



中华人民共和国国家标准

GB/T 12979—2008
代替 GB/T 12979—1991

近景摄影测量规范

Specifications for close-range photogrammetry

2008-06-20 发布

2008-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
引言	Ⅳ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 基本要求	1
3.1 精度	1
3.2 近景摄影测量的优化设计	1
4 物方控制	1
4.1 物方控制的精度要求	1
4.2 坐标系与投影面	2
4.3 物方控制布设	2
4.4 控制测量方法	2
4.5 人工标志	3
5 近景图像的获取	4
5.1 摄影机系统	4
5.2 摄影机检校	5
5.3 摄影站布设与摄影方式	6
5.4 现场摄影要求与工作程序	7
5.5 精度估算	7
6 近景图像的处理	8
6.1 近景图像的处理方法	8
6.2 模拟法处理	8
6.3 解析法处理	13
7 成果精度评定方法	17
7.1 依据已知坐标之坐标精度评定	17
7.2 依据已知长度(面积、体积)之精度评定	17
7.3 间接观测平差之精度评定	18
8 成果的质量检查验收	18
8.1 检查验收	18
8.2 成果成图资料整理及归档	18
附录 A (资料性附录) 摄影机检校方法	19
附录 B (资料性附录) 等值线图	22
附录 C (规范性附录) 近景摄影测量测绘古建筑立面图的要求	23

前 言

本标准代替 GB/T 12979—1991《近景摄影测量规范》。本标准与 GB/T 12979—1991 相比主要变化如下：

- 按照 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》对标准进行了修改；
- 增加了前言和引言，将原标准 3.1、3.2 的内容纳入引言；
- 增加了两项引用标准；
- 删除了原标准 6.1.3.6 的内容；
- 对本标准内的语言表述进行了统一和规范。

本标准的附录 C 为规范性附录，附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由国家测绘局提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国家测绘局测绘标准化研究所。

本标准主要起草人：宋耀东、段怡红、许卓群、左永军。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 12979—1991。



引 言

近景摄影测量是摄影测量的一个分支,它不以测绘地形图为目的,而是利用对 300 m 以内近距离目标摄影所获取的图像来确定其形态、几何位置和大小。它所摄的目标可以是物体或生物、静态的或动态的;所获取的图像可以是影像的或数字的。它可提供平面图、立体图、剖面图、目标点的二维坐标、三维坐标和包括时间的四维参数,以至工程建设其他参数等多样化成果、数据。

近景摄影测量包括古建筑摄影测量、工业摄影测量和生物医学摄影测量。

古建筑摄影测量,是指在文物考古中的摄影测量工作。包括文物(历史纪念物)测量、考古测量和古遗址测量。

古建筑摄影测量主要内容是古建筑和文物立面图、平面图、等值线图、影像图的测绘,以及古建筑物主要结构数据测定,资料具有档案价值。

工业摄影测量是指机械、汽车、造船、航空、土木和建筑工程等方面的摄影测量。是通过摄影测量提供目标物的坐标、长度、角度、形状、体积、位移、变形以至轨迹等。常用于产品质量控制,模型设计,交通事故记录,构筑物(如水坝、高层建筑物、桥梁)的变形测量。

从近景摄影测量角度分析,可按目标物尺寸分类为:大型目标(20 m~300 m)、中型目标(2 m~20 m)、小型目标(0.2 m~2 m)、微型目标(0.2 m 以下)。

生物医学摄影测量是通过摄影测量手段,对医疗对象以及各类生物形态和功能进行空间的或时空的分析。例如人体外形或动物躯体测量,牙床模型测定,花粉形态测定等静态目标的测定,以及各种生物体的成长过程或运动轨迹等动态目标的测定。

随着科学技术的发展,测绘生产技术和生产体系发生了巨大变化。为保持原技术体系的完整性、现有标准之间的协调性以及标准体系的系统性、完整性,在标准修订过程中,对经过实践检验的正确合理的技术方法和技术指标予以保留,对与相关标准不协调的内容进行了修改。有关新技术和新方法将另行制定标准。

近景摄影测量规范

1 范围

本标准规定了模拟法和解析法近景摄影测量的精度要求、成果规格,及图像数据获取和处理的方法。

本标准适用于近景摄影测量技术在建筑物、构筑物形态测量中的应用。其他领域也可参照。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 7930 1:500 1:1000 1:2 000 地形图 航空摄影测量内业规范

CH 1002 测绘产品检查验收规定

CH 1003 测绘产品质量评定标准

3 基本要求

3.1 精度

3.1.1 精度要求

近景摄影测量的精度常以摄影距离的相对中误差 m_y/y 表示,一般为:1/1 000~1/50 000;也可用点位中误差表示。

3.1.2 模拟法精度

模拟法相对中误差一般为 1/1 000~1/5 000;或者点位中误差不大于 $0.5 \text{ mm} \times M$ (M 为成图比例尺分母)。

3.1.3 解析法精度

解析法相对中误差一般为 1/500~1/50 000;点位中误差按用途和被测目标的不同,可分为高精度、中精度、低精度,各要求如下:

- a) 低精度目标:10 mm 以内;
- b) 中精度目标:5 mm 以内;
- c) 高精度目标:1 mm 以内。

3.2 近景摄影测量的优化设计

近景摄影测量网的优化设计,一般包括精度优化、可靠性优化、经济性优化和可检验性设计,从而给实际工作提出指导性建议,提高经济效益,满足用户要求。

多重摄影测量是近景摄影测量中为提高精度和可靠性指标所采取的重要措施。其广义含意涉及多摄站、多帧幅(同方位情况下的多次摄影)、多次量测(或选用精度高一档的摄影和量测设备)、多种控制方式以至多功能的程序。

各项近景摄影工作,除使用规范规定的方法外,还可采用经过实践验证,能满足本规范精度及用户要求的其他新技术和新方法。用户可以提出本规范未列入的其他技术要求。

4 物方控制

4.1 物方控制的精度要求

物方控制包括控制点和相对控制。物方控制的精度一般小于总精度要求的 1/3。

4.2 坐标系与投影面

4.2.1 坐标系的选择

一般采用独立坐标系(图 1),需要时,也可以与其他坐标系联测。

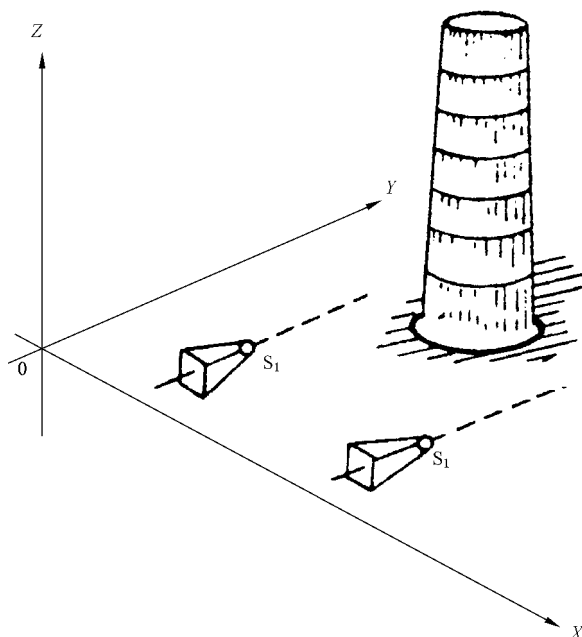


图 1

4.2.2 投影面的选择

选择投影面应遵循使投影的度量性好、直观性强及作图简便的原则,应减少投影变形并保证数学精度。

当建筑物只有一个立面时,应选定一个平行于该立面的坐标系平面作为投影面。

当建筑物外表面为曲面或不规则的多立面时,可视为由若干单个立面组成的建筑物,选择多个相应的投影面。

4.2.3 坐标系的变换

当所选的坐标系与建筑物的投影面不平行时,应进行坐标系的变换,即将控制点坐标转换到要测定的建筑物立面的投影面上。

4.3 物方控制布设

4.3.1 为将所建立的模型纳入统一的物方空间坐标系或加强模型的内在强度,应布设物方控制。

4.3.1.1 模拟法测图时,在一个像对立体模型范围内,当没有采用相对控制情况时,最少要布设位于被摄目标四周的三个控制点。当目标景深较大时,点位应在前后景深中均匀分布。对复杂立面或建筑物弧度较大的部位,应增设控制点。多个像对时,相邻像对重叠范围内若无明显点,应布设作连结用的标志点。

