



T/CECS XXX—XXXX

中国工程建设协会标准

工程结构数字图像法检测技术规程

Technical specification for digital image inspection of engineering
structures

(征求意见稿)

2020.03

中国工程建设协会标准

工程结构数字图像法检测技术规程

Technical specification for digital image inspection of engineering
structures

(征求意见稿)

T/CECS xxx—XXXX

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx 年 xx 月 x 日

xxx 出版社

2020 年 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2017]031 号）文件要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，在参考国内外成熟科研成果的基础上，制定本规程。

本规程共分 10 章 3 个附录，主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、数字图像获取、数字图像处理、.裂缝检测、几何尺寸与变形测量、结构位移测量、结构表面应变测量、结果记录等。

根据国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，推荐给检测鉴定、设计、施工单位和工程技术人员采用。

本规程由中国工程建设标准化协会冶金分会归口管理，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市海淀区西土城路 33 号，邮编 100088）。

本标准主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

本标准参编单位：

本标准主要起草人：

本标准审查专家：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	3
2.1	术 语	3
2.2	符 号	5
3	基本规定	6
3.1	一般规定	6
3.2	检测程序 and 基本要求	7
4	数字图像获取	8
4.1	一般规定	8
4.2	成像设备技术要求	8
4.3	成像环境与操作技术要求	9
4.4	数据质量要求	10
5	数字图像预处理	12
5.1	技术要求	12
5.2	质量要求	13
6	裂缝检测	14
6.1	一般规定	14
6.2	裂缝识别与提取	14
6.3	裂缝宽度的计算	15
6.4	裂缝长度的计算	16
6.5	裂缝分布、形态的计算	16
6.6	裂缝参数表达	16
6.7	精度要求	17
7	尺寸与变形测量	19
7.1	一般规定	19
7.2	尺寸与变形计算	19
7.3	精度要求	21
8	位移测量	23
8.1	一般规定	23
8.2	位移计算	24

8.3 精度要求 25

9 应变测量..... 26

9.1 一般规定 26

9.2 应变场计算 26

9.3 精度要求 29

10 结果记录..... 30

附录 A 无人机平台操作..... 31

A.1 一般规定 31

A.2 设备与人员要求 31

A.3 气象要求 32

A.4 操作方法 32

附录 B 人工智能方法..... 34

附录 C 基于数字图像的多视角几何三维重建方法..... 35

本规程用词说明 36

引用标准名录 37

附：条文说明 28

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	3
2.1	Terms	3
2.2	Symbols	5
3	Basic requirements	6
3.1	General requirements	6
3.2	Procedures and basic requirements	7
4	Digital image acquisition	8
4.1	General requirements	8
4.2	Technical requirements for imaging equipment	8
4.3	Requirements for Imaging environment and operation technical	9
4.4	Requirements for data quality	10
5	Digital image preprocessing	12
5.1	General requirements	12
5.2	Quality requirement	13
6	Digital image preprocessing	14
6.1	Fracture identification and extraction	14
6.2	Calculation of crack width	14
6.3	Calculation of crack length	15
6.4	Calculation of crack distribution and morphology	16
6.5	Crack parameter expression	16
6.6	Technical requirements	16
6.7	Precision requirements	17
7	Dimension and deformation measurement	19
7.1	General requirements	19
7.2	Size and deformation calculation	19
7.3	Precision requirements	21
8	Dimension and deformation measurement	23
8.1	General requirements	23
8.2	Displacement calculation	24
8.3	Precision requirements	25

9	Strain field calculation	26
9.1	General requirements	26
9.2	Strain field calculation	26
9.3	Precision requirements	29
10	Results record	30
Appendix A	Drone platform operation	31
A.1	General requirements	31
A.2	Equipment and personnel requirements	31
A.3	Meteorological requirements	32
A.4	Operation method	32
Appendix B	Artificial intelligence method	34
Appendix C	Multi-view geometric 3D reconstruction method based on digital image	35
	Explanation of wording in this standard	36
	List of quoted standards.....	37
	Addition: Explanation of provisions	38

1 总则

1.0.1 为规范工程结构数字图像法检测技术的应用，做到技术先进、数据可靠、安全适用、经济合理，制定本规程。

【条文说明】1.0.1 随着我国城镇化的迅速发展与基础设施的快速建设，存量工程结构数量大量增加，结构维护的工作量与复杂度增大，既有结构的检测鉴定与长期监测成为工程结构领域的重要工作。对于混凝土结构、砌体结构、钢结构等常见类型的工程结构而言，结构与构件尺寸、表面裂缝、倾斜与挠度、局部几何变形、动态位移等属于安全性检测鉴定最重要的指标，能敏感地反映出既有结构的受力状态，是完成结构承载力分析、评价结构受力性能的重要依据。

数字图像检测作为近年来新兴的检测方法，以其非接触、高精度、方便快捷、平台扩展性强、与人工智能技术衔接良好等优势，在工程结构检测领域呈现出越来越广泛的应用前景。目前，数字图像法已成功应用于结构表面裂缝检测、结构与构件的尺寸与变形测量、桥梁结构动静态位移测量以及实验室环境的应变测量等方向，应用效果良好，一方面推动传统工程检测技术的应用创新，另一方面引领基础方法与应用技术的科研创新。因此，为规范工程数字图像法检测技术的应用，做到技术先进、数据可靠、安全适用、经济合理，本规程围绕总则、术语和符号、基本规定、数字图像获取、数字图像预处理以及检测内容进行描述，检测内容具体包括裂缝检测、尺寸与变形测量、位移测量与应变测量。

传统的表面裂缝损伤与缺陷检测主要依赖人工手段，方法操作费时、费力，识别结果具有一定主观性，现场操作存在高空作业等安全隐患。自本世纪初，随着各类硬件设备水平的提高，基于数字图像、超声波、雷达波等多种手段的结构损伤识别方法被广泛研究并付诸应用。对于结构表面的裂缝与损伤检测，数字图像处理的方法由于其方便可靠、易于操作，具备远程、非接触式的特点，在实际应用中具备较大的优势；同时，数字图像法可以实现对结构位移、变形的便捷测量，提高检查效率。本规程中，对裂缝检测划分为数字图像预处理、裂缝识别与提取、裂缝宽度与长度计算、裂缝分布与结果表达等步骤，完整执行操作步骤可获得定量准确的裂缝检测结果。

结构尺寸与变形测量属于长度与空间变形测量内容，具体的几何尺寸指标包括长度、宽度、高度、位置、截面特征等，变形指标包括构件倾斜度、挠度、屈曲等。结构尺寸与变形的传统测量手段丰富，如接触式的尺测、非接触式的全站仪与三维激光扫描测量等。在工程结构检测现场，为方便、快捷地获取结构尺寸与变形测量结果，对简单的长度指标采用单张照片测量、利用已知长度修正，对复杂的长度指标与空间变形指标采用多视角几何三维重建测量、利用已知成像模型参数或已知长度进行修正，不仅技术操作方便，同时精度能满足工程检测的要求。本规程从测量手段入手，对结构尺寸与变形的单视角测量、双视角测量与多视角测量进行了详细的描述与约定。

既有桥梁工程在荷载试验与长期监测中，结构动静态位移指标对反映桥梁力学性能状态具有非常重要的意义。对位移指标的测量与检测，接触式方便虽然具有技术成熟、成本低廉的特征，但现场安装操

作不便、长期监测困难，近年来呈现出被非接触式测量手段取代的趋势。采用激光、可见光等手段进行位移测量，设备架设方便、远程测量可操作性强，采用亚像素插值方法满足高精度测量要求，采用工业高频成像设备满足动态高频采样要求，在保证成像光路环境稳定的情况下，可实现高精度检测与长期监测。本规程对数字图像法位移测量的站点选择、测量过程、数据计算以及结果记录进行了详细的描述与约定。

实验室环境中基于单目、双目的应变场测量已经在国内各高校与研究机构广泛应用。相比于应变的机械测量、电阻法测量、振弦法测量等常用方法，数字图像法测量的颠覆性优势在于全场应变测量。例如在混凝土剪力墙抗侧试验中，数字图像法应变测量结果可完整展示出整个墙体表面的应变场分布，轻易观察出主应力的分布发问。但由于测量硬件水平要求较高，数字图像法应变测量在目前多用于实验室条件，本规程也以实验条件作为应用条件限制。

1.0.2 数字图像法检测是利用成像设备获取工程结构的数字图像数据后，经过数字图像预处理，对裂缝、尺寸和变形、位移和应变等指标进行检测的方法。

1.0.3 本规程适用于新建或既有的工程结构的结构与构件的数字图像法检测。

【条文说明】1.0.3 本规程适用于新建或既有工程结构的数字图像法检测，领域包括建筑结构、水工、市政、铁路、公路等，如民用建筑、工业建构筑物、塔桅结构、保护性建筑、大坝坝体、市政公路铁路桥梁隧道结构、道路路面等，其它类型的结构可参照执行。

1.0.4 工程结构的数字图像法检测，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 数字图像 (digital image)

由模拟图像数字化得到的、以像素为基本元素的、可以用数字计算机或数字电路存储和处理的图像。

2.1.2 裂缝 (crack)

由荷载、温度、灾害等因素引起的结构表面狭长缝。

2.1.3 成像设备 (imaging device)

由成像元件、镜头等部件组成的满足薄透镜成像原理的设备。

2.1.4 分辨率 (resolution)

图像系统可以测到的受检物体上的最小可分辨特征尺寸。

2.1.5 感光元件 (photosensitive element)

将光信号转化成电信号装置

2.1.6 物理分辨率

指相机光学传感器上包含的感光元器件的个数，一般以横纵的乘积表示。

2.1.7 视场 (Field of view)

指观测物体的可视范围，也就是充满相机采集芯片的物体部分。

2.1.8 失真 (distortion)

又称畸变，指被摄物平面内的主轴外直线，经光学系统成像后边缘为曲线，则此光学系统的成像误差称为畸变，畸变只影响影像的几何形状，而不影响像的清晰度。

2.1.9 量测型镜头 (measuring lens)

透镜组的排列进行过严格的校正的镜头，内方位元素、焦距等光学信息已知的镜头。

2.1.10 非量测型镜头 (non-metric lens)

透镜组的排列没有进行严格的校正的镜头，内方位元素，焦距等光学信息未知的镜头。。

2.1.11 远心镜头 (Telecentre lens)

主要是为纠正传统工业镜头视差而设计，它可以在一定的物距范围内，使得到的图像放大倍率不会变化，这对被测物不在同一物面上的情况是非常重要的应用。

2.1.12 焦距 (focal length)

焦距是光学系统中衡量光的聚集或发散的度量方式，指透镜的光学中心到光聚焦点的距离。亦是相机中从镜头中心到底片或 CCD 成像平面的距离。

2.1.13 双目视觉 (binocular Stereo Vision)

机器视觉的一种重要形式，它是基于视差原理并利用成像设备从不同的位置获取被测物体的两幅图像，通过计算图像对应点间的位置偏差，来获取物体三维几何信息的方法。

2.1.14 基线 (baseline)

双目成像中左右两相机光心的连线

2.1.15 无人机平台 (UAV platform)

无线电遥控设备或自身程序控制装置操纵的无人驾驶飞行器。

2.1.16 正直摄影 (upright photography)

摄影基线和相机主光轴垂直。

2.1.17 交向摄影 (convergent photograph)

在摄影基线两端，两相机主光轴在物方相交成某一角度的摄影。

2.1.18 缩放 (zooming)

均匀缩小或放大。

2.1.19 相机检校 (camera calibration)

在满足特定检定环境要求的实验室内，对相机进行检定。

2.1.20 主裂缝 (main crack)

多条相交裂缝中长度相对较长、宽度相对较大且对结构威胁最为明显的裂缝。

2.1.21 景深 (Depth of view, 即 DOF)

