签名无效; 3. 报告涂改无效; 4. 复制报告未重新盖章无效。								
审核：_____ 批准：_____ 试验：_____									
