

ICS 93.020

P 59

备案号: J490—2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5330—2005

水工混凝土配合比 设计规程

Code for mix design of hydraulic concrete

2005—11—28 发布

2006—06—01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言

1 范围	4
2 规范性引用文件	5
3 术语和符号	6
3.1 术语	6
3.2 符号	8
4 总则	10
5 混凝土配制强度的确定	12
6 混凝土配合比设计的基本参数	14
6.1 水胶比	14
6.2 用水量	14
6.3 骨料级配及砂率	16
6.4 外加剂及掺和料掺量	18
7 混凝土配合比的计算	19
8 混凝土配合比的试配、调整 and 确定	23
8.1 试配	23
8.2 调整	24
8.3 确定	24
9 特种混凝土配合比设计	26
10 水工砂浆配合比设计	29
10.1 砂浆配合比设计的基本原则	29
10.2 砂浆配制强度的确定	29
10.3 砂浆配合比的计算	30
10.4 砂浆配合比的试配、调整 and 确定	32

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达 2002 年度电力行业标准制定和修订计划的通知》（国经贸电力〔2002〕973 号文）的安排制定的。本标准中有关内容原属 SD 105—82《水工混凝土试验规程》的附录部分。为了适应我国水电水利事业发展的需要，并与国内外同类标准的发展相协调，在广泛征求意见基础上制定本标准。

本标准在制定过程中，既吸收了国内外同类标准中适合我国水工混凝土的有关内容，同时又突出了水工大体积混凝土的特点。随着水电水利工程混凝土技术的进步，外加剂、掺和料的使用日益普遍，混凝土的耐久性受到普遍重视，本标准在外加剂、掺和料的使用，以及混凝土耐久性方面做了较多的规定。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准负责起草单位：长江水利委员会长江科学院。

本标准参加起草单位：中国长江三峡工程开发总公司、中国水利水电科学研究院、南京水利科学研究院。

本标准主要起草人：杨华全、王迎春、李家正、李文伟、陈改新、陆采荣、董芸、苏杰、董维佳。

1 范 围

本标准规定了水电水利工程水工混凝土及砂浆配合比的设计方法。

本标准适用于水电水利工程水工混凝土及砂浆的配合比设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 175 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

GB 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥

GB/T 208 水泥密度测定方法

GB 1344 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥

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 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

