

DL/T 5100—2014
代替 DL/T 5100—1999

ICS 27.140
P 59
备案号: J1754—2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5100—2014

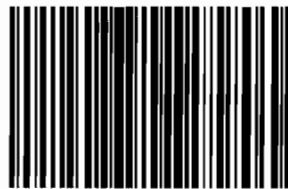
代替 DL/T 5100—1999

水工混凝土外加剂技术规程

Technical code for chemical admixtures for
hydraulic concrete



关注我,关注更多好书



155123.2116

定价: 14.00 元

上架建议: 规程规范/
水利水电工程/水利水电施工

2014-03-18 发布

2014-08-01 实施

国家能源局 发布

前 言

本规程根据《国家能源局关于下达 2009 年第一批行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2009〕163 号）的要求，对 DL/T 5100—1999《水工混凝土外加剂技术规程》进行修订。

本规程修订过程中，编制组经过广泛调查研究，总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本规程共分 5 章，主要技术内容包括总则、术语和符号、品质要求、品质检验试验、工程应用要求。

本次修订的主要技术内容包括：

- 增加高性能减水剂、早强剂和非碱性速凝剂的品质要求和试验方法。
- 增加部分产品的坍落度和含气量 1h 经时变化指标。
- 删除高温缓凝剂、引气减水剂。
- 将外加剂检验用基准水泥改为工程实际使用的水泥。
- 删除关于对钢筋锈蚀作用的要求，改为在匀质性指标中控制氯离子含量。
- 将高性能减水剂、高效减水剂和普通减水剂划分为早强、标准、缓凝等不同类型。
- 调整部分匀质性指标，明确不溶物含量检测方法。

本规程由中国电力企业联合会提出。

本规程由电力行业水电施工标准化技术委员会归口。

本规程主编单位：南京水利科学研究院。

本规程参编单位：中国水利水电科学研究院、长江科学院、中国水电顾问集团成都勘测设计研究院、中国长江三峡集团公司、中国水利水电第七工程局有限公司、南京瑞迪高新技术有限

中华人民共和国电力行业标准 水工混凝土外加剂技术规程

Technical code for chemical admixtures for

hydraulic concrete

DL/T 5100 — 2014

代替 DL/T 5100 — 1999

*

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2014 年 12 月第一版 2014 年 12 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 1.625 印张 38 千字

印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123·2116 定价 14.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

公司、石家庄市长安育才建材有限公司。

本规程主要起草人：蔡跃波、丁建彤、纪国晋、陈霞、李光伟、李文伟、吴勇、黄国泓、张燕迟、鹿立云、钱文勋、祝烨然、王进春。

本规程主要审查人：梅锦煜、许松林、楚跃先、汪毅、方坤河、张建华、何金荣、孙来成、谭恺炎、康明华、林志重、郑桂斌、谢凯军、陈文耀、施正友、叶明、涂怀建、伍一、钟彦祥、李秋生、朱镜芳、何小雄、吴秀荣。

本规程代替 DL/T 5100—1999。

DL/T 5100 于 1999 年首次发布，本次为第一次修订。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

目 次

前言	I
1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 品质要求	5
3.1 掺外加剂混凝土的性能	5
3.2 外加剂产品的匀质性	8
4 品质检验试验	10
4.1 试验原材料和配合比、混凝土拌和、试件制作	10
4.2 混凝土拌和物性能	13
4.3 硬化混凝土性能	15
4.4 外加剂的匀质性检验	18
5 工程应用要求	20
5.1 外加剂的选择	20
5.2 外加剂的掺用	20
5.3 外加剂的检验	21
5.4 产品说明书、包装、贮存及验货	21
附录 A 水下不分散混凝土抗压强度试件的制作方法	23
附录 B 水下不分散混凝土的抗分散性测定方法	25
本规程用词说明	29
引用标准名录	30
附：条文说明	31

Contents

Foreword	I
1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	3
3 Quality Requirements	5
3.1 Properties of Concrete with Admixtures	5
3.2 Uniformity of Admixtures	8
4 Quality Test Methods	10
4.1 Requirements for Raw Materials and Mixture Proportions, Mixing and Sampling of Concrete	10
4.2 Properties of Concrete Mixture	13
4.3 Properties of Hardened Concrete	15
4.4 Uniformity of Admixtures	18
5 Requirements for Use of Admixtures	20
5.1 Selection of Admixtures	20
5.2 Dosage of Admixtures	20
5.3 Quality Inspection of Admixtures	21
5.4 Product Descriptions, Packaging, Storage and Acceptance	21
Appendix A Method for Preparation of Compressive Strength Test Specimens of Anti-washout Concrete	23
Appendix B Test Method for Properties of Washout Resistance of Anti-washout Concrete under Water	25
Explanation of Wording in this Code	29
List of Quoted Standards	30
Addition: Explanation of Provisions	31

1 总 则

1.0.1 为控制水工混凝土外加剂产品质量、加强掺外加剂混凝土的质量管理、规范试验方法，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水工混凝土中使用的高性能减水剂、高效减水剂、普通减水剂、引气剂、泵送剂、早强剂、缓凝剂、速凝剂、防冻剂、抗分散剂。

1.0.3 本规程规定了水工混凝土外加剂和掺外加剂混凝土的品质要求、品质检验和工程应用要求等内容。

1.0.4 水工混凝土外加剂除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

- 2.1.1 高性能减水剂** high performance water reducing admixture
减水率不小于 25%，且比高效减水剂具有更好的坍落度保持性能、较小干燥收缩的减水剂。
- 2.1.2 高效减水剂** high range water reducing admixture
在混凝土坍落度基本相同的情况下，能使拌和用水量减少 15% 以上的外加剂。
- 2.1.3 普通减水剂** normal water reducing admixture
在混凝土坍落度基本不变的情况下，能使拌和用水量减少 8% 以上的外加剂。
- 2.1.4 引气剂** air entraining admixture
在混凝土搅拌过程中能引入大量均匀分布、稳定而封闭的微小气泡，以改善混凝土的和易性、提高混凝土耐久性的外加剂。
- 2.1.5 泵送剂** pumping aid
能改善混凝土拌和物泵送性能的外加剂。
- 2.1.6 早强剂** hardening accelerating admixture
能促进混凝土硬化、提高混凝土早期强度的外加剂。
- 2.1.7 缓凝剂** set retarding admixture
能延长混凝土凝结时间的外加剂。
- 2.1.8 速凝剂** sprayed concrete set accelerating admixture
用于喷射混凝土中、能使混凝土迅速凝结硬化的外加剂。

- 2.1.9 非碱性速凝剂** non-alkaline sprayed concrete set accelerating admixture

当量 Na_2O 含量不大于 1.0% 的速凝剂。

- 2.1.10 防冻剂** anti-freezing admixture
能使混凝土在负温下硬化，并在规定养护条件下达到预期性能的外加剂。
- 2.1.11 抗分散剂** anti-washout admixture
能使混凝土具有黏稠性、显著减少混凝土在水下浇灌施工时的水泥浆流失和骨料离析的外加剂。
- 2.1.12 基准混凝土** reference concrete
按照 4.1 配制的不掺外加剂的混凝土。
- 2.1.13 受检混凝土** test concrete
按照 4.1 配制的掺外加剂的混凝土。
- 2.1.14 相对耐久性** relative durability
受检混凝土经快速冻融循环 200 次后的相对动弹性模量，单位为 %。
- 2.1.15 抗分散性** washout resistance
掺抗分散剂的受检混凝土在水中成型时抗浆体流失的能力。
- 2.1.16 水陆强度比** underwater/in-air strength ratio
水中成型的受检混凝土与空气中成型的受检混凝土抗压强度之比，单位为 %。

