

DOI: 10.7672/sgjs2026040020

# 建筑模网混凝土参数优化试验与应用研究\*

黄义雄,杨世旭,熊 龙,郭玉林,王子杰,刘佳益,刘 飞,张世超  
(中建西部建设集团第八(上海)有限公司,上海 201612)

[摘要] 为满足建筑模网混凝土结构的浇筑需求,通过优化粗骨料粒径、砂率、水胶比及胶凝材料体系,成功配制出了性能优异的建筑模网自密实混凝土。结果表明:优化配合比设计参数后,混凝土的扩展度达到 575mm, J 环扩展度差值为 15mm, V 形漏斗排空时间为 15.4s, 扩展时间 T500 为 4.1s, 28d 抗压强度为 53.5MPa, 浆体渗出率为 2.29%, 表现出优异的工作性能和力学性能, 充分满足建筑模网施工的技术要求。将其应用于上海市宝山区某征收安置房项目, 采用取芯法检测该自密实混凝土浇筑的建筑模网剪力墙结构的 28d 抗压强度为 52.6MPa。

[关键词] 模网混凝土; 配合比; 工作性能; 力学性能; 试验

[中图分类号] TU528

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)04-0020-05

## Research on Parameter Optimization and Application of Building Formwork-mesh Concrete

HUANG Yixiong, YANG Shixu, XIONG Long, GUO Yulin, WANG Zijie,  
LIU Jiayi, LIU Fei, ZHANG Shichao

(China West Construction Group Eighth (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201612, China)

**Abstract:** To address the specific casting requirements of building formwork-mesh concrete structure, a high-performance self-compacting concrete was developed through the optimization of key mix design parameters, including coarse aggregate size, sand ratio, water-gel ratio, and cementitious material system. The results show that, after optimizing the mix proportion parameters, the concrete achieved a slump flow of 575mm, a J-ring flow difference of 15mm, a V-funnel flow time of 15.4s, a T500 time of 4.1s, a 28d compressive strength of 53.5MPa, and a paste exudation rate of 2.29%. These characteristics confirm that the concrete exhibits excellent workability and mechanical properties, fully meeting the technical requirements of construction formwork. It has been successfully applied in a resettlement housing project in Baoshan District, Shanghai. Core testing of the construction formwork shear walls cast with this self-compacting concrete showed a 28d compressive strength of 52.6MPa.

**Keywords:** formwork-mesh concrete; mix proportion; workability; mechanical properties; experiments

### 0 引言

建筑模网是用于制备混凝土墙体的永久性模板,通过在模网腔体中现浇混凝土形成实体结构<sup>[1-3]</sup>。由于建筑模网的渗滤效应、消除容器效应、环箍效应和限裂效应等特点,在施工过程中可以实现不支模板,施工方便快捷,并具有节能、环保等优点,在国内外获得了广泛应用<sup>[4]</sup>。然而,建筑模网混凝土的配制技术相较于普通混凝土更复杂,主要

体现在以下方面:①混凝土需要具备充分的流动性、间歇通过性与填充性来填充建筑模网;②混凝土在具备优异工作性能的同时还需具备一定的黏性进而防止离析;③混凝土在浇筑过程中容易产生渗浆,进而影响混凝土硬化后的密实度与力学性能,因此进行配合比设计和性能调控时还需控制浆体渗出率不宜过大。基于这些技术要点,建筑模网施工时宜采用自密实混凝土进行浇筑。

目前关于自密实混凝土的配制技术研究广泛。马冬哲<sup>[5]</sup>通过调整混凝土的水粉比、减水剂掺量、粉煤灰掺量、砂率、石子掺量和石子级配,得到了成本较低的机制砂自密实混凝土配合比;肖雄德<sup>[6]</sup>采

\* 中建西部建设股份有限公司课题:建筑模网自密实混凝土配制与施工成套技术研究(ZJXJ-2024-09)

