

研发低温环境下预制构件灌浆施工方法



小组名称： 文华苑勇者无畏 QC 小组

小组注册编号： HNYJ-QC-2020-30

课题注册编号： HNYJ-QCKT-2020-30

课题类型： 创新型

发布人： 杨兆前

河南省第一建筑工程集团有限责任公司

2021 年 2 月

目录

一、工程概况.....	1
二、小组简介.....	2
三、选择课题.....	3
四、设定目标及目标可行性论证.....	7
五、提出方案并确定最佳方案.....	10
六、制定对策.....	15
七、对策实施.....	15
八、效果检查.....	19
九、标准化.....	20
十、总结和下一步打算.....	21

一、工程概况

省直青年人才公寓文华苑项目为河南省筑巢引凤重点民生工程。项目地址位于郑州市贺庄路东西两侧、祥符营路北侧。共 6 个地块其中 5 个为住宅地块 1 个为学校地块，总建筑面积为 54.5 万平方米，住宅为装配式建筑，共 17 栋住宅楼，住宅楼地上 33 层，地下 3 层，层高 2.9 米。结构形式：车库为钢筋混凝土框架结构，住宅楼六层以下为现浇剪力墙结构，六层以上为预制装配式结构，标准层竖向预制构件占总体竖向构件的 65%，而钢筋与预制构件的连接需通过灌浆套筒进行逐级连接，灌浆套筒总数量为 18.7 万。



省直青年人才公寓文华苑项目效果图

二、小组简介

小组情况表

表 1

小组名称	文华苑勇者无畏 QC 小组		
课题名称	研发低温环境下竖向预制构件灌浆方法		
小组注册号	HNYJ-QC-2020-30	课题注册号	HNYJ-QCKT-2020-30
注册日期	2020 年 9 月	活动次数	9 次
QC 知识培训	平均 36 课时/人	课题类型	创新性
活动情况	活动人数	10 人	
	活动时间	2020 年 9 月~2021 年 1 月	
小组及小组成员曾获荣誉	①河南省工程建设协会质量管理小组成果一等奖 ②河南省工程建设协会质量管理小组成果二等奖		

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 9 月 20 日

小组成员情况表

表 2

序号	姓名	年龄	组内职务	小组分工	学历	技术职称	项目职务
1	张家庆	35	组长	统筹安排	本科	高级工程师	现场经理
2	杨兆前	25	组员	技术指导	本科	助工	技术负责人
3	宰华强	25	组员	效果检查	本科	助工	质检员
4	冯昊	26	组员	制定对策	本科	助工	技术员
5	李磊	24	组员	对策实施	本科	助工	施工员
6	吕朋辉	26	组员	对策实施	专科	助工	施工员
7	梁恒硕	25	组员	对策实施	本科	助工	统计员
8	马智明	28	组员	资料整理、记录	本科	助工	资料员
9	陈路遥	25	组员	对策实施	本科	助工	施工员
10	于浩然	24	组员	对策实施	专科	助工	施工队长

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 9 月 20 日

2.1 名词解释

1、灌浆料

灌浆料是一种有水泥、细骨科、多种混凝土外加剂预拌而成的水泥基干混材料，现场按照要求加水搅拌均匀后形成自流浆体，具有黏度低、流动性好、强度高、微膨胀不收缩等优点。

2、PC 构件

又称为预制混凝土构件，是在工厂中通过标准化、机械化方式加工生产的混凝土制品。

3、钢筋套筒灌浆连接

在金属套筒内插入单根带肋钢筋并注入灌浆料拌和物，通过拌合物硬化形成整体实现传力的钢筋对接连接。

三、选择课题

1、明确需求

省直青年人才公寓文华苑项目为河南省重点民生工程，项目工期紧任务重，自开工以来就受到政府社会各界关注，在前期施工过程中本项目就进行了市级质量、安全生产等观摩会。由于装配式建筑竖向构件与楼板之间的连接需要通过灌浆料进行连接，且冬期低温时温度对灌浆料影响又较大。根据郑州过去 5 年 11 月-3 月温度统计，共计 750 天，做出如下平均温度统计表，从表~~中可以看出低温时间占比为 51.33%。为保证低温时不影响现场正常施工，保证项目按合同工期完工，公司领导积极组织其项目相关方开会进行研讨，会议中各方提出了如表~~所示要求。

温度统计表

表 3

平均温度	天数	占比
5℃以上	365	48.67%
≤5~>0℃	262	34.93%
≤0~≥-5℃	120	16%
-5℃以下	3	0.4%

制表人：杨兆前

制表时间：2020年10月7日

需求分析表

表 4

序号	需求方	需求内容
1	内部需求 (公司要求)	在温度较低时采取一定施工措施，保证现场竖向预制构件灌浆施工工效与常温下一致。
2	外部需求 (业主要求)	冬期低温下施工时要保证工程的质量，有且对灌浆质量的控制，要保证其工作性能及强度。
3	相关方要求 (质安监站要求)	冬期施工要保证工程的质量及安全生产。

