



T/CECS G XXXX: 2024

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路滑模施工路面机制砂混凝土应用
技术规程

Technical Specification for Application of Manufactured Sand
Cement Concrete in Slipform Paver Constructed Pavement

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设协会标准

公路滑模施工路面机制砂混凝土应用 技术规程

Technical Specification for Application of Manufactured Sand Cement
Concrete in Slipform Paver Constructed Pavement

T/CECS G: xxx-xx-2024

主编单位：清华大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2024年xx月xx日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会文件中建标公路【2022】91号“关于开展2022年第一批中国工程建设标准化协会标准(CECSG)制修订项目编制工作的通知”的要求,由清华大学承担《公路滑模施工用机制砂混凝土技术规程》(以下简称“本规程”)的制订工作。

本规程是编写组在总结公路滑模施工路面机制砂混凝土的原材料控制、性能要求、配合比设计、施工技术、质量检验及相关科研成果,参考国内外有关标准、规程和规范,征求有关单位意见,并在工程应用基础上制订的。

本规程分为8章、2篇附录,主要内容包括总则、术语与符号、基本规定、原材料、混凝土性能要求、配合比设计、施工、质量检验、附录A公路路面机制砂混凝土滑模施工工艺流程图、附录B混凝土砂浆厚度检测方法。

本规程基于通用的工程建设理论及原则进行编制,适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件,使用本规程相关条文时,应对适用性及有效性进行验证。

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,由清华大学负责具体技术内容的解释,在执行过程中如有意见或建议,请函告本标准日常管理组,中国工程建设标准化协会公路分会(地址:北京市海淀区西土城路8号;邮编:100088;电话:010-62079839;传真:010-62079983;电子邮箱:shc@rioh.cn),或魏亚(地址:北京市海淀区清华大学土木工程系;邮编:100084;传真:010-62785836;电子邮箱:yawei@tsinghua.edu.cn),以便修订时研用。

主编单位: 清华大学

参编单位: 昭通市高速公路投资发展有限责任公司

云南省公路科学技术研究院

保利长大工程有限公司

北京科技大学

目次

1 总则.....	6
2 术语与符号.....	7
2.1 术语.....	7
2.2 符号.....	8
3 基本规定.....	9
4 原材料.....	10
4.1 机制砂.....	10
4.2 粗集料.....	15
4.3 水泥.....	17
4.4 矿物掺合料.....	17
4.5 外加剂.....	17
4.6 水.....	17
5 混凝土性能要求.....	19
5.1 新拌混凝土的性能.....	19
5.2 硬化混凝土的力学性能.....	20
5.3 硬化混凝土的路用性能.....	21
5.4 硬化混凝土的耐久性能.....	22
6 配合比设计.....	23
6.1 一般规定.....	23
6.2 目标配合比设计.....	23
6.3 施工配合比设计.....	26
7 施工.....	27
7.1 一般规定.....	27
7.2 施工准备.....	27
7.3 混凝土拌合物搅拌与运输.....	28
7.4 滑模摊铺机施工.....	30
7.5 接缝施工.....	34
7.6 饰面及抗滑构造处理.....	35
7.7 水泥混凝土养生.....	37
7.8 特殊天气条件施工.....	38

8 质量检验.....	40
8.1 机制砂质量检验.....	40
8.2 新拌机制砂混凝土质量检验.....	41
8.3 硬化机制砂混凝土质量检验.....	41
附录 A 公路路面机制砂混凝土滑模施工工艺流程图.....	43
附录 B 混凝土砂浆厚度检测方法.....	44
本规程用词用语说明.....	45

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为促进和规范公路滑模施工路面机制砂混凝土的设计、生产与应用，做到技术先进、安全耐久、经济适用，确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公路滑模施工路面机制砂混凝土的原材料控制、性能要求、配合比设计、施工及质量检验。

1.0.3 公路滑模施工路面机制砂混凝土的设计与生产应遵循因地制宜的原则，满足滑模施工工艺对机制砂混凝土的性能要求，适应当地气候、地质、材料、建设和养护条件、工程实践经验等。

1.0.4 公路滑模施工路面机制砂混凝土的生产与应用应积极稳妥地采用经试验和实践证明有效的新技术、新材料、新设备和新工艺。

1.0.5 公路滑模施工路面机制砂混凝土除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 机制砂 manufactured sand

以岩石、卵石、矿山废石和尾矿等为原料，经除土处理，由机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的，级配、粒形和石粉含量满足要求且粒径小于 4.75 mm 的颗粒。

2.1.2 石粉含量 fine content

机制砂中粒径小于 75 μm 的颗粒含量。

2.1.3 亚甲蓝值 methylene blue value

用于判定机制砂颗粒吸附性能的指标，用不大于 2.36mm 粒级颗粒所消耗的亚甲蓝质量表示，也称 MB 值。

2.1.4 滑模施工 slipform paving

一种采用滑模摊铺机摊铺水泥混凝土路面的施工工艺。其特征是不架设边缘固定模板，布料、摊铺、振捣密实、挤压成型、抹面修饰等施工流程在摊铺机行进过程中连续完成。

2.1.5 滑模施工用混凝土 concrete for slipform paving

摊铺现场拌合物坍落度介于 10mm ~ 30mm，且适用于滑模摊铺工艺施工的混凝土。

2.1.6 引气 air entrainment

通过在水泥混凝土拌和时掺加引气剂，使混凝土内部形成微米量级的、均匀、稳定、球形封闭微气泡的工艺。

2.1.7 气泡间距系数 spacing factor of air-voids

表示硬化水泥混凝土或水泥浆体中相邻的封闭微气泡边缘之间距离的参数。

2.1.8 混凝土出浆量 quality of effluent mortar

表征坍落度值不大于 50mm 的水泥混凝土振动液化的特性，指 16 kg 混凝土拌合物在特定容器中，经振动 20 秒后，通过 4.75 mm 筛网析出的砂浆质量。

2.1.9 混凝土立模特性 concrete formability

表征路面混凝土塑性阶段，经振捣密实后的变形特性与稳定特性。

2.1.10 抗冻耐久性指数 durability factor of frost resistance

采用标准试验方法、经规定次数快速冻融循环后水泥混凝土的动弹性模量与初始动弹性模量的比值。

2.2 符号

SL——坍落度；

DF——水泥混凝土抗冻耐久性指数；

E_0 ——经历冻融循环之前水泥混凝土的初始动弹性模量；

E_1 ——经历冻融循环之后水泥混凝土的动弹性模量；

N ——快速冻融循环试验中水泥混凝土试件经受冻融循环的次数；

D_{RCM} ——氯离子扩散系数 (m^2/s)。

3 基本规定

3.0.1 公路滑模施工路面机制砂混凝土的拌合物性能、力学性能、路用性能及耐久性能等指标应满足工程设计和施工要求。

3.0.2 采用滑模铺筑施工工艺进行铺筑的机制砂混凝土，应通过试验确定混凝土拌合物的坍落度和含气量的经时损失，并在配合比设计中进行考虑。

3.0.3 滑模摊铺机制砂混凝土施工中应加强混凝土拌合物质量稳定性控制，加大机制砂的颗粒级配、细度模数、石粉含量（亚甲蓝试验）的检测频率。

3.0.4 机制砂进场检验应按本规范规定的所有检测项目逐一检验。检测不合格的机制砂应进行复检，复检仍不合格的机制砂不得使用。

征求意见稿

4 原材料

4.1 机制砂

4.1.1 机制砂按技术要求划分为I级、II级、III级。I级机制砂应用于强度等级 \geq C60的混凝土，II类机制砂宜用于强度等级 C30~C60 的混凝土，I级、II级机制砂均宜用于有抗冻抗渗要求的混凝土，III类机制应用于强度等级 \leq C30 的混凝土。

条文说明

机制砂特性对机制砂高性能混凝土的性能影响十分显著，参考《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819)对三类机制砂适用的混凝土类型进行了规定。

4.1.2 用于机制砂加工的母岩不应具有潜在碱活性，岩浆岩、变质岩、沉积岩强度分别不应低于 100MPa、80 MPa、60 MPa；宜使用洁净、质地坚硬、无软弱颗粒及无风化石的石灰岩、白云岩、花岗岩、石英岩、辉绿岩和玄武岩等岩石生产机制砂。不宜使用泥岩、页岩、板岩等岩石生产机制砂。

条文说明

参考《季冻区机制砂水泥混凝土设计与施工技术规范》(DB22/T 2775)及《公路工程混凝土机制砂应用技术规程》(DB35/T 1924)对机制砂母岩的选择做出了规定。

4.1.3 机制砂的表观密度 $>2500 \text{ kg/m}^3$ ，空隙率 $<44\%$ 。

条文说明

参考《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819)及《公路工程机制砂混凝土应用技术规范》(内蒙古自治区市场监督管理局)对机制砂的表观密度、松散堆积密度、空隙率做出了规定。

