

# 团 体 标 准

T/GSCIA 004—2026

---

## 装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测 技术标准

Technical Specification for Quality Inspection of Grouting in Concrete  
Precast Structure Connectors

2026-04-01 发布

2026-04-10 实施

---

甘肃省建筑业联合会 发布



# 团体标准

## 装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测 技术标准

Technical Specification for Quality Inspection of Grouting in Concrete Precast  
Structure Connectors

T/GSCIA 004—2026

主编单位：甘肃省建筑科学研究院（集团）有限公司

批准单位：甘肃省建筑业联合会

施行日期：2026年04月10日

2026 兰 州

# 关于发布《装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准》团体标准的公告

2026 年第 3 号

---

现批准《装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准》为团体标准，编号为 T/GSCIA004-2026，自 2026 年 4 月 10 日实施。

甘肃省建筑业联合会

2026 年 4 月 1 日

# 前 言

根据甘肃省建筑业联合会《关于团体标准〈装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准〉的立项公示》（甘建联函〔2024〕28号）的要求，为规范装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测，保证装配式混凝土结构质量，编制组进行了广泛调查研究，总结了工程实践经验，参考国内有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分5章和4个附录，主要内容有：总则、术语和符号、基本规定、灌浆料饱满性和密实性检测、灌浆料实体强度检测。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由甘肃省建筑业联合会负责管理，甘肃省建筑科学研究院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送至甘肃省建筑科学研究院（集团）有限公司《装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准》编制组（地址：甘肃省兰州市安宁区北滨河西路516号；邮编：730070）。

**主 编 单 位：** 甘肃省建筑科学研究院（集团）有限公司

**参 编 单 位：** 甘肃建投科技研发有限公司

**主 要 起 草 人：** 李俊杰 周 磊 秦 萍 田 恬 胡 欣  
蔡东伟 胡海涛 王建平

**主 要 审 查 人：** 马安刚 王惠玲 靳高明 万年青 马德祥



# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
3.1	材料	4
3.2	检测分类及检测方法	5
3.3	检测程序与要求	8
4	灌浆料饱满性和密实性检测	10
4.1	一般规定	10
4.2	预埋传感器法	10
4.3	预埋钢丝拉拔法	12
4.4	钻孔内窥镜法	14
4.5	X射线数字成像法	15
5	灌浆料实体强度检测	19
5.1	一般规定	19
5.2	回弹法	19
5.3	取样法	23
附录 A	预埋传感器法原始记录表	28
附录 B	预埋钢丝拉拔原始记录表	29
附录 C	钻孔内窥镜法原始记录表	30
附录 D	X射线数字成像法原始记录表	31
	本标准用词说明	32
	引用标准名录	33



# 1 总则

**1.0.1** 为推进我省装配式建筑健康发展，保证装配式混凝土结构钢筋套筒灌浆连接质量，规范灌浆质量的检测方法，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于装配式混凝土结构钢筋套筒灌浆连接质量的现场检测。

**1.0.3** 装配式混凝土结构钢筋套筒灌浆连接质量检测除应符合本标准外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

全国团体标准信息平台

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 钢筋套筒灌浆连接 grout sleeve splicing of rebars

在预制混凝土构件内预埋的金属套筒中插入钢筋并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋连接方式。

#### 2.1.2 灌浆饱满性 grouting plumpness

钢筋采用套筒灌浆方式连接时，灌浆结束并稳定后，套筒内水泥基灌浆料界面相对出浆孔位置的状态。

#### 2.1.3 灌浆密实性 grouting compactness

钢筋采用套筒灌浆方式连接时，灌浆结束并稳定后，套筒内除去灌空区后的填充状态。灌空区位于套筒内部，不与出浆孔连通。

#### 2.1.4 预埋传感器法 embedded sensor method

灌浆前在套筒出浆孔预埋阻尼振动传感器，灌浆结束后 5min~8min，通过传感器数据采集系统获得的振动能量值来判定灌浆饱满性的方法。

#### 2.1.5 预埋钢丝拉拔法 embedded steel wire drawing method

灌浆前在套筒出浆孔预埋光圆高强不锈钢钢丝，灌浆结束后自然养护 3d，对预埋钢丝进行拉拔，通过拉拔荷载值来判定灌浆饱满性的方法。

#### 2.1.6 钻孔内窥镜法 drilled hole endoscopy method

在套筒出浆孔或筒壁钻孔形成孔道，然后通过内窥镜测量水泥基灌浆料界面深度值来判定灌浆饱满性的方法。

#### 2.1.7 X 射线数字成像法 X-ray digital radiography method

用 X 射线透照预制混凝土构件，通过平板探测器接收图像信息并进行数字成像来判定套筒灌浆饱满性和灌浆密实性的方法。

#### 2.1.8 归一化灰度值 normalized grayscale value

用于定量描述灰度图像明暗程度的 0~1 之间的数值。

#### 2.1.9 注射补灌 injecting for supplementary grouting

通过注射器注射灌浆料至灌浆不饱满区或灌浆不密实区的技术。

## 2.2 符号

- $A_c$ —圆柱体试件抗压横截面面积。
- $F_c$ —圆柱体试件抗压强度试验的破坏荷载。
- $H_{gm}$ —套筒灌浆料回弹值的平均值。
- $f$ —圆柱体试件抗压强度换算值。
- $f_{cu}$ —棱柱体试件抗压强度值。
- $f_{cy}$ —圆柱体试件抗压强度值。
- $f_{gm}$ —套筒灌浆料抗压强度换算值。
- $f_{gm,e1}$ —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。
- $f_{gm,m}$ —套筒灌浆料抗压强度换算值的平均值。
- $S_{gm}$ —套筒灌浆料抗压强度换算值的标准差。
- $f_{gm,i}$ —第  $i$  个所检构件套筒灌浆料抗压强度换算值。
- $f_{gm,i}^c$ —第  $i$  个试件对套筒灌浆料棱柱体试块抗压强度值。
- $f_{cy}$ —圆柱体试件抗压强度试验值。
- $f_{m,i}^s$ —采用  $\beta_s$  计算得到的第  $i$  组圆柱体试件抗压强度换算值的平均值。
- $f_{cu,i}$ —第  $i$  组棱柱体试件抗压强度平均值。
- $h$ —直接量测的校准试件的实际厚度。
- $k$ —0.5 分位值的推定系数。
- $n$ —构件数量。
- $e_r$ —回归方程的强度值相对标准差。
- $\beta_s$ —圆柱体试件抗压强度专用换算系数。
- $\delta_r$ —回归方程的强度值平均相对误差。

### 3 基本规定

#### 3.1 材料

3.1.1 灌浆料性能及试验方法应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的有关规定，并应符合下列规定：

1 常温型灌浆料抗压强度应符合表 3.1.1-1 的要求且不应低于接头设计要求的灌浆料抗压强度；常温型灌浆料抗压强度试件尺寸应按 40mm×40mm×160mm 尺寸制作，其加水量应按常温型灌浆料产品说明书确定。

2 常温型灌浆料竖向膨胀率应符合表 3.1.1-2 的要求。

3 常温型灌浆料拌合物的工作性能应符合表 3.1.1-3 的要求，泌水率试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定。

表 3.1.1-1 常温型灌浆料抗压强度要求

时间（龄期）	抗压强度（N/mm <sup>2</sup> ）
1d	≥35
3d	≥60
28d	≥85

表 3.1.1-2 常温型灌浆料竖向膨胀率要求

项目	竖向膨胀率（%）
3h	0.02~2
24h 与 3h 差值	0.02~0.40

表 3.1.1-3 常温型灌浆料拌合物的工作性能要求

项目		技术指标
流动度（mm）	初始	≥300
	30min	≥260
泌水率（%）		0

4 低温型灌浆料性能及试验方法应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ355 的规定。

3.1.2 常温型封浆料抗压强度应符合表 3.1.2 的要求，且不应低于被连接构件的设计混凝土强度等级值，抗压强度试验方法应符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定；常温型封浆料抗压强度试件应按 40mm×40mm×160mm 尺寸制作，其加水量应按常温型封浆料产品说明书确定，试模材质应为钢质。

表 3.1.2 常温封浆料抗压强度要求

时间（龄期）	抗压强度（N/mm <sup>2</sup> ）
1d	≥30
3d	≥45
28d	≥55

**3.1.3** 低温型封浆料抗压强度及试验方法应符合《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ355 的规定。

**3.1.4** 灌浆料生产单位作为接头提供单位时，应提交所有使用接头规格的产品合格证、说明书、有效型式检验报告、出厂检测报告；施工单位、构件生产单位作为接头提供单位时，应完成所有使用接头规格的匹配检验。接头提供单位应对产品质量和检测报告负责，确保其性能满足工程安全性和耐久性要求。

**3.1.5** 灌浆施工中更换灌浆料时，施工单位应在灌浆施工前重新完成涉及接头规格的匹配检验及有关材料进场检验，且所有检验均应在监理单位（建设单位）、检测单位代表的见证下制作试件并一次合格。

**3.1.6** 施工现场灌浆料应采取防雨、防潮、防晒措施，且宜存储在室内。在有关检验完成前应留存工程实际使用的有效期内的灌浆料。

## 3.2 检测分类及检测方法

**3.2.1** 装配式混凝土结构钢筋连接用灌浆套筒灌浆质量的现场检测可分为施工及验收阶段检测、使用阶段检测。

**3.2.2** 套筒灌浆施工过程中，套筒灌浆密实度和饱满度检测，应在灌浆套筒接头型式检验合格的基础上进行。

**3.2.3** 常温型灌浆料进场时，应对常温型灌浆料拌合物 30min 流动度、泌水率及 3d 抗压强度、28d 抗压强度、3h 竖向膨胀率、24h 与 3h 竖向膨胀率差值进行检验，检验结果应符合本标准第 3.1.1 条的有关规定。

检查数量：同一成分、同一批号的灌浆料，不超过 50t 为一批，每批随机抽取不少于 30kg，并按现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的有关规定制作的 40mm×40mm×160mm 试件不应少于 2 组，并宜留设不少于 2 组试件，灌浆料接头试件、灌浆料试件标准养护室温度应为 20℃±2℃；灌浆料试件标准养护室相对湿度不宜低于 90%，