[作者简介] 黄义雄,高级工程师,E-mail: hero1359400@163.com

[收稿日期] 2025-10-17

用普通硅酸盐水泥、矿物掺合料、连续级配碎石和聚羧酸高性能减水剂等原料配制出的低强自密实混凝土扩展度可达 680mm, 28d 抗压强度为 41.8MPa;李凤伟等<sup>[7]</sup>利用不同的复合胶凝体系,配制出了扩展度>600mm,能顺利通过钢筋间隙且有填充能力的自密实混凝土。目前研究配制的自密实混凝土普遍流动性过强,且黏聚性较差,并不能很好地解决建筑模网混凝土浇筑的技术难点。本文针对上海市宝山区某住宅项目的建筑模网混凝土性能指标需求,通过一系列优化技术,配制出流动性、黏聚性、强度及浆体渗出率等性能优异的建筑模网自密实混凝土,为工程应用提供技术支持。

## 1 工程概况

上海市宝山区某征收安置房项目由 11 栋高层住宅组成,总建筑面积为 126 779m<sup>2</sup>。该项目采用建筑模网施工,混凝土性能指标要求如下:扩展度为 540~580mm, J 环扩展度差值(PA)≤25mm, V 形漏斗排空时间为 10~25s, 扩展时间 T500 为 3.0~5.0s, 28d 抗压强度≥35MPa。建筑模网结构的孔洞能渗滤新拌混凝土,从而提高混凝土硬化后的性能,但当过多混凝土浆体从模网孔洞中渗出也会影响浇筑后的密实度,因此混凝土的浆体渗出率需≤2.5%。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 原材料

水泥采用 P·O 42.5 普通硅酸盐水泥;粉煤灰采用 C 类 II 级粉煤灰;矿粉采用 S95 矿粉;细骨料采用机制砂(II 区中砂,细度模数 2.8, MB 值 0.8);粗骨料为 3 种粒径 5~10mm, 5~16mm, 5~20mm 的

碎石;外加剂采用高性能聚羧酸外加剂(减水率 25%, 固含量 20%);拌合水采用自来水。

### 2.2 配合比设计

参照 JGJ/T 283—2012《自密实混凝土应用技术规程》的设计准则与项目混凝土性能要求,采用固定体积法得到基准配合比(编号 J1),后续试验设计不同的粗骨料粒径、砂率、水胶比及胶凝材料体系参数的配合比来对基准配合比进行优化,所有设计的配合比如表 1 所示。

### 2.3 试验方法

工作性能参照 GB/T 50080—2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》、JGJ/T 283—2012《自密实混凝土应用技术规程》;力学性能参照 GB/T 50081—2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》测试混凝土的 28d 抗压强度,试件尺寸为 150mm×150mm×150mm;通过将试配的拌合物以 0.5m 的高度倒入模网模具中,模网孔径为 10.0mm×4.5mm,测试混凝土的浆体渗出率。

## 3 试验结果分析

### 3.1 粗骨料粒径对混凝土性能的影响

粗骨料最大粒径对建筑模网自密实混凝土性能的影响如表 2 所示。随着粗骨料粒径的增大,混凝土 28d 抗压强度与浆体渗出率逐渐增大,这是由于较大粒径骨料形成了更稳定的骨架结构,增强了力学性能,同时增大的骨料间隙为浆体提供了更多流动通道,提高了浆体渗出率<sup>[8]</sup>。当粗骨料粒径为 5~16mm 时,混凝土的流动性、间隙通过性、黏聚性和填充性最佳,这是由于随着粒径增大,粗骨料裹浆厚度增加,降少了颗粒间的接触,改善了流动性;

