



T/CECS ×××—20××

中国工程建设标准化协会标准

射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程

Technical specification for inspecting rebar and defect

embedded in structure by X-ray method

(征求意见稿)

中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程

Technical specification for inspecting rebar and defect
embedded in structure by X-ray method

T/CECS21-202X

主编单位：建研院检测中心有限公司

常州市安贞建设工程检测有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

中国建筑工业出版社

202X 北京

中国工程建设标准化协会公告

第 XXX 号

关于发布《射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕10 号）的要求，由建研院检测中心有限公司等单位编制的《射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程》，经本协会检测与试验专业委员会组织审查，现批准发布，编号为 T/CECS ××-20××，自××年×月×日起实施。

中国工程建设标准化协会

20××年×月×日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2023 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2023〕10 号）的要求，编制组经广泛调研，开展专题研究，认真总结工程实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程共分 7 章和 4 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、检测人员与设备、结构内部钢筋检测、结构内部缺陷检测、安全防护等。

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

本规程由中国工程建设标准化协会检测与试验专业委员会归口管理，由建研院检测中心有限公司负责具体技术的解释。在执行本规程过程中，如有意见和建议，请寄送建研院检测中心有限公司（北京市北三环东路 30 号国检中心；邮编：100013；邮箱：893897175@qq.com）。

主编单位：建研院检测中心有限公司

常州市安贞建设工程检测有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

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)
4	检测设备	(7)
5	结构内部钢筋检测	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	混凝土结构内部钢筋检测	(10)
5.3	砌体结构内部钢筋检测	(11)
5.4	检测结果的评定	(12)
6	结构内部缺陷检测	(13)
6.1	一般规定	(13)
6.2	混凝土结构内部缺陷检测	(13)
6.3	砌体结构内部缺陷检测	(14)
6.4	检测结果的评定	(14)
7	安全防护	(16)
7.1	一般规定	(16)
7.2	安全防护要求	(16)
附录 A	钢筋直径或缺陷尺寸的修正方法	(18)
A.1	一般规定	(18)
A.2	相似比例修正法	(18)
A.3	校准板修正法	(19)
附录 B	钢筋锚固长度的修正方法	(21)
B.1	一般规定	(21)
B.2	相似比例修正法	(21)
B.3	校准板修正法	(22)
附录 C	结构内部钢筋检测记录	(23)

附录 D 结构内部缺陷检测记录	(24)
用词说明	(25)
引用标准名录	(26)
附：条文说明	(27)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols.....	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols.....	(3)
3	Basic requirements.....	(4)
4	Test equipment.....	(7)
5	Testing rebar in structure.....	(9)
5.1	General requirements	(9)
5.2	Testing rebar in concrete structure.....	(10)
5.3	Testing rebar in masonry structure.....	(11)
5.4	Evaluation of inspection results.....	(12)
6	Testing defects in structure.....	(13)
6.1	General Requirements	(13)
6.2	Testing defects in concrete structure.....	(13)
6.3	Testing defects in masonry structure	(14)
6.4	Evaluation of inspection results.....	(14)
7	Security protection.....	(16)
7.1	General Requirements	(16)
7.2	Requirement of security protection.....	(16)
Appendix A	Correction method for rebar diameter or defect size.....	(18)
A.1	General requirements	(18)
A.2	Correction method of proportion.....	(18)
A.3	Correction method with the calibration plate.....	(19)
Appendix B	Correction method for anchorage length of rebar	(21)
B.1	General requirements	(21)
B.2	Correction method of proportion.....	(21)
B.3	Correction method with the calibration plate.....	(22)
Appendix C	Records of rebar in structure.....	(23)
Appendix D	Records of defects in structure.....	(24)

Explanation of wording.....	(25)
List of quoted standards.....	(26)
Addition: Explanation of provisions.....	(27)

1 总 则

1.0.1 为了规范采用 X 射线法检测结构内部钢筋及缺陷的技术要求，做到技术先进、安全可靠、经济合理、方便使用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用 X 射线法现场检测混凝土结构、砌体结构中钢筋及缺陷，不适用于 γ 等其他射线的检测。

1.0.3 现场检测时，应确保检测人员及其他人员的人身健康。

1.0.4 采用 X 射线法检测结构内部钢筋及缺陷时，除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准和中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 X射线数字成像检测系统 X-ray testing system of digital radiographic

由X射线机、数字成像板、计算机、系统软件与相应工装组成，通过数字成像板采集穿过被检构件的X射线，将其转换成数字图像，并采用计算机进行分析及评定的检测系统。

2.1.2 坏像素 bad pixel

因数字成像板部分像素点失效而出现的灰度值过高或过低的白点或黑点。

2.1.3 图像处理 image processing

对图像数据进行处理，以获得更加理想的显示图像。

2.1.4 透射厚度 penetrated thickness

射线透射方向上各层材料实际厚度之和。

2.1.5 清场 site-clearing

检测前对现场进行检查，确保非检测人员不在射线影响区域之内。

2.1.6 校准板 calibration plate

设置多根已知间隔金属丝的平板，用于对数字图像进行尺寸修正。

2.1.7 焦点 focus

在X射线管中，电子束轰击阳极靶上的实际面积。

2.1.8 辐射角 radiation angle

X射线束在通过焦点的特定平面上形成的扩散角，包括径向辐射角和轴向辐射角。

2.1.9 穿透力 transmissive ability

射线贯穿某种物质的能力。

2.1.10 透射厚度 penetrated thickness

射线照射方向上材料的厚度，多层材料时，透射厚度为各类材料的厚度之和。

2.1.11 射线防护 radiation protection

射线对人体健康会造成较大危害，使用时应采取必要的防护措施，尽量避免射线直接或间接照射。

2.1.12 图像拼接 image pieced

当检测区域较大，需要移动数字成像板多次成像时，相邻图像应设置一定范围的搭接区域，以确保整个受检区域被完整覆盖。

2.1.13 柱角补偿块 block for compensating at column edge

为清晰识别柱角部钢筋，而在柱角增设的混凝土块。

2.1.14 辐射剂量 radiation dose

物体吸收的电离辐射量，包括照射剂量（伦琴）、吸收剂量（格瑞）、剂量当量（希沃特）。

2.1.15 个人剂量限值 Individual dose limits

是辐射防护权威部门(如国际放射防护委员会 ICRP、国家最高权力部门)确定剂量水平限值，高于该水平的照射对个人的后果被视为不可接受的。

2.1.16 控制区 control area

X 射线检测期间，辐射剂量当量率可能大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域。

2.1.17 监控区 supervision area

X 射线检测期间，在控制区之外，辐射剂量当量率可能大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域。

2.1.18 测点 test point

X 射线检测时，能够独立完整成像的检测点。

2.1.19 分段标记线 section line

为将待测物体图像分为两部分而设置的标记线。

2.2 符 号

a ——X 射线机焦点至钢筋或缺陷中心的距离；

b ——钢筋或缺陷中心至数字成像板的距离；

c ——校准板中心至数字成像板的距离；

d ——钢筋或缺陷的实际尺寸；

d_1 ——钢筋或缺陷在数字成像板上的投影尺寸；

e ——校准板中心至钢筋或缺陷中心的距离；

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；

λ ——尺寸修正系数；

λ_1 ——校准板金属丝实际间距与影像间距的比值。

3 基本规定

3.0.1 X 射线法可用于新建工程和既有建筑构件内部钢筋及缺陷的检测。对新建工程的施工质量进场检测时，应根据设计及相关标准要求对检测构件进行符合性评定。对既有建筑的性能进行检测时，检测结果应为结构安全性及抗震鉴定、加固设计等提供真实、可靠、有效的数据和检测结果。

