

建筑材料

——广东工程职业技术学院·建筑工程学院——





6

混凝土



知识要点

重点

了解混凝土基本知识，掌握混凝土的技术性能。

难点

混凝土配合比设计及性能检测。

目标：通过学习，应能正确合理地选择混凝土的组成材料，对混凝土的生产过程、配合比设计、质量控制全面掌握。



本章内容

6.1 混凝土概述

6.2 普通混凝土的组成材料

6.3 混凝土拌合物的技术性质

6.4 硬化混凝土的技术性质

6.5 混凝土的外加剂

6.6 混凝土外掺料

6.7 混凝土的配合比设计

6.8 混凝土的质量控制和强度评定

6.9 其他品种混凝土简介

6.10 混凝土性能检测

6.5 混凝土的外加剂

1、定义

外加剂是在混凝土搅拌之前或拌制过程中掺入的，用以**改善**新拌混凝土和(或)硬化混凝土**性能**的材料，所谓混凝土的**第五组分**。除特殊情况外，掺量一般不超过水泥用量的5%。

外加剂改善性能作用明显，特别是对于高强混凝土、高性能混凝土、早强混凝土、流态混凝土、大体积混凝土和喷射混凝土等。

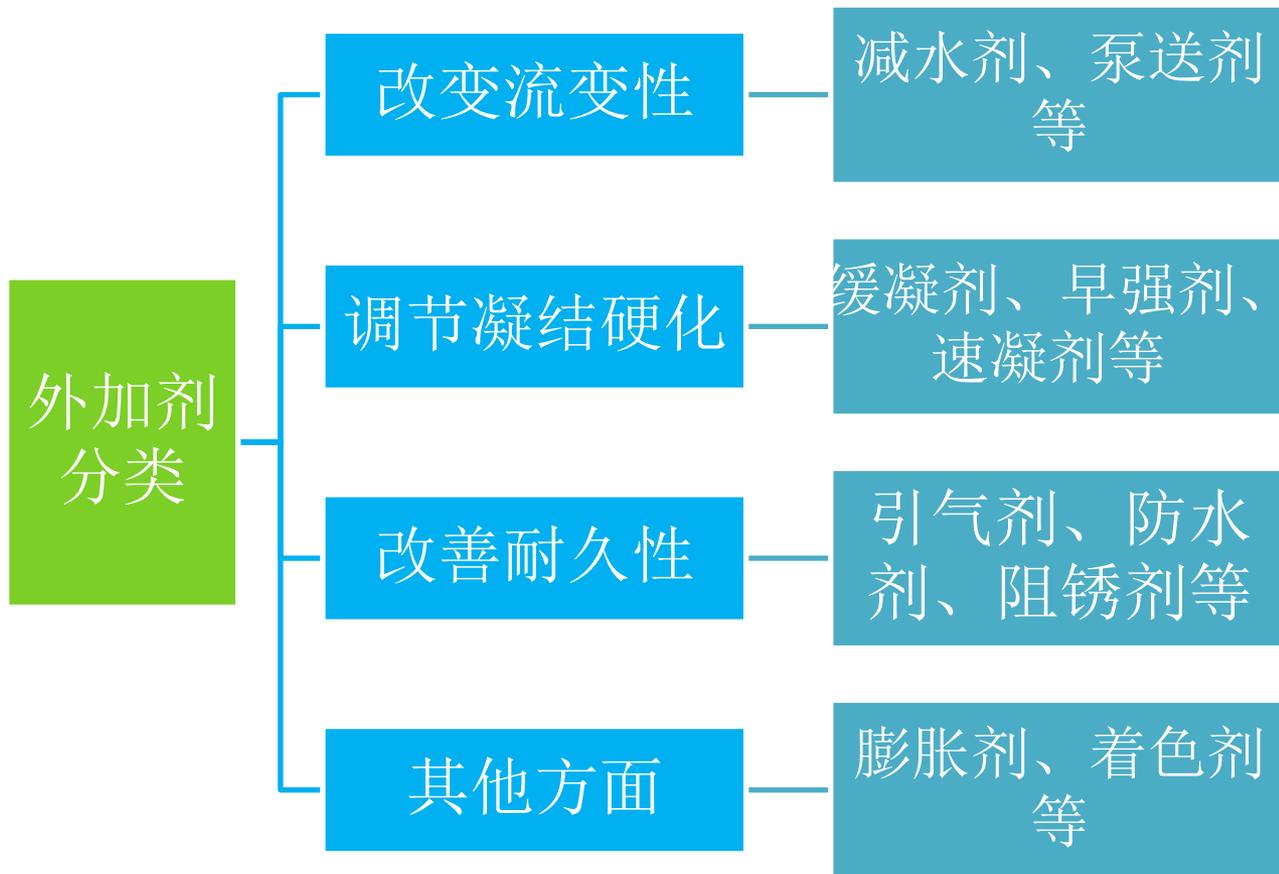
6.5 混凝土的外加剂

一、分类和使用效果

1、分类

外加剂按照使用功能进行分类：

6.5 混凝土的外加剂



6.5 混凝土的外加剂

2、使用效果