2.2 符 号

- R_{28} ——受检混凝土与基准混凝土标养 28d 抗压强度之比，单位为 %；
- R_{-7} ——受检负温混凝土负温养护 7d 的抗压强度与基准混凝土标养 28d 抗压强度之比，单位为 %；
- R_{-7+28} ——受检负温混凝土负温养护 7d 再转标准养护 28d 的抗压强度与基准混凝土标养 28d 抗压强度之比，单

位为%;

R_{-7+56} ——受检负温混凝土负温养护 7d 再转标准养护 56d 的抗压强度与基准混凝土标养 28d 抗压强度之比,单位为%。

3 品 质 要 求

3.1 掺外加剂混凝土的性能

3.1.1 掺高性能减水剂、高效减水剂、普通减水剂、引气剂、泵送剂、早强剂和缓凝剂的混凝土性能应符合表 3.1.1 的要求。

表 3.1.1 掺常用外加剂混凝土的性能要求

项目		外加剂品种											
		高性能减水剂			高效减水剂		普通减水剂			引气剂	泵送剂	早强剂	缓凝剂
		早强型	标准型	缓凝型	标准型	缓凝型	早强型	标准型	缓凝型				
减水率, 不小于 (%)		25	25	25	15	15	8	8	8	6	15		
泌水率比, 不大于 (%)		50	60	70	90	100	95	95	100	70	70	100	100
含气量 (%)		≤2.5			<3.0	<3.0	≤2.5	≤2.5	≤3.0	4.5 ~ 5.5	≤4.5	—	<2.5
凝结时间之差 (min)	初凝	-90 ~ +90	-90 ~ +120	>+90	-60 ~ +90	≥+120	≤+30	0 ~ +90	≥+90	-90 ~ +120	≥+120	-90 ~ +30	≥+210
	终凝			—			≤0					—	
1h 经时变化量	坍落度 (mm)	—	≤80	≤60						—	≤60		
	含气量 (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.5 ~ +1.5	—	—	

续表 3.1.1

项目		外加剂品种											
		高性能减水剂			高效减水剂		普通减水剂			引气剂	泵送剂	早强剂	缓凝剂
		早强型	标准型	缓凝型	标准型	缓凝型	早强型	标准型	缓凝型				
抗压强度比, 不小于 (%)	1d	180	170	—	140	—	135	—	—	—	—	135	—
	3d	170	160	—	130	125	130	115	90	90	—	130	90
	7d	145	150	140	125	125	115	115	110	90	115	110	95
	28d	130	140	130	120	120	105	110	110	85	110	100	105
收缩率比, 不大于 (%)	28d	110	110	110	125	125	125	125	125	125	125	125	125
相对耐久性, 不小于 (%)		—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—

注：1. 除含气量、1h 经时变化量、相对耐久性外，表中所列数据均为受检混凝土与基准混凝土的差值或比值。
2. 凝结时间之差性能指标中的“-”号表示提前，“+”号表示延缓。
3. 含气量 1h 经时变化量指标中的“-”号表示含气量减少，“+”号表示含气量增加。

3.1.2 掺速凝剂水泥净浆及水泥砂浆的性能应符合表 3.1.2 的要求。

表 3.1.2 掺速凝剂水泥净浆及水泥砂浆的性能要求

试验项目		碱性速凝剂	非碱性速凝剂
掺速凝剂水泥净浆凝结时间, 不大于 (min)	初凝	5.0	
	终凝	12.0	
掺速凝剂水泥砂浆 1d 抗压强度, 不小于 (MPa)		7.0	
掺速凝剂水泥砂浆 28d 抗压强度比, 不小于 (%)		75.0	90.0

注：28d 抗压强度比为掺与不掺速凝剂水泥砂浆的抗压强度之比。

3.1.3 掺防冻剂混凝土的性能应符合表 3.1.3 的要求。

表 3.1.3 掺防冻剂混凝土的性能要求

试验项目		性能指标					
		一等品			合格品		
减水率，不小于 (%)		10			—		
泌水率比，不大于 (%)		80			100		
含气量，不小于 (%)		2.5			2.0		
凝结时间差 (min)	初凝	-150 +150			210 +210		
	终凝						
抗压强度比，不小于 (%)	规定温度 (℃)	5	10	15	5	10	15
	R ₇	20	12	10	20	10	8
	R ₂₈	100		95	95		90
	R ₇₊₂₈	95	90	85	90	85	80
	R ₇₊₅₆	100			100		
28d 收缩率比，不大于 (%)		135					
渗透高度比，不大于 (%)		100					
50 次冻融强度损失率比，不大于 (%)		100					

注：规定温度为受检混凝土在负温养护时的温度。

3.1.4 掺抗分散剂混凝土的性能应符合表 3.1.4 的要求。

表 3.1.4 掺抗分散剂混凝土的性能要求

试验项目		种 类	
		普通型	缓凝型
泌水率, 小于 (%)		0.5	0.5
含气量, 小于 (%)		4.5	4.5
坍落度经时变化量, 小于 (mm)	30min	30	30
	120min	—	30
抗分散性	悬浊物含量, 小于 (mg/L)	150	150
	pH 值, 小于	12	12
凝结时间 (h)	初凝	>5	>12
	终凝	<24	—
水陆强度比, 大于 (%)	7d	60	60
	28d	70	70

3.2 外加剂产品的匀质性

3.2.1 外加剂产品的匀质性应进行控制。生产厂应在产品说明书中明示产品匀质性指标的控制值。

3.2.2 外加剂匀质性指标应符合表 3.2.2 的要求。

表 3.2.2 外加剂匀质性指标

项目	指 标
水泥砂浆减水率	应不小于生产厂所提供标样的检测值的 95%
氯离子含量	不超过生产厂控制值
总碱量	非碱性速凝剂应不大于 1.0%; 其他外加剂应不超过生产厂控制值

续表 3.2.2

项目	指 标
含固量 S	$S > 25\%$ 时, 应控制在 $0.95S \sim 1.05S$; $S \leq 25\%$ 时, 应控制在 $0.90S \sim 1.10S$
含水率 W	粉状速凝剂应不大于 2.0%。 对其他外加剂: $W > 5\%$ 时, 应控制在 $0.90W \sim 1.10W$; $W \leq 5\%$ 时, 应控制在 $0.80W \sim 1.20W$
密度 D	$D > 1.1\text{g/cm}^3$ 时, 应控制在 $D \pm 0.03\text{g/cm}^3$; $D \leq 1.1\text{g/cm}^3$ 时, 应控制在 $D \pm 0.02\text{g/cm}^3$
细度	粉状速凝剂 0.08mm 筛筛余应小于 15%; 其他外加剂应在生产厂控制范围内
pH 值	非碱性速凝剂应在 2.0~7.0 范围内; 其他外加剂应在生产厂控制值 ± 1.0 范围内
硫酸钠含量	不超过生产厂控制值
不溶物含量	不超过生产厂控制值

注: 表中的 S 、 W 和 D 分别为含固量、含水率和密度的生产厂控制值。

4 品质检验试验

4.1 试验原材料和配合比、混凝土拌和、试件制作

4.1.1 品质检验用原材料应符合下列要求:

1 水泥:应采用工程实际使用的水泥进行试验,并根据 5.3 的规定留样。

2 骨料:

1) 粗骨料为卵石或碎石,除应符合 DL/T 5144《水工混凝土施工规范》规定外,还应符合下列要求:粒径为 5mm~20mm,其中 5mm~10mm 的质量占 45%,10mm~20mm 的质量占 55%,符合连续级配要求;针片状颗粒含量小于 10%,空隙率小于 47%,含泥量小于 0.5%。仲裁试验以碎石结果为准。

2) 细骨料采用细度模数为 2.6~2.9 的中砂,含泥量小于 1.0%。应使用饱和面干骨料。

速凝剂品质检验用砂应符合 GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》中有关 ISO 标准砂的规定。