物体离最佳焦距点较近或较远时，镜头保持分辨率的能力。

2.1.22 模板匹配法 (template matching method)

在数字图像处理中，采用预先定义的标准图像模板在目标图像上进行滑动搜索，以获取兴趣目标对象的技术。

2.1.23 相似度评价函数 similarity function

用于评价模板图像与目标图像之间相似程度的度量函数。

2.1.24 数字图像相关 (Digital Image Correlation, DIC)

按一定的搜索方法，通过处理变形前后被测物表面的数字图像直接获得位移或变形信息的一种数字图像处理技术。

【条文说明】2.1 术语主要是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ132)、《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T50083)等给出的。

2.2 符 号

A_0 ——图像量测面积；

A ——图像真实面积；

D ——测量距离；

d ——测量分辨率；

f ——镜头焦距；

K ——亚像素细分数，无量纲。

L_0 ——图像量测长度；

L_1 ——图像真实长度；

L ——测量范围的对角线距离；

l ——感光元件的对角线距离；

m_A ——与面积量测精度对应的相对误差分母；

m_L ——与长度量测精度对应的相对误差分母；

m_x 、 m_y 、 m_z ——点位 x 、 y 、 z 方向上的中误差；

n ——物方控制点的个数；

S ——图像传感器像元大小；

Δx 、 Δy 、 Δz ——量测 x 、 y 、 z 坐标与对应的物方控制点坐标差；

$\Delta\alpha_{AB}$ ——倾斜度；

d_A 、 d_B ——构件倾斜方向上 A、B 两点位移量；

l_{AB} ——A、B 两点距离。

【条文说明】2.2 符号主要是参照现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ132)、《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T50083)等，根据本标准的需要规定的。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 数字图像法检测技术可用于以下指标检测：表面裂缝、结构外形几何尺寸与几何变形、结构动位移与动挠度、结构表面应变、裂缝以外的其它表面损伤及缺陷、其它可通过数字图像处理与像素距离计算的指标。

【条文说明】**3.1.1** 数字图像法可实现对建筑物整体倾斜与变形、桥梁结构动静态跨中位移等整体指标的测量,也可实现对相对独立的结构单元或结构构件如构件截面尺寸、构件变形与开裂等局部指标的检测。

3.1.2 以下条件下宜采用数字图像法检测：

- 1 难以使用接触式方法检测或检测存在安全隐患时；
- 2 采用人工检测效率低下时；
- 3 需连续大面积检测时；
- 4 其他传统检测方式难以定量、全面、客观描述时。

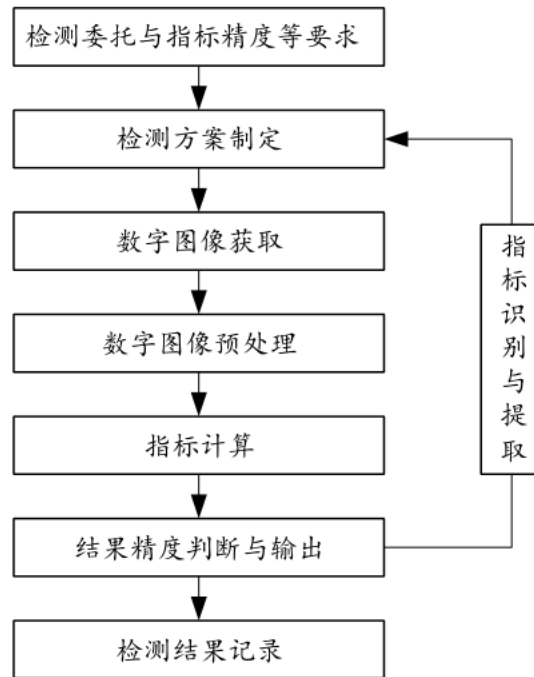
【条文说明】**3.1.2** 优先采用数字图像法检测的情况，在工程实践中表现为人工接触式检测难以到达或检测目标表面难以接触，例如既有桥梁损伤检测中使用桥检车进行高空作业的情况、工作状态的冶金厂房热风炉、钢烟囱表面损伤检测等高温、有毒气体作业环境等。

3.1.3 数字图像法检测人员应掌握数字图像获取与处理的基本方法，具备操作成像设备的经验。

3.1.4 对于重要基础设施和大型公共建筑宜进行数字图像法长期监测。

3.2 检测程序和基本要求

3.2.1 数字图像法检测宜按下述流程进行：



3.2.2 数字图像法检测应依据检测委托与指标精度等要求，按下列规定制定检测流程：

- 1 确定数字图像分辨率、成像元件参数、镜头参数与成像范围，完成成像设备与摄影方案的选定，制定检测方案；
- 2 经过成像操作获取符合要求的数字图像数据，完成数字图像获取；
- 3 进行数字图像预处理、降噪与增强等，确保数字图像数据满足质量和精度要求，完成数字图像预处理；
- 4 进行损伤、缺陷、变形、位移、应变等指标的识别与提取，完成指标计算；
- 5 对指标计算结果进行精度判断，如果满足要求进行结果输出，如果不满足要求须补测或重测；
- 6 根据具体要求进行检测结果记录。

【条文说明】3.2.2 完成指标的定量计算与输出结果不满足要求时，应重复执行（1）~（4）步骤。

3.2.3 数字图像检测的结果精度与输入输出格式应根据相关规范要求并参照委托方的要求执行。

4 数字图像获取

4.1 一般规定

4.1.1 数字图像获取应综合考虑成像设备、成像环境、拍摄方式、图像技术参数等因素。

4.1.2 根据检测对象特征和检测要求，选择适用的成像设备，成像设备应满足 4.2 节的要求。

4.1.3 成像环境及拍摄方式应满足 4.3 节的要求。

4.1.4 所拍摄获取的图像数据技术参数应满足 4.4 节的要求。

4.2 成像设备技术要求

4.2.1 所采用的成像设备应有产品合格证。

【条文说明】4.2.1 目前计量机构无关于照相机和摄像机检定、校准参数，照相机或摄像机应具有最基本的产品合格证。

4.2.2 成像设备应符合下列要求：

1 感光元件的物理分辨率应不小于视场/标称分辨率的 1/3；

2 当检测对象成像变化较快时，快门宜选择全局曝光的电子快门或机械快门，当对测量速度要求较低时，可选择线扫描式的电子快门；

3 快门速度和采样频率应满足动态测试的要求。

【条文说明】4.2.2 测量应用中的标称分辨率在使用亚像素技术时不应该高于物理分辨率 3 倍，即亚像素的有效细分等级应小于等于 1/2。

全局曝光的电子快门速度可以很高，在测量高速运动的物体时应优先使用全局曝光的电子快门以保证获得图像的准确性。

相机感光元件的尺寸宜选择较大的，测量运动物体时可采用提高快门速度或补充光源等方法提高成像清晰度。

4.2.3 镜头宜符合下列要求：

1 宜选用量测型镜头，若采用非量测型镜头，镜头应满足失真小、可标定、成像清晰等要求；

2 镜头靶面尺寸宜大于感光元件尺寸；

3 镜头的分辨率宜大于相机感光元件的物理分辨率。

4 镜头焦距的选择应由测量距离、感光元件的对角线距离、测量范围的对角线距离确定。

5 采用非量测镜头进行定量检测时，应检校成像设备的基本参数，包括主点坐标、主距、镜头畸变系数；当采用双目相机测量时，宜在使用前检校单目成像参数、相机间的相对位置关系，精度满足 4.2.7 条要求。

【条文说明】4.2.3 非量测镜头相机包括工业相机和民用相机，常用的接口包括 C 接口、CS 接口、F 接

口、V 接口、T2 接口、徕卡接口、M42 接口、M50 接口等）（C 接口和 CS 接口是工业相机最常见的国际标准接口）。

镜头焦距的选择应满足如下公式：
$$f \geq \frac{D \times l}{L}$$

式中：

L ——测量范围的对角线距离，mm；

l ——感光元件的对角线距离，mm；

f ——镜头焦距，mm；

D ——测量距离，mm。

4.2.4 在对镜头的放大倍数敏感的使用场景中应使用远心镜头。

【条文说明】**4.2.4** 远心镜头包括物方远心镜头、像方远心镜头、双侧远心镜头、其中双侧远心镜头的放大倍数既不会受探测物的距离影响也不会受镜头到靶面感光元件的距离影响。

4.2.5 双目视觉应用中，如果测量精度要求较高，测量距离宜接近基线长度。

4.2.6 成像设备检校质量精度宜满足以下要求：

- 1 主点坐标中误差不宜大于 $10\mu\text{m}$ ；
- 2 主距中误差不宜大于 $5\mu\text{m}$ ；
- 3 残余畸变差不宜大于 0.3 像素。

4.3 成像环境与操作技术要求

4.3.1 成像环境应符合下列要求：

- 1 拍摄时应选择光线柔和、亮度均匀的视觉场景，应避免逆光拍摄；
- 2 检测目标环境照度不高，可设置附加照明装置；附加照明光源宜设置于不同位置，且应避免直射镜头；
- 3 检测目标物表面反差适中，可采用向目标投影格网、斑点等增强表面反差；
- 4 检测目标环境的工作温度、湿度等应符合成像设备工作要求，必要时可采用防护罩。

4.3.2 拍摄站点应满足以下要求：

- 1 以保证精度和获取最有效的摄影覆盖为原则，避开屏障，并避免出现盲区；
- 2 拍摄站点宜布设在稳固的地面或平台上，拍摄站点场地应避免振动；拍摄站点不固定或使用无人机平台时，应保证拍摄相机稳定、防止抖动；
- 3 相邻摄站之间的高程，应小于摄站间距离的 $1/5$ 。

【条文说明】**4.3.2** 定量检测时更应该保证相机成像稳定，现场拍摄时，可选用稳定三角架固定成像设备。

4.3.3 根据检测对象复杂度与检测要求，拍摄站点宜采用以下方式布设：

- 1 拍摄方式可采用单一视角拍摄或不同视角拍摄；不同视角拍摄包括双目立体交会、多视图三维重

建。

2 测定被检测对象的二维坐标变化，或平面型目标的二维测定宜采用单一视角拍摄；

3 测定被检测对象的三维空间坐标，高精度变形量，或复杂形状立面信息时宜采用不同视角拍摄。

【条文说明】4.3.3 复杂度包括被检测对象的大小、形状等因素；检测要求包括被检测对象精度要求、目标环境条件要求、成像设备类型要求以及图像测量处理技术要求等。复杂形状立面是指具有指长条形目标，圆柱形目标，曲面目标等。

4.3.4 标定控制信息应符合以下要求：

1 控制信息可包括已知的三维坐标控制点、或已知长度、角度等绝对尺寸；

2 标记宜分布在图像畸变较小的区域，或均匀分布在检测目标对象周围。

【条文说明】4.3.4 控制信息是指带有绝对尺度量的标尺或参照物、或已知坐标的控制网等。

4.3.5 图像拍摄应符合下列要求：

1 检测对象宜置于图像中心位置；

2 拍摄角度宜保持镜头正对目标物的主立面；

3 检测目标的环境照度不高且图像清晰度要求较高时，宜选择灰度图模式。

4 静态目标拍摄时宜使用光圈优先模式；动态目标拍摄时应使用快门优先模式。

5 无人机平台拍摄，曝光瞬间像点位移宜小于 1 像素。

6 无法正面拍摄全景时，应先拍摄部分全景，再逐个正对拍摄，后期再合成。

【条文说明】4.3.5 图像拍摄角度宜保持镜头正对目标面，无法正面拍摄全景时，应先拍摄部分全景，再逐个正对拍摄，后期再合成；检测目标物结构复杂时应适当增加拍摄的交会角度；对远距离高精度检测时，宜选用长焦距、大幅面相机；在巷道等视野有限的近距离摄影时，宜选用短焦距相机。