外加剂用于改善混凝土的性能，包括：

- (1) 改善和易性；
- (2) 提高强度或其他物理力学性能；
- (3) 节约水泥或替代特种水泥；
- (4) 加速早期强度发展；
- (5) 调节混凝土的凝结硬化速度；
- (6) 调节含气量、水化热释放、泌水性，改善耐腐蚀、泵送性、毛细孔结构等。

6.5 混凝土的外加剂

二、常用外加剂

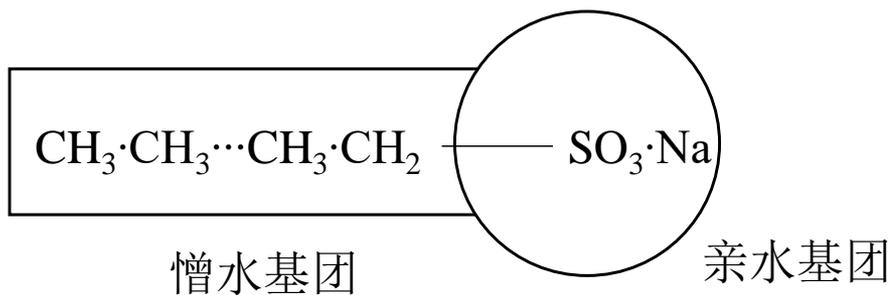
1、减水剂

在混凝土坍落度基本相同的条件下，能减少拌合用水量，或者在配合比和材料品种不变的情况下，增加坍落度。

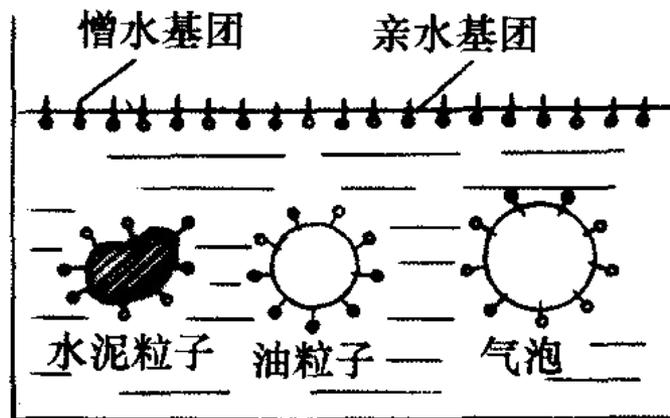
6.5 混凝土的外加剂

(1) 减水剂的作用机理

表面活性剂，亲水基团和憎水基团两部分组成。加入水溶液后，亲水基团指向溶液，憎水基团指向空气、固体或非极性液体并作定向排列，形成定向吸附膜，降低水的表面张力和二相间的界面张力。



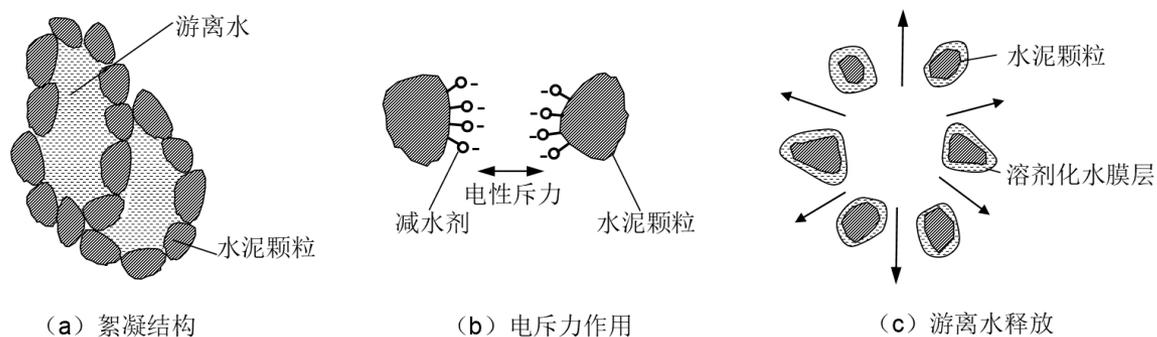
常用减水剂结构



表面活性剂分子的
吸附定向排列

6.5 混凝土的外加剂

吸附-分散作用：水泥加水后，因水泥颗粒间分子引力的作用而形成絮凝结构，10%-30%的水包裹其中。加减水剂后，憎水基团定向吸附于水泥颗粒表面，亲水基团指向水溶液，在水泥颗粒表面形成单分子或多分子吸附膜。



