

备案号：

山西省工程建设地方标准



DBJ04-xxx-xxxx

---

## 玻化微珠整体式保温隔热建筑应用技术规程

Technical specification in application of glazed-hollow-bead integrated  
thermal insulation building

（征求意见稿）

20××-××-××发布

20××-××-×× 实施

山西省住房和城乡建设厅      发布

# 前 言

为了贯彻国家及山西省建筑节能和绿色建筑发展政策，彰显科技创新在建设领域的引领作用，推动山西省新型建筑节能体系、绿色建筑材料和固废资源化利用的发展，根据山西省住房和城乡建设厅发布《关于印发2022年工程建设地方标准制（修）订计划（第二批）的通知》（晋建科字【2022】232号）的要求，标准修订组在广泛调查研究，认真总结实践经验，结合近年研究成果，参考国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 材料；4. 系统设计；5. 施工工艺；6. 质量验收。

本规程修订的主要技术内容是：1. 删除原规程中述及的各项专利，以及产品和材料名称中的“SKD”商标标识；2. 修改了玻化微珠保温砂浆的性能指标；3. 删除了抗裂砂浆、界面砂浆、耐碱网格布、柔性腻子、涂料等的性能指标要求，但规定满足现行国家和行业标准要求；4. 补充了承重型玻化微珠保温混凝土的性能指标、施工工艺、质量验收等条件和要求；5. 增加了轻质玻化微珠、轻质抹灰石膏、石膏保温砂浆、微生物智慧混凝土，及其性能指标、施工工艺、质量验收等条件和要求；6. 对第4章系统设计中的建筑构造进行修订，给出具体的工程做法构造。

本规程由山西省住房和城乡建设厅负责管理，由太原思科达科技发展有限公司负责具体技术内容的解释。本规程实施过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验、积累资料，及时将意见

和建议反馈至太原思科达科技发展有限公司（地址：山西省太原市迎泽区劲松路3号中泰广场1810，邮编：030001，电话：0351-7999186，邮箱：lizhu9999@vip.sina.com），以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员名单：

主 编 单 位：太原思科达科技发展有限公司

山西大学

参 编 单 位：太原理工大学

中铁十二局集团建筑安装工程有限公司

主要起草人员：

主要审查人员：

# 目录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1 总 则 .....                 | 1  |
| 2 术 语 .....                 | 2  |
| 3 材 料 .....                 | 5  |
| 3.1 一般规定 .....              | 5  |
| 3.2 材料性能 .....              | 5  |
| 3.3 检验规则 .....              | 11 |
| 4 配合比设计 .....               | 13 |
| 4.1 一般规定 .....              | 13 |
| 4.2 配合比设计参数 .....           | 13 |
| 5 系统设计 .....                | 17 |
| 5.1 一般规定 .....              | 17 |
| 5.2 建筑设计和构造 .....           | 17 |
| 5.3 结构设计和构造 .....           | 21 |
| 6 施工工艺 .....                | 24 |
| 6.1 一般规定 .....              | 24 |
| 6.2 材料配制 .....              | 24 |
| 6.3 施工要点 .....              | 25 |
| 7 质量验收 .....                | 28 |
| 7.1 一般规定 .....              | 28 |
| 7.2 主控项目 .....              | 30 |
| 7.3 一般项目 .....              | 32 |
| 附录A 膨胀珍珠岩自修复剂矿化能力检验方法 ..... | 34 |

附录B 膨胀珍珠岩自修复剂有效活菌数检验方法 .....36

附录C 微生物智慧混凝土裂缝自修复性能检测方法 .....39

本规程用词说明.....42

引用标准名录.....43

条文说明 .....46

# CONTENTS

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 General Provisions.....                                                                                  | 1  |
| 2 Glossary .....                                                                                           | 2  |
| 3 Materials .....                                                                                          | 5  |
| 3.1 General Prescription .....                                                                             | 5  |
| 3.2 Material Performance .....                                                                             | 5  |
| 3.3 Inspection Rules.....                                                                                  | 11 |
| 4 Design of Mix Proportion .....                                                                           | 13 |
| 4.1 General Prescription .....                                                                             | 13 |
| 4.2 Mix Ratio Design Parameters .....                                                                      | 13 |
| 5 Systematic Design.....                                                                                   | 17 |
| 5.1 General Prescription .....                                                                             | 17 |
| 5.2 Design and Detailing of Architectural .....                                                            | 17 |
| 5.3 Design and Detailing of Structure.....                                                                 | 21 |
| 6 Construction Technology.....                                                                             | 24 |
| 6.1 General Prescription .....                                                                             | 24 |
| 6.2 Material Preparation .....                                                                             | 24 |
| 6.3 Main Points of Construction .....                                                                      | 25 |
| 7 Quality Acceptance.....                                                                                  | 28 |
| 7.1 General Prescription .....                                                                             | 28 |
| 7.2 Host Item .....                                                                                        | 30 |
| 7.3 General Item .....                                                                                     | 32 |
| Appendix A Test Method for Mineralization Ability of Expanded<br>Perlite Microbial Self-healing Agent..... | 34 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Appendix B Test method for Number of Effective Microorganism of<br>Expanded Perlite Self-healing Agent..... | 36 |
| Appendix C Test Method for Crack Self-healing Performance of<br>Microbial Smart Concrete.....               | 39 |
| Words Explanation of Specification .....                                                                    | 42 |
| Referenced Criterion Contents. ....                                                                         | 43 |
| Clausal Explanation .....                                                                                   | 46 |

# 1 总 则

1.0.1 为贯彻国家及山西省建筑节能和绿色建筑发展政策，规范玻化微珠整体式保温隔热建筑的技术要求，保证使用功能和工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山西地区新建、扩建和改建的民用建筑中的玻化微珠整体式保温隔热建筑工程及其相关材料的设计、施工和验收。

1.0.3 玻化微珠整体式保温隔热建筑及其相关材料除应符合本规程外，尚应符合国家、行业及山西省现行相关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 玻化微珠整体式保温隔热建筑 glazed-hollow-bead integrated thermal insulation building

在建筑物外墙面和房间六面壁（包括墙体、楼地板和顶棚面等）用一定厚度的玻化微珠保温隔热产品，形成结构自保温体系，并进行与之相应的建筑、结构、地基处理、暖通、消防等设计，完成各项施工技术工作和工程实体而形成的保温隔热、节能环保的绿色建筑。

### 2.0.2 玻化微珠 glazed-hollow-bead

由珍珠岩经过加热膨胀、玻化冷却制成的表面玻化封闭、内部多孔的不规则球状体颗粒。也包括经膨胀珍珠岩改性获得的轻质玻化微珠。

### 2.0.3 轻质玻化微珠 lightweight glazed-hollow-bead

堆积密度 $\leq 80\text{kg/m}^3$ 的玻化微珠，或由堆积密度 $\leq 80\text{kg/m}^3$ 的普通膨胀珍珠岩珍珠岩经过改性处理后性能指标满足玻化微珠的改性膨胀珍珠岩。

### 2.0.4 玻化微珠保温砂浆 glazed-hollow-bead thermal insulation mortar

由玻化微珠或轻质玻化微珠、无机胶凝材料（不含石膏基胶凝材料）及外加剂等组成的单组份干粉保温砂浆。根据干密度、抗压强度、导热系数及使用部位的不同，分为墙体及顶棚保温砂浆

(I型)、楼地面及卫生间保温砂浆(II型)和外墙面保温砂浆(III型)。

#### 2.0.5 石膏保温砂浆 gypsum thermal insulation mortar

以半水石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ )和II型无水石膏(II型  $\text{CaSO}_4$ )单独或两者混合作为主要胶凝材料,掺加无机轻集料和外加剂制成的干拌混合物,用于民用建筑物室内非潮湿墙体、楼板和顶棚保温的干拌混合物。

#### 2.0.6 玻化微珠保温承重混凝土 glazed-hollow-bead thermal insulation-load bearing concrete

由玻化微珠或轻质玻化微珠、水泥、石子、砂子、无机掺合料、外加剂等材料按一定比例配合,经搅拌、成型、养护而成的混凝土,既具有一般混凝土的物理力学性能,又具有良好的保温隔热性能。

#### 2.0.7 微生物自修复剂 microbial self-healing agent

基于微生物矿化沉积功能的用于砂浆或混凝土制品使其具有裂缝自修复功能的微生物外加剂。包括固载型微生物自修复剂和非固载型微生物自修复剂。

#### 2.0.8 膨胀珍珠岩微生物自修复剂 expanded perlite microbial self-healing agent

以多孔膨胀珍珠岩作为微生物的载体,通过固载具有矿化沉积功能的微生物制备得到的固载型微生物自修复剂。

#### 2.0.9 微生物激活剂 microbial activator

使微生物自修复剂中处于休眠状态的微生物复活并恢复矿化沉积功能的外加剂。

#### 2.0.10 微生物智慧混凝土 Microbial smart concrete

微生物智慧混凝土是指以微生物生物自修复剂、微生物激活剂、轻骨料、水泥、石子、砂子、无机掺合料、外加剂等材料按一定比例配合，经搅拌、成型、养护而成的混凝土，既具有一般混凝土的物理力学性能，又具有良好的保温隔热性能、裂缝自修复性能、以及高抗渗抗冻融的耐久性能。

#### 2.0.11 矿化能力 mineralization capacity

单位质量的微生物修复剂诱导生成的碳酸钙质量。

#### 2.0.12 有效活菌数 number of effective microorganism

每克自修复剂样品中具有生理活性的微生物数量。

#### 2.0.13 自修复剂掺量 dosage of self-healing agent

微生物自修复剂配合比计算时， $1\text{m}^3$ 微生物智慧混凝土参加的膨胀珍珠岩自修复剂的体积，单位 $\text{m}^3/\text{m}^3$ 。

#### 2.0.14 裂缝修复率 self-healing ratio of cracks

微生物智慧混凝土对自身出现的一定宽度范围内的裂缝的修复数量与裂缝总数量的百分比。

## 3 材料

### 3.1 一般规定

3.1.1 整体式保温隔热建筑所用的产品材料，应有出厂合格证和法定检测部门出具的检测报告，材料的品种、规格、性能除符合本规程外还应符合现行的国家、行业及地方标准的要求。

3.1.2 整体式保温隔热建筑所用的产品材料的原材料除应符合现行的国家、行业及山西省地方标准的要求。

3.1.3 整体式保温隔热建筑施工所用的材料应满足山西省地方标准《绿色建筑设计标准》DBJ04-415的要求。

### 3.2 材料性能

3.2.1 轻质玻化微珠应满足表 3.2.1 的性能指标。

表 3.2.1 轻质玻化微珠物理力学性能指标

| 项目                      | I类     | II类    | III类   | 试验方法 |
|-------------------------|--------|--------|--------|------|
| 堆积密度, kg/m <sup>3</sup> | <80    | 80~120 | >120   |      |
| 筒压强度, kPa               | ≥50    | ≥100   | ≥150   |      |
| 导热系数, W/(m·K) 平均温度25℃   | ≤0.040 | ≤0.045 | ≤0.060 |      |
| 体积吸水率, %                | ≤45    |        |        |      |
| 体积漂浮率, %                | ≥80    |        |        |      |

3.2.2 微生物自修复剂、微生物智慧混凝土使用的微生物自修复剂应符合下列规定：

1 不应采用经基因工程改造的菌种，并且应安全，毒性检验结论应为实际无毒，急性毒性剂量（LD<sub>50</sub>）应大于5000 mg/kg体重。微生物自修复剂毒性检测方法按现象国家标准《化学品 急性经口毒性试验方法》（GB/T 21603）的有关规定

执行，急性毒性剂量试验按现象国家标准《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》（GB 15193.3）的有关规定执行。