养护水的温度应为  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，制作试件还应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的有关规定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

**3.2.4** 灌浆施工中，应采用方便观察且有补浆功能的器具，或其他可靠手段对钢筋套筒灌浆连接接头的灌浆饱满性进行监测，并将监测结果记入灌浆施工质量检查论录。

检查数量：现浇与预制转换层应 100% 监测，其余楼层宜抽取数量不宜少于灌浆套筒总数的 20%，且每个构件宜抽取不少于 3 个灌浆套筒，其中每个外墙构件宜抽取不少于 5 个灌浆套筒。

检验方法：观察；检查施工记录、灌浆施工质量检查记录、影像资料；灌浆饱满性实体检验可采用局部钻孔后内窥方式或其他可靠方法。

**3.2.5** 灌浆施工过程中应密实饱满，所有出浆口均应平稳连续出浆，灌浆完成后灌浆套筒内灌浆料应密实饱满，并进行灌浆饱满性实体检验。

检查数量：外观全数检查。对灌浆饱满性进行实体抽检，现浇与预制转换层应抽取预制构件数不少于 5 件且灌浆套筒不少于 15 个，每个灌浆套筒检查 1 个点；其他楼层如施工记录、灌浆施工质量检查记录、影像资料齐全并可证明施工质量，且 100% 灌浆套筒已按本标准第 3.2.6 条的规定进行监测，可不进行灌浆饱满性实体抽检。

检验方法：观察；检查施工记录、灌浆施工质量检查记录、影像资料；灌浆饱满性实体检验可采用局部钻孔后内窥方式或其他可靠方法。

**3.2.6** 当施工过程中灌浆料抗压强度、灌浆接头抗拉强度、灌浆饱满性、灌浆套筒内钢筋插入长度不符合要求时，应按下列规定进行处理：

1 对于灌浆饱满性不符合要求的情况，经返工、返修的应重新进行验收；当无法返工、返修时，可委托具有资质的检测单位按实际灌浆饱满度制作接头试件，并按型式检验要求检验。如检验结果符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 第 5.0.7 条第 1 款、第 2 款要求可予以验收；如不符合，可按灌浆接头性能不合格进行处理。

2 对于灌浆料抗压强度不合格的情况，当满足灌浆料强度实体检验条件时，可委托具有资质的检测单位进行灌浆料实体强度检验。当实体强度检验结果符合设计要求时，可予以验收；如不符合，可按本条第 4 款进行处理。

3 对于灌浆料抗压强度不合格的情况，可委托具有资质的检测单位按灌浆料实际抗压强度制作接头试件按型式检验要求检验。如检验结果符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 第 5.0.7 条第 1 款、第 2 款要求，可予以验收，如不符合，可按灌浆

接头性能不合格进行处理。

4 对于灌浆接头性能不合格的情况，可根据实际抗拉强度和变形性能，由设计单位进行核算。当经核算并确认仍可满足结构安全和使用功能时，可予以验收；当核算不合格，经返修或加固处理能够满足结构可靠性要求时，应按现行国家标准的有关规定进行检测，根据处理文件和协商文件进行验收。

5 当无法进行处理时，应切除或拆除构件，重新安装构件并灌浆施工。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查处理记录。

3.2.7 施工及验收阶段检测应根据结构状况和现场条件选择适宜的检测方法，检测方法可按表 3.2.7 选择。

表 3.2.7 检测方法

序号	检测方法	检测指标	检测条件	备注
1	预埋传感器法	饱满性	事先预埋阻尼振动传感器，灌浆结束后 5min~8min 检测	当检测套筒灌浆不饱满时，应立即进行二次灌浆
2	预埋钢丝拉拔法	饱满性	事先预埋光圆高强不锈钢钢丝，灌浆结束后 3d 检测	钢丝拉拔前应避免受到扰动
3	钻孔内窥镜法	饱满性	灌浆结束后不少于 3d 检测	钻孔时应避免损伤套筒内部钢筋
4	X 射线数字成像法	饱满性、密实性	灌浆结束后不少于 7d 检测	现场应做好 X 射线防护工作
5	回弹法	强度	龄期 $\geq 7d$ ，检测面平整、无缺陷	回弹仪每构件 16 点取 10 点平均
6	取样法	强度	取样部位避开主筋、套筒	取样后及时修补孔洞

3.2.8 对已经投入使用的装配式混凝土结构需要检测套筒灌浆质量时，可进行使用阶段检测，检测方法可采用钻孔内窥镜法或 X 射线数字成像法。

3.2.9 当采用检测单位自行开发或引进的检测方法、检测仪器时，应符合下列规定：

- 1 方法应通过技术鉴定。
- 2 方法应与成熟的方法进行比对试验。
- 3 检测单位应有相应的检测细则，并提供测试误差或测试结果的不确定度。
- 4 在检测方案中应予以说明并经委托方同意。

### 3.3 检测程序与要求

3.3.1 装配式混凝土结构钢筋连接用灌浆套筒灌浆质量的现场检测宜按图 3.3.1 所示流程进行。

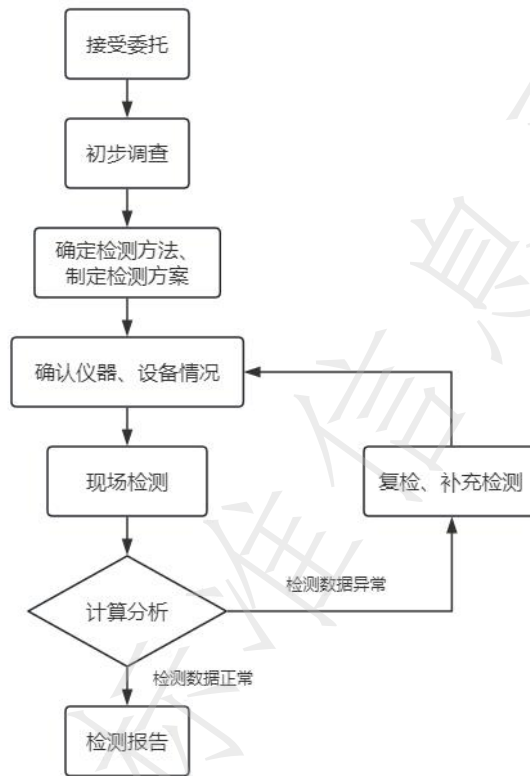


图 3.3.1 装配式混凝土结构钢筋连接用灌浆套筒灌浆质量检测工作流程图

3.3.2 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、吊装等相关资料。
- 3 灌浆材料产品规格型号和套筒进厂合格证明、产品说明等资料。
- 4 灌浆运输主要使用压力储罐、注入泵等设备使用前检查记录、注浆检查记录等资料。
- 5 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。
- 6 调查建筑结构的现状、缺陷、损伤、变形、维修和加固等实际状况。
- 7 调查建筑结构的使用环境、用途或荷载等实际状况。
- 8 向有关人员调查委托检测的原因以及其他异常情况。

3.3.3 检测方案应按相关规定经审批后实施，检测方案宜包括下列内容：

- 1 工程概况。

- 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。
- 9 破坏性检测的修复措施。

**3.3.4** 局部破损检测宜选择结构构件受力较小的部位,并经设计单位同意后,方可进行检测;现场检测工作结束后,应对受损部位进行修复,修复后的构件,应达到原有承载力要求。

**3.3.5** 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。

**3.3.6** 现场检测获取的数据或信息应符合下列规定:

- 1 人工记录时,宜用专用表格,并应做到数据准确、字迹清晰、信息完整,不应追记、涂改;当有笔误时,应进行杠改并签字确认。
- 2 仪器自动记录的数据应妥善保存,宜打印输出后经现场检测人员校对确认。
- 3 图像信息应标明获取信息的时间和位置。
- 4 原始记录应由检测人员和记录人员签字。

**3.3.7** 检测机构完成检测业务后,应及时出具检测报告,并符合下列规定:

1 检测报告中应当包括委托单位、工程名称、产品(样品)信息、检测项目和参数、主要设备名称和编号、代表数量(批次)、检测依据、检测场所地址、检测数据、检测结果、试验日期、报告日期、报告编号、见证和取样人员单位及姓名、检测机构名称等相关信息。

2 检测报告应字迹清晰、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,经检测人员、审核人员、报告批准人签署,并加盖检测专用章后方可生效。