3 拌和水:饮用水。

4 外加剂:受检验外加剂。

4.1.2 高性能减水剂、高效减水剂、普通减水剂、引气剂、泵送剂、早强剂、缓凝剂和防冻剂品质检验的混凝土配合比应符合以下规定:

1 基准混凝土应符合下列要求:

1) 水泥用量:掺高性能减水剂或泵送剂的基准混凝土单位水泥用量在采用卵石时为 340kg/m³,在采用碎

石时为 360kg/m³;掺其他外加剂的基准混凝土单位水泥用量在采用卵石时为 310kg/m³,在采用碎石时为 330kg/m³。

2) 用水量:掺高性能减水剂和泵送剂的基准混凝土用水量为坍落度达 (210±10) mm 时的最小用水量;掺其他外加剂的基准混凝土用水量为坍落度达 (80±10) mm 时的最小用水量。用水量包括液体外加剂含水量、砂石材料中的表面含水量。

3) 含气量:2%以下。

4) 砂率:掺高性能减水剂或泵送剂的基准混凝土的砂率为 43%~47%;掺其他外加剂的基准混凝土的砂率为 36%~40%。

2 受检混凝土应符合下列要求:

1) 外加剂掺量:采用生产厂的推荐掺量。

2) 水泥用量:与基准混凝土相同。

3) 用水量:为受检混凝土坍落度与基准混凝土坍落度相同时的最小用水量。掺外加剂减少用水量以后,应复核调整混凝土配合比。

4) 含气量:应符合表 3.1.1 和表 3.1.3 中相应的受检验外加剂的规定。

5) 砂率:掺引气剂和泵送剂的受检混凝土的砂率比基准混凝土减少 2%~3%,掺其他外加剂的受检混凝土的砂率同基准混凝土。

4.1.3 掺速凝剂水泥净浆或砂浆的品质检验配合比应符合以下规定:

1 受检净浆:

1) 水泥用量:400g。

2) 拌和水:160g。

3) 速凝剂:掺量按生产厂的推荐掺量。

2 基准砂浆。

- 1) 水泥用量: 900g。
- 2) 标准砂: 1350g。
- 3) 拌和水: 450g。

3 受检砂浆。

- 1) 水泥、标准砂、拌和水用量同基准砂浆。
- 2) 速凝剂: 掺量按生产厂的推荐掺量。

4.1.4 掺抗分散剂混凝土品质检验的受检混凝土配合比应符合以下规定:

- 1 抗分散剂: 掺量按生产厂的推荐掺量。
- 2 水泥用量: 410kg/m^3 。
- 3 用水量: 应为混凝土扩散度达 $(500 \pm 50)\text{mm}$ 的最小用水量。
- 4 含气量: 符合表 3.1.4 中的规定。
- 5 砂率: $38\% \sim 42\%$ 。

4.1.5 混凝土拌和应符合以下规定:

- 1 对高性能减水剂和抗分散剂, 应采用公称容量为 60L 的单卧轴强制式搅拌机拌和。对其他外加剂, 也可采用自落式搅拌机拌和, 但仲裁试验以强制式搅拌机为准。
- 2 拌和量应不少于 20L, 且不宜大于 45L。
- 3 外加剂为粉状时, 应溶于水后使用。
- 4 将水泥、砂、石一次投入搅拌机, 干拌均匀, 再在 5s~10s 内加入掺有外加剂的拌和水, 从加完水之后继续搅拌 2min。采用自落式搅拌机时, 搅拌时间延长 1min。出料后在铁板上用人工翻拌至均匀, 再进行试验。

- 5 各种混凝土试验材料及环境温度均应保持在 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ 。

- 6 掺速凝剂水泥净浆或砂浆的拌和按 JC 477《喷射混凝土用速凝剂》的规定进行。

4.1.6 试件成型与养护应符合以下规定:

1 掺表 3.1.1 所列剂种的混凝土按 DL/T 5150《水工混凝土试验规程》的规定进行。

2 掺速凝剂的砂浆按 JC 477 的规定进行。

3 掺防冻剂的混凝土按 JC 475《混凝土防冻剂》的规定进行。

4 掺抗分散剂的混凝土按附录 A 的规定进行。

4.1.7 混凝土性能检验项目及所需数量见表 4.1.7。

表 4.1.7 混凝土性能检验项目及所需数量

试验项目	混凝土拌和 批数	每批取样数	基准混凝土 取样总数	受检混凝土 取样总数
减水率	3	1 次	3 次	3 次
坍落度、坍落度经时变化量	3	1 次	3 次	3 次
含气量、含气量经时变化量	3	1 个		3 个
泌水率、泌水率比	3	1 个	3 个	3 个
凝结时间、凝结时间差	3	1 个	3 个	3 个
抗压强度比	3	3、6、9 块 或 12 块	9、18、27 块 或 36 块	18、27 块 或 36 块
收缩率比	3	1 块	3 块	3 块
相对耐久性	3	1 块	—	3 块
渗透高度比	3	2 块	6 块	6 块
50 次冻融强度损失率比	3	2 块	6 块	6 块
抗分散性	3	2 次	—	6 次
水陆强度比	3	6 块	18 块	18 块

注: 抗压强度比试件每批取样数按相应剂种的要求选择。

4.2 混凝土拌和物性能

4.2.1 坍落度和扩散度按 DL/T 5150 的规定检验。从加水搅拌时算起, 试验应在 8min 之内完成。

坍落度经时变化量按以下规定检验：在测定初始坍落度 SL_0 前，预留足够一次坍落度试验的混凝土，将其装入用湿布擦过的铁桶或塑料桶内，用盖子或塑料布密封，从加水搅拌时算起存放规定的时间 t 后，将桶内物料倒在铁板上，用铁锹翻拌至均匀后，进行坍落度试验，得出坍落度保留值 SL_t ，然后按式 (4.2.1) 计算坍落度经时变化量，精确至 1mm，结果表达修约到 5mm：

$$\Delta SL_t = SL_0 - SL_t \quad (4.2.1)$$

式中： ΔSL_t ——坍落度经时变化量，mm；

SL_0 ——初始坍落度，mm；

SL_t ——存放 t 时间后的坍落度，mm。

4.2.2 外加剂的减水率应根据基准、受检混凝土的用水量，按式 (4.2.2) 计算，精确至 0.1%：

$$W_R = \frac{W_B - W_A}{W_B} \times 100 \quad (4.2.2)$$

式中： W_R ——减水率，%；

W_A ——受检混凝土用水量，kg/m³；

W_B ——基准混凝土用水量，kg/m³。

4.2.3 泌水率按 DL/T 5150 的规定检验。受检混凝土与基准混凝土泌水率比按式 (4.2.3) 计算，精确至 1%：

$$B_R = \frac{B_A}{B_B} \times 100 \quad (4.2.3)$$

式中： B_R ——泌水率比，%；

B_A ——受检混凝土泌水率，%；

B_B ——基准混凝土泌水率，%。

4.2.4 含气量按 DL/T 5150 的规定检验。含气量 1h 经时变化量按以下规定检验：在测试初始含气量 A_0 前预留至少 20L 混凝土，将其装入用湿布擦过的铁桶或塑料桶内，用盖子或塑料布密封，从加水搅拌时算起存放 60min 后，将桶内物料倒在铁板上，用铁锹翻拌两次，进行含气量试验，得出 1h 含气量保留值 A_{1h} ，然后按