4.1.4 机制砂的饱和面干吸水率应满足表 4.1.4 的要求。

表 4.1.4 机制砂的饱和面干吸水率要求

机制砂等级	I级	II级	III级

饱和面干吸水率 (%)	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 2.5
-------------	-------	-------	-------

条文说明

参考《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819) 及《公路工程机制砂混凝土应用技术规范》(内蒙古自治区市场监督管理局) 对机制砂的饱和面干吸水率做出了规定。

4.1.5 I 级机制砂的细度模数为 2.3~3.2。

条文说明

参考《建设用砂》(GB/T 14684) 对机制砂的细度模数进行了规定。

4.1.6 I 级机制砂的累计筛余应符合表 4.1.6-1 中 2 区的规定, 分计筛余应符合表 4.1.6-2 的规定; II 级和 III 级机制砂的累计筛余应符合表 4.1.6-1 的规定。除 4.75 mm 和 0.60 mm 筛孔外, 其余筛孔上的累计筛余量超出分界线的部分不应大于 5%。

表 4.1.6-1 累计筛余

筛孔尺寸 (mm)	累计筛余量 (%)		
	1 区	2 区	3 区
9.5	0	0	0
4.75	0~5	0~5	0~5
2.36	5~35	0~25	0~15
1.18	35~65	10~50	0~25
0.60	71~85	41~70	16~40
0.30	80~95	70~92	55~85
0.15	85~97	80~94	75~94

表 4.1.6-2 分计筛余

筛孔尺寸 (mm)	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	筛底
分计筛余量 (%)	0~5	10~15	10~25	20~31	20~30	5~15	0~20

如果机制砂 $MB > 1.4$ ，则 0.15 mm 筛和筛底的分计筛余之和不应大于 25%。

条文说明

《建设用砂》(GB/T 14684)规定了机制砂的颗粒级配并进行了分类。由于机制砂的生产工艺,机制砂往往不能完全落入规定的上下限范围内。因此,允许稍有超出分界线,但超出总量不应大于 5%。

4.1.7 机制砂石粉含量应满足表 4.1.7 的要求。

表 4.1.7 机制砂的石粉含量 (%)

指标		I级	II级	III级
桥涵结构物	MB 值 <1.40 或合格	$< 5.0\%$	$< 7.0\%$	$< 10.0\%$
	MB 值 ≥ 1.40 或不合格	$< 1.0\%$	$< 3.0\%$	$< 5.0\%$
路面	MB 值 <1.40 或合格	$< 3.0\%$	$< 5.0\%$	$< 7.0\%$
	MB 值 ≥ 1.40 或不合格	$< 1.0\%$	$< 3.0\%$	$< 5.0\%$

注：表中指标合格与不合格采用 JTC E42 (T 0349) 方法检测；实际工程中，如果 I 级要求无法达到，经过专门验证后可放宽至 II 级。

条文说明

机制砂生产过程中容易产生大量的石粉。石粉含量对混凝土的新拌和硬化性能影响显著，因此需对机制砂石粉含量进行严格控制。《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819)、《人工砂混凝土应用技术规程》(JGJ/T 241)、《机制砂及机制砂混凝土应用技术规范》(DB 45/T 1621)等规范均对机制砂石粉含量做出了规定。

4.1.8 机制砂的泥块含量应满足表 4.1.8 的要求。

表 4.1.8 机制砂泥块含量技术要求

指标	I级	II级	III级
----	----	-----	------

泥块含量 (%)	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 1.0
----------	-------	-------	-------

条文说明

机制砂生产过程中容易引入泥块，较高的泥块含量与外加剂不相适应，因此需要对泥块含量严格限制。参考《建设用砂》(GB/T 14684) 对机制砂的泥块含量进行了规定。

4.1.9 机制砂的坚固性和压碎指标应满足表 4.1.9 的要求

表 4.1.9 机制砂的坚固性和压碎指标

指标	I级	II级	III级
坚固性 硫酸钠溶液循环浸池五次后的质量损失率(%)	≤ 6.0	≤ 8.0	≤ 10.0
单级最大压碎指标 (%)	≤ 20.0	≤ 25.0	≤ 30.0

条文说明

参考《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819)及《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G: K50-30) 对机制砂的坚固性指标和压碎指标进行了规定。

4.1.10 机制砂中的云母、轻物质、硫化物及硫酸盐、有机物和氯离子含量应满足表 4.1.10 的要求。

表 4.1.10 机制砂中有害物质限量

指标	I级	II级	III级
云母含量 (%)	≤ 1.0	≤ 2.0	
轻物质含量 (%)	≤ 1.0		
硫化物及硫酸盐含量 (折算成 SO ₃ , %)	≤ 0.5		
有机物含量	合格		
氯离子含量 (%)	≤ 0.01	≤ 0.02	≤ 0.06

注：表中含量均为质量百分比。

条文说明

参考《建设用砂》(GB/T 14684)对机制砂中云母、轻物质、硫化物及硫酸盐、有机物及氯离子含量进行了规定。

4.1.11 I级机制砂不应具有碱活性, II级和III级机制砂不应具有碱碳酸盐反应活性。

条文说明

参考《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G: K50-30)对机制砂的碱活性、碱-碳酸盐反应活性进行了规定。

4.1.12 路面和桥面混凝土使用的机制砂,其磨光值 ≥ 35 ,且不宜使用抗磨性较差的泥岩、页岩、板岩等水成岩类母岩生产机制砂。

条文说明

路面及桥面长期受到车辆轮胎的磨耗作用,因此需要混凝土中的砂石材料具有一定的抗磨性能。参考《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819)对机制砂的磨光值进行了规定。

4.1.13 机制砂技术指标试验方法应按照表 4.1.13 的规定执行。

表 4.1.13 机制砂技术指标试验方法

技术指标	试验方法
岩石抗压强度	JTG E41
表观密度、堆积密度、空隙率	JTG F42(T 0328、T 0331)
吸水率	JTG E42(T 0330)
颗粒级配	JTG E42(T 0327)
石粉含量	JTG E42(T 0333、T 0349)
泥块含量	JTG E42(T 0335)
坚固性	JTG E42(T 0340)
压碎指标	JTG EA2(T 0350)

云母含量	JTG E42(T 0337)
轻物质含量	JTG E42(T 0338)
有机质含量	JTG E42(T 0336)
硫化物及硫酸盐含量	JTG E42(T 0341)
氯离子含量	GB/T 14684
碱集料反应	JGJ 52
磨光值	TG E42(T 0321)

4.2 粗集料

4.2.1 应用于水泥混凝土路面工程的粗集料应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30)的规定。

4.2.2 粗集料母岩种类尽量与机制砂母岩种类保持一致，或者选择与机制砂母岩性质接近的岩石生产粗集料。

条文说明

混凝土的粗细集料来自同一种岩石骨料，可以保证温度变形协调一致，混凝土性能更加均匀同质。

4.2.3 采用至少两档不同粒级的粗集料配制成连续级配粗集料，混合前单档粗集料级配及混合后粗集料级配应符合表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 粗集料级配范围

	粒级 (mm)	方孔筛尺寸(mm)					
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5
单 档 粗 集 料	累计筛余(%)						
	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—
	10~16	—	95~100	80~100	0~15	—	—
	10~20	—	95~100	80~100	—	0~15	0
	16~25	—	—	95~100	55~70	25~40	0~10
	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	—
混	累计筛余(%)						

合	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—
粗	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0
集	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5
料	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—
注：“—”表示该孔径累计筛余量不做要求。							

条文说明

参考《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G: K50-30) 对机制砂混凝土的粗集料级配范围进行了规定。

4.2.4 各级公路水泥混凝土路面用粗集料的最大公称粒径不应大于 26.5 mm。

条文说明

参考《公路路面水泥混凝土配合比设计技术规程》(T/CECS G: D41-01) 对机制砂混凝土的粗集料最大粒径进行了规定。最大粒径过大会对混凝土性能造成较大缺陷, 所以限制了 31.5 mm、37.5 mm 两档粗集料的使用。

4.2.5 粗集料的各项检测项目、指标应满足表 4.2.5 的要求。

表 4.2.5 粗集料的各项检测项目、指标

技术指标	高速公路、一级公路		二级及以下公路	
粗集料压碎值(%)	≤ 25.0		≤ 30.0	
卵石、碎卵石压碎值(%)	≤ 23.0		≤ 26.0	
坚固性(%)	一般地区	≤ 8.0	一般地区	≤ 12.0
	严寒地区	≤ 6.0	严寒地区	≤ 9.0
	寒冷地区	≤ 4.0	寒冷地区	≤ 6.0
针片状颗粒含量(%)	≤ 15.0		≤ 20.0	
含泥量(%)	≤ 1.0		≤ 2.0	
泥块含量(%)	≤ 0.5		≤ 0.7	
吸水率(%)	一般地区	≤ 2.0	一般地区	≤ 3.0

