



T/CECS G XXXX: 20××

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

道路工程高性能水泥及混凝土技术
规程（征求意见稿）

Technical Specification of High Performance Cement and
Concrete for Road Engineering（Draft）

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

征询意见稿

中国工程建设协会标准

道路工程高性能水泥及混凝土技术规程
(征求意见稿)

Technical Specification of High Performance Cement and
Concrete for Road Engineering (Draft)

T/CECS G:

主编单位：中关村中科公路养护产业技术创新联盟

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：2020 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

目 录

1 总则	1
2 规范性引用文件	1
3 术语及定义	2
3.1 道路工程高性能水泥	2
3.2 道路工程高性能水泥混凝土	2
4 道路工程高性能水泥	2
4.1 道路工程高性能水泥原材料	2
4.2 道路工程高性能水泥强度等级	4
4.3 技术指标	4
4.4 试验检测方法	5
4.5 检验规则	6
4.6 包装、标志、运输与贮存	6
5 道路工程高性能水泥混凝土技术要求	6
5.1 强度等级与集料参数	6
5.2 集料级配范围	7
5.3 配合比设计	8
5.4 耐久性要求	10
5.5 道路工程高性能水泥混凝土路面弯拉强度要求	11
5.6 道路工程高性能水泥混凝土路面质量控制与检查项目	11
6 道路工程高性能水泥稳定基层技术要求	11
6.1 强度等级	11
6.2 集料物理指标	12
6.3 合成级配	13
6.4 耐久性要求	13

6.5 道路工程高性能水泥稳定基层质量控制与检查项目	13
----------------------------------	----

征询意见稿

1 总则

- 1.1 为适应我国公路建设需求，规范道路工程高性能水泥及高含泥量集料混凝土产品质量，便于工程应用，特制定本技术规程。
- 1.2 道路工程高性能水泥出厂应按本规程规定进行质量检测，不合格不得使用。
- 1.3 道路工程高性能水泥混凝土集料含泥量应在本规程规定强度等级范围内，应采用性能稳定的集料和混凝土配合比。
- 1.4 在符合国家环境和生态保护的规定下，应积极利用技术可靠、经济合理的新型胶凝材料加强高含泥量集料在混凝土工程中的应用。
- 1.5 在工程应用中，应注重节约用地，减少能源和材料消耗，保护水土环境。
- 1.6 本标准使用的仪器设备，均应该经相应的计量部门或检测机构检定合格。
- 1.7 计量单位应采用国家法定计量单位。
- 1.8 现行相关标准的内容通过在本标准中引用而构成本标准的条文。

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。凡是注日期的应用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的应用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T176 水泥化学分析方法

GB/T203 用于水泥中的粒化高炉矿渣

GB/T750 水泥压蒸安定性试验方法

GB/T1345 水泥细度检验方法（筛析法）

GB/T1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

GB/T1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T2419 水泥胶砂流动度测定方法

GB/T2847 用于水泥中的火山灰质混合材料

GB/T5483 石膏和硬石膏

GB/T8074 水泥比表面积测定方法（勃氏法）

GB9774 水泥包装袋

GB12573 水泥取样方法
GB/T12960 水泥组分的定量测定
GB/T17671 水泥胶砂强度检验方法
GB/T18046 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
JC/T420 水泥原料中氯离子的化学分析方法
JC/T667 水泥助磨剂
JC/T742 掺入水泥中的回转窑窑灰
JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG F20 公路路面基层施工技术细则
JTG/TF30 水泥混凝土路面施工技术细则

3 术语及定义

3.1 道路工程高性能水泥 **high performance cement for road engineering**

由熟料、填充料、适量改性剂磨细制成的加入适量的水，在常温下能够激发集料中细颗粒物（0.075mm 以下）进行胶凝反应的复合胶凝工程材料。

3.2 道路工程高性能水泥混凝土 **high performance cement concrete for road engineering**

道路工程高性能水泥与含泥量 $\leq 20\%$ 并有一定级配的集料，在一定水灰比或水泥剂量，拌合形成具有施工和易性且符合不同强度等级的混凝土。

4 道路工程高性能水泥

4.1 道路工程高性能水泥原材料

4.1.1 通用原材料

熟料、混合料、石膏技术要求参照《通用硅酸盐水泥标准》（GB-175）普通硅酸盐水泥指标执行。

条文说明

在《通用硅酸盐水泥标准》（GB-175）中对六类硅酸盐水泥组分做了规定，

以熟料和石膏为主要材料，混合料是在水泥种类满足强度要求的情况下增加水泥经济价值为目的加入的材料，与熟料相比活性较低或没有活性。道路工程高性能水泥是在普通硅酸盐水泥中加入适量添加剂，以改善集料中细颗粒物（0.075mm 以下）对强度的影响。因此，将熟料、混合料、石膏作为道路工程高性能水泥的通用原材料，并按普通硅酸盐水泥技术要求进行控制，保证道路工程高性能水泥水化反应强度的形成。