3 有注册人员要求的专项检测,注册人员应在检测报告中签字、加盖注册执业印章。

4 多页纸质版检测报告还应当注明“第几页共几页”,并加盖骑缝章。见证取样的检测报告应当加盖见证取样专用章。

5 检测报告不得出现“仅对来样负责”字样。不具备独立法人资格的分支机构不得以分支机构名称出具检测报告。

**3.3.8** 检测机构应就委托方对报告提出的异议作出解释或说明。

## 4 灌浆料饱满性和密实性检测

### 4.1 一般规定

4.1.1 套筒灌浆饱满性可采用预埋传感器法、预埋钢丝拉拔法、钻孔内窥镜法、X 射线数字成像法进行检测。

4.1.2 当需要确定灌浆不饱满的缺陷长度时，应采用钻孔内窥镜法、X 射线数字成像法进行检测，并应符合下列规定：

1 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 射线数字成像法。

2 当具备预埋的条件时，可采用预埋传感器法或预埋钢丝拉拔法。

3 当对 X 射线数字成像法、预埋传感器法、预埋钢丝拉拔法检测结果有怀疑时，应采用钻孔内窥镜法进行验证。

4.1.3 采用预埋钢丝拉拔法或预埋传感器法检测套筒灌浆饱满性时，应符合国家现行相关标准的规定。

4.1.4 套筒灌浆密实性可采用 X 射线数字成像法进行检测。

### 4.2 预埋传感器法

4.2.1 预埋传感器法可分为电阻率法和电极法，可用于施工及验收阶段检测套筒灌浆饱满性。

4.2.2 采用连通腔灌浆时，单个构件上的测点宜选择灌浆机连接套筒或距离灌浆机连接套筒较远的套筒；采用单独套筒灌浆时，单个构件上的测点可随机选择。

4.2.3 采用电阻率法检测灌浆饱满度的检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1 灌浆饱满度智能测试仪应满足施工、现场施工操作环境及条件的要求。

2 传感器采用电极探头，其具有不粘水以及不粘干湿混凝土的特性。

3 电极探头线缆除电极处外，其余表面包覆憎水性材料，减少工作时对浆料的粘附，并具有耐压防腐防水的功能。

4 传感器（图 4.2.3）和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上线缆穿过孔的孔径应与线缆直径相同，端头核心元件直径不应大于 10.0mm，排气孔孔径不应小于 3.0mm。

5 传感器在工作状态下的初读数不应小于 225。

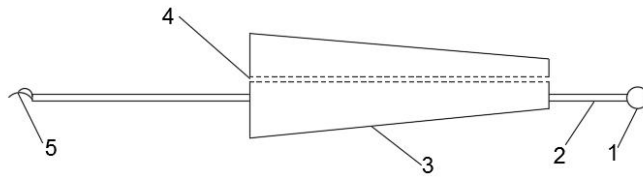


图 4.2.3 传感器示意

1—端头核心元件（电极探头或电容探头）；2—钢管；3—橡胶塞；4—排气孔；5—数据线

#### 4.2.4 采用电阻率法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

1 电极探头宜设置于套筒的出浆口，调节连接线缆长度，传感器端部电极不与中心钢筋相接触，线缆与钢筋连接方向保持垂直；对于全灌浆套筒连接，电极探头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，电极探头应伸至套筒内靠近远端套筒内壁位置。

2 电极探头也可通过套筒顶部橡胶塞设置于套筒内预定深度位置，线缆与钢筋连接方向保持平行；对于全灌浆或半灌浆套筒连接，电极探头宜伸至出浆口靠近钢筋表面位置，也可在套筒内多个深度位置埋设，以实现不同深度灌浆饱满度检测。

3 电极探头就位时，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。

4 灌浆前，可将灌浆饱满度智能测试仪与电极探头相连，开启电源，测试仪启动自检；灌浆过程中，可将灌浆饱满度智能测试仪与电极探头相连，实时监测探头的电阻值，检测灌浆饱满状态；灌浆结束 5min 后，再次查看灌浆饱满度智能测试仪监测探头的电阻值是否发生状态变化，并做好记录，防止操作过程中浆料发生回落。

4.2.5 套筒灌浆饱满度应根据检测电极位置灌浆饱满度智能测试仪输出的料位状态判断，灌浆饱满判读的料位宜根据平行试件模拟漏浆后测得的料位值确定。到达或高于检定位置时，料位显示值为 1，其余为 0。未接触浆料时，电阻值  $\geq 500\text{M}\Omega$ ；接触浆料后，检测到的浆料电阻值  $< 100\text{M}\Omega$ ，并随浆料固化时间变长，浆料电阻增大大约  $500\text{M}\Omega$ 。

#### 4.2.6 对采用电极法检测，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，可不饱满套筒的灌浆口进行补灌。

2 对于单独灌浆方式，可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。

4 如套筒灌浆存在不饱满且灌浆料已凝固，可在该套筒外结构表面粘贴编号，同时采

用智能测试仪的扫码器扫描该二维码，记录和保存该灌浆套筒编号，为后期加固补强提供位置信息。

**4.2.7** 采用预埋传感器法检测套筒灌浆饱满性前的准备工作应符合下列规定：

- 1 应保证检测设备正常。
- 2 应记录工程基本信息、执行标准、检测设备信息等。

**4.2.8** 采用预埋传感器法检测套筒灌浆饱满性时应符合下列规定：

1 安装时，应将传感器沿套筒出浆孔水平伸至套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面位置，传感器端头核心元件应呈侧向状态，橡胶塞的排气孔应位于正上方并保持通畅（图 4.2.3），橡胶塞应在出浆孔紧固到位。

- 2 灌浆前，应通过灌浆饱满性检测仪检测传感器在工作状态下的初读数，并做好记录。
- 3 灌浆结束时封堵灌浆孔应及时、快速。
- 4 灌浆结束后 5min~8min，应再次通过灌浆饱满性检测仪检测传感器的读数，并做好记录。

**4.2.9** 采用预埋传感器法检测套筒灌浆饱满性的原始记录可按本标准附录 A 执行。

**4.2.10** 采用预埋传感器法检测套筒灌浆饱满性的判定准则应符合下列规定：

- 1 对受检套筒，当传感器振动能量值不小于 0 且不大于 150 时，应判定灌浆饱满。
- 2 当传感器振动能量值大于 150 且不大于 255 时，应判定灌浆不饱满。

**4.2.11** 对首次灌浆不饱满的套筒应立即进行二次灌浆，并应进行复测。

**4.2.12** 经检验二次灌浆饱满度仍不符合要求时，应立即停止相关作业，由技术负责人组织质检人员及监理单位进行专项评估分析，并根据评估结果编制处理方案，经审批后实施。

## 4.3 预埋钢丝拉拔法

**4.3.1** 预埋钢丝拉拔法可用于施工及验收阶段检测套筒灌浆饱满性。

**4.3.2** 采用连通腔灌浆时，单个构件上的测点宜选择灌浆机连接套筒或距离灌浆机连接套筒较远的套筒；采用单独套筒灌浆时，单个构件上的测点可随机选择。

**4.3.3** 拉拔仪应符合下列规定：

- 1 拉拔仪量程不宜小于 5kN，且不宜大于 15kN，最小分辨率不应高于 0.01kN。
- 2 拉拔仪每年应至少校准一次。

**4.3.4** 辅助工具及材料应符合下列规定：

1 钢丝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 5.0mm±0.1mm，钢丝应包括锚固段、隔离段和拉拔段，如图 4.3.4 所示。

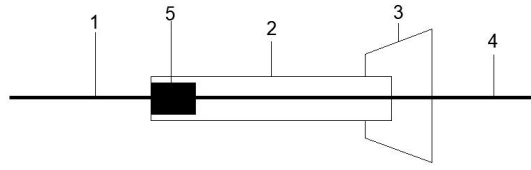


图 4.3.4 钢丝示意

1—钢丝锚固段；2—钢丝隔离段；3—橡胶塞；4—钢丝拉拔段；5—锚件

2 钢丝锚固段长度应为  $30.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。

3 钢丝隔离段应与灌浆料浆体有效隔离。

4 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，材质需满足耐碱、耐压、低变形的工程要求。

5 钢丝拉拔段长度应满足拉拔仪要求。

4.3.5 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满性前的准备工作应符合下列规定：

1 应保证检测设备正常。

2 应记录工程基本信息、执行标准、检测设备信息等。

4.3.6 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满性时应符合下列规定：

1 应根据预制构件表面的出浆孔到套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面的垂直距离，以及钢丝锚固段的长度，确定钢丝隔离段的长度和橡胶塞在钢丝上的位置。

2 将钢丝沿套筒出浆孔插入时，应在橡胶塞和出浆孔之间留有一定空隙，待灌浆料浆体流出时再用橡胶塞封堵出浆孔，封堵后应确保钢丝锚固长度符合要求。

3 灌浆结束时封堵灌浆孔应及时、快速。

4 灌浆结束后自然养护期间应做好现场防护工作，钢丝不应受到扰动。

5 灌浆结束后自然养护 3d，应对预埋钢丝实施拉拔；拉拔时，拉拔仪应与预埋钢丝对中连接，加载方向应与钢丝轴线方向重合，加载速度应控制在  $0.15\text{kN/s} \sim 0.50\text{kN/s}$ ，应连续均匀施加荷载直至钢丝被完全拔出，并记录极限拉拔荷载值，精确至 0.1kN。

4.3.7 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满性的原始记录可按本标准附录 B 执行。

4.3.8 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满性的判定准则应符合下列规定：

1 取同一批测点极限拉拔荷载值中 3 个最大值的平均值，该平均值的 60%记为 a，该平均值的 40%记为 b；当测点极限拉拔荷载值大于 a 且不小于 1.5kN 时，应判定测点对应套