2 微生物自修复剂的性能指标和试验方法可以参考《微生物自修复混凝土应用技术规程》（T/CECS 973）。

3 膨胀珍珠岩微生物自修复剂性能应符合表3.2.2的规定。

表3.2.2 膨胀珍珠岩微生物自修复剂性能指标

| 项目      |                                    | 指标         | 试验方法         |
|---------|------------------------------------|------------|--------------|
| 膨胀珍珠岩载体 | 粒径/mm                              | 0.075~4.75 | GB/T 17431.2 |
|         | 干密度/kg/m³                          | ≥60        |              |
|         | 质量吸水率/%                            | ≥50        |              |
|         | 筒压强度/kPa                           | ≥50        |              |
|         | 氯离子含量/%                            | ≤0.06      | GB/T 8077    |
|         | 硫酸根离子含量/%                          | ≤1.0       |              |
|         | 总碱量/%                              | ≤0.1       |              |
| 微生物自修复剂 | 碱度（pH值）                            | ≤10.0      | GB 20472     |
|         | 矿化能力/（mg/g）                        | ≥70        | T/CECS 973   |
|         | 有效活菌数/（×10 <sup>8</sup> CFU/g或亿/g） | ≥2.5       |              |
|         | 导热系数/(W/(m K))                     | ≤0.060     | GB/T 10294   |

注：当对微生物智慧混凝土的保温性能无要求时，可不用对膨胀珍珠岩微生物自修复剂的导热系数做要求。

3.2.3 玻化微珠保温砂浆应符合表3.2.3的要求。

表3.2.3 玻化微珠保温砂浆性能指标

| 项目              | 指标                           |        | 试验方法       |
|-----------------|------------------------------|--------|------------|
|                 | I型                           | II型    |            |
| 外观质量            | 均匀、无结块                       |        | GB/T 20473 |
| 2h 稠度损失率/%      | ≤30                          |        |            |
| 干密度/(kg/m³)     | ≤350                         | ≤450   |            |
| 导热系数/(W/(m·K))  | ≤0.07                        | ≤0.085 |            |
| 蓄热系数/(W/(m²·K)) | ≥1.0                         | ≥1.5   |            |
| 抗压强度/MPa        | ≥0.50                        | ≥1.0   |            |
| 线性收缩率/%         | ≤0.30                        |        |            |
| 压剪粘结强度/MPa      | ≥0.060                       |        |            |
| 拉伸粘结强度/MPa      | ≥0.10                        | ≥0.15  |            |
| 体积吸水率/%         | ≤10%                         |        |            |
| 抗冻性             | 15次冻融循环后质量损失率≤5%，抗压强度损失率≤20% |        |            |
| 软化系数            | ≥0.60                        |        |            |

|         |                                                     |         |
|---------|-----------------------------------------------------|---------|
| 燃烧性能    | A级                                                  | GB 8624 |
| 放射性核素限量 | 内照指数 $I_{ra} \leq 1.0$ , 外照指数 $I_{\gamma} \leq 1.0$ | GB 6566 |

- 注：1. 如用户对蓄热系数无要求时，可不作规定；  
2. 使用部位无耐水要求时，体积吸水率、软化系数可不作要求；  
3. 用于室内墙面和楼地面时，抗冻性可不作要求；  
4. 用于室外墙面和屋顶保温时，要求对体积吸水率、软化系数、抗冻性进行检测。

### 3.2.4 抹灰石膏性能应符合表3.2.4要求

表3.2.4 抹灰石膏性能指标

| 项目             |       | 轻质抹灰石膏                                           |       | 石膏保温砂浆 |       | 试验方法          |
|----------------|-------|--------------------------------------------------|-------|--------|-------|---------------|
|                |       | 普通型                                              | 机械喷涂型 | 普通型    | 机械喷涂型 |               |
| 初凝时间/min       |       | ≥ 60                                             |       | ≥ 60   |       | GB/T<br>28627 |
| 终凝时间/min       |       | ≤ 480                                            |       | ≤ 360  |       |               |
| 体积密度/(kg/m³)   |       | ≤1000                                            |       | ≤350   |       |               |
| 保水率/%          |       | ≥70                                              | ≥65   | —      |       |               |
| 抗折强度/MPa       |       | ≥1.0                                             | ≥1.3  | —      |       |               |
| 抗压强度/MPa       |       | ≥2.5                                             | ≥2.6  | ≥0.4   |       |               |
| 拉伸粘结强度/MPa     |       | ≥0.3                                             | ≥0.3  | ≥0.1   |       |               |
| 导热系数/(W/(m·K)) |       | ≤1000                                            |       | ≤350   |       |               |
| 线收缩率（28d）/%    |       | —                                                |       | ≤0.20  |       | JC/T 2706     |
| 石膏含量           |       | ≥60                                              |       | —      |       | GB/T<br>28627 |
| pH值            |       | ≥7                                               |       | —      |       | JC/T 2474     |
| 抗流挂性/mm        | 下垂值   | —                                                | ≤6.0  | —      | ≤6.0  |               |
|                | 表面平整度 | —                                                | ≤3.0  | —      | ≤3.0  |               |
| 燃烧性能           |       | —                                                |       | A1级    |       | GB 8624       |
| 放射性核素限量        |       | 内照指数I <sub>ra</sub> ≤1.0，外照指数I <sub>γ</sub> ≤1.0 |       |        |       | GB 6566       |

### 3.2.5 玻化微珠保温承重混凝土应符合下列规定：

1 玻化微珠保温承重混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。当混凝土中矿物掺合料超过水泥用量的20%时，测试龄期宜为56天。

2 玻化微珠保温承重混凝土的强度等级应划分为：GC15；GC20；GC25；GC30；GC35；GC40；GC45；GC50；GC55；GC60。

3 玻化微珠保温承重混凝土轴心抗压强度、轴心抗拉强度的标准值和设计值根据强度等级按《混凝土结构设计规范》GB50010 的要求采用。

4 玻化微珠保温承重混凝土的弹性模量 $E_{GC}$ 应按表3.2.5-1取值。当有可靠试验依据时，弹性模量 $E_{GC}$ 也可根据实测数据确定。

表3.2.5-1 玻化微珠保温混凝土弹性模量（ $\times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ）

|          |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|
| 强度等级     | GC15 | GC20 | GC25 | GC30 | GC35 |
| $E_{GC}$ | 1.65 | 1.95 | 2.20 | 2.40 | 2.60 |
| 强度等级     | GC40 | GC45 | GC50 | GC55 | GC60 |
| $E_{GC}$ | 2.70 | 2.85 | 2.95 | 3.05 | 3.15 |

5 玻化微珠保温承重混凝土的泊松比，GC50级以下混凝土可取0.22，GC60混凝土可取0.2。

6 玻化微珠保温承重混凝土的干密度和导热系数应符合表3.2.5-2的规定。当有可靠试验依据时，干密度和导热系数可根据实测数据确定。

表3.2.5-2 玻化微珠保温混凝土的干密度和导热系数

|                                                |               |               |               |               |               |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 强度等级                                           | GC15~<br>GC20 | GC25~<br>GC30 | GC35~<br>GC40 | GC45~<br>GC50 | GC55~<br>GC60 |
| 干密度<br>/( $\text{kg/m}^3$ )                    | $\leq 1800$   | $\leq 1900$   | $\leq 2000$   | $\leq 2100$   | $\leq 2200$   |
| 导热系数<br>( $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) | $\leq 0.30$   | $\leq 0.45$   |               | $\leq 0.60$   |               |

7 当温度在 $0^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ 范围内是，玻化微珠保温承重混凝土的线膨胀系数  $\alpha_{GC}$  可取  $1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ ，比热容  $c_{GC}$  可取  $0.96\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 。

3.2.6 微生物智慧混凝土应符合下列规定：

1 微生物混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。当混凝土中矿物掺合料超过水泥用量的20%时，测试龄期宜为56天。

2 微生物智慧混凝土的强度等级应划分为：MC15；MC 20；MC25；MC30；MC35；MC40；MC45；MC50；MC55；MC60。

3 微生物智慧混凝土轴心抗压强度、轴心抗拉强度的标准值和设计值根据强度等级按《混凝土结构设计规范》GB50010的要求采用。

4 微生物智慧混凝土的弹性模量 $E_{MC}$ 参照表3.2.5-1取值。当有可靠试验依据时，弹性模量 $E_{MC}$ 也可根据实测数据确定。

5 微生物智慧混凝土的干密度和导热系数应可参考表3.2.5-2的取值。当有可靠试验依据时，干密度和导热系数可根据实测数据确定。当微生物智慧混凝土无保温性能要求时，可不对导热系数做要求。

6 微生物智慧混凝土的裂缝自修复性能需满足下列规定：

1) 微生物智慧混凝土的裂缝自修复性能主要适用宽度不大于0.5mm，由混凝土温度、湿度变化引起的非结构受力裂缝的自修复。由于结构受力或损伤产生的宽度不大于0.5mm的裂缝，微生物智慧混凝土也具有修复功能，但是无法恢复结构的承载力。

2) 在干燥环境中，要求微生物智慧混凝土可通过加湿或干湿循环实现裂缝自修复性能。

3) 微生物智慧混凝土的裂缝修复性能用修复裂缝的宽度和裂缝修复率来表示。微生物智慧混凝土的裂缝自修复性能应符合表3.2.6-1的规定。

**表3.2.6-1 微生物智慧混凝土的裂缝自修复性能**

| 自修复剂掺量/(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | 修复裂缝最大宽度/mm | 裂缝修复率/% | 试验方法 |
|------------------------------------------|-------------|---------|------|
| ≥0.3, <0.4                               | 0.2         | ≥95     | 附录B  |
| ≥0.4, <0.6                               | 0.3         |         |      |
| ≥0.6, <0.8                               | 0.4         |         |      |
| ≥0.8, ≤1.0                               | 0.5         |         |      |

7 微生物智慧混凝土的抗渗性能应符合下列规定：

1) 用于结构自防水的微生物智慧混凝土的强度等级不应低于MC20。

2) 微生物智慧混凝土的抗渗性能应符合表3.2.6-2的要求。

**表3.2.6-2 微生物智慧混凝土的抗渗性能**

| 自修复剂掺量/(m³/m³) | 抗渗等级       |            |            | 试验方法       |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
|                | MC20~ MC25 | MC30~ MC45 | MC50~ MC60 |            |
| ≥0.3, <0.4     | ≥P6        | ≥P8        | ≥P12       | GB/T 50082 |
| ≥0.4, <0.6     | ≥P8        | ≥P10       |            |            |
| ≥0.6, <0.8     | ≥P10       | ≥P12       |            |            |
| ≥0.8, ≤1.0     | ≥P12       |            |            |            |

8 微生物智慧混凝土的抗冻融性能应符合表3.2.6-3的规定。

**表3.2.6-3 微生物智慧混凝土的抗冻性能**

| 自修复剂掺量/(m³/m³) | 抗渗等级       |            |            | 试验方法       |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
|                | MC20~ MC25 | MC30~ MC45 | MC50~ MC60 |            |
| ≥0.3, <0.4     | ≥F100      | ≥F200      | ≥F500      | GB/T 50082 |
| ≥0.4, <0.6     |            | ≥F300      |            |            |
| ≥0.6, <0.8     | ≥F150      | ≥F500      |            |            |
| ≥0.8, ≤1.0     | ≥F200      |            |            |            |

9 氯化物环境中的微生物智慧混凝土性能还应满足《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476。

3.2.7 玻化微珠整体式保温隔热建筑中使用的抗裂砂浆、耐碱网布、专用柔性腻子、涂料、界面砂浆应符合相应的国家和山西省地方标准。

3.3 检验规则

3.3.1 玻化微珠保温砂浆的出厂检验和型式检验规则应符合《建筑保温砂浆》GB/T 20473的要求。进场复检应符合《玻化微珠保温隔热砂浆应用技术规程》JC/T 2164的要求。