3.0.2 检测机构应建立专门的管理制度和操作大纲，并应进行相应的监督与评价，发生异常情况、防护事故时应及时上报有关部门。

3.0.3 检测人员应符合下列规定：

- 1 应掌握 X 射线检测原理，熟练使用 X 射线机、数字成像板及图像处理系统；
- 2 使用射线装置的人员上岗前应接受辐射安全知识培训，并取得相应的辐射安全培训证书；
- 3 数字图像评定人员未经矫正或经矫正的视力不应低于 5.0，测试方法应符合现行国家标准《标准对数视力表》GB/T 11533 的规定。从事检测评定的检测人员应每年检查一次视力。

3.0.4 X 射线检测质量管理体系应包括下列内容：

- 1 检测人员培训及管理；
- 2 X 射线机、数字成像板及配件使用及保管；
- 3 工艺文件编制；
- 4 现场检测可行性评估方法；
- 5 检测过程控制；
- 6 安全防护措施；
- 7 检测记录及报告。

3.0.5 检测方案应取得委托方认可。

3.0.6 采用 X 射线检测前，工程现场应符合下列规定：

- 1 现浇混凝土、空心砌块芯柱混凝土龄期不应少于 7d；
- 2 钢筋套筒、浆锚搭接灌浆材料龄期不应少于 3d；
- 3 配筋砌体砌筑砂浆龄期不应少于 10d；
- 4 X 射线影响范围应具备清场条件。

3.0.7 检测系统的安装应符合下列规定：

1 X 射线机位于构件的一侧，数字成像板位于构件的另一侧，数字成像板宜紧贴构件表面，且应垂直 X 射线主轴。采用校准板时，校准板宜靠近构件内部的检测目标。

2 构件内部待测钢筋或缺陷应位于 X 射线有效照射范围内。当超出该范围时，可采用移动 X 射线机、数字成像板及图像拼接等方式获得完整的检测图像。

3 检测前宜测量构件的实际透射厚度，精确至 1mm。当 X 射线非垂直透射构件时，应考虑角度影响。X 射线主轴的角度偏差不宜大于 1°。

4 X 射线透射混凝土厚度不宜大于 250mm，透射空心砌块的厚度不宜大于 300mm，透射砖砌体的厚度不宜大于 370mm。

3.0.8 当检测构件内部钢筋直径或缺陷尺寸时，应按附录 A 的方法进行修正。当检测构件内部钢筋锚固长度时，应按附录 B 的方法进行修正。

3.0.9 现场检测的数据记录应符合下列规定：

1 人工记录时，应采用专用表格，且应确保数据准确、字迹清晰、信息完整；当有笔误时，应杠改并由相关人员签字确认。

2 图像记录应标明工程名称、设备编号、构件位置、检测时间、环境温度等信息。

3 原始记录应由检测人员、记录人员及校核人员签字。

3.0.10 需要对构件局部损伤时，应选择受力较小部位，且应避免损伤构件内部钢筋。检测工作结束后，应及时修补因检测造成的构件局部损伤。修补后的构件，应达到原有承载力要求。

3.0.11 X 射线检测时，根据混凝土透射厚度，管电压和曝光时间可按表 3.0.11 取值，检测时，尚应考虑构件表面装修层、防水层等的影响。

表 3.0.11 X 射线照射时间

混凝土透射厚度 (mm)	管电压 (KV)	曝光时间 (sec)
100	150	20
150	200	20
200	250	25
250	300	25
300	350	30

3.0.12 采用 X 射线法对构件内部钢筋及缺陷的现场检测宜按图 3.0.12 的程序进行：

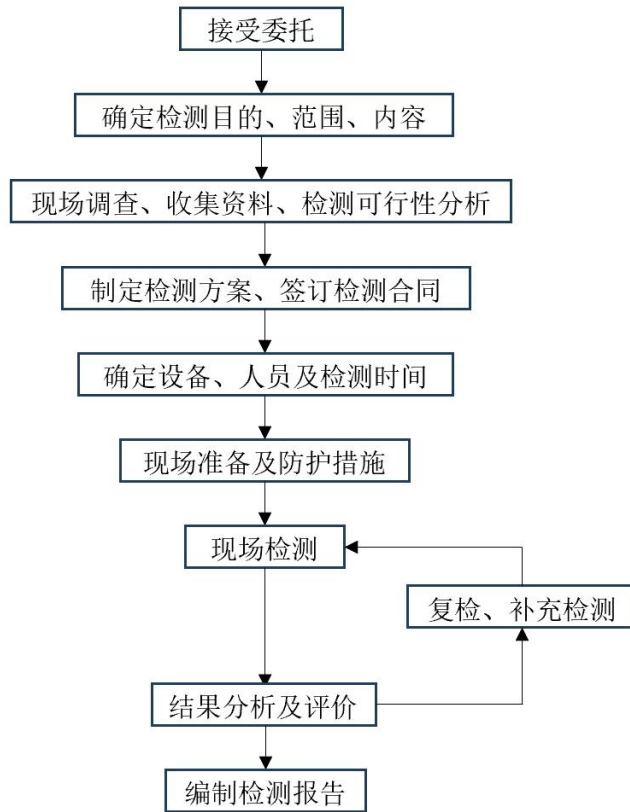


图 3.0.12 检测工作程序

3.0.13 检测工作完成后，应对检测结果及有关事项进行详细记录，并编制检测报告。检测报告的主要内容包括：委托单位，工程名称，报告编号、结构形式，检测项目，构件类别、部位及尺寸，检测依据，设备参数，X 射线照射时间，尺寸修正系数，处理软件品牌及版本，安全防护措施，像质计型号和位置，检测示意图，检测结果图像，评定结果，检测时间，环境温度、检测人员等信息。

3.0.14 检测记录应真实、准确、完整、有效，并应由相应责任人签字。

4 检测设备

4.0.1 X 射线机使用前，应取得当地环保部门辐射安全许可。

4.0.2 检测所用仪器、设备应在有效的检定或校准周期内，且应处于正常工作状态。

4.0.3 现场检测的环境温度应在（5~40）℃范围内。

4.0.4 X 射线数字成像系统应具有性能测试报告与出厂合格证。

4.0.5 X 射线机的有效焦点尺寸不宜大于 1mm×1mm，射线束辐射角宜在 40° ~60° 范围内，最大管电压宜为 250kV~300kV，中央控制器可设置的最长延迟开启时间不应低于 180s。

4.0.6 X 射线机自重不宜超过 30kg。

4.0.7 可采用工艺试验确定适宜的检测参数，工艺试验时采用的透射角度、X 射线机、数字成像板布置等应与实际检测情况接近。

4.0.8 现场检测时，设备应不低于 IP6X 防尘等级，并应避免处于强电磁场环境。

4.0.9 现场电源应与 X 射线机电压、频率和功率相匹配。

4.0.10 数字成像板应采用面阵探测器或线阵探测器，且应该符合下列规定：

- 1 可接受射线能量范围应不小于 300KV；
- 2 厂家应声称像素尺寸，且尺寸不应大于 100μm；
- 3 数字成像板像素尺寸不应大于 5lp/mm；
- 4 数字成像板应支持最长 180s 的曝光时间窗口；
- 5 当采用取芯或切槽方法在构件内部设置检测通道时，数字成像板外形宽度不宜大于 80mm，厚度不宜大于 2cm；
- 6 工作参数应符合现场条件要求；
- 7 坏像素的位置和尺寸不应影响图像识别和判定。

