

C80混凝土的工作性及黏度控制

丁玉峰¹ 崔斌²

1. 爱德森堡新材料有限公司 安徽 合肥 230000

2. 新疆一方商品混凝土有限责任公司 新疆 昌吉 831700

摘要：采用正交试验设计方法对C80高强高性能混凝土的配合比进行设计与优化，通过的选材的把控，重点控制混凝土的黏度、倒坍时间、强度等指标，让生产、施工过程中获得良好的施工性能，降低混凝土的敏感性和离析风险，进而保证混凝土的匀质性和提高抗裂性能。

关键词：黏度；倒坍时间；强度

前言

高强高性能混凝土主要是指强度不低于C60的混凝土，该种混凝土与普通的混凝土相比较，混凝土的结构尺寸更小，而且能够降低结构自重力、地基荷载，使得施工材料用量得以降低，并减少占地面积，增加了建筑空间。当前，随着建筑技术的不断发展，C80高强高性能混凝土也在施工中得到了较为广泛的应用，对于提高资源的利用效率具有重要作用。

1 重难点分析

对于C80混凝土来说，其特点是高强，而为了达到这些性能控制指标，关键是做好配合比设计工作。简要说来，高强、低黏度混凝土同时具有两种重要性能，一是良好的工作性能，这是对拌合物状态的一种评价；二是混凝土的强度，C80高强混凝土重点考虑混凝土的力学性能，是指硬化混凝土的最重要的一个性能指标。这两个指标贯穿混凝土从配比设计、生产搅拌、运输浇筑，直至最终服役的整个过程，因此，每个环节都有可能对这两个指标产生重要影响，从而影响混凝土性能的最终表现。结构所用的混凝土须同时满足以下要求：

1.1 高强度等级

在配置混凝土时首先必须保证其强度等级满足设计要求。根据JGJ55-2011及工程经验数据，确定C80混凝土试配强度标养28d分别为92MPa，标养60d强度不低于

100MPa。

1.2 高耐久性

我们在进行高强混凝土配合比设计时，主要通过控制原材料的质量来保证混凝土的耐久性。即：混凝土中氯离子最大含量（水溶值）0.3%；单位体积混凝土中碱含量不应超过3kg/m³。

对于配制高强混凝土来说，其特点是低水胶比并掺有足够数量的矿物细掺合料和高效减水剂，从而使混凝土具有优异的综合技术性能，但由此也产生了两个值得重视的性能缺陷：自收缩和脆性。所以，在配合比设计时要综合考虑结构特点对混凝土性能的影响，优化配合比确保混凝土结构质量。

1.3 低黏度、良好工作性

黏度是混凝土的一个重要指标，它取决于混凝土的组成材料和混合比例。黏度会影响混凝土的施工性能，黏度越强，施工性就会大幅下降。在生产过程中，黏度的波动往往是由于原材料的变化、配合比设计的误差或外加剂的使用不当所导致的。

2 试验与分析

原材料品种与质量性能

根据所在区域的混凝土原材料情况，选择质量稳定、供应有保障的原材料（表1）。

表1

名称	水泥	硅灰	超细粉	矿粉	粉煤灰	外加剂	石子	砂
品牌产地	枞阳海螺	北京汉江科技	北京汉江科技	马鞍山长江精细	合肥二电厂	江苏苏博特	天长玄武岩	鄱阳湖
规格	P·II 52.5	SF-90	/	S95	F类I级	SBT-PCA	5-10mm 10-16mm	II区中砂

2.1 砂的品质指标

鄱阳湖砂是一种优质天然砂，从其各项技术指标检

测结果来看质量优异（表2），适用于高强度混凝土的配制。

表2

细度 ^a (Mx)	含泥量 (%)	泥块含量 (%)	表观密度(Kg/m ³)	氯离子含量 (%)	坚固性指标 ^b (%)	碱骨料反应 ^c (%)
2.8	0.8	0	2720	0.0009	6.6	0.063

注：a、细度为连续级配的II区中砂；
 b、坚固性指标为经硫酸钠溶液浸泡后的质量损失率；经过检测，鄱阳湖砂的坚固性较好，能够满足混凝土耐久性的要求；
 c、碱骨料反应为碱-硅酸反应（砂浆长度法）测定的14d膨胀率；碱活性是指骨料中存在的活性氧化硅与混

凝土中碱性物质发生反应的概率。鄱阳湖砂的碱活性较低，不会对混凝土产生明显的碱骨料反应问题。

2.2 超细粉的品质指标

超细粉是一种具有高活性的矿物质材料（表3），广泛应用于高强度混凝土的配制。

表3

45um筛余 (%)	需水量比 ^a (%)	比表面积 (m ² /kg)	总碱量 (%)	氯离子含量 (%)	烧失量 (%)	活性指数 ^b (%)
13.9	98	1981	0.96	0.010	2.3	98