拍摄方式可采用正直摄影、交向摄影或其他摄影方式，当采用单幅图像测量目标几何参数，或利用不同时刻同一角度拍照图像测量目标变化或运动时，可采用二维平面摄影。当施测对象在同一平面内分布，或采用低空无人机等平台图像测量时，可采用正直摄影。当施测对象表面形状较复杂，或需要高精度测定目标三维空间位置或变形测量时，可采用交向摄影方式。

4.4 数据质量要求

4.4.1 灰度图像像素位深不应小于 8bit；彩色图像像素位深宜为 12bit，且不应小于 8bit，饱和度等级不应小于 10 级。

4.4.2 图像应反差适中、色调一致、纹理清楚、层次丰富，不失真、无偏色，无伤痕和污迹。

4.4.3 图像数据应完整的覆盖检测目标和控制标靶。正直摄影时，图像对重叠度应为 60%-80%；交向摄影时，图像对重叠度不应小于 80%，交向摄影的偏角应小于 40°。

4.4.4 图像中控制标记点应与被检测对象色调有明显的反差，增设的特征点距离图像边缘宜大于 1.5cm。

【条文说明】4.4.4 依据 CH/Z 3005-2010 中质量要求。1.5cm 是航测野外测点的作业常采用的数值，因

为图像边缘有畸变。

4.4.5 采集数据宜采用无压缩格式存储，图片压缩存储时，压缩倍率宜小于 10 倍；视频数据压缩存储时，压缩倍率宜小于 5 倍。

5 数字图像预处理

5.1 技术要求

5.1.1 应依据检测委托与指标精度要求选用合适的图像预处理技术,图像数据质量应符合第4章中相关要求。

【条文说明】**5.1.1** 应视具体要求,选择适宜的数字图像预处理的;操作;如果数字图像素材质量较好且满足检测与测量要求,也可不进行预处理。

5.1.2 图像预处理宜包括图像色彩调整、畸变差改正、变形纠正、格式转换、降噪与增强,必要时可进行裁剪与缩放。

5.1.3 图像色彩调整应对图像进行质量检查,保持图像反差适中、色彩一致,对曝光过度、曝光不足、包含阴影、相邻图像色彩差异过大等问题,应进行色彩整体调整。

5.1.4 图像畸变差改正应选择适宜的畸变改正模型、专用软件或算法,满足数学模型合理严谨、解算稳定可靠的要求。

【条文说明】**5.1.4** 软件应正版授权认证,数学模型应该在软件中认证且适用于工程项目。一般来说,数学模型可包括:相机检校模型、联合平差模型、粗差检测模型等。因为拍摄方式、相机硬件、控制方式、精度要求等存在不同,因此,不管是购买软件或自研软件,采用数学模型应能够精确刻画各种误差,输出精度或可靠性指标,符合工程方案要求。

5.1.5 图像变形纠正应选用下列方式:

- 1 需要获取平面或空间信息时应综合图像二维、三维几何信息以及成像模型参数等进行纠正;
- 2 仅需获取长度、位移等一维信息时宜通过光轴与检测目标间的夹角实施投影纠正。

5.1.6 图像文件宜采用无损转换方法转换为通用格式,转换不得损失几何信息和辐射信息。

5.1.7 图像降噪与增强处理应符合下列规定:

- 1 图像中存在异于检测目标的异常像素点或像素点集时,应采用滤波或人机交互方式进行降噪处理,滤波器窗口尺寸宜选择3×3像素到15×15像素之间;
- 2 图像增强可选用减影、二值化、细化等操作增强图像细部;
- 3 应综合考虑检测对象特征和算法适用性,选择合适的软件进行图像降噪与增强。

【条文说明】**5.1.7** 图像噪声类型选择适宜的降噪滤波器,包括空间域和频率域滤波器等。如:椒盐噪声可选择中值滤波器,高斯噪声可采用选择中值滤波器均值滤波器。增强图像明暗视觉效果增强,可通过亮度、对比度、曝光度等参数调节;增强色彩视觉效果,可通过颜色值、色调、饱和度、色彩平衡等调节。增强图像边缘可以采用形态学。

5.1.8 裁剪与缩放操作后图像参数文件应同步更新;全景图像合成宜采用畸变差和变形纠正处理后的图像。

5.2 质量要求

5.2.1 处理后的图像应真实地反映实际材质的图案、质感、颜色及透明度，细节信息应完整，不应影响后续图像的处理

5.2.2 处理后的图像像素偏移不应大于 0.5 像素，图像主点位移不应大于 0.1 像素

5.2.3 图像裁剪合成时应保证细节表现清晰，图像间无拼接、镶嵌、缝隙或错位，重叠区域应无明显色彩差异。

6 裂缝检测

6.1 一般规定

6.1.1 裂缝检测内容应包括表面裂缝的分布、形态、宽度、长度，检测方法应按照本规程第 6.3 节至 6.7 节的规定执行。

【条文说明】**6.1.1** 本章适用于工程结构的表面裂缝检测，检测对象例如常见的混凝土结构与砌体结构表面裂缝、沥青路面与混凝土路面表面裂缝、钢结构表面疲劳裂缝等。

6.1.2 裂缝图像的获取除应满足规程第 4 章的要求外，还应符合以下规定：

- 1 图像中的裂缝应清晰可辨，裂缝宽度方向像素点个数应满足宽度计算的要求；
- 2 图像宜垂直于开裂结构或构件表面、正视角拍摄，倾斜拍摄时，应经过几何变形修正；
- 3 使用长焦镜头进行远距离拍摄，或进行大场景裂缝检测时，宜采用图像拼接或三维场景重建以扩大连续检测场景范围，并实现损伤定位；
- 4 裂缝图像拍摄时应保证照度均匀。

【条文说明】**6.1.2** 裂缝图像的获取应考虑以下要点：

- 1 裂缝图像可由手持相机、无人机搭载相机、固定机位相机等设备拍摄得到。
- 2 使用长焦镜头进行远距离拍摄时，相机视角变小、单次拍摄的场景较小；对混凝土构筑物、桥梁、隧道、大坝、路面等工程结构进行大场景裂缝检测，单次拍摄的场景相比于检测范围很小。对于上述 2 种情况，采用图像拼接或三维场景重建，可扩大图像的场景范围，有利于损伤定位。
- 3 为保证照度均匀，可使用自然光线或补充均匀光照；闪光灯曝光会使成像后裂缝内部明暗不均匀，转化为灰度图后影响裂缝宽度等参数的计算准确性，因此不宜使用闪光灯。

6.1.3 裂缝图像中裂缝形态应满足狭长状的特征要求，裂缝颜色或灰度应与图像周边元素有显著区别。

【条文说明】**6.1.3** 成像后在数字图像中表达的裂缝具有明显特征，裂缝的识别与提取宜结合其特征选用适当的算法。

6.1.4 裂缝检测的图像数据处理应包括数字图像预处理、裂缝识别与提取、裂缝宽度与长度计算、裂缝分布与结果表达。图像预处理应符合第 5 章的要求，其余操作应符合本章规定。

6.1.5 裂缝以外的其它表面损伤及缺陷可通过数字图像法技术人工定性检测，或参考附录 B 人工智能方法自动检测。

6.2 裂缝识别与提取

6.2.1 裂缝识别应包括裂缝图像的判断及图像中裂缝的识别，裂缝提取应包括图像中裂缝的提取及背景区域的排除。

【条文说明】**6.2.1** 裂缝识别的主要步骤有裂缝图像的判断、图像中裂缝的识别。其中裂缝图像的判断是

判断原始数字图像中哪些图像是包含裂缝的，主要应用场景是大量拍摄表面损伤检查照片后的裂缝图像挑选；图像中裂缝的识别，是对那些包含裂缝的图像进行进一步处理，识别其中的裂缝体。裂缝提取的主要步骤有图像中裂缝的提取、背景区域的排除。图像中裂缝的提取是指使用阈值分割、形态学操作等数字图像处理方法，操作过程同时对裂缝以外的背景区域进行排除。

6.2.2 裂缝识别宜利用裂缝狭长形态特点，与其它结构表面损伤进行区分；宜利用裂缝的分布位置与分布形态，与其它狭长的物体进行区分。

【条文说明】**6.2.2** 裂缝识别，宜利用裂缝狭长形态特点，与麻面、蜂窝、孔洞、露筋等其它混凝土表面损伤以及表面锈蚀等钢结构表面损伤进行区分；宜利用裂缝的分布位置与分布形态，与构件棱角、混凝土禅缝、线缆等成像后狭长的物体进行区分。需要注意，混凝土结构表面由施工模板印迹形成的禅缝，其成像特征与表面裂缝较为接近，但几何形状相对规整，需要针对性地筛除。

6.2.3 裂缝识别与提取宜采用阈值分割、形态学操作等数字图像处理方法或附录 B 的人工智能方法，必要时可采用人工方法辅助。

【条文说明】**6.2.3** 裂缝识别与提取建议采用阈值分割、形态学操作等数字图像处理方法或附录 B 的人工智能方法，上述方法均为可自动化处理的计算机程序。若自动化程序对裂缝识别与提取的效果不好，可采用人工方法，通过鼠标点选、框选等操作进行辅助处理。

6.2.4 提取的裂缝宜进行编号，编号方法宜满足以下要求：

- 1 连续裂缝宜满足成像后在二值图中 8 连通的要求，裂缝编号宜针对单条裂缝；
- 2 由多条相交裂缝组成的网状或树状连续裂缝，宜利用相交节点分解为单条裂缝后编号。

【条文说明】**6.2.4** 裂缝包括有单条独立、网状、树状等多种分布形式，为规范裂缝的描述、记录方法以及裂缝的编号方法，认为成像后在二值图中 8 连通的裂缝即为连续裂缝。对于多条相交裂缝的连续裂缝，应根据裂缝相交节点分解，交点之间的或交点与自由端之间的裂缝即为独立裂缝，相交裂缝可分解为多条独立裂缝并进行独立裂缝的唯一性编码。

6.3 裂缝宽度的计算

6.3.1 裂缝宽度计算时，应结合应用场景和需求选择适用的裂缝宽度定义，并在检测结果中予以声明。对重要的单条裂缝，宜同时计算裂缝宽度的最大值、最小值、平均值。

【条文说明】**6.3.1** 裂缝的宽度对评估裂缝的严重程度以及对结构的影响具有重要意义，是定量裂缝检测最重要的结果之一。

6.3.2 裂缝宽度定义方应为基于中轴线垂线的裂缝宽度、基于边缘线最小距离的裂缝宽度、局部平均裂缝宽度、基于灰度值的裂缝宽度等方法中的一种。

【条文说明】**6.3.2** 中轴线垂线的裂缝宽度、基于边缘线最小距离的裂缝宽度计算为裂缝宽度的精确计算方法，局部平均裂缝宽度、基于灰度值的裂缝宽度计算为裂缝宽度的平均计算方法。相应地，本节第 6.3.3 条与第 6.3.4 条定义的是裂缝宽度的精确计算方法，第 6.3.5 条与第 6.3.6 条定义的是裂缝宽度的平均计算方

法。

6.3.3 基于中轴线垂线的裂缝宽度应通过以下方法计算：

- 1 应对每条裂缝提取两条边缘线与一条中轴线；
- 2 对于裂缝上中轴线上待求宽度的某点，应作通过该点且与中轴线垂直的线；
- 3 该垂线与两条边缘线的交点之间的距离即为该点的裂缝宽度。

【条文说明】**6.3.3** 中轴线垂线有多种定义。本规程推荐两种。第一，连接中轴线测点前后相邻的两个中轴线点、并沿该点作垂线，相交于两条边缘线；第二，使用中轴线该点前后相邻若干个（如两个点、4个点或6个点），使用样条曲线拟合后、沿该点作垂线，相交于两条边缘线。