式 (4.2.4) 计算含气量 1h 经时变化量，精确至 0.1%：

$$\Delta A_{1h} = A_0 - A_{1h} \quad (4.2.4)$$

式中： ΔA_{1h} ——含气量 1h 经时变化量，%；

A_0 ——初始含气量，%；

A_{1h} ——存放 1h 后的含气量，%。

4.2.5 凝结时间按 DL/T 5150 的规定检验。凝结时间差按式 (4.2.5) 计算，以 min 表示，并修约到 5min；受检混凝土的凝结时间较基准混凝土增加的以 (+) 表示，缩短的以 (-) 表示。

$$\Delta T = T_A - T_B \quad (4.2.5)$$

式中： ΔT ——凝结时间差，min；

T_A ——受检混凝土的初凝或终凝时间，min；

T_B ——基准混凝土的初凝或终凝时间，min。

掺速凝剂水泥净浆的凝结时间应按 JC 477 的规定检验。

4.2.6 掺抗分散剂混凝土的抗分散性按附录 B 的规定检验，取批试验的平均值作为测定结果。

4.3 硬化混凝土性能

4.3.1 混凝土抗压强度按 DL/T 5150 的规定检验。

掺表 3.1.1 所列剂种混凝土的抗压强度比按式 (4.3.1-1) 计算，精确至 1%：

$$R_i = \frac{R_{Ai}}{R_{Bi}} \times 100 \quad (4.3.1-1)$$

式中： R_i —— i 龄期时的受检混凝土与基准混凝土的抗压强度比，%；

R_{Ai} —— i 龄期时的受检混凝土抗压强度，MPa；

R_{Bi} —— i 龄期时的基准混凝土抗压强度，MPa。

掺防冻剂混凝土的抗压强度比按式 (4.3.1-2) 式 (4.3.1-5) 计算，精确至 1%：

$$R_{28} = \frac{f_{CA}}{f_C} \times 100 \quad (4.3.1-2)$$

$$R_{-7} = \frac{f_{AT}}{f_C} \times 100 \quad (4.3.1-3)$$

$$R_{-7+28} = \frac{f_{AT}}{f_C} \times 100 \quad (4.3.1-4)$$

$$R_{-7+56} = \frac{f_{AT}}{f_C} \times 100 \quad (4.3.1-5)$$

式中: f_{CA} ——受检混凝土标养 28d 的抗压强度, MPa;

f_C ——基准混凝土标养 28d 的抗压强度, MPa;

f_{AT} ——不同龄期 (R_{-7} 、 R_{-7+28} 、 R_{-7+56}) 的受检混凝土的抗压强度, MPa。

掺抗分散剂混凝土的水陆强度比按式 (4.3.1-6) 计算, 精确至 1%:

$$R_S = \frac{R_W}{R_C} \times 100 \quad (4.3.1-6)$$

式中: R_S ——水陆强度比, %;

R_W ——水中成型的受检混凝土的抗压强度, MPa;

R_C ——在空气中成型的受检混凝土的抗压强度, MPa。

掺速凝剂的砂浆抗压强度按 JC 477 的规定检验; 28d 抗压强度比按式 (4.3.1-7) 计算, 精确至 1%:

$$N_{28} = \frac{R_{A,28}}{R_{B,28}} \times 100 \quad (4.3.1-7)$$

式中: N_{28} ——28d 龄期时的抗压强度比, %;

$R_{A,28}$ ——28d 龄期时掺速凝剂的受检砂浆抗压强度, MPa;

$R_{B,28}$ ——28d 龄期时不掺速凝剂的基准砂浆抗压强度, MPa。

4.3.2 收缩按 DL/T 5150 的干缩试验方法检验。对掺表 3.1.1 所列剂种的混凝土, 收缩率比为龄期 28d 的受检混凝土与基准混凝土收缩率之比; 对掺防冻剂的混凝土, 收缩率比为按 JC 475 规定养

护的受检混凝土与基准混凝土收缩率之比。收缩率比按式 (4.3.2) 计算, 精确至 1%:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B} \times 100 \quad (4.3.2)$$

式中: ε ——收缩率比, %;

ε_A ——受检混凝土的收缩率, %;

ε_B ——基准混凝土的收缩率, %。

4.3.3 掺引气剂混凝土的相对耐久性: 按 DL/T 5150 中的抗冻性试验规定, 对养护龄期为 28d 的受检混凝土试件进行 200 次快速冻融循环。相对耐久性以受检混凝土快速冻融循环 200 次后的相对动弹性模量是否不小于 80% 来评定外加剂的质量。

4.3.4 掺防冻剂混凝土的 50 次冻融强度损失率比: 按 DL/T 5150 的规定进行抗冻性试验, 然后计算强度损失率。基准混凝土在标养 28d 后进行快速冻融循环试验; 受检负温混凝土在龄期为 $(-7+56)$ d 进行快速冻融循环试验。根据计算出的强度损失率再按式 (4.3.4) 计算受检负温混凝土与基准混凝土强度损失率之比, 精确至 1%:

$$D_r = \frac{\Delta f_{AT}}{\Delta f_C} \times 100 \quad (4.3.4)$$

式中: D_r ——50 次冻融强度损失率, %;

Δf_{AT} ——受检负温混凝土 50 次冻融强度损失率, %;

Δf_C ——基准混凝土 50 次冻融强度损失率, %。

4.3.5 掺防冻剂混凝土的渗透高度比: 基准混凝土标养龄期为 28d、受检负温混凝土龄期为 $(-7+56)$ d 时, 分别按 DL/T 5150 的规定检验抗渗性。但按 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0MPa 逐级加压, 每级恒压 8h, 加压到 1.0MPa 为止。取下试件, 将其劈开, 测量试件 10 个等分点处透水高度的平均值作为单个试件的透水高度, 以一组 6 个试件测值的平均值作为试验结果, 按式 (4.3.5) 计算渗透高度比, 精确至 1%:

$$H_r = \frac{H_{AT}}{H_C} \times 100 \tag{4.3.5}$$

式中： H_r ——渗透高度比，%；
 H_{AT} ——受检负温混凝土 6 个试件测值的平均值，mm；
 H_C ——基准混凝土 6 个试件测值的平均值，mm。

4.4 外加剂的匀质性检验

- 4.4.1 外加剂应按表 4.4.1 进行匀质性检验。
- 4.4.2 水泥砂浆减水率、总碱量、含固量、含水率、密度、细度、pH 值、硫酸钠含量测定按 GB/T 8077 的规定进行。
- 4.4.3 氯离子含量测定按 GB/T 8077 《混凝土外加剂匀质性试验方法》中的电位滴定法或离子色谱法进行，仲裁时采用离子色谱法。
- 4.4.4 不溶物含量测定按 GB 11901 《水质悬浮物的测定 重量法》的规定进行。
- 4.4.5 速凝剂的细度测定按 GB/T 1345 《水泥细度检验方法筛析法》的手工干筛法规定进行。

表 4.4.1 外加剂匀质性检验项目

项目	高性能减水剂	高效减水剂	早强型普通减水剂	标准型普通减水剂	缓凝型普通减水剂	引气剂	泵送剂	早强剂	缓凝剂	速凝剂	防冻剂	抗分散剂
含固量	√	√	√	√	√	—	√	√	√	√	√	√
pH 值	√	√	√	√	√	√	—	√	√	√	—	√
氯离子含量	√	√	√	√	√	—	√	√	√	√	√	√
硫酸钠含量	√	√	√	√				√	—	√	√	√
总碱量	√	√	√	√			√	√	—	√	√	—

续表 4.4.1

项目	高性能减水剂	高效减水剂	早强型普通减水剂	标准型普通减水剂	缓凝型普通减水剂	引气剂	泵送剂	早强剂	缓凝剂	速凝剂	防冻剂	抗分散剂
砂浆减水率	√	√	√	√	√	√	√	—	√	—	√	√
密度	水剂测											
细度	粉剂测											
毒性	有怀疑时检验											
不溶物含量	粉剂必测；水剂根据供需双方约定检验。											

注：画“√”的为必测项目。

5 工程应用要求

5.1 外加剂的选择

5.1.1 外加剂应根据工程设计和施工要求选择,并在开工前使用该工程材料进行适应性试验论证,通过试验及技术经济比较确定。当工程所用原材料或混凝土性能要求发生变化时,应再进行适应性试验。