4.0.11 X 射线机与数字成像板的检定周期为 1 年，当具有下列情况之一时，应由法定计量检定机构按现行国家标准《X 射线探伤机》JJG 40 进行检定：

- 1 新设备启用前；
- 2 超过检定有效周期；
- 3 设备维修后；
- 4 成像时存在明显失真；
- 5 数字成像板坏像素范围累计超过 10%；
- 6 遭受严重撞击、淋水或其他损伤。

4.0.12 存放 X 射线机与数字成像板设备的贮存室应通风、洁净、干燥、无腐蚀，环境温度在 5℃~40℃ 范围内，相对湿度在 (5~85)% 范围内，设备应避免阳光直射。

4.0.13 若设备较长时间内停用，每月应通电 1 次，每次不宜小于 1h。

4.0.14 X 射线机应有专人保管，检测机构应建立设备管理、维护、使用的制度和程序，应避免因人为错误导致的事故发生。

4.0.15 X 射线机每年应至少维护 1 次，设备维护包括所有零部件的详细检查。当设备因故障或损坏需要更换零部件时，应保证更换的零部件为合格产品。设备维护应保留记录。

4.0.16 检测前应对设备进行如下检查：

- 1 X 射线机外观是否完好
- 2 电缆是否有断裂、扭曲或破损；
- 3 制冷设备是否渗漏；
- 4 安全连锁是否正常工作；
- 5 报警设备和指示灯是否正常工作；
- 6 螺栓等连接件是否连接牢固；
- 7 射线剂量计、射线报警仪是否正常工作。

4.0.17 用于安装 X 射线机、数字成像板的支架应稳定、牢固。宜采用具有调平、升降、旋转功能的专用支架。

4.0.18 设备使用完毕，应擦干表面的灰尘，放入专用机箱内。

4.0.19 设备运输时应采用专用机箱，避免碰撞和剧烈振动。

5 结构内部钢筋检测

5.1 一般规定

5.1.1 X 射线法可用于混凝土、配筋砌体及空心砌块芯柱内部钢筋及钢绞线数量、直径、搭接长度、锚固长度的检测，也可用于灌浆套筒、机械连接接头内钢筋插入长度的检测，结构内部钢筋检测记录可按本规程附录 C 填写，数字图像应作为记录的附图。

5.1.2 检测构件内部钢筋直径时，钢筋应无明显锈蚀。

5.1.3 对具有设计图纸的工程，检测前应了解构件配筋的设计要求，确定抽样构件、部位、钢筋类别及检测内容。

5.1.4 对设计图纸缺失的工程，宜根据构件种类、受力状况、截面尺寸、跨度等对构件进行分组，对每组构件的抽样数量可按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 确定。

5.1.5 X 射线法检测前，宜根据现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的有关规定，检测钢筋位置及保护层厚度。

5.1.6 钢筋直径检测的允许偏差应不大于 $\pm 0.5\text{mm}$ ，钢筋搭接、锚固长度检测的允许偏差应不大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

5.1.7 X 射线机的轴线应与构件内部待测钢筋方向平行或垂直，角度偏差不宜大于 5° 。

5.1.8 检测构件内部钢筋时，应避免管线、线盒、预埋件、内部缺陷等区域。

5.1.9 对结构内部钢筋检测宜按下列步骤进行：

- 1 确定检测构件、部位及区域，完成检测前的准备工作；
- 2 测量构件截面尺寸、钢筋保护层厚度、X 射线机距离等尺寸；
- 3 架设 X 射线机，安装数字成像板；
- 4 射线影响区域人员清场，设置警戒标识；
- 5 设定 X 射线照射时间，进行钢筋检测；
- 6 接收数据，图像储存及分析。

5.1.10 钢筋直径的检测应符合下列规定：

- 1 对同一根钢筋，在数字图像中选择 3 处边界清晰的部位进行测量并修正，记录 3 次修正后检测结果的算数平均值；
- 2 对光圆钢筋及钢绞线，应测量钢筋及钢绞线的外径作为钢筋直径的代表值；
- 3 对带肋钢筋，应测量钢筋的内径作为钢筋直径的代表值。

5.1.11 对设计直径相同的钢筋，宜选取代表性的位置进行剔凿验证；钢筋直径检测结果与设计要求有较大差异时，应分析原因，必要时应进行剔凿验证。

5.1.12 钢筋力学性能可根据现场情况采用取样试验法、里氏硬度法等方法推定。

5.2 混凝土结构内部钢筋检测

5.2.1 构件内部钢筋数量可根据数字图像确定。

5.2.2 检测构件内部钢筋直径时，应避开钢筋节点、搭接区、施工缝、后浇带等区域。

5.2.3 当梁、柱构件 X 射线透射厚度大于 250mm 时，可按图 5.2.3 所示的方法在构件内部钻孔或切槽形成检测通道，将数字成像板放置在构件内部进行检测。