	严寒/寒冷地区	≤1.5	严寒/寒冷地区	≤2.0
--	---------	------	---------	------

条文说明

参考《公路路面水泥混凝土配合比设计技术规程》(T/CECS G: D41-01) 对机制砂混凝土的粗集料级配范围进行了规定。

4.3 水泥

4.3.1 应使用道路硅酸盐水泥。水泥的强度等级、各个龄期的实测强度应满足表 4.3.1 的要求。

表 4.3.1 水泥强度指标

强度等级	强度指标	龄期	
		3d	28d
不低于 42.5	抗折强度 (MPa)	≥ 3.5	≥ 6.5
	抗压强度 (MPa)	≥ 17.0	≥ 42.5

4.3.2 桥面工程水泥应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/TF50)的规定，路面工程水泥应符合现行《道路硅酸盐水泥》(GB13693)的规定。

4.4 矿物掺合料

4.4.1 高速及一级公路使用的粒化高炉矿渣粉应符合《粒化高炉矿渣粉》(GB 18046) 中 S95 级的技术要求，二级及以下等级公路使用的应符合 S75 级的技术要求。使用的粉煤灰应符合《公路路面水泥混凝土配合比设计技术规程》(T/CECS G: D41-01)中 5.3 节规定的技术要求。

4.4.2 工程中使用本规程未涉及的矿物掺合料时，应经过试验验证，掺量也应有大量试验结果作为支撑。

4.5 外加剂

4.5.1 公路机制砂混凝土外加剂应符合现行《公路工程混凝土外加剂》(JT/T 523) 和《混凝土外加剂》(GB 8076)的规定。

4.6 水

4.6.1 机制砂混凝土拌和用水和养生用水应符合现行《混凝土用水标准》(JGJ 63)

的规定

4.6.2 混凝土拌和用水和养生用水严禁使用海水。

征求意见稿

5 混凝土性能要求

5.1 新拌混凝土的性能

5.1.1 应确保机制砂混凝土拌合物的工作性能满足滑模施工工艺要求，测试项目包括坍落度及其经时损失、出浆量、振动黏度系数、抗离析性，并符合下列规定：

1 滑模摊铺现场机制砂混凝土的坍落度宜为 10~30 mm。坍落度试验方法应符合现行《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》（GB/T50080）的规定。

2 拌和楼（机）出口拌合物坍落度值，应根据滑模摊铺现场的坍落度目标值加上运输过程中坍落度经时损失值确定。坍落度 1h 经时损失不宜大于 20 mm。

3 室内测试机制砂混凝土的出浆量宜为 0.65kg ~ 0.95kg。出浆量试验方法应符合《现行公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）的规定。

4 室内测试机制砂混凝土拌合物的振动黏度系数宜为 200~500N·s/m²。振动黏度系数试验方法应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）附录 A 的规定。

5 新拌混凝土应具有良好的抗离析性，宜适当调高机制砂混凝土的黏聚性和保水性。

条文说明

本条规定的新拌混凝土工作性能是路面滑模施工需要检验和控制的主要性能。公路滑模施工用机制砂混凝土拌合物以现场测试的实际坍落度值为关键指标，因此，要合理考虑运输过程中的坍落度经时损失。

振动黏度系数反映了在特定振动能量作用下，拌合物内部阻碍水泥、粗细集料、气泡等质点相对运动的摩阻能力，但是该指标不便于现场测试，因此列为室内测试指标。研究表明，混凝土振动黏度系数与坍落呈近似的线性反比关系，当坍落度小于 40 mm 时，振动黏度系数通常大于 200 N·s/m²。

5.1.2 路面水泥混凝土宜掺加引气高效减水剂，提高工作性。拌和楼（机）出口

的拌合物含气量均值及允许偏差值应符合设计要求和现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）表 4.2.6-1 的规定。

5.1.3 新拌机制砂混凝土的含气量 1h 经时损失不宜大于 1.5%。含气量试验方法应符合现行国家标准《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420-2020）T 0526 的规定。

条文说明

本条规定机制砂混凝土拌合物的含气量经时损失。测试出机时和 1h 之后的含气量差值，即得到含气量的经时变化值。

5.1.4 可根据施工季节、气温和运距的变化，微调高效减水剂、引气剂、缓凝剂或早强剂的掺量，保持滑模摊铺现场的坍落度始终适宜于铺筑，减小滑模摊铺前混凝土拌合物的工作性波动。

5.1.5 新拌机制砂混凝土应具有良好的抗裂性，必须加强早期养生。混凝土抗裂性能的试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》（GB/T50080）的规定。

条文说明

本条规定新拌混凝土应具有良好的抗裂性，因为机制砂混凝土早期失水较快、收缩变形大而容易产生微裂缝。

5.1.6 新拌机制砂混凝土的凝结时间应满足施工要求。

5.2 硬化混凝土的力学性能

5.2.1 用于水泥混凝土路面的机制砂混凝土的 28d 弯拉强度应根据交通荷载重、中等、轻三个等级分别要求不低于 5.0MPa、4.5MPa、4.0MPa，且满足设计要求。试验方法应按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）的规定执行。

条文说明

水泥混凝土路面一般以弯拉强度为控制指标。参照《公路水泥混凝土路面设计规范》

(JTGD40-2011) 的相关规定对不同交通荷载下的路面用机制砂混凝土的 28d 抗弯拉强度进行了规定。

5.2.2 当水泥混凝土路面机制砂混凝土中的矿物掺合料掺量大于 30% 时, 可采用 56d 龄期的弯拉强度试验结果进行强度评定。

5.3 硬化混凝土的路用性能

5.3.1 应确保机制砂水泥混凝土的路用性能满足使用要求, 检验指标包括耐磨性和抗滑性, 并符合下列规定:

1 机制砂水泥混凝土路面应测试耐磨性, 其磨损量应 $\leq 3.0\text{kg/m}^2$ (一级公路)、 $\leq 3.5\text{kg/m}^2$ (二级公路)、 $\leq 4.0\text{kg/m}^2$ (三、四级公路)。耐磨性试验方法按照现行《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG 3420-2020) 中 T 056-2005 的规定执行。

2 机制砂水泥混凝土路面抗滑性能应满足刻槽表面垂直纹理方向的摩擦系数 ≥ 50 (一般路段)、 ≥ 55 (特殊路段), 平行纹理方向摩擦系数 ≥ 35 (一般路段)、 ≥ 40 (特殊路段)。摩擦系数试验方法按照现行《公路路基路面现场测试规程》(JTG 3450-2019) 中 T 0964-2008 的规定执行。

5.3.2 机制砂水泥混凝土的耐磨性能表征于表面砂浆层, 宜优先降低水灰比增大表面浆体强度来提高耐磨性能。

条文说明

研究表明, 降低水灰比是提高机制砂混凝土耐磨性能的主要手段。砂率、细度模数、石粉含量的变化对机制砂混凝土耐磨性的影响不大。

通过优化施工工艺控制表面提浆、提高路面平整度等措施也能增强耐磨性。

5.3.3 为提高机制砂水泥混凝土抗滑性能, 宜采用适当降低混凝土水灰比、减小机制砂石粉含量、增大细度模数、优化施工工艺控制表面提浆等措施。

条文说明

石粉提供的粘着摩擦较小, 且能随表面提浆上浮于表面, 是机制砂混凝土和河砂

混凝土抗滑性能差异的主要原因。

5.3.4 机制砂水泥混凝土的路用性能优化，宜在保证水灰比满足耐磨性要求前提下，主要优化抗滑性。

5.4 硬化混凝土的耐久性能

5.4.1 各级公路路面有抗冻性、抗氯盐、抗硫酸盐腐蚀和抗碱骨料反应性能要求时，试验方法应按现行《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T50082）的规定执行。

条文说明

本条规定可能需要控制的耐久性项目，抗冻试验按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）的规定执行；抗碱骨料反应、抗硫酸盐试验按《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）的规定执行。

5.4.2 不同环境下的路面机制砂混凝土耐久性评价项目应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 不同环境下的路面机制砂混凝土耐久性评价项目

环境类别	混凝土耐久性评价项目
一般环境	最低强度等级、电通量、抗裂性
冻融环境	最低强度等级、抗冻耐久性指数、单位面积剥蚀量、抗裂性
氯盐环境	最低强度等级、电通量、氯离子扩散系数、抗裂性
硫酸盐环境	最低强度等级、电通量、抗蚀系数、抗裂性
碱骨料环境	最低强度等级、碱-硅酸反应效果、碱-碳酸盐反应效果、抗裂性

注：一般环境指无冻融、氯化物和其他化学腐蚀物质作用。

5.4.3 公路滑模施工路面机制砂混凝土除应对本规程表 5.4.2 提出的耐久性项目进行评价外，尚应对设计提出要求的耐久性项目进行评价。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 本章节适用于现场坍落度为 10 mm ~ 30 mm 且采用滑模施工工艺进行铺筑的机制砂混凝土配合比设计。路面混凝土配合比设计尚应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的规定。