5.1.2 不同品种外加剂复合使用时,应注意其相容性及对混凝土性能的影响,其品种及掺量使用前应通过试验确定。

5.1.3 对大型工程的外加剂论证试验应交经计量认证的检测单位进行。

5.1.4 选用的外加剂产品应由生产单位提供产品说明书、检测报告、产品合格证。

5.1.5 为保证水工混凝土抗冻耐久性,引气剂宜选用气泡结构参数合理的品种。

5.2 外加剂的掺用

5.2.1 外加剂掺量应根据使用要求、施工条件、原材料特性等因素,由试验论证后确定。

5.2.2 使用水溶性外加剂时,应按一定比例稀释后使用。减水剂的配制浓度不宜超过 20%,引气剂的配制浓度不宜超过 5%。

5.2.3 对含有氯离子、硫酸根离子、碱等影响混凝土或钢筋混凝土耐久性的外加剂,应对其有害离子的种类和含量进行限制。

5.2.4 对于缓凝型减水剂和缓凝剂,应结合混凝土原材料变化、施工要求和气候条件等,通过试验及时调整掺量。

5.3 外加剂的检验

5.3.1 取样及批号应符合以下规定:每一批号取样量不少于 0.2t 水泥所需用的外加剂量。掺量不小于 1%同品种的外加剂每一批号为 100t,掺量小于 1%但大于 0.05%的外加剂每一批号为 50t,掺量不大于 0.05%的外加剂以 1t~2t 为一批。不足一批的也应按一个批量计,同一批号的产品应混合均匀。

5.3.2 试样及留样应符合以下规定:

1 每一批号取样应充分混匀,分为两等份:一份按 3.1 节和 3.2 节规定的项目进行试验;另一份密封保存半年,以备有疑问时进行复验或仲裁,并作为标准样品,以便与后续试样对比。

2 应按规定对水泥进行取样封存,封存期不超过水泥储存期,以备复验或仲裁使用。封存期超过储存期后,应重新取样封存。

5.3.3 到货检验应符合以下规定:

1 到货后,试验室立即按规定取样,然后采用工程中所用其他原材料与该外加剂进行适应性检测,结果应符合 3.1 节的要求。

2 大工程每季度、中小工程每半年应对外加剂按 3.1 节和 3.2 节规定的所有指标进行检测,必要时对每批进货外加剂均应进行检测。

5.4 产品说明书、包装、贮存及验货

5.4.1 产品出厂时应提供由产品说明书、产品合格证、出厂检验报告组成的技术文件。产品合格证上应注明生产日期和产品批号。产品说明书至少应包括下列内容:

1 生产厂名称。

2 产品名称、类型、执行标准。

3 产品性能特点、主要成分及技术指标,对混凝土或钢筋混凝土耐久性有害的离子含量(包括总碱量、氯离子含量等)。

- 4 适用范围。
 - 5 推荐掺量。
 - 6 贮存条件及有效期：有效期从生产日期算起，企业可根据产品性能自行规定。
 - 7 使用方法、注意事项、安全防护提示等。
- 5.4.2 粉状外加剂可采用有塑料袋衬里的编织袋包装；液体外加剂可采用塑料桶、金属桶包装。包装净质量误差不超过 1%。液体外加剂也可采用槽车散装。
- 所有包装容器上均应在明显位置注明以下内容：产品名称及类型、代号、执行标准、商标、净质量或体积、生产厂名及有效期限。
- 5.4.3 外加剂应存放在专用仓库或固定的场所妥善保管，以易于识别、便于检查和提货为原则。搬运时应轻拿轻放，防止破损。粉剂产品运输时应避免受潮。
- 5.4.4 产品验货后，有下列情况之一时应予以退回或更换：
- 1 使用单位在规定的存放条件和有效期限内，经检验发现外加剂性能与本规程不符。
 - 2 凡无出厂文件或出厂技术文件不全，以及发现实物质量与出厂技术文件不符合。

附录 A 水下不分散混凝土抗压
强度试件的制作方法

A.1 目的及适用范围

检验抗分散剂对混凝土强度的影响。本方法适用于检验和评定各种用于水下不分散混凝土的抗分散剂。

A.2 仪 器 设 备

仪器设备包括：

- 1 漏斗：见图 A.2。
- 2 试模：尺寸 150mm×150mm×150mm，钢或铸铁制成。
- 3 水槽：高度 450mm，长、宽不限，以能放入试模为度。
- 4 混凝土成型的常规用具。

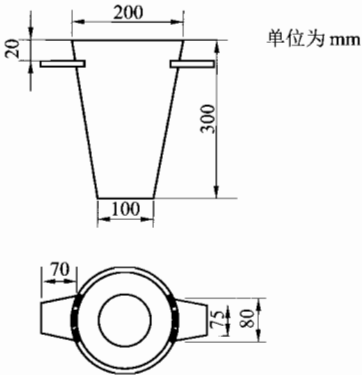


图 A.2 漏斗示意图

A.3 试验步骤

A.3.1 水中成型试件的制作和养护

1 先向水槽中注满 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ 的水，然后将试模开口向上放入水槽中。

2 将漏斗出料口用盖板盖严。将拌好的混凝土试料装入漏斗的 $2/3$ 高度，然后将漏斗移至水面上，出料口对准水中试模，拉开漏斗出料口盖板，使混凝土试料灌入试模中至试样上端形成小山形。每只试模在 30s~60s 内装完。

3 把装满混凝土的试模缓缓从水中取出，放入大气中静置 15min，把表面抹平、压光。

4 把抹光后的试模放入标准养护室，2d 脱模；如抗分散剂属缓凝型，则 3d 或更长一些时间后脱模。然后继续养护至规定龄期。

A.3.2 空气中成型试件的制作和养护

除不把试模放入水中而是放于空气中成型外，其他均与水中成型试件的制作和养护方法相同。

附录 B 水下不分散混凝土的 抗分散性测定方法

B.1 目的及适用范围

检验水下不分散混凝土在水下的抗分散性能。本方法适用于检验和评定各种用于水下不分散混凝土的抗分散剂。

B.2 仪器设备

仪器设备包括：

- 1 酸度计：pHS-2 型或相同性能的酸度计。
- 2 pH 值玻璃电极。
- 3 甘汞电极。
- 4 复合电极。
- 5 恒温干燥鼓风电热箱。
- 6 干燥器： $\phi 200$ 。
- 7 溜槽：用 $\phi 50$ 的 PVC 管对半剖开自制（见图 B.2-1）。

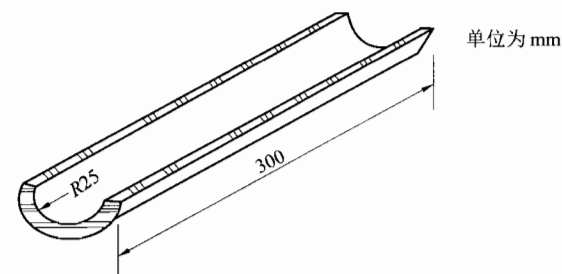


图 B.2-1 溜槽示意图

8 镊子。

9 刮刀：自制（见图 B.2-2），厚度 1mm~2mm。

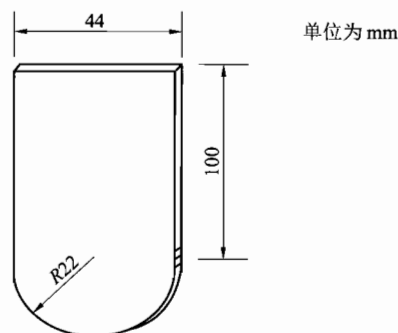


图 B.2-2 塑料刮刀示意图

10 表面皿： $\phi 70$ 。

11 量筒：200、500mL。

12 烧杯：100mL。

13 天平：量程 1kg~2kg，感量 0.1g；量程 100g，感量 0.1mg。

14 洗耳球或玻璃吸管。

15 真空泵。

16 布氏漏斗或相同性能的漏斗。

17 玻璃纤维过滤纸或相同性能的滤纸。

18 抽气瓶：1000mL。

B.3 试验步骤

B.3.1 样品制备

1 从刚拌好的混凝土拌和物中取出约 2000g 试样。

2 在 1000mL 烧杯中，放入 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的蒸馏水或离子交换水 800mL。