4.1.2 道路工程高性能水泥改性剂

由多种无机物复配组成，主要成分为金属氧化物和氢氧化物，改性剂化学指标符合表 4.1 的要求。

表 4.1 改性剂化学指标 单位：%

检测内容	指标	检测内容	指标
水溶性铬（V1）	≤3%	氯离子	≤0.06%
MgO	≤3%	碱含量(包括 Na ₂ O 和 K ₂ O)	≤0.6%
f-CaO (游离氧化钙)	≤1.5%	密度	0.8g/cm ³
SO ₃	≤1.5%	外观	红褐色（有色无味、无毒，无机材料）

条文说明

目前高性能水泥种类繁多，基本以增加强度或改善施工和易性为主。道路工程高性能水泥所用改性剂主要针对集料中含泥量对水泥石-集料界面强度的影响。改性剂中主要成分为活性金属氧化物和氢氧化物，活性金属氧化物中含有镁离子、铝离子、铁离子、钙离子和硅离子，氢氧化物以强碱为主。在活性金属氧化物和氢氧化物的作用下，可激发细颗粒物（0.075mm 以下）中潜在的硅基、铝基和钙基成分，使其参与水化反应，形成水化硅酸钙和水化铝酸钙，增加胶凝物质。改性剂化学指标参照 GB/T176 水泥化学分析方法中对有害物及影响结构稳定化学成分进行限定，其中水溶性铬是参照 GB31893 水泥中水溶性铬的限量及测定方法进行限定。

4.2 道路工程高性能水泥强度等级

道路工程高性能水泥强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R 四个等级。

4.3 技术指标

4.3.1 化学指标

道路工程高性能水泥化学指标应符合表 4.2 的规定。

表 4.2 道路工程高性能水泥化学指标

单位：%

项目	烧失量	SO ₃	MgO	Cl ⁻	f-CaO
技术指标	≤5.0	≤3.5	≤5.0	≤0.06	≤2

条文说明

表 4.2 中前 4 项指标为普通硅酸盐水泥物理化学指标，水泥中 f-CaO 主要来源为熟料烧制和后期加入石膏、混合料，其中熟料在高温烧制过程中 f-CaO 含量较高，在《水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/TF30）中要求熟料中 f-CaO 含量≤1.8%。在石膏和混合料中存在少量的 f-CaO，并且 f-CaO 含量对结构稳定性有直接影响，造成结构崩裂，降低水泥混凝土的寿命。表 4.2 中对 f-CaO 指标作出规定，提高混凝土结构体积稳定性。

4.3.2 物理指标

4.3.2.1 凝结时间

道路工程高性能水泥初凝不小于 45min，终凝不大于 600min。

4.3.2.2 强度

不同龄期强度应符合表 4.3 的规定

表 4.3 道路工程高性能水泥强度指标

单位：Mpa

强度等级	抗压强度		抗折强度	
	3d	28d	3d	28d
42.5	≥17.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
42.5R	≥22.0		≥4.0	

52.5	≥ 23.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
52.5R	≥ 27.0		≥ 5.0	

4.3.2.3 安定性

沸煮法或雷氏夹法合格

4.3.2.4 细度

道路工程高性能水泥以比表面积表示，不小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ；以筛余表示， $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 10% 或 $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 30%。

4.4 试验检测方法

4.4.1 试验指标及方法

标准稠度用水量、凝结时间和安定性按 GB/T 1346 进行试验。强度按 GB/T 17671 要求进行试验。细度用比表面积指标进行控制，按 GB/T 8074 进行试验。

4.4.2 水泥活性指数

采用风积沙按 GB/T 17671-1999 测定的试验胶砂和对比胶砂的抗压强度，以二者抗压强度之比确定，风积沙采用 0.075mm 筛孔以下颗粒，试验用量参照表 4.4。

表 4.4 水泥活性指数试验用量

胶砂种类	水泥/g	砂/g	水/g
对比胶砂	450	1350 (标准砂)	225
试验胶砂	450	1350 (标准砂 1080g, 风积沙 270g)	225

注：试验所用水泥为道路工程高性能水泥，

将对比胶砂和试验胶砂分别按 GB/T 17671 规定进行搅拌、试件成型和养护。试件养护至 28 天，按 GB/T 17671 规定分别测定对比胶砂和试验胶砂的抗压度， $H_{28} \geq 1$ 。