制表人：杨兆前

制表时间：2020年10月7日

2、现有方法查新

为了解现阶段建筑行业及相关行业、类似行业在低温环境下竖向预制构件灌浆施工方法的发展现状，QC小组在中国知网、维普数据库、万方数据库、国家科技成果网等文献平台，以低温环境+预制构件+灌浆的直接检索词进行查询，结果如下表

现有做法与需求分析对比表

表 5

序号	检索策略	文献平台	相关文件	部分截图
----	------	------	------	------

1	低温环境+预制构件+灌浆	中国知网	2 篇	
2		维普数据库	2 篇	
3		万方数据库	1 篇	
4		国家科技成果网	2 篇	

制表人：杨兆前

制表时间：2020年10月7日

QC 小组通过在中国知网、维普数据库、万方数据库、国家科技成果网等权威文献网站的查新，仅有 1 篇期刊“低温环境下预制构件套筒灌浆施工技术”密切相关，但与本项目工况不相吻合，无法满足需求，需进行技术创新。

3、广泛借鉴

小组成员通过查阅专利检索平台及各大学术网站，搜索“低温环境”“预制构件”“灌浆”等直接关键词，以及集思广益海量搜索同行业类似项目施工技术，共查的如下2个期刊文本，为小组的创新活动，提供了借鉴思路。

借鉴情况统计表

表 6

创新需求	能够改善低温环境下竖向预制构件灌浆方法		
查询路径	中国知网、维普数据库、万方数据库、国家科技成果网		
查新内容	检索词为“低温环境”“预制构件”“灌浆”		
序号	名称	作者	单位
1	低温环境下预制构件套筒灌浆施工技术	周玉强 杨少华	中铁北京工程局集团有限公司
2	装配式混凝土结构钢筋套筒连接冬期灌浆施工技术的应用	李学礼 唐阳	北京城乡建设集团有限责任公司

制表人：杨兆前

制表时间：2020年10月7日

(1) 借鉴一：“低温环境”“预制构件”“灌浆”

借鉴一期刊信息表

表 7

期刊名称	低温环境下预制构件套筒灌浆施工技术
文献主要内容	<p>3 施工难点及应对措施</p> <p>1) 建筑主体保温。其应对措施为：采用阻燃型双层棉毡对主体门窗洞口进行封闭；利用主体自带保温板形成带保温的封闭空间；封闭空间内引入暖风机热源，确保工作环境温度；外墙外侧水平缝封堵PE条；楼梯间在施工层使用双层棉毡水平封堵。</p> <p>2) 灌浆完毕浆体温度下降快。其应对措施为：用热风对灌浆仓位循环加热，确保灌浆前套筒内初始温度；对材料及机具保温，确保浆体初始温度。</p> <p>3) 浆体黏度上升。其应对措施为：应用抗冻型套筒灌浆材料；确保浆体初始温度在-5~5℃。</p> <p>4) 机具及材料加热。其应对措施为：所有机具用保温棉包裹，与灌浆料接触时间长的设备提前放入施工楼层使温度同步，可随时加热；灌浆材料在室内储存，倒运材料时，需用有保温功能的吊笼。</p>
借鉴思路及原理	借鉴其低温环境下首先利用主体结构自身进行保温，然后对浆料置办工具进行保温，最后对灌浆部位进行加热升温，满足低温环境下预制构件灌浆施工需求。