6.3.4 基于边缘线最小距离的裂缝宽度应通过以下方法计算：

- 1 过裂缝上中轴线上待求宽度的某点作任意直线与2条边缘线相交；
- 2 所有直线产生的2个交点的最小距离即为该点的裂缝宽度。

6.3.5 局部平均裂缝宽度应通过某段裂缝闭合面积除以该段裂缝中轴线长度计算。。

6.3.6 基于灰度值的裂缝宽度应根据裂缝局部灰度深浅，依据对应关系直接确定裂缝的局部平均宽度。

【条文说明】**6.3.6** 基于灰度值的裂缝宽度计算方法，应根据裂缝局部灰度深浅与裂缝宽度的对应关系计算宽度，上述对应关系宜通过试验并结合文献资料确定。

6.4 裂缝长度的计算

6.4.1 裂缝长度定义应为裂缝骨架线长度。

6.4.2 裂缝长度宜通过骨架线的像素点数量求和计算。

6.4.3 对于多条相交裂缝的连续裂缝，裂缝长度宜取主裂缝长度。

6.5 裂缝分布、形态的计算

6.5.1 裂缝的分布应包含裂缝在结构或构件上的相对位置信息。

【条文说明】**6.5.1** 裂缝分布是裂缝记录的重要数据，是判断裂缝类型与结构损伤程度的重要参考。

6.5.2 裂缝分布应包括裂缝的位置、走向、分布形状、间距、数量等信息。

6.6 裂缝参数表达

6.6.1 裂缝分布与形态的检测结果应在原始照片、二维效果图或三维模型中真实、准确地表达，应标记裂缝的位置、形状、走向、间距等信息。

6.6.2 裂缝宽度的检测结果宜在原始照片、二维效果图或三维模型中采用不同的颜色或灰度表达，并配置色彩或灰度与裂缝宽度的对照表。

6.6.3 展示裂缝分布的工程结构图像应包含主要的结构信息与完整的裂缝信息，大场景裂缝检测宜通过图像拼接或结合三维模型整幅、立体地记录裂缝。

6.6.4 裂缝的宽度、长度、分布参数应使用成像模型或场景中绝对尺寸进行像素单位与标准长度单位的换

算，表达为标准长度单位信息。

6.7 精度要求

6.7.1 数字图像法裂缝识别的最小可测裂缝宽度不宜大于 0.1mm，且应符合国家现行标准要求。

6.7.2 裂缝宽度计算的相对精度不宜大于 20%，使用无人机平台拍摄裂缝图像时相对精度不宜大于 40%。

【条文说明】6.7.2 裂缝宽度检测的相对精度是指相对于裂缝尺、裂缝显微镜或游标卡的检测结果。根据已发表的多篇数字图像法裂缝识别文献的试验结果，手持相机进行裂缝宽度检测的相对精度分布如下图所示：

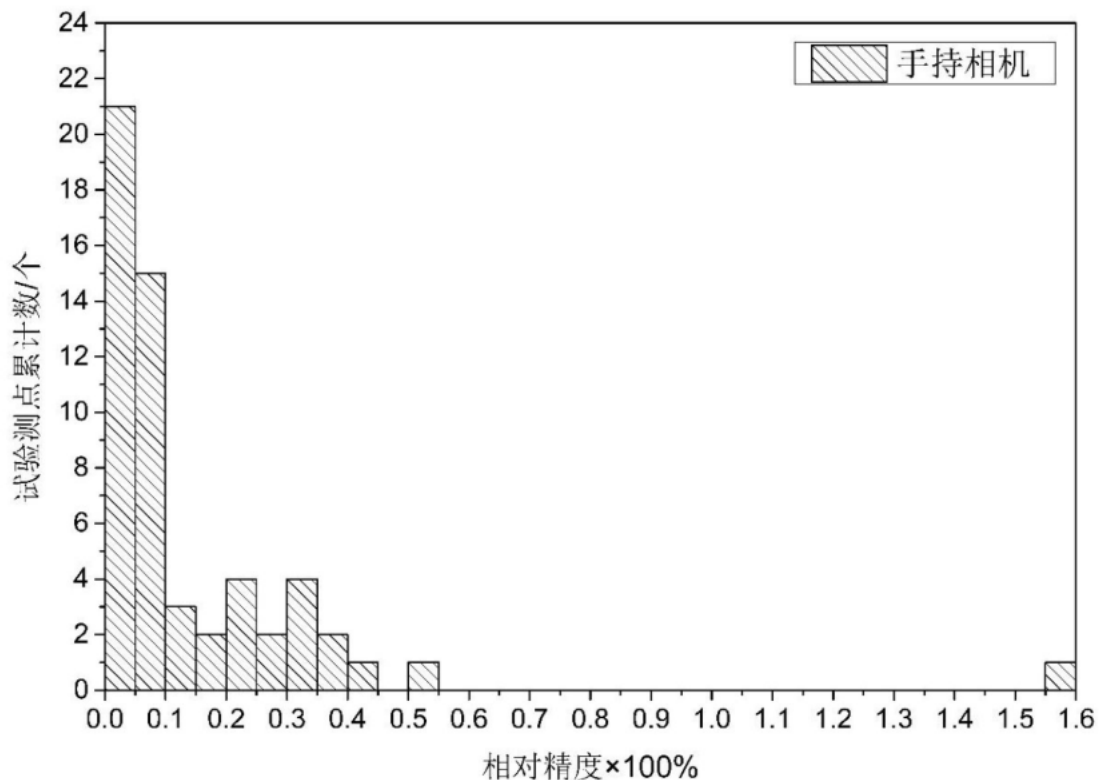


图1 手持相机检测裂缝宽度的相对精度结果

上图中可见，手持相机检测裂缝宽度的精度绝大多数小于 55%（占比 98.2%），大部分结果小于 20%（占比 75.0%）。由于相对精度可通过多次测量取平均值而提升，取 20%作为限值是可行的。

当使用无人机进行裂缝图像的拍摄时，相对精度分布如下图所示：

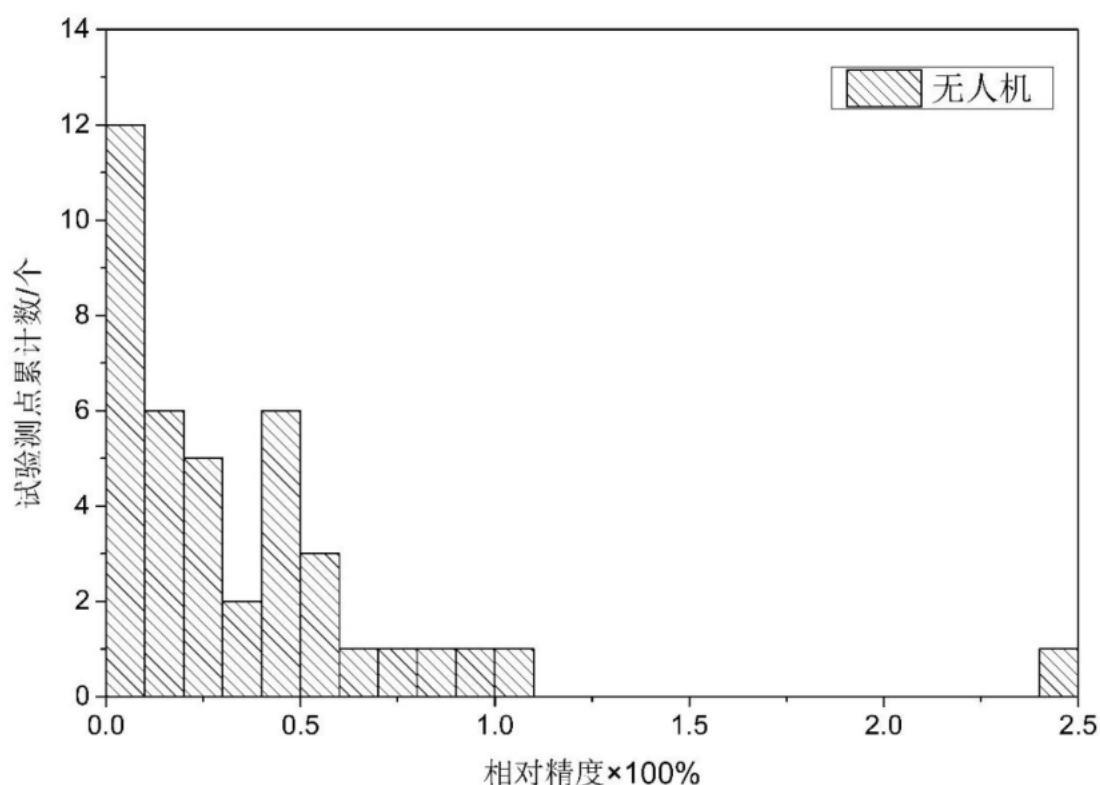


图2 借助无人机平台检测裂缝宽度的相对精度结果

可见，使用无人机进行裂缝图像拍摄时，裂缝宽度检测的相对精度变差，小于46%的测量结果占比为75%，小于40%的测量结果占比为65%。考虑无人机检测可显著提升作业的安全性，将其相对精度限制放松至40%。

此外，裂缝长度的检测，数字图像法是为数不多的可靠方法，很难找到其它准确测量手段，因此不给出其相对精度的要求。

参考文献:

- [1] Yu-Fei Liu, Xin Nie, Jian-Sheng Fan, Xiao-Gang Liu. Image-based Crack Assessment of Bridge Piers using Unmanned Aerial Vehicles and 3D Scene Reconstruction, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.
 - [2] Yu-Fei Liu, Soojin Cho, Billie F. Spencer, Jr., Jian-Sheng Fan, Concrete Crack Assessment Using Digital Image Processing and 3D Scene Reconstruction, ASCE Journal of Computing in Civil Engineering, 2016, 30(1).
- Yufei Liu, Soojin Cho, Billie F. Spencer, Jr., Jiansheng Fan, Automated Assessment of Cracks on Concrete Surfaces Using Adaptive Digital Image Processing, Smart Structures and Systems, 2014, 14(4): 719-741.