结果计算：

$$H_{28} = (R/R_0) \times 100 \quad \text{式 (4.4.2-1)}$$

式中： H_{28} —活性指数（%）；

R —试验胶砂 28d 抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

R_0 —对比胶砂 28d 抗压强度，单位为兆帕（MPa）。

条文说明

标准砂粒径为 0.08-2mm，含泥量要求不得超过 0.2%。风积沙较标准砂粒径较细，分布于 0.6-0.075mm，颗粒主要集中于 0.3-0.15mm，且 0.075mm 以下颗粒物较标准砂更多。表 4.4 中风积沙用量 270g 为标准砂的 20%，采用风积沙进行水泥胶砂对比试验，在强度结果上可较为直观的体现道路工程高性能水泥的胶凝固化作用，改善含泥量对水化胶凝作用的负面影响。

4.5 检验规则

检验结果符合本标准 6.1、6.2.1、6.2.2、6.2.3 条为合格品，若其中一项不符合则为不合格品。检验批次、取样数量参照《通用硅酸盐水泥标准》（GB-175）中检验规则执行。

4.6 包装、运输与贮存

参照《通用硅酸盐水泥标准》（GB-175）中包装、运输与贮存执行。

5 道路工程高性能水泥混凝土技术要求

5.1 强度等级与集料参数

道路工程高性能水泥混凝土应用高含泥量（ $\leq 20\%$ ）集料，加水拌合后形成具有一定强度等级和施工和易性的混凝土，强度等级和集料物理指标见表 5.1。

表 5.1 道路高性能水泥混凝土强度等级与集料物理指标

道路高性能水泥混凝土强度	C30	<C30
集料技术等级	I 级	II 级
集料技术要求		
压碎值（%）<	25	30
含泥量（%）<	15	20
有机物含量（比色法）	合格	合格

坚固性 (%) <	8	8
塑性指数 ≤	17	
硫化物及硫酸盐含量 (%) ≤	1.0	

条文说明

道路工程高性能水泥在常温下可直接胶结集料细颗粒物（小于 0.075mm 颗粒成分）或可与细颗粒物中矿物反应生成胶凝物质。在改性剂的碱性激发下，细颗粒物中的铝、硅基成分共同参与水化反应，形成新的水化硅酸钙和水化铝酸钙产物，改善细颗粒物（含泥量）对水泥石-集料-水泥石黏结强度的影响，形成连续、均匀、密实的混凝土结构。根据强度等级含泥量指标需符合表 5.1 中的规定。

5.2 集料级配范围

5.2.1 道路工程高性能水泥混凝土集料合成级配应符合表5.2的要求，且最大公称粒径不大于53mm。

表5.2道路工程高性能水泥混凝土集料合成级配

筛孔 (mm)	53	37.5	31.5	19	9.5	4.75	0.6	0.075
通过率 (%)	100	80~100	70~95	50~80	35~65	25~45	10~25	0~20

注：当天然砂砾级配波动较大时需分档掺配使用

条文说明

《水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/TF30) 中对粗集料合成级配、粗集料单粒径级配及细集料按细度模数对粒径级配做了要求，道路工程高性能水泥利用其特性，在级配范围上参照水稳基层级配方式，将粗、细集料合成使用。

道路工程高性能水泥作用机理为改善细颗粒物（小于0.075mm以下成分）对水化胶凝过程中的影响，抑制细颗粒物在水泥石-集料-水泥石之间形成的薄弱界面，增强界面黏结力。在界面强度得以提高的前提下，经过试验及工程应用，在适当放宽最大粒径和级配范围的情况，道路工程高性能水泥混凝土强度

可达到设计强度标准。在调研过程中，符合表5.2中的级配和表5.1集料要求，按表5.3中水灰比和水泥用量，利用道路工程高性能水泥均可达到C30、C25和C20强度不等的混凝土。在天然砂砾自身级配良好条件下，可直接用于拌制混凝土。若天然砂砾原始级配分布不均，可将其分档按表5.2级配规定掺配使用。

5.2.2当天然砂砾4.75mm以下细集料较少或断档时，可掺配25~35%风积沙，合成级配需符合表5.2的规定。

条文说明

在我国西北地区风积沙资源丰富，并且天然砂砾级配具有一定波动性，当天然砂砾4.75mm以下细集料断档或分布较少时，在保障施工和易性的前提下掺配25~35%风积沙替代0~5mm集料，强度可达到C30等级。同时，风积沙价格低廉，在保证质量的前提下具有加大经济效益。