注：a、b检测方法均采用GB/T 1596-2017标准执行
 （1）比表面积：试验采用的超细粉比表面积范围为1600-2200m²/kg，在试验过程中降粘效果明显。
 （2）活性指数：一般情况下，C80混凝土所需的超细粉活性指数要求较高，需达到较高水平^[1]。试验采用超细粉，其活性指数远超普通的粉煤灰，除了降粘，对混凝土强度和耐久性的影响深远。

（3）需水量：一般情况下，C80混凝土所需的超细粉需水量低于100%，这样可以更好地控制混凝土的水灰比和强度。

2.3 硅灰的品质指标

硅灰是C80混凝土中常用的掺合料之一，其检测参数（表4）对于混凝土的特性和质量控制至关重要。

表4

SiO ₂ (%)	需水量比 (%)	比表面积 ^a (m ² /kg)	总碱量 (%)	氯离子含量 (%)	烧失量 (%)	活性指数 ^b (%)
95.56	117	19894	1.17	0.012	1.6	111

注：a、该检测方法采用BET法；b、活性指数采用7d快速法。

2.4 粗骨料的品质指标

玄武岩作为C80混凝土中常用的骨料之一，其品质指标对于混凝土的性能和质量控制具有重要意义。本次使用的粗骨料为天长天岩矿业的玄武岩，压碎值5.5%，含泥量0.2%，无泥块含量，粒型良好，10-16mm、5-10mm两级配，通过筛分试验确定比例为8：2。

C80混凝土正交试验选取水胶比和掺合料比例的胶砂正交试验旨在通过科学的方法，探究不同水胶比和掺合料比例对混凝土强度、耐久性等性能的影响，为实际工程中的混凝土配合比设计提供理论依据和实践指导。本试验采用正交设计方法，将水胶比、掺合料比例、超细粉掺量、硅灰掺量作为四个因素，选取L₉ (3⁴) 正交表进行试验^[2]。

3 正交试验设计

3.1 试验设计

表5

水平	试验因素			
	A.水胶比	B. 矿物掺合料掺量 (%)	C.超细粉掺量 (kg)	D.硅灰掺量 (kg)
1	0.27	30	30	20
2	0.25	35	60	30
3	0.23	40	90	40

通过正交试验，可以获得九组不同的混凝土配合比。每组试样将进行强度、工作性、黏度等性能测试，以全面评估不同配合比对混凝土性能的影响。在试验结果分析时，采用极差分析和方差分析等方法，确定各因素对混凝土性能的影响程度和最优水平组合。

3.2 试验参数的选择原则

在进行正交试验时，需要选择适当的试验参数，以满足设计要求并得到可靠的结果。选取的试验参数应尽可能涵盖混凝土配合比中的关键因素，包括水胶比、掺合料比例、硅灰掺量、超细粉掺量、粉煤灰与矿粉比例

等。通过涵盖更多的试验参数，可以更全面地评估它们对混凝土性能的影响。所选取的试验参数应具有可比较性，即不同试验参数之间的变化应能够清晰地反映在混凝土性能上。这样可以更准确地评估每个试验参数对混凝土性能的影响程度，包括C80混凝土的黏度、倒坍时间、强度及后期增长。选取的试验参数应能够通过正交试验的统计分析方法来判断其对混凝土性能的影响是否显著^[3]。

3.3 水胶比和掺合料比例的选取方法

C80混凝土正交试验的选取水胶比和掺合料比例的方法可遵循以下步骤：首先，确定需要考虑的试验参

数。在选取水胶比和掺合料比例时，根据正交试验设计方案，编制试验矩阵，明确各试验参数及其水平的组合情况。试验矩阵包括每个试验参数的水平值及其组合方式。试验矩阵应具有均匀性和随机性，以保证试验结果的可靠性和代表性。按照试验矩阵进行试验，按照规定的程序和方法进行试验操作，并准确记录试验数据。对于每个组合试验参数，进行重复试验以验证结果的可重复性，并提高数据的准确性和可靠性。根据试验数据，进行数据分析和结果评估。

3.4 正交试验配合比（表6）

表6

序号	混凝土配合比 (Kg/m ³)								
	水	水泥	粉煤灰	矿粉	超细粉	硅灰	碎石	砂	外加剂
1	140	363	53	53	30	20	1003	788	10.90
2	140	337	46	46	60	30	1003	788	10.64
3	140	311	39	39	90	40	1003	788	10.38
4	140	392	32	32	60	40	998	752	11.76
5	140	364	43	43	90	20	998	752	11.48
6	140	336	82	82	30	30	998	752	11.20
7	140	426	46	46	90	30	987	714	13.40
8	140	396	72	72	30	40	987	714	13.09
9	140	365	82	82	60	20	987	714	12.79