筒灌浆饱满；当测点极限拉拔荷载值小于  $b$  或小于 1.0kN 时，应判定测点对应套筒灌浆不饱满。

2 其他情况应进一步结合内窥镜校核结果进行判定。

4.3.9 施工阶段套筒灌浆饱满度检测时，对预埋钢丝拉拔法检测灌浆不饱满的套筒，检测人员应及时反馈委托人进行注射补灌处理。

## 4.4 钻孔内窥镜法

4.4.1 钻孔内窥镜法可用于施工及验收阶段、使用阶段检测套筒灌浆饱满性。

4.4.2 采用连通腔灌浆时，单个构件上的测点宜选择灌浆机连接套筒或距离灌浆机连接套筒较远的套筒；采用单独套筒灌浆或不能确定灌浆方式时，单个构件上的测点可随机选择。

4.4.3 钻孔设备应符合下列规定：

- 1 钻头外径宜略小于套筒出浆孔内径。
- 2 钻头有效工作长度应满足钻孔长度要求。

4.4.4 内窥镜应符合下列规定：

- 1 内窥镜探头直径宜为 3.5mm~7.0mm。
- 2 内窥镜应具备测量镜头，量程不宜小于 80.0mm。
- 3 内窥镜摄像头电荷耦合元件（CCD）原生像素值不宜低于 40 万像素单位。

4.4.5 采用钻孔内窥镜法检测套筒灌浆饱满性前的准备工作应符合下列规定：

- 1 应保证灌浆龄期不低于 3d。
- 2 应保证检测设备正常。
- 3 应记录工程基本信息、执行标准、检测设备信息等。

4.4.6 在套筒出浆孔钻孔检测套筒灌浆饱满性时应符合下列规定：

1 对于未装修的建筑，可结合图纸或目测确定套筒和出浆孔的位置；对于已装修的建筑，宜首先结合图纸并通过钢筋探测仪确定套筒位置，然后将局部破损装修层露出套筒出浆孔。

2 用钻孔设备钻孔时应符合下列规定：

- 1) 钻头应对准套筒出浆孔，钻头行进方向应始终与出浆孔管道保持一致。
- 2) 在钻头行进过程中，应至少中断两次，及时进行清孔。
- 3) 当钻头碰触到套筒内钢筋或套筒内壁发出钢与钢接触异样声响，或钻头到达预先

计算得出的指定深度时，应立即停止钻孔。

4) 停止钻孔后，应再次进行清孔。

3 用内窥镜测量灌浆缺陷深度时，如图 4.4.6 所示，应符合下列规定：

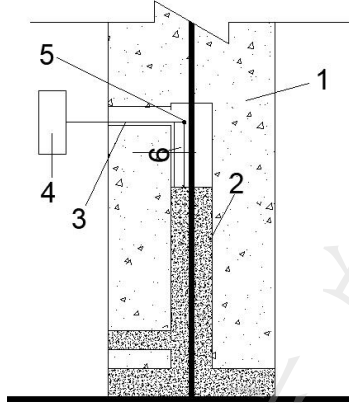


图 4.4.6 内窥镜测量灌浆缺陷深度示意

1—预制构件；2—灌浆套筒；3—钻孔孔道下沿；4—内窥镜；5—测量镜头；6—灌浆缺陷深度

1) 应将带测量镜头的内窥镜探头沿钻孔孔道下沿水平伸入套筒内部。

2) 可测量套筒内靠近出浆孔一侧的灌浆料界面相对测量镜头的深度，精确到 0.1mm。

4.4.7 当套筒出浆孔不具备钻孔条件时，可在套筒筒壁合适位置处钻孔检测套筒灌浆饱满性。

4.4.8 采用钻孔内窥镜法检测套筒灌浆饱满性的原始记录可按本标准附录 C 执行。

4.4.9 在套筒出浆孔钻孔检测套筒灌浆饱满性的判定准则应符合下列规定：

1 当套筒内灌浆料界面不低于内窥镜测量镜头伸入位置时，应判定灌浆饱满。

2 当套筒内灌浆料界面低于内窥镜测量镜头伸入位置时，应判定灌浆不饱满并记录灌浆缺陷深度。

4.4.10 在套筒筒壁钻孔检测套筒灌浆饱满性的结果判定应结合钻孔位置进行综合分析。

4.4.11 施工阶段套筒灌浆灌浆饱满度检测时，对钻孔内窥镜法检测灌浆不饱满的套筒，检测人员及时反馈委托人进行注射补灌处理；对钻孔内窥镜法检测灌浆饱满的套筒，也宜通过注射浆体填充钻孔孔道。

## 4.5 X 射线数字成像法

4.5.1 X 射线数字成像法可用于施工及验收阶段、使用阶段检测套筒灌浆饱满性和灌浆密实性。

4.5.2 采用 X 射线数字成像法进行检测作业时必须采取辐射防护措施，防护措施应符合下

列要求：

- 1 进行 X 射线法作业的检测单位必须具有辐射安全许可证。
- 2 所有从事 X 射线检测的人员在上岗前应进行安全和防护的培训。
- 3 辐射防护还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、《工业探伤放射防护标准》GBZ 117 的有关规定。
- 4 应持有国家认可的射线检测资格证书。

**4.5.3** 采用连通腔灌浆时，单个构件上的测点宜选择灌浆机连接套筒或距离灌浆机连接套筒较远的套筒；采用单独套筒灌浆或不能确定灌浆方式时，单个构件上的测点可随机选择。

**4.5.4** 采用 X 射线数字成像法检测时，宜采用便携式 X 射线探伤仪。对预制剪力墙内单排检测的基本要求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。

**4.5.5** 便携式 X 射线探伤仪的最大管电压宜为 250kV~300kV，平板探测器的分辨率不宜低于 2.5lp/mm。

**4.5.6** 中央控制器（箱）可设置的最长延迟开启时间不应低于 180s，控制器（箱）与便携式 X 射线机的连接电缆不应短于 20m。

**4.5.7** 采用 X 射线数字成像法检测套筒灌浆饱满性和灌浆密实性前的准备工作应符合下列规定：

- 1 应保证灌浆龄期不低于 7d。
- 2 应对检测设备及辐射报警装置进行检查，确保所有设备运转正常。
- 3 应对检测工作相关信息进行记录，包括工程名称、构件位置、套筒具体位置、执行标准、检测设备信息、检测人员信息等。

**4.5.8** 采用 X 射线数字成像法检测套筒灌浆饱满性和灌浆密实性时，如图 4.5.8 所示，应符合下列规定：

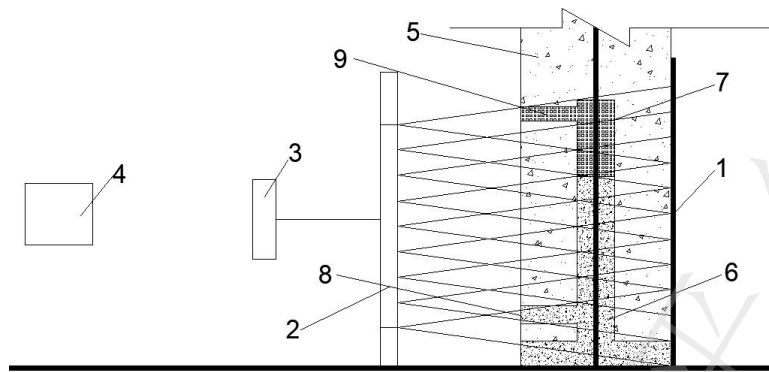


图 4.5.8 采用 X 射线数字成像法检测套筒灌浆饱满性和灌浆密实性的示意

- 1—平板探测器；2—X 射线探伤仪；3—中央控制器；4—计算机；5—预制构件；6—灌浆套筒；  
7—灌浆缺陷；8—灌浆口；9—出浆口

1 对于未装修的建筑，可结合图纸或目测确定套筒、灌浆孔和出浆孔的位置；对于已装修的建筑，宜结合图纸并通过钢筋探测仪确定套筒位置。

2 平板探测器就位，位于预制构件的一侧，应紧贴构件的表面。

3 X 射线探伤仪就位，位于预制构件的另一侧，应根据事先试验确定的数值，调节 X 射线探伤仪的焦距，使其符合检测规定。

4 应将 X 射线探伤仪与中央控制器相连。

5 应根据事先试验确定的数值设置管电压、管电流、曝光时间及延迟开启时间。

6 开始检测前，现场所有人员应退到安全距离以外，检测时人员所在处辐射剂量当量率不应大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

7 开始检测时，X 射线探伤仪发射 X 射线，X 射线穿过预制构件应在平板探测器上实时成像。

8 图像采集时，宜通过平板探测器与计算机之间的有线或无线传输，实现计算机远程实时接收图像。

**4.5.9** 采用 X 射线数字成像法检测套筒灌浆饱满性和灌浆密实性的原始记录可按本标准附录 D 执行。

**4.5.10** 对采用 X 射线数字成像法检测获得的图像宜进行归一化灰度分析，图像处理应符合下列规定：

- 1 评片人员应持有相关行业或者专业组织颁发的 2（II）级或以上射线检测资格证书。
- 2 采用工业胶片成像，暗室处理参数应通过试验确定，并通过专业观片灯评定检测结果；采用 CR 成像或 DR 成像，应通过专业设备软件进行图像处理，并评定检测结果。
- 3 宜优先识别出灌浆料固化液面及锚固钢筋轮廓，必要时可结合黑度值或灰度值进行