3 从试样中称取 500g，放入溜槽中，并分成 10 等份。然后用刮刀使每一份混凝土试样从贴近水面处缓慢地自由落下，全部试料在 20s~30s 内落完。

4 静置 3min 后，用洗耳球或玻璃吸管，在 1min 内从水面吸 600mL 的水（注意吸水时不能搅动），作为试验样品。

5 将吸出的 600mL 水混合均匀后再从中分取出 200mL，作为 pH 值试验的被检水样，其余的作为测悬浊物含量的水样。

B.3.2 悬浊物含量的测定

1 把滤纸置于表面皿上，在 $105^\circ\text{C} \sim 110^\circ\text{C}$ 烘箱中干燥 1h，然后移至干燥器中冷却后称量其质量 (m_b)。

2 把被检水样搅拌均匀后，用量筒分取 300mL、400mL 并读取容积 (V)。

3 在布氏漏斗上装好已称量过的烘干后的滤纸，使之贴合，用蒸馏水或离子交换水润湿滤纸，使之贴紧布氏漏斗。然后把漏斗长颈装入事先已开好孔的吸滤瓶上的橡皮塞中，把吸滤瓶接到真空装置上，向漏斗中加入上述量筒分取好的被检水样进行真空抽滤，并用蒸馏水或离子交换水将附着在量筒壁上的悬浊物冲洗干净。

4 用镊子小心地将滤纸从漏斗上取下放入表面皿中。在 $105^\circ\text{C} \sim 110^\circ\text{C}$ 温度下干燥 2h，然后移至干燥器中冷却后称量其质量 (m_a)。

B.3.3 pH 值的测定

按 DL/T 5152《水工混凝土水质分析试验规程》的规定进行。

B.4 试验结果处理

悬浊物含量按式 (B.4) 计算（取整数位）：

$$S = (m_a - m_b) \times \frac{1000}{V} \quad (\text{B.4})$$

式中：S——悬浊物含量，mg/L；

m_a ——含悬浊物的过滤纸和表面皿的质量, mg;

m_b ——过滤纸和表面皿的质量, mg;

V ——量筒所量取的被检水样的体积, mL。

以两次测值的平均值作为试验结果。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

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:

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:

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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

GB/T 1345 水泥细度检验方法筛析法
GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
GB 11901 水质 悬浮物的测定 重量法
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)
DL/T 5144 水工混凝土施工规范
DL/T 5150 水工混凝土试验规程
DL/T 5152 水工混凝土水质分析试验规程
JC 475 混凝土防冻剂
JC 477 喷射混凝土用速凝剂

中华人民共和国电力行业标准

水工混凝土外加剂技术规程

DL/T 5100 — 2014

代替 DL/T 5100—1999

条文说明

目 次

1 总则..... 33

2 术语和符号..... 34

2.1 术语..... 34

2.2 符号..... 34

3 品质要求..... 35

3.1 掺外加剂混凝土的性能..... 35

3.2 外加剂产品的匀质性..... 38

4 品质检验试验..... 39

4.1 试验原材料和配合比、混凝土拌和、试件制作..... 39

4.2 混凝土拌和物性能..... 40

4.3 硬化混凝土性能..... 41

4.4 外加剂的匀质性检验..... 41

5 工程应用要求..... 42

5.1 外加剂的选择..... 42

5.2 外加剂的掺用..... 43

5.3 外加剂的检验..... 44

1 总 则

1.0.2 新增高性能减水剂、早强剂和非碱性速凝剂，删除引气减水剂和高温缓凝剂。对高性能减水剂、高效减水剂、普通减水剂，采用 GB 8076—2008《混凝土外加剂》的分类。

水工混凝土工程量大，一般采取就地取材，经常遇到粉煤灰烧失量大、人工砂石粉含量高等情况，引气剂掺量调整幅度很大。将引气剂加入减水剂复配为引气减水剂，在使用时难以控制混凝土的含气量和引入气泡结构参数合理的气泡，以现场分开掺加减水剂和引气剂为宜。故删除引气减水剂。

原规程所用的“水中不分离剂”的说法，文献和其他规范中使用较少。DL/T 5117—2000《水下不分散混凝土试验规程》中使用“抗分散剂”，与英文名词 anti-washout admixture 比较一致。GB/T 8075—2005《混凝土外加剂定义、分类、命名与术语》等文献中也有用“絮凝剂”的。本规程将该剂种的术语改为“抗分散剂”。

2 术语和符号

2.1 术 语

增加“高性能减水剂”术语。参照 GB 8076—2008 的定义，并对其减水率进行明确规定，删去 GB 8076—2008 对高性能减水剂的定义中“且具有一定引气性能”这一要求。

增加“非碱性速凝剂”术语。这一剂种是过去十年中新增加的，由于其与碱性速凝剂相比具有减少碱骨料反应风险、后期强度衰减小、环保和对工人伤害小等优点，在工程中的应用越来越多。GB/T 8075—2005 和 JC 477—2005 中尚未增加这一剂种。本规程采用了欧洲标准 EN 934-5 《Admixtures for Concrete, Mortar and Grout Part 5: Admixtures for Sprayed Concrete—Definitions, Requirements, Conformity, Marking and Labelling》（《混凝土、砂浆和水泥净浆用外加剂 第 5 部分：喷射混凝土的外加剂——定义、要求、一致性和标记》）的相应定义。

增加“相对耐久性”、“抗分散性”、“水陆强度比”术语。

删除“早强减水剂”、“缓凝减水剂”、“引气减水剂”、“缓凝高效减水剂”、“高温缓凝剂”、“基准水泥”术语。

将“水中不分离剂”改为“抗分散剂”。

参照 GB/T 8075—2005，对部分术语定义进行了文字改动。

2.2 符 号

增加与掺防冻剂的受检混凝土相关的 R_{28} 、 R_{-7} 、 R_{-7+28} 及 R_{-7+56} 符号定义。

3 品质要求

3.1 掺外加剂混凝土的性能

3.1.1 与原规程相比，本次修订增加了高性能减水剂和早强剂 2 类剂种，删除了引气减水剂和高温缓凝剂 2 个剂种。

对高性能减水剂，基本采用 GB 8076—2008 的规定，但 GB 8076—2008 对掺高性能减水剂的受检混凝土的含气量要求为不大于 6.0%。这部分含气量有可能主要是大气泡，仅对减水率的提高有利，对混凝土抗冻耐久性则有害。由于一般混凝土含气量出机口控制在 3%~5%，若减水剂本身引气较大，则可能导致难以再掺加引气气泡结构较好的引气剂，不利于水工混凝土的抗冻耐久性。

三峡工程所采用的 X404 型聚羧酸高性能减水剂的减水率为 25%，其含气量仅为 0.7%~1.2%。溪洛渡、向家坝、锦屏水电站等工程要求掺减水剂混凝土中含气量不大于 2.5%。

对表 3.1.1 中除了高性能减水剂之外的其他外加剂的含气量，均保留原规程的要求不变。

原规程对掺引气剂的受检混凝土含气量要求为 4.5%~5.5%；GB 8076 的 1987 年版和 1995 年版中均要求含气量为 3.5%~5.5%，但其 2008 年版降低为不小于 3.0%；ASTM C233 《混凝土引气剂的试验方法标准》中含气量要求控制为 $(5.5 \pm 0.5)\%$ 。考虑到水工混凝土含气量的典型范围，仍保留原规程对含气量、抗压强度比规定。