4.3.1.2 解析法的物方控制宜根据不同的方法而定,见 6.3.3。

4.3.2 平面型目标的物方控制可采用相对控制。相对控制包括物方的已知长度、角度等。

4.3.3 对小型目标,可用活动控制系统。

4.3.4 物方控制点应尽可能采用人工标志,在无法布设人工标志处,可采用明显点作为物方控制点。选用明显点作为控制点时,应在像片上标出点位,在像片反面绘出点位略图和简要文字说明。

4.4 控制测量方法

4.4.1 物方控制点三维坐标测定

物方控制测量一般是在被测物周围先施测导线点,高程用直接水准联测。或采用光电测距导线施测,或用间接高程联测,然后在导线点上用前方交会和三角高程方法测定物方控制点的三维坐标。

4.4.2 近距离的物方控制测量

在精度要求较高的近景摄影测量中,常采用近距离的物方控制测量方法。这种方法是借助于标准尺(如日内瓦尺、钢钢尺和高度卡尺)建立一假定的三维坐标系,把经纬仪测站纳入到此坐标系内,最后由测站测定各控制点的坐标。要求如下:

- 将标准尺用长水准器置平,以标准尺有刻划线的边缘为假定空间坐标系的 X 轴, Y 轴与 X 轴在同一水平面上,铅垂线为 Z 轴;
- 取标准尺上一定数量的刻划线作为已知平面控制点,一般是在尺子的两端和中央各取数个;
- 置两台经纬仪于标准尺一侧的适当部位,也可以按需要在标准尺的两侧各置两部经纬仪,放置时需要考虑前方交会,后方交会的角度;
- 根据标准尺上的选定点位,实施后方交会;或采用前方交会法解已知长度两端点距离,逐渐改变两侧站间距离的方法,测定经纬仪竖轴的平面位置;
- 经纬仪横竖轴交点的高程确定:以游标高度卡尺作为丈量工具,用经纬仪水准法测定两个经纬仪间的高差;
- 物方控制点的平面坐标可用前方交会法进行确定;
- 物方控制点的高程采用间接高程方法确定。

4.4.3 相对控制测量

使用相对控制是改善精度和提高强度的有效作业方法,常用的相对控制是应用被测物本身或摄影范围内含有的已知距离,如测量一系列人工标志点之间的距离、将标准尺的整数刻划部分贴上人工标志等,或规则几何图形,如长方形、立方体等,均可作为相对控制。

4.5 人工标志

4.5.1 标志的形状

人工标志的形状,可根据实际需要进行设计。见图 2、图 3、图 4、图 5。

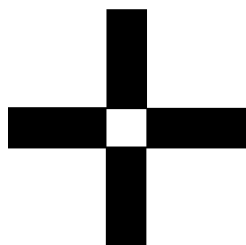


图 2

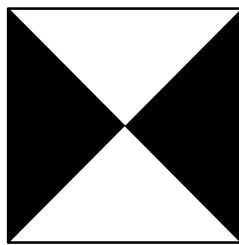


图 3

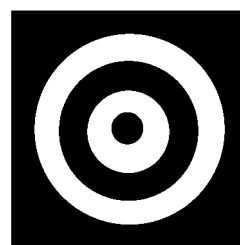


图 4

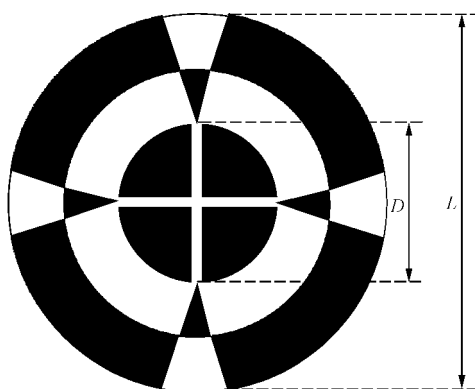


图 5

其圆形标志的中心圆直径 D 可按公式(1)计算:

$$D = \frac{5}{3}d \cdot \frac{y}{f} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D ——中心圆直径,单位为米(m);

y ——摄影距离,单位为米(m);

d ——摄影测量仪器的测标直径,单位为毫米(mm);

f ——摄影机主距,单位为毫米(mm)。

在大角度的交向摄影中,人工标志应做成立体形的,如塑料制作的球形标志和圆柱形标志。在特殊情况下,可采用发光标志。

4.5.2 标志的颜色

标志影像与其背景色调应有适当的反差,以便于判别和量测。背景为天空时,宜设立红、白两色相间的标志;背景为植被及暗色调的土壤、岩石时,采用白、黄两色相间的标志;以建筑物(灰、黄)为背景时,一般采用黑白或蓝白等两色相间的标志。

4.5.3 标志的材料

标志的材料可采用印像纸,即用摄影方法制作。也可用油漆将标志直接画在摄影目标上。对于永久性的人工测量标志,宜用金属材料制作。立体形人工标志可用塑料材料制作。特殊需要时,采用发光材料制作。

5 近景图像的获取

5.1 摄影机系统

5.1.1 量测摄影机

5.1.1.1 量测摄影机可分为单个量测摄影机和立体量测摄影机两类。

5.1.1.2 量测摄影机应具有以下基本条件:

- a) 摄影机具有框标,摄影机内方位元素(x_0 、 y_0 、 f)已知,有定向与置平装置;
- b) 物镜畸变差严格控制在允许范围之内(一般为微米级)。

5.1.1.3 在采用模拟法测图或高精度测量时,宜采用量测摄影机。在选择焦距时,应考虑目标的大小和物距远近。对远距离高精度的变形观测,应尽量选用长焦距、大像幅的摄影机;在石窟、洞穴、巷道内近距离摄影时,宜选用短焦距摄影机。

5.1.1.4 单个量测摄影机的特点:

- a) 基线值或摄影物距可随意变动;
- b) 可进行正直摄影、交向摄影、多摄站摄影等。

5.1.1.5 立体量测摄影机的特点:

- a) 可用于固定基线的正直立体摄影,摄影距离一般较小;
- b) 摄影测量处理较简单,速度较快。

5.1.2 半量测摄影机

5.1.2.1 半量测摄影机是在玻璃承片框上附有标准格网,以改正底片变形误差的摄影机。

5.1.2.2 半量测摄影机具有以下性能:

- a) 摄影机玻璃承片框上刻有格网线;
- b) 摄影机内方位元素(x_0 、 y_0 、 f)一般未知;
- c) 没有水准器和定向装置,不能确定曝光瞬间的外方位元素。

5.1.3 非量测摄影机

5.1.3.1 非量测摄影机不是专门为摄影测量目的而设计的摄影机,包括各类普通照像机、电影摄影机和高速摄影机等。

5.1.3.2 非量测摄影机具有以下特点:

- a) 摄影机没有框标;
- b) 摄影机内方位元素(x_0 、 y_0 、 f)不稳定,无压平装置,且畸变差较大;
- c) 没有水准器和定向装置,在曝光时不能确定方位;
- d) 轻便,能随意调焦,有的可连续或同步摄影。

5.1.3.3 非量测摄影机适用于以下情况:

- a) 中、低精度摄影测量任务;
- b) 为细部测图提供辅助资料的摄影;
- c) 在特殊环境下,可完成不宜用量测摄影机开展的任务。

5.2 摄影机检校

5.2.1 摄影机检校方法

检校与所建光束形状有关的基本参数,包括:主点坐标和主距(x_0 、 y_0 、 f);物镜畸变差系数(k_1 、 k_2 、 k_3 、 p_1 、 p_3);不正交系数 $d\beta$ 和比例尺不一系数 ds 。对立体摄影机,还需包括某些外方位元素值的检测。

摄影机的检校方法有摄影测量解析法和专用光学机械检校仪法等。其中摄影测量解析法可分为:

- a) 实验室三维控制场法(单片空间后方交会法);
- b) 解析铅垂线法;
- c) 各种解析自检校法;
- d) 直接线性变换解法;
- e) 结合任务检校。

单片空间后方交会检校法和直接线性变换检校法,见附录 A。

5.2.2 摄影机内方位元素的检定精度要求

摄影机内方位元素的检定精度要求如下:

- a) 主距为 $\pm 0.02 \text{ mm} \sim \pm 0.04 \text{ mm}$;
- b) 主点为 $\pm 0.02 \text{ mm}$ 。

5.2.3 物镜前节点偏心值的测定

5.2.3.1 在变形观测及其他高精度测量中,应测定摄影机物镜前节点相对于旋转中心的偏心值 EC 。

对于垂直旋转轴与水平旋转轴交于一点的量测摄影机,投影中心(物镜前节点)S 坐标 X_s 、 Y_s 、 Z_s 与旋转中心 R 坐标 X_R 、 Y_R 、 Z_R 之间的关系按公式(2)计算:

$$\left. \begin{aligned} X_s &= X_R + EC \sin \phi \cos \omega \\ Y_s &= Y_R + EC \cos \phi \cos \omega \\ Z_s &= Z_R + EC \sin \omega \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

X_s 、 Y_s 、 Z_s ——物镜前节点坐标,单位为毫米(mm);

X_R 、 Y_R 、 Z_R ——仪器旋转中心坐标,单位为毫米(mm);

EC ——物镜前节点与仪器旋转中心不重合而产生的偏心值,单位为毫米(mm)。

对于垂直和水平旋转轴不相交的摄影机,按公式(3)计算:

$$\left. \begin{aligned} X_s &= X_R + EC_h \sin \phi \cos \omega \\ Y_s &= Y_R + EC_h \cos \phi \cos \omega \\ Z_s &= Z_R + EC_v \sin \omega \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

EC_h 、 EC_v ——分别为水平偏心值和垂直偏心值,单位为毫米(mm)。

5.2.3.2 物镜前节点偏心值的测定精度应与物方控制精度相应。精度要求不高的变形观测,可以在不同的已知距离上拍摄横基线尺,在算得摄影测量所得的距离后,两者之差即为 EC 。

在高精度的变形观测中,应用一台外调焦的视准管直接测定偏心距,见图 6。

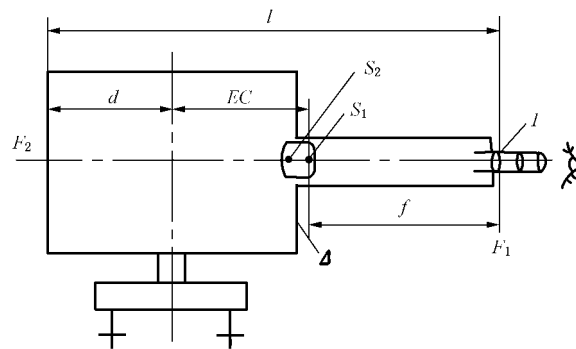


图 6

偏心距 EC 按公式(4)计算

$$EC = l - f - d \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- f ——用视准管的外调节螺旋,使观测者测到远方目标, S_1 至十字丝板 F_1 间的距离即为摄影机的主距,单位为毫米(mm);
- d ——用卡尺量测承片框 F_2 至旋转中心的距离,单位为毫米(mm);
- l ——用卡尺量测承片框 F_2 至十字丝板 F_1 间的距离,单位为米(m)。

5.3 摄影站布设与摄影方式

5.3.1 摄影站布设原则

摄影站的布设原则如下:

- a) 摄影站的布设和摄影方式的选定,应以保证精度、可靠性以及获取最有效的摄影覆盖为原则。尽量避开屏障,防止出现摄影死角;
- b) 摄影站可设在地面和建筑物上,或选用脚手架、升降车、系留气球和其他低空飞行器作为摄影平台。

5.3.2 摄影站布设方式

5.3.2.1 单站布设

从一摄影站上进行摄影,或对目标拍摄多次(如变形测量)。这种摄影称为零基线摄影;适用于测定物点二维坐标变化,也适用于平面型目标的两维测定。

5.3.2.2 双站布设

对形状复杂的目标或需测定物点空间三维坐标时,应从基线两端对被测物进行摄影,组成立体像对。

还可采用单个摄影机保持位置不动,在物体移动一段距离或旋转某一角度前后分别摄影,获取立体像对。

5.3.2.3 多摄站布设

对复杂立面,如对长条形目标、圆柱形目标、曲面目标的测绘,可采取多站的布设方式。

高精度变形观测,大都采用多摄站摄影测量;摄影站的布设一般是环绕被测物周围安排多个摄影站,自每个摄影站拍摄一张或数张像片;站与站方向的选择应使多重像片对被摄物体多次覆盖,而不要求各站间的等间隔以及摄影方向线的彼此平行。

5.3.3 摄影方式的确定

摄影方式的选择,应根据被测物的大小形状及其环境条件、采用摄影机的类别、内业测图仪器的性能,以及近景像片的摄影测量处理方法所决定。通常采用正直摄影,也可选用等倾摄影、交向摄影或其他摄影方式。

当采用模拟测图仪测图时,应以正直摄影方式摄影;当采用解析测图仪或解析法处理像片时,则不受此限制。变形观测采用多站交向摄影方式可提高精度。

5.3.4 最佳摄影参数的确定

5.3.4.1 摄影系数的选择范围

摄影系数 K (即摄影距离 y 与摄影基线 B 之比) 值, 一般在 4~15 的范围内选择。对于平面型目标, 允许 K 值小于 4。

5.3.4.2 正直摄影基线 B 的确定

正直摄影基线长度 B 的最佳值按公式(5)计算:

$$B_{\text{最佳}} = \Delta x \sqrt{1 + a/\Delta x} \approx \Delta x \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$B_{\text{最佳}}$ ——摄影基线长度, 单位为米(m);

Δx ——被摄物体沿 X 轴方向的待测宽度, 单位为米(m);

a ——摄影机水平方向的像幅尺寸, 单位为米(m)。

5.4 现场摄影要求与工作程序

5.4.1 摄影前的准备工作

摄影前的准备工作要求如下:

- 摄影前必须对摄影机、及有关仪器进行作业检校;
- 布置野外暗室;
- 检查暗盒是否漏光;
- 应用曝光表, 进行试拍以确定适宜的曝光量。

5.4.2 曝光注意事项

注意影响被摄目标立面内的光线条件, 最好是选择顺光, 以避免阴影遮盖细部, 应尽量避免顶光和逆光。野外摄影须选择光照较好的时间进行; 阴天摄影时, 应注意大气清晰度及物方控制点标志的反差。在室内摄影, 应在不同位置设置光源, 使被摄目标照度均匀; 进行彩色、彩红外摄影时, 应注意光源的色温与感光材料型号是否匹配。

对动态目标摄影时, 曝光时间的确定, 应考虑使影像模糊圈的大小在允许的范围内。

5.4.3 目标的表面处理

可采用向目标投影格网、斑点或涂布花纹等办法, 增强目标物表面的反差, 以提高内业立体量测精度。

5.4.4 现场摄影工作程序

现场摄影工作的程序如下:

- 选择合适的摄站位置和布设摄影基线;
- 摄影前, 应记录必要的摄影数据(如主距值、垫圈厚度、调焦距、干板或软片安置号码等);
- 记录所有能够量测的外方位元素, 包括 X_s 、 Y_s 、 Z_s 、 ϕ 、 ω 、 κ 以及摄影基线长度 B ;
- 进行摄影;
- 在野外简易暗室内进行现场摄影处理, 并检查摄影质量;
- 摄影底片质量合格后, 晒印一套像片, 供控制转点及现场记录时使用。

5.5 精度估算

5.5.1 正直摄影精度估算公式

作业前, 应按所采用的摄影方式进行精度估算, 以确保摄影的质量指标与经济指标。正直摄影精度应按公式(6)、(7)、(8)进行估算。

$$m_X = \pm K_2 \sqrt{K_1^2 (X/f)^2 m_p^2 + m_x^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$m_Y = \pm K_1 K_2 m_p \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$m_Z = \pm K_2 \sqrt{K_1^2 (Z/f)^2 m_p^2 + m_z^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$$K_1 = y/B;$$

$$K_2 = y/f;$$

y ——摄影距离,单位为米(m);

B ——摄影基线长度,单位为米(m);

f ——摄影机主距,单位为米(m);

X 、 Z ——像点坐标,单位为米(m);

m_x 、 m_z 、 m_p ——视差的观测中误差,单位为毫米(mm)。

5.5.2 交向摄影精度估算公式

交向摄影(见图7)的被摄影区内任一点的精度估算可以对称摄影方向角 ϕ 和基线长度 B 为自变量,按公式(9)、(10)、(11)计算:

$$m_x = y/f \cdot (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi) / [1 - \operatorname{tg}(\alpha - \phi) \cdot \operatorname{tg} \phi] \cdot m_x \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$m_y = \sqrt{2} y^2 / B f \cdot (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi) / [1 - \operatorname{tg}(\alpha - \phi) \cdot \operatorname{tg} \phi] \cdot m_x \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$m_z = y/f \cdot \sec \phi / [1 - \operatorname{tg}(\alpha - \phi) \cdot \operatorname{tg} \phi] \cdot m_z \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

α ——形容点位的角度, $\operatorname{tg} \alpha = B/2y$, 单位为度($^\circ$);

B ——基线长度,单位为米(m);

y ——摄影距离,单位为米(m);

f ——摄影机主距,单位为米(m);

ϕ ——摄影方向角,单位为度($^\circ$)。

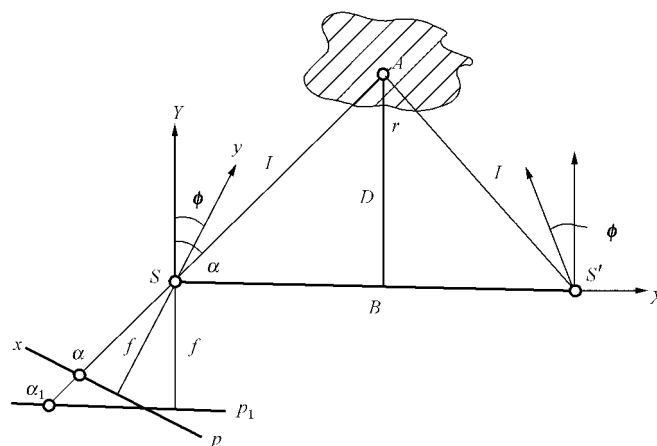


图 7

6 近景图像的处理

6.1 近景图像的处理方法

近景图像的处理方法有模拟法和解析法,需要时,也可将模拟法和解析法综合使用。当近景像片由量测摄影机摄取,且输出成果以图解(线划图)形式表示时,一般采用模拟法处理。

6.2 模拟法处理

6.2.1 比例尺系列

6.2.1.1 成图比例尺

根据目标的大小和设计的要求,成图比例尺系列一般为:1:1、1:2、1:5、1:10、1:20、1:50、1:100、1:200。

特殊需要时,还可增加其他比例尺,对微型目标,还应用放大比例尺测图。

6.2.1.2 像图比例尺的要求


测绘立面图及等值线图的像图比例尺,应根据成图精度要求及使用仪器的放大倍数而定,一般为1:3~1:6。

6.2.1.3 幅面规格

图幅大小按表 1 规定选择,幅面规格和格式见图 8。

表 1 幅面要求

单位为毫米

基本幅面 代号	A0	0.625	0.75	A1	A2	A3	A4
$b \times L$	841×1189	473×420	591×420 841×420	594×841	420×594	297×420	297×210
c	10					 5	
a	25						
注：A0、A1、A2、A3、A4 表示国家标准幅面，0.625、0.75 表示设计图常规幅面。							

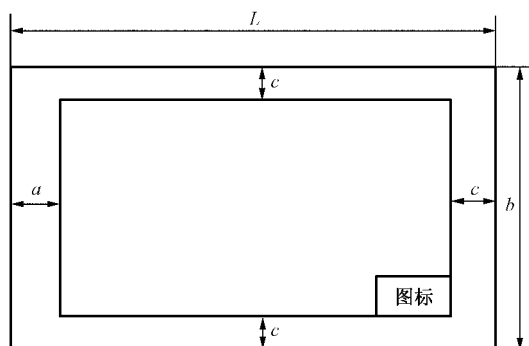


图 8

在特殊情况下,允许加长 A1~A3 号图纸的长度和宽度,零号图纸只能加长,加长部分的尺寸应为边长的 1/8 及其倍数。

由于近景目标的多样性,必要时也可采用用户提出的幅面规格。

图标可安排在幅面四角任一合适的位置。图标内容包括:图名、摄影机类型、测图仪类型、图种(如果是等值线图,应注等值距)、施测单位、比例尺、作业日期等。

6.2.2 精密立体测图仪测图

6.2.2.1 作业准备的要求如下:

- 收集外业资料:外业技术设计书,控制观测及计算手簿、外业控制片及调查说明资料,并对资料进行必要的分析。
- 编写内业技术设计书。
- 检查摄影底片或复制的透明正片。影像应清晰、层次丰富、反差适中,光学框标的影像清晰齐全。
- 图板展点。图板应选用毛面聚脂薄膜或刻图膜,控制点不得漏展、误展,要有足够的定向点。根据成图比例尺及图形面积,确定图廓点坐标。图上一般要设置格网标志,每隔 10 cm 展出格网点,以便与 10 cm×10 cm 标准格网紧密套合。展点针孔及展点误差均应在 0.1 mm 以内。

6.2.2.2 仪器检校与安置的要求如下:

- 精密立体测图仪应保持良好的作业状态,仪器要经过检校,测定零位置,合格后方可进行作业;
- 计算模型比例尺按公式(12)计算:

$$M_{\text{模}} = Y/z \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$M_{\text{模}}$ ——模型比例尺分母;

Y ——平均摄影距离,单位为米(m);

z ——所用仪器的平均 Z 向距离,单位为米(m)。

- c) 安放摄影底片或透明正片,应使框标严格对准承片盘的相应标志线;
 d) 安置主距,左右投影器分别安置改正后的主距,安置值按公式(13)计算取至 0.01 mm 或仪器最小刻划值:

$$\left. \begin{aligned} f'_x &= l_X/L_X \cdot f \\ f'_y &= l_Y/L_Y \cdot f \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

f'_x 、 f'_y ——改正后的主距,单位为毫米(mm);
 l_X 、 l_Y ——底片框标距,单位为毫米(mm);
 L_X 、 L_Y ——摄影机框标距,单位为毫米(mm);
 f ——摄影机主距,单位为毫米(mm)。

- e) 安置概略模型基线长度 b_x ,其安置值按公式(14)计算。

$$b_x = B/M_{\text{模}} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

b_x ——模型基线长度,单位为毫米(mm);
 B ——摄影基线长度,单位为毫米(mm);
 $M_{\text{模}}$ ——模型比例尺分母。

6.2.2.3 像片定向精度的要求如下:

- a) 相对定向后各点的残余上下视差不应大于 0.02 mm,残余视差配赋应合理;
 b) 绝对定向的平面对点误差,一般不应大于图上 0.5 mm,高程定向误差一般不应大于等值距的二分之一。

6.2.2.4 等值距选择的要求如下:

等值线应能充分显示被摄物体的形态和特征。其等值距按公式(15)计算。

$$\Delta Y = C_{yy}/Bf \cdot m_p = C_{m_y} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

ΔY ——等值距,单位为毫米(mm);
 y ——摄影距离,单位为米(m);
 B ——摄影基线长度,单位为米(m);
 f ——摄影机主距,单位为米(m);
 m_p ——仪器视差量测精度,单位为毫米(mm);
 m_y ——测定点的摄影精度,单位为毫米(mm);
 C ——常数,随被摄物体的坡度变化,一般为 2~4。

6.2.2.5 轮廓线和等值线的测绘,对石刻、雕塑等物体,根据用户要求,可测绘轮廓线和等值线。如:

- a) 物体表面的结构复杂破碎,坡度变化大,应先勾绘轮廓线。
 b) 测绘等值线前,应先在特征部位测注点的 Y 向量测数据。
 c) 描绘等值线时,应用测标切准模型,等值线描绘误差不应超过二分之一等值距。
 d) 物体边缘多数较“陡峭”,等值线有重叠现象,应在陡峭部位用合并曲线表示,并交待清楚。
 e) 在平坦有特征起伏的部位,应加测二分之一等值距曲线或四分之一等值距曲线。
 f) 在物体的破损断裂部位,应按摄影时的形态如实描绘。
 g) 同一张图上,等值线应与轮廓线配合自然、合理。若轮廓线较复杂,与等值线分版进行测绘时,应用同一像对,其套合误差不应大于 0.2 mm。
 h) 等值线图见附录 B。

6.2.2.6 古建筑立面图测绘表示方法及要求如下:

- a) 在施测的古建筑范围内,应选择有代表性的位置来确定建筑物的起始基准面,设高程为 ± 0.00 。并在最后成果资料说明书中附注基准面的绝对高程,即 ± 0.00 等于海拔 $\times \times \times$ 。

- b) 测绘时先绘主体轮廓以控制全局,然后再描绘细部。
- c) 建筑物在图上表示的各部分名称应与专业的术语名称一致。
- d) 为正确掌握建筑结构的表示方法和细部的合理取舍,测图人员应掌握建筑结构的一般知识。
- e) 图上点位精度要求应在 0.5 mm 以内,对主要结构如立柱、木梁、檐、椽、主要门窗框架、斗拱等,其点位精度应在 0.3 mm 以内。
- f) 主要框架应注上尺寸,明显标志应提供标高。
- g) 古建筑细部,如斗拱、门窗、花饰、砖雕、木刻、吻兽等部位,根据用图单位需要,可加测详图。测绘时应征求文博单位的意见,注意反映出不同历史年代的艺术风格。
- h) 描绘细部时,应晒印放大照片作为参考。
- i) 古建筑立面图测绘具体要求见附录 C。

6.2.2.7 原图修编要求如下:

- a) 铅稿原图完成后,一般应征求用图单位意见后进行修测与补测;
- b) 编绘轮廓图及等值线图,应力求忠实于原稿,进行线条修饰及艺术加工;
- c) 清绘原图时,控制点中心位置偏移不应大于 0.1 mm,其他各特征要素偏移不应大于 0.2 mm。

6.2.2.8 建筑物图件包括立面图、平面图、剖面图、结构图、透视图等。其绘制要求如下:

- a) 立面图的绘制。用近景摄影像片对,在测图仪上进行测绘。对古建筑用轮廓线表示,对石刻、雕塑等珍贵历史文物应测绘轮廓线及等值线。
- b) 平面图的测绘。建筑物平面结构,可采用低空摄影测量或常规测量方法。
- c) 剖面图的测绘。根据测绘立面图和平面图获得有关尺寸,特别是檐口与边缘细部的测绘尺寸,补充某些现场量测数据(与建筑专业人员配合),可绘制建筑物内部的剖面图。

6.2.2.9 绘制的系列图件应几何尺寸准确,反映出不同时期的艺术风格与特点,符合文物、考古及建筑设计部门的要求。

6.2.3 解析测图仪数字化测图

6.2.3.1 资料准备工作应符合 6.2.2.1 的规定。

6.2.3.2 仪器检校与安置的要求如下:

- a) 解析测图仪主机、电子计算机、数控绘图桌和其他外围设备,均应处在良好的作业状态下方可进行作业。作业室应具备计算机房应有的温度、湿度和洁净条件;
- b) 作业时应遵守仪器操作规程并逐一输入有关参数。

6.2.3.3 像片定向的要求如下:

- a) 内定向:安放底片或透明正片的 X 方向大致平行于仪器的 X 方向。调用相应程序将测标逐点严格对准框标,框标坐标测量误差不应大于 0.01 mm;
- b) 相对定向时,至少要使用 6~9 个在不同层次均匀分布的定向点定向,各点的残余上下视差不应大于 0.008 mm;
- c) 绝对定向平面坐标误差不应超过图上 0.4 mm,高程定向误差一般不应大于二分之一等值距;
- d) 定向结束,应打印及存储有关参数和成果;
- e) 绘图桌定向,平面对点误差不应大于图上 0.4 mm,误差经合理配赋后进行测图。

6.2.3.4 立体测图方法有直接测图及存储测图,其要求如下:

- a) 直接测图应符合 6.2.2.4~6.2.2.6 的规定;
- b) 存储测图除了利用功能键盘的相应键,还应按要求在绘图过程中生成一个成批点文件和一个绘图文件。测标沿模型,按一定的时间或距离间隔,逐点将坐标数据信息记录在磁盘文件中。对雕塑等文物,每采集完某个部分,应在终端显示图像的等值线,观察有无遗漏、不光滑等,加以修改后,存储于磁盘文件中,以便调用与放回;
- c) 存储测图作业完成后,应一次回放输出绘图,并将磁盘或磁带存档;
- d) 其他测图有关规定,应符合 6.2.2.5 及 6.2.2.6 的规定。

6.2.3.5 原图修编应符合 6.2.2.7 的规定。

6.2.4 纠正仪成图

6.2.4.1 纠正仪成图适用于较平坦的平面型目标和壁画等,可提供影像平面图或线划图。其准备工作如下:

- a) 收集资料:外业设计书、外业观测及计算控制点手簿,近景摄影底片,外业控制刺点片,并对资料进行必要的分析。
- b) 编写内业技术设计书。
- c) 底图准备。在底图上按规定的比例尺展绘控制点及纠正点,展点针孔及展点误差不应大于 0.1 mm。
- d) 纠正点的投影差改正按公式(16)计算:

$$\delta_y = \Delta y / (y - \Delta y) \cdot R \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

δ_y ——投影差改正数(取位到 0.1 mm),单位为毫米(mm);

Δy ——纠正点对起始平面的高差,单位为米(m);

y ——起始平面的摄影距离,单位为米(m);

R ——图板上纠正点至主点的距离,单位为毫米(mm)。

- e) 在纠正点控制的像片面积内,当高差符合公式(17)时,用一带纠正,否则,应进行分带纠正,一般不宜超过三带。用立体测图仪确定分带的边缘曲线,作业要求参照 GB 7930 执行。

$$\Delta h < 0.001 f_K / r \cdot M \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

f_K ——摄影机焦距,单位为毫米(mm);

r ——像片主点至纠正点的距离,单位为毫米(mm);

M ——成图比例尺分母。

- f) 纠正仪应经过检校。
 - g) 纠正时应考虑纠正底图下加衬板,以抵消像纸的收缩。
- 6.2.4.2 纠正镶嵌作业参照 GB/T 7930 执行。其要求如下:

- a) 摄影底片比例尺相对于成图比例尺的放大倍数,应在所使用纠正仪的最大放大倍数之内;
- b) 纠正时对点精度为 0.3 mm~0.4 mm;
- c) 纠正需要 4 个控制点,对具有规则性轮廓建筑物的近景摄影像片,可借用规则图形减少控制点;
- d) 像片与投影面的不平行角度值的限差由公式(18)确定:

$$\alpha_{\max} \leq \arcsin(f \sin \phi_{\max} / F) \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

α_{\max} ——像片与投影面的最大不平行角,单位为度(°);

f ——摄影机主距,单位为毫米(mm);

F ——纠正仪物镜焦距,单位为毫米(mm);

ϕ ——承影面倾角,单位为度(°)。

采用大角度倾斜摄影,其像片角度与投影面的不平行角度值超过公式(18)的计算值时,应进行二次纠正;

- e) 对大型建筑物或平面型的大幅壁画,可应用惯用的镶嵌技术,相邻片接边差一般为 0.6 mm~0.8 mm,切割线重叠或裂缝不应大于 0.2 mm,切割线应通过接边误差较小、及色调大致相同处。

6.2.5 微分纠正成图

6.2.5.1 制作正射影像图,一般采用微分纠正方法完成。准备工作要求如下:

- a) 资料准备:收集透明正(负)片、控制像片、感光胶片、原始数据、外业控制片、外业控制点成果表等技术资料;

- b) 编写内业设计书；
- c) 框标影像应清晰、完整、齐全。在扫描范围内，除点位刺孔外，不得有注记或整饰符号；
- d) 作业仪器及其外围设备均应处于良好的作业状态下，方可进行作业；
- e) 装片(或归心)、输入已知数据和参数、装感光胶片。

6.2.5.2 微分纠正扫描用的透明正片和正射影像负片的要求按表 2 规定。

表 2 微分纠正成图像片要求

	扫描用的透明正片	正射影像负片
灰雾度 D_0	≤ 0.1	≤ 0.2
密度值 D_{\min}	0.2~0.3	0.2~0.3
密度值 D_{\max}	1.0~1.2	0.8~1.1
影像反差 ΔD	0.8~0.9	0.6~0.8
反差系数 ν	0.6	0.65

6.2.5.3 采集断面数据一般使用精密立体测图仪、立体坐标量测仪(及其外围设备)或解析测图仪获取。其要求如下：

- a) 用精密立体测图仪、立体坐标量测仪(及其外围设备)采集断面数据时，相对定向、绝对定向等要求与 6.2.2.3 相同；
- b) 用解析测图仪采集断面数据时，内定向、相对定向和绝对定向等要求与 6.2.3.3 相同；
- c) 根据成图精度、高差及坡度综合考虑，正确选择模型断面的横向间隔 Δx 和纵向间隔 Δy ；
- d) 采集断面数据，测标一般应与模型表面相切。

6.2.5.4 正射投影仪纠正的一般要求按 GB/T 7930 执行。其要求如下：

- a) 供扫描用的透明正片不应有划痕、斑点、指纹等；
- b) 平面定向，平面控制点经定向配赋后，测标位置与点位不符值以像片比例尺计不应大于 0.03 mm，最大不应超过 0.05 mm；
- c) 选择缝隙长度和宽度；
- d) 扫描和晒印正射正(负)片，应晒满面积，不应遗漏。

6.2.5.5 接边规定如下：

- a) 扫描带间的接边误差不应大于 0.3 mm，最大不应大于 0.6 mm；
- b) 邻片接边差不应大于 0.8 mm，最大不应大于 1.0 mm。

6.2.6 蒙(透)绘线划图

6.2.6.1 蒙(透)绘线划图，是为了勾绘平面型物体(如壁画、碑刻、瓷砖银嵌图案等)的细部图像。蒙(透)绘铅笔稿图要求如下：

- a) 在晒印好的像片影像图或正射影像图上，用毛面聚脂薄膜蒙(透)绘线划图(铅笔稿)。
- b) 影像不很清晰的像片图，可直接在像片影像图上着墨清绘，然后退掉影像，即成线划图。或经计算机图像增强处理后，再蒙绘线划图。
- c) 蒙(透)绘时应注意突出重点，取舍合理，能反映出原貌。

6.2.6.2 清绘原图要求如下：

- a) 铅笔稿原图应征求用图单位意见后修改、着墨；
- b) 清绘铅笔稿原图时，应力求忠实于原稿，做到线条流畅、均匀光滑、墨色饱满、形象逼真；
- c) 图幅整饰应符合 6.2.1.3 规定。

6.3 解析法处理

6.3.1 坐标量测精度

近景像片的解析法处理，应用于物方空间离散点的二维坐标和三维坐标的测定。坐标量测精度要求如下：

- a) 对近景摄影像片上控制点及待定点(标志点)，在解析测图仪，立体坐标量测仪或单像坐标量测仪上进行量测，两人对测剔除粗差、取中数作为最后观测值；

- b) 解析测图仪、立体坐标量测仪及单像坐标量测仪,像点坐标量测精度一般为: $\pm 0.002 \text{ mm} \sim \pm 0.015 \text{ mm}$ 。

6.3.2 近景摄影测量的软件功能

6.3.2.1 近景摄影测量软件的一般要求为:

- a) 数学模型的合理与严谨;
- b) 程序解算稳定可靠;
- c) 可在微机上解算、操作简便。

6.3.2.2 近景摄影测量软件应力求具备以下功能:

- a) 有系统误差的补偿能力;
- b) 具有像点坐标粗差的定位能力;
- c) 各类未知数的理论精度的输出以至可靠性指标的输出;
- d) 适应不同摄影方法(含多重摄影)、不同摄影机(含非量测摄影机)、不同控制方式和不同精度的要求;
- e) 有对摄影测量观测值和非摄影测量观测值进行联合平差的能力。

6.3.3 解析处理方法

6.3.3.1 近景像片解析处理方法的选择,取决于实地控制条件、摄影机性能精度要求、像片质量、外方位元素是否提供及精度、摄影环境、标志点状态、以及软件所具备的功能等。

6.3.3.2 单站时间视差法(又称伪视差法)如下:

- a) 时间视差法适用于量测物体二维运动或变形;
- b) 摄影时,应使摄影底片面尽量平行于物体的运动或变形的所在平面,其不平行性的限差值按公式(19)计算;

$$\left. \begin{aligned} \Delta\phi_{\text{限}} &= f \cdot \delta_{(dx)} / (2x \cdot \Delta x) \cdot \rho \\ \Delta\omega_{\text{限}} &= f \cdot \delta_{(dx)} / (z \cdot \Delta x) \cdot \rho \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$\Delta\phi_{\text{限}}、\Delta\omega_{\text{限}}$ ——不平行性的限差值,单位为秒(");

$\delta_{(dx)}$ ——像点的位移误差,单位为毫米(mm);

Δx ——像点最大位移值,单位为毫米(mm);

f ——摄影机焦距,单位为毫米(mm);

$x、z$ ——目标物在像片上的横向、纵向距离,单位为毫米(mm);

ρ ——常数,为 $206\,265'$ 。

- c) 在变形前拍摄一单张像片,称作零像片,记录物体的起始状态。在物体变形后,在同样内、外方位元素情况下再拍摄另一张像片,将前后两张像片组成像对,量测各特征点的视差值,然后按公式(20)计算位移量 $\Delta x、\Delta z$;

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= \Delta x_i \cdot y / f \\ \Delta z &= \Delta z_i \cdot y / f \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$\Delta x、\Delta z$ ——位移量,单位为米(m);