GB/T 18046 用于水泥和混凝土中粒化高炉矿渣粉

DL/T 5055 水工混凝土掺用粉煤灰技术规范

DL/T 5057 水工混凝土结构设计规范

DL/T 5082 水工建筑物抗冰冻设计规范

DL/T 5100 水工混凝土外加剂技术规范

DL/T 5112 水工碾压混凝土施工规范

DL/T 5117 水下不分散混凝土试验规程

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 5151 水工混凝土砂石骨料试验规程

DL/T 5152 水工混凝土水质分析试验规程

DL/T 5181 水电水利工程锚喷支护施工规范

DL/T 5207 水工建筑物抗冲磨防空蚀混凝土技术规范

3 术 语 和 符 号

3.1 术 语

3.1.1

水工混凝土 **hydraulic concrete**

用于水电水利工程的挡水、发电、泄洪、输水、排沙等建筑物，密度为 2400kg/m^3 左右的水泥基混凝土。

3.1.2

水工砂浆 **hydraulic mortar**

指与水工混凝土接触使用的水泥基砂浆，用于混凝土与基岩接触铺筑、混凝土浇筑升层间铺筑、混凝土施工中局部处理等。

3.1.3

大体积混凝土 **mass concrete**

浇筑块体尺寸较大，需要考虑采取温控措施以减少裂缝发生概率的混凝土。

3.1.4

常态混凝土 **conventional concrete**

混凝土拌和物坍落度为 $10\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 的混凝土。

3.1.5

碾压混凝土 **roller compacted concrete**

利用振动碾振动压实的混凝土。

3.1.6

流动性混凝土 **flowing concrete**

混凝土拌和物坍落度不低于 100mm 的混凝土。

3.1.7

结构混凝土 **structural concrete**

用于水工建筑物中梁、板、柱等配有钢筋的混凝土。

3.1.8

预应力混凝土 prestressed concrete

施加预应力且强度等级不低于 C30 的混凝土。

3.1.9

泵送混凝土 pumped concrete

在混凝土泵的压力推动下，能沿管道输送到浇筑地点进行浇筑的流动性混凝土。

3.1.10

喷射混凝土 sprayed concrete

利用压缩空气或其他动力，将按一定配合比拌制的混凝土混合料沿管路输送至喷头处，以较高速度喷射于受喷面，依赖喷射过程中水泥与骨料的连续撞击，压密而形成的一种混凝土。

3.1.11

抗冲磨混凝土 abrasion resistant concrete

受含沙（石）水流冲刷，强度等级不低于 C35 的混凝土。

3.1.12

水下不分散混凝土 non-dispersible underwater concrete

参加了抗分散剂后具有水下不分散性的混凝土。

3.1.13

胶凝材料 cementitious material

水泥混凝土或砂浆中水泥及掺入的粉煤灰、矿渣粉、硅粉等材料的总称。

3.1.14

掺和料 pozzolanic material

拌制水泥混凝土或砂浆时掺入的粉煤灰、矿渣粉、硅粉等矿物质材料。

3.1.15

掺和料掺量 pozzolanic material content

掺和料质量占水泥与掺和料质量之和的百分比。

3.1.16

用水量 water content

每立方米混凝土中的拌和水量（不包括骨料吸收的水）。

3.1.17

水胶比 water-cementitious material ratio

水泥混凝土或砂浆中拌和水（不包括骨料吸收的水）与胶凝材料的质量比。

3.1.18

砂率 fine-to-coarse aggregate ratio

混凝土中砂与砂石的体积比或质量比，本标准中非注明的一般均指体积砂率。

3.1.19

VC 值 vibrating compacted value

碾压混凝土拌和物在规定振动频率及振幅、规定表面压强下，振至表面泛浆所需的时间（以 s 计）。

3.2 符 号

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计龄期的立方体抗压强度标准值，MPa；

$f_{m,0}$ ——砂浆配制强度，MPa；

$f_{m,k}$ ——砂浆设计龄期的立方体抗压强度标准值，MPa；

t ——概率度系数；

σ ——混凝土（砂浆）抗压强度标准差，MPa；

f_{ce} ——水泥 28d 龄期抗压强度实测值，MPa；

$w/(c+p)$ ——水胶比；

m_w ——每立方米混凝土用水量，kg；

m_c ——每立方米混凝土水泥用量，kg；

- m_p ——每立方米混凝土掺和料用量, kg;
 m_s ——每立方米混凝土砂子用量, kg;
 m_g ——每立方米混凝土石子用量, kg;
 $m_{c,e}$ ——每立方米混凝土拌和物质量假定值, kg;
 $m_{c,c}$ ——每立方米混凝土拌和物质量计算值, kg;
 $m_{c,t}$ ——每立方米混凝土拌和物质量实测值, kg;
 $m_{s,g}$ ——每立方米混凝土中砂、石的总质量, kg;
 α ——混凝土的含气量 (以百分数表示);
 β ——外加剂的减水率 (以百分数表示);
 P_m ——掺和料的掺量 (以百分数表示);
 S_v ——体积砂率 (指砂的体积占砂石总体积的百分比);
 S_m ——质量砂率 (指砂的质量占砂石总质量的百分比);
 ρ_c ——水泥密度, kg/m³;
 ρ_p ——掺和料密度, kg/m³;
 ρ_s ——砂子饱和面干表观密度, kg/m³;
 ρ_g ——石子饱和面干表观密度, kg/m³;
 ρ_w ——水的密度, kg/m³;
 δ ——混凝土配合比校正系数;
 $V_{s,g}$ ——每立方米混凝土中砂、石的绝对体积, m³;
 V_s ——每立方米砂浆中砂的绝对体积, m³。

4 总 则

4.0.1 为规范水工混凝土配合比设计方法，满足设计与施工要求，确保混凝土工程质量且经济合理，制定本标准。

4.0.2 混凝土配合比设计的基本原则：

1 应根据工程要求、结构型式、施工条件和原材料状况，配制出既满足工作性、强度及耐久性等要求又经济合理的混凝土，确定各项材料的用量；

2 在满足工作性要求的前提下，宜选用较小的用水量；

3 在满足强度、耐久性及其他要求的前提下，选用合适的水胶比；

4 宜选取最优砂率，即在保证混凝土拌和物具有良好的黏聚性并达到要求的工作性时用水量较小、拌和物密度较大所对应的砂率；

5 宜选用最大粒径较大的骨料及最佳级配。

4.0.3 混凝土配合比设计的主要步骤：

1 根据设计要求的强度和耐久性选定水胶比；

2 根据施工要求的工作度和石子最大粒径等选定用水量和砂率，用水量除以选定的水胶比计算出水泥用量（或胶凝材料用量）；

3 根据体积法或质量法计算砂、石用量；

4 通过试验和必要的调整，确定每立方米混凝土各项材料用量和配合比。

4.0.4 进行混凝土配合比设计时，应收集有关原材料的资料，并按 GB 175、GB 200、GB/T 208、GB 1344、GB/T 1346、GB/T 17671、GB/T 18046、DL/T 5055、DL/T 5100、DL/T 5151、DL/T 5152 等的要求对水泥、掺和料、外加剂、砂石骨料及拌和用水等的性能

进行试验，并符合 **DL/T 5144** 的规定。试验内容包括：

- 1 水泥的品种、品质、强度等级、密度等；
- 2 掺和料的品种、品质、密度等；
- 3 外加剂种类、品质等；
- 4 粗骨料岩性、种类、级配、表观密度、吸水率等；
- 5 细骨料岩性、种类、级配、表观密度、细度模数、吸水率等；
- 6 拌和用水品质。