6.1.2 配合比设计应保证拌合物工作性能和硬化混凝土的弯拉强度、路用性能及耐久性能。

6.1.3 路面混凝土配合比设计应包括目标配合比设计和施工配合比设计两个阶段。目标配合比设计应根据本规程第 5 章规定的新拌和硬化混凝土的各项性能要求，确定水泥用量、集料用量、水灰（胶）比、外加剂掺量。施工配合比设计应通过拌和楼试拌确定拌和参数，根据原材料、拌合物的实际情况进行配合比的调整和各项性能检验，并调试摊铺设备参数。

6.1.4 在配合比设计前，应进行原材料的路用性能检测，并符合本规程第 4 章的技术要求。

6.1.5 当原材料变化时，应重新进行目标配合比和施工配合比的设计与检验。

6.1.6 严寒地区和寒冷地区，面层混凝土的水灰比不应大于 0.42。无抗冻性要求地区，面层混凝土的水灰比不应大于 0.5。

6.1.7 当需要设计高强度机制砂混凝土时，可以通过减小粗集料的最大尺寸获得最佳效果。

6.1.8 机制砂混凝土外加剂的品种及含量应通过混凝土配合比试验选用。外加剂的现场适应性检验应采用工程实际使用的胶凝材料、集料和拌和用水进行试配，并确定合理掺量。

6.2 目标配合比设计

6.2.1 路面水泥混凝土配制 28d 弯拉强度目标值宜按式（6.2.1）计算确定：

$$f_c = \frac{f_r}{1 - 1.04c_v} + ts \quad (6.2.1)$$

式中： f_c ——面层用水泥混凝土配制 28d 弯拉强度均值（MPa）；

f_r ——设计弯拉强度标准值（MPa），按设计确定，且不应低于《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40-2011）表 3.0.8 的规定；

t ——保证率系数；

s ——弯拉强度试验样本的标准差（MPa）。有试验数据应使用试验样本的标准差；无试验数据可按公路等级及设计弯拉强度，参考《公路路面水泥混凝土配合比设计技术规程》（T/CECS G:D41-01-2020）表 6.1.1-2 规定范围确定；

c_v ——弯拉强度变异系数，应按统计数据取值，小于 0.05 时取 0.05；无统计数据时，可参考《公路路面水泥混凝土配合比设计技术规程》（T/CECS G:D41-01-2020）表 6.1.1-3 的规定范围内取值，其中高速公路、一级公路变异水平应为低，二级公路变异水平应不低于中。

6.2.2 混凝土的目标坍落度、出浆量、出浆速度应根据滑模摊铺机械的新旧程度确定。对于设备状况良好的机械，坍落度及出浆量参数取小值；设备状况稍差的机械，坍落度及出浆量参数取大值。

6.2.3 滑模施工工艺的混凝土坍落度与出浆量的对应关系可参考表 6.2.3。在施工工艺允许的条件下，混凝土坍落度可取小值，出浆量和出浆速度可取大值。

表 6.2.3 混凝土坍落度、出浆量的对应关系

混凝土坍落度（mm）	出浆量（kg）	出浆速度（s）	形变量（mm）
10	0.65 ~ 0.85	≤ 12	竖向沉降量≤ 10mm，横向膨胀 量≤ 15mm。
20	0.70 ~ 0.90	≤ 10	
30	0.75 ~ 0.95	≤ 8	
40	0.80 ~ 1.10	≤ 5	

6.2.4 各级公路面层水泥混凝土的目标配合比设计宜采用正交试验确定，应符合下列规定：

1 试验可变因素应根据混凝土的性能要求和材料变化情况来确定。不掺矿物掺和料时，可选水泥用量、水灰比、砂率 3 个因素；掺矿物掺和料时，可选胶凝材料用量、水胶比、矿物掺和料掺量、砂率 4 个因素。每个因素应至少选定 3 个水平。

2 砂率的选择宜按“5 点法”进行，即在初选砂率值上下每间隔 2%选取。

3 确定胶凝材料用量、水灰（胶）比、砂率后，采用绝对体积法计算细集料、粗集料用量，确定混凝土的配合比。

4 对正交试验结果进行直观及回归分析，回归分析的考察指标包括弯拉强度、坍落度及其经时损失、出浆量、出浆速度、含气量及其经时损失、振动黏度系数。

5 当混凝土考察指标不满足第 4 款要求时，应重新选择水泥用量、水灰比或砂率，并按照上述步骤重新试拌混凝土配合比，直至满足要求。

6 从满足第 4 款要求的正交配合比中优选出工作性能优良、弯拉强度适宜的一个或多个配合比成型混凝土试件，养护至规定龄期时检验其耐磨性和抗滑性，结果应满足本规程 5.3.1 的规定。有耐久性设计要求时，还应检验其耐久性指标。

7 按照工作性能和路用性能优良、强度和耐久性满足要求、经济合理的原则，从上述配合比中选择一个最适合的配合比作为目标配合比。

6.2.5 二级及二级以下公路可采用经验公式法计算目标配合比，计算过程可参照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的规定。

6.2.6 选定的目标配合比，实测的混凝土强度宜为设计强度的 1.10~1.15 倍，不应高于设计强度的 1.4 倍。

条文说明

过高的路面混凝土强度不仅会降低其经济性，而且增加了滑模施工的难度。因此，不建议过于提高配置的混凝土强度。

6.2.7 应检验机制砂与混凝土外加剂，特别是聚羧酸类减水剂之间的适应性。

条文说明

机制砂混凝土可能存在机制砂与减水剂之间的适应性问题。机制砂混凝土中减水剂用量有可能会高于普通的河砂混凝土，但多数情况只是因为外加剂与所用的机制砂不适应引起的，因此进行适应性调整是十分必要的。

6.3 施工配合比设计

6.3.1 经 6.2 得出的配合比，应结合原材料的实际变化对其进行修正、优化，各项指标均满足设计要求和现场实际情况，即为施工配合比。

6.3.2 应通过试验段试铺，检验滑模施工后水泥混凝土路面的立模能力和平整度。

6.3.3 当水泥混凝土路面的立模能力或平整度较差时，应进行配合比调整。调整的原则为增加引气量、适当降低水灰比或调整砂率，提高混凝土的振动黏度系数。调整前应经试验验证符合设计要求。

6.3.4 应对施工现场集料变异进行修正，可参考如下步骤：

1 对于施工现场机制砂中大于 4.75mm 的颗粒应视为粗集料，并计入粗集料的单位用量。

2 对于粗集料中小于 4.75mm 部分，应视为细集料（机制砂），并计入细集料的单位用量。

3 扣除集料干燥状态之外的含水量，最后计算确定施工配合比。

4 对于出现机制砂细度模数变化大于 ± 0.2 、石粉含量变化超过 $\pm 2\%$ 、或粗集料各粒级变化大于 $\pm 5\%$ 的情况，视为集料改变，应重新进行配合比试验。

6.3.5 施工期间应根据气温、运输条件等的变化，探明混凝土工作性与气温、运距的关系，微调用水量和外加剂掺量。

6.3.6 应检验施工现场同条件养护的硬化混凝土强度、路用性能和耐久性，确保不低于设计要求。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 机制砂混凝土施工质量控制除应符合本标准要求外，尚应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的相关规定。

7.1.2 机制砂混凝土滑模铺筑施工应编制安全生产作业指导书。

7.1.3 机制砂混凝土的运输和浇筑过程中严禁随意加水。

7.1.4 二级及二级以上公路水泥混凝土面层施工前，应制订试验路段的施工方案和质量检测计划，并应铺筑试验路段。

7.2 施工准备

7.2.1 滑模摊铺机制砂水泥混凝土路面施工工艺流程示例可参见附录 A 设计。

7.2.2 机制砂混凝土原材料应分类存放，并具有明确的标识，标明材料名称、品种、生产厂家和生产（或进场）日期。

7.2.3 机制砂混凝土施工前应提前掌握天气情况，储备防雨、防雪、防高温天气的物资。

7.2.4 加大机制砂的颗粒级配、细度模数、石粉含量（含亚甲蓝试验）的检测频率，当同一来源的机制砂的细度模数变化范围超过 ± 0.2 或石粉含量变化范围超过 $\pm 2.0\%$ 时，应分别堆放，并适当调整混凝土配合比中的砂率后使用。

7.2.5 机制砂成品堆料高度不宜超过 5m，并设置防雨篷，堆场四周应做好排水。

7.2.6 使用机制砂、粗集料时，应准确测定因天气变化引起机制砂和粗集料含水率的变化，对袋装粉状材料应注意防潮，对液体外加剂应注意防止沉淀和分层。

7.2.7 应验收机制砂水泥混凝土路面下承层的高程、平整度、宽度、横坡等指标且检验合格，并应测量校核平面和高程控制桩，恢复路面中心、边缘等全部基本标桩，测量精度应满足相应规范的规定。

7.2.8 施工前应对机械设备、测量仪器、基准线或模板、机具工具及各种试验仪器等进行全面检查、调试、校核、标定，并适量储备主要施工机械易损零部件。

7.2.9 施工前应清除施工路段障碍并清扫完毕，确保滑模摊铺施工期间道路安全畅通。

7.2.10 滑模摊铺前，应准确架设基准线。基准线架设与保护应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的相关规定。