$\Delta x_i、\Delta z_i$ ——像片上量测的位移值,即视差值,单位为毫米(mm);

y ——摄影距离,单位为米(m);

f ——主距,单位为毫米(mm)。

- d) 摄影前应在物方设立至少三个以上固定点(或控制点),根据控制点在位移值中加入外方位元素变化的改正。改正值按公式(21)计算。

$$\left. \begin{aligned} \delta_x &= a_0 + a_1 x + a_2 y \\ \delta_y &= b_0 + b_1 x + b_2 y \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

式中:

δ_x, δ_y ——位移值,单位为毫米(mm);

a_i, b_i ——变换系数($i=0, 1, 2$);

x, y ——量测的像点坐标,单位为毫米(mm)。

6.3.3.3 多片空间后方交会和空间前方交会解法如下:

- 适用于像片外方位元素未知,而内方位元素已知,且物方空间有足够控制点时解求物方空间未知点坐标;
- 在共线条件方程式的基础上,已知物方控制点坐标 X, Y, Z 时,可以得到以控制点像点坐标为观测值;外方位元素 $X_s, Y_s, Z_s, \phi, \omega, \kappa$ 为未知数的误差方程式为公式(22):

$$V = BX - L \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

V ——像点坐标改正数矩阵;

B ——系数矩阵;

$X = [\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta \phi, \Delta \omega, \Delta \kappa]^T$;

L ——常数项矩阵。

在每片有足够的物方控制点时(至少3个),可逐片解出各片的六个外方位元素,然后用两片或多片前方交会,求出各未知点的坐标。这时物方点坐标系未知数的误差方程式为公式(23):

$$V = AX - L \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

V ——未知点的改正数矩阵;

A ——系数矩阵;

$X = [\Delta X, \Delta Y, \Delta Z]^T$;

L ——常数项矩阵。

6.3.3.4 共面条件方程式解法如下:

- 适用于近景摄影测量网的加密工作,当每张像片不具备三个控制点而整个区域有足够的控制点(至少三个)时,可以完成未知点的加密计算工作;
- 以共面条件方程式为基础,其解法的主要计算步骤包括相对定向、计算模型坐标以及模型的绝对定向:

- 1) 相对定向是利用像片对的同名光线共面且对对相交的原理完成。见公式(24);

$$\begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ u & v & w \\ u' & v' & w' \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

B_x, B_y, B_z ——摄影基线分量;

u, v, w, u', v', w' ——分别为左右像点在摄影测量坐标系内的坐标。

- 2) 公式(25)需进行线性化,组成误差方程式:

$$AV = BX - L \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:

V ——像点坐标改正数矩阵;

X ——相对定向元素 $B_y, B_z, \phi', \omega', \kappa'$ 的改正数矩阵;

A, B ——系数矩阵;

L ——常数项矩阵。

采用迭代法逐渐解求相对定向元素。

- 3) 模型点的摄影测量坐标 X_p, Y_p, Z_p 是用摄影测量空间前方交会法按公式(26)计算;

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} = N_1 \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = N_1 R_1 \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中:

X_p, Y_p, Z_p ——以左摄站为原点的摄影测量坐标;

u, v, w 和 $x_1, y_1, -f$ ——左像片上像点的摄测坐标和像空间坐标;

R_1 ——左像片在摄测坐标系内的旋转矩阵;

N_1 ——投影系数。

4) 最后用绝对定向公式计算物方空间坐标 X, Y, Z , 按公式(27)计算;

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中:

X_p, Y_p, Z_p ——任意点的模型坐标;

X_G, Y_G, Z_G ——坐标原点平移值;

λ ——缩放系数;

R ——摄测坐标系与物方空间坐标系间的旋转矩阵。

6.3.3.5 光线束解法如下:

- a) 适于控制点为人工标志点, 高精度的摄影测量处理;
- b) 以共线条件方程式为基础, 依据少量控制点为已知值, 又以控制点和大量未知点的像点坐标为观测值, 以单张像片为处理单元, 其误差方程式见公式(28):

$$\left. \begin{array}{l} \text{控制点: } V_1 = A_1 t - L_1 \\ \text{未知点: } V_2 = A_2 t + BX - L_2 \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中:

t ——像片外方位元素改正数矩阵;

X ——未知数的物方空间坐标改正数矩阵;

A, B ——相应的误差方程式系数矩阵;

L_1, L_2 ——常数项矩阵;

V ——像点坐标改正数矩阵。

然后组成法方程式: 经过约化和回代求出坐标改正数矩阵 X 。法方程式的约化和回代可逐点进行。

c) 单模型也可用光线束解法。

6.3.3.6 直接线性变换解法如下:

- a) 直接线性变换解法适用于非量测摄影机所摄像片;
- b) 在解算非量测摄影机所摄像片时, 以布设 8~12 个控制点为宜, 最少不少于 6 个物方控制点;
- c) 算法的基本公式见公式(29):

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = -\frac{1}{A} \begin{bmatrix} XYZ10000 - xX - xY - xZ - xr^2 \\ 0000XYZ1 - yX - yY - yZ - yr^2 \end{bmatrix} \cdot L - \frac{1}{A} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

V_x, V_y ——改正数;

$A = l_9 X + l_{10} Y + l_{11} Z + 1$;

$L = (l_1, l_2, \dots, l_{11}, k_1)^T$;

$r = [(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2]^{\frac{1}{2}}$;

k_1 ——物镜径向畸变差系数。

d) 解算的主要步骤如下:

- 1) 取分布合理的 6 个点的 12 个线性方程求解 11 个系数 L 的近似值; 由计算的 L_i 系数计算 A 的初始值。
- 2) 将新 A 值代入方程, 再计算新的 L_i 系数, 依次逐步迭代到满足限差为止。迭代的完成,

以内方位元素 x_0 、 y_0 、 f 值的计算为判据,即相邻两次迭代循环的内方位元素应满足公式(30)。

$$|\Delta_n - \Delta_{n-1}| \leq \delta \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

Δ 代表 x_0 、 y_0 、 f ;

n ——为迭代次数;

δ ——一般为 0.001 mm。

3) 解算待定点改正了畸变差的坐标仪坐标,并逐步解算相应的 X 、 Y 、 Z 。

6.3.3.7 二维线性变换解法如下:

a) 适用于物体二维变形的测定,其投影变换公式为:

$$\left. \begin{aligned} x &= (L_1 X + L_2 Y + L_3) / (L_7 X + L_8 Y + 1) \\ y &= (L_4 X + L_5 Y + L_6) / (L_7 X + L_8 Y + 1) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

$L_i (i=1, 2, \dots, 8)$ ——投影系数。

b) 至少有 4 个物方控制点。

6.3.3.8 还可采用其他公认的解析处理方法(如角锥体空间后交-前交方法)。

7 成果精度评定方法

7.1 依据已知坐标之坐标精度评定

依据已知坐标之坐标精度评定按公式(32)计算。

$$\begin{aligned} m_x &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i \Delta x_i) / n} \\ m_y &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i \Delta y_i) / n} \\ m_z &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta z_i \Delta z_i) / n} \\ m_D &= \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2} \quad \dots\dots\dots (32) \end{aligned}$$

式中:

m_x 、 m_y 、 m_z ——点位 x 、 y 、 z 向中误差,单位为米(m);

m_D ——点位中误差,单位为米(m);

Δx 、 Δy 、 Δz ——量测 x 、 y 、 z 坐标与相应物方控制点坐标之差,单位为米(m);

n ——多余物方控制点的个数。

7.2 依据已知长度(面积、体积)之精度评定

依摄影测量长度(D_0)、面积(A_0)、体积(V_0),及被测目标相应之真长度(D)、面积(A)、体积(V),按公式(33)、(34)、(35)计算相对误差:

$$1/m_D = |(D - D_0)/D| \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$1/m_A = |(A - A_0)/A| \quad \dots\dots\dots (34)$$

$$1/m_V = |(V - V_0)/V| \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

m_D 、 m_A 、 m_V ——相对误差分母;