评价。

4 进行尺寸测量时，还应考虑透射照相的投影关系，对测量数值进行修正。

**4.5.11** 采用 X 射线数字成像法检测套筒灌浆饱满性和灌浆密实性的判定准则应符合下列规定：

1 当套筒灌浆区归一化灰度值不小于 0 且不大于 0.65 时，应判定灌浆饱满性或灌浆密实性符合要求。

2 当套筒灌浆区归一化灰度值不小于 0.85 且不大于 1.0 时，应判定灌浆饱满性或灌浆密实性不符合要求。

3 当套筒灌浆区归一化灰度值介于 0.65 和 0.85 之间或对以上判定有疑问时，可结合其他检测方法综合判定或通过局部破损法进行验证。

**4.5.12** 在 X 射线数字成像法检测获得的图像上测量灌浆缺陷区的尺寸时，应先通过已知尺寸标定 X 射线数字成像时的放大倍数。

**4.5.13** 施工阶段套筒灌浆灌浆饱满度检测时，对 X 射线数字成像法检测灌浆不饱满或灌浆不密实的套筒，检测人员应及时反馈委托人进行注射补灌处理。

## 5 灌浆料实体强度检测

### 5.1 一般规定

5.1.1 钢筋连接用套筒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 对采用聚氯乙烯（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。

4 钢筋连接用套筒灌浆料粘结强度可采用预埋钢丝拉拔法进行检测，具体检测方法见本标准 4.3 节。

5.1.2 采用取样法检测灌浆料实体强度时，应符合国家现行相关标准的规定。

5.1.3 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。

### 5.2 回弹法

5.2.1 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。

5.2.2 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，应平稳地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。

5.2.3 采用回弹法检测灌浆料实体强度时，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℃。

**5.2.4** 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  $(895 \pm 20)$  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  $\pm 12$ ，示值重复性不应大于 12。

**5.2.5** 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℃~35℃ 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。

**5.2.6** 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样数量不宜少于 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。

**5.2.7** 套筒灌浆料抗压强度换算值宜按本标准 5.2.8 条、5.2.9 条、5.2.12 条的规定建立专用测强曲线进行计算。当遇下列情况之一时，应采用专用测强曲线计算套筒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。

**5.2.8** 当缺少专用测强曲线时，可按下式计算套筒灌浆料抗压强度换算值：

$$f_{gm} = 4.7341e^{0.0051H_{gm}} \quad (5.2.8)$$

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。

**5.2.9** 当按单个构件推定时，套筒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 检测批的套筒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：

$$f_{gm,e1} = f_{gm,m} + k \cdot S_{gm} \quad (5.2.9-1)$$

$$f_{gm,e2} = f_{gm,m} - k \cdot S_{gm} \quad (5.2.9-2)$$

$$f_{gm,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{gm,i} \quad (5.2.9-3)$$

$$S_{gm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{gm,i} - f_{gm,m})^2}{n-1}} \quad (5.2.9-4)$$

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 套筒灌浆料抗压强度上限值  $f_{gm,e1}$  和套筒灌浆料抗压强度下限值  $f_{gm,e2}$  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  $f_{gm,m}$  作为检测批套筒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套筒灌浆料抗压强度推定值。

**5.2.10** 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，如图 5.2.10 所示，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  $(18 \pm 1)$  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。

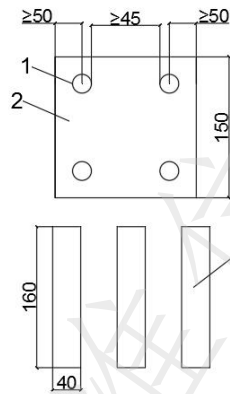


图 5.2.10 试件对示意图

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

4 混凝土试块在标准条件下养护 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。

#### 5.2.11 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  $3\text{N}/\text{mm}^2 \sim 5\text{N}/\text{mm}^2$  的竖向压力值对试件进行固定，应采用符合本标准第 5.2.3 条规定的回弹仪，并按本标准第 5.2.6 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。

#### 5.2.12 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：

$$f_{gm} = \alpha \cdot e^{\beta \cdot H_{gm}} \quad (5.2.12-1)$$

式中： $\alpha$ 、 $\beta$ —回归系数。

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

$$\delta_r = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{gm,i}}{f_{gm,i}^c} - 1 \right| \times 100\% \quad (5.2.12-2)$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{f_{gm,i}}{f_{gm,i}^c} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (5.2.12-3)$$

式中： $\delta_r$ —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*个试件对套筒灌浆料棱柱体试块抗压强度值，应精确至 $0.1\text{MPa}$ ；

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

$n$ —试件对的数量。

## 5.3 取样法

5.3.1 灌浆料实体强度检测中，取样法可适用于以下情况：

- 1 对已灌浆连接的套筒灌浆料实体强度存在怀疑或争议。
- 2 标准试块的数量不足或者标准试块缺失。
- 3 实验室送检的标准试块抗压强度检验结果不合格。
- 4 平行接头试件抗拉强度检验结果不合格。
- 5 对装配式混凝土结构进行性能鉴定时，需要了解钢筋套筒灌浆连接的灌浆料强度。
- 6 其他需要检测的情况。

5.3.2 检测工作开始前，宜具备下列资料信息：

- 1 工程名称与地址及设计、施工、监理和建设单位名称。
- 2 相关的设计图纸、施工资料等。
- 3 构件种类、外形尺寸和数量。
- 4 灌浆料品牌、规格型号、强度设计值。

- 5 灌浆管和排浆管的种类、管材及管径。
- 6 灌浆日期、搅拌工艺、灌浆工艺和灌浆时环境温度等施工记录。
- 7 灌浆质量状况。
- 8 灌浆料标准试块强度检验报告。

**5.3.3** 在同一检测批内，取样部位应兼顾取样的可行性和代表性。

**5.3.4** 检测宜采用外接延长管取样方法；对套筒灌浆管、排浆管长度大于 50mm 的混凝土构件，可采用钻芯取样方法；对楼梯间等无楼板部位采用连通腔灌浆法施工的构件，当接缝层厚度不小于 20mm 时，可采用沿竖向构件底部接缝处钻芯取样方法。

**5.3.5** 当在套筒排浆管部位钻芯取样时，应选取内部浆料饱满的排浆管。

**5.3.6** 外接延长管宜为在排浆管末端安装的 L 形管，管内径宜为 18mm~22mm，可供取样的竖向管直线段长度不宜小于 100mm，可供取样的水平管直线段长度不宜小于 50mm。

**5.3.7** 外接延长管取样检测应先安装外接延长管，再进行灌浆施工，灌浆施工结束后，应对外接延长管采取保护措施，确保其不损坏、不变形。

**5.3.8** 内含灌浆料的外接延长管应由检测机构在现场取样，应选取管内浆料直线段有效长度不低于 50mm 的外接延长管。

**5.3.9** 圆柱体样品可采用切割工具沿纵向划开外接延长管直线段取出。

**5.3.10** 检查灌浆料圆柱体样品的外观质量，应无明显缺陷，目测圆柱体外形应无异常；测量灌浆料圆柱体样品的长度，有效长度不宜小于 50mm。

**5.3.11** 圆柱体样品钻取部位应符合下列规定：

- 1 应避免开主筋、预埋管线，且不应损伤套筒。
- 2 宜沿着构件灌浆管轴线布设方向钻取。
- 3 当排浆管内浆料饱满时，可在构件出浆口沿着排浆管轴线布设方向钻取；当灌浆管直径大于排浆管直径时，宜在构件灌浆口沿着灌浆管轴线布设方向钻取。
- 4 在楼梯间的无楼板部位，可沿着竖向构件底部接缝处钻取，当为外墙底部接缝时，应在室内一侧钻取，并应避免分仓料部位。

**5.3.12** 钻芯机使用的钻头直径应符合下列规定：

- 1 当沿着灌浆管或排浆管钻取时，钻头内径宜比灌浆管或排浆管外径大 10mm~20mm。
- 2 当对竖向构件底部接缝处钻芯取样时，钻头内径不应大于 19mm，且不应小于 17mm。

**5.3.13** 钻芯取样前应预估灌浆料圆柱体样品的有效长度，宜选择在预估有效长度不小于 50mm 的部位钻取。

**5.3.14** 钻芯机操作应符合下列规定：

- 1 钻芯机就位后应固定平稳。
- 2 钻芯机在未安装钻头之前，应先通电确认主轴的旋转方向与连接头旋转方向相同。
- 3 钻取芯样时用于冷却钻头和排除混凝土碎屑的冷却水流量宜为 2L/min~4L/min。
- 4 钻取芯样时宜保持匀速钻进。

**5.3.15** 取出内含灌浆料的混凝土芯样后，应选择不损伤灌浆料的切割方式取出内部的灌浆料圆柱体样品；对于底部接缝处的灌浆料样品，应剔除封浆料等非灌浆料部分。

**5.3.16** 当圆柱体样品的外观质量和尺寸不满足本标准第 5.3.10 条的规定时，应重新选择位置钻取。

**5.3.17** 对钻芯后留下的孔洞应及时进行修补。

**5.3.18** 对圆柱体样品应进行标记，记录取样信息，并宜留存照片。记录信息应包括构件编号、套筒编号和取样部位，取样部位可为灌浆管、排浆管、外接延长管或底部接缝。

**5.3.19** 样品应采取保护措施，避免在运输和贮存中损坏。

**5.3.20** 从灌浆管、排浆管、外接延长管或竖向构件底部接缝获取的灌浆料圆柱体样品应加工成符合本章规定的圆柱体试件。

**5.3.21** 圆柱体试件的直径宜为 17mm~23mm，同一检测批参与抗压强度推定的圆柱体试件尺寸宜统一。

**5.3.22** 圆柱体试件的高径比 (H/d) 应为 0.95~1.05，一个圆柱体样品应只加工成一个试件。

**5.3.23** 锯切后圆柱体试件的两端面应平行且与其轴线垂直，并应保证锯切端面平整光滑。

**5.3.24** 当端面不平整、不光滑，或与轴线不垂直时，可采用磨平机对端面进行磨平处理，确保端面平整、光滑，且与圆柱体轴线垂直。

**5.3.25** 对加工好的圆柱体试件应记录试件的编号、直径和高度。

**5.3.26** 在试验前应按下下列规定测量圆柱体试件的尺寸：

1 平均直径应采用游标卡尺进行测量，在圆柱体试件上部、中部和下部相互垂直的两个位置上共测量 6 次，取测量的算术平均值作为圆柱体试件的直径，精确至 0.02mm。