表 1 混凝土配合比

Table 1 Concrete mixing ratios

编号	混凝土原材料用量/(kg·m <sup>-3</sup> )						设计参数			
	水泥	粉煤灰	矿粉	砂	碎石	外加剂	水	粗骨料粒径/mm	砂率/%	水胶比
J1	280	153	77	852	818	6.1	173	5~16	51	0.34
A1	280	153	77	852	818	6.1	173	5~10	51	0.34
A2	280	153	77	852	818	6.1	173	5~20	51	0.34
S1	280	153	77	835	835	6.1	173	5~16	50	0.34
S2	280	153	77	868	802	6.1	173	5~16	52	0.34
S3	280	153	77	885	785	6.1	173	5~16	53	0.34
S4	280	153	77	902	768	6.1	173	5~16	54	0.34
R1	280	153	77	868	802	6.1	153	5~16	52	0.30
R2	280	153	77	868	802	6.1	163	5~16	52	0.32
R3	280	153	77	868	802	6.1	184	5~16	52	0.36
R4	280	153	77	868	802	6.1	194	5~16	52	0.38
C1	280	0	230	868	802	6.1	173	5~16	52	0.34
C2	280	77	153	868	802	6.1	173	5~16	52	0.34
C3	280	115	115	868	802	6.1	173	5~16	52	0.34
C4	280	230	0	868	802	6.1	173	5~16	52	0.34

但当粒径增至 5~20mm 时,砂浆层厚度不足以裹挟大粒径骨料,骨料易与砂浆分离,导致工作性能下降。综合考虑,粗骨料粒径为 5~16mm 时,混凝土工作性能较好,28d 抗压强度达 51.8MPa,满足设计要求,因此优选粒径 5~16mm 碎石用于建筑模网自密实混凝土配制。

表 2 粗骨料粒径对混凝土性能的影响

Table 2 The influence of coarse aggregate size on concrete performance

编号	粗骨料粒径/mm	扩展度/mm	PA 值/mm	V 形漏斗排空时间/s	T500/s	28d 抗压强度/MPa	浆体渗出率/%	拌合物状态
A1	5~10	550	35	22.2	8.7	46.3	2.82	较黏
J1	5~16	565	25	21.0	5.3	51.8	3.18	无离析
A2	5~20	545	55	22.7	7.5	56.3	3.85	无离析

### 3.2 砂率对混凝土性能的影响

砂率对建筑模网自密实混凝土工作性能的影响如表 3 所示。随着砂率的增加,扩展度呈先增长后降低的趋势,而混凝土的 PA 值、V 形漏斗排空时间、T500 与浆体渗出率先降低后增长,砂率在 52% 时,扩展度最大,其他指标最低;28d 抗压强度变化不大,说明混凝土在合适的砂率范围时具有较好的工作性能,但砂率太低时,碎石较多,浆体包裹性较差,容易出现离析、泌水等现象,进而导致流动性较差,浆体渗出率较高<sup>[9]</sup>;砂率过高会导致拌合物黏度增大,从而增加了混凝土的流动阻力,进而降低其流动性<sup>[10]</sup>。另一方面,随着砂率的增大,骨料总比表面积也会增大,胶凝材料用量相同的条件下,包裹在骨料颗粒表面的浆体层厚度减小,造成骨料间的黏结力下降,也会提高混凝土的浆体渗出率,因此制备建筑模网自密实混凝土时,砂率优选为 52%。

表 3 砂率对混凝土性能的影响

Table 3 The influence of sand ratio on concrete performance

编号	砂率/%	扩展度/mm	PA/mm	V 形漏斗排空时间/s	T500/s	28d 抗压强度/MPa	浆体渗出率/%	拌合物状态
S1	50	550	35	25.0	5.5	51.0	3.55	泌水
J1	51	565	25	21.0	5.3	51.8	3.18	无离析
S2	52	570	15	15.4	4.1	53.5	2.29	无离析
S3	53	555	25	17.4	5.5	51.6	2.51	无离析
S4	54	545	30	19.1	6.0	50.1	2.72	较黏

### 3.3 水胶比对混凝土性能的影响

水胶比对建筑模网自密实混凝土工作性能的影响如表 4 所示。随着水胶比的增大,混凝土的扩

展度与浆体渗出率均呈逐渐增大的趋势,而 PA、V 形漏斗排空时间、T500 及 28d 抗压强度则随水胶比的增大而减小,当水胶比超过 0.36 时,混凝土开始出现泌水与离析现象,可见随着用水量的增加,混凝土的流动性虽有所改善,但骨料包裹性显著降低,导致拌合物黏度下降,浆体渗出率随之增大<sup>[11]</sup>。当水胶比为 0.34 时,混凝土 28d 抗压强度达到 53.5MPa,同时又具备优异的工作性能,且此时混凝土浆体渗出率较低,因此配制建筑模网自密实混凝土时,水胶比宜优选为 0.34。