制表人：杨兆前

制表时间：2020年10月7日

期刊名称	装配式混凝土结构钢筋套筒连接冬期灌浆施工技术的应用	
文献主要内容	<p>3.2 操作要点</p> <p>3.2.1 外墙外侧电伴热设置 外墙外侧采用电伴热加热，设置于 PE 棒内侧。装配式结构竖向墙体安装前，电伴热应随同 PE 棒一起设置在墙体根部外侧夹心保温板上。</p> <p>3.2.2 施工区域封闭及机具保温措施 (1) 施工区域封闭保温。根据预留的竖向门窗洞口尺寸加工保温门窗并编号，外侧采用彩条布封闭，内侧采用双侧保温毡保温，方便安装。叠合板浇筑完成后采用一道塑料薄膜和双层防火保温被覆盖。灌浆施工区域利用预制外墙夹芯板自带保温、人工进行门窗洞口保温，使室内形成封闭保温空间。</p>	<p>(2) 施工设备保温。1) 搅拌机保温：用泡沫棉包裹机身并封口。2) 灌浆罐保温：用泡沫棉包裹机身及顶盖。3) 注浆管使用电伴热管材将包裹管路，令灌浆料于灌浆管路内预热，保证灌浆料入套筒温度不低于 5℃。</p> <p>3.2.3 环境温度加热措施 (1) 施工区域加热。用暖风机对工作区域加热，每工作区域不少于 2 处，确保封闭环境温度 10~15℃。灌浆施工前，每 30 min 测温 1 次，连续 3 次温度稳定在 10℃ 以上；灌浆过程及灌浆后，每 2 h 测温 1 次，至强度达到 35 MPa 后，可停止测温。 (2) 工作区域加热。用热风机对灌浆仓位和套筒加热，热风机、热风输送管道、灌浆仓、灌浆套筒、热风收集管道，形成闭合回路，对灌浆仓循环加热，确保灌浆前灌浆套筒及灌浆仓内温度 5~10℃。热风由灌浆套筒顶部吹入，由灌浆仓底部 20 mm 缝隙吸出，从而实现灌浆套筒及灌浆仓体腔内循环加热。灌浆前，温度稳定在 5℃ 以上，方可组织灌浆作业；灌浆时，撤销热风机加热。</p> <p>3.2.4 材料预热 灌浆材料应在封闭正积温的库房或工作面上放置 48 h 以上，方可使用。</p>
借鉴思路及原理	借鉴其低温环境下首先对主体结构墙进行加热，然后对施工区域进行封闭保温对施工设备进行包裹保温，最后对材料进行预热，能够满足低温环境下构件灌浆施工需求。	

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 10 月 7 日

4、课题确定

通过网络查询到的期刊文献等内容，虽有低温环境下预制构件灌浆施工的技术措施，但与本项目实际情况不相符，无法全部满足需求，受上述广泛借鉴的启发，结合本项目特点，小组成员一致认为在低温环境下通过采取灌浆材料升温及灌浆完毕后再对墙体进行保温，可以满足低温环境下竖向预制构件灌浆施工需求。因此小组成员选定课题名称为：“研发低温环境下预制构件灌浆施工方法”

四、设定目标及目标可行性论证

1、设定目标

目标设定表

表 9

项目	设定目标
目标	低温环境下预制构件灌浆施工工效与常温下一致

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 10 月 15 日

2、目标可行性论证

(1). 论证一

论证一信息表

表 10

借鉴文献	低温环境下预制构件套筒灌浆施工技术																										
相应文本 截选一	<p>①. 文献名称 低温环境下预制构件套筒灌浆施工技术</p> <p>②截选内容 4.2.6 移除保温措施 灌浆料1 d同条件试块强度达到35 MPa后，可拆除保温措施，停止热风机加热，并随同门窗封闭材料和灌浆保温设备转移至上层结构。</p>																										
借鉴原理	灌浆料 1d 同条件试块强度达到 35MPa, 可撤掉保温加热措施，移至上层结构。																										
借鉴原理 分析	<p>上述文献同条件试块养护 1d 强度达到 35MPa, 可进行保温措施的撤除，通过灌浆料性能指标得出，1d 同条件试块强度达到 35MPa 就满足技术指标要求，故在此状态下低温时预制构件灌浆可以正常施工。</p> <p style="text-align: center;">表 2 专用低温型灌浆料性能指标</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">检验项目</th> <th style="text-align: center;">技术指标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">-5℃流动 /mm</td> <td style="text-align: center;">初始流动度</td> <td style="text-align: center;">≥ 300</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30 min 流动度</td> <td style="text-align: center;">≥ 260</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">-5℃竖向膨胀率 /%</td> <td style="text-align: center;">3 h</td> <td style="text-align: center;">≥ 0.02</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">24h 与 3h 差值</td> <td style="text-align: center;">0.02~0.05</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">抗压强度 /MPa</td> <td style="text-align: center;">-5℃养护 1d</td> <td style="text-align: center;">≥ 35</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-5℃养护 3d</td> <td style="text-align: center;">≥ 60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-5℃养护 7d 后标准养护 28d</td> <td style="text-align: center;">≥ 85</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">氯离子含量 /%</td> <td style="text-align: center;">≤ 0.03</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">泌水率 /%</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>	检验项目		技术指标	-5℃流动 /mm	初始流动度	≥ 300	30 min 流动度	≥ 260	-5℃竖向膨胀率 /%	3 h	≥ 0.02	24h 与 3h 差值	0.02~0.05	抗压强度 /MPa	-5℃养护 1d	≥ 35	-5℃养护 3d	≥ 60	-5℃养护 7d 后标准养护 28d	≥ 85	氯离子含量 /%		≤ 0.03	泌水率 /%		0
检验项目		技术指标																									
-5℃流动 /mm	初始流动度	≥ 300																									
	30 min 流动度	≥ 260																									
-5℃竖向膨胀率 /%	3 h	≥ 0.02																									
	24h 与 3h 差值	0.02~0.05																									
抗压强度 /MPa	-5℃养护 1d	≥ 35																									
	-5℃养护 3d	≥ 60																									
	-5℃养护 7d 后标准养护 28d	≥ 85																									
氯离子含量 /%		≤ 0.03																									
泌水率 /%		0																									