3.3.2 石膏保温砂浆的出厂检验和型式检验规则应符合《石膏保温砂浆》JC/T 2706的要求。进场复检应符合《抹灰石膏应用技术规程》JC/T 60005的要求。

3.3.3 轻质抹灰石膏的出厂检验和型式检验规则应符合《抹灰石膏》GB/T 28627 的要求。进场复检应符合《抹灰石膏应用技术规程》JC/T 60005的要求。

3.3.4 玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土如果是预拌混凝土，出厂检验和交货检验应符合《预拌混凝土》GB/T 14902。如果是现场拌制混凝土，检验规则应符合《混凝土结构工程施工规范》GB 50666。

3.3.5 现场抽样复验，复验应为见证取样送检，随机抽样，检查复验报告。进场的材料抽样复验项目应符合表3.3.5：

表3.3.5 进厂材料复验

| 材料名称     | 检验项目                       |
|----------|----------------------------|
| 玻化微珠保温砂浆 | 干密度、抗压强度、导热系数              |
| 石膏保温砂浆   | 凝结时间、体积密度、抗压强度、导热系数        |
| 轻质抹灰石膏   | 凝结时间、体积密度、抗折强度、抗压强度、拉伸粘结强度 |

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| 玻化微珠保温承重混凝土 | 抗压强度、拌合物塌落度、导热系数      |
| 微生物智慧混凝土    | 抗压强度、拌合物塌落度、设计要求的耐久性能 |

3.2.6 玻化微珠整体式保温隔热建筑中使用的抗裂砂浆、耐碱网布、专用柔性腻子、涂料、界面砂浆的检验规则应符合相应的国家和山西省地方标准。

## 4 配合比设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土的配合比可以采用相同的方法计算。

4.1.2 玻化微珠保温承重混凝土的配合比设计应符合配制强度、密度、拌合物性能、耐久性能的规定，并应满足设计对玻化微珠保温混凝土的其他性能要求。

4.1.3 在玻化微珠保温承重混凝土配合比中加入化学外加剂或矿物掺合料时，其品种、掺量和对水泥的适应性，必须通过试验确定。

4.1.4 玻化微珠保温承重混凝土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应满足国家现行标准的有关要求。

4.1.5 计算出的玻化微珠保温承重混凝土配合比必须通过试配予以调整。

### 4.2 配合比设计参数

4.2.1 玻化微珠保温混凝土的配合比应通过计算和试配确定。混凝土试配强度应按式（4.2.1）确定：

$$f_{cu,o} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (4.2.1)$$

式中：  $f_{cu,o}$ —玻化微珠保温混凝土的试配强度（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_{cu,k}$ —玻化微珠保温混凝土立方体抗压强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$\sigma$ —玻化微珠保温混凝土强度标准差（N/mm<sup>2</sup>）。

4.2.2 混凝土强度标准差应根据同品种、同强度等级玻化微珠保温混凝土统计资料计算确定。计算时，强度试件组数不应少于30组。当无统计资料时，强度标准差可按表4.2.2取值。

表4.2.2 强度标准差 $\sigma$ （MPa）

| 混凝土强度等级  | 低于C20 | C20~C35 | 高于C35 |
|----------|-------|---------|-------|
| $\sigma$ | 4.0   | 5.0     | 6.0   |

4.2.3 不同试配强度的玻化微珠保温承重混凝土的胶凝材料用量可按表4.2.3选用。对于泵送玻化微珠保温承重混凝土，胶凝材料用量不宜小于350kg/m<sup>3</sup>。

表4.2.3 玻化微珠保温承重混凝土的胶凝材料用量

| 混凝土强度等级 | 胶凝材料用量（kg/m <sup>3</sup> ） | 水泥强度等级                 |
|---------|----------------------------|------------------------|
| C15     | 280~290                    | 胶凝材料中的水泥宜为42.5级普通硅酸盐水泥 |
| C 20    | 360~370                    |                        |
| C 25    | 330~340                    |                        |
| C 30    | 350~380                    |                        |
| C 35    | 380~440                    |                        |
| C 40    | 420~480                    |                        |
| C 45    | 450~500                    |                        |
| C 50    | 450~500                    | 胶凝材料中的水泥宜为52.5级普通硅酸盐水泥 |
| C 55    | 480~520                    |                        |
| C 60    | 500~540                    |                        |

4.2.4 玻化微珠保温承重混凝土的净用水量可按表4.2.4选用。玻化微珠保温承重混凝土的坍落度应满足泵送要求。

表4.2.4 玻化微珠保温混凝土的用水量

| 玻化微珠保温混凝土用途                                         | 用水量（kg/m <sup>3</sup> ）      |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|
| 预制构件及制品：<br>（1）振动加压成型<br>（2）振动台成型<br>（3）振捣棒或平板振动器振实 | 70~180<br>140~240<br>150~255 |
| 现浇混凝土：<br>（1）机械振捣<br>（2）人工振捣或钢筋密集                   | 200~290<br>220~315           |

4.2.5 每立方米玻化微珠保温承重混凝土用水量的确定，应符合下列规定：

1 水灰比在0.40~0.60范围时，根据粗骨料的粒径、混凝土拌合物稠度，来确定其用水量。掺用各种外加剂或掺合料时，用水量应通过试验确定。

2 水灰比小于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。

3 掺外加剂时的混凝土用水量可按（4.2.5）式计算：

$$m_{wa} = m_{wo}(1 - \beta) \quad (5.2.6)$$

式中  $m_{wa}$  — 掺外加剂混凝土每立方米混凝土的用水量（kg）；

$m_{wo}$  — 未掺外加剂混凝土每立方米混凝土的用水量（kg）；

$\beta$  — 外加剂的减水率（%），应通过试验确定。

4 计算用含水量时应计算玻化微珠的预湿水用水量。

5 当微生物自修复剂自身含水时，总水量应扣除微生物自修复剂中所含的水。

4.2.6 保温细骨料玻化微珠或膨胀珍珠岩自修复剂如果按砂子的取代率进行计算，取代砂子的取代率宜为20%~35%，其用量采用质量比计算。

4.2.7 玻化微珠保温承重混凝土的砂率可按表4.2.7选用。本标准中砂率 $S_p = (\text{砂的用量 } m_{so} + \text{玻化微珠的用量 } m_{bo}) / (\text{砂的用量 } m_{so} + \text{玻化微珠的用量 } m_{bo} + \text{石子的用量 } m_{go})$ ，其用量采用质量比。

**表4.2.7 玻化微珠保温承重混凝土的砂率**

| 玻化微珠保温承重混凝土用途 | 细骨料品种    | 砂率（%） |
|---------------|----------|-------|
| 预制混凝土构件       | 普通砂、玻化微珠 | 30~35 |
| 现浇混凝土         | 普通砂、玻化微珠 | 35~40 |

4.2.8 玻化微珠保温承重混凝土水胶比计算参考《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55。其中，回归系数 $\alpha_a$ 和 $\alpha_b$ 宜按下列规定确定：

1 回归系数 $\alpha_a$ 和 $\alpha_b$ 应根据工程所使用的水泥、骨料，通过试验由建立的水灰比与混凝土强度关系式确定；

2 当不具上述试验统计资料时，其回归系数可按表4.2.8采用。

**表4.2.8 回归系数 $\alpha_a$ 和 $\alpha_b$ 选用表**

| 系数 \ 粗骨料品种 | 碎石   |
|------------|------|
| $\alpha_a$ | 0.46 |
| $\alpha_b$ | 0.07 |

## 5 系统设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 玻化微珠整体式保温隔热建筑应按照绿色建筑标准进行设计，并符合国家和山西省绿色建筑设计相关技术标准。

5.1.2 玻化微珠整体保温隔热建筑设计时应符合国家、山西省相关节能标准的要求。

5.1.3 玻化微珠整体保温隔热建筑用于新建居住建筑和公共建筑时宜分别按照83%和72%节能标准进行设计，推荐按照超低能耗和近零能耗建筑进行设计。

5.1.4 玻化微珠整体式保温隔热建筑宜采用装配式建筑技术。

5.1.5 玻化微珠整体式保温隔热建筑设计时宜引入建筑信息模型技术。

5.1.6 新建玻化微珠整体保温隔热建筑应当结合当地气候和自然资源条件合理利用太阳能、地热能、空气能等可再生能源。

5.1.7 玻化微珠整体式保温隔热建筑设计时必须严格执行国家和山西省相关防火设计标准和规范的要求。

5.1.8 玻化微珠整体式保温隔热建筑宜采用保温结构一体化设计。充分利用玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土所具有的保温隔热性能，降低保温材料用量，提升建筑节能水平。

### 5.2 建筑设计和构造

5.2.1 新建建筑在进行玻化微珠整体式保温隔热系统设计时，应视工程实际选取以下两种实现方式之一：其一是采用玻化微珠保温砂浆、石膏保温砂浆、轻质抹灰石膏替代现行设计标准图中楼地面、墙面、顶棚所采用的抹灰砂浆（包括找平层），实现建筑的整体式六面体保温隔热；其二是采用保温承重混凝土或微生物智慧混凝土作为结构层形成结构自保温体系，内保温设计采用玻化微珠保温砂浆、轻质抹灰石膏或石膏保温砂浆作为保温隔热层，形成“窑洞式”六面体结构保温一体化体系。

5.2.2 玻化微珠整体式保温隔热系统在正常使用和正常维护条件下，使用年限不应少于50年，即与主体结构同寿命。

5.2.3 建筑节能计算时应按照《民用建筑热工设计规范》GB50176，并结合3.2节给出材料性能指标，同时考虑玻化微珠保温砂浆或石膏保温砂浆、玻化微珠保温混凝土或微生物智慧混凝土对建筑的节能贡献。

5.2.4 未采用标准图集的新建建筑，采用玻化微珠整体式保温隔热建筑系统时，外墙外侧、内侧、内墙面、顶棚面及地面保温砂浆作为抹灰层的厚度应根据热工计算确定。玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土厚度也应根据热工计算确定。

5.2.5 既有建筑进行节能改造，采用玻化微珠整体式保温隔热系统时，外墙内外侧、内墙面、顶棚面及地面保温砂浆层厚度应根据热工计算确定。

5.2.6 在采用地板辐射采暖系统时，可用玻化微珠保温砂浆（Ⅱ型）替代传统的有机地板隔热层，隔热层的厚度不应小于25mm。

5.2.7 房间顶面是清水模板的情况下，可将房间顶面保温隔热层放置到上一层楼面，从而降低施工费用，此情况下地面保温隔热层厚度不应小于50mm。

5.2.8 玻化微珠整体式保温隔热建筑系统设计可参考以下构造：

1 外墙内表面及内墙面由界面砂浆粘结层、保温隔热层、抗裂砂浆、耐碱网布、柔性腻子和饰面层构成。外墙内表面及内墙面构造可参考图5.2.8-1。

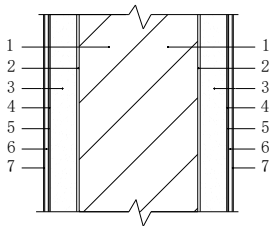


图5.2.8-1 整体式保温隔热系统外墙内表面及内墙面构造

1—基层墙体（混凝土墙面可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；2—界面砂浆层（底层轻质抹灰石膏打底）；3—保温隔热层（玻化微珠保温砂浆(I型)或石膏保温砂浆）；4—抗裂砂浆；5—耐碱网布；6—腻子；7—饰面层（涂料、壁布或壁纸）

2 外墙外侧由界面砂浆层、保温隔热层、抹面层、耐碱网布增强薄抹面层和饰面层构成。外墙面做法可参考图5.2.8-2。

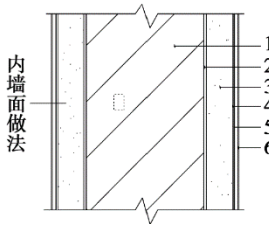


图 5.2.8-2 整体式保温隔热系统外墙构造

1— 基层墙体（混凝土墙面可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；2— 界面砂浆层；3—保温层（A级防火保温板）；4—抹面层（抗裂砂浆）；5—耐碱网布；5— 外墙饰面涂料