与控制引气混凝土的含气量相比，控制其气泡间距系数更有利于保证混凝土的抗冻性。国内外的—些耐久性规范越来越多地

对引气混凝土的气泡间距系数提出要求。由于标准测试条件下的试验数据有限,本规程对掺加引气剂的受检混凝土的气泡间隔系数暂不规定。但借鉴 GB 8076 自 1987 年版以来的做法,将抗冻等级要求修改为相对耐久性要求,并借鉴 GB 8076—2008 增加了含气量 1h 经时变化量要求,这有助于控制引气混凝土的气泡间距系数。

高效减水剂的减水率采用原规程的规定,比 GB 8076—2008 中的相应要求严格。

对掺缓凝高效减水剂或缓凝剂的受检混凝土的凝结时间差,原规程中规定了上限。实际混凝土施工时,经常出现需要突破该上限的情况。如锦屏一级水电站的拱坝坝体常态混凝土要求初凝时间为 12h~18h。为了符合该要求,所用缓凝型高效减水剂的凝结时间差需要大于 +240min;如果凝结时间差在 +120min~+240min 范围内,则实际施工混凝土的初凝时间约 9h,不能满足施工要求。再如,碾压混凝土要求缓凝高效减水剂有更好的缓凝效果,以满足碾压混凝土施工要求,如贵州光照水电站的碾压混凝土要求外加剂的缓凝时间差大于 +480min,超出原规程要求。故本次修订参照目前一些大型工程做法,仅规定凝结时间差下限。

对掺缓凝型普通减水剂的受检混凝土的 7d、28d 抗压强度比,本次修订采用 GB 8076—2008 的规定,高于原规程的要求。

对掺标准型高效减水剂或早强型普通减水剂的受检混凝土的 1d 抗压强度比,原规程未做规定。本次修订采用 GB 8076—2008 的规定。

参考 GB 8076—2008,调整掺泵送剂混凝土的性能要求:将原规程的坍落度增加值指标改为减水率指标,并采用与缓凝型高效减水剂相同的要求;将常压泌水率比、抗压强度比要求变严,与 GB 8076—2008 的规定相同;将坍落度损失率指标改为与 GB 8076—2008 相同的坍落度 1h 经时变化量指标。

取消原规程对掺泵送剂混凝土的压力泌水率比规定。压力泌

水率比指标主要考虑影响泵送混凝土的施工性条件而设。压力条件下泌水率过大容易发生堵管现象。大量试验和工程实践表明,泵送混凝土通过控制拌和物的整体状态,一般均可使之在泵送压力处于较适当的范围时顺利泵送,而压力达到一定值,出现压力泌水时,这种混凝土早已不适宜泵送,必须重新调整。又鉴于压力泌水率测定方法不便,故 GB 8076—2008 中已经取消。

原规程未对掺早强剂混凝土的性能进行规定,本次修订采用 GB 8076—2008 的规定。

取消原规程对掺外加剂混凝土抗冻标号的要求。对掺引气剂的受检混凝土改为 GB 8076—2008 所采用的相对耐久性指标,并要求不小于 80%。该要求与原规程对引气剂的要求相比稍有提高,原规程要求抗冻标号不小于 200 次,相应的相对耐久性指标为不小于 60%。

对表 3.1.1 中除了高性能减水剂之外的其他外加剂的收缩率比,均保留原规程的要求不变,即不大于 125%,这比 GB 8076 2008 中的相应要求(不大于 135%)严格,更有利于水上混凝土的防裂。

和 GB 8076—2008 一致,删除原规程关于各种外加剂对钢筋锈蚀作用的要求,改为在匀质性指标中控制氯离子含量。

3.1.2 出于工程耐久性和环保的需求,非碱性速凝剂逐渐推广应用,本条借鉴有关国内外标准增加了对此种速凝剂的有关规定。

将掺碱性速凝剂水泥砂浆的 1d 抗压强度和 28d 抗压强度比指标调整为与 JC 477—2005 中一等品的要求一致。

考虑到掺速凝剂水泥净浆的凝结硬化普遍比喷射混凝土慢的现象,将凝结时间指标调整为与 JC 474—2005 中合格品的要求一致。

3.1.3 本条采用 JC 475—2004 的规定。

3.1.4 原规程中“水中分离度”的表述使用较少。本次修订改为和 DL/T 5117—2000 一致,统一为“抗分散性”。原规程是拌合物

量的指标为“ $<50\text{mg/L}$ ”，较 DL/T 5117—2000 中“ $<150\text{mg/L}$ ”更严格，本次修订统一为“ $<150\text{mg/L}$ ”。

对于缓凝型的凝结时间，改为仅规定初凝时间“ $>12\text{h}$ ”，对终凝不作限制。具体工程或许会有特殊要求，但对于终凝，可以通过 7d 强度比来侧面反映。

“水气强度比”改为文献中通用的“水陆强度比”。

3.2 外加剂产品的匀质性

3.2.2 和 GB 8076—2008 一致，取消水泥净浆流动度、表面张力、泡沫度、还原糖含量项。

GB/T 8077—2012 中将水泥砂浆工作性试验方法改为水泥砂浆减水率试验方法，有利于评价外加剂减水性能的匀质性。有鉴于此，本规程将对砂浆流动度的要求改为对砂浆减水率的要求。

GB 8076—2008 中对外加剂的不溶物含量没有要求。水电工程距离中心城市较远，绝大多数主体工程采用的高效减水剂等外加剂产品是粉剂，在工地再溶于水，因此有必要保留 DL/T 5100—1999 中对不溶物含量的规定。

原规程对氯离子含量、总碱量、硫酸钠、不溶物含量等指标均规定“应在生产厂规定值 5% 之内”，该波动范围过小，实际操作过程中很难实现。GB 8076—2008 把控制范围放大，具有实际意义，且上述组分均对外加剂性能有负面影响，故只限定其上限值更合理。

4 品质检验试验

4.1 试验原材料和配合比、混凝土拌和、试件制作

4.1.1 原规程和 GB 8076—2008 都采用基准水泥作为检验水泥。基准水泥作为标准样品在偏远的水电工程不易获得，且存在保质期——自生产之日起半年；同时用其检验合格的产品，当与工程用水泥搭配使用时，容易产生相容性问题，因此基准水泥不宜作为标准物质用于水电工程产品质量合格与否的最终仲裁。

目前国内绝大多数水电水利工程采用的主要水泥品种是 42.5 级普通硅酸盐水泥或中热硅酸盐水泥，大型水电工程的主体工程都优先选择中热硅酸盐水泥。这些实际工程中外加剂的品质检验绝大多数是采用工程用水泥进行的，大型水电工程还制定了自己的检验标准，如三峡、小湾、溪洛渡、向家坝和锦屏工程等。本次修订综合考虑上述情况，改用工程实际用水泥进行外加剂产品的品质检验。

原规程要求骨料所符合的 SDJ 207—1982 标准已废止，改为采用 DL/T 5144。级配与 DL/T 5151 统一，改为方孔筛。

骨料针片状含量高会影响新拌混凝土的工作性，在固定水泥用量条件下拌和物容易离析、泌水，导致检验结果不能准确反映外加剂的品质和性能。本次修订增加了对粗骨料针片状含量的限制。

含泥量高对高性能减水剂影响显著，容易出现和易性不良和相容性差现象，造成坍落度和减水率测不准现象。另外含泥量高不利于引气剂的引气效果，容易出现推荐掺量下不同骨料的检测结果相差较大。含泥量高对混凝土的抗压强度也有不利影响，容易造成外加剂品质检验结果的波动。基于上述原因，本次修订对

