

陕西省工程建设标准

装配式混凝土结构现场检测技术规程

(Technical regulation for on-site inspection of prefabricated
concrete structures)

(征求意见稿)

《装配式混凝土结构现场检测技术规程》编制组

2025 年 7 月

前 言

根据陕西省住房和城乡建设厅、陕西省市场监督管理局《关于下达 2024 年度工程建设标准制定计划的通知》（陕建标发〔2024〕1007 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内相关标准，结合陕西省实际，在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.预制构件及部品；5.连接材料力学性能检测；6.连接节点力学性能检测；7.连接节点缺陷检测；8.实体尺寸偏差与变形检测。

本规程由陕西省住房和城乡建设厅负责归口管理，陕西省建设标准设计站负责日常管理，陕西省建设工程质量安全监督总站负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请反馈给陕西省建设工程质量安全监督总站（地址：西安市龙首北路西段 7 号航天新都 5 层，邮编：710016，电话：029-86257004，邮箱：1373844990@qq.com）。

本规程主编单位：陕西省建设工程质量安全监督总站

陕西省建筑工程质量检测中心有限公司。

本规程参编单位：西安建筑科大工程技术有限公司

西安市建设工程质量检测中心有限公司

机械工业勘察设计研究院有限公司

陕西建筑产业投资集团有限公司

陕西凝远新材料科技股份有限公司

陕西省建筑设计研究院（集团）有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

昆山市建设工程质量检测中心

西安市建设工程质量安全监督站

西安市产品质量监督检验院

本规程主要起草人员：黄立刚 魏超琪 张 鹏 杨 超 苗元耀 高明哲

行耿顺 胡晓娜 刘 欣 王盘龙 崔国静 南 凯
王 林 戚明军 孙 彬 顾 盛 张晓艳

本规程主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	4
3	基本规定	7
3.1	检测分类	7
3.2	检测程序	8
3.3	抽样方法与判定规则	10
4	预制构件及部品	14
4.1	一般规定	14
4.2	外形尺寸与变形	16
4.3	混凝土缺陷	16
4.4	混凝土接合面粗糙度	17
4.5	混凝土抗压强度	21
4.6	钢筋配置	22
4.7	预埋保温拉结件锚固承载力	23
4.8	预埋吊件锚固承载力	26
5	连接材料力学性能检测	28
5.1	一般规定	28
5.2	混凝土	28
5.3	灌浆料	29
5.4	其他材料	30
6	连接节点力学性能检测	31
6.1	一般规定	31
6.2	钢筋套筒连接	31
6.3	钢筋浆锚搭接连接	31
6.4	钢筋植筋锚固连接	31

6.5	混凝土结合面粘结强度	32
6.6	其他连接	34
7	连接节点缺陷检测	35
7.1	一般规定	35
7.2	灌浆饱满度	35
7.3	钢筋锚固长度	37
7.4	混凝土内部结合面	38
7.5	竖向构件底部接缝	40
7.6	外墙接缝	40
8	实体尺寸偏差与变形检测	44
8.1	实体尺寸偏差	44
8.2	实体变形	44
附录 A	混凝土抗压强度检测	46
附录 B	混凝土表面粗糙度检测	52
附录 C	灌浆饱满度与钢筋锚固长度检测	54
附录 D	混凝土内部缺陷检测	71
附录 E	灌浆料抗压强度检测	73
附录 F	预制构件预埋连接件锚固抗拔力检测	78
附录 G	外墙板接缝防水性能检测	83
附录 H	分部工程检测验收表	83
	本标准用词说明	87
	引用标准名录	88
	附：条文说明	

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic Requirements	7
3.1	Classification of inspection	7
3.2	Process and requirement for inspection	8
3.3	Sampling methods and evaluation rules	10
4	Prefabricated components and parts	14
4.1	General requirements	14
4.2	External dimensions and deformation	16
4.3	Concrete defects	16
4.4	Roughness of concrete joint surface	17
4.5	Concrete compressive strength	21
4.6	Reinforcement configuration	22
4.7	Anchorage bearing capacity of embedded connector using in sandwich insulation walls	23
4.8	Anchorage bearing capacity of embedded hoisting part	26
5	Mechanical property testing of connecting materials	28
5.1	General requirements	28
5.2	Concrete	28
5.3	Grouting material	29
5.4	Other materials	30
6	Mechanical performance testing of connection nodes	31
6.1	General requirements	31
6.2	Reinforcement sleeve connection	31
6.3	Reinforcement slurry anchor connection	31
6.4	Reinforcement planting and anchoring connection	31
6.5	Normal tensile bond strength of joint surface	32
6.6	Other connections	34

7	Connection node defect detection	35
7.1	General requirements	35
7.2	Grouting plumpness	35
7.3	Inserted length of rebars	37
7.4	Interface in concrete	38
7.5	Vertical component bottom seams	40
7.6	Precast concrete exterior wall seams	40
8	Physical size deviation and deformation detection	44
8.1	Deviation in physical dimensions	44
8.2	Deformation in physical dimensions	44
Appendix A	Concrete compressive strength testing	46
Appendix B	Surface roughness detection of concrete	52
Appendix C	Grouting fullness and steel bar anchorage length detection	54
Appendix D	Internal defect detection of concrete	71
Appendix E	Testing of compressive strength of grouting material	73
Appendix F	Testing of anchoring and pull-out resistance of prefabricated components and embedded connectors	78
Appendix G	Waterproof performance testing of exterior wall panel joints List of quoted standards	83
Appendix H	Part project Inspection and Acceptance Form	85
	Explanation of Vocabulary in This Standard	87
	List of quoted standards	88
	Addition: Explanation of provisions	

1 总则

1.0.1 为规范装配式混凝土结构现场检测的技术要求，保证检测工作质量，做到方法科学、技术先进、经济合理，制定本标准。

【条文说明】随着国家大力推广发展装配式建筑，装配式混凝土结构得到了规模化的应用，预制混凝土构件质量和现场节点连接质量直接影响结构可靠性，尤其是钢筋套筒灌浆连接质量、混凝土结合面连接质量、钢筋浆锚搭接质量、构件拼缝防水质量等备受关注。检测作为工程质量管理的手段之一，随着人们对工程质量的广泛关注，迫切需要相关检测技术标准的支持。装配式混凝土结构质量检测技术的科技研发已取得实质性进展，结合装配式混凝土结构的工程质量检测需求，目前已具备制订检测技术标准的基础。为规范检测技术，合理选择检测方法，保证检测结果的准确性，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于装配式混凝土结构的现场检测，不适用于轻骨料混凝土结构的现场检测。

【条文说明】规定本标准的适用范围，检测对象涵盖装配式混凝土结构用预制混凝土构件和建成的结构实体，既适用于新建工程在施工阶段的质量检测，也适用于既有建筑在使用阶段的性能检测。不适用于轻骨料混凝土结构、二次结构、非受力构件等。

1.0.3 装配式混凝土结构现场检测除应符合本标准外，尚应符合现行国家、行业和陕西省相关标准的规定。

【条文说明】装配式混凝土结构现场检测涉及的技术面广、综合性强，与设计、施工、鉴定、评估密切相关。凡本标准有规定者，应遵照执行；凡本标准无规定者，应按照现行有关标准的规定执行。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 装配式混凝土结构现场检测 on-site inspection of prefabricated concrete structures

为评定装配式混凝土结构现场施工质量或既有装配式混凝土结构性能等所实施的检测。

2.1.2 钻芯法 drilled core method

通过从结构或构件中钻取圆柱状试件检测材料强度的方法。

2.1.3 弧面对压法 arc surface pressure method

对弧面对压试件施加荷载，通过破坏荷载值换算混凝土抗压强度的方法。

2.1.4 粗糙面 rough surface

预制构件结合面上凹凸不平或骨料显露的表面，包括凹坑形粗糙面和凹槽形粗糙面。

2.1.5 粗糙面凹凸深度 relative depth of rough surface

一定区域范围内粗糙面最高点与最低点的高度差。

2.1.6 拉拔法 pulling method

通过专用夹具、拉拔仪等检测装配式混凝土结构预埋拉结件、吊件等锚固承载力的方法。

2.1.7 结合面混凝土正拉粘结强度 normal tensile bond strength of concrete interface

垂直于混凝土结合面施加外拉荷载，以极限荷载与结合面破断面积之比计算的结合面混凝土抗拉强度。

2.1.8 灌浆饱满度 grouting plumpness

采用钢筋套筒灌浆连接或钢筋浆锚搭接连接时，灌浆结束并稳定后，套筒或浆锚孔道内部灌浆料顶部界面相对出浆孔位置的状态。

2.1.9 灌浆料实体强度 entitative strength of cementitious grout

灌浆料凝固硬化达到一定龄期后，在结构实体上抽样检测得到的灌浆料抗压强度。

2.1.10 测深尺法 method of measuring depth with probe ruler

将基准板紧贴预制构件粗糙面，采用测深尺穿过测试孔接触粗糙面的底部并获取凹凸深度的方法。

2.1.11 三维扫描法 three dimensional scanning method

通过激光扫描预制构件粗糙面的空间形态并形成点云数据，对数据进行分析计算凹凸深度的方法。

2.1.12 钻孔内窥法 endoscopy method by drilling hole

在出浆孔道、灌浆孔道、套筒壁或浆锚孔道壁钻孔形成检测通道，采用内窥镜检测判定灌浆饱满度或钢筋插入情况的方法。

2.1.13 阵列超声法 array ultrasonic method

通过阵列式排布的超声探头实现超声波的发射与接收，采用合成孔径聚焦技术实时显示检测结果，识别混凝土内部缺陷的方法。

2.1.14 X射线成像法 X-ray radiography method

采用X射线透照混凝土构件，通过数字平板探测器或胶片接收X射线并成像，基于图像差异识别套筒或浆锚孔道内部灌浆缺陷或插入钢筋轮廓的方法。

2.1.15 冲击波法 impact echo method

通过冲击方式产生瞬态冲击弹性波并接收冲击弹性波信号，通过分析冲击弹性波及其回波的波速、波形和主频频率等参数的变化，判断混凝土结构的厚度或内部缺陷的方法。

2.1.16 红外热成像法 infrared thermal imaging method

混凝土外墙拼缝在淋水试验后，对于隐性渗漏部位采取红外热像仪辅助检查的方法。

【条文说明】本章中给出的16个术语，是本标准有关章节中所引用的。

在编写本章术语时，主要参考《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 5123、《建筑结构检测技术标准》GB 50344、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784等国家标准和《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T 485、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1等行业标准中的相关术语。

本标准的术语是从装配式混凝土结构工程现场检测的角度赋予其涵义的，还给出了相应的推荐性英文术语，供参考。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数

A — 测量区域的结合面面积；

A_c — 芯样试件抗压截面面积；

A_r — 测量区域内粗糙面面积；

c — 套筒部位混凝土保护层厚度实测值；

D — 芯样试件破断面直径平均值；

d_1 — 灌浆套筒外径；

d_2 — 灌浆套筒最小内径；

L_{max} — 钻孔深度最大限值；

T — 构件厚度实际值；

T' — 名义厚度测试值；

x — 粗糙面测点有效凹凸深度；

μ — 粗糙面凹凸深度平均值；

δ — 粗糙面凹凸深度变异系数。

2.2.2 力学指标

F_c — 芯样试件抗压试验的破坏荷载值；

$f_{cu,cor}$ — 芯样试件混凝土抗压强度换算值；

$f_{cu,cor, m}$ — 芯样试件混凝土抗压强度换算值的平均值；

$f_{cu,e1}$ — 混凝土抗压强度推定上限值；

$f_{cu,e2}$ — 混凝土抗压强度推定下限值；

f_{gm} — 套筒灌浆料抗压强度换算值；

$f_{gm, m}$ — 套筒灌浆料抗压强度换算值的平均值；

f_{gm}^c — 套筒灌浆料棱柱体试块的抗压强度值；

$f_{gm, e1}$ — 套筒灌浆料抗压强度推定上限值；

$f_{gm, e2}$ — 套筒灌浆料抗压强度推定下限值；

f_t — 结合面混凝土正拉粘结强度；

N_u — 预埋吊件极限抗拔承载力实测值；

N_u^k — 预埋吊件极限抗拔承载力标准值；

N_u^m — 预埋吊件极限抗拔承载力平均值；

P — 芯样试件抗拉试验的破坏荷载值；

R_t — 预埋保温拉结件抗拔承载力实测值；

$R_{t, m}$ — 预埋保温拉结件抗拔承载力平均值；

R_{tk} — 预埋保温拉结件抗拔承载力标准值；

s — 预埋吊件极限抗拔承载力标准差；

s_{Rt} — 预埋保温拉结件抗拔承载力标准差；

$s_{cu, cor}$ — 芯样试件混凝土抗压强度换算值的标准差；

s_{gm} — 套筒灌浆料抗压强度换算值的标准差。

2.2.3 物理指标

f_{req} — 频谱分析振幅谱图中构件厚度对应的主频；

H_{gm} — 套筒灌浆料回弹值的平均值；

v_p — 混凝土表观波速。

2.2.4 计算系数及其他

e_r — 回归方程的强度值相对标准差；

k — 推定系数;

k_1 、 k_2 — 推定区间的上限系数、下限系数;

α 、 β — 回归系数;

δ_r — 回归方程的强度值平均相对误差;

ξ — 粗糙面与结合面的面积比;

η — 芯样试件抗压强度换算系数;

φ — 厚度偏移系数。

3 基本规定

3.1 检测分类

3.1.1 装配式混凝土结构现场检测可分为工程质量检测 and 结构性能检测，工程质量检测应对检测结果进行符合性判定，结构性能检测应为结构性能评定提供检测数据结果。

【条文说明】工程质量检测的结论需要进行符合性判定，为了避免引发异议，其检测操作等应严格执行国家现行有关标准的规定。结构性能检测的结果主要用于结构分析与评定，一般无须对检测结果进行符合性判定。

3.1.2 当遇到下列情况之一时，应委托有资质的机构对装配式混凝土结构进行工程质量检测：

- 1 国家现行有关标准规定的检测；
- 2 工程送样检验的数量不足或有关检验资料缺失；
- 3 施工质量送样检验或有关方自检的结果未达到设计或验收规范要求；
- 4 对工程质量有怀疑或争议；
- 5 发生质量或安全事故；
- 6 工程质量保险要求实施的检测；
- 7 未按规定进行施工质量验收的结构；
- 8 其他需要的情况。

【条文说明】本条给出了应进行结构工程质量检测的情况，包括在建工程质量检测 and 既有结构工程质量检测。当施工质量送样检验或有关方自检的结果未达到设计要求，或未按照有关标准规范进行施工质量验收的建筑结构，应对装配式混凝土结构进行工程质量检测。

3.1.3 当遇到下列情况之一时，应对装配式混凝土结构进行结构性能检测：

- 1 建筑改变用途、改造、加层或扩建；
- 2 建筑结构达到设计工作年限要继续使用；
- 3 建筑结构使用环境改变或受到环境侵蚀作用；
- 4 建筑结构遭受偶然事件或其他灾害的影响；
- 5 相关法规、标准规定的结构使用期间的鉴定；
- 6 其他需要的情况。

【条文说明】本条规定了需要对装配式混凝土结构性能进行评定的一些情况，工程质量检测应为结构性能评定提供数据支撑，结构性能评定可根据具体情况按照国家、行业相关标准进行。

3.2 检测程序

3.2.1 装配式混凝土结构现场检测工作宜按图 3.2.1 所示流程进行。

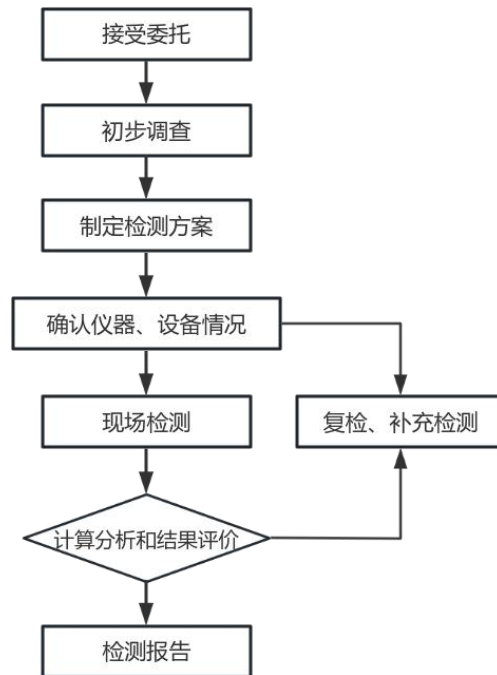


图 3.2.1 装配式混凝土结构现场检测工作流程图

【条文说明】本条制定的检测工作流程是针对一般的装配式混凝土结构现场检测，也可根据工程具体情况进行补充和调整。

3.2.2 混凝土结构现场检测工作可接受单方委托，存在质量争议时宜由当事各方共同委托。

【条文说明】本条规定了混凝土结构现场检测委托事宜。

3.2.3 初步调查宜包括下列内容：

- 1 收集结构设计施工图纸、构件连接安装记录与影像、验收记录、竣工图等资料；
- 2 收集预制构件深化设计图纸和构件制作、养护、翻转、出厂、运输、进场、存放、吊装等资料；
- 3 收集节点连接产品的合格证明、产品说明书等资料；
- 4 收集建筑结构使用期间的维修、检测、评定、加固和改造等资料；
- 5 调查建筑结构的现状、缺陷、损伤、维修和加固等实际状况；
- 6 调查建筑结构的使用环境、用途或荷载等实际状况；
- 7 向有关人员调查委托检测的原因以及资料调查和现场调查未能显现的问题。

【条文说明】初步调查包括收集资料和现场踏勘。初步调查对于检测工作非常重要，全面的初步调查不仅有利于制定检测方案，更有助于确定检测的项目和重点。节点连接质量是装配式结构检测的重点，除了收集调查与现浇混凝土结构相关的资料外，还要重点收集装配式结构连接节点采用的连接技术、连接产品以及连接安装过程等资料。

3.2.4 检测方案应在初步调查的基础上编制，检测方案宜征求委托方的意见，检测方案应包括下列内容：

- 1 工程概况或结构概况；
- 2 检测目的或委托方的检测要求；
- 3 检测依据；
- 4 检测项目、检测方法和检测数量；
- 5 检测人员和仪器设备；
- 6 检测工作进度计划；
- 7 需要配合的工作；
- 8 检测中的安全措施和环保措施。

【条文说明】检测方案应根据检测目的、现场调查结果和图纸资料收集情况来制定，重点是检测项目、检测依据、抽样方法、抽样数量以及结果判定依据。

3.2.5 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常时，应补充检测或重新检测。

【条文说明】对检测数据进行计算分析和结果评价时，若检测结果的离散性较大，不满足标准中要求的判定条件或检测项目允许进行二次抽样，可按照检测工作流程进行补充检测或复检。

3.2.6 局部破损检测方法宜选择结构构件受力较小的部位，现场检测工作结束后，应修复因检测造成的结构或构件的局部损伤。

【条文说明】对采用局部破损的检测方法时，不应対结构或构件的性能造成明显的影响，并应对受损部位进行及时修复。

3.2.7 检测报告应结论明确、用词规范、文字简练，对于容易混淆的术语和概念应以文字解释或图例进行说明。

【条文说明】当报告中出现容易混淆的术语和概念时，需要以文字解释或图例、附图说明，避免引起歧义。

3.2.8 检测报告应包括下列内容：

- 1 委托方名称；
- 2 工程概况，包括工程名称，地址，结构类型，规模，设计单位、施工单位、构件生产单位及监理单位的名称，施工日期及现状等；
- 3 检测原因、检测目的及以往相关检测情况概述；

- 4 检测项目、检测方法 & 检测依据；
- 5 检测方式、抽样方法、检测数量与检测位置；
- 6 检测数据、检测结果、评定方法、检测结论；
- 7 检测日期、报告完成日期；
- 8 主检、审核和批准人员的签名；
- 9 检测机构的有效印章。

【条文说明】本条规定了检测报告应包括的内容，确保报告信息的完整性。

3.3 抽样方法与判定规则

3.3.1 装配式混凝土结构的现场检测应根据检测目的、检测项目、结构状况和现场条件选择适用的抽样方式，可采用全数检测或抽样检测。抽样检测宜采用随机抽样，不具备随机抽样条件时可按合同双方约定的方法抽样。

【条文说明】检测机构应根据现场情况和委托要求给出抽样方法建议，再与委托方协商确定，抽样方法应在检测方案和合同中明确，检验批的抽检数量不应少于相关标准要求的最小样本容量。

3.3.2 当遇到下列情况之一时，宜采用全数检测：

- 1 外观缺陷或结构损伤的检测；
- 2 受检范围较小、构件数量较少或节点数量较少；
- 3 构件或节点的质量状况差异性较大。

【条文说明】本条给出了宜进行全数检测的情况，全数检测并不意味着对整个工程的全部构件和连接进行检测，而是针对检测批内的全部构件和连接。一般对于外观质量和损伤，均需要全数检查；当检测批内构件或节点的数量少于 5 个时，建议采用全数检测；检测过程中发现检测指标或参数的变异性较大，无法按检测批进行评定或推定时，建议采用全数检测。

3.3.3 批量检测应根据检测项目的实际情况采取计数抽样方法或计量抽样方法，检测项目适用的抽样方法可按表 3.3.3 确定。

表 3.3.3 检测项目适用的抽样方法

序号	检测项目	抽样方法
1	预制构件混凝土抗压强度	计量抽样
2	预埋保温拉结件锚固承载力	
3	预埋吊件锚固承载力	
4	连接混凝土抗压强度	
5	灌浆料抗压强度	
6	连接件抗拉锚固强度	
7	植筋抗拉锚固强度	
8	结合面混凝土正拉粘结强度	
9	预制构件混凝土粗糙面面积	计数抽样
10	预制构件混凝土粗糙面凹凸深度	

11	预埋吊件抗拔承载力非破损性检验	
12	灌浆饱满度	
13	钢筋锚固长度	
14	混凝土内部结合面连接缺陷	
15	竖向构件底部接缝内部缺陷	
16	外墙拼缝连接质量	

【条文说明】表 3.3.3 给出本标准涉及的装配式混凝土结构检测项目的抽样方法划分。对于计量抽样的检测项目，应按照相应标准的要求确定检测数量；对于计数抽样的检测项目，检测单位可根据本标准第 3.3.5 条要求确定检测数量。

3.3.4 对于计量抽样检测的项目，检测批的抽样数量应满足检测方法要求的最小样本容量。

【条文说明】针对计量抽样检测项目，检测结果需要给出检测指标的推定值，各专项检测技术均有抽样数量的取值规定，故应根据各专项检测技术的要求确定检测批的抽样数量。

3.3.5 对于计数抽样检测的项目，当专项检测技术未规定具体抽样方法时，检测批的最小样本容量宜按表 3.3.5 规定的数量进行随机抽样，分层计量抽样时检验批中受检构件的最少数量可按表 3.3.5 的规定确定。

表 3.3.5 检测批的最小样本容量

检测批 的容量	检测类别和样本最小容量			检测批 的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
3~8	2	2	3	91~150	8	20	32
9~15	2	3	5	151~280	13	32	50
16~25	3	5	8	281~500	20	50	80
26~50	5	8	13	501~1200	32	80	125
51~90	5	13	20	1201~3200	50	125	200

注：1 检测类别 A 可用于一般项目施工质量的检测或既有结构的一般项目检测；

2 检测类别 B 可用于主控项目施工质量的检测或既有结构的重要项目检测；

3 检测类别 C 可用于结构工程施工质量的复检或存在较多问题的既有结构检测。

【条文说明】本条规定了计数检测项目随机抽样的最小样本容量，该容量不是最佳的样本容量，实际检测中可根据具体情况和相应技术规程的规定确定样本容量，但样本容量不宜小于表 3.3.5 的要求。A 类检测适用于建筑工程一般项目施工质量的合格性检验，B 类检测适用于建筑工程主控项目施工质量的合格性检验。对于第三方检测机构所实施的检测，可根据具体情况取大于工程参建方合格检验的数量，例如，按照 B 类的最小样本容量对结构工程一般项目的施工质量进行检测，按照 C 类的最小样本容量对结构工程主控项目的施工质量进行检测。虽然既有结构性能的检测不需要进行符合性判定，但是采取表中规定的最小样本容量，有利于检测结论的合理使用。第三方检测机构所实施的检测通常可以采用一次性抽样的方案。既有结构的一般项目对应于施工质量的一般项目，重要项目对应于主控项目，存在问题较多时应加大抽查数量，必要时可以采取全数检测的方法。当检测批容量超过表 3.3.5 中所列数值，可参照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定取值。