4.0.5 进行混凝土配合比设计时，应收集相关工程设计资料，明确以下设计要求：

- 1 混凝土强度及保证率；
- 2 混凝土的抗渗等级、抗冻等级及其他性能指标；
- 3 混凝土的工作性；
- 4 骨料最大粒径。

4.0.6 进行混凝土配合比设计时，应根据原材料的性能及混凝土的技术要求进行配合比计算，并通过试验室试配、调整后确定。室内试验确定的配合比尚应根据现场情况进行必要的调整。

4.0.7 进行混凝土配合比设计时，除应遵守本标准的规定外，还应符合国家现行有关强制性标准的规定。

5 混凝土配制强度的确定

5.0.1 水工混凝土的强度等级应按混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值划分。水工混凝土的强度等级采用符号 **C** 加设计龄期下角标再加立方体抗压强度标准值表示，如 **C₃₀15**；若设计龄期为 **28d**，则省略下角标，如 **C15**。混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 **150mm** 的立方体试件，在设计龄期用标准试验方法测得的具有设计保证率的抗压强度，以 **N/mm²** 或 **MPa** 计。

5.0.2 混凝土配制强度按下式计算：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + t\sigma \quad (5.0.2)$$

式中：

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度，**MPa**；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值，**MPa**；

t ——概率度系数，由给定的保证率 P 选定，其值按表 5.0.2 选用；

σ ——混凝土立方体抗压强度标准差，**MPa**。

表 5.0.2 保证率和概率度系数关系

保证率 P %	70.0	75.0	80.0	84.1	85.0	90.0	95.0	97.7	99.9
概率度系数 t	0.525	0.675	0.840	1.0	1.040	1.280	1.645	2.0	3.0

5.0.3 当设计龄期为 **28d** 时，抗压强度保证率 P 为 **95%**。其他龄期混凝土抗压强度保证率应符合设计要求。

5.0.4 混凝土抗压强度标准差 σ ，宜按同品种混凝土抗压强度统计资料确定。

- 1 统计时，混凝土抗压强度试件总数应不少于 30 组。
- 2 根据近期相同抗压强度、相同生产工艺和配合比的同品种混凝土抗压强度资料，混凝土抗压强度标准差 σ 按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{f_{cu}}^2}{n-1}} \quad (5.0.4)$$

式中：

- $f_{cu,i}$ ——第 i 组试件抗压强度，MPa；
- $m_{f_{cu}}$ —— n 组试件的抗压强度平均值，MPa；
- n ——试件组数。

3 当混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值小于和等于 25MPa，其抗压强度标准差 σ 计算值小于 2.5MPa 时，计算配制抗压强度用的标准差应取不小于 2.5MPa；当混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值等于或大于 30MPa，其抗压强度标准差计算值小于 3.0MPa 时，计算配制抗压强度用的标准差应取不小于 3.0MPa。

5.0.5 当无近期同品种混凝土抗压强度统计资料时， σ 值可按表 5.0.5 取用。施工中应根据现场施工时段强度的统计结果调整 σ 值。

表 5.0.5 标准差 σ 选用值

设计龄期混凝土抗压强度标准值 MPa	≤15	20~25	30~35	40~45	50
混凝土抗压强度标准差 σ MPa	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

6 混凝土配合比设计的基本参数

6.1 水 胶 比

6.1.1 混凝土的水胶比应根据设计对混凝土强度的要求，通过试验确定，并应符合 DL/T 5144 的规定。

6.1.2 混凝土的水胶比还应满足设计规定的抗渗、抗冻等级等要求。混凝土抗渗、抗冻等级与水泥品种、水胶比、外加剂和掺和料品种及掺量、混凝土龄期等因素有关。对于大中型工程，应通过试验建立相应的关系曲线，并根据试验结果，选择满足设计技术指标要求的水胶比。在没有试验资料时，抗冻混凝土的水胶比，宜根据混凝土抗冻等级和所用的骨料最大粒径按 DL/T 5082 的要求选用。

6.1.3 掺掺和料时混凝土的最大水胶比应适当降低，并通过试验确定。

6.2 用 水 量

6.2.1 混凝土用水量，应根据骨料最大粒径、坍落度、外加剂、掺和料以及适宜的砂率通过试拌确定。

6.2.2 常态混凝土用水量：

1 水胶比在 0.40~0.70 范围，当无试验资料时，其初选用水量可按表 6.2.2 选取。

表 6.2.2 常态混凝土初选用水量 kg/m^3

混凝土 坍落度 mm	卵石最大粒径				碎石最大粒径			
	20mm	40mm	80mm	150mm	20mm	40mm	80mm	150mm
10~30	160	140	120	105	175	155	135	120

表 6.2.2 (续)