粗骨料和细骨料的含泥量提出限制指标。

4.1.2 基准混凝土水泥用量、用水量、砂率与 GB 8076—2008 一致。受检混凝土外加剂掺量与 GB 8076—2008 一致，采用厂家推荐掺量。以上说明同样适用于 4.1.3 和 4.1.4。

对于受检混凝土砂率，掺引气剂时，若受检混凝土含气量较大，则其砂率可较基准混凝土减少 2%~3%。

掺外加剂减少用水量以后，相应地带来受检混凝土拌和物原材料体积分别减少至少约 16L/m³（对于普通减水剂）、30L/m³（对于高效减水剂）或 50L/m³（对于高性能减水剂），混凝土配合比会出现亏方问题——拌和物质量换算成体积之后将不足 1m³。这时应按照 DL/T 5330《水工混凝土配合比设计规程》，复核调整配合比。

4.1.3 速凝剂品质检验砂浆配合比改为与 JC 477—2005 一致。

4.1.5 对高性能减水剂和抗分散剂，采用强制式搅拌机拌和能更客观地反映产品的特性。

工程中采用粉状外加剂时（速凝剂除外），一般提前溶于水后使用，故本条对室内检验也做同样规定。

增加对试验材料及环境温度的规定，与 GB 8076—2008 一致。注意该要求比现行 DL/T 5150 对成型和静养间温度波动范围的要求严格。

4.1.6 注意掺与不掺防冻剂的混凝土的坍落度原规程附录 D 规定为 (30±10) mm，现改为按 JC 475—2004 的规定后，为 (80±10) mm。

4.1.7 和原规程相比，主要增加了和防冻剂、抗分散剂有关的性能检验项目及所需数量，删除了关于钢筋锈蚀的规定，将关于抗冻标号的规定改为对相对耐久性的规定。

4.2 混凝土拌和物性能

4.2.1 和原规程相比，主要增加含气量经时变化量的检验方法。

4.3 硬化混凝土性能

4.3.3 删除原规程的抗冻标号试验方法，改为相对耐久性试验方法。

4.3.4 增加掺防冻剂混凝土的 50 次冻融强度损失率比试验方法，与 JC 475—2004 一致。

4.3.5 将原规程附录 D 中掺防冻剂混凝土的抗渗压力（或高度）比试验改为渗透高度比试验，与 JC 475—2004 一致。

4.4 外加剂的匀质性检验

4.4.1 本次修订要求高效减水剂、泵送剂也应检验总碱量。删除对引气剂总碱量的检验要求，因其本身掺量就很低。增加对泵送剂、防冻剂砂浆减水率的检验要求，因其性能要求中有减水率指标。删除对速凝剂砂浆减水率的要求。将对抗分散剂的水泥净浆流动度检验要求改为砂浆减水率检验要求。

4.4.3 增加关于采用离子色谱法测定氯离子含量的规定。

4.4.4 原规程对不溶物含量没有规定具体的试验方法。GB 8077—2000 中也没有此项检测方法。本次修订增加此项指标的检验方法，借鉴 JGJ 63—2006《混凝土用水标准》的规定，引用了 GB 11901 中的方法。

4.4.5 本条为新增。将原规程附录 B 关于速凝剂细度的检验规定修改放入本条。

5 工程应用要求

5.1 外加剂的选择

5.1.1 由于外加剂对混凝土施工质量等的重要影响，本规程要求在工程开工前应采用实际工程材料进行可靠的试验论证后方可正式使用，这是由于存在外加剂与原材料（特别是水泥）的适应性问题，厂家产品说明书所介绍的性能在结合工程的具体材料等条件时也常常会发生不相符的情况。若使用单位无其他要求，则适应性检测项目和性能要求应与第3章和第4章一致。外加剂的性能试验需要一定龄期，所以必须提前进行选定。

外加剂对水泥的适应性问题尤其需要注意。在混凝土材料中水泥对掺外加剂混凝土性能影响最大。以减水剂而言，不同减水剂品种对水泥的分散、减水、增强效果不同；对于同一种减水剂由于水泥矿物组成、混合材料品种和掺量、碱含量、石膏品种和掺量等不同，其减水、增强效果差别很大。

外加剂在使用过程中对其进行品质检测时，所需原材料应与工地使用原材料一致，这样才能充分反映外加剂的性能是否满足工程要求。以往有些工程在检测外加剂性能时，采用原规程中指定的基准水泥，这样可能不能满足工程的实际需要。因为外加剂对水泥的敏感性很强，特别是在一些大型工程中，外加剂厂家要根据工程实际使用原材料的情况对外加剂的组成进行多次调整以满足工程需要，这样往往会造成采用工程实际用原材料检测时其各项性能合格，但使用原规程 5.1.1.1 中规定材料检测时却有不合格的情况发生。

5.1.2 此条提出外加剂复合使用时，应注意其相容性及对混凝土

性能的影响。由于使用单位不知道外加剂原材料的组成，因此将几种外加剂复合使用时会产生某些组分超出规定的允许掺量范围，配制水剂溶液时，会产生絮凝、沉淀或化学反应等问题。因此应使用已复配好的外加剂。如使用单位自行将几种外加剂复合使用，必须通过试验论证，以保证混凝土质量。

5.1.3 为保证论证性试验的可靠性、公正性，这项试验必须经由具备计量认证资质的质检单位承担。取消了原规程中关于国家级和省部级计量认证的要求。

5.1.4 这是为防止一些不成熟的或未经检验的产品误被采用后产生不良后果。

5.1.5 为保证满足水工混凝土抗冻耐久性设计指标，应尽可能选择气泡结构合理的引气剂，引入对抗冻有效的微气泡；同时也可减少混凝土表面大气泡的数量。可参考 DL/T 5241《水工混凝土耐久性技术规范》等有关标准规范对气泡结构参数的要求。

5.2 外加剂的掺用

5.2.1 外加剂的品种选定后，外加剂掺量就成为决定外加剂效果的主要因素，为此本规程特别提出其掺量应根据使用要求、施工条件、原材料特性等因素通过试验确定。使用要求指的是工程的使用要求，如早强还是缓凝、节约水泥还是改善性能等。施工条件指的是现场工地条件，如气温、保温养护措施、地上施工还是地下施工，以及工地的管理操作水平。混凝土原材料的变化较大，原材料的改变对外加剂的影响效果也不一样。

5.2.2 鉴于外加剂掺量的微小变化可能会严重影响混凝土的质量，所以要求水溶性外加剂应稀释成一定比例的溶液，以在现场混凝土生产称量衡器精度的情况下，满足有关规范对外加剂称量允许偏差的要求。

5.2.3 为保证混凝土的耐久性，对外加剂中有些成分，如氯离子含量、硫酸根及总碱量等，都应严格按照有关施工规范控制使用，

以防止混凝土中由于上述成分的过量而使钢筋混凝土开裂或引起碱骨料反应而导致混凝土发生膨胀等,进而危及建筑物的耐久性。

5.2.4 为保证水工混凝土大面积浇筑层的覆盖,施工经常要求适当延长混凝土凝结时间。经试验确定合适品种掺量的同时,必须充分考虑工程使用的水泥中 SO_3 、 C_3A 等变化范围,以及气温等因素对混凝土凝结时间的敏感影响。适应性狭窄的缓凝型减水剂或缓凝剂,可能引起混凝土几天不凝或混凝土强度下降的风险。

5.3 外加剂的检验

5.3.2 采用工程实际用水泥进行外加剂检验时,可能由于水泥品质的变化导致检验结果变化,因此有必要对外加剂 and 水泥进行双留样,以便查找原因。

5.3.3 对进入工地的外加剂,应进行必要的简单快捷项目的检测,以确保外加剂的质量与其试配选用时一致。