表 4 水胶比对混凝土性能的影响

Table 4 The influence of water-binder ratio on concrete performance

编号	水胶比	扩展度/mm	PA 值/mm	V 形漏斗排空时间/s	T500/s	28d 抗压强度/MPa	浆体渗出率/%	拌合物状态
R1	0.30	490	45	35.9	—	56.7	1.91	较黏
R2	0.32	540	25	22.6	6.0	55.2	2.09	无离析
S2	0.34	570	15	15.4	4.1	53.5	2.29	无离析
R3	0.36	580	15	9.6	2.9	51.1	4.24	轻微泌水
R4	0.38	590	10	8.2	2.5	47.9	5.53	离析泌水

### 3.4 胶凝材料体系对模网混凝土性能的影响

胶凝材料体系对建筑模网自密实混凝土工作性能的影响如表 5 所示。随着矿粉比例的提高,扩展度与浆体渗出率减小,而 PA 值、V 形漏斗排空时间、T500 及 28d 抗压强度则显著增大;相反,随着胶凝材料体系中粉煤灰比例的提高,混凝土的扩展度与浆体渗出率均呈现增大的趋势,而 PA 值、V 形漏斗排空时间、T500 及 28d 抗压强度随之减小。工作性能指标有这种变化趋势主要是由于粉煤灰中的玻璃微珠能够有效改善混凝土的流动性,而矿粉颗粒较细、比表面积较大,具有较强的吸水性,从而增加了混凝土的稠度<sup>[12]</sup>。虽然单掺粉煤灰时,混凝土流动性较好,但 V 形漏斗排空时间仅为 8.7s,且混凝土出现轻微离析,混凝土的黏聚性与保水性较差,浆体渗出率明显提高。此外,混凝土力学性能变化的原因为矿粉对混凝土强度的贡献高于粉煤灰。综合粉煤灰与矿粉比例对混凝土工作性能与力学性能的影响,当胶凝材料体系中矿粉与粉煤灰的掺量为 1:2 时,混凝土不仅具有良好的流动性且无离析现象,其 28d 抗压强度达到 53.5MPa,满足各项指标的设计要求。

## 4 搅拌站模型试验

### 4.1 工程应用配合比

经过系统的参数优化试验,确定了建筑模网自密实混凝土工程应用配合比为水泥:粉煤灰:矿

表 5 胶凝材料体系性能测试结果

Table 5 Test results of cementitious material system

编号	胶凝材料体系	扩展度/mm	PA 值/mm	V 形漏斗排空时间/s	T500/s	28d 抗压强度/MPa	浆体渗出率/%	拌合物状态
C1	单掺矿粉	480	50	41.2	—	61.7	1.46	较黏
C2	矿粉:粉煤灰=2:1	525	35	25.3	7.0	58.9	1.61	较黏
C3	矿粉:粉煤灰=1:1	555	30	17.9	4.3	56.3	1.90	无离析
S2	矿粉:粉煤灰=1:2	570	15	15.4	4.1	53.5	2.29	无离析
C4	单掺粉煤灰	600	10	8.7	2.9	49.8	4.21	轻微离析

粉:砂:碎石:外加剂:水=280:153:77:868:802:6.1:173kg/m<sup>3</sup>,其中碎石粒径为5~16mm。混凝土扩展度为575mm,PA 值为15mm,V 形漏斗排空时间为15s,T500 为3.9s,28d 抗压强度为51.9MPa,浆体渗出率为2.29%,满足各项指标设计需求。

#### 4.2 模型浇筑试验

为保证现场施工浇筑的顺利完成,在搅拌站进行模型浇筑试验(见图1),模网尺寸为600mm×125mm×1450mm。通过工程应用配合比制备的混凝土在模型中进行浇筑后密实度良好,浆体充足且模网外表面挂浆而不流浆,可进一步开展项目现场施工应用。