混凝土 坍落度 mm	卵石最大粒径				碎石最大粒径			
	20mm	40mm	80mm	150mm	20mm	40mm	80mm	150mm
30~50	165	145	125	110	180	160	140	125
50~70	170	150	130	115	185	165	145	130
70~90	175	155	135	120	190	170	150	135
注 1: 本表适用于细度模数为 2.6~2.8 的天然中砂。当使用细砂或粗砂时, 用水量需增加或减少 $3\text{kg/m}^3 \sim 5\text{kg/m}^3$ 。 注 2: 采用人工砂时, 用水量需增加 $5\text{kg/m}^3 \sim 10\text{kg/m}^3$ 。 注 3: 掺入火山灰质掺和料时, 用水量需增加 $10\text{kg/m}^3 \sim 20\text{kg/m}^3$; 采用 I 级粉煤灰时, 用水量可减少 $5\text{kg/m}^3 \sim 10\text{kg/m}^3$ 。 注 4: 采用外加剂时, 用水量应根据外加剂的减水率作适当调整, 外加剂的减水率应通过试验确定。 注 5: 本表适用于骨料含水状态为饱和面干状态。								

2 水胶比小于 0.40 的混凝土以及采用特殊成型工艺的混凝土用水量应通过试验确定。

6.2.3 流动性混凝土的用水量宜按下列步骤计算:

1 以表 6.2.2 中坍落度 90mm 的用水量为基础, 按坍落度每增大 20mm 用水量增加 5kg/m^3 , 计算出未掺外加剂时的混凝土用水量。

2 掺外加剂时的混凝土用水量可按下式计算:

$$m_w = m_{w0} (1 - \beta) \quad (6.2.3)$$

式中:

m_w —— 掺外加剂时混凝土用水量, kg;

m_{w0} —— 未掺外加剂时混凝土用水量, kg;

β —— 外加剂减水率。

3 外加剂的减水率应通过试验确定。

6.2.4 碾压混凝土用水量:

水胶比在 0.40~0.70 范围, 当无试验资料时, 其初选用水量可按表 6.2.4 选取。

表 6.2.4 碾压混凝土初选用水量 kg/m^3

碾压混凝土 VC 值 s	卵石最大粒径 mm		碎石最大粒径 mm	
	40	80	40	80
1~5	120	105	135	115
5~10	115	100	130	110
10~20	110	95	120	105
注 1: 本表适用于细度模数为 2.6~2.8 的天然中砂, 当使用细砂或粗砂时, 用水量需增加或减少 $5\text{kg/m}^3 \sim 10\text{kg/m}^3$ 。 注 2: 采用人工砂时, 用水量需增加 $5\text{kg/m}^3 \sim 10\text{kg/m}^3$ 。 注 3: 掺入火山灰质掺和料时, 用水量需增加 $10\text{kg/m}^3 \sim 20\text{kg/m}^3$; 采用 I 级粉煤灰时, 用水量可减少 $5\text{kg/m}^3 \sim 10\text{kg/m}^3$ 。 注 4: 采用外加剂时, 用水量应根据外加剂的减水率作适当调整, 外加剂的减水率应通过试验确定。 注 5: 本表适用于骨料含水状态为饱和面干状态。				

6.3 骨料级配及砂率

6.3.1 石子按粒径依次分为 5mm~20mm、20mm~40mm、40mm~80mm、80mm~150mm (120mm) 四个粒级。水工大体积混凝土宜尽量使用最大粒径较大的骨料, 石子最佳级配 (或组合比) 应通过试验确定, 一般以紧密堆积密度较大、用水量较小时的级配为宜。当无试验资料时, 可按表 6.3.1 选取。

表 6.3.1 石子组合比初选

混凝土种类	级配	石子最大粒径 mm	卵石 (小:中:大:特大)	碎石 (小:中:大:特大)
常态 混凝土	二	40	40:60:0:0	40:60:0:0
	三	80	30:30:40:0	30:30:40:0
	四	150	20:20:30:30	25:25:20:30
碾压 混凝土	二	40	50:50:0:0	50:50:0:0
	三	80	30:40:30:0	30:40:30:0
注: 表中比例为质量比。				

6.3.2 混凝土配合比宜选取最优砂率。最优砂率应根据骨料品种、品质、粒径、水胶比和砂的细度模数等通过试验选取。当无试验资料时，砂率可按以下原则确定：

1 混凝土坍落度小于 10mm 时，砂率应通过试验确定。混凝土坍落度为 10mm~60mm 时，砂率可按表 6.3.2-1 初选并通过试验最后确定。混凝土坍落度大于 60mm 时，砂率可通过试验确定，也可在表 6.3.2-1 的基础上按坍落度每增大 20mm，砂率增大 1% 的幅度予以调整。

表 6.3.2-1 常态混凝土砂率初选 %

骨料最大粒径 mm	水胶比			
	0.40	0.50	0.60	0.70
20	36~38	38~40	40~42	42~44
40	30~32	32~34	34~36	36~38
80	24~26	26~28	28~30	30~32
150	20~22	22~24	24~26	26~28
注 1：本表适用于卵石、细度模数为 2.6~2.8 的天然中砂拌制的混凝土。 注 2：砂的细度模数每增减 0.1，砂率相应增减 0.5%~1.0%。 注 3：使用碎石时，砂率需增加 3%~5%。 注 4：使用人工砂时，砂率需增加 2%~3%。 注 5：掺用引气剂时，砂率可减小 2%~3%；掺用粉煤灰时，砂率可减小 1%~2%。				