7 尺寸与变形测量

7.1 一般规定

7.1.1 尺寸测量内容应包括结构或构件的长度、宽度、高度、位置、截面特征参数等，变形测量应包括结构或构件的挠度、倾斜、弯曲等整体变形以及局部几何变形等，检测方法应按照本规程第 7.2 节至 7.3 节的规定执行。

7.1.2 当待测尺寸或变形为二维指标且不依赖景深信息，可使用成像模型或场景中绝对尺寸进行数值换算。

7.1.3 当待测尺寸或变形为三维指标且依赖景深信息，可使用三维重建的方法获取构件或结构的全几何信息，三维重建方法见附件 C。

7.1.4 应选用适用的坐标系统和投影面。坐标系统可采用独立坐标系统，也可与其他坐标系联测；投影面应能减少投影变形并保证精度。

7.1.5 成像系统模型和图像中参考标定信息应进行高精度测定，其中参考标定信息宜采用精度更高的量测仪器或方法进行测量。

【条文说明】**7.1.5** 成像系统模型用来表示三维空间坐标与二维图像坐标间的几何关系，其检定应包括主点位置与主距、相机内外参数、畸变差大小等。参考标定信息是指带有绝对尺度量的标尺或参照物，或已知坐标的控制网等。参考标定信息应具有更高的精度，如标定控制精度为 0.1mm 时，测量使用的仪器标称精度应大于等于 0.1mm。

7.1.6 尺寸与变形应采用标准单位，应对目标实施多次独立测量取平均值。

7.2 尺寸与变形计算

7.2.1 单张图像尺寸测量时，宜采用单一视角拍摄图像，在图像预处理的基础上，结合标定控制信息，可采用轮廓线直接量测、特征点平面坐标量测等方法获取检测对象尺寸。

【条文说明】**7.2.1** 几何信息简单指要获得的信息为二维几何信息。图像处理按照第 5 章进行。

7.2.2 利用多张不同视角图像的尺寸测量应符合下列要求：

- 1 可采用特征点坐标直接量测、点云拟合建模、三角网建模等方式；
- 2 采用特征点坐标方式测量时，应正确量测特征显著的形心、特征点等。
- 3 具有明确数学表达的外轮廓、圆柱体、圆球体等检测对象，宜采用点云拟合方式；
- 4 表面形状不规则的检测对象，宜采用特征点坐标量测或三角网建模后量测的方式。

【条文说明】**7.2.2** 目标指定点间距离、位置姿态等信息可采用稀疏点云测量。目标表面三维整体信息可采用密集点云测量。目标表面光滑时，通过高精度提取的轮廓线反投影重建三维目标，实施几何尺寸测量。

7.2.3 挠度、倾斜、弯曲等整体变形测量应符合下列规定：

1 对于直边类构件应根据表面轮廓特征点坐标进行计算，宜在同一考察截面上选择不少于 3 个点，取其平均值；

2 对于截面为圆形、椭圆形等非直边构件，宜通过根据点云数据拟合获取待测构件截面的轴心、形心点等坐标进行计算。

【条文说明】7.2.3 挠度、倾斜、弯曲等整体变形测量的原理一致，均为通过数字图像法获得构件表面特征点坐标，通过点的三维坐标相对差值，求取挠度、倾斜、弯曲值等。对于圆柱形、椭圆形构件等非直边类构件，很难用表面点直接计算检测指标，根据工程经验，通过所测得的表面特征点拟合考察截面的圆心，通过若干个圆心坐标求得检测指标，例如，空间网格结构的圆杆，可通过拟合两端截面和跨中截面的圆心坐标，通过圆心坐标，间接的求出跨中弯曲量，若要得到构件上更多位置的弯曲信息，可拟合更多截面的圆心坐标。采用同样的方法，可计算挠度、倾斜等检测指标。

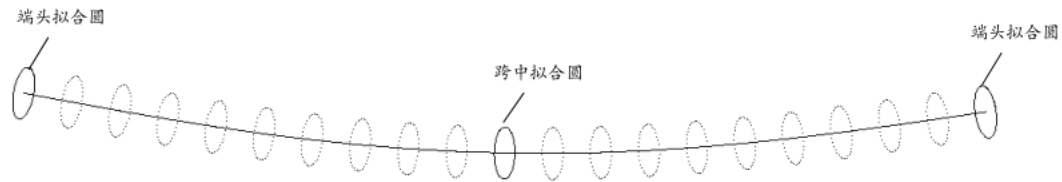


图 3 圆柱形构件检测指标提取示意图

对于直边类构件，如方钢、角钢、H 型钢、槽钢，求取某个方向的弯曲量时，采用该方向直边上的点云进行计算，为了计算准确，每个考察断面提取不少于 3 个点，求其坐标平均值，通过各考察断面，求取弯曲量。例如下图中的角钢弯曲，在直边两端和跨中各取 3 个点，跨中 3 点法向坐标分量平均值减去两端的法向坐标分量平均值可求得跨中弯曲量。

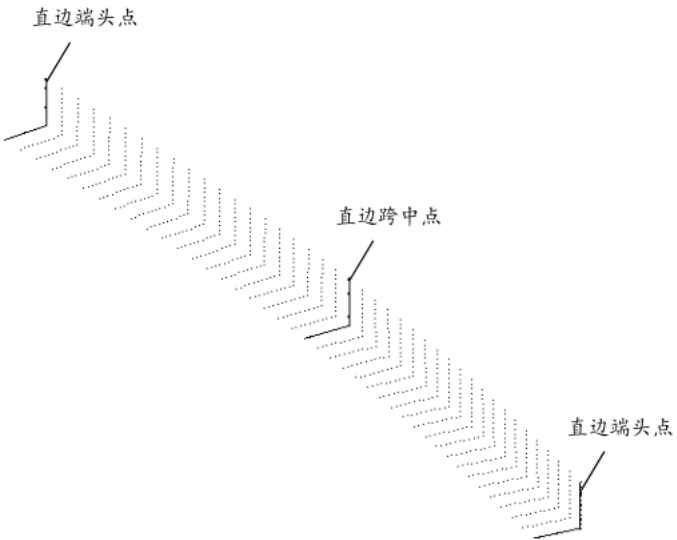


图 4 直边类构件检测指标提取示意图

7.2.4 局部变形测量应符合下列规定：

- 1 局部变形信息的描述宜包括范围、面积、形状、变形量；
- 2 处理后的点云分布宜纵横排布规律，且应适当加密；

3 应取未变形部位的点构建基准面，以变形部位的点至基准面绝对距离作为该点变形量。

【条文说明】7.2.4 工程实践活动中，结构构件局部几何缺陷会很大程度上降低结构构件的极限承载力。例如钢结构角钢两趾经常存在局部变形，为了评估带缺陷构件的承载能力，需要对缺陷部位的范围、面积、形状、程度进行测量。为了重建变形部位的有限元模型，处理后的点云宜适当加密、分布纵横规律，以方便建模。当仅需对最大变形处测量时，取未变形部位的点为基准平面，量取峰值点至基准平面距离即为最大变形量，示意图如下。

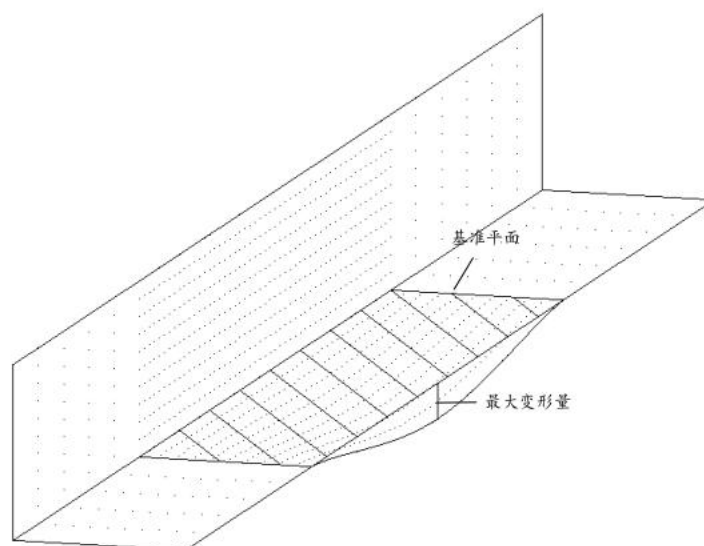


图5 局部变形检测指标提取示意图

7.3 精度要求

7.3.1 图像上特征点/线的量测精度宜小于 1 个像素，图像三维重建坐标相对精度不应大于 1mm。

【条文说明】7.3.1 在 CVPR 多视图重建评估文章“A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms”中指出：超过 90%重建点坐标精度在 1mm 以内。

	Temple			Dino		
	Full (317)	Ring (47)	SparseR. (16)	Full (363)	Ring (48)	SparseR. (16)
Furukawa [48]	0.65, 98.7%	0.58, 98.5%	0.82, 94.3%	0.52, 99.2%	0.42, 98.8%	0.58, 96.9%
Goesle [63]	0.42, 98.0%	0.61, 86.2%	0.87, 56.6%	0.56, 80.0%	0.46, 57.8%	0.56, 26.0%
Hernandez [31]	0.36, 99.7%	0.52, 99.5%	0.75, 95.3%	0.49, 99.6%	0.45, 97.9%	0.60, 98.5%
Kolmogorov [35]		1.86, 90.4%			2.80, 85.7%	
Pons [26]		0.60, 99.5%	0.90, 95.4%		0.55, 99.0%	0.71, 97.7%
Vogiatzis [19]	1.07, 90.7%	0.76, 96.2%	2.77, 79.4%	0.42, 99.0%	0.49, 96.7%	1.18, 90.8%

Table 1. Accuracy and Completeness results. The first number $0.xx$ measures *accuracy*: the distance d (in mm) such that 90% of the reconstruction is within d of the ground truth mesh (GTM). The second number $xx.x\%$ specifies *completeness*: the percent of points on the GTM that are within $1.25mm$ of the reconstruction. The number of views in each dataset is shown in parentheses in the table header.

7.3.2 尺寸或变形量测相对误差不应大于 1%。

【条文说明】7.3.2 相对误差可按以下公式进行计算：

$$m_x = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i \cdot \Delta x_i) / n}$$

$$m_y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i \cdot \Delta y_i) / n}$$

$$m_z = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta z_i \cdot \Delta z_i) / n}$$

$$m = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2}$$

式中： m ——相对误差；

m_x 、 m_y 、 m_z ——点位 x, y, z 方向上的中误差(m)；

n ——物方控制点的个数；

Δx 、 Δy 、 Δz ——量测 x, y, z 坐标与对应的物方控制点坐标差(m)。

8 位移测量

8.1 一般规定

8.1.1 位移测量内容应包括静、动态二维位移的测量，测量方法应按照本规程第 8.2 节至 8.3 节的规定执行。

【条文说明】8.1.1 结构的静载试验是指将静止的载荷作用于结构上的指定位置，以便能够测试出结构的静位移、静应变等，从而推断结构在载荷作用下的工作状态和使用能力的试验。动载试验是指将动力载荷作用于结构上，来测出结构的动力特性，从而判断出结构在动力载荷下受冲击和受振动影响的试验。动载试验的目的在于测定结构的动力特性，如结构的自振频率、阻尼特性及固有振型等；测定结构在动力载荷作用下的强迫振动的响应，如振幅、动应力、冲击系数及疲劳性能等。本章的静、动态位移测量指的便是分别对应于静、动载试验下的位移或振幅测量。

8.1.2 成像设备宜采用工业相机，且其帧率不应低于被测结构位移频率的 2.56 倍，数据传输应避免丢帧

【条文说明】8.1.2 成像设备宜采用工业相机，原因在于：1、工业相机一般经过特殊设计，结构紧凑结实、不易损坏，连续工作时间长，可在较差的环境下使用。一般的家用数码设备是做不到这些的；2、通过家用数码设备获得的图像数据一般经过了家用数码设备内置的图像预处理（比如滤波或平滑等），可能造成原始图像一些特征信息的丢失，而这些丢失的特征信息对于本章位移测量来说又可能是至关重要的；3、家用数码相机的数据传输速率不高，难以满足现场实时测量的要求。

8.1.3 当相机分辨率无法满足位移测量精度要求且测量范围、距离及硬件设备无法改变时，宜采用亚像素数字图像处理技术。

【条文说明】8.1.3 在一定的测量精度要求下，可采用以下几种方式提高测量分辨率：1、采用更大焦距的镜头；2、采用更高分辨率的工业相机；3、缩小检测距离。采用方式 1 和 2 的话，在现场测量时，现场更换镜头或工业相机不太方便，还可能造成测量设备成本直线上升；采用方式 3 的话，会相应的缩小测量范围；而采用基于亚像素的数字图像处理技术，在硬件设备和测量范围不变的条件下，便可极大提高测量分辨率。