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 10 月 15 日

(1). 论证二

论证二信息表

表 11

借鉴一文献	装配式混凝土结构钢筋套筒连接冬期灌浆施工技术的应用																										
相应文本 截选一	<p>①. 文献名称 装配式混凝土结构钢筋套筒连接冬期灌浆施工技术的应用</p> <p>②截选内容 3.2.11 保温措施解除 根据 JGJ/T 104—2011《建筑工程冬期施工规程》要求，参考冬期混凝土临界强度规定，强度等级等于或高于 C50 的材料，不宜小于设计强度等级的 30%^[1]，采用 1d 同条件试件，即同条件试件强度达到 35MPa 后，可拆除保温措施，停止热风机加热，并随同门窗封闭材料和灌浆保温设备转移至上层结构。</p>																										
借鉴原理	1d 同条件试块强度达到 35MPa, 可撤掉保温加热措施, 移至上层结构。																										
借鉴原理 分析	<p>上述文献同条件试块养护 1d 强度达到 35MPa, 可进行保温措施的撤除，通过灌浆料性能指标得出，1d 同条件试块强度达到 35MPa 就能满足技术指标要求，在此状态下低温环境预制构件灌浆可以正常施工。</p> <p style="text-align: center;">表 2 专用低温型灌浆料性能指标</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">检验项目</th> <th style="text-align: center;">技术指标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">-5℃流动 /mm</td> <td style="text-align: center;">初始流动度</td> <td style="text-align: center;">≥ 300</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30min 流动度</td> <td style="text-align: center;">≥ 260</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">-5℃竖向膨胀率 /%</td> <td style="text-align: center;">3h</td> <td style="text-align: center;">≥ 0.02</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">24h 与 3h 差值</td> <td style="text-align: center;">0.02~0.05</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">抗压强度 /MPa</td> <td style="text-align: center;">-5℃养护 1d</td> <td style="text-align: center;">≥ 35</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-5℃养护 3d</td> <td style="text-align: center;">≥ 60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-5℃养护 7d 后标准养护 28d</td> <td style="text-align: center;">≥ 85</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">氯离子含量 /%</td> <td style="text-align: center;">≤ 0.03</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">泌水率 /%</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>	检验项目		技术指标	-5℃流动 /mm	初始流动度	≥ 300	30min 流动度	≥ 260	-5℃竖向膨胀率 /%	3h	≥ 0.02	24h 与 3h 差值	0.02~0.05	抗压强度 /MPa	-5℃养护 1d	≥ 35	-5℃养护 3d	≥ 60	-5℃养护 7d 后标准养护 28d	≥ 85	氯离子含量 /%		≤ 0.03	泌水率 /%		0
检验项目		技术指标																									
-5℃流动 /mm	初始流动度	≥ 300																									
	30min 流动度	≥ 260																									
-5℃竖向膨胀率 /%	3h	≥ 0.02																									
	24h 与 3h 差值	0.02~0.05																									
抗压强度 /MPa	-5℃养护 1d	≥ 35																									
	-5℃养护 3d	≥ 60																									
	-5℃养护 7d 后标准养护 28d	≥ 85																									
氯离子含量 /%		≤ 0.03																									
泌水率 /%		0																									

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 10 月 15 日

通过上述“借鉴文献与目标的对比论证”小组对借鉴的数据和原理进行了理论分析，分析结果能够满足要求，因此目标可行性分析结论为：“目标能够实现”

五、提出方案并确定最佳方案

1、提出方案

QC 小组全体成员围绕课题目标对“低温环境下预制构件灌浆施工工效与常温下一致”召开专题会议，运用“头脑风暴法”集思广益提出多种方案并进行论证，结合所选课题和借鉴，确定了如下总体方案。

总体方案表

表 12

项目	方案内容
方案	低温环境预制构件灌浆升温保温

制表人：杨兆前

制表时间：2020 年 10 月 25 日

2、方案分解

小组成员通过现场测量、试验法及调查分析法进一步展开讨论，通过对“低温环境预制构件灌浆升温保温”方案的四个主要组成部分和组成形式及具备的使用功能进行归纳和总结，形成分解方案系统图，如下图所示



图 1 方案分解图

制图人：杨兆前

制图时间：2020 年 10 月 25 日

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/747003110036006164>