3.3.6 计数抽样检测批的符合性判定应符合下列规定：

1 主控项目计数抽样检测批的符合性判定应符合下列规定：

1) 主控项目正常一次抽样的判定应按表 3.3.6-1 的规定进行；

表 3.3.6-1 主控项目正常一次抽样的判定

检测类别和样本最小容量			检测类别和样本最小容量		
样本容量	符合性判定数	不符合判定数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数
2~5	0	1	80	7	8
8~13	1	2	125	10	11
20	2	3	200	15	16
32	3	4	>315	22	23
50	4	5	-	-	-

2) 主控项目正常二次抽样的判定应按表 3.3.6-2 的规定进行。

表 3.3.6-2 主控项目正常二次抽样的判定

抽样次数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数	抽样次数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数
(1)	2~6	0	1	(1)	50	3	6
				(2)	100	8	9
(1)	5	0	2	(1)	80	5	9
(2)	10	1	2	(2)	160	12	13
(1)	8	0	2	(1)	125	7	11
(2)	16	1	2	(2)	250	8	19
(1)	13	0	3	(1)	200	11	16
(2)	26	3	4	(2)	400	27	28
(1)	20	1	3	(1)	315	18	23
(2)	40	3	4	(2)	630	41	42
(1)	32	2	4	-	-	-	-
(2)	64	5	6				

注：（1）和（2）表示抽样次数，（2）对应的样本容量为二次抽样的累计数量。

2 一般项目计数抽样检测批的符合性判定应符合下列规定：

1) 一般项目正常一次抽样的判定应按表 3.3.6-3 的规定进行；

表 3.3.6-3 一般项目正常一次抽样的判定

检测类别和样本最小容量			检测类别和样本最小容量		
样本容量	符合性判定数	不符合判定数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数
2~5	1	2	32	7	8
8	2	3	50	10	11
13	3	4	80	14	15
20	5	6	≥125	21	22

3) 一般项目正常二次抽样的判定应按表 3.3.6-4 的规定进行；

表 3.3.6-4 一般项目正常二次抽样的判定

抽样次数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数	抽样次数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数
(1)	2	0	2	(1)	80	11	16
(2)	4	1	2	(2)	160	26	27
(1)	3	0	2	(1)	125	11	16
(2)	6	1	2	(2)	250	26	27
(1)	5	0	3	(1)	200	11	16

(2)	10	3	4	(2)	400	26	27
(1)	8	1	3	(1)	315	11	16
(2)	16	4	5	(2)	630	26	27
(1)	13	2	5	(1)	500	11	16
(2)	26	6	7	(2)	1000	26	27
(1)	20	3	6	(1)	800	11	16
(2)	40	9	10	(2)	1600	26	27
(1)	32	5	9	(1)	1250	11	16
(2)	64	12	13	(2)	2500	26	27
(1)	50	7	11	(1)	2000	11	16
(2)	100	18	19	(2)	4000	26	27

注：（1）和（2）表示抽样次数，（2）对应的样本容量为二次抽样的累计数量。

【条文说明】现行国家标准《计数抽样检验程序》GB/T 2828.1 给出了计数抽样检测批的样本容量、正常一次抽样和正常二次抽样结果的符合性判定方法。表 3.3.6-1～表 3.3.6-4 中符合性判定数，对于参加验收的各方可作为合格判定数，对于第三方检测机构可作为判定施工质量达到合格验收要求的判定数。

以表 3.3.6-3 和表 3.3.6-4 为例说明其使用方法：一般项目正常一次抽取样本容量为 20 时，在 20 个样本中有 5 个或 5 个以下的样本被判为不符合验收标准的合格要求时，检测批可判为符合（合格）要求；当 20 个样本中有 6 个或 6 个以上的样本被判为不符合验收标准的合格要求时，则该检测批可判为不符合要求。对于一般项目正常二次抽样，第一次抽取样本容量为 20 时，在 20 个样本中有 3 个或 3 个以下样本被判为不符合验收标准的合格要求时，该检测批可判为符合（合格）要求，且无须进行二次抽样；当 20 个样本中有 6 个或 6 个以上的样本被判为不合格时，该检测批可判为不符合（合格）要求，也无须进行二次抽样；当 20 个样本中不符合（合格）要求的样本为 4 个或 5 个时，应进行第二次抽样；二次抽样的样本容量也为 20 个，两次抽样样本的容量为 40 个，当第一次的不合格样本与第二次的合格样本之和为 9 个或小于 9 个时，该检测批可判为符合（合格）要求；当第一次的不合格样本与第二次的合格样本之和为 10 或大于 10 时，该检测批可判为不符合（合格）要求。本标准中一般项目的允许不合格率为 10%，主控项目的允许不合格率为 5%。表中的不符合判定数考虑了样本不完备性造成的检测结果不定性，这种判定方法符合国际上通行的合格判定规则，本标准对一般项目的合格判定方法与现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 相一致。

3.3.7 当遇到下列情况之一时，检测对象可为单个构件、节点或部分构件、节点，但检测结论不得扩大到未检测的构件、节点或范围：

- 1 委托方指定检测对象或范围；
- 2 环境侵蚀或火灾、爆炸、高温以及人为因素等造成部分结构、构件或节点的损伤。

【条文说明】检测对象与检测数量的确定可以有两种情况，一种是指定检测对象和范围，另一种是抽样确定的检测数量和对象。当指定检测对象和范围时，其检测结果不能反映其他对象的情况，故检测结论的适用范围不能随意扩大。

4 预制构件及部品

4.1 一般规定

4.1.1 预制构件进场时应检查质量证明文件。

【条文说明】预制构件生产应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231的有关规定。其原材料质量、钢筋加工和连接的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、装饰材料、保温材料和拉结件的质量等均应根据国家现行有关标准进行检查检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。质量检验应按模具、钢筋、混凝土、预应力、预制构件的试验、检验资料等项目进行。当上述各检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品，预制构件和部品出厂时，应出具质量证明文件。质量证明文件主要包括：

- 1 出厂合格证；
- 2 混凝土强度检验报告；
- 3 钢筋套筒等其他构件钢筋连接类型的工艺检验报告；
- 4 合同要求的其他质量证明文件。

4.1.2 预制构件及部品的进场现场检测项目包括尺寸偏差与变形、外观质量、内部缺陷、粗糙面质量、混凝土抗压强度、钢筋配置、预埋保温拉结件锚固承载力和预埋吊件锚固承载力等。

【条文说明】针对装配式建筑用预制混凝土构件的特点，本条规定了可包括的检测项目，在实际工程中，应结合委托目的和要求确定需要检测的项目。预制混凝土构件存在可移动、尺寸小、厚度薄等特点，与结构实体上的构件具有一定的差异。预制构件粗糙面凹凸深度是影响结合面连接性能的重要指标，针对不同类型的粗糙面规定其凹凸深度的检测方法。预埋保温拉结件的施工质量影响装配式外墙的保温性能和建筑物的使用安全，预埋吊件的锚固质量影响预制构件的翻转、运输和吊装的作业安全。

4.1.3 对预制构件的混凝土强度、预埋保温拉结件锚固承载力、预埋吊件锚固承载力进行检测时，宜符合下列规定：

- 1 当需要进行符合性判定时，检测时预制构件混凝土养护的等效龄期宜达到 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ；
- 2 若预制构件混凝土养护的等效龄期未达到 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ，当检测结果符合设计要求时，可进行符合性判定；当检测结果不符合设计要求时，可仅给出检测数据结果。

【条文说明】在预制构件生产阶段，为了使混凝土尽快达到设计强度，通常采用高温蒸汽养护，本条提出按照养护等效龄期衡量混凝土是否达到所要求的养护时间，在蒸汽养护期间等效龄期可取每小时平均养护温度累计，在常温养护期间可按逐日养护温度累计。考虑到构件出厂时混凝土等效龄期可能未达到 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ，此时的混凝土强度检测可不做符合性判定，仅给出检测数据结果。

4.1.4 现场批量生产的预制构件及部品的结构性能检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的有关规定。

【条文说明】预制构件及部品作为生产产品其质量应符合国家相关验收标准的规定。荷载作用下结构的实际工作状况可根据结构参数通过计算确定。由于计算都是在一定的计算模型和本构关系基础上进行的，实际结构往往与计算模型不完全相符，损伤等对结构计算参数的影响也难以定量表述，当对计算确定的结构性能有争议或难以通过计算确定结构性能时，可通过荷载试验进行检验。一般考虑进行荷载试验的情况有：

1 采用新结构体系、新材料、新工艺建造的混凝土结构，需验证或评估结构的设计和施工质量的可靠程度；

2 外观质量较差的结构，需鉴定外观缺陷对其结构性能的实际影响程度；

3 结构体系复杂、受力不明确，难以通过计算确定结构性能；

4 现行设计规范和施工验收规范要求的验证检测。

预制构件及部品的结构性能检验详见《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 第 12 章、混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 第 9.2 节的有关规定。

4.1.5 对进场时受检的预制构件，当不做结构性能检测且施工单位或监理单位无代表驻厂监督生产过程时，应对其主要受力钢筋数量、钢筋间距、保护层厚度及混凝土强度等进行实体检测。

混凝土中钢筋数量和间距可采用钢筋探测仪或雷达仪进行检测，检测方法应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定，仪器性能和操作要求应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T152 的有关规定。

【条文说明】采用钢筋探测仪和雷达仪检测钢筋数量和间距，其精度可以满足要求。由于电磁屏蔽作用，当多层配筋时，钢筋探测仪和雷达仪难以测定内层钢筋；当钢筋间距较小时，还可能会出现漏检的情况。

4.1.6 当委托方有特定要求时，可对存在缺陷、损伤或性能劣化现象的部位进行混凝土力学性能检测。

【条文说明】近年来，确定缺陷或损伤等部位混凝土力学性能要求逐渐增多，特别是确定性能劣化与损伤部位混凝土的力学性能是结构性能评定作出处理决策的重要依据，增加性能劣化部位混凝土力学性能的测试很有必要。

4.1.7 装配式结构混凝土长期性能和耐久性能、有害物质、火灾损伤等检测应符合现行《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 等国家、行业标准的规定。

4.2 外形尺寸与变形

4.2.1 进场预制构件的尺寸偏差与变形检测应包括截面尺寸及偏差、挠度等内容，检测数量及方法应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

4.2.2 预制构件上的预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线检测应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231 的规定。

【条文说明】预制构件上的预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线的位置及尺寸准确对于保证预制构件的顺利安装至关重要，应确保满足设计要求。

4.2.3 预制构件及部品与后浇混凝土、灌浆料、坐浆料的结合面应按设计要求设置粗糙面或键槽，粗糙面与键槽的质量可采用下列方法检测：

- 1 粗糙面的面积可用直尺或卷尺量测；
- 2 粗糙面的凹凸深度可按本标准附录 B 或三维扫描法进行量测；
- 3 键槽的尺寸、间距和位置可用直尺或卷尺量测。

【条文说明】粗糙面和键槽是装配整体式混凝土建筑隐蔽工程验收的重要内容。现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 对粗糙面和键槽应满足的要求做出了明确规定。

4.3 混凝土缺陷

4.3.1 预制构件及部品质量缺陷检测应包括外观质量缺陷检测和内部质量缺陷检测。

【条文说明】本条规定了预制构件及部品缺陷的检测项目。

4.3.2 外观缺陷检测应包括露筋、孔洞、夹渣、蜂窝、疏松、裂缝、连接部位缺陷、外形缺陷、外表缺陷等检测项目。各检测项目可根据实际需要采用以下方法检测：

- 1 露筋长度可用钢尺或卷尺量测；
- 2 孔洞直径可用钢或卷尺量测，孔洞深度可用游标卡尺量测；
- 3 夹渣深度可采用剔凿法或超声法检测；
- 4 蜂窝和疏松的位置和范围可用钢尺或卷尺量测,委托方有要求时，可通过剔凿、成孔等方法量测蜂窝深度；
- 5 表面裂缝的最大宽度可用裂缝专用测量仪器量测，表面裂缝长度可用钢尺或卷尺量测；
- 6 连接部位缺陷可用观察或剔凿法检测；
- 7 外形缺陷和外表缺陷的位置和范围可用钢尺或卷尺测量。

【条文说明】应对全数构件进行外观检查，对检查发现的露筋、蜂窝、孔洞、夹渣、疏松和裂缝质量缺陷以及麻面、掉皮起砂等外表缺陷应进行测定和记录，对于缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等外形缺陷要记录其位置。

4.3.3 内部缺陷检测应包括内部不密实区、裂缝深度等内容，宜采用超声法双面对测，可采用预埋传感器法进行检测，当仅有一个可测面时，可采用冲击回波法或电磁波反射法进行检测，对于判别困难的区域，应进行钻芯或剔凿验证；具体检测方法应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定。采用冲击回波法时，应符合现行行业标准《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JG/T 411 的规定。

【条文说明】检测方法应按照现行国家及行业相关标准的规定执行，可按本标准附录 D 执行。

4.3.4 对怀疑存在内部缺陷的构件或区域宜进行全数检测，当不具备全数检测条件时，可根据约定抽样原则选择下列构件或部位进行检测：

- 1 重要的构件或部位；
- 2 外观缺陷严重的构件或部位。

4.4 混凝土结合面粗糙度

4.4.1 预制构件及部品混凝土粗糙面质量的检测项目宜包括外观成型质量、粗糙面与结合面的面积比、粗糙面凹凸深度等。

【条文说明】混凝土粗糙面的设置是保证装配式混凝土结构结合面连接质量的重要技术措施，行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 对各类构件和构件的不同部位均规定了粗糙面面积与结合面的占比、凹凸深度的具体设置要求。

4.4.2 预制构件及部品混凝土粗糙面质量检测宜按构件类型、生产批次、粗糙面成型工艺等划分检测批，检测批最小样本容量的确定应符合本标准第 3.3.5 条的规定。

【条文说明】本条规定了预制构件及部品混凝土接合面粗糙度检验批划分方式及最小样本容量。

4.4.3 预制构件及部品混凝土粗糙面以及结合面的长度和宽度可采用直尺或钢卷尺测量，宜精确至 1mm，根据测量结果应按照下式计算粗糙面与结合面的面积比：

$$\xi = \frac{\sum_{i=1}^n A_{r,i}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4.4.3)$$

式中： $A_{r,i}$ —第 i 个测量区域内粗糙面面积（ mm^2 ）；

A_i —第 i 个测量区域的结合面面积（ mm^2 ）；

ξ —粗糙面与结合面的面积比。

【条文说明】行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 中对预制构件与后浇混凝土、灌浆料、座浆料的结合面位置处粗糙面所占最小面积比进行了规定。检测时应测量粗糙面外边缘尺寸，结合面尺寸可按照构件截面尺寸进行测量。当预制构件结合面或粗糙面外形不规则时，可将检测区域划分为若干个规则分区分别进行尺寸测量和面积计算。

4.4.4 预制构件及部品混凝土粗糙面凹凸深度检测宜符合下列规定：

1 混凝土叠合板的预制底板粗糙面凹凸深度宜采用测深尺法检测，也可采用三维扫描法检测；

2 预制混凝土梁、柱和墙的粗糙面凹凸深度宜采用三维扫描法检测，也可采用测深尺法检测。

【条文说明】预制叠合板的粗糙面一般采用拉毛、压痕等成型工艺，粗糙面的凹凸特征存在一定的规律性，可采用测深尺测量粗糙面上的凹凸深度。预制梁、柱和墙的粗糙面一般采用水洗冲毛露骨料的成型工艺，且均匀性较好，可采用三维扫描法检测。

4.4.5 预制构件及部品混凝土粗糙面凹凸深度检测前的准备工作应包括下列内容：

- 1 检查并确认检测工具和设备处于正常状态；
- 2 清理粗糙面表面的颗粒、杂物；
- 3 记录预制构件及部品生产厂家、工程名称、楼号、楼层、构件编号、检测人员等信息。

【条文说明】本条规定了预制构件及部品混凝土接合面粗糙度检测前的准备工作。

4.4.6 采用测深尺法检测时，应符合本标准附录 B 的有关规定。

【条文说明】检测方法应按照现行国家及行业相关标准的规定执行，可按本标准附录 B 执行。

4.4.7 三维扫描法检测混凝土粗糙面凹凸深度的测区布置应符合下列规定：

1 测区布置应避开预埋件、预留孔洞、桁架钢筋以及表面有明显凸出区域等容易产生干扰的部位；

2 混凝土梁、柱等杆类构件的两个端面应各布置不少于 1 个测区，混凝土叠合梁顶面宜布置不少于 3 个测区，混凝土剪力墙端面宜各布置不少于 2 个测区，混凝土叠合板的预制底板面应布置不少于 4 个测区；

3 对于凹槽形粗糙面，每个测区的长度方向不应小于 300mm，宽度方向应至少包含 4 条连续的凹槽；对于凹坑形粗糙面，当构件宽度小于 350mm 时，每个测区的面积不宜小于 150mm×600mm，当构件宽度不小于 350mm 时，每个测区的面积不宜小于 300mm×300mm；

4 测区应具有代表性，当在同一端面或平面上布置多个测区时，测区应均匀布置；

5 对测区应进行逐一编号，并应记录测区的位置和外观质量状况。

【条文说明】采用三维扫描法检测混凝土粗糙面凹凸深度时，根据预制构件类型、粗糙面形态等确定测区分布和测区尺寸，以测区为单位测量粗糙面的凹凸深度。本条所规定的测区尺寸是根据不同类型预制构件的常规尺寸确定，当构件尺寸能够满足测区尺寸划分要求时，应按本条要求执行；当构件尺寸无法满足要求时，测区尺寸可适当调整，但面积不应小于本条第3款的要求，且应满足本标准第4.3.8条的要求。

4.4.8 采用三维扫描法检测预制构件混凝土粗糙面凹凸深度时，应符合下列规定：

1 三维扫描仪应能获取和分析点云的三维空间坐标，分辨力不应低于0.1mm；

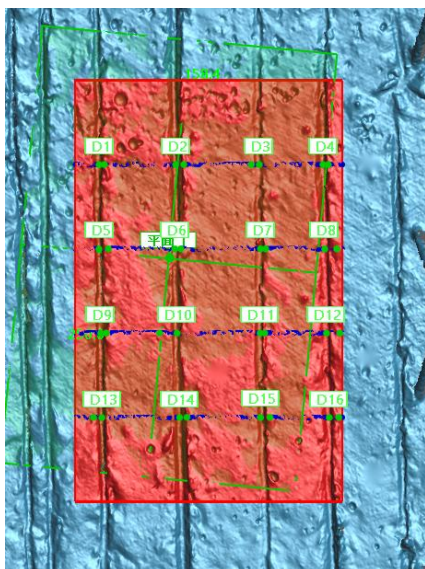
2 对于凹槽形粗糙面，应在测区内截取长度不小于200mm、宽度仅包含4条连续凹槽的选定区，垂直于凹槽长度方向宜等间距剖切4条凹槽轮廓线，应以每个凹槽的槽底最低点和槽边最高点的高差作为凹槽的凹凸深度值；

3 对于凹坑形粗糙面，应在测区内均匀划分16个正方形单元格，单元格距测区边缘不宜小于25mm，单元格边长宜为50mm，应以单元格中最高点和最低点的高差作为单元格的凹凸深度值；

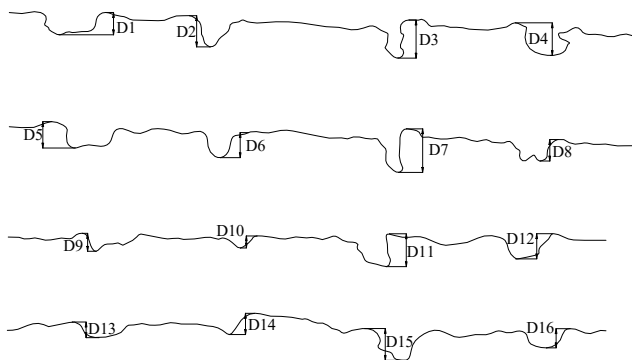
4 每个测区应获得16个凹凸深度值，应剔除3个最大值和3个最小值，并将剩余10个深度值作为测区的有效凹凸深度值。

【条文说明】拉毛法等工艺形成的凹槽形粗糙面与水洗冲毛露骨料等工艺形成的凹坑形粗糙面在形态特征上差异很大，因此，两种粗糙面凹凸深度的检测方法在结果处理时也有所区别。凹槽形粗糙面主要用于钢筋桁架叠合底板，其分布具有规律性，在采用三维扫描法检测时也充分利用了该类粗糙面的特点。

凹坑形粗糙面主要是粗骨料之间下凹和上凸形成。经过编制组广泛调研，预制混凝土构件的最大骨料粒径通常为25.0mm~31.5mm，混凝土中的骨料与对应结合面之间通常为斜向相交，完全与结合面平行分布的情况很少。因此，在边长为混凝土最大骨料粒径的1.5倍~2倍的正方形区域范围内应该同时存在凸峰和凹谷，因此，可将凹坑单元格设定为边长为50mm的正方形。凹槽形和凹坑形粗糙面在测区内凸峰和凹谷的识别以及凹凸深度计算可通过数据处理软件辅助完成，检测示意图见图1和图2。



(a) 划分选定区



(b) 粗糙面凹凸曲线

图1 凹槽形粗糙面检测示意图

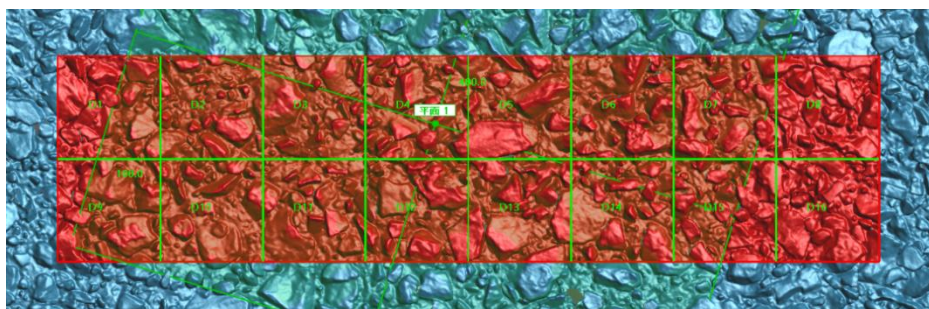


图2 凹坑形粗糙面检测示意图

4.4.9 预制构件混凝土粗糙面凹凸深度评价指标宜包括平均值和变异系数，并按下列公式计算：

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (4.4.9-1)$$

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}}{u} \quad (4.4.9-2)$$

式中： μ —粗糙面凹凸深度平均值（mm），应精确至 0.1mm；

δ —粗糙面凹凸深度变异系数，应精确至 0.01；

x_i —粗糙面测点第*i*个有效凹凸深度值（mm）；

N —粗糙面有效凹凸深度值的总数。

【条文说明】除凹凸深度平均值外，凹凸深度在结合面上的分布情况也会影响结合效果，故将凹凸深度的变异系数也作为粗糙面质量的评价指标。粗糙面有效凹凸深度值的总数等于测区数量乘以每一测区内有效凹凸深度值的数量。

4.5 混凝土抗压强度

4.5.1 预制构件及部品混凝土抗压强度检测结果应给出相当于边长为 150mm 混凝土立方体试件抗压强度特征值的推定值。

【条文说明】混凝土结构设计是采用混凝土强度等级，检测结果应提供相当于边长 150mm 混凝土立方体试件抗压强度且具有一定保证概率的特征值的推定值。

4.5.2 预制构件混凝土抗压强度检测应符合下列规定：

1 对于实心墙、夹心保温墙、柱、梁、楼梯等非薄壁预制构件，可采用回弹法、钻芯法等方法进行检测；

2 对于叠合板、叠合剪力墙等厚度不小于 50mm 的薄壁预制构件，可按本标准附录 A 的规定进行钻芯法检测，也可采用弧面对压法进行检测。

3 对于预制空心板剪力墙，在墙体的实心部位可采用回弹法、钻芯法等方法进行检测；在预制混凝土厚度不小于 50mm 的空心部位，可按本标准附录 A 的规定进行钻芯法检测，也可采用弧面对压法进行检测。

4 采用回弹法检测时，对于弹击时易发生移动或转动的预制构件，应对构件进行固定，对于弹击时易产生颤动的预制构件，应采取防颤措施；

5 钻芯法宜选择在不影响构件使用的部位进行检测，并应避开主筋、预埋件和预埋管线。

【条文说明】对预制构件混凝土抗压强度进行检测，应按相关专项检测技术标准的规定执行。混凝土抗压强度的检测方法较多，基于预制混凝土构件的特点和现有检测方法的适用条件，分类规定可采用的检测方法及检测要求。对于非薄壁预制混凝土构件，可依据现行相关的混凝土强度检测技术标准。