拍摄站点选定后，其位移测量分辨率可按式（8-1）进行估算。估算出的位移测量分辨率应满足测量分辨率要求。

$$d = \frac{ps \times D}{f \times K} \quad (8-1)$$

式（8-1）中：

d ——测量分辨率，mm；

f ——镜头焦距，mm；

ps ——感光元件尺寸大小，um；

D ——测量距离，m；

K ——亚像素细分数，无量纲。

8.1.4 相机光轴宜垂直于位移运动方向，当相机光轴不垂直于位移运动方向，应实测倾斜角度并进行倾斜修正。

8.1.5 位移测量受设备振动影响显著时应进行消振修正。

8.1.6 位移测量的程序宜按图 8-1 执行。

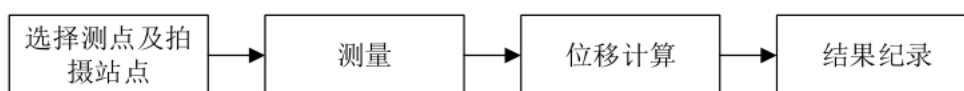


图 8.1.1 位移测量程序框图

8.1.7 测点选择应根据结构形式、结构材料以及测量要求等合理选定。

8.1.8 拍摄站点选定应满足以下要求：

- 1 测量距离应根据镜头焦距、感光元件尺寸及测量分辨率要求等综合考虑。
- 2 测量设备架设时，相机视野应能覆盖所有选定测点或测量区域。

8.2 位移计算

8.2.1 位移计算方法宜采用模板匹配法和特征点跟踪法。

【条文说明】**8.2.1** 特征点跟踪法利用数字图像的灰度和梯度等细节信息提取出特征点，然后跟踪特征点的相对像素位置信息变化而实现位移测量。可根据现场情况和需要的运算速度与准确度选择特征点算法，如 SURF 算法，ORB 算法，BRIEF 算法等。

8.2.2 模板匹配法计算流程宜按图 8-2 执行。

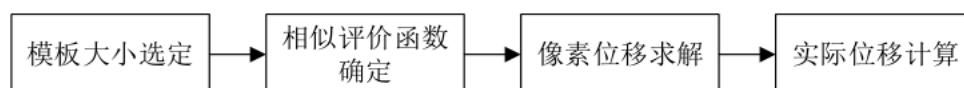


图 8.2.1 模板匹配法计算流程图

【条文说明】**8.2.2** 模板匹配法将模板图像与目标图像中的检测区域进行相似度计算，根据相似度度量准则，即相似度评价函数，来确定最佳匹配像素位置。

8.2.3 特征点跟踪法计算应满足以下要求：

- 1 宜预先对图像进行亚像素处理，以获得更高的精度；
- 2 应通过跟踪前后图像中相同的特征点的坐标并作差以获得像素位移。

8.2.4 实际位移应按下列步骤计算：

- 1 可根据测量距离、镜头焦距以及感光元件尺寸大小直接计算标定系数；
- 2 当检测目标某部分长度已知时，也可通过实际长度除以像素长度获得标定系数；
- 3 实际位移应为像素位移乘以标定系数。

【条文说明】8.2.4 标定系数 可根据测点距相机距离 D 、镜头焦距 f 、感光元件尺寸大小 ps ，按式 (8-2) 计算：

$$\delta = \frac{ps \times D}{f} \quad (8-2)$$

式 (8-2) 中：

δ ——标定系数，mm/像素；

f ——镜头焦距，mm；

ps ——感光元件尺寸大小， μm ；

D ——测量距离，m。

8.3 精度要求

8.3.1 静态位移测量示值误差应符合表 8-1 规定：

表 8.3.1 静态位移测量示值误差

测量距离	位移范围	最大误差
10m	1~50mm	$\pm 0.1\text{mm}$
50m	1~50mm	$\pm 0.5\text{mm}$
300m	1~50mm	$\pm 5\text{mm}$

8.3.2 室内静态位移测量偏差系数应满足 $10\text{m} \pm 5\text{mm}$ 距离处不大于 0.1% 的要求。

8.3.3 室内单点动态位移测量示值误差应满足 $10\text{m} \pm 5\text{mm}$ 距离处相对误差不大于 $\pm 5\%$ 的要求。

8.3.4 室内动态位移曲线拟合相关性系数应满足 $10\text{m} \pm 5\text{mm}$ 距离处不小于 0.99 的要求。

【条文说明】8.3.1~8.3.4 参照计量检定规程《JJG (交通) XX-XXXX 桥梁挠度检测仪 (征求意见稿)》中对计量性能要求之规定，对本章的静、动态位移测量的精度做了上述要求。

9 应变测量

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于室内静、动态表面二维应变测量。

9.1.2 动态加载中，成像设备的帧率不应低于加载频率的 2.56 倍，同时应考虑数据传输速率，避免丢帧。

9.1.3 应变测量宜在检测对象表面喷制散斑。

【条文说明】**9.1.3** 数字图像相关方法是按一定的搜索方法，通过处理变形前后检测对象表面的数字图像直接获得位移或应变信息的一种数字图像处理技术，即数字图像相关方法通过直接处理具有一定灰度分布（即散斑）的检测对象表面图像来进行位移或应变测量。散斑质量越高，则测量精度越高。虽然可以直接利用检测对象表面的自然纹理作为散斑，但为了更高的测量精度，在检测对象表面喷制散斑是常规的做法。

9.1.4 当检测对象在加载过程中可能发生离面位移时，宜采用物方远心镜头。

【条文说明】**9.1.4** 离面位移会改变针孔成像模型的物距，导致像面图像放大倍数的改变，从而引起额外的压缩或拉伸虚应变。物方远心镜头对检测对象表面的离面位移不敏感，可以减小因离面位移而引起的测量误差。

9.1.5 应变测量程序宜按图 9.1.1 执行。

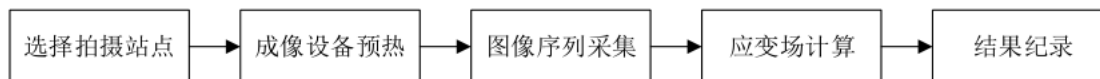


图 9.1.1 结构应变测量程序图

9.1.6 选择拍摄站点时，成像设备宜架设于隔振台上，并应保证其光轴垂直于检测对象表面。

9.1.7 成像设备应事先进行预热，预热时间不少于 20 分钟。

【条文说明】**9.1.7** 成像设备通电后产生的自热或测量过程中环境温度的变化会使其内部机械支撑部件产生热变形，从而使成像传感器的位置发生微小改变，进而改变针孔成像模型中的像距。因此，成像设备应事先进行预热，并确保测量过程中环境温度的恒定。

9.1.8 图像序列采集时，宜采取主动补光方式。

【条文说明】**9.1.8** 当环境光发生变化时，可能引起检测对象表面图像灰度分布一定程度的变化，从而造成测量误差。为了避免环境光变化引起的测量误差，宜采取主动补光方式。

9.2 应变场计算

9.2.1 应变测量图像处理宜采用数字图像相关（DIC）技术。

9.2.2 应变场应通过位移场换算获得。

9.2.3 位移场计算流程宜按图 9.2.1 进行。

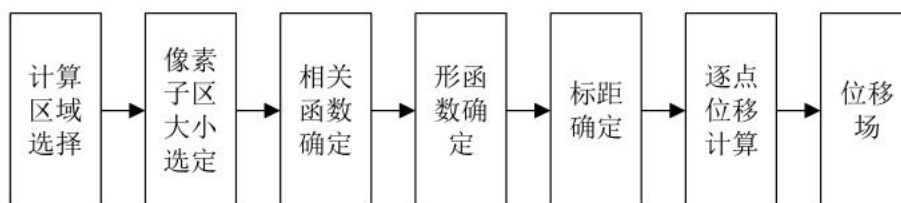


图 9.2.1 位移场计算流程图

【条文说明】9.2.3 在数字图像相关中，变形前的数字图像称为参考图像，变形后的数字图像称为变形后图像或目标图像。在参考图像或目标图像中选定的一定区域的数字图像称为图像子区。图像子区大小一般以像素为单位。相关函数是指用于定量评价目标图像子区与参考图像子区相似程度的函数。应变场的计算是基于各测点的位移测量结果。

位移场计算步骤如下：

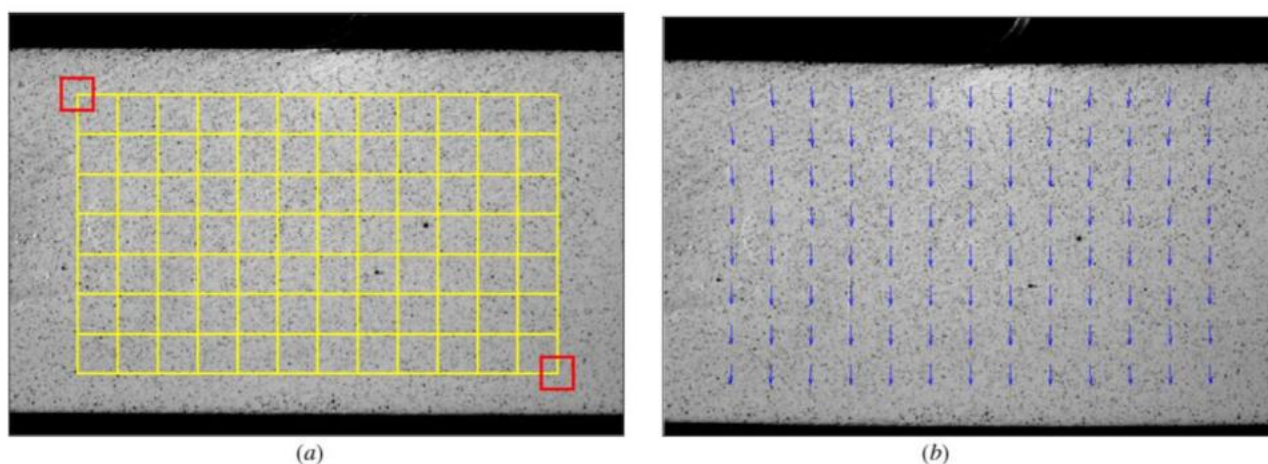


图 6 考虑应变影响的变形前、后图像子区示意图

1、先在结构表面图像上选定计算区域，即图 6（a）中所示的黄色长方形区域，该区域中各方格的顶点为各测点。红色方框内的图像区域为图像子区，图像子区中心即为各测点。黄色方格边长（以像素为单位）称为标距，将用于结合各测点的位移测量值计算出各测点的应变值。

2、图像子区大小确定

较大的图像子区有助于提高测量精度，但同时会降低测量空间分辨率。图像子区大小 $(2M + 1) \times (2M + 1)$ 宜大于 41×41 ，小于 81×81 。

3、相关函数确定

学术界内对相关函数有多种定义。相关函数的选取应满足一下 3 个条件:1)、较小的计算量; 2)、易操作性; 3)、抗干扰性。最小平方距离相关系数易于计算机编程实现、计算量小，同时具有较强的抗干扰性。因此，相关函数宜采用最小平方距离相关系数。最小平方距离相关系数可按式 (9-1) 进行计算。

$$C_{f,g} = \sum_{x=-M}^M \sum_{y=-M}^M [f(x,y) - g(x',y')]^2 \quad (9-1)$$

式 (9-1) 中：

$C_{f,g}$ ——最小平方距离相关系数；

$f(x, y)$ ——参考图像子区灰度分布；

$g(x', y')$ ——目标图像子区灰度分布。

4、形函数确定

形函数用于描述子区的变形情况。子区变形情况与被测结构是否变形以及变形情况紧密相关。较低阶的形函数将减少迭代求解参量个数、大大降低计算量。形函数宜采用一阶型函数，综合考虑结构可能的平移、转动、剪切变形以及其组合，如图 7 所示。