3 顶棚面由界面砂浆层、保温层隔热层、抗裂砂浆、耐碱网布、柔性腻子 and 饰面层构成，顶棚面做法可参考图5.2.8-3。

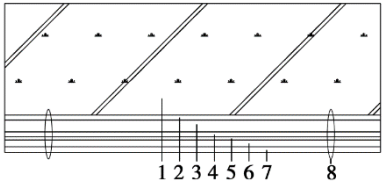


图5.2.8-3 整体式保温隔热系统顶棚面构造

1—基层（混凝土顶棚可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；2—界面砂浆（轻质抹灰石膏打底）；3—保温隔热层（玻化微珠保温砂浆(I型)或石膏保温砂浆）；4—抗裂砂浆；5——耐碱网布；6——柔性腻子；7——饰面涂料；8——锚钉（如有吊顶）

4 楼地面由基层、保温隔热层、找平层、面层构成，楼地面做法可参考图5.2.8-4所示的地面构造I。如采用地板辐射供暖系统时，楼地面构造可参考图5.2.8-5所示的楼地面构造II。

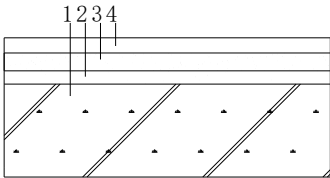


图4.2.4-1 整体式保温系统楼地面构造 I

1—基层（混凝土楼地面可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；2—保温层（玻化微珠保温砂浆（II型））；3—找平层（水泥砂浆）；4—面层

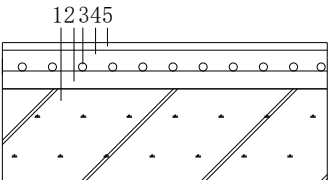


图4.2.4-2 整体式保温系统楼地面构造 II

1—基层（混凝土楼地面可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；2—保温层（玻化微珠保温砂浆（II型））；3——地暖管；4—细石混凝土（可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；5—面层

5.2.9 玻化微珠整体式保温隔热系统应用于装配式混凝土结构时，预制外墙板、内墙板、楼屋盖的建筑构造可参考4.2.8设计。装配式预制外墙板保温系统由内叶承重墙板、夹心A级防火保温层和外叶墙板构成，见图 5.2.9。

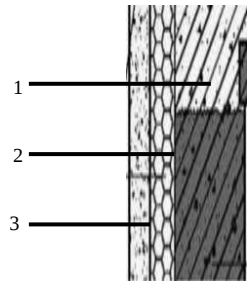


图5.2.9 整体式保温隔热系统装配式预制墙板保温系统构造

1—内叶承重墙板（可选用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土）；2—夹心保温层（A级防火保温材料）；3——外叶墙板（可选用玻化微珠保温砂浆层（I型）+装饰层）

5.2.10 玻化微珠整体式保温隔热系统应满足表5.2.10的性能指标。

表5.2.10 玻化微珠整体式保温隔热系统性能

| 室内环境参数                          | 冬季                       | 夏季  |
|---------------------------------|--------------------------|-----|
| 温度（℃）                           | ≥20                      | ≤26 |
| 相对湿度（%）                         | 30-60                    | ≤60 |
| 供暖年耗热量[kwh/(m <sup>2</sup> ·a)] | ≤30                      |     |
| 供冷年耗热量[kwh/(m <sup>2</sup> ·a)] | ≤3.5+2.0×WDH20+2.2×DDH28 |     |
| 建筑气密性（换气次数 N50）                 | ≤0.6                     |     |
| 节能标准（%）                         | ≥75                      |     |

注：1 本表适用于居住建筑中的住宅建筑，面积的计算基准为套内使用面积；  
2 WDH20 为一年中室外湿球温度高于 20℃时刻的湿球温度与 20℃差值的逐时累计值（单位：kKh，千度小时）；  
3 DDH28为一年中室外干球温度高于28℃时刻的干球温度与28℃差值的逐时累计值（单位：kKh，千度小时）；

### 5.3 结构设计和构造

5.3.1 新建玻化微珠整体式保温隔热建筑的设计使用年限和安全等级均不应小于现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》

GB50068的规定，主体结构宜按100年进行耐久性设计，不应小于50年；建筑结构安全等级不应低于二级。

5.3.2 新建建筑采用玻化微珠整体式保温隔热系统时，在设计阶段应利用本系统自重荷载小对地基处理和结构抗震性能有利影响，按本规程给定的荷载进行结构设计，确定基础形式、结构配筋率及构件断面。

5.3.3 新建建筑采用玻化微珠整体式保温隔热系统时，采用保温砂浆作为保温隔热层时，墙体内外侧及顶棚保温隔热系统的荷载应取值为 $3.5\text{kN/m}^3$ ，楼地面保温隔热系统的荷载应取值为 $4.5\text{kN/m}^3$ 。采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土形成结构自保温体系时，玻化微珠保温承重混凝土的荷载应取值为 $20\text{kN/m}^3$ 。

5.3.4 采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土形成结构保温一体化体系时，对应混凝土结构的设计应按《混凝土结构通用规范》GB 55008和《混凝土结构设计规范》GB50010进行设计。

5.3.5 采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土形成结构保温一体化体系时，建筑的抗震设计应按现行国家抗震规范和要求进行设计。

5.3.6 采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土形成结构保温一体化体系时，对应混凝土结构的耐久性设计应按《混凝土结构通用规范》GB 55008和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476进行设计。

5.3.7 玻化微珠整体式保温隔热建筑采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土形成装配式混凝土结构时，混凝土结构设计应按《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB50010、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1进行设计。

5.3.8 整体式保温隔热建筑采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土形成装配式混凝土结构时，混凝土结构设计应按《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB50010、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1进行设计。

## 6 施工工艺

### 6.1 一般规定

6.1.1 玻化微珠整体式保温隔热建筑的施工应满足《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905。

6.1.2 玻化微珠整体式保温隔热建筑的施工，应编制分项工程施工作业设计，经监理（建设）单位批准后方可实施。

6.1.3 新建建筑中采用玻化微珠整体式保温隔热系统，应有经审查合格的设计文件。

6.1.4 在采用玻化微珠保温砂浆、石膏保温砂浆进行整体式玻化微珠保温隔热系统建造时，必须经过有关部门进行结构验收合格后方可进行整体式保温工程施工。

6.1.5 玻化微珠整体式保温隔热建筑所用的玻化微珠保温砂浆、轻质抹灰石膏、石膏保温砂浆应采用干混砂浆或预拌砂浆，所用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土应采用预拌混凝土。现场搅拌混凝土和砂浆时应使用散装水泥；搅拌机棚应有封闭降噪和防尘措施。

6.1.6 玻化微珠整体式保温隔热建筑所用的预制装配式构件，宜采取工厂化加工。

### 6.2 材料配制

6.2.1 玻化微珠保温承重混凝土制备工艺如下：

1 玻化微珠保温承重混凝土生产时，保温细骨料玻化微珠宜采用体积计量，但宜按质量进行校核；其他各组分材料应以质量计量。

2 粗、细骨料的质量计量允许偏差为 $\pm 3\%$ ；保温细骨料玻化微珠的体积计量允许偏差为 $\pm 5\%$ ；水泥和掺合料的质量计量允许偏差为 $\pm 2\%$ ；水 and 外加剂的质量计量允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

3 在玻化微珠保温承重混凝土搅拌时，宜采用复式投料，投料搅拌宜采用图6.2.1所示顺序。

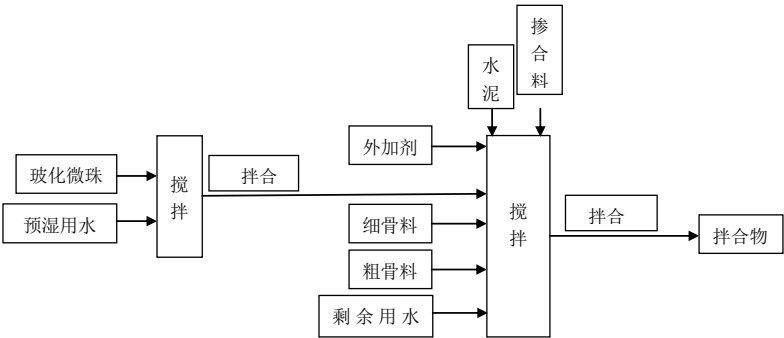


图6.2.2 玻化微珠保温承重混凝土制备投料顺序

4 玻化微珠保温混凝土全部原材料加料完毕后的总搅拌时间不宜少于5分钟。

5 外加剂应在粗细骨料吸水之后加入。

6.2.2 微生物智慧混凝土制备工艺可参考6.2.1进行。将图6.2.2中的玻化微珠替换成膨胀珍珠岩自修复剂。

6.3 施工要点

6.3.1 玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土施工应符合《混凝土结构工程施工规范》GB50666。

6.3.2 玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土施工尚应符合下列要求：

1 混凝土宜采用泵送、布料机布料浇筑；

2 混凝土振捣时应避免长时间持续振捣，以此防止混凝土离析导致轻骨料玻化微珠或膨胀珍珠岩自修复剂上浮。

3 大体积微生物智慧混凝土施工时，混凝土内部温度不宜大于75℃，内部与表面温度差值不宜超过25℃，否则会影响微生物自修复剂中微生物的活性并影响混凝土的裂缝修复性能。

4 施工过程中，或是正常使用过程中，如果发现微生物自修复混凝土产生裂缝，如果混凝土需于干燥环境应及时采用覆盖、洒水、喷雾等养护措施，保持混凝土表面湿润。不宜采用覆盖薄膜、喷涂或涂刷养护剂等隔绝空气的养护方式。养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的有关规定，水中宜添加适量微生物激活剂或营养物，养护时间不宜少于7d，以此实现裂缝的自愈合。冬期时，微生物自修复混凝土如果产生裂缝后，可通过采取保温措施维持混凝土表面温度在10℃～40℃，混凝土表面温度不应低于零下，以实现裂缝的自愈合，降低工程质量事故。

6.3.3 玻化微珠保温砂浆施工应符合《玻化微珠保温隔热砂浆应用技术规程》JC/T 2164的要求。玻化微珠保温砂浆宜采用机械喷涂施工，施工工艺应符合《机械喷涂砂浆》JC/T 2476的要求。

6.3.4 轻质抹灰石膏和石膏保温砂浆施工应符合《抹灰石膏应用技术规程》JC/T 60005的要求，并且宜采用机械喷涂施工，施工工艺应符合《机械喷涂抹灰石膏》JC/T 2474。

6.3.5 玻化微珠整体式保温隔热建筑其他保温系统和材料的施工应符合相应的国家和山西省地方标准。

6.3.6 玻化微珠整体式保温隔热建筑中的门窗工程、通风采暖工程、附属设施等的施工应符合相应的国家和山西省地方标准。

## 7 质量验收

### 7.1 一般规定

7.1.1 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程如果主体结构采用玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土时，其施工质量验收除应符合本规程规定外，尚应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。

7.1.2 玻化微珠保温砂浆工程和石膏保温砂浆工程应作为建筑节能分部工程的分项工程进行验收。玻化微珠保温砂浆工程其施工质量验收除应符合本规程的规定外，尚应符合《玻化微珠保温隔热砂浆应用技术规程》JC/T 3164和《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411的规定。石膏保温砂浆工程施工质量验收尚应满足《抹灰石膏应用技术规程》JC/T 60005的要求。

7.1.3 轻质抹灰石膏施工质量验收除应符合本规程的规定外，尚应符合《抹灰石膏应用技术规程》JC/T 60005 和《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411的要求。

7.1.4 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程所用主要材料，进场时应检查产品质量合格文件、型式检验报告及相关性能的检测报告。