回弹法检测时，预制构件易发生位置移动和转动，薄壁构件还易发生颤动，必要时应采取措施限制构件的移动、转动和颤动；同时，还应了解预制混凝土构件的生产工艺，是采用平模生产还是立模生产，应准确识别混凝土的浇筑侧面、浇筑表面和浇筑底面。对于厚度不大于 70mm 的预制墙、板类薄壁构件，当采用回弹法检测混凝土抗压强度时，弹击时构件颤动的能量损失会导致检测结果失真，故应严格执行现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 的有关规定，避免检测条件的改变造成检测结果的不准确。

钻芯法作为检测混凝土抗压强度的直接方法被广泛应用，薄壁或小尺寸预制构件的混凝土强度检测存在一定困难。行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384-2016 中对芯样直径要求不

应小于 70mm 且不得小于骨料最大粒径的 2 倍。因此,该标准也无法直接应用于装配式结构采用的预制叠合底板或其他薄壁类构件的混凝土强度检测。

相关资料表明,粗骨料最大粒径对芯样抗压强度有较大的影响,当芯样直径与骨料最大粒径之比不小于 2 时,通过芯样获得的抗压强度值与真实值比较接近。目前,我国预制叠合底板的混凝土所用粗骨料粒径通常不大于 20mm,故钻取直径 50mm 混凝土芯样理论上是可行的,本条是综合国内外的现有研究成果并结合工程实际编写而成。由于存在尺寸效应,直径 50mm 混凝土芯样试件抗压强度与直径 100mm 芯样混凝土试件抗压强度需要建立换算系数,因此,钻取直径 50mm 芯样检测混凝土抗压强度时,需要符合本标准附录 A 的有关规定。

对钢筋密集构件、尺寸较小构件以及装配式结构构件普通混凝土抗压强度,可采用钻取直径 38mm 芯样进行弧面对压检测。

4.5.3 按批量对预制构件及部品的混凝土抗压强度进行检测时,宜将构件生产工艺、混凝土强度等级和养护条件相同且龄期相近的同类构件划分为同一检测批。

【条文说明】预制构件厂根据构件类型、强度等级分批次制作、养护,现场批量检测预制构件混凝土抗压强度时,检验批的划分与现浇混凝土结构不同,一般情况下,现浇混凝土结构同层构件可化为一批,装配式混凝土结构可能存在多层、同类型构件均为同批次生产的情况,因此,对装配式结构预制构件的混凝土抗压强度进行批量检测时,应根据实际情况来划分检测批。

4.6 钢筋配置

4.6.1 预制构件及部品混凝土中的钢筋检测可分为钢筋数量和间距、混凝土保护层厚度、钢筋直径等检测项目。

【条文说明】本条提出了钢筋配置情况的检测项目。

4.6.2 混凝土中的钢筋宜采用原位实测法检测;采用间接法检测时,宜通过原位实测法或取样实测法进行验证并可根据验证结果进行适当的修正。

【条文说明】剔凿原位检测法指剔除混凝土保护层后在原位对钢筋进行的直接检测方法。无损检测方法具有方便、快捷、对结构无损伤等特点,但其准确性依赖于特定的条件。实际结构千变万化施工质量参差不齐,为保证检测结果的可靠性,宜进行验证并可根据验证结果进行适当的修正。

4.6.3 混凝土中钢筋数量和间距可采用钢筋探测仪或雷达仪进行检测,仪器性能和操作要求应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152 的有关规定。

【条文说明】采用钢筋探测仪和雷达仪检测钢筋数量和间距,其精度可以满足要求。由于电磁屏蔽作用,当多层配筋时,钢筋探测仪和雷达仪难以测定内层钢筋;当钢筋间距较小时,还可能会出现漏检的情况。

4.6.4 混凝土保护层厚度宜采用钢筋探测仪进行检测并应通过剔凿原位检测法进行验证。

【条文说明】由于混凝土介电常数受含水率影响大，混凝土保护层厚度不宜采用基于电磁波反射法的雷达仪进行检测。基于电磁感应法的钢筋检测仪也不能确保相应的精度要求，需要采用剔凿原位法对这些方法的检测结果进行验证。

4.7 预埋保温拉结件锚固承载力

4.7.1 预制夹心保温混凝土墙体中，预埋保温拉结件锚固承载力的检测项目可包括单个拉结件的抗拔承载力和多个拉结件的群锚整体抗剪承载力。

【条文说明】预制夹心保温混凝土墙板用拉结件的材质可分为纤维复合材料和不锈钢材料。纤维复合材料拉结件分为片状和棒状两种，不锈钢拉结件分为针式、板式和桁架式。保温拉结件的锚固受力主要考虑墙板承受的平面外风荷载、外叶板自重以及地震作用，检测项目分为单个拉结件的抗拔承载力和包含有多个拉结件的预制夹心保温墙板的内叶板与外叶板整体抗剪承载力。

4.7.2 预埋保温拉结件锚固承载力检测的抽样规则应符合下列规定：

1 拉结件规格型号相同、锚固条件基本相同以及混凝土强度等级相同的同类构件可作为一个检测批，每个检测批宜抽取不少于 2 块墙板；

2 对单个拉结件的抗拔承载力检测时，每块墙板宜抽取不少于 3 个拉结件，且同一检测批的拉结件抽检总数不应少于 5 个；

3 墙板应在检测批中随机抽取。

【条文说明】预埋混凝土墙板中保温拉结件的锚固承载力检测均为破坏性检验，群锚整体抗剪承载力还需考虑在两个方向分别进行检测，故规定抽检数量不少于 2 个墙板构件，被抽到的墙板要充分利用，宜对该墙板中所有符合检测条件的拉结件进行抗拔承载力检测。当对拉结件锚固性能有异议时，才有检测需求，故本条规定的抽检数量，可结合实际检测需求进行调整，检验批的抽样数量要满足批评定的要求。

4.7.3 预制夹心保温混凝土墙体中，单个拉结件的抗拔承载力检测应符合下列规定：

1 纤维增强复合材料保温拉结件和针式不锈钢材料保温拉结件应进行单个拉结件的抗拔承载力检测；

2 在进行单个拉结件的抗拔承载力检测时，混凝土抗压强度应符合设计要求；

3 应以拉结件所在位置作为圆柱体的轴心，宜钻取直径不小于 150mm 的圆柱体试件，应沿墙体厚度方向钻透，获得含有内叶板、保温材料、外叶板和拉结件的组合体试件；

4 试件内不宜含有钢筋，拉结件的位置距圆柱体侧面的最小距离不应小于 45mm，钻芯过程对拉结件的锚固性能应无明显扰动；

5 应将试件的内叶板固定，加载的作用力方向应沿着拉结件的轴向（图 4.7.3），应对外叶板施加连续荷载直至锚固破坏，加载速率宜控制在 1kN/min~3kN/min 之间；

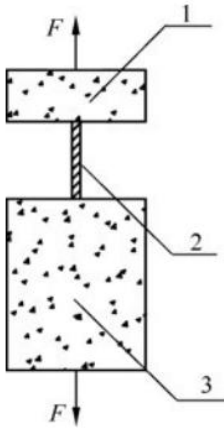
6 检测批预埋保温拉结件的抗拔承载力标准值可按下列公式计算：

$$R_{tk} = R_{t,m} - k \cdot s_{R_t} \quad (4.7.3-1)$$

$$R_{t,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ti} \quad (4.7.3-2)$$

$$s_{R_t} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{ti} - R_{t,m})^2}{n-1}} \quad (4.7.3-3)$$

式中： R_{tk} —预埋保温拉结件抗拔承载力标准值（kN），应精确至 0.1kN；
 $R_{t,m}$ —预埋保温拉结件抗拔承载力平均值（kN），应精确至 0.1kN；
 R_{ti} —第 i 个预埋保温拉结件抗拔承载力实测值（kN），应精确至 0.1kN；
 s_{R_t} —预埋保温拉结件抗拔承载力标准差（kN），应精确至 0.01kN；
 n —试件数量；
 k —推定系数，应按表 4.7.3 取值。



1—外叶板；2—拉结件；3—内叶板

图 4.7.3 单个拉结件抗拔承载力检测加载示意图

表 4.7.3 推定系数

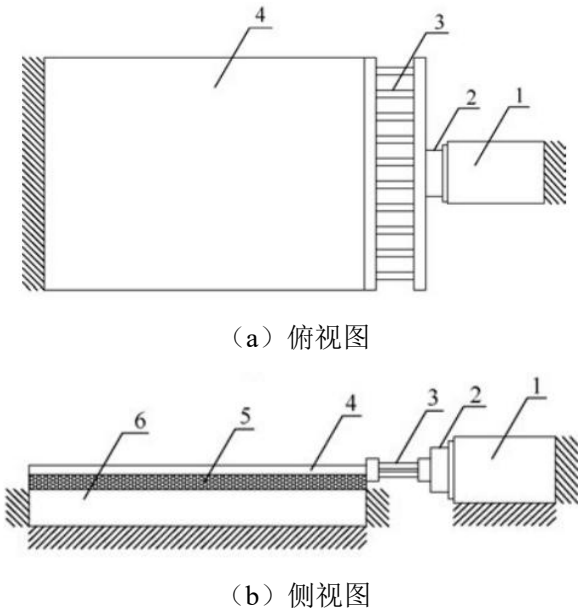
样本容量	k	样本容量	k	样本容量	k
5	3.39983	12	2.44825	19	2.22720
6	3.09188	13	2.40240	20	2.20778
7	2.89380	14	2.36311	21	2.19007
8	2.75428	15	2.32898	22	2.17385
9	2.64990	16	2.29900	23	2.15891
10	2.56837	17	2.27240	24	2.14510
11	2.50262	18	2.24862	25	2.13229

【条文说明】片状或棒状纤维复合材料保温拉结件、针式不锈钢拉结件的横向尺寸较小，可根据设计图纸并辅助无损检测手段确定拉结件的位置，通过钻芯的方式获得含有单个保温拉结件、内叶板混凝土和外叶板混凝土的组合物试件。为了减少钢筋对检测结果的影响，可通过钢筋探测仪确定钢筋

位置，钻取芯样应避开钢筋。在确定拉结件的产品性能时，当抗拔承载力变异系数大于 0.2 时，行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561-2019 对其标准值乘以一个附加系数进行折减；对于实体构件中的拉结件抗拔承载力检测，已不再是为设计取值考虑，而是为了解实际锚固质量，故本条没有考虑对标准值乘以附加系数进行调整。

4.7.4 预制夹心保温混凝土墙体中，多个拉结件的群锚整体抗剪承载力检测应符合下列规定：

- 1 板式不锈钢保温拉结件和钢筋桁架式不锈钢保温拉结件应进行群锚整体抗剪承载力检测；
- 2 宜在墙体平面内沿两个方向分别进行抗剪承载力检测；
- 3 在进行群锚整体抗剪承载力检测时，混凝土抗压强度应符合设计要求；
- 4 群锚整体抗剪承载力检测装置的分配梁应具有足够的刚度（图 4.7.4）；



1—千斤顶；2—荷载传感器；3—分配梁；4—外叶板；5—保温层；6—内叶板

图 4.7.4 多个拉结件的群锚整体抗剪承载力检测加载示意图

5 应对外叶板端面施加与墙板平面平行的均匀连续荷载，加载速率宜控制在 1kN/min~15kN/min，并应测量内、外叶板相对位移，加载至极限荷载或内、外叶板相对位移达到允许值时应停止试验，加载过程中内叶板不应有平面外位移，并应记录荷载—位移曲线；

6 在极限荷载作用下，内、外叶板相对位移不大于允许值时，试件的抗剪承载力应取极限荷载值；内、外叶板相对位移大于允许值时，试件的抗剪承载力应取相对位移达到允许值时的荷载值。

【条文说明】板式不锈钢保温拉结件和钢筋桁架保温拉结件的锚固区域较大，不适合进行单个拉结件承载力的检测，为了解整体锚固性能，可通过检测内叶板与外叶板之间的整体抗剪承载力来评价拉结件的群锚性能。根据受力状态分析，在进行群锚整体抗剪承载力试验时，保温拉结件处于拉剪复合受力状态。为了使检测时构件的受力状态更接近实际情况，设计了群锚整体抗剪承载力检测的试验装置。由于不锈钢拉结件和钢筋桁架拉结件的延性较好，通常加载至极限荷载时内叶板和外叶板之间的相对位移较大，超过设计允许的变形限值，故可将内叶板和外叶板的相对位移作为判别指标。对于纤维复合材料拉结件，行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561-2019 规定相对位移允许值为 10mm。当内叶板和外叶板发生相对变形时，预制夹心保温墙板中拉结件的受力状态较为复杂，在对保温拉结件抗剪承载力进行评价时，以内叶板与外叶板的整体抗剪承载力检测结果作为依据，不再对单个拉结件的抗剪承载力进行评价。

4.8 预埋吊件锚固承载力

4.8.1 预埋吊件的锚固承载力可按抗拔承载力进行检测。

【条文说明】在构件吊装过程中，预埋吊件的实际受力是处于拉剪复合受力状态，考虑到拉剪复合试验加载的难度，本条规定预埋在混凝土构件中的吊件锚固承载力可用抗拔承载力来表征。

4.8.2 预埋吊件锚固承载力检测可分为非破损性检测和破损性检测，并应符合下列规定：

- 1 当要求检测后不影响预制构件的使用时，应采用非破损性检测；
- 2 当要求确定预埋吊件的极限抗拔承载力时，应采用破损性检测；
- 3 采用非破损性检测时，检测荷载值应根据设计图纸或产品技术手册确定。

【条文说明】由于不影响预制构件的使用，非破损性检测数量可按照检测批进行计数抽样检测。破损性检测是为了获得吊件锚固承载力的极限值，并通过一定的样本数来确定吊件锚固承载力的标准值。吊件锚固承载力设计值一般是由其标准值除以分项系数得到。

4.8.3 预埋吊件锚固承载力检测的抽样规则应符合下列规定：

- 1 吊件规格型号相同、安装锚固部位基本相同以及混凝土强度等级相同的同类构件可作为一个检测批；
- 2 进行极限承载力检测时，检测批容量不宜大于 1000 个，每一检测批应抽取不少于 5 个吊件；
- 3 进行非破损性检测时，吊件的最小抽样数量应符合表 4.8.3 的规定，当预埋吊件的总数量介于表 4.8.3 中两栏的数量之间时，可按线性内插法确定抽样数量；
- 4 吊件应在检测批中随机抽取。

表 4.8.3 非破损性检测吊件的最小抽样数量 （个）

样本容量	≤100	500	1000	2500	≥5000
最小抽样数量	5	10	15	20	25

【条文说明】对于完成极限承载力检验的构件，应根据破损情况确定构件的处置方案，未经修复不能作为正常构件使用。当采用线性内插法计算抽样数量时，若出现非整数的情况，应采用对计算结果取整数再加 1 的方式确定抽样数量。

4.8.4 预埋吊件抗拔承载力检测的试验装置、加载设备与加载方式可按照本标准附录 F 的有关规定执行。

4.8.5 对于非破损性检测，加载至检验荷载值后，当全部试件的试验结果均满足下列条件时，应判定为合格：

- 1 在持荷期间，试件无滑移、基材混凝土无裂缝或其他局部损坏迹象出现；
- 2 加载装置的荷载示值在 2min 内无下降或下降幅度不超过 5%的检验荷载。

4.8.6 对于破损性检测，预埋吊件极限抗拔承载力标准值应按下列公式计算：

$$N_u^k = N_u^m - k \cdot s \quad (4.8.6-1)$$

$$N_u^m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_{ui} \quad (4.8.6-2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_{ui} - N_u^m)^2}{n-1}} \quad (4.8.6-3)$$

式中： N_u^k —预埋吊件极限抗拔承载力标准值（kN），应精确至 0.1kN；

N_u^m —预埋吊件极限抗拔承载力平均值（kN），可精确至 0.1kN；

s —预埋吊件极限抗拔承载力标准差（kN），可精确至 0.01kN；

N_{ui} —第 i 个预埋吊件极限抗拔承载力实测值（kN），可精确至 0.1kN；

n —试件数量；

k —推定系数，应按表 4.7.3 取值。

5 连接材料力学性能检测

5.1 一般规定

5.1.1 连接材料为混凝土预制构件及部品之间的结合材料，一般为混凝土、灌浆料、结构胶等。

5.1.2 批量检测混凝土抗压强度时，宜采取分层计量抽样方法。检验批受检构件数量可按下列方法确定；

- 1 按相应的检测技术规程的规定确定；
- 2 按委托方的要求确定；
- 3 按本标准表 3.3.5 的规定。

【条文说明】批量检测混凝土抗压强度时，首先需要划分检验批和确定检验批容量。考虑混凝土结构的实际情况并适应检测中的习惯做法，采取分层抽样方法，先抽取构件，再布置测区。

在检测方法有效的前提下，检测结果的准确性仅与标准差和样本容量有关。尽管如此，为了避免过大划分检验批，导致抽样比例过小的情况，增加了最小样本容量要求。

现场检测大多数都是委托检测，委托方提出更高要求时，可根据委托方要求的数量抽取构件。

5.2 混凝土

5.2.1 混凝土力学性能检测可分为混凝土抗压强度、劈裂抗拉强度、抗折强度和静力受压弹性模量等检测项目。

【条文说明】混凝土结构设计是以混凝土抗压强度(混凝土强度等级)为依据，其他的力学性能指标如劈裂抗拉强度、抗折强度、静力受压弹性模量等是根据混凝土抗压强度按照一定的换算关系得到的，就具体工程而言，有时需要这些参数的实测值。

5.2.2 混凝土力学性能检测的测区或取样位置应布置在无缺陷无损伤且具有代表性的部位；当发现连接部位混凝土存在缺陷、损伤或性能劣化现象时，应在检测报告中予以描述。

【条文说明】混凝土强度非破损检测方法的测强曲线都是基于表面无损伤和无缺陷的试件建立的，当用于表面有缺陷和损伤部位测试时，测试结果会有系统不确定性或偏差。构件存在缺陷、损伤或性能劣化现象，应按照缺陷和损伤项目进行检测。

5.2.3 当委托方有特定要求时，可对存在缺陷、损伤或性能劣化现象的部位进行混凝土力学性能的专项检测。

【条文说明】近年来，确定缺陷或损伤等部位混凝土力学性能要求逐渐增多，特别是确定性能劣化与损伤部位混凝土的力学性能是结构性能评定作出处理决策的重要依据，增加性能劣化部位混凝土力学性能的测试很有必要。

5.2.4 混凝土抗压强度的现场检测应提供结构混凝土在检测龄期相当于边长为 150mm 立方体试件抗压强度特征值的推定值。

【条文说明】混凝土结构设计参数是依据混凝土强度等级取值的，结构中混凝土不具备标准养护的条件，检测时的龄期又不能正好是 28d，现场抽样检测应提供检测龄期结构混凝土相当于 150mm 立方体试件抗压强度具有 95%的特征值的推定值。

5.2.5 混凝土抗压强度可采用回弹法、超声-回弹综合法、后装拔出法、后锚固法等间接法进行现场检测。当具备钻芯法检测条件时，宜采用钻芯法对间接法检测结果进行修正或验证。具体方法依据现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 中有关规定与本标准附录 A 执行。

【条文说明】钻芯法检测结果直观、明确、可信度高、争议小，但对结构有局部损伤。

5.2.6 混凝土劈裂抗拉强度、抗折强度和静力受压弹性模量检测应采用取样法检测，具体方法依据现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 中有关规定执行。

5.3 灌浆料

5.3.1 钢筋连接用灌浆料实体强度可采用取样法、回弹法进行检测，并宜符合下列规定：

- 1 当采用外接延长管施工工艺时，宜采用外接延长管取样法；**
- 2 对采用 PVC 等硬质材料的灌浆管和出浆管且直管段长度大于 50mm 的钢筋套筒灌浆连接的结构实体，可采用钻芯取样法；**
- 3 当构件的灌浆口、出浆口外露有已硬化的灌浆料原浆面且表面平整、光滑时，可采用回弹法。**

【条文说明】在灌浆施工过程中留置灌浆料棱柱体试块，根据试块抗压强度试验结果判断是否满足设计要求。当留置试块抗压强度不满足要求或对套筒内灌浆料实体强度有怀疑时，可根据现场情况，选取本条所规定的取样法或回弹法对灌浆料实体强度进行检测。回弹法是通过测试灌浆料表面硬度再换算灌浆料抗压强度，不受套筒布置方式及灌浆孔道和出浆孔道的形状限制，但对回弹测试面的要求比较严格。外接延长管施工工艺是指为了确保灌浆饱满度在出浆口处连接的饱满度监测器，一般呈“L”型。

5.3.2 采用取样法检测灌浆料实体强度时，应符合现行协会标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的有关规定。

【条文说明】灌浆料为早强型水泥基胶凝材料，早期强度增长很快，行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408-2019 要求 3d 龄期的抗压强度达到 60MPa，7d 龄期的抗压强度通常可达到设计强

度的 80%。此外，大量试验结果表明，达到 7d 龄期后，灌浆料表面硬度离散性显著减小，测试结果更为可靠。检测面应为灌浆料的原始浆料面，表面存在明显缺陷、潮湿或人为烘干处理等会对检测结果带来影响。抗压强度的检测范围为 40MPa~120MPa，基本可涵盖目前套筒灌浆连接用灌浆料 3d~28d 龄期的强度区间。

5.3.3 采用回弹法检测灌浆料实体强度时，除应符合本标准附录 E 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 灌浆料龄期不应小于 7d；
- 2 检测面不应有明显缺陷，且应处于自然风干状态；
- 3 弹击时灌浆料应无位移；
- 4 抗压强度的检测范围应在 40MPa~120MPa 之间；
- 5 回弹仪使用时的环境温度宜为-4℃~40℃。

5.3.4 当灌浆料抗压强度推定值不小于设计要求时，可判定套筒灌浆料实体强度符合设计要求。

5.4 其他材料

5.4.1 装配式混凝土预制构件与部品之间的连接材料如结构胶等，力学性能检测应满足对应的产品标准要求。

6 连接节点力学性能检测

6.1 一般规定

6.1.1 装配式混凝土结构连接节点一般为钢筋套筒灌浆连接节点、钢筋浆锚灌浆连接节点、钢筋植筋锚固节点、锚栓连接节点、焊接连接节点等。

6.1.2 批量检测连接节点力学性能时，宜采取分层计量抽样方法。检验批受检构件数量可按下列方法确定：

- 1 按相应的检测技术规程的规定确定；
- 2 按委托方的要求确定；
- 3 按本标准表 3.3.5 的规定。

【条文说明】批量检测连接节点力学性能时，首先需要划分检验批和确定检验批容量。考虑装配式混凝土结构施工的实际情况并适应检测中的习惯做法，采取分层抽样方法，先抽取构件，再布置测区。

在检测方法有效的前提下，检测结果的准确性仅与标准差和样本容量有关。尽管如此，为了避免过大划分检验批，导致抽样比例过小的情况，增加了最小样本容量要求。

现场检测大多数都是委托检测，委托方提出更高要求时，可根据委托方要求的数量抽取构件。

6.2 钢筋套筒连接

6.2.1 钢筋套筒灌浆连接节点力学性能检测应制作工艺性能试件来作符合性判定，工艺性能试验应依据现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的相关规定执行。

6.2.2 钢筋套筒灌浆连接节点的极限抗拉强度不应小于钢筋母材的抗拉强度标准值，且节点破坏应位于节点外的连接钢筋。

6.3 钢筋浆锚搭接连接

6.3.1 钢筋浆锚灌浆连接节点力学性能检测应制作工艺性能试件来作符合性判定，工艺性能试验应依据现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 的相关规定执行。

6.3.2 钢筋浆锚灌浆连接节点的极限抗拉强度不应小于钢筋母材的抗拉强度标准值，且节点破坏应位于节点外的连接钢筋。

6.4 钢筋植筋锚固连接

6.4.1 钢筋植筋锚固连接节点力学性能检测应制作工艺性能试件来作符合性判定，工艺性能试验应依据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 附录 C 的相关规定执行。

6.4.2 钢筋植筋锚固连接节点的极限抗拉强度不应小于钢筋母材的抗拉强度标准值，且节点破坏应位于节点外的连接钢筋。

6.5 混凝土结合面粘结强度

6.5.1 后浇结合面混凝土粘结强度的现场检测，应选择结合面与检测面平行的构件或结构部位。

【条文说明】结合面粘结强度的现场检测主要针对叠合墙和叠合板，适用于在与结合面平行的墙面或板面上检测现场二次浇筑的混凝土与预制构件混凝土的粘结强度。

6.5.2 检测宜在现场浇筑混凝土的养护等效龄期大于 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 后进行。