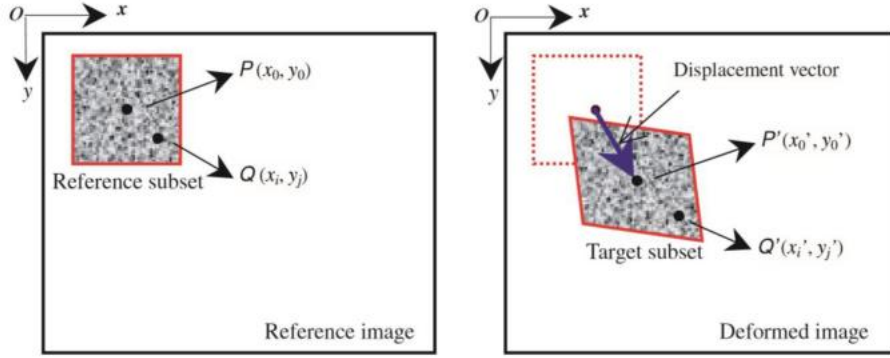


图 7 考虑应变影响的变形前、后图像子区示意图

在目标图像子区中，坐标 (x', y') 可按式 (9-2) 进行计算。

$$x' = x + u + u_x \Delta x + u_y \Delta y$$

$$y' = y + v + v_x \Delta x + v_y \Delta y$$

$$\Delta x = x - x_0$$

$$\Delta y = y - y_0 \quad (9-2)$$

式 (9-2) 中：

u ——图像子区在 x 方向的位移；

v ——图像子区在 y 方向的位移；

u_x —— u 在 x 方向的导数；

u_y —— u 在 y 方向的导数；

v_x —— v 在 x 方向的导数；

v_y —— v 在 y 方向的导数。

5、迭代求解亚像素位移

在数字图像相关中，主要的亚像素位移算法有：梯度法、曲面拟合法和牛顿-拉普森迭代法。由于牛顿-拉普森迭代法同时具有较高的精度和计算速度，因此宜采用牛顿-拉普森迭代法求解亚像素位移，步骤如下：

1 构造向量 $\mathbf{p} = (u, u_x, u_y, v, v_x, v_y)^T$ 。

2 根据式 (9-2) 将式 (9-1) 写成式 (9-3) 形式。

$$C_{f,g}(\mathbf{p}) = \sum_{x=-M}^M \sum_{y=-M}^M [f(x, y) - g(x + \rho(\Delta x, \Delta y, \mathbf{p}), y + \sigma(\Delta x, \Delta y, \mathbf{p}))]^2 \quad (9-3)$$

式 (9-3) 中:

$$\rho(\Delta x, \Delta y, p) = u + u_x \Delta x + u_y \Delta y;$$

$$\sigma(\Delta x, \Delta y, p) = v + v_x \Delta x + v_y \Delta y。$$

3 计算 $C_{f,g}(p)$ 的偏导数, 并令其为零。

$$\nabla C_{f,g}(p) = \left(\frac{\partial C_{f,g}}{\partial p_i} \right)_{i=1,2,\dots,6} = 0 \quad (9-4)$$

4 式 (9-4) 的求解可用牛顿-拉普森迭代法求解。迭代的初始值可以整像素搜索结果作为初值。

5 迭代过程中需要图像亚像素位置的灰度和灰度梯度值, 可采用双三次样条插值计算。图 6 (b) 所示为各测点的位移矢量测量结果。

9.2.3 应变场计算应按下面步骤进行:

1 应对位移场数据进行平滑去噪;

2 可对位移场数据进行数值差分运算获得应变场。

9.3 精度要求

9.3.1 静态应变测量误差不应大于 $50\mu\varepsilon$ 。

9.3.2 动态应变测量误差不应大于 $50\mu\varepsilon$ 。

【条文说明】9.3.1~9.3.2 参照计量检定规程中对计量性能要求之规定, 对本章的静、动态应变测量的精度做了上述要求。

10 结果记录

10.0.1 数字图像法检测的结果记录宜包含下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测目的、内容、范围及依据；
- 3 成像设备及其参数；
- 4 数字图像技术名称及参数选择；
- 5 数字图像法检测结果；
- 6 必要的数据处理过程；
- 7 附件（可包含数字图像原始数据）。

附录 A 无人机平台操作

A.1 一般规定

A.1.1 无人机平台运行与维护应符合中国民用航空局《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》、《轻小无人机运行规定》的相关规定。

A.1.2 操作无人机时不得危及他人的生命财产安全。

A.1.3 下列情况下无人机驾驶员不应驾驶无人机：

- 1 在饮用任何含酒精的液体之后的 8 小时之内或处于酒精作用之下；
- 2 受到任何药物影响极其工作能力对飞行安全造成影响。

A.1.4 无人机平台运行时，应符合下列规定：

- 1 无人机平台应在隔离空域内飞行，在限飞区飞行应遵守相应的限制规定，严禁在禁飞区飞行；
- 2 无人机平台应在昼间飞行，并按照所需检测对象的环境照度要求选择飞行时间段；

无人机平台宜在良好的气象条件下运行。

【条文说明】**A.1.4** 为保证获取数字图像的精度，夜间获取数字图像的照度不够，无人机平台应在昼间飞行。并按照所需检测对象的环境照度要求选择飞行时间段，例如需避免阳光直射时，应选择避开午时进行飞行。

A.1.5 无人机驾驶员应按照使用说明书要求的技术参数运行无人机平台。

【条文说明】**A.1.5** 无人机平台出厂时均有使用说明书，详细地介绍了无人机的技术参数。不同的无人机机型技术参数有很大差异，无人机平台应按照例如工作环境温度、最大可抗风速、有效使用环境等技术参数的要求飞行。

A.1.6 无人机平台开始运行前，机长应该制定相应的飞行方案和应急预案，包括：

- 1 检查无人机及其携带设备；
- 2 无人机航线；
- 3 无人机安全应急处理预案。

A.2 设备与人员要求

A.2.1 实施无人机机外载荷作业飞行的无人机应符合下列要求：

- 1 应满足民航总局的要求并通过型号合格审定；
- 2 宜设置无人机观测员，由运营人指定的训练有素的人员，通过目视观测无人机，协助无人机驾驶员安全实施飞行；
- 3 应持有有效的适航证；
- 4 应具备无人机与载荷组合手册。

【条文说明】A.2.1 根据以往操作经验和调查，无人机距离被测物体太近，信号易受到其干扰，引起操作失灵，或者操作稍有不慎，会发生撞击事故。为防止发生碰撞，应尽量保证距离检测对象 0.5 米以上。

A.2.3 实施无人机机外载荷作业飞行的驾驶员应做好接受飞行操作检查的准备。

A.2.4 无人机驾驶员应持有中国民用航空局颁发的无人机执照，并持证飞行。

A.2.5 无人机驾驶员应持有按中国民用航空规章《民用航空人员体检合格证管理规则》颁发的有效体检合格证，并且在行使驾驶员执照权利时随身携带该合格证。

A.3 气象要求

A.3.1 无人机应在机型使用说明限定的气象条件下运行。

A.3.2 以下气象条件下，严禁驾驶无人机：

- 1 雷暴天气
- 2 大风天气；
- 3 低能见度。

A.3.3 以下气象条件下，应限制驾驶无人机并遵守以下规定：

- 1 不宜在 5 级以上大风天气飞行；
- 2 不宜在能见度小于 300 米时飞行。
- 3 不宜在低温环境飞行，飞行中不宜激烈运动，电池使用前应注意保温；
- 4 高原飞行，首先要空载试飞，进行飞行机动检查后，再全载荷试飞。完成测试后，方可进行飞行作业。

A.3.4 在获取高精度数字图像时，无人机的抗风能力宜大于 4 级。

A.4 操作方法

A.4.1 无人机平台获取视频数据时应保持飞行的稳定性，获取数字图像时应保持悬停的稳定性。

A.4.2 无人机平台悬停时的飞行姿态控制稳度宜满足以下要求：

- 1 横滚角 $<\pm 3^\circ$ ；
- 2 俯仰角 $<\pm 3^\circ$ 。

A.4.3 无人机平台悬停时的飞行航线控制稳度宜满足以下要求：

- 1 偏航距 $<\pm 0.5$ 米；
- 2 航高差 $<\pm 0.5$ 米；
- 3 航迹弯曲度 $<\pm 5^\circ$ 。

【条文说明】A.4.3 无人机平台悬停时的航线控制稳度在采用 GNSS 系统定位时精度较差，应尽量采用视觉定位进行控制。

A.4.4 无人机平台不宜靠近检测对象 0.5 米范围以内。

A.4.5 定期巡检中宜结合地面控制站实现无人机的任务规划、实时监测、数据通信。

【条文说明】A.4.5 无人机地面控制站是实现无人机精准操纵与自动巡检的重要工具，其具有任务规划、任务回放、实时监测、数字地图、通信数据链在内的集控制、通信、数据处理于一体的综合能力。在定期巡检中，宜通过无人机地面控制站规划任务并自动执行飞行检测，提升无人机平台检测的自动化程度。

附录 B 人工智能方法

B.0.1 采用人工智能方法可包括深度学习、卷积神经网络、BP 神经网络、支持向量机等。

B.0.2 人工智能方法操作宜包括：数据库准备、图像预处理、训练、测试、应用。

B.0.3 样本数据库应包含具有代表性的正负样本，并避免过拟合。

【条文说明】B.0.3 当使用人工智能方法时，需要准备大量特征丰富、代表性强的训练数据并完成有效标记，防止过拟合现象发生。

B.0.4 宜结合迁移学习训练提升人工智能方法的普适性。

B.0.5 应对训练过程中的正确率、召回率、F-检验等指标进行说明。

附录 C 基于数字图像的多视角几何三维重建方法

C.0.1 多视角几何三维重建应保证一定的图像数量，且连续图像之间宜保证大于 50%的重叠度。

C.0.2 对于表面特征不明显的构件或结构，可做适当表面处理以提高三维重建效果。

C.0.3 当图像自动匹配效果不佳时，可人工标记同名特征点对。

C.0.4 重建后的表面模型可使用三维点云或三角形表面网格表达。

C.0.5 基于数字图像的多视角几何三维重建宜根据图 C-1 的步骤执行：

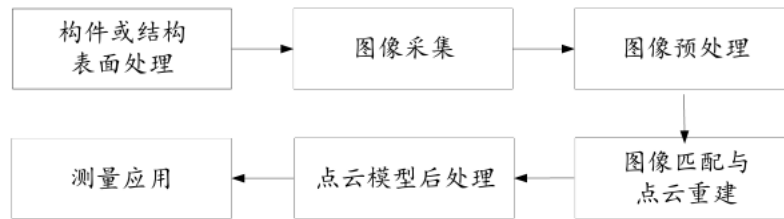


图 C-1 多视角几何三维重建过程框图

本规程用词说明

1 为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”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，其写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《近景摄影测量规范》GB-T12979-2016
- 《数码照相机分辨率的测试》GB/T 19953-2005
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《工程摄影测量规范》GB50167-2014
- 《工程测量规范》GB 50026
- 《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》MD-TM-2016-004
- 《轻小无人机运行规定（试行）》AC-91-FS-2015-31
- 《电阻应变仪检定规程》JJG 623-2005
- 《混凝土结构现场检测技术标准》GB T50784-2013

中国工程建设标准化协会标准管理办法

第一章 总 则

第一条 为规范中国工程建设标准化协会标准（以下简称协会标准）的编制程序，确保编制工作的科学性和公正性，提升协会标准管理水平和工作效率，根据《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国标准化法实施条例》、《国务院关于深化标准化工作改革方案》、《团体标准管理规定（试行）》和国家标准化管理有关规定并结合我国实际情况，制订本办法。

第二条 本办法适用于协会标准的立项、制定、修订、发布、实施、监督和日常管理。

第三条 协会标准是指跨地区、跨行业、全国范围内自愿采用的工程建设标准和产品标准。

第四条 协会标准的制定范围：

（一）对于需要在全国范围内统一，而又没有国家标准和行业标准的下列技术要求，可制定协会标准：

- 1.工程建设中新技术、新方法、新材料、新工艺、新设备的应用；
- 2.工程建设的规划、勘察、设计、施工（包括安装）及验收、维护和管理；
- 3.工程建设中应急的技术；
- 4.工程建设中的试验、质量检测和评定方法；
- 5.工程建设的术语与符号；
- 6.工程建设的信息技术；
- 7.工程建设的管理技术；
- 8.促进强制性标准有效实施的技术指南、方法导则。