7.1.5 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程构造应符合设计要求。

7.1.6 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程所用材料的性能应根据本规程及国家、行业、地方标准的规定，由具有资质的检测部门进行检测并出具检验报告。

7.1.7 墙体、顶棚面、楼地面应对下列部位或内容进行隐蔽工程验收，并应有详细文字记录：

- 1 保温隔热层附着的基层及其表面处理；
- 2 保温隔热层粘贴；
- 3 增强网铺设；
- 4 保温隔热层厚度。

7.1.8 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程验收时应检查下列文件和记录：

1 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程的施工图、设计说明及其他设计文件。

2 材料的产品合格证书、主要性能检测报告、进场验收记录和复验报告。

3 隐蔽工程验收记录。

4 施工记录。

5 检验批的验收记录。

6 施工方案。

7.1.9 整体式保温隔热建筑工程饰面层的施工，应符合《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB50210的要求。

7.1.10 检验批质量验收合格应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量经抽样检验全部合格。

2 一般项目的质量经抽样检验合格；当采用计数检验时，至少应有 90%以上的检查点合格，且其余检查点不得有严重缺陷。

3 具有完整的施工操作依据和质量检验记录。

7.1.11 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程检验批的划分和检查数量应符合下列规定：

玻化微珠整体式节能工程中，同一厂家同一品种的产品，当单位工程建筑面积在 10000 m<sup>2</sup>以下时各抽查不少于 1 次；当单位工程建筑面积在 10 000~20000 m<sup>2</sup>时各抽查不少于 2 次；当单位工程建筑面积在 20000~40000 m<sup>2</sup>时各抽查不少于 3 次；当单位工程建筑面积在 40000 m<sup>2</sup>以上时各抽查不少于 6 次。对复验报告全数检查。

7.1.12 分项工程质量验收合格，应符合下列规定：

- 1 分项工程所含的检验批均应合格；
- 2 分项工程所含检验批的质量验收记录应完整。

## 7.2 主控项目

7.2.1 玻化微珠整体式保温隔热建筑工程所用材料品种、规格应符合设计要求和本规程规定。

检验方法：观察、称重检查；核查质量证明文件。

检验数量：按进场批次，每批随机抽取 3 个试样进行检查。质量证明文件应按照其出厂检验批进行检查。

7.2.2 玻化微珠整体式保温隔热建筑所用材料，其导热系数、密度、抗压强度应符合设计要求和本规程规定。

检验方法：检查产品质量合格证明文件、进场验收记录、现场抽样复验报告和施工记录。

检查数量：全数检查。

7.2.3 保温隔热层厚度及整体式保温隔热系统的构造和细部做法应符合建筑节能设计要求。

检验方法：钢针插入和尺量检查，观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

7.2.4 保温隔热层与基层以及各构造层之间必须粘结牢固，无脱层、空鼓及裂缝，面层无粉化、起皮、爆灰等现象。

检验方法：观察检查、用小锤轻击；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：每个检验批不少于3处。

7.2.5 在施工中应制作保温砂浆同条件养护试件，检测其导热系数、干密度和抗压强度。保温砂浆同条件养护试件应见证取样送检。

检验方法：核查试验报告。

检查数量：每个检验批应抽样制作同条件养护试块不少于3组。

7.2.6 玻化微珠系统整体式保温系统验收时必须按规范《民用建筑工程室内环境控制标准》GB50325进行室内环境污染物浓度检测。7.2.7 玻化微珠整体式保温隔热系统验收时必须进行室内污染物浓度吸收率测定，室内不变污染物浓度24h吸收率应不小于95%。

检验方法：全封闭测定。

检查数量：选取不大于 30m<sup>2</sup>的房间测定，每一栋建筑抽查不少于一组，每组 3 间房间。

### 7.3 一般项目

7.3.1 进场材料的外观与包装应完整无破损，符合设计要求和产品标准的规定。

检验方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

7.3.2 耐碱网布应铺压严实，不得有空鼓、褶皱、翘曲、外露等现象，搭接宽度不应小于 100mm。加强部位的耐碱网布做法应符合设计要求。

检验方法：观察检查；检查隐蔽工程验收记录。

检查数量：每检验批抽查不少于 5 处，每处不少于 2m<sup>2</sup>。

7.3.3 保温隔热层宜连续施工，保温层厚度均匀，接茬应平顺密实。

检验方法：观察、尺量检查。

检查数量：每检验批抽查 10%，并不少于 10 处。

7.3.4 保温隔热系统面层应平整、洁净，接茬平整、光滑，线角顺直、清晰，毛面纹路均匀一致。

检验方法：观察检查。

检查数量：每检验批抽查 10%，并不少于 5 处。

7.3.5 边角表面应光滑、平顺，门窗框与墙体间缝隙填塞密实，表面平整。

检验方法：观察检查。

7.3.6 孔洞、槽、盒位置和尺寸正确，表面整齐、洁净，管道后平整。

检查方法：用钢直尺检查和观察检查。

7.3.7 保温隔热层和抹面层的允许偏差量及检验方法应符合表7.3.7规定。

表 7.3.7 允许偏差及检验方法

| 项 目   | 允许偏差(mm)       |     | 检验方法         |
|-------|----------------|-----|--------------|
|       | 保温层            | 抗裂层 |              |
| 立面垂直  | 4              | 3   | 用 2m 垂直检测尺检查 |
| 表面平整  | 4              | 3   | 用 2m 靠尺和塞尺检查 |
| 阴阳角垂直 | 4              | 3   | 用 2m 托线板检查   |
| 阴阳角方正 | 4              | 3   | 用直角检测尺检查     |
| 保温层厚度 | (-0.16， +0.16) |     | 探针、钢尺检查      |

7.3.8 抹灰工程的表面质量应符合下列规定：

- 1 普通抹灰表面应光滑、洁净、接槎平整：
- 2 高级抹灰表面应光滑、洁净、颜色均匀、无抹纹。

检验方法：观察：手摸检查。

检验数量：全数检查。

7.3.9 护角、孔洞、槽、盒周围的抹灰表面应整齐、光滑；管道后面的抹灰表面应平整。

## 附录A 膨胀珍珠岩自修复剂矿化能力检验方法

A.0.1 本方法可用于测定基于膨胀珍珠岩为载体的微生物自修复剂的矿化沉积能力。

A.0.2 试剂仪器设备应符合下列规定：

1 试剂应为分析纯,水应为蒸馏水、去离子水或同等纯度的水

2 实验中所采用的矿化溶液成分应包括尿素1.0mol/L，硝酸钙1.0mol/L

3 钙离子浓度的检测采用EDTA滴定实验，EDTA 滴定试验所需试剂仪器设备应符合现行国家标准《食品安全国家标准食品中钙的测定》GB 500992的有关规定。

A.0.3 基于膨胀珍珠岩为载体的微生物修复剂矿化能力的测试应按下列步骤进行：

1 首先应将配制完成的矿化溶液置于锥形瓶中密封，采用高压蒸汽灭菌锅中灭菌,灭菌温度应为 121℃，灭菌时间不应低于20min，灭菌后应置于紫外线超净台中冷却至室温后使用防止杂菌污染；

2 应称取不少于0.5g 微生物修复剂放入灭菌后的矿化溶液中搅拌均匀，反应环境温度为30℃，转速为120rpm；

3 对于采用表面涂层的自修复剂应破碎后加入溶液，破碎过程不宜剧烈研磨;对于表面未采用涂层的自修复剂则无需破碎即可加入。

4 采用EDTA 法复测初始钙离子浓度 $C_0$  (mg/L)，测试步骤应符合现行国家标准《食品安全国家标准食品中钙的测定》GB 5009.92 的有关规定；

5 应将锥形瓶置于恒温震荡箱培养，培养温度为 $30^{\circ}\text{C}$ ，转速为120rpm，检测间隔不应低于6h，测试溶液中的钙离子浓度  $C_t$  (mg/L)，直至不低于3次测得溶液中的钙离子浓度无变化为止。

A.0.4 试验结果计算及确定应符合下列规定：

1 基于膨胀珍珠岩的微生物修复剂钙沉积量应按下式计算：

$$m_a = (C_0 - C_t) \times V$$

式中： $m_a$ — 钙的沉积量 (mg)

$C_0$ — 初始钙离子的浓度 (mg/L)

$C_t$ — 矿化时间 $t$ 的钙离子的浓度 (mg/L)

$V_t$ — 溶液 $V$ 的体积不应低于100mL

2. 基于膨胀珍珠岩的微生物修复剂的矿化能力应按下式计算：

$$P = m_a / m$$

式中： $P$ — 微生物修复剂的矿化能力(mg/g)；

$m$ — 微生物修复剂的质量(g)。

3 以三个试验测得矿化能力的算术平均值作为最终测定的微生物修复剂矿化能力测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 10%时，应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值；当最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 10%应取中间值作为测定值。

## 附录B 膨胀珍珠岩自修复剂有效活菌数检验方法

B.0.1 本方法可用于测定基于膨胀珍珠岩为载体的微生物自修复材料的有效活菌率。

B.0.2 试剂、仪器设备应符合下列规定：

1 仪器设备：恒温培养箱：温控误差小于1℃；天平：感量为0.1克；振荡器；微量移液器及吸头；无菌锥形瓶：容量250 L、500mL；无菌培养皿：直径 90 mm；pH计或pH 比色管或精密 pH 试纸；放大镜或菌落计数器。

2 试验试剂应为分析纯,水应为蒸馏水、去离子水或同等纯度的水。

B.0.3基于膨胀珍珠岩为载体的微生物修复剂矿化能力的测试应按下列步骤进行

1 对于采用表面涂层的自修复剂应破碎后加入溶液，破碎过程不宜剧烈研磨以避免对内部固载微生物损伤；对于表面未采用涂层的自修复剂则无需破碎即可进行以下步骤

2 称取25ml 样品置盛有225L 磷酸盐缓冲液或生理盐水的无菌均质杯内8000 r/min~10000 r/min 均质1 min~2 min，或放入盛有225 mL稀释液的无菌均质袋中，用拍击式均质器拍打1min~2 min，制成1:10 的样品匀液。

3 用1mL无菌吸管或微量移液器吸取 1:10 样品液 1ml，沿管壁缓慢注于盛有9 mL稀释液的无菌试管中（注意吸管或吸头尖端

不要触及稀释液面），振摇试管或换用 1支无菌吸管反复吹打使其混合均匀，制成 1:100 的样品匀液。

4 按3 操作程序，制备 10 倍系列释样品液。每递增释一次，换用1次无菌吸管或吸头，分别制备稀释梯度为 $10^8$   $10^9$   $10^{10}$ 稀释液。

5 吸取 1m 样品液于无菌培养皿内，每个稀释度做两个平皿。同时，分别吸取1mL 空白稀释液加入两个无菌平业内作空白对照。

6 待琼脂凝固后，将平板翻转，36 C+1 C培养 48 h±2h。

7 可用肉眼观察，必要时用放大镜或菌落计数器，记录稀释倍数和相应的菌落数量。菌落计数以菌落形成单位(colony-forming units, CFU)表示。需要注意选取菌落数应在在 30 CFU~300 CFU 之间的平皿、无延菌落生长的平板计数菌落总数。低于 30 CFU 的平板记录具体菌落数，大于 300 CFU 的可记录为多不可计。每个稀释度的菌落数应采用两个平板的平均数。

**B.0.4 试验结果计算及确定应符合下列规定：**

#### **1 菌落总数的计算方法**

（1）选取菌落数量合适的平皿进行计数计算，若只有一个稀释度平板上的菌落数在适宜计数范围内，计算两个平板菌落数的平均值，再将平均值乘以相应稀释倍数，作为每 ml(mL)样品中菌落总数结果