7.3 混凝土拌合物搅拌与运输

7.3.1 拌和站的搅拌能力配置应符合下列规定：

1 拌和站最小生产能力应满足以下规定，当摊铺单车道宽度为 3.75~4.5m 时，应不小于 150m³/h，当摊铺双车道宽度为 7.5~9m 时，应不小于 300m³/h，当摊铺整幅宽≥12.5m 时，应不小于 400m³/h。

2 拌和站配置的混凝土总设计标称生产能力可按式（7.3.1）计算，并按总搅拌能力确定拟采用的拌和楼（机）数量和型号。

$$M = 60\mu b h v_t \quad (7.3.1)$$

式中： M —拌和楼（机）总设计标称搅拌能力（m³/h）；

μ —拌和楼（机）可靠性系数，取值范围 1.2~1.5，根据下列具体情况确定，拌和楼（机）可靠性高，取较小值，反之取较大值；

b —摊铺宽度（m）；

h —面层松铺厚度（m），普通混凝土取设计厚度 1.10 倍；

v_t —摊铺速度（m/min），不小于 1m/min。

7.3.2 宜采用带二次计量功能的电子计量系统计量原材料，严格按照施工配合比要求进行称量，严格控制计量精度，计量设备应每月自检一次，每一工作班开始前，对集料设备进行清理校准，原材料计量偏差应每班检查 1 次，每盘原材料计量的允许偏差应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 原材料每盘称量最大允许偏差

原材料	胶凝材料	外加剂	粗集料	细集料	水
最大允许偏差（%）	±1	±1	±2	±1	±1

7.3.3 机制砂、粗集料取料时，应采取措施防止离析。

7.3.4 混凝土中掺有引气剂时，拌和楼（机）一次搅拌量不应大于其额定搅拌量的 80%。

7.3.5 机制砂混凝土宜采用振动搅拌方式，采用容量大于(等于)60L 的搅拌机的

搅拌时间不宜超过 55s。不具备振动搅拌条件的，应采用双卧轴强制式搅拌机，搅拌时间宜控制在 60~120s，引气混凝土的搅拌时间宜延长 5~10s。具体时间应根据搅拌机说明和工程要求进行试验确定。

7.3.6 拌和楼（机）出口混凝土拌合物的坍落度应根据铺筑最适宜的坍落度值加上运输过程中坍落度的经时损失值确定，并应根据运距长短、气温高低随时进行微调。

7.3.7 施工过程中，加强对混凝土混合料的质量监控。施工开始及每 200m³ 混凝土抽测坍落度、温度、砂石料含水量，按规定预留一组抗压强度试件。在炎热或寒冷气候下施工，应加强检测混凝土的凝结时间。

7.3.8 严格测定机制砂、粗集料的含水率，并按含水量变化及时调整机制砂、粗集料和拌合用水的用量，以确保混凝土的实验室配合比和施工配合比的一致性。

7.3.9 除拌和楼（机）应配备砂（石）含水率自动反馈控制系统外，每台班应至少检测 1 次粗细集料含水率。并根据集料含水率变化，快速反馈并严格控制加水量和粗、细集料用量。

7.3.10 机制砂混凝土搅拌时，一旦发生机制砂石粉含量、MB 值变化较大等情况，应适时调整砂率及减水剂用量，保证混凝土拌合物坍落度与设计相符，工作性良好。

7.3.11 密切观察出机拌合物质量，加大坍落度的检测频率，发现异常情况应停机检查，查明原因，并采取相应措施进行调整。

7.3.12 运输车应根据施工进度、运量、运距及道路情况选好车型、配足数量，运输能力应比总拌和能力略有富余，应确保拌合物在规定时间内运到摊铺现场。

7.3.13 混凝土运输可选配车况优良、载重量 2~20t 的自卸车，自卸车应带有遮盖措施，车厢板平整光滑，车厢在装料前均清洗干净，车斗应严密不漏浆。桥面铺装或远距离运输时，宜选配混凝土罐车。

7.3.14 当混凝土运输至浇筑现场时，不得出现离析、泌水现象。当运输距离远、交通或现场等问题引起的混凝土拌合物流动性损失较大而难以正常卸料时，可适当掺入减水剂使拌合物的流动性满足施工要求，添加的减水剂种类和掺量应记录备案，严禁向混凝土拌合物中加水。

7.3.15 混凝土拌合物从搅拌机出料到运输至现场的允许最长时间应符合表

7.3.15 的规定。当不满足时，可以采用通过试验调整缓凝剂的剂量等措施，保障到达现场的拌合物工作性满足要求。

表 7.3.15 混凝土拌合物从搅拌机出料到运输至现场的允许最长时间

施工温度 (°C)	5~9	10~19	20~29	30~35
滑模摊铺 (h)	1.5	1.25	1.0	0.75

7.3.16 机制砂混凝土搅拌完毕后，宜在搅拌站和浇筑现场分别取样检测混凝土拌合物的坍落度及其损失，每工作班不应少于 2 次，并观察有无分层、离析、板结、泌水现象。坍落度允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

7.4 滑模摊铺机施工

7.4.1 公路机制砂混凝土滑模摊铺应加强混凝土运输组织，保证供料速度与摊铺速度相适应，避免发生料多废弃或等料停机现象。

7.4.2 摊铺施工水泥混凝土面层时，必须有专人指挥车辆卸料。

7.4.3 摊铺前应对现场准备工作进行全面检查，包括拉线设置是否符合板厚要求；端模板、手持振捣棒、传力杆定位支架是否到位；前幅摊铺时安装的拉杆是否校正板直；纵向施工缝的缝壁是否涂上沥青；基层质量是否达到要求，是否洒水湿润。

7.4.4 滑模摊铺机的施工参数设定及校准应符合下列规定：

1 振捣棒应均匀排列，间距宜为 300~450mm；摊铺厚度较大时，应采用较小间距排列。两侧最边缘振捣棒与摊铺边缘不宜大于 200mm。振捣棒下缘位置应位于挤压底板最低点以上。

2 挤压底板前倾角宜设置为 3°，提浆夯板位置宜在挤压底板前缘以下 5~10mm。

3 边缘超铺高度应根据拌合物稠度确定，宜为 3~8mm；板厚较厚、坍落度较小时，边缘超铺高度宜采用较小值。

4 搓平梁前沿宜调整到与挤压底板后沿高程相同的位置；搓平梁的后沿应比挤压底板后沿低 1~2mm，并与路面高程相同。

5 符合铺筑精度要求的摊铺机设置应加以固定和保护。当基底高程等摊铺条件发生变化，铺筑精度超出范围时，可由操作手在行进中通过缓慢微调加以调整。

条文说明

挤压底板前倾角设置过大，会导致滑模摊铺机推进阻力增大，甚至将整机抬升起来，致使履带不着地，无法行进摊铺。

7.4.5 滑模摊铺混凝土机前布料，应采用机械完成，布料高度应均匀一致，不得采用翻斗车直接卸料的方式，布料尚应符合下列规定：

1 卸料、布料速度应与摊铺速度协调一致，不得局部或全断面缺料。发生缺料时应立即停止摊铺。

2 采用布料机布料时，布料机与滑模摊铺机之间施工距离宜为 5~10m；现场蒸发率较大时，宜采用较小值。

3 当坍落度在 10~30mm 时，布料松铺系数宜在 1.08~1.15 之间。

4 应保证滑模摊铺机前的料位高度位于螺旋布料器叶片最高点以下，最高料位高度不得高于松方控制板上缘。使用布料犁布料时，应按松方高度严格控制料位高度。

5 当面层传力杆、胀缝与隔离缝钢筋采用前置支架法施工时，不得在支架顶面直接卸料。传力杆以下的混凝土宜在滑模摊铺机摊铺该处前采用手持振捣棒振实。

7.4.6 摊铺机起步时，应先开启振捣棒，在 2~3min 内调整振捣棒到适宜频率，使进入挤压底板前缘的拌合物振捣密实，无大气泡冒出破灭，方可开动滑模机平稳推进摊铺。当天摊铺施工结束，摊铺机脱离拌合物后，应立即关闭振捣棒组。

7.4.7 摊铺过程中应调整松方高度板位置控制摊铺机进料，保证进料充足。起步时宜适当调高，正常摊铺时宜保持振捣仓内料位高于振捣棒顶面 100mm 左右，料位高低波动宜控制在 $\pm 30\text{mm}$ 之内。

条文说明

随时调整松方高度控制板的目的是使挤压底板的料与振动仓内混凝土之间始终维持相互间的压力均衡，防止挤压力忽大忽小而影响平整度。

7.4.8 滑模摊铺应缓慢、匀速、连续不间断作业，滑模摊铺速度应根据板厚、混

凝土工作性、布料能力、振捣排气效果等确定，可在 0.75~2.5m/min 之间选择，宜采用 1m/min。

7.4.9 滑模摊铺振捣频率应根据板厚、摊铺速度、混凝土工作性确定，以保证拌和物不发生欠振、漏振。振捣频率可在 100~183Hz 之间调整，宜为 150Hz。

7.4.10 滑模摊铺推进应匀速、平稳，滑出挤压底板或搓平梁的拌合物表面应平整、无缺陷、两侧边角应为 90°、光滑规则、无塌边溜肩，表层砂浆厚度不宜大于 3mm，检测方法见附录 B。