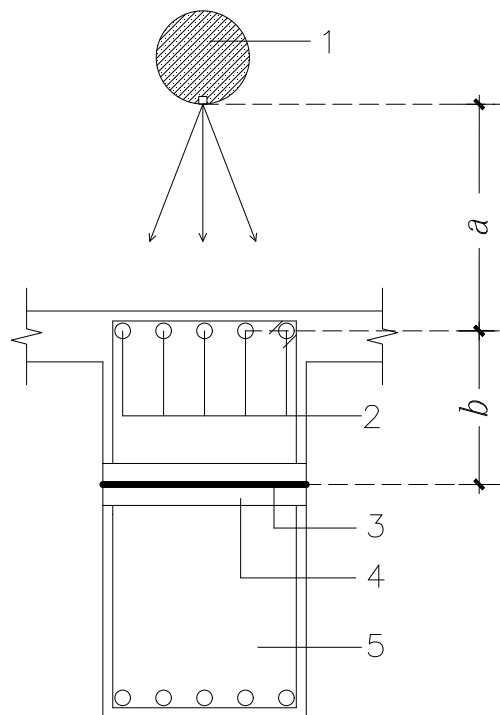


图 5.2.3 检测通道布置示意

1—X 射线机；2—待测钢筋；3—数字成像板；4—检测通道；5—混凝土构件；

a —X 射线机焦点至钢筋中心的距离； b —钢筋中心至数字成像板的距离

5.2.4 对柱角钢筋直径可按图 5.2.4 所示的方法进行检测，X 射线主轴与柱表面夹角宜为 45° ，数字成像板宜与 X 射线主轴垂直。

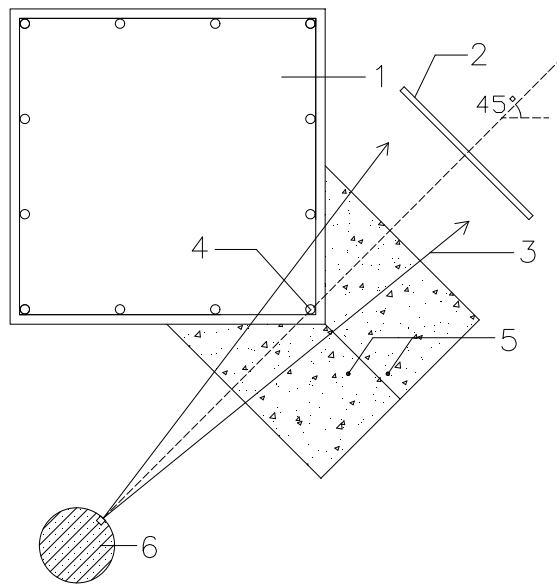


图 5.2.4 柱角钢筋直径检测示意图

1—混凝土柱；2—数字成像板；3—X 射线束；4—柱角钢筋；5—柱角补偿块；6—X 射线机

5.2.5 检测钢筋锚固长度时，应识别锚固钢筋的端头位置；检测钢筋搭接长度时应分别识别两根搭接钢筋的端头位置。

5.2.6 梁、柱等构件内部布置多排钢筋时，可采用移动 X 射线机位置、调整 X 射线入射角度等方法进行检测。检测时，数字成像板应布置在对应位置。

5.3 砌体结构内部钢筋检测

5.3.1 检测砌体中拉结钢筋或空心砌块芯柱钢筋直径、搭接或锚固长度时，应采用电磁感应法、雷达法等确定钢筋位置及保护层厚度。

5.3.2 检测空心砌块芯柱钢筋直径时，可在芯柱下部，距楼板顶面 1m 范围内布置测点，每处测点成像不应少于 1 次。

5.3.3 检测空心砌块芯柱钢筋在顶部混凝土梁内的植筋锚固长度时，可将 X 射线机布置在混凝土梁侧面，并确保植筋端头位于数字成像板成像的有效范围内。

5.3.4 检测墙体拉结钢筋直径时，可在墙端 500mm 范围内布置测点，每处测点成像不应少于 1 次。

5.3.5 检测配筋砌体中钢筋时，当两根或两根以上钢筋位于同一灰缝时，可采用调整 X 射线入射角度等方法进行检测。检测时，数字成像板应布置在构件另一侧对应位置，并与 X 射线主轴方向垂直。

5.4 检测结果的评定

5.4.1 对具有设计图纸的工程进行施工质量评定时，钢筋规格、数量、直径及搭接长度等应符合设计及相关标准要求。

5.4.2 对于设计图纸缺失的工程，钢筋规格、数量、直径及搭接长度等检测结果可用于结构安全性及抗震性能鉴定。

5.4.3 光圆钢筋直径应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1的规定；带肋钢筋内径的允许偏差应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2的规定，并应根据内径尺寸推定带肋钢筋的公称直径；钢绞线直径应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224的规定。

6 结构内部缺陷检测

6.1 一般规定

6.1.1 X 射线法可用于现浇混凝土内部缺陷、钢筋套筒及浆锚搭接灌浆缺陷、预应力孔道灌浆缺陷、叠合剪力墙现浇混凝土缺陷及空心砌块芯柱混凝土浇筑缺陷的检测，结构内部缺陷检测记录可按本规程附录 D 填写，数字图像应作为记录的附图。

6.1.2 可根据构件外观质量状况确定内部缺陷检测区域，对怀疑存在内部缺陷的区域宜全数检测，当不具备条件时，可在受力较大部位或外观缺陷严重的部位布置测点。

6.1.3 测点位置应避开预埋件及内部线管。

6.1.4 X 射线法检测时，应采用阵列超声法、冲击回波法或局部破损法等方法检测代表性位置的缺陷深度。

6.1.5 缺陷尺寸的检测允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

6.1.6 宜在检测厚度相同的无缺陷部位设置一处测点进行 X 射线对比检测。

6.1.7 检测图像中灰度差异明显的范围可判定为质量异常区。

6.1.8 X 射线法检测后，宜在代表性部位采用局部破损法对质量异常区进行验证，判定为缺陷时应对缺陷厚度方向尺寸进行检测。

6.1.9 对结构内部缺陷检测宜按下列步骤进行：

- 1 确定检测构件、部位及区域；
- 2 测量构件截面尺寸、缺陷深度、X 射线机距离等尺寸；
- 3 架设 X 射线机，安装数字成像板；
- 4 射线影响区域人员清场，设置警戒标识；
- 5 设定 X 射线照射时间，进行缺陷检测；
- 6 接收数据，图像储存及分析。

6.2 混凝土结构内部缺陷检测

6.2.1 同一测点的混凝土透射厚度宜基本相同。

6.2.2 分析 X 射线检测图像时，可根据缺陷形状等特征，依据《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 有关规定判定缺陷类别。对面积型缺陷，宜采用缺陷最大内切圆直径作为缺陷尺寸的代表值；对条带型缺陷，宜采用缺陷最大长度作为缺陷尺寸的代表值。

6.2.3 钢筋套筒灌浆缺陷检测时，应确保出浆口以下的范围有效成像，应记录缺陷的位置、形态和长度。

6.2.4 钢筋浆锚搭接灌浆缺陷检测时，应根据钢筋搭接范围，将灌浆孔道划分为上、下两个长度相同的区段，并应在上部、下部两个区段布置测点，每处测点长度不应小于 0.3m。应分别记录每个区段的缺陷位置、形态和长度。

6.2.5 预应力孔道灌浆缺陷检测时，测点应沿预应力孔道走向布置，长度不应小于 0.3m。构件长度不大于 6m 时，可在构件两端及跨中布置 3 处测点；构件长度大于 6m 时，可在构件两端、跨中及两侧 1/4 跨度处布置 5 处测点，每处测点成像不少于 1 次，应分别记录每个测点的缺陷位置、形态和长度。当缺陷长度大于数字成像板有效成像范围时，应增加测点数量。

6.2.6 叠合剪力墙现浇混凝土缺陷检测时，测点宜布置在构件底部现浇混凝土成型区域，每个构件应至少布置 1 个测点，每个测点面积不应少于 0.09 m²。

6.2.7 当混凝土构件内部缺陷范围超过数字成像板有效成像范围时，检测范围应覆盖全部缺陷区域。

6.2.8 混凝土构件内部缺陷宜采用绘图法记录。

6.3 砌体结构内部缺陷检测

6.3.1 检测前，应根据设计要求确定芯柱位置，也可采用电磁感应法、雷达法等确定芯柱位置。

6.3.2 芯柱配筋、混凝土浇筑缺陷的检测可布置于同一构件。

6.3.3 芯柱混凝土浇筑缺陷检测时，可沿墙高布置 2 处测点，上部测点可布置于楼板底面 1m 范围内，下部测点可布置于楼板顶面 1m 范围内，每处测点成像不应少于 1 次。

6.3.4 当芯柱现浇混凝土存在缺陷时，应检测并记录缺陷最大长度。

6.3.5 对检测发现的缺陷，宜采用局部破损法确定垂直于墙面方向的缺陷深度。

6.4 检测结果的评定

6.4.1 钢筋套筒、浆锚搭接灌浆质量及叠合剪力墙现浇混凝土的质量应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 有关规定进行评定。

6.4.2 空心砌块结构芯柱位置应符合设计要求。

6.4.3 采用 X 射线法检测的数字图像宜进行灰度分析，以无缺陷部位 3 处测点灰度均值作

为归一化灰度值。

6.4.4 构件内部缺陷判定宜符合下列规定：

- 1 当归一化灰度值不小于 0 且不大于 0.6 时，可判定构件内部无可记录缺陷；
- 2 当归一化灰度值不小于 0.8 且不大于 1.0 时，可判定构件内部有可记录缺陷；
- 3 当归一化灰度值在 0.6 至 0.8 范围内或对以上判定有异议时，宜采用局部破损法进行补充检测；

6.4.5 混凝土结构及砌体结构的内部缺陷，应由设计单位、监理单位、施工单位或鉴定单位等根据其对结构性能和使用功能的影响程度进行评定。

6.4.6 结构安全性、使用性及抗震鉴定时，应考虑缺陷对构件受力性能的不利影响。

7 安全防护

7.1 一般规定

7.1.1 检测单位应建立现场检测安全管理制度，实施有效的安全防护。

7.1.2 X 射线检测时的防护要求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 X 射线探伤放射防护要求》GBZ 117 的有关规定。现场进行 X 射线检测时，应按现行国家标准《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ 117 的规定划定控制区和监督区，并应设置警告标志。

7.1.3 检测前应对现场进行初勘，根据现场初勘情况，编制现场安全防护方案，方案内容包括工作地点、非检测人员类别、天气条件、检测时间、是否高空作业、作业空间等。尚应考虑 X 射线检测对现场其他辐射系统造成的影响。对于经现场初勘评估不能有效清场的项目，不得开展 X 射线检测工作。