（2）若有两个连续稀释度的平板菌落数在适宜计数范围时按下式计算：

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0.1n_2)d}$$

式中：N——样品中的总菌落数；

$\sum C$ ——平板菌落数之和；

$n_1$ ——第一稀释度平板个数；

$n_2$ ——第二稀释度平板个数。

3 每批自修复剂应以四分法抽样并混合均匀作为试验样品，试验测得有效活菌数的算术平均值作为最终测定的自修复剂有效活菌数的测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的10%时，应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值；当最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的10%应取中间值作为测定值。

## 附录C 微生物智慧混凝土裂缝自修复性能检测方法

C.0.1本方法可用于微生物自修复混凝土裂缝修复性能的测定。

C.0.2 裂缝修复性能的试验试剂和设备应符合下列规定：

1 试样制备过程中使用的砂、石、水泥以及外加剂应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52以及《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346的有关规定

2 制备试样过程中使用的仪器包括：强制搅拌设备、振动台、养护装置以及压力试验机应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的有关规定

3 裂缝修复过程中的养护介质水应为蒸馏水、去离子水或同等纯度的水，以避免其中的游离的离子对试验过程产生影响

4 裂缝修复状态的观测采用数字电子显微镜或是带有测量拍照功能的其他显微镜

C.0.3微生物智慧混凝土的裂缝修复能力测定应按下列步骤进行

1 根据设计配合比将原材料包括砂、石、水泥、水、外加剂以及自修复剂等依次投放于搅拌设备，充分搅拌且搅拌时间不少于3分钟。投放次序宜将自修复组分置于最后投放，以避免搅拌过程中石料的挤压破坏自修复剂。

2 对于测定微生物智慧混凝土裂缝修复性能宜采用尺寸为 $\Phi$  100，h50的圆柱形试样，对于测试试样的尺寸大小无强制性规定。

浇筑成形的试样置于养护条件为湿度 $95\% \pm 1\%RH$ ，温度 $20^{\circ}C \pm 0.5^{\circ}C$ ，养护至28天龄期方可进行测试。

3 裂缝的制备宜对圆柱形试样进行劈裂并以铁箍或者铆钉的形式固定，以保证裂缝在养护修复过程中宽度保持相对一致。对于其他尺寸的试样亦可采用劈裂或者压缩的方式制备裂缝，需要注意保证裂缝宽度保持不变。

4 裂缝选取过程中，宜采用不同颜色对裂缝区域进行标记以保证观测点位的一致。点位选取时应保证不同裂缝宽度下都纳入取样范围，取样范围为 $0.1mm-1.0mm$ ，每个区间段如 $0.1mm-0.2mm$ 应保证不小于两上的点位计入并进行观测。

5.裂缝的养护过程宜为28天，不应少于7天。养护过程中每7天宜利用数字电子显微镜对取样点位进行观测并测量裂缝宽度，测量点位应位于标记范围内宽度最大处纳入并进行记录。

C.0.4微生物智慧混凝土裂缝修复性能的试验结果计算及确定应符合下列规定：

1 裂缝修复率宽度应按下式进行计算

$$C(\%) = (d_0 - d_t) / d_0 \times 100\%$$

式中：C—裂缝修复率，%；

$d_0$ —初始裂纹宽度，mm

$d_t$ —愈合时间 $t$ 时测量的宽度，mm。

2 当相同裂缝宽度下不同裂缝愈合试验结果存在差异时，宜采用算术平均值作为最终测定的微生物智慧混凝土裂缝愈合率的测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的10%时，

应剔除此值，再取其余两值的平均值作为测定值;当最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 10%应取中间值作为测定值。

## 本规程用词说明

1 执行本规程条文时，对要求严格程度的用词作如下规定，以便 执行时区别对待。

1)表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中应按指定的标准、规范执行时，写法为“应符合 ..... 的 规定”或“应按.....执行”。

## 引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》GB50010
- 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
- 《建筑保温砂浆》GB/T 20473
- 《玻化微珠保温隔热砂浆应用技术规程》JC/T 2164
- 《微生物自修复混凝土应用技术规程》T/CECS 973
- 《石膏保温砂浆》JC/T 2706
- 《抹灰石膏应用技术规程》JC/T 60005
- 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 《化学品 急性经口毒性试验方法》GB/T 21603
- 《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》GB 15193.3
- 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068
- 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
- 《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905
- 《混凝土结构工程施工规范》GB50666
- 《混凝土用水标准》JGJ63
- 《机械喷涂砂浆》JC/T 2476
- 《机械喷涂抹灰石膏》JC/T 2474
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB 50411

《建筑装饰装修工程质量验收标准》 GB50210

《民用建筑工程室内环境控制标准》 GB50325

《食品安全国家标准食品中钙的测定》 GB 5009.92

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》 GB/T 1346

《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081

《膨胀玻化微珠》 JC/T 1042

《抹灰材料用膨胀玻化微珠》 T/CBCA 005

《建筑保温砂浆》 GB/T 20473

《山西省绿色建筑发展条例》

《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378

《绿色建筑设计标准》 DBJ04-415

《轻骨料混凝土应用技术标准》 JGJ/T 12

《轻集料及其试验方法》 GB/T17431.2

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082

《地下工程混凝土结构自防水技术规范》 JC/T 60014

《超低能耗居住建筑节能设计标准》 DB22/T 5129

《建筑设计防火规范》 GB50016

《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 26

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB55015

《近零能耗建筑技术标准》 GB/T51350

《建筑抗震设计规范》GB50011

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55

《混凝土用水标准》JGJ63

《普通混凝土拌合物物理性能试验方法标准》GB/T 50080

山西省工程建设地方标准

# 玻化微珠整体式保温隔热建筑应用技术规程

DBJ-04-xxx-xxxx

## 条文说明

2023 太原

# 目录

|                   |    |
|-------------------|----|
| 1 总 则 .....       | 49 |
| 2 术 语 .....       | 53 |
| 3 材料 .....        | 55 |
| 3.1 一般规定 .....    | 55 |
| 3.2 材料性能 .....    | 55 |
| 3.3 检验规则 .....    | 61 |
| 4 配合比设计 .....     | 62 |
| 4.1 一般规定 .....    | 62 |
| 4.2 配合比设计参数 ..... | 62 |
| 5 系统设计 .....      | 64 |
| 5.1 一般规定 .....    | 64 |
| 5.2 建筑设计和构造 ..... | 66 |
| 5.3 结构设计与构造 ..... | 67 |
| 6 施工工艺 .....      | 68 |
| 6.1 一般规定 .....    | 68 |
| 6.2 材料配制 .....    | 68 |
| 6.3 施工要点 .....    | 68 |
| 7 质量验收 .....      | 69 |
| 7.1 一般规定 .....    | 69 |
| 7.2 主控项目 .....    | 69 |
| 7.3 一般项目 .....    | 69 |



# 1 总 则

1.0.1 绿色建筑是指为人们提供健康、舒适、安全的居住、工作和活动的空间，同时实现高效率地利用资源，最低限度地影响环境的建筑物。随着人类环境意识和可持续发展意识的觉醒，绿色建筑已成为未来建筑的发展趋势，我国新建建筑和既有建筑的“绿色化”已势在必行。

玻化微珠整体式保温隔热建筑，也称为“城市窑洞”式绿色建筑，是按照建立资源节约型、环境友好型社会的要求，将传统土窑洞热湿环境的优势引入到现代建筑的设计理念中而提出的一种新型建筑体系。

玻化微珠整体式保温隔热建筑的研究思路是：利用新型绿色材料，通过合理的设计和施工，营造出冬暖夏凉的室内环境，使城市建筑室内热环境接近窑洞热环境。并达到良好的隔声、防火、高耐久性的效果。使建筑在有效满足各种实用功能的同时，成为有益于使用者身心健康的绿色住宅，同时提升使用年限，减少建筑垃圾产出，到达节能减碳的目的。

具体实施中，整体式保温隔热建筑所用材料选择无机保温材料玻化微珠或膨胀珍珠岩，主要是因为其具有良好生态环保性、可持续循环再利用和超强的经济实用价值。其实施方式是：用同等厚度的高性能绿色材料玻化微珠保温砂浆替代现行建筑设计标准图中楼地面、墙面、顶棚面所采用的抹灰砂浆（包括找平层）或采用玻化微珠保温承重型混凝土作为结构层(墙、板)，进行建

筑室内瓶胆式保温。高性能新型绿色材料——保温砂浆或玻化微珠保温承重混凝土可比拟窑洞的周围厚土，整个系统组成一个类似于封闭六面体的保温瓶内胆式的保温保湿环境，将建筑室内温度与湿度波动维持在非常小的波幅范围。

玻化微珠整体式保温隔热建筑具有居住舒适度高、节能省地、轻质高强、抗震性能好、高耐久等特点。

从产业化推广来看，在国家强制性推广建筑节能和绿色建筑、建筑抗震和建筑防火、装配式建筑和保温结构一体化、以及建筑行业“双碳”发展的要求下，玻化微珠整体式保温隔热建筑具有强大的生命力。此外，采用该建筑体系能使建筑节能领域分户计量的瓶颈问题得到最有效解决，“城市窑洞”式绿色建筑不仅可以做到分户计量，甚至可以做到分室控制。另一方面，采用该建筑还是采暖系统采用热泵(土壤源、污水源、水源等)技术系统的技术支撑和加速器，有利于推进建筑中可再生能源的应用，转变能源增长方式，促进节能减排。

对住户而言：居民不需增加投资或增加很少投资，即可享受窑洞般的居住环境。并有效节约北方冬季采暖和南方夏季空调制冷的费用。由于采用了全面内保温，可达到北方保温效果显著、南方降温 and 升温迅速的效果。同时，该建筑还具有隔声吸音、防辐射、吸收有害气体、环保等特点，在提高人类居住舒适度和健康长寿方面，“城市窑洞”式绿色建筑与“被动式”建筑具有异曲同工之处。

从建设单位（开发商）的角度，该建筑的经济性体现在如下方面：在结构设计时，由于“城市窑洞”式绿色建筑采用的新型无机材料替代传统抹灰砂浆和混凝土，可减轻结构自重14%~20%，从而，可有效提高结构抗震性能，降低楼板、梁、柱等配筋率，可节约钢材的使用量，从而可有效减少建造成本。在地基处理方面，按一般地基情况和与上部结构自重近似线性关系推断，采用“城市窑洞”式绿色建筑可节约14%~20%的地基及基础处理费用。消防设计时，由于“城市窑洞”式绿色建筑整体达到要达到 A 级防火要求，从而可减少消防器材的数量。暖通设计时，由于该体系节能效果显著，因而可减少了热工设备的布置数量。施工方面，由于同等厚度的保温砂浆的施工时间为普通砂浆的 1/2 和结构自重的减轻，可缩短施工时间，减低施工成本，减少整体运输费用，降低综合造价。总之太原理工大学、山西省建筑设计研究院以及太原思科达科技发展有限公司对某“城市窑洞”式建筑进行了结构分析、舒适度实测、和节能效果实测及计算，分析结果表明：从设计阶段进行“城市窑洞”式绿色建筑的设计，不仅不增加建造成本，而且其全寿命周期费用大为降低。

综上，玻化微珠整体式保温隔热建筑具有显著的优越性，为了在民用建筑中更好地推广应用该建筑体系，提高节能工作水平，故制定本规程。本规程的宗旨是：规范玻化微珠整体式保温隔热建筑做法及其组成材料的技术要求、施工做法及验收标准，统一试验方法，保证工程质量。

1.0.2 本条规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑做法的适用范围。  
玻化微珠系统整体式保温隔热系统适用范围。

1.0.3 由于玻化微珠整体式保温隔热建筑是多学科交叉的产物，  
涉及面广，故玻化微珠整体式保温隔热建筑使用的材料、设计、  
施工、验收除执行本规范外，尚应符合国家、行业和山西省现行  
有关标准、规范的规定。