7.4.11 可根据拌合物的稠度大小，采取调整摊铺机的振捣频率或速度等措施，保证摊铺质量稳定。当拌合物稠度发生变化时，宜先采取调振捣频率的措施，后采取改变摊铺速度的措施。

7.4.12 在不影响路面总体耐久性的前提下，可采取调整拌合物稠度、挤压底板前仰角、起步及摊铺速度等措施，减少水泥混凝土面层横向拉裂现象。

条文说明

当路面某处局部多次出现麻面或拉裂现象，这种问题表明该处的振捣棒出现问题。需要停机检查或更换。路面板出现横向拉裂现象时，一是检查拌合物是否局部或整体过于干硬，或是产生了离析，或是集料粒径过大不适应滑模摊铺。二是可能因为在该部位摊铺速度过快，振捣频率不够，混凝土未被振动液化而导致拉裂，应降低摊铺速度，提高振动频率。三是应检查挤压底板的位置和前仰角设置是否变化，底板设置成前倒角时必定拉裂，前仰角过大时也可能拉裂。这种情况下应在行进中调整前 2 个水平传感器，将挤压底板调整为适合的前仰角，就可消除拉裂现象。四是拌合物干硬，或待料停机时间较长，摊铺起速过快时，也可能拉裂。在待料停机时间较长时，应间隔 15min 开启振捣棒振动 2~3min；起步摊铺时，宜先振捣 2~3min 后再缓慢行进。

7.4.13 配备振动搓平梁时，摊铺过程中搓平梁前方砂浆卷直径宜控制在 100mm±30mm，应避免砂浆卷中断、散开或摊展。

7.4.14 应通过控制抹平板压力的方式，使抹平板底部不小于 85% 长度接触新铺混凝土表面。

7.4.15 滑模摊铺采用传力杆插入装置（DBI）设置传力杆与拉杆时，应符合下列规定：

1 应安排专人负责对中横向缩缝位置，应一次振动插入整排全部传力杆。

2 插入传力杆时，应缓慢插入，防止快速插入导致阻力过大使滑模摊铺机整体抬升。

3 拉杆插入装置应根据一次摊铺的车道数和设计选用。与未摊铺水泥混凝土面层连接的拉杆应采用侧向拉杆插入装置插入；两个以上车道摊铺，在摊铺范围内的拉杆应采用拉杆压入装置压入。

4 中央拉杆可自动定位插入或手工操作在规定位置插入，应一次插入到位。

5 边缘拉杆应一次插入到位，不得在脱模后多次插入或人工反复打进。插入就位的拉杆应妥善保护，避免拉杆与混凝土粘结丧失。

7.4.16 滑模摊铺时，应保证自动抹平板装置正常工作。局部麻面或少量缺料部位，可在搓平梁前补充适量拌合物，利用搓平梁与抹平板修平表面。

7.4.17 钢筋混凝土、连续配筋混凝土面层应采用布料机或上料机进行供料与布料，并保证安装完毕的钢筋不被混凝土或布料机压垮、变形或贴底。严禁任何机械在已安置好的钢筋上行走、碾压。

7.4.18 滑模摊铺钢筋混凝土、连续配筋混凝土面层时，振捣棒的横向间距宜为250~350mm，板厚大、料偏干，用较小值；反之，用较大值。振捣棒频率不宜低于167Hz，应准确控制振捣棒位置，避免振捣棒碰撞或扰动钢筋。

7.4.19 滑模摊铺机履带上、下桥的台背阶梯部位应提前铺设混凝土坡道，长度不宜短于钢筋混凝土搭板。混凝土坡道应振捣密实，强度应满足摊铺机行走的需要。

7.4.20 待铺装桥面的裸梁或防水找平层的表面应进行凿毛或进行表面缓凝露石粗糙处理。凿毛后表面采用铺砂法测定的平均构造深度不宜小于1.0mm；表面缓凝露石粗糙处理露石面积不宜小于70%。粗糙处理后的表面应清洗干净，洒水湿润，不得积水。

7.4.21 收费广场除应符合前述混凝土面层滑模摊铺规定外，尚应符合下列规定：

1 收费广场路面宜根据路面板块划分情况分条，隔条施工。铺筑隔条时，应拆除或将两边侧模升到顶。铺筑后的板块部分至滑模摊铺机行驶其上的最短时

间间隔不宜少于 7d。

2 收费广场路面与主线路面等宽部分宜使用滑模摊铺机连续铺筑。收费墩内变宽与加宽边部可使用三滚轴机组铺筑。

7.5 接缝施工

7.5.1 纵向接缝（施工缝或缩缝）均应设置拉杆；承受极重、特重和重交通荷载的普通混凝土面层的所有横向缩缝内必须设置传力杆，中等和轻交通荷载公路的横向缩缝可不设传力杆。纵向和横向接缝设计应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）规定，接缝施工应除应符合本标准要求外，尚应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的相关规定。

7.5.2 高温天气时，切缝应按不啃边或不超过 $250^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 控制，高温期宜采用比常温施工提早切缝的措施，以减少断板。在夜间降温幅度较大时或风雨后，应提早切缝。

7.5.3 缩缝的切缝应根据当地昼夜温差，参照表 7.5.3 选用适宜的切缝方式、时间与深度，切缝时间应以切缝时不啃边为开始切缝的最佳时机，并以铺筑第二天及施工初期无断板为控制原则。

表 7.5.3 当地昼夜温差与伸缩缝适宜切缝方式、时间与深度参考表

昼夜温差 ($^{\circ}\text{C}$)	缩缝切缝方式与时间	缩缝切割深度
<10	硬切缝：切缝时机以切缝时不啃边即可开始，纵缝可略晚于横缝，所有纵、横缩缝最晚切缝时间均不得超过 24h	缝中无拉杆、传力杆时，深度 $1/3 \sim 1/4$ 板厚，最浅 60mm；缝中有拉杆、传力杆时，深度 $1/3 \sim 2/5$ 板厚，最浅 80mm
10~15	软硬结合切缝：每隔 1~2 条提前软切缝，其余用硬切缝补切	硬切缝深度同上。软切深度不应小于 60mm；不足者应硬切补深到 $1/3$ 板厚，已断开的缝不补切
>15	软切缝：抗压强度：1~1.5MPa，人可行走时 软切缝深度不应小于 60mm，未断开的接开始软切。软切缝时间不应超过 6h	软切缝深度不应小于 60mm，未断开的接缝，应硬切补探到 $\geq 2/5$ 板厚

注：当降雨、刮风引起路面温度骤降时，应提早软切缝或硬切缝；三种切缝方式均应冲洗干净切缝泥浆，并恢复原表面养生覆盖措施。

7.5.4 常温施工时填缝料的养生期，低温期宜为 24h，高温期宜 10h。加热施工时填缝料的养生期，低温期宜为 2h，高温期宜为 6h。在灌缝料固化期间应封闭交通。

7.6 饰面及抗滑构造处理

7.6.1 细观纹理的施工应符合下列规定：

1 细观纹理宜在精平后的湿软表面，使用钢支架拖挂 1~3 层叠合麻布、帆布等布片拖出。布片接触路面的长度宜为 0.7~1.5m，细度模数较大的粗砂，接触长度宜取小值；细度模数较小的细砂，接触长度宜取大值。

2 用抹面机修整过较干硬的光面，可采用较硬的竹扫帚扫出细观纹理。

3 已硬化后的光滑表面可采用钢刷刷毛、喷砂打毛、喷钢丸打毛、高压射流等方式制作细观纹理。

7.6.2 水泥混凝土路面抗滑构造的施工方式需根据滑模摊铺的施工速度来选择：

1 摊铺机施工速度 $\geq 1\text{m}/\text{min}$ 时，水泥混凝土路面塑性刻槽宜选用机械化形式。

2 不满足上述条件时，可考虑人工施工方式。

3 当一次摊铺宽度大于 5.5m 时，应选择机械刻槽。

7.6.3 在水平弯道路段、桥面、隧道路面宜使用纵向槽。当组合坡度小于 3% 时，要求减噪的路段可使用纵向槽。组合坡度大于或等于 3% 的纵坡路段，应使用横向槽。

条文说明

本条规定了宏观抗滑构造槽的方向，纵向槽的侧向力系数较大，安全性较高，噪声较小；缺点是在大纵坡路段，摩擦系数略显不足，且明流排水速度较慢。横向槽反之。本规程扩大了纵向槽的应用范围。最大限度地发挥纵、横槽各自优点，提升高速行车安全性。

7.6.4 采用刻槽法制作宏观抗滑构造时，矩形槽槽深宜为 3~4mm，槽宽宜为 3~5mm，槽间距宜为 12~25mm，槽间距宜优先采用 19mm。采用变间距时，槽