5.3 配合比设计

5.3.1道路工程高性能水泥混凝土最大水灰（胶）比和最小单位水泥用量应符合表5.3的规定，最大单位水泥用量不宜大于420kg/m³。

表5.3各强度等级最大水灰（胶）比和最小单位水泥用量

强度等级	C30	C25	≤C20
最大水灰（胶）比	0.5	0.5	0.5
有抗冰冻要求时最大水灰（胶）比	0.46	0.48	0.48
有抗盐冻要求时最大水灰（胶）比	0.44	0.46	0.46
最小单位水泥用量（kg/m ³ ）	350	280	230
有抗冰冻、抗盐冻要求时最小单位水泥用量（kg/m ³ ）	360	300	250

条文说明

表5.3中不同强度等级的最大水灰（胶）比与常规水泥混凝土最大水灰（胶）比略大0.06~0.02，这与集料中含泥量有关。常规水泥混凝土集料中粗、细集料含泥量累计要求含泥量不大于5%，而道路工程高性能水泥混凝土中集料

含泥量是常规水泥混凝土3倍左右，且0.075mm以下颗粒物（含泥量）比表面积大，在混凝土拌合中需水量要大于一般混凝土。表5.3中规定了最大水灰（胶）比，当道路工程高性能水泥混凝土最大水灰（胶）比无法满足表5.3规定时，需用高效减水剂降低用水量，不得以加水方式提高施工和易性。在大水灰比下，在水化反应完成后还存在大量自由水，这部分水会包裹水泥浆体，造成胶凝物质的断链，影响强度。同时，在后期多于的自由水蒸发会在混凝土结构内部留下较多孔洞，这些孔洞对混凝土长期使用性能有严重影响，尤其有冻融和盐蚀的区域。道路工程高性能水泥混凝土中集料含泥量虽大，但在水灰比上应严格控制，需符合表5.3中的规定。

5.3.2当采用经验法时，按以下方法执行：

1. 集料用量可采用密度法或体积法进行计算。采用密度法是，混凝土表观密度取值2400~2450 kg/m³。

2. 在水灰比计算中根据碎石或卵石类型分别按式5.3.2-1和5.3.2-2进行计算。

碎石或破碎卵石混凝土

$$W/C = \frac{1.5684}{f_c + 1.0097 - 0.3595f_e} \quad \text{式5.3.2-1}$$

卵石混凝土

$$W/C = \frac{1.2618}{f_c + 1.5492 - 0.4709f_e} \quad \text{式5.3.2-2}$$

式中：W/C—水灰比；

f_e —水泥实测28d抗折强度（MPa）；

f_c —水泥混凝土配制28d弯拉强度的均值（MPa），该指标参照JTG/T F30中式4.2.2方法确定。

3. 道路工程高性能水泥混凝土砂率按表5.2中4.75mm筛孔通过率进行控制，当合成级配中该筛孔不满足要求时，需分档掺配使用。

4. 单位用水量根据集料和坍落度要求，以经验公式5.3.2-3和公式5.3.2-4

进行计算。当计算单位用水量大于175 kg/m³时，应通过使用减水剂降低单位用水量。

碎石或破碎砾石

$$W_0 = 104.97 + 0.309S_L + 11.27 C/W + 0.61S_p \quad \text{式5.3.2-3}$$

卵石

$$W_0 = 86.89 + 0.370S_L + 11.24 C/W + 1.00S_p \quad \text{式5.3.2-4}$$

式中：W₀-单位用水量 (kg/m³)；

S_L-坍落度 (mm)

S_P-砂率 (%)。

5. 单位水泥用量根据公式5.3.2-5计算，当计算结果小于表5.3规定值时，按表5.3取值。

$$C_0 = \frac{c}{w} W_0 \quad \text{式5.3.2-5}$$

式中：C₀-单位水泥用量 (kg/m³)。

条文说明

砂率是指导水泥混凝土施工和易性的重要指标，道路工程高性能水泥混凝土的集料为天然砂砾，粗、细集料按照天然砂砾原状级配合成使用。通过筛分以4.75mm筛孔界定粗、细集料，并以4.75mm筛孔通过率作为砂率（S_P）的控制指标，砂率范围需符合表5.2中4.75mm筛孔通过率的规定，保证混凝土的施工和易性。

5.4 耐久性要求

以道路高性能水泥混凝土抗冻性和抗硫酸盐侵蚀性评价其耐久性，耐久性指标满足表5.4要求。

表5.4道路高性能水泥混凝土耐久性要求

道路高性能水泥混凝土 耐久性指标	C30	<C30	试验方法
抗冻性（快冻法）	冻融次数不少于200次（加适量引气剂）		JTG E30 T06556

抗硫酸盐侵蚀	干湿循环30次后质量损失不少于1.0kg/m ²	JTGT F30 附录C
--------	-------------------------------------	--------------