【条文说明】本条规范了现场浇筑混凝土的养护等效龄期。

6.5.3 结合面混凝土正拉粘结强度的检测设备应包括钻芯机、钻头和拉拔仪等。钻芯机及钻头应符合现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384 的有关规定，拉拔仪应符合下列规定：

- 1 应具有轴向连接试件的传力装置或径向夹持试件的功能，且连接装置或夹紧装置不应先于试件破坏而与试件脱开；
- 2 应具有荷载实时显示和荷载峰值保持功能；
- 3 量程宜为 1.25 倍~5 倍的检验荷载值，荷载分辨率或最小示值不宜大于 1N，满量程测试误差不应大于 1.0%；
- 4 应有设备合格证和校准证书，并应在有效期内使用；
- 5 使用时的环境温度宜为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。

【条文说明】钻芯机、钻头、拉拔仪等检测设备的技术性能直接影响到检测质量，对检测设备的技术条件进行了规定。为了保证钻芯机等设备的正常工作，除应定期检修外，每次钻芯工作结束后，应及时卸下钻头、胀卡等零部件，擦去污物水渍，并应在齿条、导轨等处涂油防锈。拉拔仪是集加载、测力、记录、计数等功能为一体的仪器，具有轴向连接试件的传力装置类似于粘钢或粘碳纤维加固正拉粘结强度检测的粘贴钢标块进行传力，具有径向夹持试件的功能类似于拉脱法检测混凝土强度的拉脱仪夹持原理，连接装置或夹紧装置应能确保在加载过程中不会先于试件破坏而与试件脱开。在选用拉拔仪时，应根据预估的最大加载力值选择合适量程的设备，以保证测力精度。

6.5.4 结合面混凝土正拉粘结强度检测的测点布置应符合下列规定：

- 1 测点选择应有代表性，且应确保拉拔仪的施力方向垂直于混凝土结合面；
- 2 检测部位应在结构或构件受力较小处，且检测后不影响构件或结构的使用。

【条文说明】本条规定了结合面混凝土正拉粘结强度检测的测点布置要求。

6.5.5 现场钻芯操作应符合下列规定：

- 1 钻芯机应安放平稳，固定牢靠；
- 2 用于冷却钻头和排除混凝土碎屑的冷却水流量宜为 3L/min~5L/min；
- 3 钻进时应匀速施力，钻深可通过钻芯机深度标尺控制；
- 4 应避免钢筋、预埋件和预埋管线，钢筋检测仪最大探测深度不应小于 60mm，探测位置偏差不宜大于 3mm；
- 5 应遵守相关安全生产和劳动保护的规定。

【条文说明】本条规定了现场钻芯操作要求。

6.5.6 结合面混凝土正拉粘结强度检测应符合下列规定：

- 1 芯样直径宜为 100mm，且不应小于 70mm，钻取深度应大于结合面深度且距离结合面不宜大于 15mm；
- 2 钻样完成后，应冲洗试件表面泥浆，确保加载作用部位的清洁；
- 3 加载时试件应处于干燥状态；
- 4 拉拔力应与芯样试件同轴，应连续均匀加荷，加荷速率宜为 1500N/min~2000N/min，应记录抗拉破坏时的荷载值和破坏形态；
- 5 应在两个相互垂直方向测量芯样试件破断面的直径；
- 6 检测留下的孔洞应采用高一个强度等级的细石微膨胀混凝土进行修复。

【条文说明】以混凝土叠合楼板为例，因芯样钻取深度未贯穿结合面或者芯样钻取深度过深造成预制混凝土贯穿性破坏的试验结果不能作为判定依据，其他正常的破坏形态见图 3。

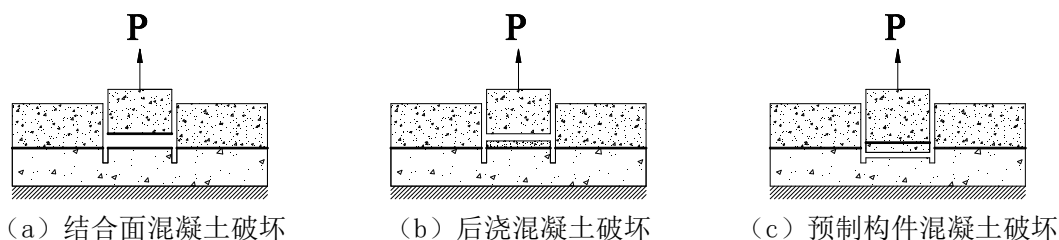


图 3 混凝土结合面破坏形态示意图

6.5.7 当芯样试件破断面位于结合面处时，结合面混凝土正拉粘结强度值应按下式计算：

$$f_t = \frac{4P}{\pi D^2} \quad (5.2.7-1)$$

式中： f_t —结合面混凝土正拉粘结强度（MPa），应精确至 0.1MPa；

P —混凝土芯样试件抗拉试验的破坏荷载值 (N)，应精确至 0.1N；

D —混凝土芯样试件破断面直径 (mm)，应精确至 0.5mm。

【条文说明】本条规定了芯样试件破断面位于结合面处时，结合面混凝土正拉粘结强度值的计算方式。

6.5.8 按检测批推定结合面混凝土正拉粘结强度时，应符合下列规定：

1 可将粗糙面特征相近、施工处理与浇筑工艺相同、混凝土设计强度等级相同、龄期相近、所处方向相同的结合面划分为同一检测批；

2 测点数量不宜少于 15 个，且不应少于 10 个；

3 当试件破断面均位于非结合面处时，可判定结合面正拉粘结强度不低于后浇混凝土或预制构件混凝土的抗拉强度；

4 结合面混凝土正拉粘结强度的推定值宜取试件破断面位于结合面处各测点正拉粘结强度平均值。

【条文说明】后浇混凝土与预制混凝土结合面的粘结强度是表征结合面连接质量的重要指标。对于装配整体式混凝土结构，为了达到“等同现浇”的设计原则，结合面的粘结强度应达到与混凝土本体同强度的要求。在批量检测时，当芯样破断面均位于非结合面处，说明结合面粘结强度高于预制混凝土或后浇混凝土的抗拉强度；当存在芯样破断面位于结合面处时，应按本条的有关规定对其正拉粘结强度进行推定。

6.5.9 在确定检测批结合面正拉粘结强度推定值时，可剔除样本中的异常值。剔除规则应符合现行国家标准《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883 的有关规定。

【条文说明】本条规定了样本中的异常值的剔除规则。

6.6 其他连接

6.6.1 装配式混凝土结构连接节点还包括锚栓连接节点、焊接连接节点等。

6.6.2 锚栓连接节点力学性能检测依据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 附录 C 的相关规定执行。焊接连接节点力学性能检测依据现行行业标准《钢筋焊接接头试验方法标准》JGJ/T 27 的相关规定执行。其余连接方式的节点力学性能检测依据其对应试验检测方法执行。

7 连接节点缺陷检测

7.1 一般规定

7.1.1 装配式混凝土结构连接节点缺陷检测一般包括灌浆饱满度、钢筋锚固长度、混凝土内部结合面、竖向构件底部接缝、外墙接缝等。

【条文说明】连接节点缺陷检测范围除钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚灌浆连接、钢筋植筋锚固、锚栓连接、焊接连接等构件连接节点外，还应包括双面叠合剪力墙、叠合梁板、空心柱等叠合构件。

装配式混凝土结构连接节点及叠合构件浇筑混凝土前，应通过隐蔽工程验收及时发现存在的质量问题。一旦发现问题应进行针对性整改，使连接节点性能满足规范和设计要求。隐蔽工程验收主要内容包包括：

- 1 混凝土粗糙面的质量，键槽尺寸、数量和位置；
- 2 钢筋的牌号、规格、数量、位置和间距，箍筋的弯钩弯折角度及平直段长度；
- 3 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
- 4 预埋件、预留管线的规格、位置和数量；
- 5 预制混凝土接缝处防火、防水等构造做法；
- 6 保温及其节点施工；
- 7 其他隐蔽项目。

7.1.2 对连接节点进行缺陷进行检测时，可将同一楼层、同一施工条件、同类构件或同类部位划分为一个检测批，检测批的最小样本容量应符合本标准第 3.3.5 条的规定。

【条文说明】本条规定了检验批划分方式与最小样本容量。

7.2 灌浆饱满度

7.2.1 套筒灌浆灌浆饱满度可采用钻孔内窥法、X 射线成像法、预埋传感器法、冲击回波法进行检测。当需要确定灌浆不饱满的缺陷长度时，应采用钻孔内窥法、X 射线成像法进行检测，并应符合下列规定：

- 1 宜采用钻孔内窥法；
- 2 当 X 射线在混凝土中透射路径的长度不大于 250mm 且在透射路径上只有一个套筒时，可采用 X 射线成像法；
- 3 当具备预埋的条件时，可采用预埋传感器法和冲击回波法；
- 4 当对 X 射线成像法、预埋传感器法、冲击回波法检测结果有怀疑时，应采用钻孔内窥法进行验证。

【条文说明】预埋钢丝拉拔法、预埋传感器法只能定性识别套筒出浆孔附近的灌浆饱满度，无法

定量检测灌浆不饱满时的缺陷长度。X射线成像是无损检测方法，但对可穿透的混凝土尺寸、人员资格和检测环境有特殊要求。钻孔内窥法的检测结果直观，基本不会发生错判或漏判，故推荐采用钻孔内窥法。本条规定X射线在混凝土中透射路径的长度不宜大于250mm，是基于目前常见的便携式X射线机透射混凝土的成像试验结果，当有足够试验数据支撑或者经过现场测试验证的情况下，透射路径长度可不受此限制。当对其他方法的检测结果有怀疑时，应采用钻孔内窥法验证。

7.2.2 浆锚搭接灌浆饱满度可采用钻孔内窥法、阵列超声法、冲击回波法、X射线成像法进行检测，并应符合下列规定：

- 1 宜采用钻孔内窥法；
- 2 对于无波纹管的浆锚搭接，可采用阵列超声法；
- 3 对于孔道直径不小于80mm且孔道直径与混凝土保护层厚度的比值在 $1/3 \sim 3/2$ 之间的浆锚搭接，可采用冲击回波法；
- 4 当X射线在混凝土中透射路径的长度不大于250mm且在透射路径上只有一个浆锚孔道时，可采用X射线成像法；
- 5 当对阵列超声法、冲击回波法、X射线成像法等无损方法的检测结果有怀疑时，应采用钻孔内窥法进行验证。

【条文说明】本条给出了浆锚搭接灌浆饱满度检测的方法建议。针对灌浆饱满度，钻孔内窥法是首选的检测方法；X射线成像法可实现灌浆饱满度的定量检测和密实度的定性检测。对于有波纹管成孔的浆锚孔道，因波纹管的存在会造成超声波在波纹管与混凝土之间的界面反射，容易造成误判，故对于无波纹管成孔的浆锚搭接，可采用阵列超声法检测灌浆饱满度。对于冲击回波法，由于其波长较长，容易漏判尺寸较小的缺陷，故对冲击回波法所适用的最小孔道直径进行了限制。

7.2.3 采用钻孔内窥法检测时，钻孔部位的选择应符合下列规定：

- 1 当出浆孔道为直线形且孔道长度不大于150mm时，应沿出浆孔道钻孔；
- 2 当出浆孔道为非直线形或者孔道长度大于150mm时，对于套筒灌浆连接可在套筒壁上钻孔，对于浆锚搭接连接可在浆锚孔道顶部区域直接钻孔。

【条文说明】在未灌浆或者漏浆情况下，灌浆料的顶部界面会低于套筒出浆孔，根据这一特征，沿构件表面的出浆口钻取可供内窥镜进入的检测孔道，采用带测量功能的内窥镜可获得套筒顶部不饱满区域的图像，通过视觉测量技术可定量确定不饱满的高度范围。当套筒的出浆孔道为直线形时，可通过沿着出浆孔道钻孔形成检测孔道；当套筒的出浆孔道为非直线形时，可钻透混凝土保护层直接在套筒壁上钻孔形成检测孔道。套筒壁上直接钻孔对套筒有局部微损伤，故不应与套筒出浆孔在同一个横截面，钻孔直径不应大于8mm。

与套筒灌浆的套筒壁钻孔相比，钻孔对浆锚搭接的孔道受力性能影响极小，钻孔位置相对灵活，可根据工程实际情况选择钻孔的位置。

7.2.4 采用钻孔内窥法检测灌浆饱满度时，应按本标准附录 C 的有关规定执行。

7.2.5 采用 X 射线成像法检测灌浆饱满度时，应按本标准附录 C 的有关规定执行。

【条文说明】X 射线成像法检测的关键是设置好管电压、管电流、曝光时间、射线源到胶片的距离等参数，需要事先通过试验确定，有时需结合现场实际情况进行调整。

7.2.6 采用预埋传感器法和冲击回波法检测灌浆饱满度时，应符合本标准 4.3.3 节的有关规定。

7.2.7 采用阵列超声法检测浆锚搭接灌浆饱满度时，应按本标准附录 D 的有关规定执行。

7.3 钢筋锚固长度

7.3.1 套筒内钢筋锚固长度可采用钻孔内窥法、X 射线成像法进行检测，并应符合下列规定：

1 在预制构件现场安装完成后、套筒灌浆施工前，宜采用钻孔内窥法检测套筒内钢筋锚固长度；

2 当灌浆孔道、出浆孔道为直线形且孔道长度不大于 150mm 时，可采用钻孔内窥法检查，定性判断套筒内是否有钢筋；

3 当 X 射线在混凝土中透射路径的长度不大于 250mm 且在透射路径上只有一个套筒时，可采用 X 射线成像法；

4 当不具备本条第 3 款的检测条件时，可采用剔开混凝土保护层直接透射套筒的 X 射线成像法；

5 根据钻孔内窥法的检查结果，当有必要进一步深入检测时，应采用 X 射线成像法进行检测；

6 当怀疑套筒装配端的钢筋未与下部结构锚固时，宜采用 X 射线成像法检查插入钢筋的连续性，当无法得到钢筋从下部结构插入套筒的图像时，可采用局部破损方法检查插入钢筋的连续性。

【条文说明】钢筋锚固（插入）长度是指竖向连接钢筋在预制构件装配端锚固（插入）套筒内的长度，钢筋套筒灌浆连接的钢筋锚固（插入）长度是由套筒内钢筋插入长度和灌浆饱满度共同决定，故钢筋锚固（插入）长度也是影响钢筋套筒灌浆连接性能的重要因素。在竖向构件由现浇施工转换为装配施工的首层，由于现浇施工的尺寸偏差控制较难达到预制构件安装的精度要求，会因下部钢筋无法伸入套筒而被截断，构件安装时再将截断的钢筋放入套筒内。

预制构件现场拼接完成后，套筒内的钢筋插入长度已固定，在套筒灌浆施工前，可采用内窥镜从出浆孔道伸入套筒内进行检测。内窥镜检测套筒内钢筋插入长度是利用套筒内部构造尺寸，将测量钢筋插入长度转化为测量钢筋端部与套筒内已知参照点的相对距离，再结合套筒尺寸进而计算出钢筋插

入长度，同时还可检查钢筋根部是否与下部结构锚固。

灌浆施工完成后，可先采用从出浆口、灌浆口钻孔定性检查套筒内是否有钢筋，根据检查结果，再决定是否需要采用 X 射线成像法进一步检测。当 X 射线透射路径长度不满足成像测试要求时，可剔除套筒周边的混凝土，将数字成像板或者胶片放置在套筒背面，X 射线直接透射套筒，该方法可用于对混凝土柱中套筒内部钢筋插入情况进行检测。

若怀疑套筒装配端的钢筋未与下部结构锚固时，应对插入钢筋与下部结构中对应钢筋的连续性进行检测，可采用 X 射线成像法进行检查，也可采取局部剔除底部接缝部位的钢筋保护层进行检查，确保竖向钢筋有效连接。

7.3.2 浆锚搭接钢筋锚固长度可采用钻孔内窥法，并结合 X 射线成像法进行综合检测，同时应符合下列规定：

1 钻孔内窥法应在钢筋设计锚固段的上端部钻孔至钢筋表面，钻孔时可按钢筋插入长度的允许负偏差降低钻孔的位置；

若未观察到钢筋，可将钻孔测点下移 10mm 后再次钻孔，若仍未见钢筋，可判定钢筋插入长度未达到设计要求。

【条文说明】浆锚搭接的钢筋锚固长度设计富余量较大，且孔道可以局部破损，故采用钻孔内窥法检测时，可以直接对孔道钻孔，当未见钢筋时，可以重新再选择位置钻孔，实现对钢筋插入情况的检查。钻孔内窥法一般用来定性判定钢筋插入长度是否符合设计要求，若要定量检测钢筋的插入长度时，可采用 X 射线成像法。

2 X 射线成像法应所检部位应符合本标准第 7.3.1 条第 4 款的规定；当浆锚孔道较长时，宜从上到下分段照射，并确保成像覆盖整个孔道范围。

7.3.3 采用钻孔内窥法对钢筋锚固长度进行检测时，应按照本规程附录 C 的有关规定执行。

7.3.4 采用 X 射线法对钢筋锚固长度进行检测时，应按照本规程附录 C 的有关规定执行。

7.4 混凝土内部结合面

7.4.1 对混凝土内部结合面连接缺陷进行无损检测时，混凝土测试表面应平整、清洁、干燥，且不应有蜂窝、孔洞、疏松、浮浆、凸起等外观质量缺陷。

【条文说明】混凝土内部缺陷检测一般采用超声波、冲击回波、雷达波等无损检测方法，均要求混凝土表面平整、清洁、干燥；对于竖向构件底部 20mm 厚度的接缝处，因封边或者坐浆施工造成表面不平整、流淌的浆料或者斜坡凸起等表观缺陷均会影响检测过程和检测结果。

7.4.2 根据现场检测条件和内部钢筋配置情况，混凝土内部结合面连接缺陷检测方法的选择应符合下列规定：

1 当具有 2 个相互平行的测试面时,可采用阵列超声法、超声对测法、冲击回波法或雷达法进行检测;

2 当仅具有 1 个可测面时,可采用阵列超声法、冲击回波法或雷达法进行单面检测;

3 当结构内部钢筋分布较密或存在电磁环境干扰时,可采用超声对测法、阵列超声法或冲击回波法进行检测;

4 带有夹心保温、外保温或外饰面的部位,不应采用超声对测法;

5 重要的工程或部位,宜采用 2 种或 2 种以上检测方法,当检测结果存在争议时,可采用破损方法进行验证。

【条文说明】在叠合剪力墙、叠合梁、叠合板以及预制构件与现浇混凝土连接部位存在大量的混凝土结合面,其内部的结合面缺陷包括脱粘、漏灌、不密实、空洞、杂物等类型,尤其以叠合剪力墙的内部脱粘较为常见,水平构件以夹有杂物较为常见。根据现场测试条件,本条给出了检测方法的选择建议。

7.4.3 测区布置应符合下列规定:

1 所检构件的测区宜布置在钢筋搭接区域;

2 每个构件应布置至少 1 个测区,且应包含至少 1 处浇筑孔道或测区面积不应小于 0.8m^2 。

7.4.4 当采用阵列超声法对混凝土内部结合面缺陷进行检测时,可按本标准附录 D 的有关规定执行。

7.4.5 当采用冲击回波法对混凝土内部结合面缺陷进行检测时,应符合现行行业标准《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JGJ/T 411 的有关规定。有下列情况之一时,可判断结合面分层、空鼓:

1 冲击弹性波的反射时间明显长于无空鼓区域时。

2 通过厚度-距离图、三维图、振幅谱图的综合分析得出的测试构件厚度为表层结构厚度时。

7.4.6 当采用雷达法对混凝土内部结合面缺陷进行检测时,应符合现行行业标准《雷达法检测混凝土结构技术标准》JGJ/T 456 的有关规定。

【条文说明】采用超声法、冲击回波法或雷达法检测混凝土内部缺陷时,可按现行相关标准进行检测和结果判定。阵列超声法与现行协会标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21 规定的方法不同,阵列超声法通常是采用横波信号,是基于超声波反射原理的缺陷识别技术。目前所采用的阵列超声检测设备已对超声信号处理软件进行了集成,可直接显示出检测结果。因此,本标准对阵列超声法检测混凝土结合面缺陷进行了单独规定。

7.5 竖向构件底部接缝

7.5.1 当钢筋套筒灌浆连接或钢筋浆锚搭接的灌浆严重不饱满时，应对竖向构件底部接缝内部缺陷进行检测。

7.5.2 竖向构件底部接缝内部缺陷可采用超声法检测，宜采用微破损方法进行验证。

7.5.3 超声法检测竖向构件底部接缝内部缺陷应符合下列规定：

1 宜采用超声对测法，所用换能器的辐射端直径不应大于 20mm，工作频率宜为 250kHz~750kHz；

2 检测时座浆料或灌浆料的龄期不宜小于 7d，并应避开机电管线穿过的区域；

3 初次检测时的测点间距宜为 100mm，经初次检测怀疑存在缺陷的点位，可在附近加密测点，必要时可采用局部破损的方式进行验证；

4 当接缝具有 2 对相互平行的测试面时，宜在 2 个方向分别进行检测；

5 当底部接缝平面为圆形时，测点可经圆心处作径向对测布置。

【条文说明】竖向构件底部接缝的构造具有以下特点：

①底部接缝长度一般是预制剪力墙长度，宽度等于预制剪力墙厚度，高度设计值一般为 20mm；

②预制剪力墙大多采用连通腔灌浆，底部接缝中充填的灌浆料强度高，属高强无收缩水泥基材料；

③底部接缝中除有钢筋穿过外，经常有机电管线穿过，同时还分布一定数量的用于底部接缝高度定位的垫块，侧边采用高强封浆料封边。

底部接缝在几何空间、材料组成等方面的特点，采用常规超声法检测底部接缝的质量存在一定困难，主要表现在：①适用混凝土检测的常规换能器直径偏大，不能适应底部接缝较小的高度；②工作频率偏低，一般为 50kHz，频率低会导致灵敏度和分辨力低，对缺陷的识别能力弱。因此，应采用小直径、高频率换能器，换能器的直径不应超过 20mm，必要时辐射端可带有倾角，工作频率不宜低于 250kHz。剪力墙底部接缝质量问题主要包括灌浆不密实或者局部空腔，超声法主要针对局部空腔缺陷。通常超声测点布置的间距为 100mm~300mm，为了增大发现小缺陷的概率，在预制剪力墙上的测点间距取较小值 100mm。测点布置时，先在预制剪力墙两个对测面确定一个对称的起点，并且同向按序进行测点编号。超声法检测时应避开机电管线穿过区域等有明显区别的测点。首轮测量后，对有怀疑的点位进一步加密测点，可大致确定缺陷的分布范围。

7.5.4 缺陷评定应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的有关规定。

7.6 外墙接缝

7.6.1 混凝土外墙板接缝应平直、均匀；封闭式接缝的注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，深浅基本一致、缝宽基本均匀、光滑顺直；接缝防水密封胶的最小厚度应满足

设计要求。

【条文说明】为了保证外墙板接缝整体施工质量水平，在现场剥离法检测前对接缝部位质量检查进行了规定。

7.6.2 混凝土外墙板接缝的密封胶粘结质量可采用现场剥离法进行检测，并应符合下列规定：

- 1 检测应在密封胶完全固化后进行；
- 2 同一外立面累计长度 500m 接缝应作为一个检测批，不足 500m 时也应作为一个检测批，每个检测批应选取 3 处接缝进行检测，且应至少包含 1 处水平缝；
- 3 检测应在 5℃~35℃的气温环境下进行；
- 4 检测过程中应采取必要的安全保障措施。

【条文说明】密封胶粘结质量是指密封胶与混凝土基材的粘结质量。密封胶固化时间与其组分和环境条件有关，完全固化通常需要 7d~21d，密封胶完全固化后能达到理想的粘结效果。在具体项目中，可以根据实际固化时间确定合适的检测时间。密封胶的性能受环境温度影响较大，为了保证检测结果的准确性，对检测环境的温度进行了限定。

7.6.3 密封胶现场剥离法检测的设备及辅助工具应符合下列规定：

- 1 检测设备应具有夹持密封胶的功能，并应满足 180°现场剥离试验的加载 要求；
- 2 切割工具的有效切割深度应大于密封胶的注胶深度；
- 3 可采用网格纸测量密封胶粘结破坏的面积。