间距可在规定尺寸范围内随机调整。

条文说明

本条规定通过对试验路段设计横向槽间距为等间距 25mm、19mm、13mm 及不等间距 28-30-22-31-27-32-28-30-27-33-24-34-29(375/13=28.8mm)、13-17-19-17-13-16-18-20-17-13-24-17-13-17-19-16-15-17-18-20-22-17-16

(390/23=17.1mm) 的横向摩擦系数、60km/h 噪声水平 dB(A)、80km/h 噪声水平 dB(A)测试结果表明, 19mm 槽间距的横向摩擦力系数最高, 其值为 69.6, 而其它组的值在 56.8~64 之间, 19mm 槽间距的 60km/h 噪声水平为 92.15dB, 这与其它组的 91.03~93.0dB 相差不大, 其 80km/h 噪声水平为 97.05dB 相比于其它组的 96.7~97.8dB 相差不大。因此, 从摩擦和抗滑的角度推荐刻槽间距为 19mm 的等间距刻槽。

7.6.5 路面结冰地区, 可采用上宽 6mm、下宽 3mm 的梯形槽或上宽 6mm 的半圆形槽。

7.6.6 各级混凝土表面抗滑技术要求应满足表 7.6.6 指标。

表 7.6.6 各级混凝土表面抗滑技术要求

公路等级路段	高速、一级公路		其他公路
	构造深度 TD (mm)	横向力系数 SFC	构造深度 TD (mm)
一般路段	0.70 ≤ TD ≤ 1.10	≥ 0.50	0.50 ≤ TD ≤ 1.00
特殊路段	0.64 ≤ TD ≤ 1.20	≥ 0.55	0.60 ≤ TD ≤ 1.00

高速、一级公路的特殊路段指立交匝道、平交口、弯道、变速车道、桥面、隧道路面及收费广场等处；
其他公路指急弯、陡坡、交叉口、集镇附近及隧道路面等处。
大纵坡匝道、急弯、陡坡段可将抗滑构造深度提高到 1.5。

7.7 水泥混凝土养生

7.7.1 混凝土软拉构造完成后及时喷洒养生剂，覆盖土工布洒水养生，高温施工需覆盖密目式遮阳网，冬季低温天气施工，采用保温覆盖的养生方式可行，边部拉杆钢筋同样需覆盖。

7.7.2 机制砂混凝土浇筑完成后，应在其收浆后尽快进行保湿养生，并适当延长养生时间，具体最短养生时间参照表 7.7.2 执行。

表 7.7.2 不同气温条件下最短养生龄期参考表 (d)

养生期间日平均气温 (°C)	水泥混凝土、配筋混凝土	钢筋混凝土	隧道内水泥混凝土路面层
5~9	21	24	21
10~19	14	21	14
20~29	10	14	12
30~35	7	10	8

条文说明

相比于普通混凝土路面层，机制砂混凝土养生时间一般延长 2~3d，这是因为当强度达到要求时，混凝土表面耐磨性不一定达到要求，所以养生时间要求较长。

7.7.3 高速公路、一级公路混凝土面层或特殊低温、大风等天气施工时宜采用养护加覆膜养生，养护剂的喷洒宜在表面抗滑纹理做完后即刻进行，养护剂应喷洒均匀，采用的养护剂及其工艺应符合现行《混凝土养护剂》(JC901)的规定。

7.7.4 日平均气温(T)≥20°C时，保湿养生时间≥7d；10°C≤T<20°C时，保湿养生时间≥10d；5°C≤T<10°C时，保湿养生时间≥14d；气温更低时，保湿养生时间还应适当延长。湿养期间，混凝土表面应始终保持润湿状态而不得形成干湿交替。掺有缓凝剂或减水缓凝剂的混凝土，以及掺有大量矿物掺合料的混凝土保湿养生时间不应少于 14d。

7.7.5 机制砂路面混凝土养生期满后应及时填缝，填缝材料应符合《公路水泥混凝土路面接缝材料》(JT/T203)的相关规定；在填缝前必须保持缝内干燥、清洁、防止砂石等杂物掉入缝内。

7.7.6 面层达到设计弯拉强度后，方可开放交通。

7.8 特殊天气条件施工

7.8.1 机制砂水泥混凝土铺筑时，应该了解当月、旬、日天气情况，并制定特殊天气施工的专项方案及应急处理措施。

7.8.2 机制砂水泥混凝土铺筑时遇降雨、降雪、刮风、高温期、寒季等特殊天气时，宜参照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》《JTG/T F30》中的相关施工技术要求进行机制砂水泥混凝土施工。

7.8.3 水泥混凝土面层施工如遇下列天气条件之一者，必须停工，不得强行铺筑：

- 1 现场降雨或下雪。
- 2 风力达到 6 级及 6 级以上的强风天气。
- 3 现场气温高于 40℃，或拌合物摊铺温度高于 35℃。
- 4 摊铺现场连续昼度平均气温低于 0℃或夜间最低气温低于 0℃。

7.8.4 雨期施工时，应采取相应的措施：

- 1 准备足够的防雨棚、塑料布等防雨材料。
- 2 铺筑过程中受阵雨影响的面层应及时覆盖塑料薄膜等防水材料。
- 3 受阵雨冲刷影响的表面，应进行处理或铲除以满足设计要求。

7.8.5 刮风天气施工时，应采取相应的措施：

- 1 加强混凝土粗、细集料的覆盖及其含水率检测频率并根据检测结果在拌和时调节用水量。
- 2 应采取措施对原材料、拌合物、新浇筑混凝土表面进行遮挡、覆盖等。
- 3 应采取防止混凝土面层塑性收缩开裂的措施。

7.8.6 铺筑现场连续 4h 平均气温高于 30℃或日间最高气温高于 35℃ 时，应采取高温期施工的相关技术要求，具体如下：

- 1 施工中应随时检测气温，以及水泥、搅拌水和拌合物温度，监控水泥混凝土面层温度，温度过高时应及时采取措施。
- 2 集料堆应设遮阳篷。搅拌用水宜采用新抽地下水或在水中加冰屑降温。
- 3 应控制混凝土拌合物的出料温度低于 35℃。
- 4 采用洒水覆盖保湿养生时，应控制养生水温与混凝土面层表面的温差不大

于 12℃、与混凝土桥面的温差不大于 10℃。

7.8.7 当铺筑现场连续昼夜平均气温高于 5℃,夜间最低气温在-3℃~-5℃之间时,应采取低温期施工的相关技术要求,具体如下:

- 1 拌合物中宜加入早强剂、防冻剂或促凝剂。
- 2 拌合物出搅拌机的温度不得低于 10℃ 摊铺混凝土温度不得低于 5℃。
- 3 应采取保温保湿覆盖养生的方法进行养生。
- 4 环境温度低于 5℃时禁止对混凝土表面进行直接洒水养生。
- 5 混凝土路面、桥面覆盖保温保湿养生的最短时间不得低于 21 天。

7.8.8 低温期或夏季夜间气温有可能低于零度的高原、山区施工的保温、养生等施工措施可参照《青藏高原地区公路工程水泥混凝土技术规程》(T/CECS G: T52-01-2022) 执行。

征求意见稿

8 质量检验

8.1 机制砂质量检验

8.1.1 机制砂进场检验项目应包括表 8.1.6 中所有项目。

8.1.2 机制砂进场时，应按规定批次进行进场检验，并检查出厂合格证、出厂检验报告及有效期内型式检验报告等质量证明文件。出厂合格证应包括下列内容：

- 1 机制砂类别、等级和生产厂信息。
- 2 批量编号及供货数量。
- 3 出厂检验结果、日期及执行标准编号。
- 4 合格证编号及发放日期。
- 5 检验部门及检验人员签章。

8.1.3 机制砂进场检验应按批进行。组批规则应符合以下要求：

- 1 生产规模日产量 2000t 或 600m³ 以上的，应以同品种、规格、类别的 1000t 或 600m³ 为一检验批。
- 2 生产规模日产量 2000t 或 600m³ 以上的，按同种类、规格、类别及厂家日产量每 600t 或 400m³ 为一批。
- 3 不足上述量者亦作为一批。

8.1.4 机制砂进场检验应按下列规则判定：

- 1 检验及复验后各项性能指标均符合本规定的相应类别规定时，可判定该批产品合格。
- 2 检验中质量指标若有一项不符合本规范的要求时，则应从同一批产品中加倍取样，对不符合要求的项目进行复验。
- 3 复验后，该项指标符合本规范要求时，可判定该批产品合格。仍然不符合本规范的要求时，则该批产品降级使用或判为不合格。

8.1.5 用户对其他指标有要求时，应报告其实测值。进场检验不合格的机制砂不得使用。

8.1.6 机制砂检验取样应符合《建设用砂》GB/T 14684 的规定。机制砂的取样数量和检验方法见表 8.1.6。

表 8.1.6 机制砂检验项目的取样数量及检验方法

序号	检测项目名称	最小取样数量(kg)	检验方法
1	压碎指标	20.0	JTG E42
2	颗粒级配/细度模数	4.4	JTG E42
3	石粉含量	6.0	JTG E42
4	MB 值	6.0	JTG E42
5	泥块含量	20.0	GB/T 14684
6	表观密度	2.6	JTG E42
7	松散堆积密度	5.0	JTG E42
8	坚固性	8.0	JTG E42