## 2 术 语

2.0.1 玻化微珠整体式保温隔热系统为多层多孔结构，具有保温隔热性能好、防火等级高、隔声性能好、吸附能力与湿度调节能力强等优点。整体式保温隔热建筑工程的设计充分利用了玻化微珠保温隔热系统的这些特点。玻化微珠整体式保温隔热建筑主要利用玻化微珠保温砂浆、轻质抹灰石膏和石膏基保温砂浆等具有良好保温性能的玻化微珠砂浆制品，以及具有保温结构一体化功能的玻化微珠保温承重混凝土和高耐久性的微生物智慧混凝土对房屋进行瓶胆式保温，以达到设计的节能标准要求，并达到隔声、防火、高耐久、吸收装饰有害气态等效果，从而到达绿色建筑的评价要求。

2.0.2~2.0.3 定义了玻化微珠和轻质玻化微珠。近年随着玻化微珠膨胀技术的发展和改性膨胀珍珠岩技术的进步，本次修定增加了通过湿法化学改性膨胀珍珠岩获得具有玻化微珠性能的轻质玻化微珠。

2.0.4~2.0.5 定义了玻化微珠保温砂浆和石膏保温砂浆。广义上玻化微珠保温砂浆包含石膏保温砂浆。但是由于水泥基玻化微珠保温砂浆与石膏保温砂浆无论是制备还是性能具有本质差别。因此本技术规程定义的玻化微珠保温砂浆主要是以水泥基为主要胶凝材料的保温砂浆。因此单独列出来石膏保温砂浆。

2.0.7 微生物自修复剂包括固载型微生物自修复剂和非固载型微生物自修复剂。微生物自修复混凝土由于其具有良好的裂缝修

复功能，可以提升混凝土的抗渗性性能、抗氯离子侵蚀性能和抗冻融性能，近年关于微生物自修复混凝土的研究成为热点。在相关研究中，将具有矿化沉积功能的微生物掺入混凝土中的方式主要包括三种：一种是直接将微生物掺入混凝土，然后加入营养物质实现微生物的矿化修复裂缝功能；另一种是将微生物负载到多孔载体材料中，并以“裹糖豆”的方式将营养物质包裹于载体表面，将微生物和营养物质以轻骨料的方式掺入混凝土；第三种是将微生物负载到多孔材料中，以“裹糖豆”的方式对微生物进行保护，然后掺入到混凝土中，并单独营养物质。

2.0.8 膨胀珍珠岩微生物自修复剂是以多孔材料膨胀珍珠岩为微生物的载体，通过负载具有矿化沉积功能的微生物，并采用“裹糖豆”的方式对其表面进行包裹保护和增强获得的固载型微生物自修复剂。

2.0.9 根据微生物自修复剂的制备特点。可见把微生物激活剂采用“裹糖豆”的方式包裹在自修复剂的表面，也可以单独作为外加剂在微生物智慧混凝土搅拌时加入。

## 3 材料

### 3.1 一般规定

3.1.1 在建筑工程中由于使用建材材料产品不合格引起的工程质量问题时有发生，为保证工程质量，满足绿色建筑工程验收要求，对整体式保温隔热建筑所用的产品材料进了严格限制。

3.1.2~3.1.3 整体式保温隔热建筑所用原材料还应满足现行国家、行业和山西省地方标准。另外，玻化微珠整体式保温隔热建筑还应与最新的节能建筑和绿色建筑接轨，其所用材料也应符合相应的施工质量验收标准。

### 3.2 材料性能

3.2.1 为适应建筑保温材料对防火、低导热系数无机保温材料的需求，近年随着膨胀珍珠岩改性技术的发展，通过表面改性可以使普通开孔膨胀珍珠岩具有与玻化微珠相近的性能指标。通过对普通开孔膨胀珍珠岩的表面进行包裹增强、疏水处理之后，可以使膨胀珍珠岩达到与玻化微珠相近的筒压强度、体积吸水率和体积漂浮率。同时由于开孔膨胀珍珠岩总体容重比膨胀玻化微珠的堆积密度要低，因此把这种表面改性的膨胀珍珠岩称为轻质玻化微珠。轻质玻化微珠主要包括堆积密度 $\leq 80\text{kg/m}^3$ 的玻化微珠，或由堆积密度 $\leq 80\text{kg/m}^3$ 的普通膨胀珍珠岩珍珠岩经过改性处理后性能指标满足玻化微珠的改性膨胀珍珠岩。其性能指标的确定主要参考大量的试验结果，以及行业标准《膨胀玻化微珠》

（JC/T 1042-2007）和团体标准《抹灰材料用膨胀玻化微珠》（T/CBCA 005-2020）。

用于玻化微珠保温砂浆或石膏保温砂浆的普通玻化微珠的选用仍然可以参考行业标准《膨胀玻化微珠》（JC/T 1042-2007）和团体标准《抹灰材料用膨胀玻化微珠》（T/CBCA 005-2020）。

3.2.2 微生物自修复剂可以单独作为产品生产和使用。作为涉及生物的产品和制剂，首先要满足使用上的安全，保证其对人体无毒无害。中国工程建设标准协会标准《微生物自修复混凝土应用技术规程》（T/CECS 973）中对用于自修复混凝土的微生物的安全性提出了要求，本规程予以直接采纳该标准提出的安全性要求和检验方法。

另外中国工程建设标准协会标准《微生物自修复混凝土应用技术规程》（T/CECS 973）对非固载型微生物自修复剂和固载型微生物自修复剂的性能指标提出了具体要求。建议微生物自修复剂相关生产单位进行参考。

膨胀珍珠岩自修复剂作为一种成本低廉、生产简单、利于推广的固载型微生物自修复剂，本标准单独将其列出，并提出载体材料膨胀珍珠岩的指标要求和该自修复剂应达到的矿化沉积能力和负载的有效活菌数量。

3.2.3 主要规定了玻化微珠保温砂浆的性能指标。本次修订根据最新的《建筑保温砂浆》GB/T 20473，玻化微珠保温砂浆的性能指标进行调整，以提升玻化微珠保温砂浆的强度和耐久性。尤其是增加了体积吸水率和抗冻性这两个指标，提升了玻化微

珠保温砂浆用于外墙保温时的耐久性能，同时对于维持玻化微珠保温砂浆的保温性能具有重要意义。

3.2.4 主要规定了轻质抹灰石膏和石膏保温砂浆的性能指标。建筑石膏作为一种传统胶凝材料，近年由于烟气脱硫石膏和磷石膏等工业副产石膏在建筑石膏中的广泛应用，符合我国建材绿色化、低碳化发展的要求。同时石膏建材本身具有比水泥更好的抗裂性能、保温性能、隔声性能和环境调节功能，近年在内墙抹灰的应用发展迅速。为此，本次修订把轻质抹灰石膏和石膏保温砂浆纳入整体式保温隔热建筑体系中。

轻质抹灰石膏一般通过掺加玻化微珠降低干密度，提升抗裂能力，并具有一定的保温性能。石膏保温砂浆是近年发展起来的一种保温砂浆类型，目前已经颁布新的建材行业标准《石膏保温砂浆》（JC/T 2706-2022）。由于轻质抹灰石膏和石膏保温砂浆要求的技术参数接近，因此将两者性能指标列于同一表中。

3.2.5 本条规定了玻化微珠保温承重混凝土的性能指标。

根据近年相关研究成果，本次修订对玻化微珠保温承重混凝土的性能指标进行了完善。由于GC60以上玻化微珠保温承重混凝土研究较少因此，本次修订将玻化微珠保温混凝土强度等级控制在GC60及以下。

已有研究表明，玻化微珠保温承重混凝土的轴心抗压强度、劈裂抗拉强度、抗折强度与立方体抗压强度的关系与普通混凝土接近，因此玻化微珠保温承重混凝土轴心抗压强度、轴心抗

拉强度的标准值和设计值根据强度等级按《混凝土结构设计规范》GB50010 的要求采用。

近年对玻化微珠保温承重混凝土的弹性模量进行了研究。文献《Mechanical properties of thermal insulation concrete with a high volume of glazed hollow beads》中研究了GC25、GC30、GC35、GC40、GC45的弹性模量，结果表明玻化微珠保温承重混凝土的弹性模量 $E_{GC}$ 与立方体抗压强度的关系如下：

$$E_{pr} = \frac{1.0 \times 10^5}{2.6 + \frac{45.0}{f_{cu,k}}}$$

式中， $E_{pr}$  — 玻化微珠保温承重混凝土的弹性模量（MPa）；

$f_{cu,k}$  — 玻化微珠保温承重混凝土的立方体抗压强度（MPa）。

文献《玻化微珠保温混凝土基本力学性能及本构关系的尺寸效应研究》研究了GC30、GC40、GC50、GC60、GC70的弹性模量，结果表明玻化微珠保温承重混凝土的弹性模量 $E_{GC}$ 与立方体抗压强度的关系如下：

$$E_{pr} = \frac{1.0 \times 10^5}{1.9 + \frac{67.7}{f_{cu,k}}}$$

本规程在修订时同时考虑上述两个研究结果，去取平均值，并结合《混凝土结构设计规范》GB50010和《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12中关于普通混凝土和轻骨料混凝土的弹性

模量取值获得表3.2.5-1的结果。由表3.2.5-1可以看到，玻化微珠保温承重混凝土的弹性模量小于同强度等级的普通混凝土。

上诉两个文献还研究了GC25~GC70玻化微珠保温承重混凝土的应力-应变全曲线，结果表明当混凝土强度等级较低时泊松比较大，强度等级较高时泊松比较小。综合考虑规范的延续性，确定了玻化微珠保温承重混凝土的泊松比。

玻化微珠保温承重混凝土的一个重要特点是具有较低的导热系数和良好的保温性能。通过对已有研究结果的总结，在考虑玻化微珠保温承重混凝土的强度等级、干密度和导热系数之间的影响关系，同时考虑本技术规程的适用性和可靠性，根据玻化微珠保温承重混凝土的强度等级范围给出了对于的干密度和导热系数。

玻化微珠保温承重混凝土的的线膨胀系数和比热容参考《混凝土结构设计规范》GB50010 和《民用建筑热工设计规范》GB50176采用。

### 3.2.6 本条规定了微生物智慧混凝土的性能指标。

微生物智慧混凝土与玻化微珠保温承重混凝土的唯一区别是微生物智慧混凝土是将玻化微珠保温承重混凝土中的玻化微珠换成膨胀珍珠岩微生物自修复剂，因此两组从力学性能方面没有显著区别，因此微生物智慧混凝土的强度等级划分、轴心抗压强度和轴心抗拉强度的标准值和设计值、弹性模量、干密度、导热系数按照玻化微珠保温承重混凝土的结果直接采用。

由于微生物智慧混凝土中掺入膨胀珍珠岩自修复剂，从而使其具有裂缝自修复功能。

微生物智慧混凝土的裂缝自修复性能是基于添加的自修复剂中固载有矿化沉积功能的微生物，其矿化沉积产生的碳酸钙对混凝土产生的裂缝实现修复功能。本规程规定微生物智慧混凝土的修复裂缝的宽度超过0.5mm，主要是考虑微生物自修复剂性能差异、混凝土所处环境等因素，在保证95%以上修复率的条件下，对0.5mm以下的裂缝具有非常好的修复效果。微生物自修复混凝土的裂缝修复能力一方面与裂缝宽度有关，另一方面与微生物自修复剂的掺量有关。表1举例说明了不同体积掺量的自修复剂条件下，微生物智慧混凝土的裂缝修复效果：

**表1 微生物智慧混凝土的裂缝性能试验结果**

| 自修复剂掺量/(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | 修复裂缝的最大宽度/mm | 修复裂缝的平均宽度/mm |
|------------------------------------------|--------------|--------------|
| 0.3                                      | 0.548        | 0.368        |
| 0.5                                      | 1.372        | 0.477        |
| 0.8                                      | 1.720        | 0.531        |
| 1.0                                      | 1.309        | 0.581        |