7.6.4 采用现场剥离法对混凝土外墙板接缝的密封胶粘结质量进行检测时（图 7.6.4），应符合下列规定：

- 1 应沿垂直于接缝方向切断密封胶；
- 2 应在密封胶切断面的同一侧沿密封胶与两侧混凝土的粘结界面切割密封胶，沿缝切割长度不宜小于 75mm，切割深度不应小于注胶深度；
- 3 应夹持密封胶的一端进行 180°剥离，剥离速率应为 (50 ± 10) mm/min，沿缝剥离长度不应小于 150mm；
- 4 剥离过程中，应在密封胶发生胶体内聚破坏前，沿密封胶与两侧混凝土的粘结界面切割密封胶，每次切割长度宜为 5mm-8mm；
- 5 可采用网格纸测量密封胶与两侧混凝土之间粘结破坏的面积并计算粘结破坏面积百分比，应精确至 1%。

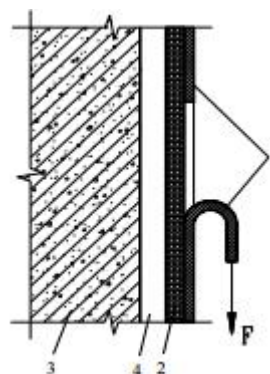


图 7.6.4 密封胶现场剥离法检测示意图

1—密封胶；2—背衬材料；3—混凝土墙；4—空腔；F—剥离拉力值

【条文说明】为了保证检测设备能有效夹持密封胶，对最小的切割长度进行了规定。在切割时，应选择密封胶外观良好的位置且不应密封胶造成损伤，以免剥离过程中胶体在切割部位断裂。在剥离过程中，应采用位移控制，保证检测过程中位移速率恒定，并规定了最小剥离长度。粘结破坏形式包括内聚破坏和粘结破坏，内聚破坏是指胶体或基材混凝土发生破坏，表明密封胶与混凝土粘结良好；粘结破坏是指密封胶与混凝土脱粘，表明密封胶与混凝土粘结不良。考虑在胶缝深度范围内密封胶与两侧混凝土之间的粘结破坏面积及粘结破坏面积百分比，不考虑胶缝宽度范围内密封胶与底面混凝土或背衬材料的粘结破坏情况。

7.6.5 混凝土外墙板密封胶粘结质量检测结果的判定应符合下列规定：

- 1 当粘结破坏面积百分比不大于 20%时，应判定粘结质量符合要求；
- 2 当粘结破坏面积百分比大于 20%时，应判定粘结质量不符合要求；
- 3 在胶体质量合格的情况下，若在剥离过程中发生胶体断裂，应重新选取检测部位进行检测；
- 4 当 3 处接缝均符合要求，应判定检测批粘结质量符合要求；当有 2 处或 3 处接缝不符合要求时，应判定检测批粘结质量不符合要求；当只有 1 处接缝不符合要求时，应再另选取 2 处接缝进行复检，若另选的 2 处接缝均符合要求，应判定检测批粘结质量符合要求，若另选 2 处接缝中仍有不符合要求的，应判定检测批粘结质量不符合要求。

【条文说明】剥离试验主要考察密封胶与两侧混凝土基材的粘结质量，在胶体自身质量合格的情况下，若在剥离过程中（即沿缝剥离长度小于 150mm 时）发生胶体断裂，说明密封胶与两侧基材的粘结良好，应判定粘结质量符合要求；若能判断胶体断裂属于密封胶自身质量问题，则该测点的检测结果不能用作粘结质量的判定。当沿缝剥离长度不小于 150mm 时，参考国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776-2005 的有关要求并结合实际工程应用经验，将密封胶与混凝土粘结破坏面积百分比不大于 20%作为粘结质量符合要求的判定指标。当抽检的 3 处接缝中有 1 处不符合要求时，允许在该检测批内再选取 2 处接缝进行复测，如果复测的 2 处接缝中仍出现不符合要求的情况，则判定该检测批粘结质量不符合要求。

7.6.6 现场检测工作结束后，应对被剥离部位的接缝进行修复处理。

【条文说明】为了不影响检测破损部位的接缝防水性能，应采用与测试部位相同的密封胶并以相同的施胶方法进行修复处理，应确保原胶面清洁，修补的新胶应与原胶面紧密贴合并填满接缝。

7.6.7 混凝土外墙板接缝施工完成后，可采用现场喷淋试验进行检测，按照本标准附录 G 的相关要求进行，同时应符合下列规定：

1 应在混凝土外墙板接缝施工完成且密封胶固化后进行，检测前应关闭窗户、封闭各种预留洞口；

2 对于设计、材料、工艺和施工条件相同的外墙板，同一检测批内的混凝土外墙板不应超过 2 个楼层。

3 在同一检测批的每个外立面应选取不少于 3 条接缝，且应包括竖向缝和水平缝；

4 检测过程中应采取安全防护措施。

【条文说明】混凝土外墙板接缝防水性能检测主要针对接缝，同时为便于现场操作实施，规定按楼层划分检测批。建筑物通常有四个外立面，按照每个外立面选取不少于 3 条接缝，同一检测批内选取的接缝数量将不少于 12 条。每个外立面的抽样部位均应覆盖到水平缝和竖向缝，防止出现只抽检竖向缝或水平缝的情况。

7.6.8 对混凝土外墙板接缝的隐性渗漏部位，可采用红外热成像法进行检测，按照本标准附录 G 的相关要求进行，并应符合现行行业标准《建筑防水工程现场检测技术规范》JGJ/T 299 的有关规定。

7.6.9 当接缝处的检测结果满足下列要求时，应判定所检部位混凝土外墙板接缝的防水性能符合要求：

1 接缝处外侧密封胶无脱胶现象；

2 接缝处排水顺畅；

3 接缝处室内侧无渗漏、水印或水迹；

4 接缝处无隐性渗漏。

【条文说明】综合喷淋试验后密封胶的脱胶情况、排水状况和渗漏情况对防水性能进行判定，本条 4 款要求同时满足，方可判定防水性能符合要求。隐性渗漏是指无明显渗漏痕迹，但通过红外热像等方法检测出温度异常的区域。

7.6.10 当检测批内抽检部位所有接缝的防水性能均符合要求时，应判定检测批混凝土外墙板接缝防水性能符合要求。

【条文说明】考虑防水性能影响建筑的使用功能，严重时还会影响到建筑安全，同一检测批内各测点均满足要求时，才能判定该检测批防水性能符合要求。

8 实体尺寸偏差与变形检测

8.1 实体尺寸偏差

8.1.1 装配式混凝土结构构件安装施工后的位置与尺寸偏差检测数量应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定，检测方法宜符合下列规定：

- 1 构件中心线对轴线的位置偏差可采用直尺量测；
- 2 构件标高可采用水准仪或拉线法量测；
- 3 构件垂直度可采用经纬仪或全站仪量测；
- 4 构件倾斜率可采用经纬仪、激光准直仪或吊锤法量测；
- 5 构件挠度可采用水准仪或拉线法量测；
- 6 相邻构件平整度可采用靠尺和塞尺量测；
- 7 构件搁置长度可采用直尺量测；
- 8 支座、支垫中心位置可采用直尺量测；
- 9 墙板接缝宽度和中心线位置可采用直尺量测。

【条文说明】装配式混凝土结构构件的安装偏差是施工控制和验收的重要内容。

8.2 实体变形

8.2.1 构件安装施工后的挠度检测宜对受检范围内存在挠度变形的构件进行全数检测，当不具备全数检测条件时，可根据约定抽样原则选择下列构件进行检测：

- 1 重要的构件；
- 2 跨度较大的构件；
- 3 外观质量差或损伤严重的构件；
- 4 变形较大的构件。

8.2.2 构件安装施工后的裂缝检测宜对受检范围内存在裂缝的构件进行全数检测，当不具备全数检测条件时，可根据约定抽样原则选择下列构件进行检测：

- 1 重要的构件；
- 2 裂缝较多或裂缝宽度较大的构件；
- 3 存在变形的构件。

8.2.3 构件安装施工后的倾斜检测宜对受检范围内存在倾斜变形的构件进行全数检测，当不具备全数检测条件时，可根据约定抽样原则选择下列构件进行检测：

- 1 重要的构件；
- 2 轴压比较大的构件；
- 3 偏心受压构件；
- 4 倾斜较大的构件。

8.2.4 预制构件及部品进场及安装施工后检测验收表按照本标准附录 H 的相关要求执行。

附录 A 混凝土抗压强度检测

A.1 直径 50mm 芯样钻芯法检测混凝土抗压强度

A.1.1 对薄壁或小尺寸构件的混凝土抗压强度，可采用钻取直径 50mm 芯样进行检测，并应符合下列规定：

- 1 粗骨料的粒径不宜大于 20mm，且不应大于 25mm；
- 2 芯样试件直径范围应在 45mm~55mm 之间，且不应小于粗骨料最大粒径的 2 倍；
- 3 芯样试件高径比宜为 1:1，实际高径比应控制在 0.95~1.05 之间；
- 4 混凝土的抗压强度宜在 30MPa~50MPa 之间。

A.1.2 钻取直径 50mm 芯样检测混凝土抗压强度，除应符合现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 芯样钻取时，钻芯机应平稳运行，应避免芯样缩颈，当钻透构件取样时，应有防止芯样坠落的措施；
- 2 芯样不应有裂缝或其他缺陷，试件内不应含有钢筋；
- 3 芯样试件的端面可采用磨平处理，也可采用硫黄胶泥补平处理，补平层厚度不宜大于 2mm。

A.1.3 芯样试件混凝土抗压强度换算值可按下式计算：

$$f_{\text{cu, cor}} = \beta_c \frac{F_c}{A_c} \quad (\text{A.1.3})$$

式中： $f_{\text{cu, cor}}$ ——芯样试件混凝土抗压强度换算值(MPa)，应精确至 0.1MPa；

F_c ——芯样试件抗压试验的破坏荷载值(N)；

A_c ——芯样试件抗压截面面积(mm²)；

β_c ——芯样试件抗压强度换算系数，可取 1.10。

A.1.4 当钻取直径 50mm 芯样检测混凝土抗压强度时，宜按检测批推定抗压强度，并应符合下列规定：

- 1 检测批的芯样数量不宜少于 21 个，且不应少于 15 个。
- 2 检测批的混凝土抗压强度推定值应计算推定区间，推定区间的上限值和下限值应按下列公式计算：

$$f_{\text{cu, e1}} = f_{\text{cu, cor, m}} - k_1 \cdot S_{\text{cu, cor}} \quad (\text{A.1.4-1})$$

$$f_{\text{cu, e2}} = f_{\text{cu, cor, m}} - k_2 \cdot S_{\text{cu, cor}} \quad (\text{A.1.4-2})$$

$$f_{cu,cor,m} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,cor,i}}{n} \quad (A.1.4-3)$$

$$s_{cu,cor} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,cor,i} - f_{cu,cor,m})^2}{n-1}} \quad (A.1.4-4)$$

式中： $f_{cu,e1}$ ——混凝土抗压强度推定上限值（MPa），应精确至 0.1MPa；

$f_{cu,e2}$ ——混凝土抗压强度推定下限值（MPa），应精确至 0.1MPa；

$f_{cu,cor,m}$ ——芯样试件混凝土抗压强度换算值的平均值（MPa），应精确至 0.1MPa；

$s_{cu,cor}$ ——芯样试件混凝土抗压强度换算值的标准差（MPa），应精确至 0.1MPa；

$f_{cu,cor,i}$ ——第 i 个芯样试件混凝土抗压强度换算值（MPa），应精确至 0.1MPa；

k_1 、 k_2 ——推定区间上限系数、下限系数，应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 的有关规定取值；

n ——芯样数量。

3 混凝土抗压强度推定上限值 $f_{cu,e1}$ 和混凝土抗压强度推定下限值 $f_{cu,e2}$ 所构成推定区间的置信度宜为 0.90，也可为 0.85。

4 $f_{cu,e1}$ 和 $f_{cu,e2}$ 之间的差值不宜大于 5.0MPa 和 $0.10f_{cu,cor,m}$ 两者的较大值。

5 $f_{cu,e1}$ 和 $f_{cu,e2}$ 之间的差值大于 5.0MPa 和 $0.10f_{cu,cor,m}$ 两者的较大值时，可适当增加样本容量或重新划分检测批进行补充检测，直至满足本条第 4 款要求。

6 当不具备本条第 5 款条件时，不宜进行批量推定。

7 当具备本条第 4 款条件时，宜以 $f_{cu,e1}$ 作为检测批混凝土强度的推定值。

8 确定检测批混凝土抗压强度推定值时，可剔除芯样试件抗压强度样本中的异常值，剔除规则应符合现行国家标准《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T4883 的有关规定。

A.1.5 当按单个构件推定混凝土抗压强度时，芯样试件的数量不应少于 3 个，钻芯对构件性能影响较大的小尺寸构件，芯样试件的数量不得少于 2 个。对单个构件的混凝土抗压强度推定时不应进行数据的舍弃，且推定值应取芯样试件混凝土抗压强度值中的最小值。

A.2 直径 38mm 芯样弧面对压法检测混凝土抗压强度

A.2.1 对钢筋密集构件、尺寸较小构件以及装配式结构构件普通混凝土抗压强度，可采用钻取直径 38mm 芯样进行弧面对压检测，并应符合下列规定：

- 1 粗骨料的粒径不大于 31.5mm；
- 2 芯样试件直径范围应在 $38\pm 0.4\text{mm}$ ，承压部分长度为 31mm，整体长度不小于 61mm；
- 3 混凝土的抗压强度宜在 20MPa~80MPa 之间；
- 4 本条中普通混凝土指干表观密度为 $2000\text{kg/m}^3\sim 2800\text{kg/m}^3$ 的混凝土。

【条文说明】本标准不适用于离心混凝土、纤维混凝土等特种混凝土以及受化学侵蚀、火灾、受冻等损伤层的混凝土抗压强度检测。

A.2.2 钻取直径 38mm 芯样检测混凝土抗压强度，除应符合现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 芯样钻取时，钻芯机应具有足够的刚度和连续稳定的加力系统，操作灵活，固定和移动方便，宜带有控制垂直度及钻深的装置，应避免芯样缩颈，当钻透构件取样时，应有防止芯样坠落的措施；

2 钻头内径应为 $38\pm 0.5\text{mm}$ ，并不得有裂缝、缺齿、倾斜及喇叭口等缺陷，钻头有效长度不宜小于 150mm；

3 芯样不应有裂缝或其他缺陷，试件内不应含有钢筋、管线、泥块、砖块及木屑等杂物；

4 芯样试件的端面可采用磨平处理，也可采用硫黄胶泥补平处理，补平层厚度不宜大于 2mm；

5 宜采用金刚砂作为填充至试件与施压装置间的缝隙中的导荷材料，且金刚砂应具有满足试验所需的流动性。

A.2.3 芯样试件混凝土抗压强度换算值可按下式计算：

$$f_{\text{cu}}^{\text{c}} = \beta \cdot f_{\text{a}} \quad (\text{A.2.3-1})$$

$$f_{\text{a}} = \frac{F}{A} \quad (\text{A.2.3-2})$$

$$A = 0.87hD_{\text{min}} \quad (\text{A.2.3-3})$$

式中： f_{cu} ——芯样试件混凝土抗压强度换算值(MPa)，精确至 0.1MPa；

β ——强度换算系数，可取 1.10；

f_{a} ——混凝土弧面对压应力值(MPa)，精确至 0.01MPa；

F ——弧面对压试件破坏荷载（kN），精确至 0.01kN；
 A ——弧面对压试件承压部位的名义投影面积（mm²），精确至 0.01mm²；
 h ——弧面对压试件承压面高度，取值为 31mm；
 $D_{\min}$ ——弧面对压试件直径（mm），精确至 0.02mm。

A.2.4 当钻取直径 38mm 芯样检测混凝土抗压强度时，宜按检测批推定抗压强度、随机抽取构件，检测批抽测构件最小数量应满足表 A.2.4 的要求；当检测批构件总数小于 5 件时，应按单个构件检测。同时测点布置应符合下列规定：

表A.2.4 检测批抽测构件最小数量（件）

同一检测批构件总数	5~25	26~50	51~90	91~150	151~280	281~500	501~1200
抽测构件最小数量	5	8	13	20	32	50	80

- 1 按单个构件检测时，每个构件应均匀布置 3 个测点；
- 2 按检测批检测时，每个检测批测点总数不应少于 15 个，测点宜均匀布置在各抽测构件上，每抽测构件应至少布置 1 个测点；
- 3 测点宜布置在构件受力较小且具有代表性的部位，宜优先布置在混凝土浇筑侧面，也可布置在混凝土浇筑顶面或底面；
- 4 相邻两测点的净间距不宜小于 100mm，测点距构件边缘不应小于 100mm。

A.2.5 单个构件混凝土立方体强度推定值 $f_{cu,e}$ 确定应符合下列规定：

- 1 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值和最小值与中间值之差均不超过中间值的 15%时，应取 3 个测点换算值的算术平均值作为该构件混凝土立方体强度推定值；
- 2 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15%时，应取中间值作为该构件混凝土立方体强度推定值；
- 3 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 15%时，应在最大值和最小值的测点附近各加测 1 个测点，取 5 个测点换算值的中位数作为该构件混凝土立方体强度推定值。

A.2.6 检测批混凝土强度的推定应符合下列规定：

- 1 检测批混凝土强度推定值应计算推定区间，推定区间的上限值和下限值按下列公式计算：

$$f_{cu,el} = f_{cu,m}^c - k_1 s_{cu} \tag{A.2.7-1}$$

$$f_{\text{cu,e2}} = f_{\text{cu,m}}^{\text{c}} - k_2 s_{\text{cu}} \quad (\text{A.2.7-2})$$

$$f_{\text{cu,m}}^{\text{c}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{\text{cu},i}^{\text{c}} \quad (\text{A.2.7-3})$$

$$s_{\text{cu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{\text{cu},i}^{\text{c}} - f_{\text{cu,m}}^{\text{c}})^2}{n-1}} \quad (\text{A.2.7-4})$$

式中： $f_{\text{cu,e1}}$ ——检测批混凝土强度推定上限值（MPa），精确至 0.1MPa；

$f_{\text{cu,e2}}$ ——检测批混凝土强度推定下限值（MPa），精确至 0.1MPa；

$f_{\text{cu,m}}^{\text{c}}$ ——检测批测点混凝土强度换算值的平均值（MPa），精确至 0.1MPa；

$f_{\text{cu},i}^{\text{c}}$ ——第 i 个测点混凝土强度换算值，精确至 0.1MPa；

k_1, k_2 ——推定区间上限值系数，推定区间下限值系数，按表 A.2.7 查得；

n ——检测批测点数量；

s_{cu} ——检测批测点混凝土强度换算值的标准差（MPa），精确至 0.01MPa。

表A.2.6 推定区间上限值与下限值系数表

样本容量	0.05 分位值		样本容量	0.05 分位值	
	$k_{1(0.05)}$	$k_{2(0.05)}$		$k_{1(0.05)}$	$k_{2(0.05)}$
15	1.11397	2.56600	35	1.27551	2.16672
16	1.12812	2.52366	36	1.28004	2.15768
17	1.14112	2.48626	37	1.28441	2.14906
18	1.15311	2.45295	38	1.28861	2.14085
19	1.16423	2.42304	39	1.29266	2.13300
20	1.17458	2.39600	40	1.29657	2.12549
21	1.18425	2.37142	41	1.30035	2.11831
22	1.19330	2.34896	42	1.30399	2.11142
23	1.20181	2.32832	43	1.30752	2.10481
24	1.20982	2.30929	44	1.31094	2.09846
25	1.21739	2.29167	45	1.31425	2.09235
26	1.22455	2.27530	46	1.31746	2.08648
27	1.23135	2.26005	47	1.32058	2.08081
28	1.23780	2.24578	48	1.32360	2.07535
29	1.24395	2.23241	49	1.32653	2.07008
30	1.24981	2.21984	50	1.32939	2.06499

31	1.25540	2.20800	60	1.35412	2.02216
32	1.26075	2.19682	70	1.37364	1.98987
33	1.26588	2.18625	80	1.38959	1.96444
34	1.27079	2.17623	—	—	—

2 $f_{\text{cu,e1}}$ 和 $f_{\text{cu,e2}}$ 所构成推定区间的置信度应为 0.90, $f_{\text{cu,e1}}$ 和 $f_{\text{cu,e2}}$ 之间的差值不宜大于 5.0MPa 和 $0.10 f_{\text{cu,m}}^{\text{c}}$ 两者的较大值;

3 $f_{\text{cu,e1}}$ 和 $f_{\text{cu,e2}}$ 之间的差值大于 5.0MPa 和 $0.10 f_{\text{cu,m}}^{\text{c}}$ 两者的较大值时,可适当增加样本容量,或重新划分检测批,直至满足本条第 2 款的要求;

4 当不具备本条第 3 款条件时,不应进行批量推定;

5 宜以 $f_{\text{cu,e1}}$ 作为检测批混凝土强度推定值;

6 确定检测批混凝土强度推定值时,可剔除强度换算值样本中的异常值。剔除规则应符合现行国家标准《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883 的规定。

附录 B 混凝土表面粗糙度检测

B.0.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1 测深尺可用数显深度尺或数显游标卡尺，测深尺量程不宜小于 15mm，最小分辨率单位应为 0.01mm；

2 透明多孔基准板宜为硬质塑料板，厚度应为 $5.0\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ ，孔径应为 $3.0\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ ，孔距应为 $10.0\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 。

B.0.2 预制混凝土构件结合面的粗糙度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、构件编号、检测人员信息等。

B.0.3 预制混凝土构件结合面的粗糙度测区应为长方形，并避开有明显突出棱角区域，每个粗糙面的测区数量及划分应符合下列规定：

1 对预制混凝土叠合楼板、预制混凝土叠合梁、预制混凝土叠合墙板，测区数量不应少于 8 个，每个测区面积宜为 $0.020\text{m}^2\sim 0.050\text{m}^2$ ，相邻两测区中心间距对板和梁不宜小于粗糙面长边的 $1/12$ 、对墙板不宜小于粗糙面长边的 $1/6$ ；

2 对预制混凝土梁端、预制混凝土柱端，测区数量不应少于 2 个，每个测区面积宜为 $0.005\text{m}^2\sim 0.030\text{m}^2$ ，相邻两测区中心间距不宜小于粗糙面长边的 $1/2$ ；

3 对预制混凝土墙端，测区数量不应少于 4 个，每个测区面积宜为 $0.005\text{m}^2\sim 0.030\text{m}^2$ ，相邻两测区中心间距不宜小于粗糙面长边的 $1/6$ ；

4 当透明多孔基准板位于测区中心时，测区边缘到透明多孔基准板相应边缘的距离不应小于 1 倍透明多孔基准板孔距。

B.0.4 预制混凝土构件结合面粗糙度检测时，如图 B.0.4 所示，应符合下列规定：

1 透明多孔基准板应紧贴测区内预制混凝土构件粗糙面，测深尺的测量面应紧贴透明多孔基准板表面，测深尺与透明多孔基准板应保持垂直；

2 测深尺的探针应穿过透明多孔基准板的孔洞测量凹面最低点深度，凹凸深度应为测深尺的读数与透明多孔基准板厚度的差值；

3 在对每个测区进行测量时，透明多孔基准板应设置于凹面较为集中区域；

4 每个测区内测得的不同位置的凹凸深度数据不应少于 16 个，剔除 3 个最大值和 3 个最小值后的数据可视为有效凹凸深度数据。

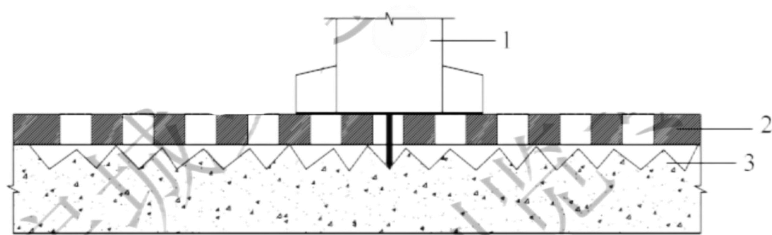


图 B.0.4 预制混凝土构件结合面粗糙度检测示意

1 一测深尺(局部); 2 一透明多孔基准板; 3 一预制混凝土构件的粗糙面

B.0.5 预制构件混凝土粗糙面凹凸深度评价指标宜包括平均值和变异系数，并按下列公式计算：

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (\text{B.0.5-1})$$

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}}{u} \quad (\text{B.0.5-2})$$