（二）对于已有国家标准和行业标准，可细化现行国家标准、行业标准的相关要求或明确具体技术措施，制定技术指标严于现行国家标准、行业标准的协会标准。

（三）对于住房城乡建设主管部门公布的可转化成团体标准的政府标准项目，可承接为协会标准。

第二章 计划的管理

第五条 编制协会标准的制、修订计划，应遵循下列原则：

- （一）符合国家有关法律、法规，体现国家技术、经济政策；
- （二）适应工程建设和科学技术发展的需要；
- （三）与相关标准协调配套，不与现行国家标准和行业标准重复或抵触。

第六条 申请列入协会标准计划的项目，应具备下列条件：

- （一）已做好编制标准的前期工作；
- （二）技术内容成熟，具有可靠性和先进性；
- （三）标准中采纳的新技术、新方法、新材料、新工艺、新设备应已经过鉴定或验证，且已具备推广应用的条
件；
- （四）主编单位和编制组主要负责人已落实；
- （五）标准实施后具有社会效益、经济效益或环境效益。

第七条 协会标准编制组负责人应具备下列条件：

- （一）具有较高的政策水平、较丰富的专业理论知识和工程建设设计、施工、生产和科研的实践经验，以及较强的组织能力，能组织解决标准编制中的重大技术问题；
- （二）具有高级及以上技术职称和参加过标准编制工作的经历，有严谨的科学态度和良好的职业道德，熟悉标准编写规定，有较好的文字表达能力；
- （三）具有较强的协调能力。

第八条 编制协会标准计划，应按下列程序进行：

(一) 制定、修订、局部修订协会标准的项目，由社会团体、企事业单位或个人提出立项申请书(附件1)、示范工程案例(如有)及立项可行性报告(一式两份)，报本协会或协会所属相关分支机构。协会标准可随时申报，当有特殊情况时，经协会同意后可在计划下达前先行开展工作；

(二) 归口单位对申请的项目组织专家进行评审。对与现行国家标准、行业标准重复或抵触的不得立项；对存在安全、消防、环保、职业卫生隐患、对公众利益有损害或经论证评估对环境有影响的不得立项；对国外引进技术、产品而制定的应用技术规程，应进行风险性评估，评估内容包括但不限于知识产权、国家安全、人民生命财产安全卫生、环境影响、生物入侵、民族工业保护等方面。归口单位对申请的项目签署意见后及时报本协会(一式两份)；

(三) 计划(草案)经协会批准后，在本协会网站(www.cecs.org.cn)上公示1个月。对于公示后有意见的项目，由本协会研究确定，必要时可邀请相关专家组织专题讨论。正式制、修订计划分批印发到各分支机构以及标准的主编单位，由本协会报送住房和城乡建设部标准定额司、标准定额研究所备案；

(四) 协会标准制、修订的计划及时在《工程建设标准化》期刊和本协会网站(www.cecs.org.cn)上发布公告。

第九条 现行协会标准局部修订的项目可申请快速编制程序。采取快速编制程序的协会标准应经协会批准同意。

第十条 归口单位应按协会标准制、修订年度计划要求组织主编单位实施。如遇特殊情况不能按原计划实施，应由归口单位将调整计划的意见报本协会，经协会研究批准后，按调整后的计划要求实施。

第十一条 主编单位在下达计划后6个月内未召开标准启动会的项目，该项编制任务自动撤销。标准编制工作原则上应按编制计划完成，超过编制计划时间12个月仍未完成的，除特殊原因可申请延期外，该项编制任务自动撤销。

第十二条 归口单位应在每年年底将职责内所有未完成报批项目的执行情况报告本协会。

第三章 标准的制、修订管理

第十三条 协会标准的制、修订工作，应遵循“安全适用、技术先进、经济合理”和“编制程序不能少，水平不能低，方式灵活多样”的原则，应与现行国家标准和行业标准协调统一，不得低于强制性标准的相关技术要求。工程建设标准的编制应符合现行的《工程建设标准编写规定》，产品标准的编制应符合《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》GB/T 1.1的相关规定。

第十四条 准备阶段工作应按下列程序进行：

(一) 主编单位应根据计划任务筹建编制组。未直接参与编制工作的，不得在编制组成员中挂名。标准主要起草人不应少于5人，不宜多于40人。参编单位不应少于5个，不宜多于40个；

(二) 工程建设标准编制组应根据计划任务下达的要求起草《工作大纲》(附件2)，产品标准编制组应根据计划任务下达的要求编写标准草案，并报送归口单位。归口单位审查合格后应及时反馈编制组，并抄报协会；

(三) 归口单位负责组织主编单位召开标准编制组第一次工作会议，由归口单位或主编单位正式印发会议通知并抄报本协会；

(四) 标准编制组第一次工作会议由归口单位主持或委托编制组负责人主持。本协会视情况选派协会标准审查专家库中的备案专家参与会议，对编制大纲进行审查。会议应包括下列内容：

- 1.明确主编单位、参编单位和参加单位，宣布编制组成员名单；
- 2.编制组成员学习标准化有关文件；
- 3.讨论修改并确定工作大纲，编制组成员分工，确定工作进度；
- 4.形成会议纪要并附参会人员通讯录，会议结束后由归口单位发到所有参会人员并抄报协会。

第十五条 征求意见阶段工作应按下列程序进行：

(一) 编制组根据工作大纲开展必要的工程实例调研和试验验证工作。工程建设标准编写标准《征求意见稿》(含正文、附录、条文说明等)和必要的专题报告，产品标准编写《征求意见稿》和编制说明；

(二) 《征求意见稿》完成后，主编单位应草拟《征求意见函》(附件3)，归口单位应连同审查合格的《征求意见稿》电子版发送协会，在本协会网站上向社会公开征求意见。网上征求意见时间不少于1个月；

(三) 在网上征求意见的同时, 主编单位应将《征求意见稿》定向发送给不少于 30 个与标准技术内容相关的、具有代表性的单位及专家征求意见, 征求意见的反馈意见不宜少于 20 份;

(四) 对征求意见中有争议的重大问题, 主编单位应进行专题调查研究和试验验证, 并报归口单位召开专题会议提出处理意见;

(五) 编制组应根据反馈意见修改《征求意见稿》, 并形成《征求意见汇总处理表》(附件 4)。当标准内容有重大变动时, 编制组应向归口单位及协会报告, 视情况再次征求意见。

第十六条 标准审查阶段工作应按下列程序进行:

(一) 主编单位应向归口单位报送送审文件。工程建设标准包括送审报告(附件 5)、送审稿及其条文说明、专题报告以及《征求意见汇总处理表》; 产品标准包括送审报告(附件 5)、送审稿及其编制说明以及《征求意见汇总处理表》。经归口单位和本协会协商同意后, 可准备召开标准送审稿审查会;

(二) 标准审查专家名单及组长、副组长人选由主编单位协商归口单位提出, 经本协会同意后确定。审查专家组应具有权威性和代表性, 不得少于 7 人, 专家应具有高级及以上技术职称。审查专家组中应有 2 人以上从本协会标准审查专家库的备案专家中选派;

(三) 《审查会会议通知》(附件 6) 由归口单位印发, 并报送本协会。主编单位应配合归口单位, 将会议通知及送审稿至少提前 15 天送达审核专家、参会单位和相关人员。审查会议由归口单位主持。

(四) 审查会应形成《审查会会议纪要》(附件 7), 《审查会会议纪要》应明确做出“审查通过”或“审查不通过”的结论, 并经审查专家组长、副组长签字确认。由归口单位印发会议纪要, 发所有参编单位和参会人员, 抄报本协会;

(五) 当审查会上对重大问题有分歧时, 应由审查组组长组织相关人员进行讨论确定。审查不通过的标准应组织重审。审查通过但内容有重要补充或较大修改调整的标准, 应送相关审查专家再次审核确认。

第十七条 报批阶段工作应按下列程序进行:

(一) 编制组按照审查意见修改形成《报批稿》, 并完成《审查意见汇总处理表》;

(二) 主编单位应将报批材料一式两份送交归口单位审核, 并由归口单位签署意见后报本协会。报批材料应包括下列内容:

1. 报批签署表(附件 8);
2. 报批报告(附件 9);
3. 审查会会议纪要(包括专家签字表及审查意见汇总意见表);
4. 征求意见汇总处理表;
5. 必要的专题报告;
6. 标准《报批稿》及其条文说明。

第十八条 协会确定专人统筹、参与、推进、监督协会标准的制订过程, 并对过程中相关阶段的工作提供指导和技术服务。

第四章 标准的批准与发布

第十九条 标准由本协会审查批准后, 统一编号, 并以公告形式发布。协会标准的编号应符合下列规定:



第二十条 对于修订的协会标准，顺序号不变，重新确定发布年号；对局部修订的协会标准，其编号不变，但应按重新批准发布的年份在封面和扉页中标准名称的下方增加“（××××年版）”字样。”

第二十一条 新发布的协会标准，由本协会及时在《工程建设标准化》期刊和本协会网站（www.cecs.org.cn）、全国团体标准信息平台（www.ttbz.org.cn）上公告。

第五章 标准的出版印刷

第二十二条 协会标准由本协会负责组织出版、发行。

第二十三条 协会标准的出版权、著作权、商标权归中国工程建设标准化协会所有，任何单位、个人未经协会授权或许可，不得翻印、改编、汇编。

第二十四条 协会标准的出版印刷应符合标准出版印刷的有关规定。

第六章 标准的复审

第二十五条 协会标准实施后，应根据科学技术发展和工程建设需要，由归口单位组织有关单位进行复审，确认其继续有效或予以修订、废止。复审宜在协会标准实施后每 5 年进行一次。

第二十六条 标准复审可采取函审方式或会议方式，一般由参加过该标准编制或审查的单位或个人参加。

第七章 标准的实施

第二十七条 本协会标准供本协会会员约定采用和社会自愿采用。

第二十八条 协会标准发布后，由归口单位负责协会标准的日常管理工作。包括：

- （一）对标准编写过程中遗留的问题，负责组织调查研究、必要的试验论证和重点科研工作；
- （二）调查了解标准的实施情况，收集和研究国内外相关标准、资料及实践经验，参加相应的国际标准化活动；
- （三）参与有关工程建设质量事故的调查和咨询；
- （四）负责开展有关标准的研究和学术交流活动；
- （五）负责标准的复审、局部修订以及相关的技术档案工作。

第二十九条 协会标准的宣传、培训等工作由本协会负责管理。

第八章 标准经费

第三十条 协会标准的经费来源：

- (一) 政府部门拨款；
- (二) 社会团体、企事业单位或个人的赞助；
- (三) 编制单位自筹；
- (四) 其他合法经费。

第九章 涉及专利的管理

第三十一条 协会立项申请书应填写涉及专利情况，包括专利名称、专利号、专利持有人、有效期等相关信息，需提交相关专利证明文件复印件、以及专利持有人或专利申请人对标准纳入专利的声明。

专利持有人或专利申请人对专利纳入标准的声明包括下列两种情况：

(一) 免费许可。专利权人或者专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该项协会标准时实施其专利；

(二) 合理无歧视收费许可。专利权人或者专利申请人同意在公平、合理无歧视基础上，收费许可任何组织或个人在实施该项协会标准时实施其专利。

第三十二条 主编单位未按要求披露涉及相关专利信息，违反诚实信用原则的，应承担相应的法律责任。

第十章 附 则

第三十三条 本办法由中国工程建设标准化协会负责解释。

第三十四条 本办法自颁布之日起施行。