水泥浆的絮凝结构和减水剂作用示意图

润滑作用：减水剂吸附膜与水分子形成溶剂化水膜，润滑作用降低水泥颗粒间的阻力，增加混凝土的流动性。

6.5 混凝土的外加剂

减水剂的主要技术经济效果：

- 1) 增加流动性——用水量不变时，增大混凝土坍落度；
- 2) 提高强度——保持坍落度和水泥用量不变，可减少用水量，提高混凝土强度（15%~20%）；
- 3) 节约水泥——保持混凝土强度不变时，可节约水泥10%~15%，降低工程成本。

6.5 混凝土的外加剂

(2) 常用的减水剂

① 木质素磺酸盐系减水剂

木钙(MG)、木钠等。木钙有缓凝和引气作用，掺量0.2%~0.3%，减水率约为10%，若不减水则可增大坍落度80~100mm。用于夏季、滑模施工、大体积、泵送混凝土。



6.5 混凝土的外加剂

② 多环芳香族磺酸盐系

萘或萘的同系物，经磺化、缩合等工艺制成的棕黄色粉末或液体，又称萘系减水剂。

掺量0.5%~1.2%，减水率可达15%~30%，属高效减水剂，多数为非引气型。

应用：配制高强、早强、流态和蒸养混凝土制品和工程。



6.5 混凝土的外加剂

③ 水溶性树脂类

三聚氰胺、甲醛和亚硫酸钠经磺化、缩聚制成，最常用SM。

高效减水剂，掺量0.5%~2.0%减水率可达20%以上，7d强度可达基准28d强度。

应用：高强、早强、流态、蒸汽养护混凝土等。



6.5 混凝土的外加剂

2、早强剂

促进混凝土凝结硬化，提高早期强度的外加剂。

(1) 机理：加速水泥水化，促使水化产物早期结晶和沉淀，增大水泥石中固相物质的比例。

(2) 常用：

- 强电解质无机盐类——氯化钙和硫酸钠。
- 水溶性有机化合物——三乙醇胺，甲酸盐、乙酸盐、丙酸盐等。
- 复合早强剂。

6.5 混凝土的外加剂

(3) 选用早强剂要点：

- ① 氯盐类早强剂易使钢筋锈蚀，不得用在预应力混凝土。
- ② 含钾、钠离子的早强剂，会导致碱含量过高，不宜用于含碱活性骨料的混凝土。
- ③ 三乙醇胺有一定缓凝作用，掺量过多会造成严重缓凝和混凝土强度下降。



6.5 混凝土的外加剂

3、缓凝剂

能延缓混凝土的初凝和终凝时间。

(1) 种类：木质素磺酸盐类（掺量0.2%~0.3%，凝结时间延长2~3h）；糖蜜（掺量0.1%~0.3%，凝结时间延长2~4h）；羟基羧酸类（掺量0.03%~0.10%，凝结时间可延长4~10h）。