4 正交试验结果分析

按照设计好的9组配合比进行混凝土试配，检测了扩

展度、倒筒时间和不同龄期的强度（表7）。

表7

序号	扩展度 (mm)		倒坍时间 (S)	抗压强度 (MPa)			
	初始	2h		3d	7d	28d	60d
1	610	490	7.8	57.3	68.2	78.5	81.0
2	620	530	9.9	53.1	66.1	79.3	85.2
3	650	580	10.3	51.9	64.3	80.1	88.3
4	605	580	6.9	61.6	74.2	88.3	96.0
5	640	590	6.1	59.8	71.5	86.9	92.3
6	645	600	9.5	54.4	69.2	81.0	86.7
7	680	650	5.8	66.5	80.1	95.3	101.2
8	620	590	8.6	68.8	81.6	90.7	92.9
9	660	630	7.9	65.1	79.3	94.3	99.6

C80混凝土正交试验的目标是通过试验参数的变化和组合，确定最佳的试配比和强度等关键性能指标。在试验过程中，通常会通过试验数据的分析和结果评估来确

定最终的水胶比和掺合料比例，以达到目标强度要求。对于试配比的确定，可以通过分析不同试验组合的强度数据，找出其中强度相对较高且表现稳定的组合。

表8

2h扩展度					倒筒时间				
水平1	533.3	573.3	560.0	570.0	水平1	9.3	6.8	8.6	7.3
水平2	590.0	570.0	580.0	593.3	水平2	7.5	8.2	8.2	8.4
水平3	623.3	603.3	606.7	583.3	水平3	7.4	9.2	7.4	8.6

续表:

2h扩展度					倒筒时间				
极差	90.0	33.3	46.7	23.3	极差	1.9	2.4	1.2	1.3
28d抗压强度					60d抗压强度分析				
水平1	79.3	87.4	83.4	86.6	均值1	84.8	92.7	86.9	91.0
水平2	85.4	85.6	87.3	85.2	均值2	91.7	90.1	93.6	91.0
水平3	93.4	85.1	87.4	86.4	均值3	97.9	91.5	93.9	92.4
极差	14.1	2.2	4.0	1.4	极差	13.1	2.6	7.1	1.4

从极差分析结果(表8)中可以看出,影响2h扩展度的主次顺序是A > C > B > D;影响倒筒时间的主次顺序是B > A > D > C;影响28d抗压强度的主次顺序是A > C > B > D;影响60d抗压强度的主次顺序是A > C > B > D。

A3B12C23D3方案,根据倒坍时间、工作性及扩展度损失,考虑C80混凝土黏度及生产过程控制的敏感性,最终确定配合比方案为A3B2C2D2,该配合比的复验结果满足预期要求(表9)。

结合极差结果,综合考虑R3-R60强度发展,选择

表9

混凝土配合比参数						
水胶比	矿物掺合料掺量 (%)	超细粉掺量 (kg)	硅灰掺量 (kg)	砂率 (%)	容重 (kg/m ³)	用水量 (kg)
0.23	35	60	30	42	2450	140
性能检测结果						
扩展度 (mm)		倒坍时间 (S)	抗压强度 (MPa)			
初始	2h		3d	7d	28d	60d
663.1	615.2	7.6	67.1	81.9	94.9	101.6

另外,从混凝土黏度来看,在C80混凝土的生产过程中,黏度(松软程度)对砂含水率的生产波动性具有显著影响。为了确保混凝土的质量和性能稳定性,需要对这些影响因素进行重点控制。本次试验采用的超细粉、硅灰、SBT-PCA外加剂最终目的都是为了降低黏度,提高松软程度,进而提高施工性、降低生产控制的敏感性。

材料特性,通过试验确定掺合料比例,以规避高强混凝土强度增长乏力或倒缩现象。

为了控制黏度的稳定性,应该严格控制原材料的质量和配合比的设计,确保混凝土的黏度在规定的范围内^[4]。

(3) 正交试验方法在混凝土配合比优化方面具有很大优势,省时省力省料。

结论

参考文献

(1) C80混凝土通过合理的配方,调整超细粉、硅灰、降粘外加剂的方式可以有效的降低生产控制敏感性,保证适宜的施工性能。

[1]张全贵,杨建宁,周金金等.C80高强高性能混凝土在石家庄地区的应用[J].商品混凝土,2019,06(11):64-66.

(2) C80混凝土R7-R28、R28-R60强度增长需要根据

[2]余成行,葛兆明,韩兆祥等.商品混凝土实用技术手册[M].北京:化学工业出版社,2023:197-198.

[3]赵志峰.C80高强混凝土配合比的试验研究[J].混凝土与水泥制品,2018,38(36):144-148.

[4]赵晓芳.关于高强混凝土的施工技术措施[J].中国建材科技,2018,06(02):175-176,187.