2 碾压混凝土的砂率可按表 6.3.2-2 初选并通过试验最后确定。

表 6.3.2-2 碾压混凝土砂率初选 %

骨料最大粒径 mm	水胶比			
	0.40	0.50	0.60	0.70
40	32~34	34~36	36~38	38~40
80	27~29	29~32	32~34	34~36
注 1：本表适用于卵石、细度模数为 2.6~2.8 的天然中砂拌制的 VC 值为 3s~7s 的碾压混凝土。 注 2：砂的细度模数每增减 0.1，砂率相应增减 0.5%~1.0%。 注 3：使用碎石时，砂率需增加 3%~5%。 注 4：使用人工砂时，砂率需增加 2%~3%。 注 5：掺用引气剂时，砂率可减小 2%~3%；掺用粉煤灰时，砂率可减小 1%~2%。				

6.4 外加剂及掺和料掺量

6.4.1 外加剂掺量按胶凝材料质量的百分比计，应通过试验确定，并应符合国家和行业现行有关标准的规定。

6.4.2 掺和料的掺量按胶凝材料质量的百分比计，应通过试验确定，并应符合国家和行业现行有关标准的规定。

6.4.3 有抗冻要求的混凝土，必须掺用引气剂，其掺量应根据混凝土的含气量要求通过试验确定。对大中型水电水利工程，混凝土的最小含气量应通过试验确定；当没有试验资料时，混凝土的最小含气量应符合 DL/T 5082 的规定。混凝土的含气量不宜超过 7%。

7 混凝土配合比的计算

7.0.1 混凝土配合比计算应以饱和面干状态骨料为基准。

7.0.2 混凝土配合比应按下列步骤进行计算：

1 计算配制强度 $f_{cu,0}$ ，求出相应的水胶比，并根据混凝土抗渗、抗冻等级等要求和允许的最大水胶比限值选定水胶比；

2 选取混凝土的用水量，并计算出混凝土的水泥用量（或胶凝材料用量）；

3 选取砂率，计算砂子和石子的用量，并提出试配用的计算配合比。

7.0.3 根据混凝土配制强度选择水胶比。在适宜范围内，可选择 3~5 个水胶比，在一定条件下通过试验，建立强度与胶水比的回归方程（式 7.0.3-1）或图表，按强度与胶水比关系，选择相应于配制强度的水胶比。

$$f_{cu,0} = Af_{ce} \left[\frac{c+p}{w} - B \right] \quad (7.0.3-1)$$

$$w/(c+p) = \frac{Af_{ce}}{f_{cu,0} + ABf_{ce}} \quad (7.0.3-2)$$

式中：

$f_{cu,0}$ ——混凝土的配制强度，MPa；

f_{ce} ——水泥 28d 龄期抗压强度实测值，MPa；

$(c+p)/w$ ——胶水比；

$w/(c+p)$ ——水胶比；

A 、 B ——回归系数，应根据工程使用的水泥、掺和料、骨料、外加剂等，通过试验由建立的水胶比与混凝土强度关系式确定。

7.0.4 根据工程需要,通过试验确定混凝土强度增长率,即在标准养护条件下,其他龄期的强度与 28d 龄期的强度之比的百分数。

7.0.5 混凝土的水胶比应符合 6.1 的规定。

7.0.6 混凝土的用水量可按 6.2 确定。

7.0.7 混凝土的胶凝材料用量 ($m_c + m_p$)、水泥用量 (m_c) 和掺和料用量 (m_p) 按下式计算:

$$m_c + m_p = \frac{m_w}{w/(c+p)} \quad (7.0.7-1)$$

$$m_c = (1 - P_m)(m_c + m_p) \quad (7.0.7-2)$$

$$m_p = P_m(m_c + m_p) \quad (7.0.7-3)$$

式中:

m_c ——每立方米混凝土水泥用量, kg;

m_p ——每立方米混凝土掺和料用量, kg;

m_w ——每立方米混凝土用水量, kg;

P_m ——掺和料掺量;

$w/(c+p)$ ——水胶比。

7.0.8 混凝土的砂率可按 6.3 确定。

7.0.9 砂、石骨料用量由已确定的用水量、水泥(胶凝材料)用量和砂率,根据“体积法”或“质量法”计算。

1 体积法:基本原理是混凝土拌和物的体积等于各项材料的绝对体积与空气体积之和。

1) 每立方米混凝土中砂、石的绝对体积为:

$$V_{s,g} = 1 - \left[\frac{m_w}{\rho_w} + \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_p}{\rho_p} + \alpha \right] \quad (7.0.9-1)$$