石膏
缓凝



石膏缓凝剂



6.5 混凝土的外加剂

(2) 作用：

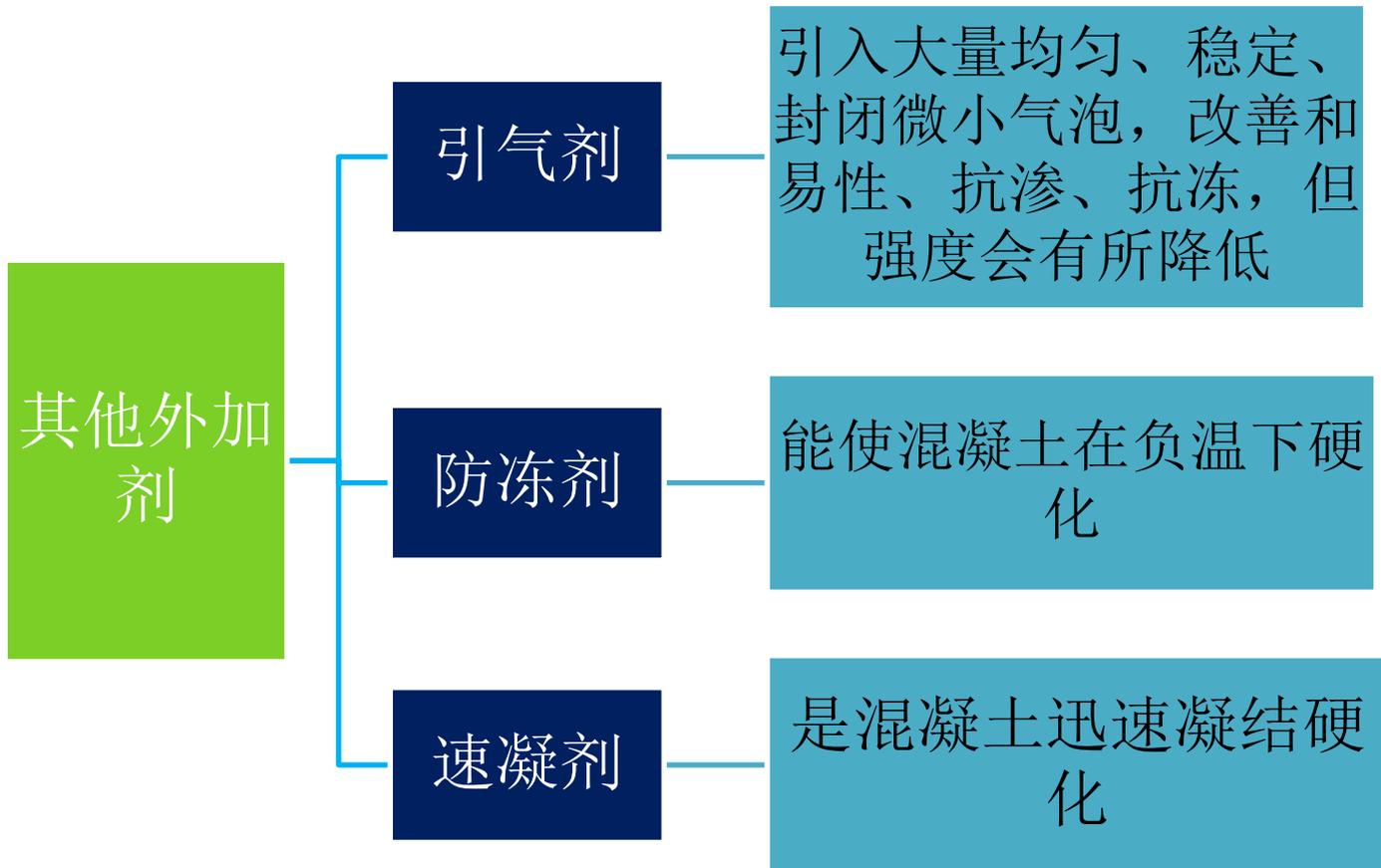
- 1) 降低水化热，减少温差引起的开裂；
- 2) 便于夏季施工和连续浇捣；
- 3) 便于泵送施工、滑模施工和远距离运输；
- 4) 有减水作用，提高后期强度或增加流动性。

(3) 应用：

高温季节、大体积、自流平、碾压、泵送和滑模混凝土的施工； 远距离运输商品混凝土。

6.5 混凝土的外加剂

4、其他外加剂



6.5 混凝土的外加剂

三、适用性因素及选择

1、适用因素

水泥和外加剂的适用性问题受以下因素影响：

- (1) 水泥及混凝土自身组成及状态；
- (2) 外加剂种类及掺量；
- (3) 混凝土的配合比，特别是水胶比；
- (4) 混凝土搅拌加料程序、拌合时温度、搅拌机类型等。

6.5 混凝土的外加剂

【延伸】贵州省质监局抽查混凝土外加剂产品质量 问题产品检出率为11.1%。

贵州省质量技术监督局在其官网公布2015年混凝土外加剂产品质量监督抽查结果。本次抽查涉及9家企业生产的9个批次混凝土外加剂，1家企业的1

毕节经济 开发区中 小企业创 业园第52 号厂房1 楼	HN-II	2015- 08-25	JG/T223- 2007《聚羧酸系 高性能减水 剂》、GZCCXZ 52125-2015《混 凝土外加剂》	不 合 格	凝结时间 差：初 凝： +105 终凝：+90	凝结时间 差：初 凝：>+120 终凝： >+120
--	-------	----------------	---	-------------	-------------------------------------	--