7.1.4 X 射线检测时，应根据现场条件，采用屏蔽防护、距离防护和时间防护等方式。

7.1.5 应采用金属增感屏、铅板等措施，屏蔽散射线和无用射线，控制照射场范围。

7.1.6 现场检测时，应按现行国家标准《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ 117 设置控制区和监督区，非检测人员不得进入控制区域。控制区和监督区应按下列规定设置：

- 1 应将检测现场中剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，控制区边界应设置警告标志，并悬挂清晰的“禁止进入射线工作区”的警告牌；

- 2 应将检测现场中剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区，监督区边界应设置警戒绳和报警灯，悬挂清晰的“无关人员禁止入内”的警告牌，必要时设专人警戒。

7.2 安全防护要求

7.2.1 现场检测时，检测人员应佩戴个人剂量计，携带射线报警仪，根据需要使用防护用具，并按现行国家标准《职业性外照射个人监测规范》GBZ 128 的规定进行个人监测。

7.2.2 现场检测时，检测操作人员不应少于 2 人，现场安全人员不应少于 1 人。

7.2.3 X 射线机工作时，检测人员应位于监督区以外，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 在多层建筑中进行 X 射线检测时，现场安全人员应防止检测工作区的上层或下层人员通过楼梯进入控制区。

7.2.5 X 射线检测时，控制区内严禁进行其他工作，可采用控制 X 射线照射方向、照射时

间、设置临时屏障等方式缩小控制区范围。

附录 A 钢筋直径或缺陷尺寸的修正方法

A.1 一般规定

A.1.1 检测时，可根据现场情况按表 A.1.1 选择相似比例修正法或校准板修正法计算尺寸修正系数 λ ，对构件内部钢筋直径或缺陷进行尺寸修正。校准板示意图见图 A.1.1。

表 A.1.1 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	目标与 X 射线机的距离 目标与数字成像板的距离
校准板修正法	是	目标与校准板中心的距离 目标与数字成像板的距离

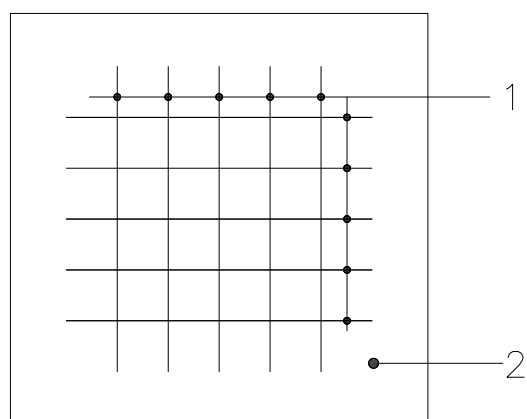


图 A.1.1 校准板示意图

1—金属丝；2—非金属板

A.1.2 检测构件内部钢筋或缺陷时，应根据现场情况及所选择的修正方案，测量钢筋或缺陷、X 射线机、数字成像板、校准板及构件等位置参数，精确至 1mm。

A.1.3 校准板第一次使用前应进行检定或校准，每次使用前应采用卡尺对金属丝间距进行测量，精确至 0.1mm。

A.1.4 X 射线横向辐射角与纵向辐射角不相同，应分别计算横向、纵向修正系数。

A.2 相似比例修正法

A.2.1 当构件表面无装饰层时，宜采用相似比例修正法对构件内部钢筋或缺陷尺寸进行修正。

A.2.2 采用相似比例修正法时，可如图 A.2.2 所示布置 X 射线机和数字成像板，按照式 A.2.2-1 计算尺寸修正系数 λ ，钢筋或缺陷的实际尺寸可按式 A.2.2-2 计算。

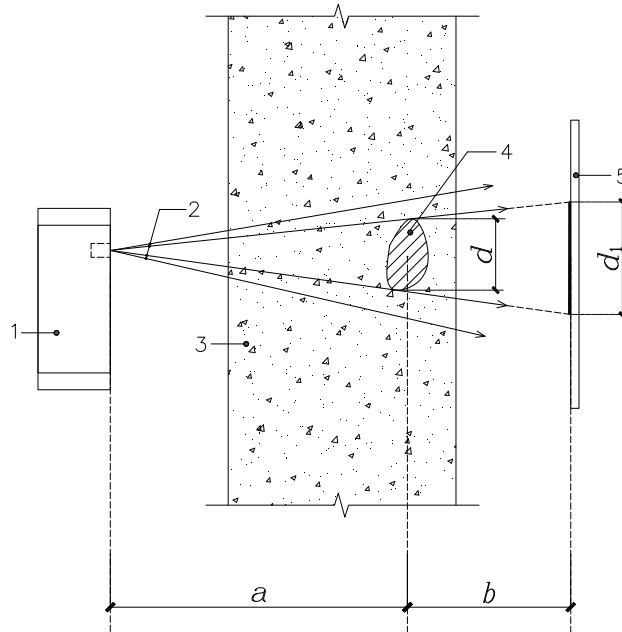


图 A.2.2 相似比例修正法示意图

1—X 射线机；2—X 射线束；3—构件；4—钢筋或缺陷；5—数字成像板；

a —X 射线机焦点至钢筋或缺陷中心的距离； b —钢筋或缺陷中心至数字成像板的距离；

d —钢筋或缺陷的实际尺寸； d_1 —钢筋或缺陷在数字成像板上的投影尺寸。

$$\lambda = a/(a+b) \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$d = \lambda \times d_1 \quad (\text{A.2.2-2})$$

A.3 校准板修正法

A.3.1 当构件一侧有装饰层时，宜采用校准板修正法对构件内部钢筋或缺陷尺寸进行修正。

A.3.2 采用校准板修正法时，可如图 A.3.2 所示在靠近 X 射线机一侧布置校准板，在另一侧紧贴构件布置数字成像板。按照式 A.3.2-1 计算尺寸修正系数 λ ，钢筋或缺陷的实际尺寸可按式 A.3.2-2 计算。

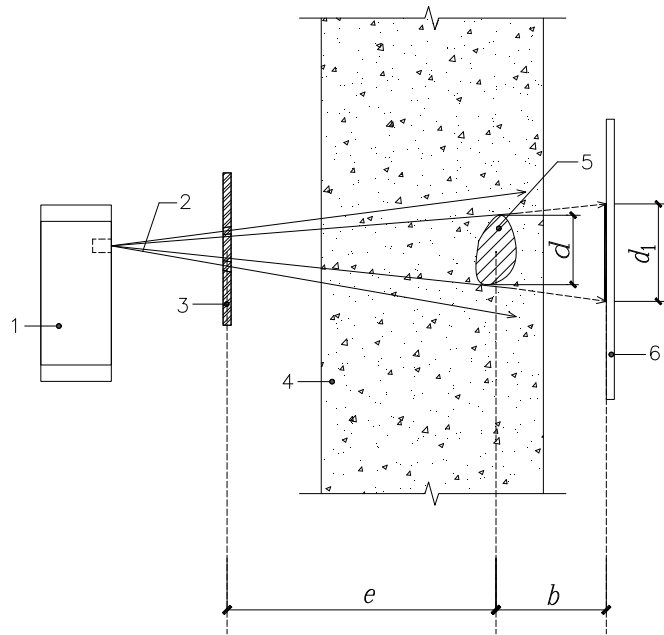


图 A.3.2 校准板修正法示意图

1—X 射线机；2—X 射线束；3—校准板；4—构件；5—钢筋或缺陷；6—数字成像板；

b —钢筋或缺陷中心至数字成像板的距离； d —钢筋或缺陷实际尺寸；

d_1 —钢筋或缺陷在数字成像板上的投影尺寸； e —钢筋或缺陷中心至校准板中心的距离；

$$\lambda = (e + b \times \lambda_1) / (b + e) \quad (\text{A.3.2-1})$$

$$d = \lambda \times d_1 \quad (\text{A.3.2-2})$$

式中： λ_1 —校准板金属丝实际间距与影像间距的比值。

附录 B 钢筋锚固长度的修正方法

B.1 一般规定

B.1.1 检测时，可根据现场情况采用表 A.1.1 的方法计算修正系数 λ ，对构件内部的钢筋锚固长度进行尺寸修正。

B.1.2 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。

B.1.3 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。

B.1.4 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。

B.2 相似比例修正法

B.2.1 当采用相似比例修正法时，应按本规程第 5.1.9 条的规定，对构件内部钢筋成像。

B.2.2 检测时，可如图 B.2.2 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 B.2.2-1 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 B.2.2-2 计算。