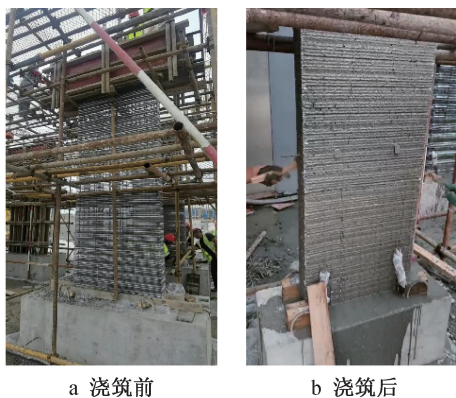


图 1 模型浇筑试验

Fig. 1 Model concrete pouring test

### 5 现场施工应用

#### 5.1 构件安装

建筑模网剪力墙构件安装流程如下(见图2):

- ①预埋倒U形钢筋作为连接与固定的结构锚固件;
- ②吊装建筑模网剪力墙构件体,采用点焊方式,将墙构件竖向桁架钢筋底部与预埋的倒U形钢筋焊接;
- ③构件就位后,将绑扎在构件内的暗柱纵筋解绑,对准下层暗柱伸出的纵筋,将直螺纹套筒拧紧在上下纵筋上,纵筋用套筒连接后,在未打网的区域将纵筋与焊接在墙桁架上的箍筋绑扎牢靠。采用挂线锤法校正墙构件的垂直度,垂直度满足要求后及时用斜向支撑进行固定,固定完成后,再用靠

尺检查构件垂直度,符合要求后拧紧斜向支撑的螺母,防止意外松动,完成构件安装。

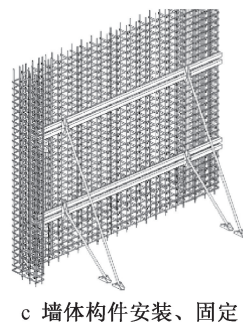
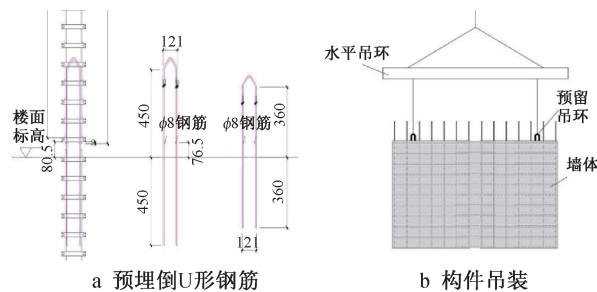


图 2 构件安装流程

Fig. 2 Installation process of structural components

#### 5.2 混凝土浇筑

宝山区某征收安置房项目安装、固定完成的建筑模网剪力墙构件浇筑如图3,4所示,在现场进行浇筑时,通过工程应用配合比制备的混凝土能够有效填充模网,且拌合物的浆体渗出率较低,浇筑完成后建筑模网剪力墙外表面同样挂浆而不流浆。结构混凝土硬化后结构密度高,通过取芯法检测剪力墙28d 抗压强度达到52.6MPa,说明通过工程应用配合比制备的建筑模网自密实混凝土能够充分满足现场施工需求。



图 3 剪力墙浇筑后

Fig. 3 After the pouring of the shear wall

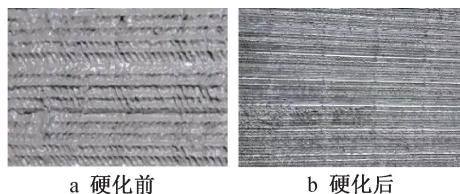


图4 混凝土硬化前后状态

Fig. 4 States of the concrete structure before and after hardening

## 6 结语

通过优化粗骨料粒径、砂率、水胶比及胶凝材料体系,成功配制出适用于建筑模网施工的自密实混凝土,其拌合物扩展度为575mm, J环扩展度差值为15mm, V形漏斗排空时间为15.4s, 扩展时间为4.1s, 28d抗压强度为53.5MPa, 浆体渗出率为2.29%, 各项性能指标均满足建筑模网施工要求, 并成功应用于宝山区某征收安置房项目, 该项目混凝土剪力墙结构硬化后通过取芯法检测28d抗压强度达到52.6MPa。