砂子用量:

$$m_s = V_{s,g} S_v \rho_s \quad (7.0.9-2)$$

石子用量:

$$m_g = V_{s,g}(1 - S_v)\rho_g \quad (7.0.9-3)$$

式中：

$V_{s,g}$ ——每立方米混凝土中砂、石的绝对体积， m^3 ；

m_w ——每立方米混凝土用水量， kg ；

m_c ——每立方米混凝土水泥用量， kg ；

m_p ——每立方米混凝土掺和料用量， kg ；

m_s ——每立方米混凝土砂子用量， kg ；

m_g ——每立方米混凝土石子用量， kg ；

α ——混凝土含气量；

S_v ——体积砂率；

ρ_w ——水的密度， kg/m^3 ；

ρ_c ——水泥密度， kg/m^3 ；

ρ_p ——掺和料密度， kg/m^3 ；

ρ_s ——砂子饱和面干表观密度， kg/m^3 ；

ρ_g ——石子饱和面干表观密度， kg/m^3 。

2) 各项石子用量按选定的组合比例计算。

2 质量法：基本原理是混凝土拌和物的质量等于各项材料质量之和。

1) 混凝土拌和物的质量应通过试验确定，计算时可按表 7.0.9 选用。

表 7.0.9 混凝土拌和物质量假定值

混凝土种类	石子最大粒径				
	20mm	40mm	80mm	120mm	150mm
普通混凝土 kg/m^3	2380	2400	2430	2450	2460
引气混凝土 kg/m^3	2280 (5.5%)	2320 (4.5%)	2350 (3.5%)	2380 (3.0%)	2390 (3.0%)
注 1：适用于骨料表观密度为 $2600\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2650\text{kg}/\text{m}^3$ 的混凝土。 注 2：骨料表观密度每增减 $100\text{kg}/\text{m}^3$ ，混凝土拌和物质量相应增减 $60\text{kg}/\text{m}^3$ ；混凝土含气量每增、减 1%，拌和物质量相应减、增 1%。 注 3：表中括弧内的数字为引气混凝土的含气量。					

砂石总质量：

$$m_{s,g} = m_{c,e} - (m_w + m_c + m_p) \quad (7.0.9-4)$$

砂子用量：

$$m_s = m_{s,g} S_m \quad (7.0.9-5)$$

石子用量：

$$m_g = m_{s,g} - m_s \quad (7.0.9-6)$$

式中：

$m_{s,g}$ ——每立方米混凝土中砂、石总质量，kg；

$m_{c,e}$ ——每立方米混凝土拌和物质量假定值，kg；

m_w ——每立方米混凝土用水量，kg；

m_c ——每立方米混凝土水泥用量，kg；

m_p ——每立方米混凝土掺和料用量，kg；

m_s ——每立方米混凝土砂子用量，kg；

m_g ——每立方米混凝土石子用量，kg；

S_m ——质量砂率。

2) 各级石子用量按选定的组合比例计算。

7.0.10 列出混凝土各项材料的计算用量和比例。

8 混凝土配合比的试配、调整和确定

8.1 试 配

8.1.1 在混凝土配合比试配时，应采用工程中实际使用的原材料。混凝土的拌和，应按 DL/T 5150 进行。

8.1.2 在混凝土试配时，每盘混凝土的最小拌和量应符合表 8.1.2 的规定，当采用机械拌和时，其拌和量不宜小于拌和机额定拌和量的 1/4。

表 8.1.2 混凝土试配的最小拌和量

骨料最大粒径 mm	拌和物数量 L
20	15
40	25
≥80	40

8.1.3 按计算的配合比进行试拌，根据坍落度、含气量、泌水、离析等情况判断混凝土拌和物的工作性，对初步确定的用水量、砂率、外加剂掺量等进行适当调整。用选定的水胶比和用水量，每次增减砂率 1%~2% 进行试拌，坍落度最大时的砂率即为最优砂率。用最优砂率试拌，调整用水量至混凝土拌和物满足工作性要求，然后提出进行混凝土抗压强度试验用的配合比。

8.1.4 混凝土强度试验至少应采用三个不同水胶比的配合比，其中一个应为 8.1.3 确定的配合比，其他配合比的用水量不变，水胶比依次增减，变化幅度为 0.05，砂率可相应增减 1%。当不同水胶比的混凝土拌和物坍落度与要求值的差超过允许偏差时，可通过增、减用水量进行调整。

8.1.5 根据试配的配合比成型混凝土立方体抗压强度试件，标准养护到规定龄期进行抗压强度试验。根据试验得出混凝土抗压强度与水胶比关系曲线，用作图法或计算法求出与混凝土配制强度（ $f_{cu,0}$ ）相对应的水胶比。