式中： μ —粗糙面凹凸深度平均值（mm），应精确至 0.1mm；

δ —粗糙面凹凸深度变异系数，应精确至 0.01；

x_i —粗糙面测点第 i 个有效凹凸深度值（mm）；

N —粗糙面有效凹凸深度值的总数。

B.0.6 当凹凸深度平均值 μ 和凹凸深度变异系数 δ 同时满足下列条件时，可评定预制混凝土构件结合面粗糙度合格：

1 对预制混凝土叠合楼板、预制混凝土叠合梁、预制混凝土叠合墙板：

$$\mu \geq 4.0 \quad (\text{B.0.6-1})$$

$$\delta \leq 0.4 \quad (\text{B.0.6-2})$$

2 对预制混凝土梁端、预制混凝土柱端、预制混凝土墙端：

$$\mu \geq 6.0 \quad (\text{B.0.6-3})$$

$$\delta \leq 0.4 \quad (\text{B.0.6-4})$$

附录 C 灌浆饱满度与钢筋锚固长度检测

C.1 现场原位取样法检测灌浆饱满度与钢筋锚固长度

C.1.1 检测仪器、辅助工具及材料包括手持式砂轮切割机、固定台钳和钢直尺等。

C.1.2 取样位置应由检测机构会同设计单位根据构件的重要程度等因素综合确定。取样过程应符合下列规定：

- 1 应剔除套筒周边的混凝土，剔除过程中应尽量减少对套筒的扰动。
- 2 应采用氧气焊等工具沿套筒上下连接钢筋端进行切割:取出的样品为一个完整的钢筋灌浆套筒。
- 3 取出的样品应标记好具体部位等必要的检测信息。
- 4 取样完成后，应及时对破损部位进行修补，修补方案及工艺要求应由建设单位组织设计单位、施工单位、检测单位共同确定。

C.1.3 样品的加工过程应符合下列要求：

- 1 套筒在固定台钳上应夹持稳固。
- 2 应使用手持式砂轮切割机沿套筒侧面纵向轴线对称方向分别切割套筒壁，直至将套筒切成两半，露出套筒内的灌浆料部分。
- 3 切割过程中应注意避免破坏灌浆料。

C.1.4 测量与计算应符合下列规定：

- 1 应用钢直尺测量套筒内灌浆料固化体的最小高度，作为灌浆料灌浆高度。
- 2 应沿套筒长度方向剔除灌浆料，露出被灌浆料握裹的钢筋，用钢直尺测量套筒内钢筋与灌浆料紧密握裹部分的长度，作为套筒内钢筋的锚固长度。

C.1.5 结果判定应按下列要求执行：

- 1 当套筒内钢筋锚固长度不小于插入钢筋的 8 倍公称直径时，判定为合格。
- 2 对于特殊套筒(如套筒本身的长度不满足插入钢筋的 8 倍公称直径)的钢筋锚固长度判定依据应由设计单位确定。

C.2 钻孔内窥法检测灌浆饱满度与钢筋锚固长度

C.2.1 钻孔内窥法适用于钢筋套筒灌浆连接和钢筋浆锚搭接的灌浆饱满度和钢筋插入情况的现场检测。

C.2.2 钻孔内窥法的检测设备及辅助工具应包括内窥镜、钻孔设备、毛刷和气吹等，并应符合下列规定：

- 1 内窥镜应具有尺寸测量功能，测量允许误差不应大于量程的 $\pm 5\%$ ；
- 2 内窥镜镜头及导线最大外径不宜大于 6mm；
- 3 镜头测量的有效量程不宜小于 60mm，测量精度不应低于 0.1mm；
- 4 钻孔所形成的检测孔道最小内径与内窥镜镜头及导线的最大外径之差不宜小于 2mm，且检测孔道的直径不应大于套筒出浆孔和灌浆孔的直径。

C.2.3 沿着出浆孔道或灌浆孔道进行钻孔形成检测通道时，钻孔前应确认出浆管或灌浆管的走向，钻孔方向应与出浆管或灌浆管的走向一致。

C.2.4 钻透混凝土保护层和套筒壁形成检测通道时，应符合下列规定：

- 1 钻孔前应确定灌浆套筒的位置；
- 2 钻孔位置应根据委托检测目的和要求确定，且不应与套筒的灌浆孔和出浆孔在同一个横截面；
- 3 钻孔直径不宜大于 8mm，内窥镜的镜头和导线直径不宜大于 4mm；
- 4 同一个套筒上钻孔数量不应超过 2 个，在套筒同一横截面上钻孔数量不应超过 1 个。

C.2.5 钻透混凝土保护层和浆锚孔道壁形成检测通道时，应符合下列规定：

- 1 钻孔前应确定浆锚孔道的位置；
- 2 钻孔位置应根据委托检测目的和要求确定；
- 3 钻头直径不宜大于 8mm，内窥镜的镜头和导线直径不宜大于 6mm；
- 4 在浆锚孔道同一横截面上钻孔数量不宜超过 1 个。

C.2.6 钻孔形成的检测通道应贯通至套筒或浆锚孔道的内部，并应符合下列规定：

- 1 采用钻孔内窥法检测灌浆饱满度，宜通过控制钻孔深度避免对钢筋造成损伤；
- 2 在钻孔过程中，应至少中断两次并进行清孔检查，当钻头触碰到套筒内或浆锚孔道内的钢筋发出异响时，应立即停止钻孔，钢筋表面最大损伤深度不应大于 1.0mm；
- 3 采用钻孔内窥法检测钢筋插入情况，当通过内窥镜可以观察到套筒内或浆锚孔道内的钢筋或金属体，或钻孔深度达到最大限值时，应立即停止钻孔，钻孔深度最大限值

的确定应符合下列规定：

1) 当钻孔方向与混凝土表面垂直时，钻孔深度最大限值应按下列式计算：

$$L_{\max} = c + \frac{d_1 + d_2}{2} - 6 \quad (\text{F.2.6})$$

式中： $L_{\max}$ ——钻孔深度最大限值，应精确至 1mm；

c ——套筒部位混凝土保护层厚度实测值，应精确至 1mm；

d_1 、 d_2 ——灌浆套筒外径、最小内径，应精确至 0.1mm。

2) 当钻孔方向与混凝土表面不垂直时，钻孔深度最大限值应根据几何角度对公式 (F.2.6) 进行换算。

4 在钻孔深度达到最大限值的情况下，若未见套筒内的钢筋或金属体，宜采用更大直径的钻头对套筒内部浆料进行扩孔；

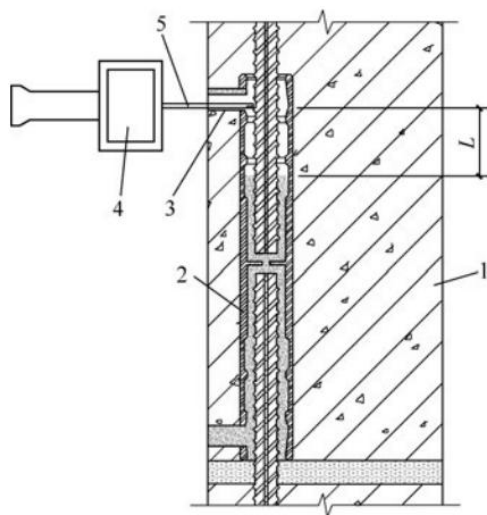
5 钻孔完成后，应采用毛刷、气吹等工具对孔道进行清理。

C.2.7 灌浆饱满度的检测应符合下列规定：

1 沿检测通道伸入内窥镜头，观察内部饱满情况，若灌浆不饱满，应测量不饱满的缺陷长度，并应精确至 0.1mm；

2 当灌浆料顶部界面不低于套筒出浆孔时，应判定为灌浆饱满；

3 当灌浆料顶部界面低于套筒出浆孔时，应判定为灌浆不饱满，并应给出灌浆不饱满的缺陷长度（图 F.2.7）。



1—预制构件；2—灌浆套筒；3—检测通道下沿；

4—内窥镜；5—测量镜头；L—灌浆料顶部界面距套筒出浆孔高度

图 C.2.7 内窥法检测套筒灌浆饱满度示意图

C.2.8 半灌浆套筒钢筋插入情况的检测应符合下列规定：

1 应先沿出浆孔道进行钻孔检测，若出浆孔道处判定为套筒内未见钢筋，则应再沿灌浆孔道进行钻孔检测；

2 沿检测通道伸入内窥镜头，当可以直接观察到套筒内的钢筋时，应判定为套筒内可见钢筋；

3 当通过内窥镜无法判断套筒内所见金属体是否为钢筋时，应通过测量钻孔深度确定所见金属体距混凝土表面的垂直距离，再按下列规定进行判定：

1) 若根据套筒内所见金属体距混凝土表面的垂直距离判断套筒内所见金属体不是套筒内壁，则可判定为套筒内有钢筋；

2) 若根据套筒内所见金属体距混凝土表面的垂直距离判断套筒内所见金属体是套筒内壁，则应判定为套筒内未见钢筋；

3) 若根据测量钻孔深度不能判断套筒内所见金属体是否为套筒内壁时，应采用 X 射线成像法或其他方法进行检测。

4 当通过内窥镜未观察到套筒内有钢筋或金属体时，应判定为套筒内未见钢筋；

5 当对检测结果有异议时，可采用 X 射线成像法或其他方法进行验证。

C.2.9 全灌浆套筒的装配端钢筋插入情况的检测应符合下列规定：

1 应先沿灌浆孔道进行钻孔检测，若灌浆孔道处可见钢筋或判定为套筒内有钢筋，则可再通过钻透混凝土保护层和套筒壁对钢筋插入情况做进一步检测；

2 检测判定应按本标准第 E.0.8 条第 2 款～第 5 款的规定执行。

C.2.10 采用钻孔内窥法检测钢筋插入情况时，可只给出钻孔部位有无钢筋的结论，不宜对装配端钢筋插入长度的符合性进行判定。

C.2.11 检测工作完成后，应对钻孔部位的出浆孔道、灌浆孔道或混凝土保护层进行封闭修复处理。

C.3 X 射线成像法

C.3.1 X 射线成像法适用于适用于后浇混凝土连接的钢筋锚固长度、钢筋套筒灌浆连接和钢筋浆锚搭接的灌浆饱满性和钢筋插入长度的现场检测。

C.3.2 现场检测应采取辐射防护措施，除应符合现行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 对从事 X 射线操作的人员应进行现场安全和辐射防护培训；
- 2 现场检测人员应配备辐射剂量计，现场人员均应处于辐射安全区域。

【条文说明】为保证检测工作的安全性，本条对辐射防护、检测单位及人员的资质进行了规定。X 射线危害人体健康，必须做好防护措施。根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条规定：“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当按照国务院有关放射性同位素与射线装置放射防护的规定申请领取辐射安全许可证，办理登记手续。”。现场检测时，应确保检测现场及其周边的所有人员均在辐射安全区域内。

C.3.3 X 射线成像法的检测系统应符合下列规定：

- 1 便携式 X 射线机的最大管电压不宜低于 300kV；
- 2 当无远程启动装置时，中央控制器可设置的最长延迟开启时间不应低于 180s；
- 3 宜采用数字成像系统，并应符合现行国家标准《无损检测 X 射线数字成像检测 导则》GB/T 35389、《无损检测 X 射线数字成像检测 检测方法》GB/T 35388 和《无损检测 X 射线数字成像检测 系统特性》GB/T 35394 的有关规定；
- 4 当采用胶片成像时，曝光后胶片上检测部位本体的黑度值应在 2.0~3.0 之间。

【条文说明】X 射线检测系统包括便携式 X 射线机、控制器、连接电缆、成像系统等，其中，数字成像系统包括数字成像装置和图像处理软件。X 射线数字成像检测系统具有检测精度高、可实时生成检测图像、可通过处理技术提升成像质量等优势，更适合装配式结构现场检测的要求。对设备的相关要求参照国家现行标准《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ 117、《无损检测仪器 工业 X 射线数字成像装置性能和检测规则》GB/T 36015 和《无损检测 X 射线数字成像检测 系统特性》GB/T 35394 等标准中的规定。X 射线数字成像法检测图像的归一化信噪比是评判检测结果成像质量的重要指标，信噪比高有利于提高检测的灵敏度，可参照现行国家标准《无损检测 X 射线数字成像检测 检测方法》GB/T 35388 中的要求，其定义和测量方法可参照现行国家标准《无损检测 X 射线数字成像检测 导则》GB/T 35389 执行。对于一些不适宜采用数字成像技术的情况，可采用胶片成像，其成像质量可参照现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2 的相关要求。

C.3.4 检测前的准备工作应符合下列规定：

- 1 应对检测设备及辐射报警装置的运转状态进行检查确认；
- 2 对相关信息应进行记录，宜包括工程名称、构件位置、套筒或浆锚孔道的具体位

置、检测人员信息等。

C.3.5 现场检测应符合下列规定：

- 1 选择合适的透照工艺，并可通过试验确定各项参数；
- 2 成像装置宜贴紧构件表面，且有效成像区域应覆盖待检测的部位；
- 3 透照时 X 射线束应指向透照区中心，并宜选择有利于目标物成像和发现缺陷的方向透照；
- 4 应调节 X 射线机的焦距并设置管电压、管电流、曝光时间和延迟开启时间；
- 5 应确保现场人员均处于安全区域后开启透照曝光，曝光完成后，应立即关闭射线机高压并确认检测区域处于安全状态后取下成像装置；
- 6 应记录管电压、管电流、焦距等检测信息和数据，并应存储检测结果图像。

【条文说明】透照工艺包括管电流、管电压、曝光时间、透照几何参数等，这些参数的选取直接影响成像效果。针对某一固定的检测工况，可通过试验确定各项参数的数值，以保证检测质量。在选择布置仪器位置时，除考虑现场情况外，也应通过合理放置射线机及成像装置减小成像畸变。检测人员防护应遵循辐射防护的三种基本方式，即距离防护、屏蔽防护和时间防护。目前主流的数字成像系统均有配套的专业分析软件，采用软件进行图像处理时，原始的图像参数如灰度值等应保留。

C.3.6 X 射线成像法检测后浇混凝土连接的钢筋锚固长度应符合下列规定：

- 1 检测时，可根据现场情况采用表 C.3.6 选择相似比例修正法、校准板修正法或综合修正法计算尺寸修正系数 λ ，对构件内部的钢筋锚固长度进行尺寸修正。

表 C.3.6 修正方法

修正方法	是否设置校准板	测量参数
相似比例修正法	否	钢筋与 X 射线机的距离 钢筋与数字成像板的距离
校准板修正法	是	钢筋与校准板中心的距离 钢筋与数字成像板的距离
综合修正法	是	钢筋与校准板中心的距离 钢筋与 X 射线机的距离

- 2 可采用磁感应法、雷达法或局部破损法确定测试钢筋位置，并在构件表面标出。
- 3 检测时，应正对测试钢筋位置安装 X 射线机，调整 X 射线机高度和水平度，并使 X 射线主轴垂直测试钢筋轴线。
- 4 在靠近 X 射线机一侧的构件表面布置分段标记线，分段标记线应位于 X 射线主轴与构件表面的垂足，将钢筋锚固长度分为首段和末段。末段长度可通过 X 射线数字图像测量，首段长度可在构件表面直接测量。
- 5 当采用相似比例修正法时，可采用金属片或金属丝作为分段标记线，可如图 C.3.6-1

所示布置 X 射线机、数字成像板及分段标记线，X 射线成像后，应按照式 C.3.6-1 计算末段钢筋锚固长度修正系数 λ ，钢筋锚固长度 l 可按式 C.3.6-2 计算。

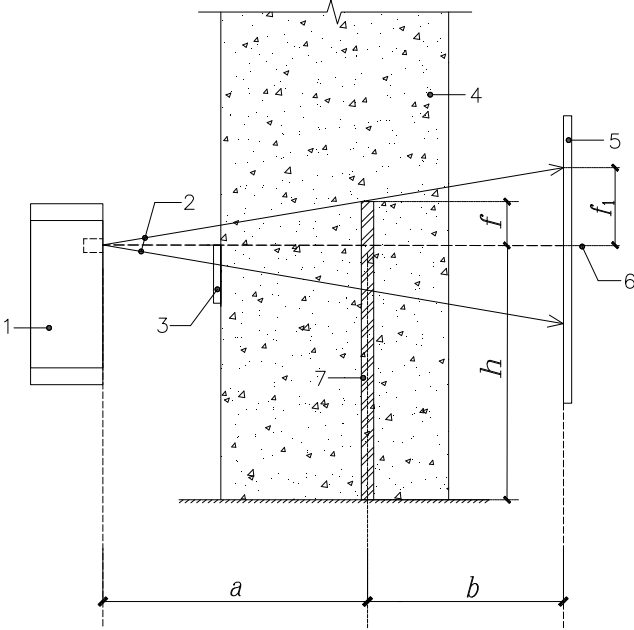


图 C.3.6-1 相似比例修正法示意图

1—X 射线机；2—射线束；3—金属板或金属丝；4—构件；5—数字成像板；6—分段标记线；7—钢筋

a —X 射线机至钢筋中心的距离； b —钢筋中心至数字成像板的距离； f —末段钢筋实际长度；

f_1 —末段钢筋在数字成像板上的图像长度； h —首段钢筋长度

$$\lambda=a/(a+b) \tag{C.3.6-1}$$

$$l=h+f=h+\lambda\times f_1 \tag{C.3.6-2}$$

6 当采用校准板修正法时，可采用校准板作为分段标记线，可如图 C.3.6-2 所示布置 X 射线机、数字成像板、校准板及分段标记线，X 射线成像后，应按照式 C.3.6-3 计算末段钢筋锚固长度修正系数 λ ，钢筋锚固长度 l 可按式 C.3.6-4 计算。

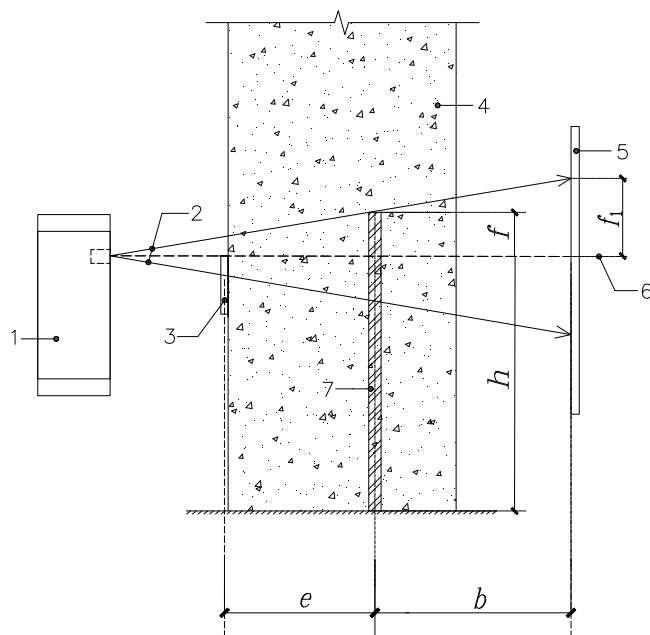


图 C.3.6-2 校准板修正法示意图

1—X 射线机；2—射线束；3—校准板；4—构件；5—数字成像板；6—分段标记线；7—钢筋

b —钢筋至数字成像板的距离； e —钢筋中心至校准板中心的距离； f —末段钢筋实际长度；

f_1 —末段钢筋数字成像板上的图像长度； h —首段钢筋长度

$$\lambda = (e + b \times \lambda_1) / (e + b) \quad (\text{C.3.6-3})$$

$$l = h + f = h + \lambda \times f_1 \quad (\text{C.3.6-4})$$

式中： λ_1 —校准板实际高度尺寸与影像的比值。

7 当采用综合修正法时，可采用校准板作为分段标记线，可如图 C.3.6-3 所示布置 X 射线机、数字成像板、校准板及分段标记线，X 射线成像后，按照式 C.3.6-5 计算尺寸修正系数，钢筋锚固实际尺寸可按式 C.3.6-6 计算。

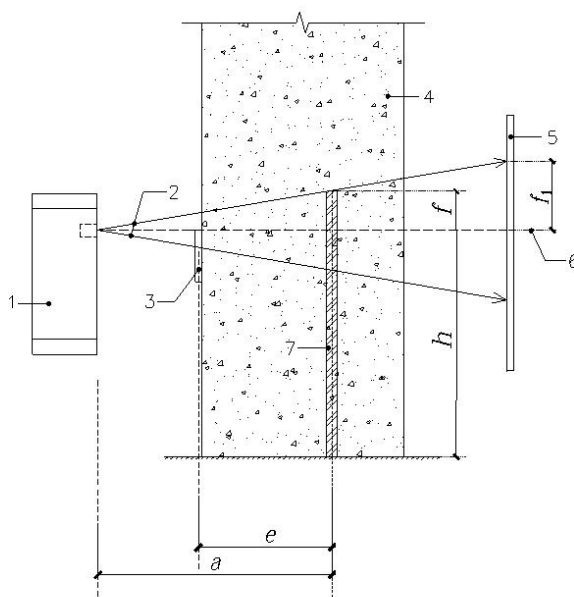


图 C.3.6-3 综合修正法示意图

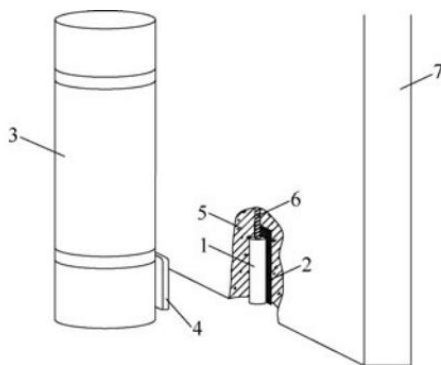
1—X 射线机；2—射线束；3—校准板；4—构件；5—数字成像板；6—分段标记线；7—钢筋
 a —X 射线机至钢筋中心的距离； e —钢筋中心至校准板中心的距离； f —末段钢筋实际长度；
 f_1 —经对校准板标定后测量的末段钢筋在数字成像板上的图像长度； h —首段钢筋长度

$$\lambda = a/(a-e) \quad (\text{C.3.6-5})$$

$$l = h + f = h + \lambda \times f_1 \quad (\text{C.3.6-6})$$

C.3.7 X 射线成像法检测钢筋套筒灌浆连接的灌浆饱满度和钢筋插入长度应符合下列规定：

- 1 当检测灌浆饱满度时，灌浆料龄期不宜低于 7d。
- 2 当结构实体不满足无损检测的条件时，可采用剔除混凝土保护层的局部破损方法进行检测（图 C.3.7-1），检测完成后，应对破损区域进行修复处理。



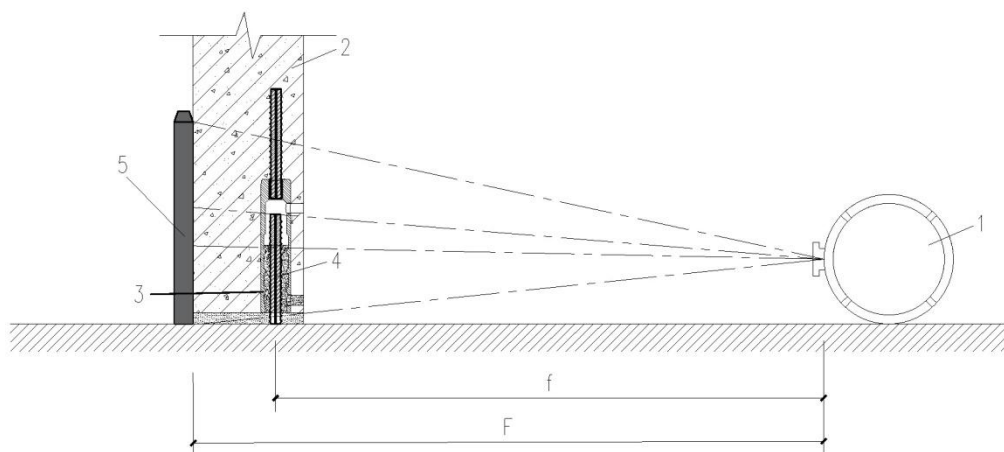
1—灌浆套筒；2—成像装置；3—射线机；4—射线机窗口；5—剔凿区域；
6—钢筋；7—预制构件

图 C.3.7-1 局部破损检测示意图

【条文说明】局部破损是为了减小射线透射距离或将成像装置放置在有利于成像的位置。局部破损不应截断受力钢筋，不宜截断分布钢筋，且不应扰动检测对象。当需要将成像装置放置在利于成像的位置时，剔凿区域大小及深度应满足放置成像装置的要求，剔凿面积不宜过大，剔凿完毕应进行清理，不得有碎屑或尖锐凸起，以免损伤成像装置。