2 圆柱体试件高度应采用游标卡尺进行测量，沿着圆周 4 等分，测量 4 处，取测量的算术平均值作为圆柱体试件的高度，精确至 0.02mm。

3 不垂直度应采用游标量角器测量圆柱体试件两个端面与母线的夹角，沿着圆周 4 等分，测量 4 处，计算所测夹角与直角 90° 的差值，取绝对值的最大值作为圆柱体试件的不垂直度，精确至 2'。

4 可采用钢板尺或角尺紧靠在圆柱体试件承压面，一边转动尺子，一边用片状塞尺测量钢板尺或角尺与圆柱体试件承压面之间的缝隙，取最大间隙值为圆柱体试件的端面平整度，精确至 0.02mm。

5.3.27 圆柱体试件出现下列情况时，对应的试件不宜进行试验：

- 1 试件的实际高径比小于 0.95 或者大于 1.05。
- 2 试件端面与轴线的垂直度偏差超过 20' 。
- 3 试件端面平整度在直径尺寸范围内超过 0.02mm。
- 4 沿圆柱体试件高度的任一直径与平均直径相差超过 1.0mm。
- 5 试件有明显缺陷。

5.3.28 圆柱体试件抗压强度试验值应按下列式计算：

$$f_{cy} = \frac{F_c}{A_c} \quad (5.3.28)$$

式中： $f_{cy}$ —圆柱体试件抗压强度试验值（MPa），精确至 0.1MPa。

$F_c$ —圆柱体试件抗压强度试验的破坏荷载（N）。

$A_c$ —圆柱体试件抗压横截面面积（mm<sup>2</sup>）。

5.3.29 圆柱体试件抗压强度换算值可按下列式计算：

$$f = \beta \cdot f_{cy} \quad (5.3.29)$$

式中： $f$ —圆柱体试件抗压强度换算值（MPa），精确到 0.1MPa。

$\beta$ —圆柱体试件抗压强度换算系数。

5.3.30 圆柱体试件抗压强度换算系数 $\beta$ 应按下列规定确定：

1 试件的直径和高径比符合本标准规定，且圆柱体试件抗压强度试验平均值在 60MPa~100MPa 之间时， $\beta$ 取 1.20。

2 试件尺寸不符合本标准的规定或圆柱体试件抗压强度试验平均值不在 60MPa~100MPa 之间时，应符合下列规定：

1) 应对各组试件测得的 $f_{cu,i}$ 和 $f_{cy,i}$ 进行回归计算分析，确定圆柱体试件抗压强度专用换算系数。

2) 回归方程式宜采用下列函数关系式：

$$f_{cu} = \beta_s \cdot f_{cy} \quad (5.3.30-1)$$

式中： $f_{cu}$ —棱柱体试件抗压强度值，回归方程式的因变量（MPa）。

$f_{cy}$ —圆柱体试件抗压强度值，回归方程式的自变量（MPa）。

$\beta_s$ —圆柱体试件抗压强度专用换算系数，确定至 0.01。

3) 应采用下式计算回归方程式的强度值平均相对误差 $\delta$ ， $\delta$ 不应大于 12.0%。

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{m,i}^s}{f_{cu,i}} - 1 \right| \times 100\% \quad (5.3.30-2)$$

式中： $\delta$ —回归方程式的强度值平均相对误差（%），精确至 0.1。

$f_{m,i}^s$ —采用 $\beta_s$ 计算得到的第*i*组圆柱体试件抗压强度换算值的平均值（MPa），精确至 0.1MPa。

$f_{cu,i}$ —第*i*组棱柱体试件抗压强度平均值（MPa），精确至 0.1MPa。

*n*—制定回归方程式的试件组数。

4) 强度值平均相对误差 $\delta$ 不满足本条第 3 款规定时，应增加试件数量补充试验，根据试验结果重新确定回归方程式，直到满足要求后，换算系数才可用于圆柱体试件的强度值换算。

**5.3.31** 取样法确定检测批的灌浆料抗压强度推定值时，有效的圆柱体试件抗压强度换算值的数量不宜少于 21 个。

**5.3.32** 检测批灌浆料抗压强度的推定值应按本标准 5.2.9 条方法计算。

**5.3.33** 取样法确定检测批灌浆料抗压强度推定值时，可剔除圆柱体试件抗压强度样本中的异常值。剔除规则应按现行国家标准《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 的有关规定执行。当确有试验依据时，可对圆柱体试件抗压强度样本的标准差 *s* 进行符合实际情况的修正或调整。

**5.3.34** 取样法检测套筒灌浆料抗压强度应符合国家现行相关标准的规定。









## 本标准用词说明

1 为了便于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：

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：

正面采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件允许时首先应这样做的：

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，采用“可”。

2 本标准中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 2 《建筑工程检测试验技术管理规范》JGJ 190
- 3 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 4 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 5 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871
- 6 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 7 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
- 8 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 9 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 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 《无损检测 X 射线数字成像检测 系统特性》GB/T 35394
- 14 《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
- 15 《工业探伤放射防护标准》GBZ 117
- 16 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355
- 17 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 18 《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T 485
- 19 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384
- 20 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23
- 21 《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398
- 22 《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408

# 团 体 标 准

## 装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测

### 技术标准

Technical Specification for Quality Inspection of Grouting in Concrete Precast  
Structure Connectors

T/GSCIA 004—2026

### 条文说明

甘肃省建筑业联合会 发布

## 编制说明

《装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准》，经甘肃省建筑业联合会依据《关于团体标准〈装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准〉的立项公示》（甘建联函〔2024〕28号）要求组织编制。

本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测的工程实践经验，同时参考了国内相关技术标准，并在广泛征求意见的基础上，对主要问题进行了反复讨论、协调，最终确定装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术要求。

本标准共分5章和4个附录，主要内容有：总则、术语、基本规定、灌浆料饱满性和密实性检测、灌浆实体强度检测。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

为便于广大检测、设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总则 .....	37
3	基本规定 .....	38
3.2	检测分类及检测方法 .....	38
3.3	检测程序与要求 .....	38
4	灌浆料饱满性和密实性检测 .....	39
4.1	一般规定 .....	39
4.2	预埋传感器法 .....	39
4.3	预埋钢丝拉拔法 .....	41
4.4	钻孔内窥镜法 .....	42
4.5	X射线数字成像法 .....	43
5	灌浆料实体强度检测 .....	45
5.1	一般规定 .....	45
5.2	回弹法 .....	45
5.3	取样法 .....	46

# 1 总则

1.0.3 与本标准密切相关的现行国家、行业标准有：《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《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等，装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测除应符合本标准要求外，尚应符合国家和甘肃省现行有关标准的规定。

## 3 基本规定

### 3.2 检测分类及检测方法

**3.2.2** 因《混凝土结构通用规范》GB55008-2021 第 5.5.1 条和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ355 对型式检验的规定，施工阶段进行套筒灌浆密实度和饱满度检测是对型式检验的验证。

**3.2.10** 本条列举的各种检测方法，需要根据具体检测情形予以选用，必要时，可综合运用多种检测方法相互校核，或采用局部破损法进行验证。一般情况下，事中建议采用预埋传感器法，检测不饱满可随即进行二次灌浆；事后建议采用钻孔内窥镜法，检测不饱满可通过钻孔孔道进行注射补灌。预埋传感器法和预埋钢丝拉拔法主要适用于套筒出浆孔外接直管情况，对于套筒出浆孔外接弯管的情况，可用钻孔内窥镜法或 X 射线数字成像法进行检测。

**3.2.11** 对于已经投入使用的装配式混凝土结构，套筒出浆孔已经不具备预埋的条件，因此无法采用预埋传感器法或预埋钢丝拉拔法检测，可采用钻孔内窥镜法或 X 射线数字成像法检测。

### 3.3 检测程序与要求

**3.3.2** 本条给出了初步调查可能涉及的内容，本条第 3 款中灌浆料的规格型号主要包括以下三个系列：H 系列——通常可以分为 H-40 高强度无收缩灌浆料与 H-60 灌浆料，其中在前者中包括 H-40 普通型、H-40 标准型、H-40 加固型、H-40 大流动型，而在后者中包括 H-60 标准型、H-60 早强型以及 H-60 座浆料；CGM 系列灌浆料——一般包括 CGM-1、CGM-2、CGM-3 早强型、CGM-4；UGM 系列灌浆料——一般包括 UGM-1、UGM-2、UGM-3 早强型、UGM-4。