条文说明

根据道路高性能水泥混凝土所用集料和普通混凝土的差异，结合特殊气候区域、地质环境对混凝土使用性能的要求，需符合表 5.4 中的规定，在不符合时需加入引气剂，提高抗冻性能。

5.5 道路工程高性能水泥混凝土路面弯拉强度要求

道路高性能水泥混凝土路面弯拉强度以28d龄期的弯拉强度控制，各交通等级的道路高性能水泥混凝土路面弯拉强度标准满足表5.5的要求。

表5.5道路高性能水泥混凝土路面弯拉强度要求

交通等级	特重	重	中等	轻
道路高性能水泥混凝土路面弯拉强度 (MPa)	≥5.5	≥5.0	≥4.5	≥4.0

5.6 道路工程高性能水泥混凝土路面质量控制与检查项目

道路高性能水泥混凝土路面质量控制与检查项目参照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30-2014)中水泥混凝土路面施工质量控制与检查项目，详见《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30-2014)表13.2.1、表13.2.3、表13.2.4。

6 道路工程高性能水泥稳定基层技术要求

6.1 强度等级

6.1.1道路工程高性能水泥稳定基层7d无侧限抗压强度标准R_d应符合表6.1的规定。

表 6.1 道路工程高性能水泥稳定基层 7d 无侧限抗压强度标准

公路等级 层位	二级和二级以下公路	高速公路和一级公路
	基 层 (MPa)	
	2~6	3~7

底基层 (MPa)	1~4.5	2~5
-----------	-------	-----

6.1.2 道路工程高性能水泥稳定基层水泥用量不大于 6%，当强度要求较高时，宜采取控制原材料技术指标和优化级配设计进行调整，不宜单纯通过增加水泥剂量来提高强度。

6.2 集料物理指标

6.2.1 粗集料

道路工程高性能水泥稳定基层粗集料可采用各种硬质岩石或砾石加工成的碎石，也可直接采用天然砾石。粗集料应符合表6.2中 I 类规定，用作级配碎石粗集料应符合表6.2中 II 类规定。试验方法采用《公路路面基层施工技术细则》(JTGT F20-2015) 中的相关规定。

表6.2道路工程高性能水泥稳定基层粗集料技术指标

指标	层位	高速公路和一级公路				二级及二级以下公路		试验方法
		极重、特重交通		重、中、轻交通				
		I 类	II 类	I 类	II 类	I 类	II 类	
压碎值（%）	基层	≤22	≤22	≤26	≤26	≤35	≤30	T 0316
	底基层	≤30	≤26	≤30	≤26	≤40	≤35	
针片状颗粒含量（%）	基层	≤18	≤18	≤22	≤18	—	≤20	T 0312
	底基层	—	≤20	—	≤20	—	≤20	
含泥量（%）	基层	≤2	≤2	≤3	≤3	≤5	≤5	T 0310
	底基层							

6.2.2 细集料

细集料技术指标应符合表 6.3 的规定

表 6.3 道路工程高性能水泥稳定基层细集料技术指标

序号	试验项目	规范要求	
		高速公路和一级公路	二级和二级以下公路
1	塑性指数	≤ 17	

2	有机质含量 (%)	<2
3	硫酸盐含量 (%)	≤0.25
4	含泥量 (%)	≤20

条文说明

在《公路路面基层施工技术细则》(JTGT F20)中细集料 0.075mm 最大通过率范围 0~20,即细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 20%,本规程沿用该规定,要求细集料含泥量不大于 20%。

6.3 合成级配

道路工程高性能水泥稳定基层合成级配应符合表6.4的要求,且最大公称粒径不大于53mm。

表 6.4 道路工程高性能水泥稳定基层合成级配范围

层位	通过下列筛孔 (mm) 的重量百分率 (%)								
	53	37.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	0.6	0.075
基层	100	80~100	75~90	60~85	50~70	40~65	30~50	10~20	3~25
底基层									

注:当天然砂砾波动较大时需分档掺配使用

6.4 耐久性要求

道路工程高性能水泥稳定基层耐久性需满足《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51-2009)中 T0858 的试验要求。

6.5 道路工程高性能水泥稳定基层质量控制与检查项目

道路工程高性能水泥稳定基层质量控制与检查项目参照《公路路面基层施工技术细则》(JTGT F20-2015)中表 8.2.3、表 8.2.4、表 8.2.9、表 8.4.2、表 8.4.5、表 8.5.6 的规定。