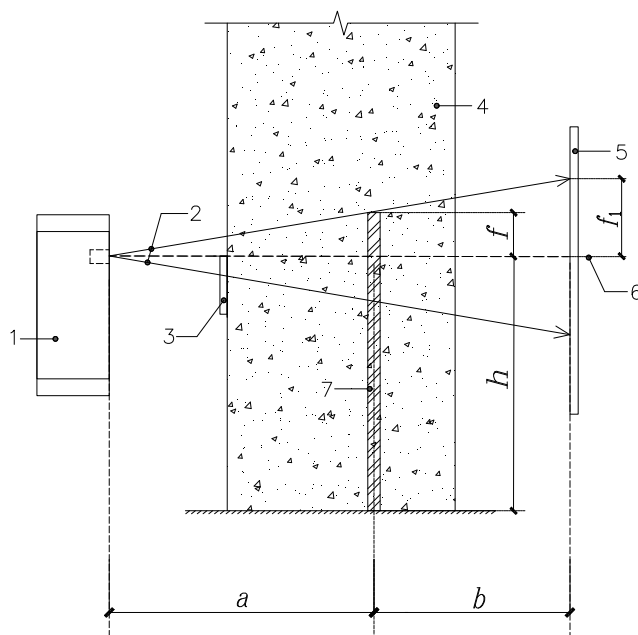


图 B.2.2 相似比例修正法示意图

1—X 射线机；2—射线束；3—校准板；4—构件；5—数字成像板；6—水平基准线；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

$$\lambda = a / (a + b) \quad (\text{B.2.2-1})$$

$$l = h + f = h + \lambda \times f_1 \quad (\text{B.2.2-2})$$

B.3 校准板修正法

B.3.1 当采用校准板修正法时，可采用校准板金属丝作为分段标记线，并按本规程第 5.1.9 条的规定，对构件内部钢筋成像。

B.3.2 检测时，可如图 B.3.2 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 B.3.2-1 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 B.2.3-2 计算。

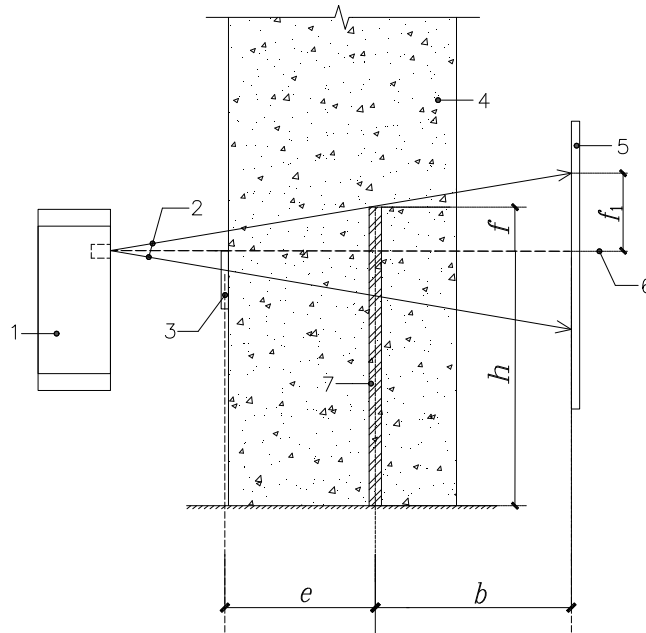


图 B.3.2 校准板修正法示意图

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

$$\lambda = (e + b \times \lambda_1) / (e + b) \quad (\text{B.3.2-1})$$

$$l = h + f = h + \lambda \times f_1 \quad (\text{B.3.2-2})$$

式中： λ_1 —校准板金属丝实际间距与影像间距的比值。

附录 C 结构内部钢筋检测记录

表 C 结构内部钢筋检测记录

记录编号:

共 页第 页

工程名称		楼号		楼层	
检测依据		仪器编号		环境温度℃	
构件类型		轴线编号		钢筋类别	
钢筋数量		钢筋间距		钢筋直径 mm	
检测附图					

附录 D 结构内部缺陷检测记录

表 D 结构内部缺陷检测记录

记录编号：

共 页第 页

工程名称	楼号	楼层
检测依据	仪器编号	环境温度℃
构件类型	轴线编号	缺陷尺寸
检测附图		

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，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：
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”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《标准对数视力表》 GB/T 11533

《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344

《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB 18871

《工业 X 射线探伤放射防护要求》 GBZ 117

《职业性外照射个人监测规范》 GBZ 128

《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1

《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB1499.2

《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224

《混凝土中钢筋检测技术标准》 JGJ/T 152

《X 射线探伤机》 JJG 40

《职业性外照射个人监测规范》 GBZ 128

《混凝土中钢筋检测技术标准》 JGJ/T 152

中国工程建设标准化协会标准

射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程

T/CECS ×××-202×

条文说明

制定说明

本规程制定过程中，编制组对建筑结构内部钢筋及缺陷检测技术进行了调查研究，总结了我国工程建设检测鉴定领域的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过钢筋直径、搭接锚固长度、各类缺陷识别的构件试验及工程应用，提出了检测方法、校准板使用、尺寸修正、防护要求等规定。

《射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程》T/CECS××-202×，经中国工程建设标准化协会 202X 年 X 月 X 日以第 XXX 号公告批准、发布。

为便于广大技术人员在使用本规程时能够正确理解和执行条款规定，《射线法检测结构内部钢筋及缺陷技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程条文说明，对条、款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则.....	(30)
3 基本规定.....	(31)
4 检测设备.....	(33)
5 结构内部钢筋检测.....	(35)
5.1 一般规定.....	(35)
5.2 混凝土结构内部钢筋检测.....	(35)
5.3 砌体结构内部钢筋检测.....	(36)
5.4 检测结果的评定.....	(36)
6 结构内部缺陷检测.....	(37)
6.1 一般规定.....	(37)
6.2 混凝土结构内部缺陷检测.....	(37)
6.3 砌体结构内部缺陷检测.....	(38)
6.4 检测结果的评定.....	(38)
7 安全防护.....	(39)
7.1 一般规定.....	(39)
7.2 安全防护要求.....	(39)
7 附录 A 钢筋直径或缺陷尺寸修正方法.....	(40)
A.1 一般规定.....	(40)