3 当需要对检测结果进行尺寸测量时，应根据透射照相的投影关系通过已知尺寸对测量数值进行修正。

【条文说明】根据投影关系，成像结果相较于实际尺寸会有一定程度的放大，当需要进行尺寸测量时，必须考虑到这种效应。可将射线发射源视作点光源，根据焦距 f （射线源与目标物的距离）与焦距 F （射线源与成像装置的距离）之间的比例关系，对测量数值进行修正，投影关系示意图见图 1。



F —射线源与成像装置的距离； f —射线源与目标物的距离；

1—射线机；2—混凝土构件；3—灌浆套筒；4—插入钢筋；5—成像装置

图1 投影修正示意图

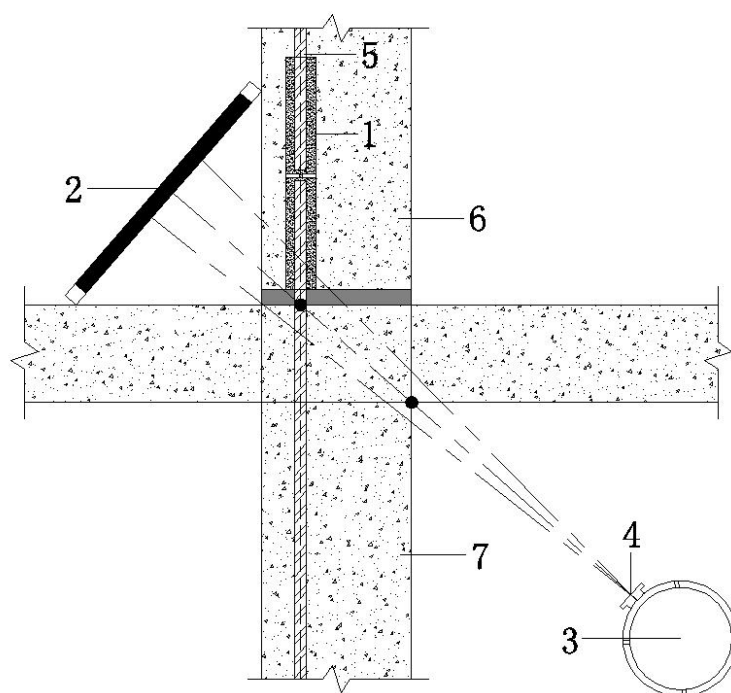
4 套筒灌浆饱满性的检测应符合下列规定：

- 1) 宜结合黑度值或灰度值识别灌浆料顶部界面及连接钢筋的轮廓；
- 2) 当套筒内部出现除钢筋轮廓以外的灰度差或黑度差时，若灰度差或黑度差分界线不低于套筒出浆孔，则可判定灌浆饱满；若灰度差或黑度差分界线低于套筒出浆孔，则应判定灌浆不饱满；
- 3) 当套筒内未识别出灌浆料顶部界面时，应采取钻孔内窥法等其他手段进行检测；
- 4) 当判断为灌浆不饱满时，应给出灌浆不饱满的缺陷长度。

5 钢筋插入长度的检测应符合下列规定：

- 1) 当图像中完整呈现插入钢筋的轮廓时，应测量钢筋插入长度，当检测结果不小于设计要求时，应判定钢筋插入长度符合设计要求；
- 2) 当图像中未完整呈现插入钢筋的轮廓时，应给出所检部位是否有钢筋的结论，并应给出钢筋端部与套筒关键特征点的距离，若未进一步对钢筋从下部结构插入套筒的连续性进行检查，则不宜对钢筋插入长度的符合性进行判定；
- 3) 当发现插入钢筋未与下部生根构件锚固时，应判定钢筋插入长度不符合设计要求。

6 当对插入钢筋的连续性进行检查时，便携式 X 射线机的最大管电压不宜低于 350kV，可如图 C.3.7-2 所示布置 X 射线机和成像装置，将射线机与成像装置错层对角布置，射线束应指向套筒中轴与下部结构的交点，成像装置应与 X 射线主轴垂直布置。



1—灌浆套筒；2—成像装置；3—射线机；4—射线机窗口；5—钢筋；
6—预制构件；7—下部结构

图 C. 3. 7-2 插入钢筋连续性检查示意图

7 插入钢筋的连续性检查应符合下列规定：

- 1) 当装配端的钢筋在图像中呈现为单根状，且钢筋为直线形插入套筒，应判定为插入钢筋与下部生根构件锚固；
- 2) 当装配端的钢筋在图像中呈现为单根状，且钢筋在插入套筒前出现弯曲变形，应判定为插入钢筋与下部生根构件锚固，装配端的钢筋与套筒之间存在错位，钢筋被掰弯后插入套筒；
- 3) 装配端的钢筋在图像中呈现为双根状，形成上段钢筋与下段钢筋，且上段钢筋与下段钢筋在交接区存在重叠长度，应判定插入钢筋未与下部生根构件锚固，上段钢筋与下段钢筋在预制构件底部接缝处连接后插入套筒，或上段钢筋在植入下部结构一定深度后插入套筒。

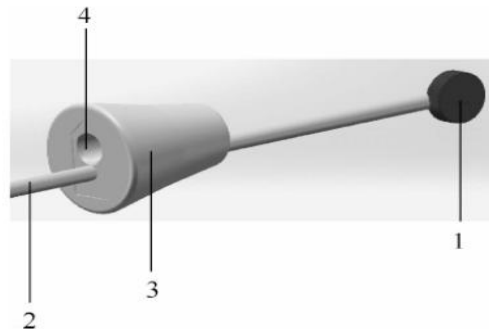
【条文说明】X 射线评片具有一定程度上的主观性，为保证检测结果的客观公正性，评片人员应具备相应执业资格。通过有效识别灌浆料及锚固钢筋的轮廓，分析判定灌浆饱满性及钢筋锚固长度是否符合要求。一般而言，钢筋轮廓较易识别，而在部分情况下，灌浆料顶部界面可能存在无法清晰成像的情况，这个时候可固定透照工艺及分析处理参数，通过试验分别得出特定工况下浆料部分和空腔部分的黑度值范围或灰度值范围，作为检测结果评价的参考。当通过黑度值或灰度值无法识别灌浆料顶部界面时，需要采用钻孔内窥法进行直接检查和测量。

C.4 预埋传感器法

C.4.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1 灌浆饱满度检测仪幅值线性度应满足每 10.0dB 优于 $\pm 1.0\text{dB}$ 的要求，频带宽度应为 10kHz~100kHz；

2 传感器宜采用阻尼振动传感器(图 C.4.1)，其端头核心元件直径不应大于 10.0mm，与端头元件核心元件相连的钢丝直径应为 2.0~3.0mm；



1—端头核心元件；2—钢丝（一端与端头核心元件相连，另一端与灌浆饱满度检测仪相连）；3—橡胶塞；4—排气孔

图 C.4.1 传感器示意

3 传感器和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上钢丝穿过孔的孔径应与钢丝直径相同，排气孔的孔径不应小于 3.0mm。

C.4.2 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。

C.4.3 采用预埋传感器法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

1 传感器应设置于套筒的出浆口，钢丝应与钢筋连接方向保持垂直；对于全灌浆套筒连接，端头核心元件应伸至套筒内靠近出浆口一侧的钢筋表面位置；对于半灌浆套筒连接，核心端头元件应伸至套筒内靠近远端套筒内壁位置；

2 传感器就位时，自带橡胶塞的排气孔应位于正上方；橡胶塞应在出浆口紧固到位，出浆时不应被冲出；橡胶塞上的排气孔应保持畅通；

3 灌浆过程中，可将灌浆饱满度检测仪与传感器相连，实时监测传感器的波形和振动能量值；灌浆结束 5min 后，再次通过灌浆饱满度检测仪检测传感器的波形和振动能量值，并做好记录。

C.4.3 预埋传感器法可用于套简单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋传感

器；其他套筒的灌浆口和没有预埋传感器的套筒的出浆口出浆时应及时进行封堵；

2 对于预埋传感器的套筒，当传感器自带橡胶塞的排气孔有灌浆料流出时应采用细木棒封堵排气孔；

3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

C.4.5 套筒灌浆饱满度应根据灌浆饱满度检测仪输出的波形和振动能量值（图 C.4.2）判断，灌浆饱满判断的阈值宜根据平行试件模拟漏浆后测得的能量值确定，且不宜大于 150。

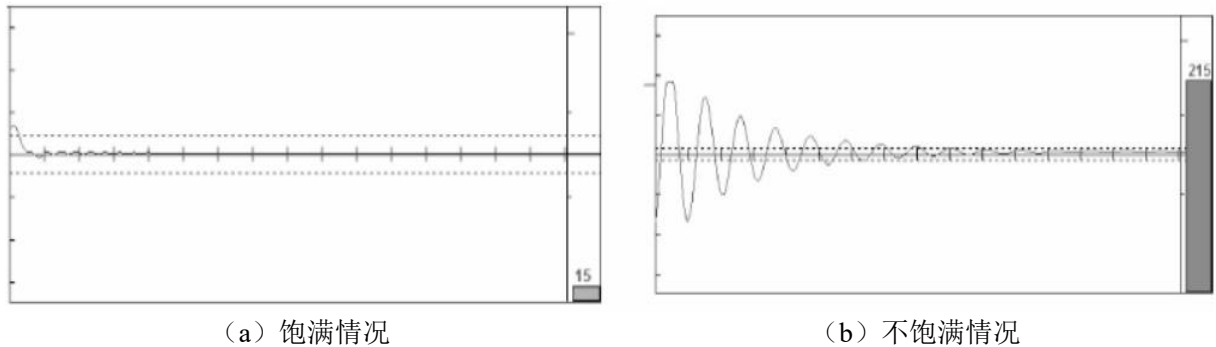


图 C.4.2 灌浆饱满度检测仪输出的波形和振动能量值

C.4.6 对判断灌浆不饱满的套筒应立即进行补灌处理，并应符合下列规定：

1 对连通腔灌浆方式，宜优先从原连通腔灌浆口进行补灌；从原连通腔灌浆口补灌效果不佳时，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

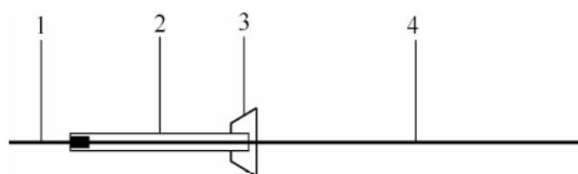
2 对于单独灌浆方式，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

3 补灌后应对原灌浆不饱满套筒的灌浆饱满度进行复测，直至灌浆饱满。

C.5 预埋钢丝拉拔法

C.5.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

- 1 拉拔仪量程不宜小于 10kN，最小分辨率单位不应大于 0.01kN；
- 2 钢丝（图 G.2.1-1）应采用光圆高强不锈钢钢丝，抗拉强度不应低于 600MPa，直径应为 $5.0\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ ，端头锚固长度应为 $30.0\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ ；



1—钢丝锚固段；2—钢丝隔离段；3—橡胶塞；4—钢丝拉拔段

图 C.5.1 钢丝示意

- 3 钢丝和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上钢丝穿过孔的孔径应与钢丝直径相同；
 - 4 钢丝在锚固段与橡胶塞之间的部分应与灌浆料浆体有效隔离；
- C.5.2 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。

C.5.3 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

- 1 钢丝应设置于套筒的出浆孔，并与钢筋连接方向保持垂直，其端部应到达套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面位置；钢丝有效隔离长度和橡胶塞在钢丝上的位置，应根据套筒出浆口与套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面的垂直净距确定；
- 2 橡胶塞与出浆口之间应留有一定空隙，当出浆口出浆时，应及时用橡胶塞封堵出浆口；
- 3 套筒灌浆后应做好现场防护工作，预埋钢丝不应被破坏；
- 4 预埋钢丝实施拉拔时的灌浆料自然养护时间不应小于 3d；
- 5 拉拔时，拉拔仪应与预埋钢丝对中连接，拉拔荷载应连续均匀施加，速度应控制在 $0.15\text{kN/s}\sim 0.50\text{kN/s}$ ；钢丝被完全拔出后，应记录极限拉拔荷载值，数值应精确至 0.1kN。

C.5.4 预埋钢丝拉拔法可用于套简单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

- 1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋钢丝；其他套筒的灌浆口和没有预埋钢丝的套筒的出浆口出浆时应及时封堵；
- 2 对于预埋钢丝的套筒，当出浆口出浆时用钢丝自带橡胶塞封堵出浆口；
- 3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

C.5.5 测点实测极限拉拔荷载值 P 同时符合下列条件时,可判断测点对应套筒灌浆饱满。

$$P \geq 60\% \left(\frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} \right) \quad (\text{G.2.5-1})$$

$$p \geq 1.5 \quad (\text{G.2.5-2})$$

测点实测极限拉拔荷载值 p 符合下列条件之一时,可判断测点对应套筒灌浆不饱满。

$$p < 40\% \left(\frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} \right) \quad (\text{G.2.5-3})$$

$$p < 1.0 \quad (\text{G.2.5-4})$$

式中: p_1 、 p_2 、 p_3 ——分别为同一批测点极限拉拔荷载中 3 个最大值 (kN);

P ——对应测点实测极限拉拔荷载值 (kN)。

C.6 冲击回波法

C.6.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

- 1 冲击回波仪应配置钢球型冲击器或电磁激振的圆柱型冲击器；
- 2 冲击回波仪应配置测量表面振动的宽频带接受传感器，可为速度传感器或加速度传感器，带宽宜为 800Hz~100kHz；
- 3 数据采集仪应具备信号放大功能，且增益可调；
- 4 数据采集仪宜配有不少于 2 通道的模/数转换器，转换精度不应低于物理 24 位，采样频率不应低于 1000kHz，且采样点数可调；
- 5 冲击回波仪系统噪声应小于 50uV
- 6 仪器应能实时显示冲击时传感器的输出时域信号，并应具有频率幅值谱分析功能。

C.6.2 冲击回波仪工作环境温度宜为 0℃~40℃，不宜在机械振动和高振幅电噪声干扰环境下使用。

C.6.3 检测前应检查检测仪器状况，并应记录工程名称、楼号、楼层、检测项目所在构件编号、检测人员信息、设备参数（激振方式、传感器型号）等。

C.6.4 受检构件测区外缘距构件的变截面或侧表面的最小距离，应大于沿冲击方向的构件厚度；测区范围应大于预估缺陷的区域，并应有进行对比的同条件正常混凝土部位。

C.6.5 检测部位混凝土表面应清洁、平整。

C.6.6 当采用单点式冲击回波仪检测时，应符合下列规定：

- 1 每个测区的测点，应按等间距网格状布置，测点数量不应少于 20 个；
- 2 冲击点位置与传感器的间距应小于所测构件实际厚度的 40%；
- 3 采集信息和激振信息应根据结构尺寸和类型确定。

C.6.7 采用冲击回波法检测浆锚搭接灌浆饱满度时，应符合下列规定：

- 1 测线宜垂直于套筒或浆锚孔道走向布置；当有双层套筒或浆锚孔道时，宜从两个侧面进行检测；
- 2 测线上各测点的间距应小于套筒或浆锚孔道直径的 1/2，宜为 2cm~5cm；冲击点和接收器间的距离宜小于测点的间距；
- 3 现场检测宜在灌浆 7d 后进行；
- 4 当灌浆处测点的测试信号频率峰值与正常混凝土部位频率峰值基本相同，且仅出现一个与构件尺寸对应的频率峰值 f ，或向低频轻微漂移并出现另一个高频峰值 f_s ，可判断套筒内灌浆密实；

5 当灌浆处测点的测试信号频率明显小于正常混凝土部位的频率峰值，或向低频明显漂移并出现另一个高频峰值，可判断套筒内灌浆不密实。

C.6.8 用冲击回波法检测新老混凝土结合面的缺陷时，应符合下列规定：

- 1 结合面上部混凝土层厚度不应超过检测仪器的检测厚度范围；
- 2 测试面宜平行于结合面；
- 3 瞬时应力波的反射时间明显长于无缺陷区域，或综合分析得出的测试构件厚度为表层结构厚度时，可判断结合面分层、空鼓。

C.6.9 冲击回波法的应用除应符合本标准规定外，尚应符合现行行业标准《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JGJ/T 411 的规定。

附录 D 混凝土内部缺陷检测

D.0.1 阵列超声法可检测下列缺陷：

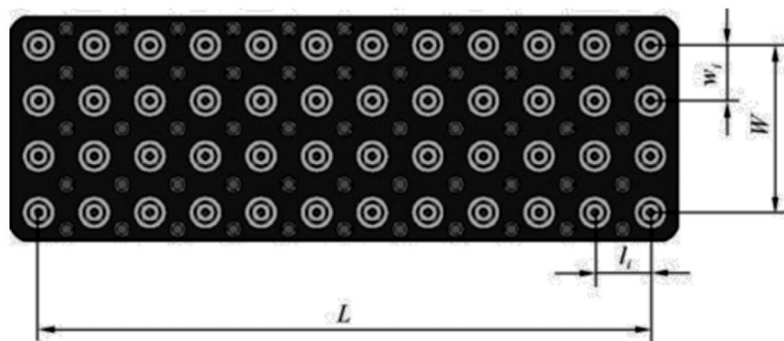
- 1 现浇混凝土内部的孔洞、空洞、不密实、夹杂、裂缝等缺陷；
- 2 混凝土内部结合面的剥离、脱粘、缝隙；
- 3 无波纹管钢筋浆锚搭接的灌浆饱满度；
- 4 采用平测法通过超声波动特性可以发现的其他内部缺陷。

D.0.2 阵列式多探头超声设备应符合下列规定：

- 1 设备可由主机、阵列式排布的超声探头和分析软件等组成；
- 2 仪器应具备扫描成像、波形及图像实时查看、原始数据保存和导出等功能；
- 3 探头宜采用干耦合式换能器，探头数量不宜少于 24 个；
- 4 探头主频范围宜在 10kHz~100kHz 之间，且换能器的实测主频与标称频率之差不应大于 10%；
- 5 接收放大器频率响应范围应在 10kHz~50kHz 之间，增益不宜小于 40dB。

D.0.3 测区、测线及测点布置应符合下列规定：

- 1 待测混凝土表面不应有抹灰、饰面等装饰层，并应避开存在蜂窝、麻面、裂缝等外观缺陷的区域，当表面不平整时可进行磨平处理；
- 2 测区的布置和大小应覆盖怀疑存在缺陷的全部范围，测区与被测构件边缘的距离、测试深度应满足仪器设备的使用要求；
- 3 测线宜沿测区的长度方向布置，测点宜在测线上均匀连续布置，测线间距不宜大于探头区宽度与探头行距之差，测点间距不宜大于探头区长度与探头列距之差（图 B.0.3）；



L—探头区长度； l_i —探头列距；W—探头区宽度； w_i —探头行距

图 B. 0. 3 阵列超声检测仪探头布置示意图

- 4 应对测区、测线和测点进行编号，并应记录所在位置。

D.0.4 采用阵列超声法检测混凝土内部缺陷时，应符合下列规定：

- 1 当检测因混凝土收缩形成的内部缺陷时，混凝土龄期不宜小于 28d；其他情况下，混凝土龄期不宜小于 7d；
- 2 不应在机械振动和高振幅电噪声干扰环境下使用；
- 3 检测前应对所测试的混凝土进行波速标定，调试仪器的工作频率、增益等参数；
- 4 应沿测线的单一方向对各测点进行依次测试；
- 5 检测时，应将仪器探头区中心对准测点，各探头应紧贴混凝土表面，启动仪器进行扫描，应记录测点位置并保存超声测试数据；
- 6 当对检测结果有怀疑时，宜进行复测或采用破损方法进行验证。

D.0.5 混凝土内部缺陷的判定应符合下列规定：

- 1 采用单点测试时，若超声图像中存在除底面反射外的其他反射信号，应判定所检测点存在疑似缺陷；
- 2 采用网格测试时，若在所合成的三维图像中存在除底面反射外的其他反射信号，应判定所检区域存在疑似缺陷；
- 3 根据设计图纸或经现场验证，当存在疑似缺陷的位置未见钢筋、钢材或预埋管线时，应判定所检位置存在缺陷；
- 4 可根据反射点位置和反射区域的大小，确定缺陷的位置和大小。

D.0.6 混凝土内部缺陷检测结果应包括测点位置、网格布置、外观质量、缺陷的位置与大小等信息。

附录 E 灌浆料抗压强度检测

E.1 一般规定

E.1.1 回弹法适用于钢筋连接用套筒灌浆料实体强度的现场检测，钢筋浆锚搭接的灌浆料实体强度也可按本附录执行。

E.1.2 回弹法检测套筒灌浆料抗压强度应采用专用的灌浆料回弹仪，并应符合下列规定：

1 水平弹击的冲击能量标称值应为 $1.1 \times 10^{-2} \text{J}$ ，冲击体质量标称值应为 7.2g，球头标称直径应为 3mm，冲击装置直径不宜大于 6mm；

2 支承环宜包括手持段和抵接段，抵接段应能伸入灌浆孔道或出浆孔道并与灌浆料表面接触；

3 应在里氏硬度范围为 (895 ± 20) HLDL 的标准块上进行率定，回弹仪的率定值与标准块基准值的允许偏差应为 ± 12 ，示值重复性不应大于 12。

E.1.3 灌浆料回弹仪率定试验应符合下列规定：

1 率定试验应在 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 的室温条件下进行；

2 标准块表面应干燥、清洁，并应稳固地放置在水平支承面上；

3 率定时，回弹仪应竖直向下弹击，测点应在标准块表面均匀分布，应取 5 次回弹的平均值作为率定值。

E.1.4 灌浆料实体强度可按单个构件或按批量进行检测，并应符合下列规定：

1 当需要按检测批推定灌浆料实体强度时，每个检测批的构件抽检数量不宜少于 10 个；

2 在所检构件上宜随机选取不少于 4 个连续灌浆施工的灌浆套筒，每个套筒的灌浆孔道或出浆孔道内可用于回弹法检测的灌浆料原浆面不应少于 1 处。

E.2 回弹法检测

E.2.1 回弹法检测灌浆料抗压强度应符合下列规定：

1 检测前应记录工程名称、楼号、楼层、轴线、套筒所在构件编号和套筒位置等信息；

2 检测面应为灌浆饱满、平整、光洁、干燥的原浆面；

3 测点应在检测面内均匀分布，同一测点不应重复回弹，任意两压痕中心之间的距离以及任一压痕中心距检测面边缘的距离均不宜小于 3mm；

4 每个检测面宜读取 3 个或 4 个回弹值，每一测点的回弹值应精确至 1，每个预制构件应读取 16 个回弹值；

5 回弹时，应平稳的按动冲击装置释放按钮并记录回弹值；

6 在每个构件 16 个回弹值中，应剔除 3 个最大值和 3 个最小值后计算剩余 10 个回弹值的平均值。

E.2.2 灌浆料抗压强度换算值宜按本标准第 D.3 节的规定建立专用测强曲线进行计算；遇下列情况之一时，应采用专用测强曲线计算灌浆料抗压强度换算值：

1 灌浆料中骨料最大粒径大于 2.36mm；

2 特种工艺生产的灌浆料；

3 当对抗压强度检测结果存在争议时。

E.2.3 当缺少专用测强曲线时，可按下式计算灌浆料抗压强度换算值：

$$f_{gm} = 4.7341e^{0.0051H_{gm}} \quad (D.2.3)$$

式中： f_{gm} ——套筒灌浆料抗压强度换算值，应精确到 0.1MPa。

H_{gm} ——套筒灌浆料回弹值的平均值，应精确至 1。

E.2.4 当按单个构件推定时，灌浆料抗压强度推定值应取由回弹值平均值计算的抗压强度换算值；当按检测批推定时，应符合下列规定：

1 检测批的灌浆料抗压强度推定值应计算推定区间，推定区间的上限值和下限值应按下列公式计算：

$$f_{gm,e1} = f_{gm,m} + k \cdot s_{gm} \quad (D.2.4-1)$$

$$f_{gm,e2} = f_{gm,m} - k \cdot s_{gm} \quad (D.2.4-2)$$

$$f_{gm,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{gm,i} \quad (D.2.4-3)$$

$$s_{gm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{gm,i} - f_{gm,m})^2}{n-1}} \quad (D.2.4-4)$$