8.2 调 整

8.2.1 按 8.1 试配结果，计算混凝土各项材料用量和比例，并按 8.2.2 进行校正。

8.2.2 经试配确定配合比后，尚应按下列步骤进行校正：

1 按确定的材料用量用下式计算每立方米混凝土拌和物的质量：

$$m_{c,c} = m_w + m_c + m_p + m_s + m_g \quad (8.2.2-1)$$

2 按下式计算混凝土配合比校正系数 δ ：

$$\delta = \frac{m_{c,t}}{m_{c,c}} \quad (8.2.2-2)$$

式中：

δ ——配合比校正系数；

$m_{c,c}$ ——每立方米混凝土拌和物质量计算值，kg；

$m_{c,t}$ ——每立方米混凝土拌和物质量实测值，kg；

m_w ——每立方米混凝土用水量，kg；

m_c ——每立方米混凝土水泥用量，kg；

m_p ——每立方米混凝土掺和料用量，kg；

m_s ——每立方米混凝土砂子用量，kg；

m_g ——每立方米混凝土石子用量，kg。

3 按校正系数 δ 对配合比中各项材料用量进行调整，即为调整的设计配合比。

8.3 确 定

8.3.1 当混凝土有抗渗、抗冻等其他技术指标要求时，应用满

足抗压强度要求的设计配合比，按 **DL/T 5150** 进行相关性能试验。如不满足要求，则应对配合比进行适当调整，直到满足设计要求为止。

8.3.2 当使用过程中遇下列情况之一时，应调整或重新进行配合比设计：

- 1 混凝土性能指标要求有变化时；
- 2 混凝土原材料品种、质量有明显变化时。

9 特种混凝土配合比设计

9.0.1 特种混凝土的配合比设计方法与常态混凝土配合比设计方法相同。

9.0.2 碾压混凝土所用原材料、配合比设计尚应符合 DL/T 5112 的规定。

9.0.3 结构混凝土所用原材料、配合比设计除应符合 DL/T 5057 的规定外，尚应符合下列规定：当掺用掺和料较多时，除应满足强度要求外，还应进行钢筋锈蚀及混凝土碳化试验。

9.0.4 预应力混凝土所用原材料、配合比设计应符合下列规定：

1 宜选用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；不宜使用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥。

2 应选用质地坚硬、级配良好的中粗砂。

3 应选用连续级配骨料，骨料最大粒径不应超过 40mm。

4 不宜掺用氯离子含量超过水泥质量 0.02% 的外加剂。

5 不宜掺用掺和料。

6 混凝土早期强度应能满足施加预应力的要求。

9.0.5 泵送混凝土所用原材料、配合比设计应符合下列规定：

1 宜选用硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，不宜使用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥。

2 宜选用质地坚硬、级配良好的中粗砂。

3 应选用连续级配骨料，骨料最大粒径不宜超过 40mm。骨料最大粒径与输送管径之比应符合表 9.0.5 的规定。

4 应掺用坍落度经时损失小的泵送剂或缓凝高效减水剂、引气剂等。

5 宜掺用粉煤灰等活性掺和料。

表 9.0.5 骨料最大粒径与输送管径之比

石子品种	泵送高度 m	骨料最大粒径与输送管径之比
碎石	<50	$\leq 1:3.0$
	50~100	$\leq 1:4.0$
	>100	$\leq 1:5.0$
卵石	<50	$\leq 1:2.5$
	50~100	$\leq 1:3.0$
	>100	$\leq 1:4.0$

6 水胶比不宜大于 0.60。

7 胶凝材料用量不宜低于 300kg/m^3 。

8 砂率宜为 35%~45%。

9 当掺用掺和料较多时，除应满足强度要求外，还应进行钢筋锈蚀及混凝土碳化试验。

9.0.6 喷射混凝土所用原材料、配合比设计除应符合 DL/T 5181 的规定外，尚应符合下列规定：

1 水泥用量应较大，但也不宜超过 400kg/m^3 。

2 干法喷射水泥与砂石的质量比宜为 1:4.0~1:4.5，水胶比宜为 0.40~0.45，砂率宜为 45%~55%；湿法喷射水泥与砂石的质量比宜为 1:3.5~1:4.0，水胶比宜为 0.42~0.50，砂率宜为 50%~60%。

3 用于湿法喷射的混合料拌制后，应进行坍落度测试，其坍落度宜为 80mm~120mm。

4 当掺用钢纤维时，钢纤维的直径宜为 0.3mm~0.5mm；钢纤维的长度宜为 20mm~25mm，且不得大于 25mm；钢纤维的掺量宜为干混合料质量的 3.0%~6.0%。

9.0.7 抗冲磨混凝土所用原材料、配合比设计应符合 **DL/T 5207** 的规定。

9.0.8 水下不分散混凝土所用原材料、配合比设计应符合 **DL/T 5117** 的规定。

10 水工砂浆配合比设计

10.1 砂浆配合比设计的基本原则

10.1.1 砂浆的技术指标要求应与其接触的混凝土的设计指标相适应。

10.1.2 砂浆所使用的原材料应与其接触的混凝土所使用的原材料相同。

10.1.3 砂浆应与其接触的混凝土所使用的掺和料品种、掺量相同，减水剂的掺量为混凝土掺量的 70% 左右。当掺引气剂时，其掺量应通过试验确定，以含气量达到 7%~9% 时的参量为宜。

10.1.4 采用体积法计算每立方米砂浆各项材料用量。

10.2 砂浆配制强度的确定

10.2.1 砂浆的强度等级应按砂浆设计龄期立方体抗压强度标准值划分。水工砂浆的强度等级采用符号 **M** 加设计龄期下角标再加立方体抗压强度标准值表示，如 **M₉₀15**；若设计龄期为 28d，则省略下角标，如 **M15**。砂浆设计龄期立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 7.07mm 的立方体试件，在设计龄期用标准试验方法测得的具有设计保证率的抗压强度，以 N/mm² 或 MPa 计。