8.2 新拌机制砂混凝土质量检验

8.2.1 在生产和施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对新拌机制砂混凝土进行抽样检验，每工作班应至少检验两次。

8.2.2 新拌机制砂混凝土检验频率应为坍落度、扩展度、离析、泌水和粘稠性项目每班至少检验 2 次。坍落度经时损失、凝结时间项目 24 h 检验一次。

8.2.3 公路桥涵新拌机制砂混凝土质量检验应符合 JTG/T F50 的规定。

8.2.4 公路水泥混凝土路面质量检验应符合 JTG F30 的规定。

8.2.5 新拌机制砂混凝土工作性能应满足设计和施工要求，拌合物工作性能以坍落度和扩展度表示。坍落度检验适用于坍落度大于 10mm 的混凝土拌合物，当混凝土拌合物坍落度大于 180mm 时，应同时检验坍落度和扩展度。

8.3 硬化机制砂混凝土质量检验

8.3.1 应对硬化机制砂混凝土进行抽样检验。硬化机制砂混凝土性能检验项目有：力学性能，包括弯拉强度、抗压强度、弹性模量；路用性能，包括耐磨性和抗滑性；耐久性能，包括抗冻性、抗氯盐、抗硫酸盐、碱骨料反应等，具体检测项目应根据耐久性环境条件确定。

8.3.2 硬化机制砂混凝土的力学性能应符合现行的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定。机制砂混凝土力学性能应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081)的规定试验测定，并满足设计的要求。

8.3.3 硬化机制砂混凝土的弯拉强度应满足本标准第 5.2 条规定。

8.3.4 硬化机制砂混凝土的路用性能应满足本标准第 5.3 条规定。

8.3.5 硬化机制砂混凝土的耐久性应符合设计要求；当设计无要求时，硬化机制砂混凝土耐久性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》(GB 50164)的规定。机制砂混凝土耐久性能应按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082)的规定试验测定，并满足设计要求。

8.3.6 硬化机制砂混凝土的耐久性宜满足表 8.3.6 中技术要求。

表 8.3.6 硬化机制砂混凝土耐久性技术指标

耐久性项目	技术要求
抗冻性	≥F200
氯离子渗透	56d 龄期的 6h 总导电量≤1000 或 28d 龄期氯离子扩散系数 (RCM 法) ≤4.0×10 ⁻¹² cm ² /s
抗硫酸盐 (5% Na ₂ SO ₄ 干湿循环)	≥150 次
碱骨料反应	C30 以上混凝土原则上不得采用碱活性骨料；C30 以下混凝土应采取抑制措施或限制使用。

8.3.7 硬化混凝土长期性能检验在确定配合比时制作试件。耐久性检验按设计提出要求的项目进行检验，在确定配合比时每个检验项目至少进行一组试验。

8.3.8 在施工过程中，同配合比连续生产浇筑的混凝土每个耐久性检验项目至少进行一组试验，同配合比非连续生产浇筑的混凝土每 300m³ 或不足 300m³ 的每个重要结构及构件每个项目至少进行一组试验。

附录 A 公路路面机制砂混凝土滑模施工工艺流程图

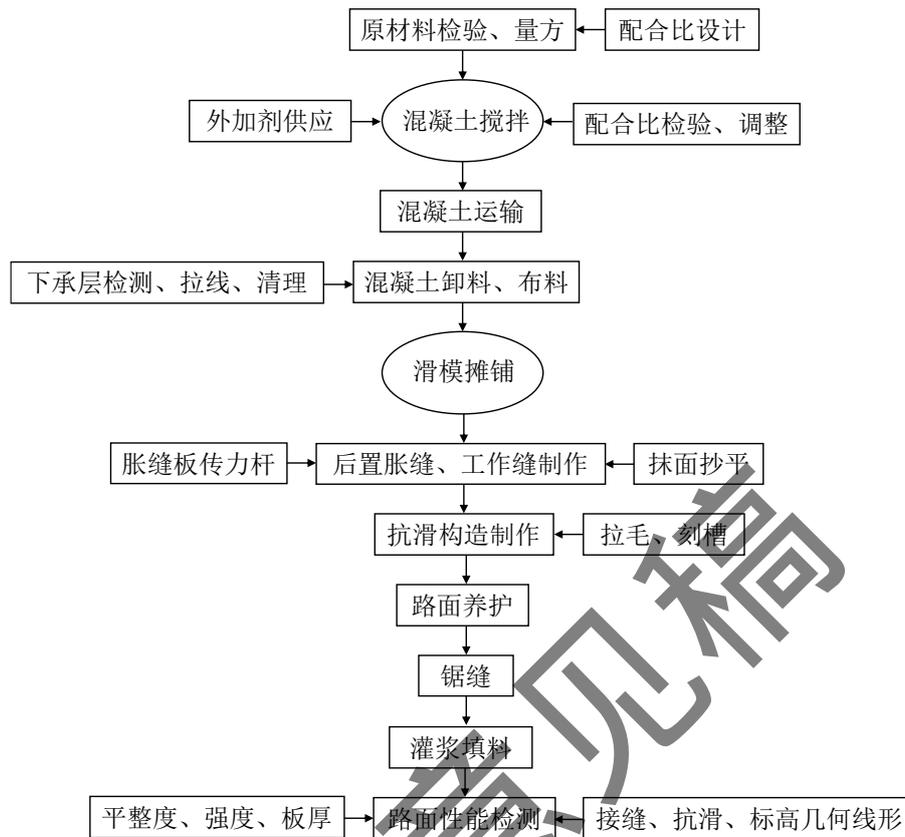


图 A.1 公路路面机制砂混凝土滑模施工工艺流程图示例

附录 B 混凝土砂浆厚度检测方法

B.1 仪器设备

混凝土砂浆厚度测定仪：由一个底部为坡口的外环刀（外径 80mm、内径 75mm、壁厚 2.5mm、高 70mm、刀口高度 6.5mm）和一个轻质带底的内环筒（外径 74mm、内径 71mm、壁厚 1.5mm、高 100mm）组成，其精度为 0.1mm。外环刀和内环筒均采用不锈钢材质。如图 B.1 所示。

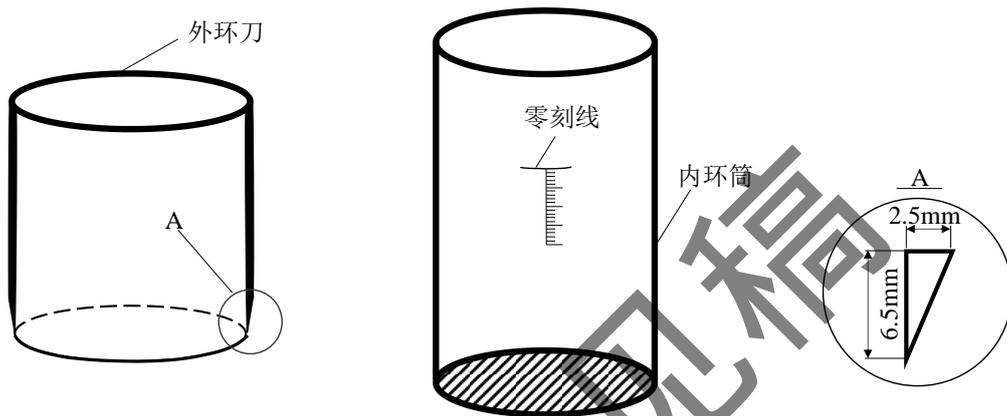


图 B.1 混凝土砂浆厚度测定仪器

B.2 试验步骤

B.2.1 测试位置的选定，经面层施工振捣、整平提浆、精平抹面后，在摊铺面层中间位置或在距离边角不少于 100mm 位置。

B.2.2 将混凝土砂浆厚度测定仪外环刀和内环筒用水湿润，将外环刀套住内环筒放在水平的平板上，此时外环刀的顶部应在内环筒的零刻线处。如果不在零刻线处，记录初始读书位置。

B.2.3 测试时，先将外环刀的坡口朝下，套住内环筒，将其轻轻放置在提浆后的道面板上，外环刀依靠自重坡口部位沉入水泥浆内，轻质带底的内环筒沉入水泥浆的深度小，可忽略不计。在内环筒上标有相应的刻度，稳定后依靠内环筒上的刻度可进行读数，读数至 0.1mm，测定表面砂浆层厚度，相邻近位置在测定两次。

B.3 试验结果

试验结果以三次平行试验的平均值为准，平均值精确至 0.1mm。单次测量数据与平均值相差超过 1.5mm 时，应剔除该次数据重测并重新计算平均值。

本规程用词用语说明

1 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”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”；
- 3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。