**3.3.3** 制定检测方案时，如果存在造成构件局部损伤的情况，比如拟采用局部破损法进行验证时，应提前制定修补方案，并经设计审核同意后方可实施。

**3.3.8** 检测机构应对检测数据和检测结论的真实有效性负责。对检测机构提出的检测结论，委托方未必完全接受。当委托方对报告提出异议时，检测机构应予以解释或说明。

## 4 灌浆料饱满性和密实性检测

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本标准聚焦装配式混凝土建筑连接节点检测的实用性与普适性，优先列出预埋传感器法、预埋钢丝拉拔法、钻孔内窥镜法、X射线数字成像法4种检测方法，主要基于以下考量：其一，该4种方法是当前行业内应用成熟度高、实践验证充分的常用技术，涵盖了“预埋监测”“现场拉拔验证”“可视化探查”“无损成像”等不同检测维度，可满足套筒灌浆饱满度、节点锚固可靠性、内部缺陷识别等主流检测需求，且操作流程、设备选型、数据判定等环节已有较多工程案例支撑，便于检测机构、施工单位快速落地应用；其二，该4种方法兼顾了“无损检测”与“针对性验证”的特点，既能减少对建筑结构的损伤（如钻孔内窥镜法、X射线数字成像法），也能通过直接受力测试（如预埋钢丝拉拔法）确保节点力学性能，适配多数装配式混凝土建筑的检测场景。

同时，考虑到装配式建筑技术的持续创新，如连接节点构造优化（新型灌浆套筒、组合式节点等）、检测技术迭代（红外热成像法、超声相控阵法、AI辅助缺陷识别技术等），以及不同项目的特殊需求（如超高层装配式建筑的节点检测、恶劣环境下的检测适配性等），本标准未对检测方法进行限定，允许选用其他符合要求的技术。选用非列出的检测方法时，需满足以下条件：一是符合现行国家相关标准（如《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231等）中关于检测精度、可靠性的要求；二是需通过实验室验证或工程试点，证明该方法在特定节点类型、检测场景下的适用性（如针对新型螺栓连接节点的专用检测技术，需提供检测误差范围、重复性验证数据）；三是检测过程需形成完整的技术方案，明确设备参数、操作流程、数据处理方法及判定标准，确保检测结果可追溯、可对比，最终保障装配式混凝土建筑连接节点的质量与结构安全。

### 4.2 预埋传感器法

**4.2.1** 预埋传感器法检测灌浆料饱满性技术发展相对较为成熟，已纳入中国工程建设行业协会标准，预埋传感器法使用的阻尼传感器价格较低廉，且可重复使用，但成本相对高强钢丝价格更高。

**4.2.2** 采用连通腔灌浆时，灌浆机连接套筒由于灌浆机的灌浆管拔出时封堵不及时，容易导

致浆体回落；而距离灌浆机连接套筒较远的套筒出浆较晚，所经历的总的持压时间相对偏少，浆体回落的概率相对较大。因此选择这些位置的套筒进行检测具有代表性。当预制构件通过坐浆法施工，采用单独套筒灌浆时，由于各个套筒灌浆工艺一致，因此测点可随机选择。

**4.2.5** 在装配式建筑施工中，套筒灌浆饱满度是确保结构安全与稳定的关键指标。而借助灌浆饱满度智能测试仪，依据检测电极位置所反馈的料位状态，能够精准判断套筒灌浆的饱满程度。

这种智能测试仪的工作原理，是基于浆料与空气的电学特性差异。当检测电极未接触浆料时，周围环境主要为空气，其电阻值较高，通常 $\geq 500\text{M}\Omega$ 。这是因为空气是不良导体，电子在其中难以自由移动，从而形成较大的电阻阻碍电流通过。而一旦电极接触到浆料，情况就发生了显著变化。水泥基灌浆料中含有大量的离子，如钙离子、铝离子等，这些离子在水溶液中能够自由移动，使得浆料具备了一定的导电性，此时检测到的浆料电阻值会迅速下降， $< 100\text{M}\Omega$ 。随着时间推移，浆料逐渐固化，其内部的水化反应持续进行，离子之间的相互作用增强，形成更为紧密的结构，这导致浆料电阻进一步增大，约 $500\text{M}\Omega$ 。通过捕捉电极检测到的电阻值变化，测试仪就能敏锐感知电极是否与浆料接触以及浆料的固化进程。

在实际判断灌浆饱满度时，料位的确定至关重要。由于不同工程场景下，套筒的规格、灌浆工艺以及浆料特性等因素存在差异，因此不能一概而论地设定统一的饱满判读料位。较为科学的做法是，根据平行试件模拟漏浆后的实际情况，来精准测得适用于该工程的料位值。具体操作时，先制作与实际工程中套筒规格、钢筋布置以及灌浆工艺完全一致的平行试件。在模拟漏浆过程中，仔细监测并记录不同阶段测试仪输出的料位状态，经过多次重复试验，获取稳定且具有代表性的料位数据，以此作为该工程灌浆饱满判读的依据。当测试仪显示的料位到达或高于预先检定的位置时，表明浆料已填充至预期高度，此时料位显示值设为1，判定灌浆饱满；反之，若料位未达到检定位置，料位显示值为0，则说明灌浆存在不饱满情况，需要及时采取补灌等措施进行处理。

**4.2.10** 预埋传感器法检测结果的判定准则充分考虑了全灌浆套筒和半灌浆套筒内部的构造特征、钢筋的锚固要求等因素，并经过大量实验室试验和工程实践验证得出。研究表明：当 $0 \leq \text{传感器振动能量值} \leq 100$ 时，判定为I类，灌浆饱满； $100 < \text{传感器振动能量值} \leq 150$ 时，判定为II类，灌浆基本饱满； $150 < \text{传感器振动能量值} \leq 255$ 时，判定为III类，灌浆不饱满。一般情况下，I类、II类不需处理，III类需要进行二次灌浆。本条对判定准则作了适当简化，直接以150为分界线划分灌浆饱满与不饱满，简单易行。

**4.2.11** 预埋传感器法的优点是检测套筒灌浆不饱满时，可及时进行二次灌浆，从而实现了

检测与质量管控的一体化，可有效提升施工质量。

采用连通腔灌浆时，宜优先从原连通腔灌浆孔进行二次灌浆，从原连通腔灌浆孔无法进行二次灌浆时，可从不饱满套筒的灌浆孔进行二次灌浆。采用单独套筒灌浆时，应从不饱满套筒的灌浆孔进行二次灌浆。二次灌浆应在从首次灌浆开始算起的 30min 内完成。

实际工程灌浆时，如果是封堵灌浆孔不及时导致漏浆较多，或者灌浆设备拔出前持压不充分导致套筒内浆体回落，可直接进行二次灌浆；如果是钢筋偏位过大，紧贴出浆孔导致出浆孔不出浆，可先用冲击钻适度冲击使钢筋回位，然后再进行二次灌浆；如果是连通腔密封不严导致轻微漏浆，须先用堵漏材料进行堵漏，然后再进行二次灌浆；如果是连通腔爆浆失效，须立即敲除封堵材料并冲洗，干燥后重新密封连通腔，满足养护龄期后再进行二次灌浆。

### 4.3 预埋钢丝拉拔法

**4.3.1** 预埋钢丝拉拔法可对套筒灌浆饱满性进行有效检测，与内窥镜法结合使用，以提高套筒灌浆缺陷判别准确性，使用的预埋高强钢丝可重复使用，检测设备和高强钢丝均较易获得，应用成本相比预埋传感器法更低，但是检测结果与实际检测人员操作水准关联较大。钢丝要求采用不锈钢，主要是为了排除钢丝锈蚀对钢丝锚固性能的影响。调查表明，不同型号套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面到出浆孔外边缘的距离均为 30mm 左右，因而锚固段长度选择  $30\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$  比较符合套筒出浆孔的构造特征。考虑这段长度范围内灌浆料浆体对钢丝的锚固作用，可以有效反映套筒内灌浆的饱满程度，而出浆孔外接 PVC 管内灌浆料浆体的锚固作用则不考虑，可用穿过钢丝的塑料管进行隔离。塑料管的内径一般较钢丝直径大 2.0mm 左右，塑料管一端应封堵以防止浆体进入塑料管内，另一端应插入开口橡胶塞内一定长度进行固定，插入长度宜为橡胶塞厚度的一半。采取以上措施，确保钢丝锚固长度不会太长，也是为了确保后续拉拔时钢丝能够被拔出，而不是被拉断，拔出后形成的孔道可为内窥镜校核创造条件。

**4.3.8** 同一批测点是指在同一批灌浆料、同一水灰比、同一灌浆工艺（同一灌浆方式、同一灌浆单位等）、同一养护条件下完成的测点。本条判定准则中的取值主要是基于现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 中规定的合格灌浆料，并经过大量实验室试验和工程实践验证得出。

用内窥镜进行校核，是指利用预埋钢丝拉拔后留下的孔道，将内窥镜的探头伸入套筒出浆孔观测是否存在灌浆缺陷。一般选用探头直径不超过 4.0mm 的内窥镜。

检测过程中有可能出现这种情况：测点数据低于  $b$  或低于 1.0kN，但内窥镜观测结果为饱满。这种情况很有可能是灌浆料强度不合格造成的，需要进一步检查灌浆施工记录及抗压强度试验报告，或进行现场实体检测。

**4.3.9** 对预埋钢丝拉拔法检测结果为灌浆不饱满的套筒，应首先在出浆孔沿钢丝拉拔预留的孔道进行扩孔（可采用本标准第 4.4.3 条规定的钻孔设备），然后通过注射器外接细管进行注射补灌。注射补灌时，出浆孔扩孔孔道的内径与注射器外接细管的外径之差不应小于 4mm，注射器内灌浆料液面最低位置应高于套筒。具体注射补灌步骤为：①向注射器内倒入灌浆料；②将与注射器相连的细管放入扩孔孔道；③缓慢推动注射器活塞进行注浆，如果一次注射浆料不足，可重复以上步骤；④注射补灌至出浆孔出浆时，继续边注射边拔出注射器，并及时封堵出浆孔。实验室大量试验表明，按以上方式注射补灌后，接头性能满足现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的要求，破型后发现注射补灌可保证套筒内灌浆饱满密实。注射补灌后可根据需要采用钻孔内窥镜法进行复测。