1 总 则

1.0.1 X 射线法是 19 世纪末研究出来的一种无损检测方法，广泛应用于医疗、冶金行业，结合数字成像技术，可实现对混凝土结构、砌体结构构件内部钢筋及缺陷的检测。

1.0.2 用于检测的射线种类很多，相应的技术、防护要求不同，本规程适用于 X 射线法的检测。

1.0.3 如果操作不当，X 射线可能会对检测人员或现场周边其他人员的人身健康造成损害，因此，检测时应格外注意安全防护。

1.0.4 X 射线检测涉及设备、检测方法、数据处理、安全防护等内容，相关的国家、行业标准包括《建筑结构检测技术标准》GB 50344、《无损检测 射线数字成像检测 导则》GB/T 35389 2017、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002、《无损检测 X 射线数字成像检测 系统特性》GB/T 35394-2017 等，在检测时应遵照执行。

3 基本规定

3.0.1 根据不同的检测对象，确定相应的检测目的和检测要求。新建工程主要是处于施工阶段，尚未验收的建筑物，检测的目的一般为确定施工质量是否符合设计及相关标准要求；既有建筑是已建成并投入使用的建筑物，检测的目的一般为为结构安全性及抗震鉴定、加固设计等工作提供数据。

3.0.2 因 X 射线检测专业性较强，且国家和行业对检测、防护等提出较多要求，操作不当可能会对人身健康构成潜在风险，检测机构对射线检测工作必须具有相应的管理制度并严格执行，避免防护事故发生。

3.0.3 从事 X 射线检测人员必须进行辐射安全培训，掌握射线辐射原理和安全防护知识。

3.0.5 对检测的相关要求应告知委托方，并取得委托方同意，必要时可由委托方提供相应配合。

3.0.6 提出 X 射线法检测的条件。检测应在现浇混凝土拆模后进行，混凝土及砌筑砂浆达到足够的龄期，可使构件内部钢筋或缺陷图像具有更清晰的边界，从而获得较好的图像识别效果。

3.0.7 本条提出 X 射线机及数字成像板的布置要求。

1 根据 X 射线检测原理，待测构件应具备两个检测面，一个侧面安装 X 射线机，另一侧面安装数字成像板，确保 X 射线穿透待测构件，使构件内部的钢筋或缺陷影像能够投影在数字成像板上。试验表明，校准板距离构件内部的目标较近时，可获得较精确的检测结果。

2 当构件测试对象尺寸较大时，单次成像可能难以获得钢筋或缺陷的完整图像，可移动 X 射线机、数字成像板多次成像，并使用工具软件进行图像拼接，从而获得完整图像。

3 检测前宜采用卷尺等设备测量构件的实际透射厚度，用于对检测结果的修正。

4 根据试验表明，混凝土厚度不大于 250mm，砖砌体厚度不大于 360mm 时，成像质量较好，超过上述厚度时，大部分射线被材料吸收或散射，不能清晰分辨构件内部钢筋及缺陷。

3.0.8 X 射线束一般具有一定的辐射角度，物体在数字成像板上的投影尺寸一般大于实际尺寸，需要通过尺寸修正得到钢筋、缺陷的实际尺寸。附录 A 给出了几种常用的修正方法。

3.0.9 提出检测记录的基本要求，保证检测记录信息完整，便于对检测结果的追溯或复核。

3.0.10 对构件局部损伤时，不应使构件的性能造成明显影响，检测工作完成后，应及时对受损伤部位进行修复。

3.0.11 为获得较好的成像效果，对不同厚度的混凝土构件提出适宜的 X 射线照射时间。不

同品牌的设备可能参数不同，本规程给出可供参考的时间范围。

3.0.12 现场应具备清场条件，保证与检测无关人员的人身安全，对于不能有效清场的住宅、宾馆、办公楼等工程，不宜采用 X 射线法检测，因此检测前应进行现场调查、与委托方及使用方等沟通协调，对检测可行性进行分析。

4 检测设备

4.0.3 X 射线机工作温度一般在(-30~60)℃范围内,数字成像板工作温度一般在(0~40)℃范围内

4.0.4 系统性能测试报告与出厂合格证是判定设备系统是否符合检测要求的必要条件,性能测试报告可由设备制造商提供,也可由检测机构自行测试编写或委托第三方测试获得,主要包括各组成部分的基本性能测试和成像质量测试

4.0.5 X 射线机的有效焦点尺寸直接影响图像的总不清晰度,焦点尺寸越小则缺陷图像的几何不清晰度越小,本条根据图像总不清晰度的相关规定及实际透射的几何条件对有些焦点尺寸进行限定。为保证现场防护要求,X 射线束辐射角度不宜过大,应在可控范围之内。X 射线机的主要参数包括管电压范围、管电流范围及有效焦点尺寸,被检构件的厚度决定了最低管电压,图像灵敏度要求决定了最高管电压,曝光量相同时,较大的管电流可以缩短曝光时间,提高检测效率。设置足够的延迟开启时间,以保证检测人员可移动至射线影响区域之外

4.0.6 X 射线机自重过大不易于运输及安装

4.0.7 工艺试验是用于确定检测参数的一种方式。

4.0.9 制造商应规定探测器的电源电压、频率和功率。现场检测时,应确定外接电源的电压等参数,避免损伤设备

4.0.10 数字成像板应符合以下要求:

1 数字成像板接收射线的能量范围应与 X 射线机相匹配

4 为保证成像质量,对数字成像板的分辨率及成像反应时间进行规定。数字成像板像素决定了检测系统的分辨率,属于重要的检测参数,因此需要声称,可以通过测量基本空间分辨率来实现验证。

5 检测梁、柱等截面尺寸较大构件的内部钢筋或缺陷时,一般需在构件内部设置检测通道,以便安装数字成像板,为减小对构件的损伤,应对数字成像板的宽度尺寸进行限制。

6 工作参数包括温度、湿度、防水及防尘等,现场环境条件根据具体工程对象有所不同,例如新建工程的工地环境条件相对较差,正在使用的既有建筑环境条件相对较好,数字成像板需要根据现场实际情况满足防水、防尘等要求。

7 像素是组成平板的最小单元,但是整个制造过程中,不可避免的会有坏像素,但坏像素的位置和尺寸不应影响图像识别和判定。

4.0.17 X 射线机、数字成像板属于精密仪器，现场检测时应采取有效保护措施，应避免振动、磕碰或坠落。选用具有升降、旋转功能的专用支架，可提高检测效率，同时可准确控制射线发射角度。

5 结构内部钢筋检测

5.1 一般规定

5.1.2 构件内部钢筋明显锈蚀后，将在钢筋表面形成含铁化合物，体积膨胀，密度降低，导致钢筋成像后的界面不清晰。

5.1.3 检测前应充分了解设计要求，以便及时判定构件配筋的质量状况；钢筋类别指检测主筋、箍筋、分布筋、加强筋等；检测内容指钢筋数量、直径、搭接长度或锚固长度等。

5.1.4 构件种类相同、受力状况接近且截面尺寸、跨度相同的构件内部配筋一般相同或相近，为提高检测工作效率，可在检测前根据此假定对待测构件进行分组，检测中尚应验证此假定是否成立。

5.1.5 根据《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152，可采用电磁感应法、雷达法或局部破损法等检测钢筋位置及保护层厚度。

5.1.7 X 射线机发射的 X 射线在纵向和横向上的辐射角度可能不同，为保证检测数据的准确性，应使 X 射线机轴线应与构件内部钢筋方向平行或垂直。

5.1.8 构件内部的管线、预埋件和孔洞、夹渣等缺陷会对钢筋图像识别带来不利影响，检测时应避开。

5.1.9 构件截面尺寸、钢筋保护层厚度、X 射线机距离等参数应根据选用的尺寸修正方法需要进行测量。

5.1.11 钢筋直径的数值对工程质量、结构安全性鉴定影响较大，为保证检测结果的准确性，宜选择代表性的位置剔凿并外露钢筋，直接测量钢筋直径进行验证；钢筋直径与设计要求有较大差异时，应剔凿验证，同时应分析原因，复核相关尺寸测量结果的准确性，分析修正方法的适用性。