由表1可以看到，微生物智慧混凝土可以修复最大宽度1.72mm的裂缝。但是考虑到微生物智慧混凝土应用过程中对裂缝的修复率应该至少达到95%以上，因此本技术规程参考不同自修复剂掺量下的修复裂缝的平均宽度来确定微生物智慧混凝土的裂缝自修复性能。

微生物智慧混凝土的抗渗性能同时与强度等级、微生物自修复剂掺量有关。已有研究结果表明，对于强度等级为MC40的微生物智慧混凝土，当自修复剂掺量为0.8m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>时，其抗渗等级也能达到P17。通过对已有研究结果的总结，同时考虑实

际应用中的不确定因素，获得微生物智慧混凝土的抗渗性能指标。

微生物智慧混凝土的抗冻融性能同样与强度等级、微生物自修复剂掺量有关。已有研究结果表明，对于强度等级为MC40的微生物智慧混凝土，当自修复剂掺量为0.8m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>时，其抗冻性能也能达到F500。通过对已有研究结果的总结，同时考虑实际应用中的不确定因素，获得微生物智慧混凝土的抗冻融性能指标。

已有研究结果表明，微生物智慧混凝土的抗氯离子渗透性能比普通混凝土提升了2倍，因此用于氯化物环境具有良好的抗氯离子侵蚀性能。在实际应用在，可通过实测确定微生物智慧混凝土的氯离子渗透指标。

### 3.3 检验规则

3.3.1~3.3.4 主要给出了本规程中涉及的材料出厂检验、型式检验和进场检验的规则和要求。

## 4 配合比设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 玻化微珠保温承重混凝土与微生物智慧混凝土的主要区别是掺加的轻骨料不同，但是轻骨料的粒径、容重和掺入方式是相同的，因此可以采用相同的配合比设计方法。

4.1.2~4.1.5 玻化微珠保温混凝土和微生物智慧混凝土的配方特点是通过加入大量的玻化微珠或膨胀珍珠岩微生物自修复剂实现其保温隔热、裂缝自修复和耐久性等性能，与普通混凝土、轻骨料混凝土有共同之处，也有其自身特点。因此在配合比设计时，既要符合用户单位的设计的强度、保温隔热和耐久性等要求，同时也要满足现行国家标准规范。并且由于其配方特殊性，获得配合比后必须进行试配以及时调整。

### 4.2 配合比设计参数

4.2.1 本条规定了玻化微珠保温承重混凝土配制强度的确定方法，强调玻化微珠保温承重混凝土的配合比应通过计算和试配确定。和普通混凝土一样，配制强度应具有95%的保证率

4.2.2 本条规定了玻化微珠保温混凝土和微生物智慧混凝土强度标准差应根据同品种、同强度等级混凝土的统计资料计算确定，而且规定了强度试件组数不应少于30组。同时也规定了对于无统计资料时，强度标准差的取值方法。

4.2.3 本条规定了对于不同配制强度玻化微珠保温承重混凝土的胶凝材料用量参照表4.2.3进行取值。本条采用胶凝材料用量代替传统的水泥用量更符合现代轻骨料混凝土配制实际情况。从目前配制混凝土的水泥的发展趋势考虑，将42.5级普通硅酸盐水泥作为配制玻化微珠保温承重混凝土的基本参照。当配制高强混凝土时，建议采用52.5级水泥。

4.2.4~4.2.5 本条在总结多年试验和实践经验的基础上，总结了生产预制构件及制品、现浇混凝土两种情况下玻化微珠保温承重混凝土的参考用水量。

总体而言，玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土的用水量高于普通混凝土和轻骨料混凝土，主要原因是玻化微珠和微生物自修复剂自身具有较高的吸水率，在拌合时需要加水提前预湿，以此达到满足施工性能的目的。

4.2.6~4.2.7 保温骨料玻化微珠或膨胀珍珠岩自修复剂通常按照体积比较掺入混凝土。如果按照取代砂子的方法进行计算，规定了取代率和砂率的计算方法。

4.2.8 本条规定了玻化微珠保温承重混凝土的水胶比计算方法，以及粗骨料采用碎石时的回归系数 $\alpha_a$ 和 $\alpha_b$ 。粗骨料采用卵石的研究结果尚不充分，因此未列出。

## 5 系统设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 2022年9月28日山西省通过发布《山西省绿色建筑发展条例》，要求新建城镇民用建筑应当按照绿色建筑标准进行建设。玻化微珠整体式保温隔热建筑作为一种建筑体系同样要符合绿色建筑设计标准。国家标准《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019）已经实施多年，山西省工程建设地方标准《绿色建筑设计标准》（DBJ04-415-2021）为绿色建筑设计提供了依据。为此，本次修订重点强调玻化微珠整体式保温隔热建筑应按照绿色建筑进行设计。

实际上，2013年竣工的玻化微珠整体式保温隔热建筑第一个示范性工程项目—晋城铭基凤凰城9号楼已经获得山西省首个三星级绿色建筑标识。因此，玻化微珠整体式保温隔热建筑符合我国和我省绿色建筑的发展方向，其所采用的设计理念、新型绿色建材、节能体系具有广泛的推广应用价值。

5.1.2~5.1.3 《山西省建筑节能、绿色建筑与科技标准“十四五”规划》提出要进一步加快新建建筑能效提升，严格执行新建建筑节能标准，到2025年城镇新建居住建筑、公共建筑分别执行节能83%、72%地方标准，积极推进超低能耗、近零能耗建筑建设。玻化微珠整体式保温隔热建筑在满足国家和山西省现行节能标准的同时，应起到引领作用。因此，整体式保温隔热建

筑在节能设计时宜尝试采用更高的建筑节能设计标准，并探索在超低能耗和近零能耗建筑中的应用方式。

5.1.4 《山西省建筑节能、绿色建筑与科技标准“十四五”规划》提出“十四五”期间城镇新建建筑中装配式建筑比例要达到30%。因此，玻化微珠整体式保温隔热建筑宜推广采用装配式建筑技术进行设计和施工。

5.1.5 建筑新型模型技术作为绿色建筑技术，宜在整体式保温隔热建筑的设计和施工推广应用。

5.1.6 充分结合当地气候和自然资源条件合理利用太阳能、地热能、空气能等可再生能源是绿色建筑的主要技术手段之一。这一概念在上一版4.1.3中已经提出，本次修订结合绿色建筑设计要求，应进一步加强整体式保温隔热建筑设计过程中注重将本系统和地能、太阳能等可再生能源的利用有机结合，提高可再生能源的利用效率。

5.1.7 玻化微珠整体式保温隔热建筑的采用的主要保温隔热材料如玻化微珠保温砂浆、石膏保温砂浆、玻化微珠保温承重混凝土等均为无机防火保温材料。但是随着建筑节能标准不断提高，完全用无机保温材料无法达到节能设计要求，因此在采用有机保温材料进行围护结构、内隔墙节能设计时要严格执行国家和山西省防火设计相关最新技术标准。

5.1.8 保温结构一体化的建筑保温工程的发展方向，不仅提升建筑速度和装配化率，而且显著提升建筑的防火性能。

## 5.2 建筑设计和构造

5.2.1 建议了两种玻化微珠整体式保温隔热建筑构造方式。一种是基于常用普通混凝土结构如何构建“六面体”整体式保温隔热体系；另一种是基于玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土自保温结构体系附加保温砂浆构建“窑洞式”六面体保温隔热建筑。

5.2.2 玻化微珠整体式保温隔热建筑推荐采用具有良好耐久性能的无机保温材料，以确保保温部分与主体结构同寿命。

5.2.3~5.2.5 提出了玻化微珠整体式保温隔热建筑的节能计算方法。

5.2.6 底板辐射采暖采用保温砂浆层时可以使热辐射更加均匀，提升采暖房屋舒适度。

5.2.7 建筑楼地面采用保温层时玻化微珠整体式保温隔热建筑的特点，是实现房间六面体保温的重要构造，对提升房间舒适度，降低采暖和空调能耗，实现采暖分户计量具有重要意义。

5.2.8 建议了玻化微珠整体式保温隔热建筑系统的外墙、内墙、楼地面、顶棚的建筑构造。设计过程中还可结合当前最新的保温结构体系和建筑构造进行优化。

5.2.9 建议了玻化微珠整体式保温隔热建筑应用于装配式建筑结构和构配件时的构造。

5.2.10 对玻化微珠整体式保温隔热建筑的室内环境参数提出要求，以达到高效节能、居住舒适的目的。

## 5.3 结构与构造

5.3.1 本条依据山西省《绿色建筑设计标准》DBJ04-415提出，以提升玻化微珠整体式保温隔热建筑的耐久性。本技术规程提出的微生物智慧混凝土其良好的耐久性能够确保这一设计目标的实现。

5.3.2 玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土的特点是容重轻、弹性模量小，可以有效减轻结构自重，并提升结构的抗震性能。因此，新建建筑采用玻化微珠保温承重混凝土时应当考虑由此对地基基础和结构设计带来的显著区别，以此提升建筑的经济性和安全性。

5.3.3 本条规定了整体式保温隔热建筑体系采用玻化微珠保温砂浆、石膏保温砂浆、玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土时的荷载取值。

5.3.4~5.3.8 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑采用玻化微珠保温承重混凝土或微生物智慧混凝土时结构设计、抗震设计、耐久性设计的依据。同时也规定了用于装配式混凝土建筑时结构设计依据。

## 6 施工工艺

### 6.1 一般规定

6.1.1 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑的施工应满足的基本要求。

6.1.2~6.1.4 玻化微珠整体式保温隔热建筑能否满足建筑物保温节能的要求，必须从原材料、施工过程全方位进行控制，进行质量控制的重要依据就是施工组织设计或者施工方案。根据《建筑节能施工质量验收规范》GB50411，玻化微珠整体式保温隔热建筑中的保温节能工程可按照分项工程进行验收。按照该规范规定，节能工程施工前，施工单位应编制建筑节能工程施工方案并经监理（建设）单位审查批准。

6.1.5~6.1.6 施工现场采用干混砂浆、预拌砂浆、预拌混凝土、预制构件可减少扬尘、提升施工环境质量

### 6.2 材料配制

6.2.1~6.2.2 规定了玻化微珠保温承重混凝土和微生物智慧混凝土的制备工艺，该工艺也可用于混凝土搅拌站生产预拌混凝土。混凝土的配制和搅拌的各种要求。根据不同的施工条件和要求，采取不同的配比和搅拌方法。

### 6.3 施工要点

6.3.1~6.3.5 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑施工过程中，各材料和分项工程施工应遵守的规范要求及注意事项。

## 7 质量验收

### 7.1 一般规定

7.1.1~7.1.3 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑工程质量验收的基本要求，以及需要参考的国家、行业相关技术规范和标准。

7.1.4~7.1.12 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑工程质量验收的具体要求。

### 7.2 主控项目

7.2.1~7.2.5 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑工程质量验收主控项目的检验方法和检查数量。

7.2.6 由于玻化微珠整体式保温隔热建筑的目标是在大幅度节能的前提下，提高居民的居住舒适度和健康水平，故特别规定必须进行室内有毒有害气体的测试。

7.2.7 本条规定了交工验收前的污染物浓度吸收率测试，是为了保证玻化微珠整体式保温隔热建筑的整体效果。本条规定项目测定 方法为全封闭测定，具体方式为：将待检房屋全封闭后，置入污染物，静置 2h 后将污染物撤离，测定房屋内有毒有害气体浓度作为浓度 1，24h 后再次测定房屋内有毒有害气体浓度作为浓度 2，浓度 2 比浓度1 减少量应不小于 95%。本试验方法宜在 25℃（298K）环境温度下测定。

### 7.3 一般项目

7.3.1~7.2.9 规定了玻化微珠整体式保温隔热建筑工程质量验收一般项目的检验方法和检查数量。