## 4.4 钻孔内窥镜法

**4.4.3** 钻孔设备额定电压宜为 220V，功率不宜小于 1000W。当在套筒出浆孔钻孔时，可采用普通螺旋式钻头；当在套筒壁钻孔时，可先采用普通螺旋式钻头钻透混凝土保护层，然后可采用金刚石砂圆柱形钻头钻透套筒壁。

**4.4.4** 内窥镜宜选用具有三维空间成像和测量功能的工业视频内窥镜。内窥镜摄像头 CCD（Charge-coupled Device，电荷耦合元件）原生像素值是衡量一个设备实际清晰度的重要参数，规定不宜低于 40 万像素单位，可以有效保证成像的清晰度。

**4.4.6** 钻孔内窥镜法用于建成结构检测时，应首先排除构件表面装修层的影响。

钻孔时，在钻头行进过程中，应至少中断两次，及时进行清孔，防止钻屑落入套筒内部；停止钻孔后，再清孔一次，保持内窥镜观测通道畅通。需要特别指出的是，测量的深度不能超过内窥镜的量程，比如，内窥镜的量程为 90.0mm，如果测量读数不超过 90.0mm，可按实际读数记录，如果测量读数超过 90.0mm，则应按“深度大于 90.0mm”记录。

**4.4.7** 当套筒出浆孔外接弯管或斜管时，均不具备钻孔条件，此时，可在套筒筒壁合适位置处钻孔形成检测通道。具体操作时，可先用普通螺旋式钻头钻透混凝土保护层至套筒表面，再用金刚石砂圆柱形钻头钻透套筒壁至套筒内钢筋位置。建议钻孔位置尽量靠近出浆孔且钻孔直径不超过 12mm。大量试验表明，满足以上要求的钻孔不影响接头的受力性能。

**4.4.9** 利用本条进行判定的前提条件是，必须严格按照本标准第 4.4.6 条的规定进行钻孔和测量。当内窥镜检测结果显示套筒灌浆不饱满时，应同时记录灌浆缺陷深度，然后应由设计单位综合判断灌浆缺陷对接头性能的影响。

**4.4.10** 由于套筒灌浆饱满性是基于灌浆料界面相对出浆孔位置作出的规定，因此当选择在套筒筒壁钻孔，建议尽量靠近出浆孔下方钻孔，伸入内窥镜观测时，既能向下观测，同时又能向上观测，可以综合判断是否存在灌浆缺陷。如果钻孔距离离出浆孔太远，检测钻孔处灌浆饱满，但钻孔处上方靠近出浆孔的位置灌浆不一定饱满，这种情况下就会出现误判，因此应慎重确定钻孔位置。

**4.4.11** 钻孔内窥镜法形成的钻孔孔道为后续注射补灌修复灌浆缺陷创造了条件，可以实现检测与性能恢复的一体化。当在套筒出浆孔采用钻孔内窥镜法检测套筒灌浆不饱满时，应在出浆孔钻孔孔道通过注射器外接细管进行注射补灌。补灌时，出浆孔钻孔孔道的内径与注射器外接细管的外径之差不应小于 4mm，注射器内灌浆料液面最低位置应高于套筒。具体注射补灌步骤可参考本标准第 4.3.9 条的条文说明。在套筒筒壁上靠近出浆孔下方钻孔检测套筒灌浆不饱满时，补灌时可参照上述要求执行。

## 4.5 X 射线数字成像法

**4.5.1** X 射线检测灌浆料饱满性是利用计算机断层成像技术，从检测套筒内部得到二维断层或三维立体图像，再利用图像灰度来辨别内部结构及缺陷情况的检测方法 X 射线数字成像法可以透照套筒全貌，因此，既可检测套筒出浆孔处的灌浆饱满性，也可检测套筒内部的灌浆密实性。另外，还可以通过 X 射线数字成像结果来了解套筒内的钢筋锚固长度，钢筋锚固长度满足标准要求是后续进行套筒灌浆饱满性和灌浆密实性检测的基本前提，须从严要求。X 射线数字成像法适用的预制构件一般为预制剪力墙（200mm 厚左右）或预制夹心保温剪力墙（300mm 厚左右），且构件内套筒为单排布置或梅花形布置。

**4.5.4** X 射线数字成像法基于 X 射线探伤原理，用 X 射线透照构件，直接成像来判定套筒灌浆饱满性和密实性，相较于 X 射线胶片成像法，成像环节少，图像清晰度高，更为方便。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 射线数字成像检测方法》GB/T 35388、《无损检测 X 射线数字成像检测系统特性》GB/T 35394 对 X 射线数字成像的检测设备、检测方法、系统特性、图像质量(使用归一化信噪比、图像分辨率和图像灵敏度来评价)等均有明确的规定，采用 X 射线数字成像法检测套筒灌浆饱满

性和灌浆密实性时，应首先满足这些基本规定，在此基础上，针对套筒灌浆饱满性和灌浆密实性检测的固有特点，再满足本章提出的相应检测要求。

**4.5.10** 为消除量纲因素的影响，对采用 X 射线数字成像法检测获得的图像宜进行图像灰度归一化分析，可通过 X 射线数字成像系统的配套软件完成，基本步骤包括：①获取区域灰度值；②制作灰度映射表 LUT (Look-up-table)；③进行灰度转换。本标准要求采用 X 射线数字成像后的正像图进行分析，正像图是 X 射线穿过被检物体后的剩余射线形成的图像，直接反映了被检物体的结构及对射线的吸收情况。

**4.5.11** X 射线数字成像法检测套筒灌浆缺陷的识别标准是基于实验室大量标准试件检测数据及大量实际工程实测数据得出的，其中，标准试件检测结果已经过 X 射线工业 CT 法验证，实际工程实测结果已经过钻孔内窥镜法验证。当灌浆区归一化灰度值介于 0.65 和 0.85 之间时，可能受到水平箍筋或套筒内横隔的影响，需要综合判定该处是否存在灌浆缺陷，必要时也可通过局部破损法进行验证。

**4.5.12** 根据灌浆缺陷识别标准确定灌浆缺陷区的范围后，可以通过 X 射线数字成像系统的配套软件测量缺陷区的尺寸。但 X 射线数字成像具有放大效应，计算灌浆缺陷区的尺寸时，必须消除放大效应的影响，需要通过于缺陷区平行的套筒某部位的已知尺寸标定放大倍数，标定可通过 X 射线数字成像系统的配套软件完成。

**4.5.13** 具体注射补灌步骤可参考本标准第 4.3.9 条的条文说明。

## 5 灌浆料实体强度检测

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本条针对钢筋连接用套筒灌浆料实体强度的检测方法作出了规定,旨在为实际工程中的检测工作提供明确指引。

1 采用外接延长管取样法,是考虑到当工程中采用外接延长管施工工艺时,该方法能够更直接、准确地获取灌浆料样本,从而可靠检测其抗压强度和抗拉强度,以反映该工艺下灌浆料的实体强度状况。

2 对于采用聚氯乙烯(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结构实体,允许采用钻芯取样法。这是因为此类情况下,钻芯取样能够有效避开管道对检测的干扰,所取得的芯样能较好地代表灌浆料的实际强度,可用于检测其抗压强度和抗拉强度。

3 回弹法适用于构件的灌浆口、出浆口外露有已硬化的灌浆料原浆面,且表面平整、光滑的情况。该方法操作相对简便,通过回弹仪检测可得到灌浆料抗压强度的推定值,能快速对灌浆料强度进行初步评估。

4 预埋钢丝拉拔法主要用于检测钢筋连接用套筒灌浆料的粘结强度,其具体操作和要求在本标准4.3节中有详细规定,通过该方法可有效判断灌浆料与钢筋、套筒之间的粘结性能,确保钢筋连接的可靠性。

### 5.2 回弹法

**5.2.1** 回弹法是最普遍、最方便的方法,适用于施工任意时期,可用于检测较厚混凝土包覆的灌浆套筒。优点是能量大,穿透力强,且操作方便、简单,检测速度快,对结构无损伤;缺点是混凝土的表面硬度对回弹强度有较大影响,准确度偏低。

**5.2.9** 本条对检测批的抗压强度推定进行了规定:

1 由于抽样检测存在着抽样不确定性,给出确定的推定值与检测批灌浆料强度值的真值必然存在偏差,因此,给出一个推定区间更为合理。按此规定给出的推定区间应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300的有关规定。

2 套筒灌浆料是以抗压强度平均值作为评定指标。不同于混凝土以抗压强度标准值作

为评定指标，本标准是以抗压强度值分布中的 0.5 分位值（均值）作为强度推定的估算值，不同于混凝土强度以 0.05 分位值作为强度推定的估算值。

3 遵循现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 关于错判概率不大于 0.05 的规定，推定区间的置信度宜取 0.90，即区间上限的错判概率和区间下限的漏判概率均为 0.05。

4 对推定区间应进行控制，减小样本的标准差，需要合理确定圆柱体试件的数量。

5 圆柱体试件抗压强度试验结果一般略低于实际强度。

## 5.3 取样法

5.3.31 考虑到圆柱体试件抗压强度数据的离散性，在抗压强度值推定时，建议有效圆柱体试件抗压强度换算值的数量不少于 21 个。