### 参考文献:

- [1] 王立久, 刘显福. 帝枇建筑模网[J]. 房材与应用, 1999(4): 20-22.  
WANG L J, LIU X F. DIPY construction formwork[J]. Housing materials & applications, 1999(4): 20-22.
- [2] 王立久, 詹海燕, 任铮钺. 建筑模网混凝土技术[J]. 新型建筑材料, 2003, 30(3): 10-11.  
WANG L J, ZHAN H Y, REN Z Y. Construction formwork concrete technology[J]. New building materials, 2003, 30(3): 10-11.
- [3] 徐秀春, 单学政. 浅谈帝枇建筑模网技术在工程上的应用[J]. 混凝土, 2005(8): 92-94.  
XU X C, SHAN X Z. Application of DIPY building model net technology[J]. Concrete, 2005(8): 92-94.
- [4] 王立久, 谷鑫, 穆木兰. 建筑模网墙体技术的发展与应用[J]. 墙材革新与建筑节能, 2010(6): 40-42, 4.  
WANG L J, GU X, MU M L. Development and application of construction formwork wall technology [J]. Wall materials innovation & energy saving in buildings, 2010(6): 40-42, 4.

- [5] 马冬哲. C30 机制砂自密实混凝土的配合比优化研究[J]. 山西建筑, 2020, 46(18): 107-108.  
MA D Z. Study on the optimization of the mix proportion of C30 mechanism sand self-compact concrete [J]. Shanxi architecture, 2020, 46(18): 107-108.
- [6] 肖雄德. C30 自密实混凝土配合比及工作性能影响因素研究[J]. 福建建材, 2020(10): 19-20, 33.  
XIAO X D. Study on mix ratio and working performance of C30 self-compacting concrete [J]. Fujian building materials, 2020(10): 19-20, 33.
- [7] 李凤伟, 孙义. C30~C50 自密实混凝土的配制技术研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7(19): 70-74.  
LI F W, SUN Y. Research on preparation technology of C30~C50 self-compacting concrete [J]. Engineering and technological research, 2022, 7(19): 70-74.
- [8] 李忠辉, 王法雁, 申云龙, 等. 粗骨料粒径和级配对混凝土力学性能的影响研究[J]. 工程建设与设计, 2024(18): 131-133.  
LI Z H, WANG F Y, SHEN Y L, et al. Influence of coarse aggregate size and grade on mechanical properties of concrete [J]. Construction & design for engineering, 2024(18): 131-133.
- [9] 石新波. 砂率对混凝土早期开裂性能的影响[J]. 低温建筑技术, 2019, 41(2): 14-16.  
SHI X B. Effect of sand ratio on early cracking performance of concrete [J]. Low temperature architecture technology, 2019, 41(2): 14-16.
- [10] 张炜芳. 水胶比和砂率对机制砂混凝土性能的影响分析[J]. 中国水泥, 2024(11): 94-96.  
ZHANG W F. Analysis on the influence of water-binder ratio and sand ratio on the performance of machine-made sand concrete [J]. China cement, 2024(11): 94-96.
- [11] 牛颖兰, 毕明. 论影响新拌混凝土和易性的主要因素[J]. 中国建材科技, 2019, 28(5): 76-77.  
NIU Y L, BI M. Theory of main factors influencing workability of fresh concrete [J]. China building materials science & technology, 2019, 28(5): 76-77.
- [12] 王祥胜, 高方介, 符浪. 矿粉特性对混凝土性能的影响研究[J]. 广东建材, 2023, 39(5): 2-5.  
WANG X S, GAO F J, FU L. Study on the influence of mineral powder characteristics on concrete properties [J]. Guangdong building materials, 2023, 39(5): 2-5.