10.2.2 砂浆配制抗压强度按下式计算：

$$f_{m,0} = f_{m,k} + t\sigma \quad (10.2.2)$$

式中：

$f_{m,0}$ —— 砂浆配制抗压强度，MPa；

$f_{m,k}$ —— 砂浆设计龄期立方体抗压强度标准值，MPa；

t ——概率度系数，由给定的保证率 P 选定，其值按表 5.0.5 选用；

σ ——砂浆立方体抗压强度标准差，MPa。

10.2.3 当设计龄期为 28d 时，抗压强度保证率 P 为 95%。其他龄期砂浆抗压强度保证率应符合设计要求。

10.2.4 砂浆抗压强度标准差 σ ，宜按同品种砂浆抗压强度统计资料确定。

1 统计时，砂浆抗压强度试件总数应不少于 25 组；

2 根据近期相同抗压强度、相同生产工艺和配合比的同品种砂浆抗压强度资料，砂浆抗压强度标准差 σ 按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{m,i}^2 - nm_{\bar{f}_m}^2}{n-1}} \quad (10.2.4)$$

式中：

$f_{m,i}$ ——第 i 组试件抗压强度，MPa；

$m_{\bar{f}_m}$ —— n 组试件的抗压强度平均值，MPa；

n ——试件组数。

3 当无近期同品种砂浆抗压强度统计资料时， σ 值可按表 10.2.4 取用。施工中应根据现场施工时段抗压强度的统计结果调整 σ 值。

表 10.2.4 标准差 σ 选用值

设计龄期砂浆抗压强度标准值 MPa	≤10	15	≥20
砂浆抗压强度标准差 MPa	3.5	4.0	4.5

10.3 砂浆配合比的计算

10.3.1 可选择与其接触混凝土的水胶比作为砂浆的初选水胶比。

10.3.2 砂浆配合比设计时用水量可按表 10.3.2 确定。

表 10.3.2 砂浆参考用水量 (稠度 40mm~60mm)

水泥品种	砂子细度	用水量 kg/m ³
普通硅酸盐水泥	粗砂	270
	中砂	280
	细砂	310
矿渣硅酸盐水泥	粗砂	275
	中砂	285
	细砂	315
稠度±10mm	用水量± (8kg/m ³ ~10kg/m ³)	

10.3.3 砂浆的胶凝材料用量 ($m_c + m_p$)、水泥用量 (m_c) 和掺和料用量 (m_p) 按下式计算:

$$m_c + m_p = \frac{m_w}{w/(c+p)} \quad (10.3.3-1)$$

$$m_c = (1 - P_m)(m_c + m_p) \quad (10.3.3-2)$$

$$m_p = P_m(m_c + m_p) \quad (10.3.3-3)$$

式中:

m_c ——每立方米砂浆水泥用量, kg;

m_p ——每立方米砂浆掺和料用量, kg;

m_w ——每立方米砂浆用水量, kg;

$w/(c+p)$ ——水胶比;

P_m ——掺和料用量。

10.3.4 砂子用量由已确定的用水量和胶凝材料用量, 根据体积法计算:

$$V_s = 1 - \left[\frac{m_w}{\rho_w} + \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_p}{\rho_p} + \alpha \right] \quad (10.3.4-1)$$

$$m_s = \rho_s V_s \quad (10.3.4-2)$$

式中：

V_s ——每立方米砂浆中砂的绝对体积， m^3 ；

m_w ——每立方米砂浆用水量， kg ；

m_c ——每立方米砂浆水泥用量， kg ；

m_p ——每立方米砂浆掺和料用量， kg ；

α ——含气量，一般为 $7\% \sim 9\%$ ；

ρ_w ——水的密度， kg/m^3 ；

ρ_c ——水泥密度， kg/m^3 ；

ρ_p ——掺和料密度， kg/m^3 ；

ρ_s ——砂子饱和面干表观密度， kg/m^3 ；

m_s ——每立方米砂浆砂子用量， kg 。

10.3.5 列出砂浆各项材料的计算用量和比例。

10.4 砂浆配合比的试配、调整和确定

10.4.1 按计算的配合比进行试拌，固定水胶比，调整用水量直至达到设计要求的稠度。由调整后的用水量提出进行砂浆抗压强度试验用的配合比。

10.4.2 砂浆抗压强度试验至少应采用三个不同的配合比，其中一个应为 10.4.1 确定的配合比，其他配合比的用水量不变，水胶比依次增减，变化幅度为 0.05。当不同水胶比的砂浆稠度不能满足设计要求时，可通过增、减用水量进行调整。

10.4.3 测定满足设计要求的稠度时每立方米砂浆的质量、含气量及抗压强度，根据 28d 龄期抗压强度试验结果，绘出抗压强度与水胶比（或砂灰比）关系曲线，用作图法或计算法求出与砂浆配制强度（ $f_{m,0}$ ）相对应的水胶比（或砂灰比）。

10.4.4 按式 (10.3.3-1)、式 (10.3.3-2)、式 (10.3.3-3)、式 (10.3.4-1)、式 (10.3.4-2) 计算出每立方米砂浆中各项材料用量及比例，并经试拌确定最终配合比。