6.5 混凝土的外加剂

表 1 受检混凝土性能指标

项 目		外加剂品种												
		高性能减水剂 HPWR			高效减水剂 HWR		普通减水剂 WR			引气减水剂 AEWR	泵送剂 PA	早强剂 Ac	缓凝剂 Re	引气剂 AE
		早强型 HPWR-A	标准型 HPWR-S	缓凝型 HPWR-R	标准型 HWR-S	缓凝型 HWR-R	早强型 WR-A	标准型 WR-S	缓凝型 WR-R					
减水率/%,不小于		25	25	25	14	14	8	8	8	10	12	—	—	6
泌水率比/%,不大于		50	60	70	90	100	95	100	100	70	70	100	100	70
含气量/%		≤6.0	≤6.0	≤6.0	≤3.0	≤4.5	≤4.0	≤4.0	≤5.5	≥3.0	≤5.5	—	—	≥3.0
凝结时间之差/ min	初凝	-90~ +90	-90~ +120	>+90	-90~ +120	>+90	-90~ +90	-90~ +120	>+90	-90~ +120	—	-90~ +90	>+90	-90~ +120
	终凝	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 h 经时变化量	坍落度/mm	—	≤80	≤60	—	—	—	—	—	—	≤80	—	—	—
	含气量/%	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.5~ +1.5	—	—	—	-1.5~ +1.5
抗压强度 比/%, 不小于	1 d	180	170	—	140	—	135	—	—	—	—	135	—	—
	3 d	170	160	—	130	—	130	115	—	115	—	130	—	95
	7 d	145	150	140	125	125	110	115	110	110	115	110	100	95
	28 d	130	140	130	120	120	100	110	110	100	110	100	100	90
收缩率比/%, 不大于	28 d	110	110	110	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
相对耐久性(200次)/%, 不小于		—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—	80

6.5 混凝土的外加剂

2、使用原则

- (1) 正确选择品种，通过试验确定。复合使用时，应注意相容性，使用前必须进行试验。
- (2) 通过水泥适应性试验，水泥与外加剂的适应性试验。
- (3) 合理确定掺量和掺法，按推荐掺量、施工条件、原材料因素试验确定。掺入的方法不同，其效果也不同
- (4) 符合环保原则。
- (5) 控制碱含量，潮湿环境中、使用碱活性骨料时，应限制外加剂的碱含量。

6.6 混凝土外掺料

1、定义和作用

定义：拌合时加入的**天然或人工矿物粉状材料**，统称为混凝土掺合料，为**第六组分**，分为活性和非活性两种。如**粉煤灰、粒化高炉矿渣、硅灰、沸石粉、稻壳灰**等。

作用：节约水泥，改善工作性、强度、变形性能和耐久性；

注意：与生产水泥时掺加的混合材不同，混凝土掺合料是在配制过程中加入的，其品种和掺量可根据具体工程的要求确定。

6.6 混凝土外掺料

1、粉煤灰

燃煤锅炉烟气中收集到的细微粉末，颗粒多呈球形，表面光滑。



6.6 混凝土外掺料

拌制混凝土和砂浆用粉煤灰技术要求 (GB 1596-2005)

项目		I 级	II 级	III 级
细度, 45 μ m方孔筛筛余, %	F类、C类	≤ 12	≤ 25	≤ 45
需水量比, %	F类、C类	≤ 95	≤ 105	≤ 115
烧失量, %	F类、C类	≤ 5	≤ 8	≤ 15
含水率, %	F类、C类	≤ 1		
三氧化硫, %	F类、C类	≤ 3.5		
游离氧化钙, %	F类	≤ 1.0		
	C类	≤ 4.0		
安定性, 雷氏夹沸煮后增加距离, mm	F类、C类	≤ 5.0		

6.6 混凝土外掺料

掺粉煤灰对混凝土性能的影响：

- (1) 和易性，“滚珠”效应，提高流动性、利于泵送；
- (2) 强度，早期强度略低。同时掺高效减水剂，早期及后期强度均增长；
- (3) 水化热，代替部分水泥有效降低水化热；
- (4) 耐久性，填充效应，密实，抗渗，提高耐久性；
火山灰效应抑制碱-骨料反应；
- (5) 干缩，减少混凝土的干缩；
- (6) 碳化，混凝土的抗碳化性能有所降低。

6.6 混凝土外掺料

2、磨细矿粉

粒化高炉矿渣经干燥、磨细的粉状材料（细度大于 $350\text{m}^2/\text{kg}$ ）。

改善和易性（比粉煤灰略差），降低水化热，减少坍落度损失。难于磨细，能耗大，成本较高。



6.6 混凝土外掺料

3、硅粉（灰）

硅铁合金厂排放的烟气中收集到的极细颗粒。主要成分为 SiO_2 ，高活性火山灰质掺合料。粒径 $0.1\sim 1.0\ \mu\text{m}$ ，是水泥粒径的 $1/50\sim 1/100$ 。

可增强粘稠性，降低泌水性。



本节知识要点



Thank you