5.1.12 X 射线法主要用于推定钢筋直径、搭接长度等尺寸类参数，钢筋力学性能尚应根据需要采用其他方法推定。

5.2 混凝土结构内部钢筋检测

5.2.2 为避免干扰，获得良好的图像效果，应避开节点、搭接区等钢筋密集区域。

5.2.3 对梁、柱构件，X 射线透射厚度一般大于 250mm 时，可根据实际情况，采用钻孔或切槽等方法在构件内部形成一个或多个检测通道，以便将数字成像板放置于检测通道中，

从而减小 X 射线的有效透射距离。

5.2.4 柱角钢筋直径可能与柱内其他钢筋不同，需要专门检测。通过调整角度，柱角钢筋的 X 射线透射厚度一般可小于 250mm。设置柱角补偿块的作用是获得适宜的图像对比度，避免图像局部亮度过高。

5.2.6 构件内部布置多排钢筋时检测难度相对较大，试验表明，构件内部布置两排钢筋时，采用移动 X 射线机位置、调整 X 射线入射角度等方法可解决部分问题。

5.3 砌体结构内部钢筋检测

5.3.2 在芯柱下部布置测点，便于架设 X 射线机及安装数字成像板。

5.3.4 墙体拉结钢筋间距一般可采用电磁感应法、雷达法检测，X 射线法主要用于检测拉结钢筋直径。拉结钢筋由墙端外伸长度一般为 500mm，测点与墙端距离过大将超出拉结钢筋设置范围。

5.3.5 采用 X 射线斜射检测时，应对斜射角度进行预先设定，并确定数字成像板安装位置及角度。

5.4 检测结果的评定

5.4.1 检测结果可根据相关验收规范按主控项目、一般项目进行评定，对钢筋施工质量的符合性评定可依据结构施工时执行的相关标准。

5.4.2 试验研究表明，X 射线法通过影像分析可区分光圆钢筋、带肋钢筋及钢绞线，也可判定钢筋切断等情况。

6 结构内部缺陷检测

6.1 一般规定

6.1.1 根据 X 射线原理，本方法适用于混凝土及砌块芯柱内部孔洞、夹渣、夹杂等体积型缺陷的检测，不适用于结合不良、疏松、裂缝等缺陷的检测。试验证明，本方法可识别尺寸大于 $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的缺陷，小于该尺寸的缺陷识别效果不佳。

6.1.2 确定构件内部缺陷检测部位时可根据外观缺陷状况，采用大范围扫查等方式定位缺陷位置。

6.1.3 避开预埋件及预埋线管的目的是为避免不必要的干扰。

6.1.4 缺陷深度的检测数据将用于对缺陷尺寸的修正，因此为保证数据准确，应首先检测缺陷深度。

6.1.6 通过对无缺陷部位的检测，确定无缺陷时的图像参考灰度，有利于对缺陷的判定。

6.1.7 检测图像存在灰度差异，表明构件内部质量不一致，可作为缺陷判定的依据

6.1.8 根据 X 射线法检测原理，数字成像板上的缺陷影像为缺陷的平面投影，垂直于数字成像板方向的缺陷厚度尺寸不能体现。局部破损法可根据构件部位及缺陷特点，采用剔凿法或钻孔内窥法等进行检测。

6.1.9 构件截面尺寸、缺陷深度、X 射线机距离等应根据选用的尺寸修正方法进行测量。

6.2 混凝土结构内部缺陷检测

6.2.1 测点处混凝土厚度不同时，会导致 X 射线的透射厚度不同，图像灰度有所差异，有时会影响对缺陷的判定。

6.2.2 可根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 判定孔洞、夹渣等缺陷类别，缺陷可能具有不同形状，为统一表述，给出面积型缺陷和条带型缺陷尺寸代表值的表示方法。

6.2.3 无论是全灌浆套筒还是半灌浆套筒，出浆口以下的范围是钢筋锚固的区域，应检测灌浆质量。钢筋套筒中，灌浆缺陷可能位于套筒端部、中部，缺陷形态可能为连续状或离散状。研究表明，不同部位和形态的缺陷对节点力学性能的影响差异较大，因此应记录缺陷部位及形态。

6.2.4 钢筋浆锚搭接灌浆区域一般大于数字成像板有效成像范围，且灌浆缺陷易出现于灌

浆孔道上部或下部，为便于检测、分析，将浆锚搭接灌浆划分为三个区段，在上部、下部区段布置测点进行检测。研究表明，不同部位和形态的缺陷对节点力学性能的影响不同，因此应记录每个区段的缺陷形态和长度。

6.2.6 叠合剪力墙底部易出现浇筑质量缺陷，因此测点宜布置在构件底部现浇混凝土成型区域。

6.2.7 对发现的混凝土构件内部缺陷应全面检测，以便为鉴定、加固提供完整的数据。

6.2.8 混凝土构件内部缺陷可能形状不规则，仅采用文字描述有时难以清晰表述。

6.3 砌体结构内部缺陷检测

6.3.1 检测前应确定芯柱位置，对已经装修的工程，可通过检测芯柱内部纵筋的方法确定芯柱位置。

6.3.2 为提高工作效率，抽样检测时，可同一部位完成芯柱配筋、混凝土浇筑缺陷的检测。

6.3.3 墙体顶部和底部是混凝土浇筑缺陷易出现的部位。

6.3.4 当发现芯柱现浇混凝土存在缺陷时，应通过多次成像、图像拼接等方式，获得完整缺陷，并记录缺陷最大长度

6.3.5 根据 X 射线原理，可获得缺陷的投影图像，对垂直于墙面方向的缺陷深度宜采用局部破损法检测

6.4 检测结果的评定

6.4.5 新建结构应由设计单位、监理单位、施工单位评定，既有结构可由鉴定单位评定

7 安全防护

7.1 一般规定

7.1.2 射线对人身健康具有危害，在射线检测中，对检测人员及其他人员的安全防护是十分重要的。我国对职业放射性工作人员剂量当量限值做出规定，年剂量当量限值为 50mSv/a。

7.1.3 现场初勘是实施 X 射线检测的必要条件，对公共建筑、住宅等项目，因建筑物内部或外部的监督区不间断有人员活动，难以有效清场时，不得开展 X 射线检测工作。

7.1.4 屏蔽防护是在 X 射线源与操作人员或其他人员之间设置有效的屏蔽物来降低辐射的方法，主要用于新建工程和既有工程的现场检测；距离防护是通过保持射线源与人员之间的足够距离来防止射线伤害的方法，主要用于野外检测；时间防护是通过减少人员与射线源接触时间来达到降低射线损伤的方法。

7.1.5 在可能出现散射线和无用射线的方向预先设置铅板等，对 X 射线进行阻隔。

7.2 安全防护要求

7.2.1 防护用具包括各类防护服装、手套、面罩、呼吸器等。X 射线安全防护的目的，是在完成检测任务的同时，使检测人员及其他人员接受的辐射剂量不超过相关标准限值，并尽可能降低吸收剂量。

7.2.3 因场地限制，检测人员必须位于监督区内时，可采用在 X 射线设备周边设置铅板等屏蔽物的方式，减小辐射影响。

附录 A 钢筋直径或缺陷尺寸修正方法

A.1 一般规定

A.1.3 校准板在不同温度、湿度环境下应保持尺寸稳定，应采用非金属材质。金属丝宜为铅丝，直径不宜大于 1mm，间距可在 10mm~50mm 范围内。为保证检测的准确性，第一次使用前应对金属丝间距进行检定或校准，每次使用前应采用卡尺对金属丝间距进行测量。

Defect