式中： $f_{gm,e1}$ ——套筒灌浆料抗压强度推定上限值（MPa），应精确至 0.1MPa；

$f_{gm,e2}$ ——套筒灌浆料抗压强度推定下限值（MPa），应精确至 0.1MPa；

$f_{gm,m}$ ——套筒灌浆料抗压强度换算值的平均值（MPa），应精确至 0.1MPa；

s_{gm} ——套筒灌浆料抗压强度换算值的标准差（MPa），应精确至 0.01MPa；

$f_{gm,i}$ ——第 i 个所检构件套筒灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 应精确至 0.1MPa;

n ——构件数量;

k ——0.5 分位值的推定系数, 取值应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定。

2 抗压强度上限值 ($f_{gm,e1}$) 和抗压强度下限值 ($f_{gm,e2}$) 所构成推定区间的置信度宜为 0.90, $f_{gm,e1}$ 和 $f_{gm,e2}$ 之间的差值不宜大于 $0.15f_{gm,m}$;

3 当 $f_{gm,e1}$ 和 $f_{gm,e2}$ 之间的差值大于 $0.15f_{gm,m}$ 时, 可适当增加样本容量或重新划分检测批进行补充检测, 直至符合本条第 2 款规定;

4 当符合本条第 2 款的规定时, 宜以 $f_{gm,m}$ 作为检测批灌浆料抗压强度推定值;

5 当不具备本条第 3 款条件时, 不宜进行批量推定, 可仅给出单个构件的灌浆料抗压强度推定值。

E.3 测强曲线建立方法

E.3.1 试件的制作、养护应符合下列规定:

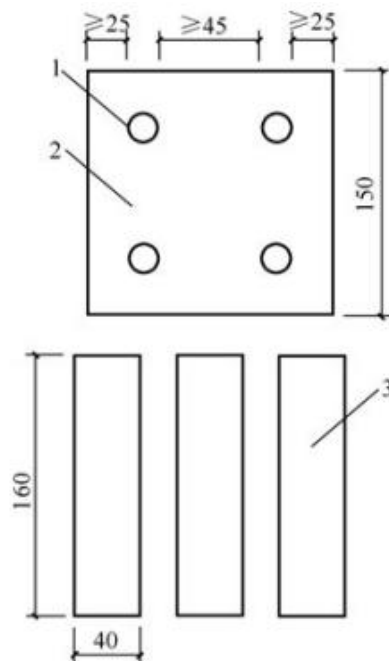
1 应采用与实际灌浆施工相同的灌浆料品牌和规格型号;

2 应按照实际灌浆施工的掺水量制作不少于 6 批试件, 每批试件的灌浆料强度试验龄期不应少于 3 个, 且应包含 3d、7d 和 28d;

3 每个龄期应分别制作 3 个试件对 (图 D.3.1), 每个试件对至少应包括 1 块边长为 150mm 且中间穿有 4 根内径为 (18 ± 1) mm 的 PVC 管的混凝土立方体试块和 1 组边长为 40mm×40mm×160mm 的灌浆料棱柱体试块, 立方体试块的混凝土设计强度等级宜为 C30, 4 根 PVC 管宜沿混凝土试块的形心对称布置, PVC 管侧面距混凝土试块边缘不应小于 20mm, PVC 管的间距不宜小于 45mm;

4 混凝土试块养护 14d 后, 应在其中预埋的 PVC 管一端塞入橡胶塞并从另一端灌入灌浆料, 同时应制作成型一组灌浆料棱柱体试块, 各试件对均应由同一锅搅拌的灌浆料制作成型;

5 各试件对均应在相同养护条件下养护至目标龄期再进行回弹值测试和抗压强度试验, 宜在养护 2d 后拔出 PVC 中的橡胶塞。



1—PVC 管；2—150mm×150mm×150mm 混凝土立方体试块；
3—40mm×40mm×160mm 灌浆料棱柱体试块

图 E.3.1 试件对示意图

E.3.2 试件对的测试应符合下列规定：

1 在弹击灌浆料前，应在混凝土立方体试块无 PVC 管外露的成型面施加 $3\text{N/mm}^2 \sim 5\text{N/mm}^2$ 的竖向压力值对试件进行固定，应采用符合本标准第 D.1.2 条规定的回弹仪，并按本标准第 D.2.1 条规定的操作方式对混凝土立方体试块 PVC 管中的 4 个灌浆料端面进行回弹测试，每个试件对应读取 16 个回弹值，应剔除 3 个最大值和 3 个最小值后计算剩余 10 个回弹值的平均值；

2 应根据现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的有关规定对灌浆料棱柱体试件进行抗压强度试验并计算试件抗压强度平均值。

E.3.3 灌浆料抗压强度与回弹值的换算关系计算应符合下列规定：

1 应采用最小二乘法对各试件对的灌浆料棱柱体试件抗压强度平均值和 PVC 管灌浆料端面平均回弹值进行回归分析；

2 回归方程宜按下式计算：

$$f_{\text{gm}} = \alpha \cdot e^{\beta \cdot H_{\text{gm}}} \quad (\text{E.3.3-1})$$

式中： α 、 β ——回归系数。

3 回归方程的强度值平均相对误差（ δ_r ）不应大于 $\pm 12\%$ ，相对标准差（ e_r ）不应大于 15%，平均相对误差（ δ_r ）和相对标准差（ e_r ）应按下列公式计算：

$$\delta_r = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{gm,i}}{f_{gm,i}^c} - 1 \right| \times 100\% \quad (\text{E.3.3-2})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{gm,i}}{f_{gm,i}^c} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (\text{E.3.3-3})$$

式中： δ_r ——回归方程的强度值平均相对误差（%），应精确至 0.1%；

e_r ——回归方程的强度值相对标准差（%），应精确至 0.1%；

$f_{gm,i}^c$ ——第 i 个试件对灌浆料棱柱体试块抗压强度值，应精确至 0.1MPa；

$f_{gm,i}$ ——第 i 个试件对按回归方程计算的灌浆料抗压强度换算值，应精确至 0.1MPa；

n ——试件对的数量。

附录 F 预制构件预埋连接件锚固抗拔力检测

F.1 检测过程

F.1.1 检测设备可采用专业拉拔仪，应配有合适的试验连接装置，并应符合下列要求：

- 1 试验荷载应大于设备量程的 20%且不超过设备量程的 80%；
- 2 设备应能连续、平稳、速度可控地运行，测力系统测量允许偏差为全量程的 $\pm 2\%$ ；设备的液压加荷系统持荷时间不超过 5min 时，其降荷值不应大于 5%；
- 3 当加载设备出现异常情况经维修后，应重新送法定机构进行检定。

F.1.2 检测前的准备工作应包括下列内容：

- 1 确定检测数量：同一类型构件进场应按不超过 1000 件为一批，每批应随机抽取不少于 3 个构件进行检测，每个构件应检测 3 个连接件，数量不足 3 个时应全数检测。
- 2 检查检测设备状态。
- 3 确定检验荷载：
 - 1) 夹心墙板连接件的检验荷载宜由设计单位提供，也可根据相关材料的力学性能计算得到检验荷载值，具体计算公式如下：

$$F=0.9f_{yk}A_s \quad (\text{C.1.2})$$

式中： F ——检验荷载（kN），精确至 0.1kN；

f_{yk} ——材料屈服强度标准值（MPa）；

A_s ——材料应力截面面积（mm²）。

- 2) 吊装连接件的检验荷载宜由设计单位提供。

- 4 记录工程名称、楼号、楼层、连接件种类及具体位置、检测人员信息等。
- 5 预制构件混凝土强度应达到设计要求，混凝土表面平整度应满足试验要求。
- 6 检测前应在原始记录中描绘测点布置示意图，并在构件上做相应标注，与记录一一对应。

F.1.3 检测时应按下列规定执行：

- 1 预制构件预埋连接件锚固抗拔力采用拉拔法进行检测宜采用非破坏性方法，若设计有特殊要求，可采用破坏性方法。
- 2 检测前应根据连接件的形式选用适当的试验加载和支撑装置，并保证所施加的拉伸荷载与预埋件实际受力状态保持一致，且不改变可能的破坏形态。具体的试验加载连

接和支撑装置可参见本附录第 F.2 节。

3 对夹芯墙板连接件锚固抗拔力检测时，应选取有代表性的预埋连接件进行检测。相邻两个被测连接件的间距不应小于 300mm，被测连接件距构件边缘不应小于 150mm。

4 预制混凝土构件预埋件的抗拔力试验可采用连续加载或分级加载。试验过程中，若采用连续加载，施加力应连续、均匀，其速度应控制在 2~3min 内加荷至规定的检验荷载或样品破坏；若采用分级加载，应以预计检验荷载的 10%为一级，逐级加荷，每级荷载保持 2min，至设定荷载或锚固破坏。

5 在加载至检验荷载后，应通过设备稳压或人工补压的方式维持检验荷载 2min。

6 试验时，应采取有效措施防止试验装置脱落。

F.1.4 检测结果合格评价应符合下列规定：

1 在检验荷载作用下 2min，以混凝土基材无裂缝、破坏或连接件滑移等破坏现象出现为合格。

2 当构件所抽检的连接件锚固抗拔力全部合格时，则该构件判定为合格。

F.2 试验连接装置

F.2.1 锚固抗拔力试验装置如图 F.2.1 所示。

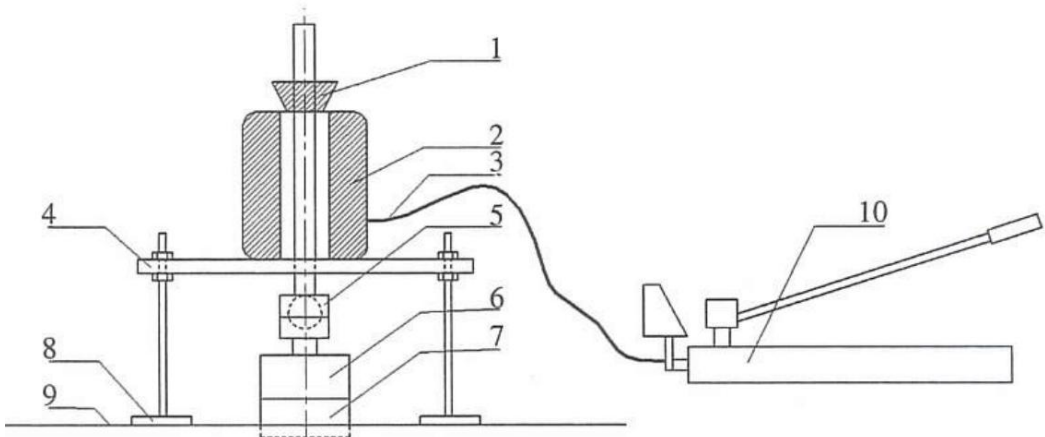


图 F.2.1 锚固抗拔力试验装置

1 一锁紧装置；2 一千斤顶；3 一油管；4 一支撑环；5 一球形连接支座；6 一加载连接装置；7 一连接件；8 一支撑角垫；9 一预制构件；10 一拉拔仪

F.2.2 加载连接装置构造及安装说明如下：

1 提升套筒试验加载连接装置形式见图 F.2.2-1，由夹持螺杆与螺纹接头组成。

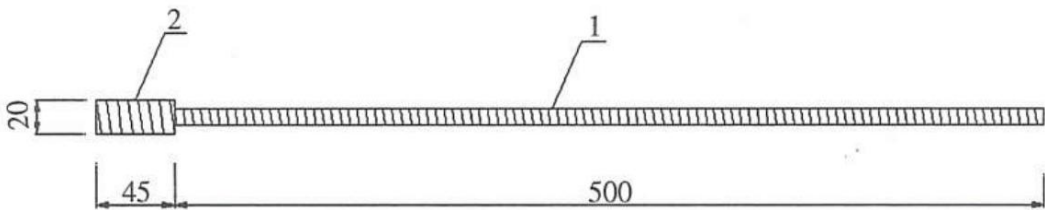


图 F.2.2-1 提升套筒试验加载连接装置

1 一夹持螺杆；2 一螺纹接头

2 吊环试验加载连接装置形式见图 F.2.2-2，由夹持螺杆和挂钩组成。

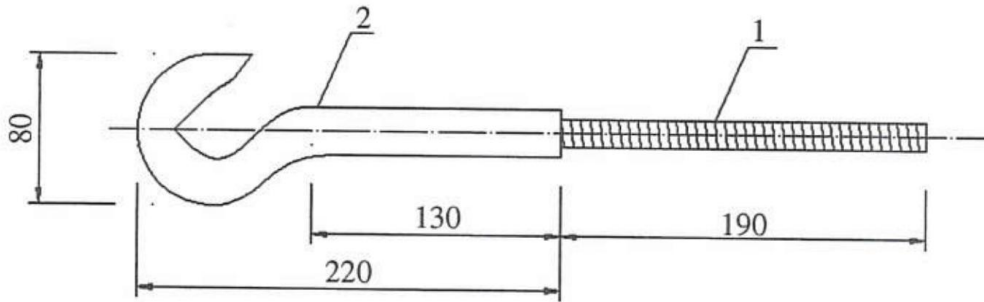


图 F.2.2-2 吊环试验加载连接装置

1 一夹持螺杆；2 一挂钩

3 吊钉试验加载连接装置形式见图 F.2.2-3，由夹持螺杆和套环组成。

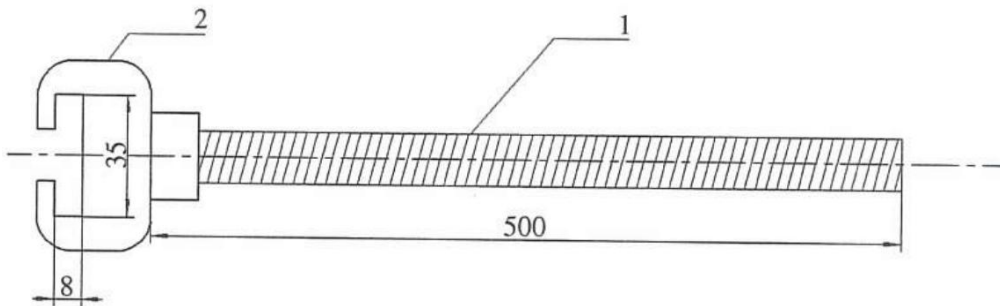
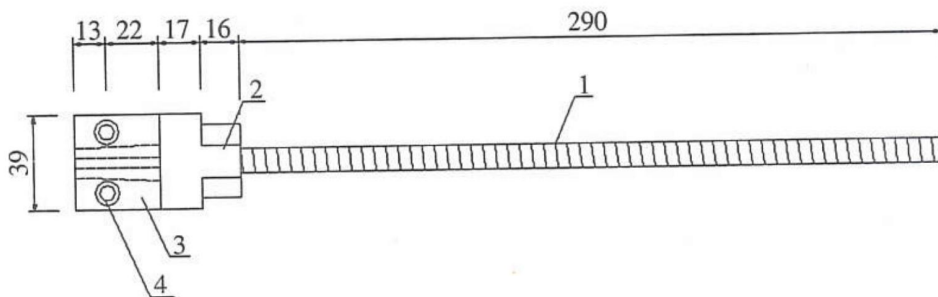


图 F.2.2-3 吊钉试验加载连接装置

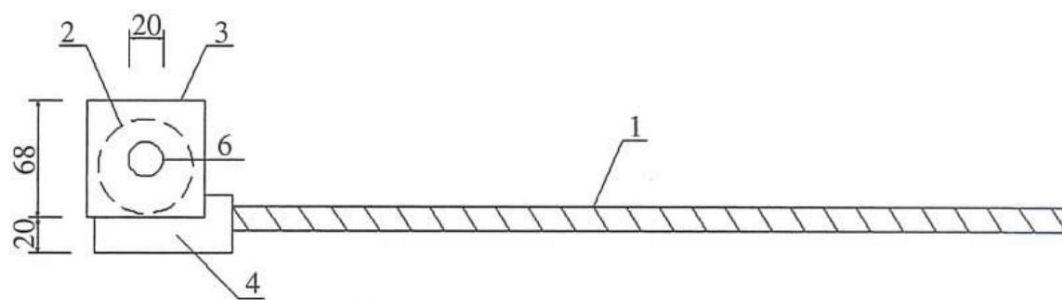
1 一夹持螺杆；2 一套环

4 纤维增强塑料连接件试验加载连接装置见图 F.2.2-4，由夹持螺杆、固定块、夹紧活动块、夹紧螺栓组成。

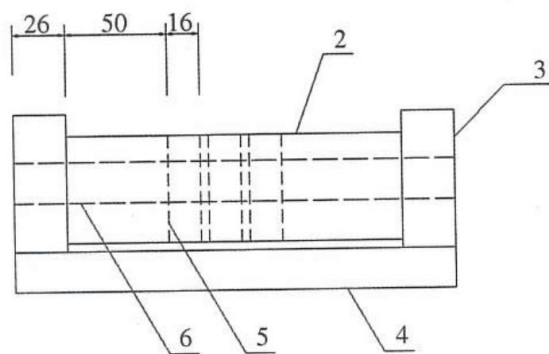
将纤维增强塑料连接件穿入试验加载连接装置中，用螺栓将固定块和夹紧块紧固，应使连接装置和连接件轴心始终保持一条直线上，确保连接件是轴心受力。在夹紧和拉伸过程中应保持纤维增强塑料连接件与墙板面垂直。



(a) 正视图



(b) 俯视图



(c) 侧视图

F.2.2-5 金属连接件试验加载连接装置图

1 一夹持螺杆；2 一压紧滚轮；3 一滚轮支座；4 一固定架；5 一贯穿孔；6 一滚筒偏心轴

附录 G 外墙板接缝防水性能检测

G.1 喷淋试验

G.1.1 喷淋试验应在混凝土外墙板接缝施工完成且密封胶固化后进行，试验前应关闭窗户、封闭各种预留洞口。

G.1.2 喷淋用水应使用洁净水源。喷淋试验应在墙体的室外侧选定接缝，喷淋覆盖的接缝长度应为 1.5m，现场喷淋试验应符合下列规定：

- 1 喷淋设备应便于安装和安全使用，宜具备水压、流量、时间自动记录装置。
- 2 喷嘴的出水口直径应为 (6.0 ± 0.2) mm，在 275kPa 水压力下的喷水角度 不应大于 80°；
- 3 与喷嘴相连的水管公称直径应为 20mm，且应配置控制阀和压力计；
- 4 喷嘴处的水压力值应控制在 200kPa~235kPa 之间；
- 5 喷嘴与墙体表面的距离应为 (700 ± 50) mm，应沿着与墙体表面垂直的方 向对选定的接缝进行喷水，在 1.5m 长度范围内连续往复喷水的时间不应少于 30min；喷淋试验自上而下进行，并在试验区域表面形成连续稳定的水膜；
- 6 喷淋过程中以及喷淋结束 1h 后，应在喷水部位和邻近区域的室内侧检查 接缝处有无渗漏，若存在渗漏现象，应记录渗漏的位置和特征；
- 7 对怀疑有渗漏的部位，可延长喷淋时间。

G.2 红外热成像法

G.2.1 红外热成像是基于物质干湿状态会影响其表面红外热辐射强度的原理，通过红外热成像技术把不可见的红外热辐射转变为可视图像，进而根据墙板表面的温度分布判定接缝渗漏的方法。

G.2.2 对混凝土外墙板接缝的隐性渗漏部位，可采用红外热像法进行检测，检测所采用的红外热成像仪应符合下列要求：

- 1 空间分辨力不应大于 1.5×10^{-3} rad；
- 2 温度分辨率不应大于 0.05℃；
- 3 探测器一般为不小于 320 像素×240 像素的非冷焦平面探测器；
- 4 工作波段宜在长波范围内，即 8~14μm。
- 5 测温一致性值不应超过±0.5℃；

6 测温范围宜在 $-20\sim+100^{\circ}\text{C}$ 范围内，此范围内图像应清晰、层次分明，且测量数据满足温度分辨率的要求；

7 工作环境温度应在 $-15\sim+50^{\circ}\text{C}$ 之间，工作环境相对湿度不大于 90%；

8 连续稳定工作时间不宜小于 2h；

9 应同时具备可见光拍摄的能力。

G.2.3 红外热成像法检测应符合下列要求：

1 在测区室内侧选择合适的观测点，观测点应能满足所拍摄的红外图像覆盖整个测区室内侧表面，同时记录相关检测信息，包括环境温度、测区表面材料、颜色等；

2 淋水开始前，应进行一次拍摄；

3 淋水过程中，应全程采用红外热成像仪持续观察，若发现温度分布图像发生异常变化，应立即拍摄；

4 淋水结束 5min 后，还应进行一次拍摄；

5 拍摄方向与测区表面的夹角不应超过 45° ；

6 拍摄过程中应避免仪器抖动；

7 单次红外拍摄的同时应拍摄可视照片；

8 检测得到的红外图像应标识其所对应测区及拍摄时间，原始图像应妥善保存，且不得进行修改。

G.2.4 渗漏区域的判定应符合下列要求：

1 单幅红外图像异常区域的最小温差参考值为 0.3°C ；

2 对由红外图像所识别的异常区域，应采用目视法细致检查，若发现渗漏现象，则判定该区域为渗漏区域。

附录 H 分部工程检测验收表

表 H.0.1 预制构件及部品进场检测验收表

单位（子单位）工程名称					分部（子分部）工程名称	
分项工程名称					验收部位	
施工单位					项目经理	
施工执行标准名称及编号						
本标准的规定				检测单位检测评定记录	监理（建设）单位验收记录	
主控项目	1	预制构件质量证明文件	4.1.1 条			
	2	预制构件结构性能检验报告	4.1.4 条			
	3	预制构件外观质量是否存在严重缺陷	4.3.2 条			
	4	预制构件内部质量是否存在严重缺陷	4.3.3 条			
	5	混凝土接合面粗糙度	4.4.4 条			
	6	混凝土抗压强度	4.5.2 条			
	7	预制构件钢筋	4.6.1 条			
	8	预埋保温拉结件锚固承载力	4.7.1 条			
	9	预埋吊件锚固承载力	4.8.1 条			
一般项目	1	预制构件尺寸偏差与挠度变形	4.2.1 条			
	2	预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线等规格型号、数量	4.2.2 条			
	3	预制构件外观是否存在一般缺陷	4.3.2 条			
	4	预制构件内部质量是否存在一般缺陷	4.3.3 条			
检测单位检测评定结果			检测人员： 复核人员：			年 月 日
监理（建设）单位验收结论			专业监理工程师：			年 月 日

表 H.0.2 预制构件安装检验批质量检测验收记录表

单位（子单位）工程名称					分部（子分部）工程名称	
分项工程名称					验收部位	
施工单位					项目经理	
施工执行标准名称及编号						
本标准的规定				检测单位检测 评定记录	监理（建设）单位验收记 录	
主控项目	1	连接材料力学性能（混凝土、灌浆料、其他）	5.2.1、5.3.1、5.4.1 条			
	2	连接节点力学性能（钢筋套筒、钢筋浆锚、植筋锚固）	6.2.1、6.3.1、6.4.1 条			
	3	混凝土结合面粘结强度	6.5.7 条			
	4	锚栓连接节点、焊接连接节点	6.6.1 条			
	5	连接节点灌浆饱满度	7.2.1 条			
	6	钢筋锚固长度	7.3.1 条			
	7	混凝土内部结合面质量	7.4.2 条			
	8	竖向构件底部接缝	7.5.1 条			
	9	外墙板接缝密封胶粘结质量	7.6.2 条			
	10	外墙板接缝的防水性能	7.6.7 条			
一般项目	1	预制构件安装实体尺寸偏差	8.1.1 条			
	2	预制构件安装实体变形	8.2.1、8.2.2、8.2.3 条			
检测单位检测评定结果			检测人员： 复核人员： 年 月 日			
监理（建设）单位验收结论			专业监理工程师： 年 月 日			

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

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，在正常情况下均应这样做的用词：

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) 表示可选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 2 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T51231
- 3 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204
- 4 《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》 GB/T 17671
- 5 《混凝土结构现场检测技术标准》 GB/T50784
- 6 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
- 7 《装配式住宅建筑检测技术标准》 JGJ/T 485
- 8 《混凝土中钢筋检测技术规程》 JGJ/T 152
- 9 《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》 GB/T 4883
- 10 《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》 GB/T 17671
- 11 《无损检测 X 射线数字成像检测检测方法》 GB/T 35388
- 12 《无损检测 X 射线数字成像检测导则》 GB/T 35389
- 13 《建筑防水工程现场检测技术规范》 JGJ/T 299
- 14 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》 JGJ355
- 15 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》 JGJ/T 384
- 16 《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》 JGJ/T 411
- 17 《雷达法检测混凝土结构技术标准》 JGJ/T 456
- 18 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 19 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》 JGJ/T 23
- 20 《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》 JG/T 561
- 21 《钢筋连接用套筒灌浆料》 JG/T 408
- 22 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 23 《钢筋焊接接头试验方法标准》 JGJ/T 27