D_0 、 A_0 、 V_0 ——摄影测量长度、面积、体积;单位为米(m),平方米(m^2),立方米(m^3);

D 、 A 、 V ——被测目标相应部位真长度、真面积、真体积;单位为米(m),平方米(m^2),立方米(m^3)。

7.3 间接观测平差之精度评定

评定方法如下：

a) 单位权方差按公式(36)计算：

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{V^T P V / (n - r)} \dots\dots\dots (36)$$

式中：

r ——未知数个数；

n ——观测值个数。

b) 未知数精度按公式(37)计算：

$$m_{xi} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{Q_{ii}} \dots\dots\dots (37)$$

式中：

Q_{ii} ——第 i 点的协因数阵。

c) 未知数函数的精度按公式(38)计算：

$$\begin{aligned} &\text{设 } Y = F^T X \\ m_Y &= \hat{\sigma}_0 \sqrt{F^T Q_{XX} F} \dots\dots\dots (38) \end{aligned}$$

式中：

Q_{XX} —— X 的协因数阵。

8 成果的质量检查验收

8.1 检查验收

成果的质量检查验收按 CH 1002、CH 1003 规定执行。

8.2 成果成图资料整理及归档

8.2.1 外业资料目录

外业资料应包括：

- a) 摄影底片；
- b) 摄影像片覆盖示意图；
- c) 摄影机的原始数据或检定数据(包括机型、主距及框标距)；
- d) 控制点像片及控制点分布图；
- e) 外业观测手簿；
- f) 计算手簿及成果表；
- g) 技术设计书；
- h) 检查验收报告。

8.2.2 内业资料目录

内业资料应包括：

- a) 解析法观测成果及计算打印手簿；
- b) 立体测图定向手簿；
- c) 测绘原图(各种线划图或影像图等)；
- d) 技术设计书；
- e) 检查验收报告；
- f) 蓝晒图或复印图、缩微片、照片、数字化磁带等，以及合同规定的其他资料。

附 录 A

(资料性附录)

摄影机检校方法

A.1 摄影机检校方法和场所

使用单片空间后方交会解法或三维直接线性变换法检定摄影机,宜在高精度而稳定的三维控制网内进行。

A.2 单片空间后方交会检定摄影机程序

A.2.1 单片空间后方交会检定数学模型

单片空间后方交会检定摄影机程序主要用来检定或测定各种摄影机(包括非量测用摄影机)的外方位元素、内方位元素和物镜畸变系数等系统误差参数。其数学模型为:

$$\left. \begin{aligned} x - x_0 + \Delta x &= f[a_1(X - X_S) + b_1(Y - Y_S) + c_1(Z - Z_S)]/[a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)] \\ z - z_0 + \Delta z &= f[a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)]/[a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.1)$$

将公式(A.1)按泰勒级数展开,可得线性化的误差方程式,在已知足够的物方三维控制点时,可解出各内外方位元素和系统误差参数。

一般应提供四个系统误差参数,见公式(A.2):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= k_1(x - x_0)(r^2 - r_0^2) + k_2(x - x_0)(r^4 - r_0^4) + (z - z_0)(1 + ds)\sin d\beta \\ \Delta z &= k_1(z - z_0)(r^2 - r_0^2) + k_2(z - z_0)(r^4 - r_0^4) + (z - z_0)[(1 + ds)\cos d\beta - 1] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.2)$$

上式中 k_1 、 k_2 为径向畸变系数, ds 、 $d\beta$ 为仿射变形误差参数,即比例尺不一致性误差和不正交性误差。

公式(A.3)、(A.4)为误差方程式: $V = BX - l$

$$\text{则 } X = (B^T P B)^{-1} B^T P l \dots\dots\dots (A.3)$$

$$Q_{xx} = (B^T P B)^{-1} \dots\dots\dots (A.4)$$

这种解法是一种迭代解法,直到所求未知数的改正数满足了限差要求为止。

A.2.2 基本功能和特点

A.2.2.1 可以分别或整体地解求内、外方位元素、畸变系数 k_1 、 k_2 和仿射误差系数 ds 、 $d\beta$ 。

A.2.2.2 可以提供各未知数的中误差及各像点残差。

A.2.2.3 可以预先对像点坐标进行二维仿射变换或简单的比例变换(利用框标),亦可不考虑这种像点坐标预处理。基本式为:

a) 仿射变换;

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= x + a_0 + a_1 x + a_2 z \\ \bar{z} &= z + b_0 + b_1 x + b_2 z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.5)$$

b) 比例变换;

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= \lambda_2 x \\ \bar{z} &= \lambda_2 z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.6)$$

公式(A.5)、(A.6)中 x 、 z 为观测坐标, \bar{x} 、 \bar{z} 为变换后坐标,(改正了部分系统误差的影响)。

A.3 三维直接线性变换程序

A.3.1 三维直接线性变换数学模型

三维直接线性变换程序主要用在像片内外方位元素均未知的情况下,借助于一定数量的物方控制点,进行物方未知点坐标的计算。其变换基本公式为:

$$\left. \begin{aligned} x + \Delta x &= [l_1 X + l_2 Y + l_3 Z + l_4] / [l_9 X + l_{10} Y + l_{11} Z + 1] \\ z + \Delta z &= [l_5 X + l_6 Y + l_7 Z + l_8] / [l_9 X + l_{10} Y + l_{11} Z + 1] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.7)$$

其中 Δx 、 Δz 为非线性系统误差对像点坐标的影响,一般情况下考虑对称性畸变误差就可以了,故本程序中取 Δx 、 Δz (见公式(A.8))为:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= k_1 (x - x_0) (r^2 - r_0^2) \\ \Delta z &= k_1 (z - z_0) (r^2 - r_0^2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.8)$$

由(A.7)式可得误差方程式为:

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \frac{1}{A} \begin{bmatrix} XYZ10000 - xX - xY - xZ - A(x - x_0)B \\ 0000XYZ1 - zX - zY - zZ - A(z - z_0)B \end{bmatrix} X - \frac{1}{A} \begin{bmatrix} x \\ z \end{bmatrix} \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

$$A = l_9 X + l_{10} Y + l_{11} Z + 1$$

$$B = r^2 - r_0^2$$

$$X = [l_1, l_2, \dots, l_{11} k_1]^T$$

将误差方程式(A.9)写成矩阵形式:

$$\begin{aligned} V &= AX - l && \text{权 } p \\ \text{解为: } X &= (A^T P A)^{-1} A^T P l && \dots\dots\dots (A.10) \end{aligned}$$

由公式(A.10)求出 11 个 l 系数后,可按公式(A.11)、(A.12)、(A.13)、(A.14)、(A.15)求出内外方位元素和两个附加参数

即由:

$$\left. \begin{aligned} l_1 X_s + l_2 Y_s + l_3 Z_s &= -l_4 \\ l_5 X_s + l_6 Y_s + l_7 Z_s &= -l_8 \\ l_9 X_s + l_{10} Y_s + l_{11} Z_s &= -1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.11)$$

求出 X_s 、 Y_s 、 Z_s 。

而

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= (l_1 l_9 + l_2 l_{10} + l_3 l_{11}) / (l_9^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2) \\ z_0 &= (l_5 l_9 + l_6 l_{10} + l_7 l_{11}) / (l_9^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.12)$$

令

$$\begin{aligned} M &= [l_5^2 + l_6^2 + l_7^2] / [l_9^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2] - z_0^2 \\ N &= [l_1^2 + l_2^2 + l_3^2] / [l_9^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2] - x_0^2 \end{aligned}$$

则有:

$$ds = \sqrt{N/M - 1}$$

$$d\beta = \arcsin[(x_0 z_0 - (l_1 l_5 + l_2 l_6 + l_3 l_7) / (l_9^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2)) / MN] \dots\dots\dots (A.13)$$

$$f = \sqrt{N} \cos d\beta \quad f_y = \sqrt{M} \cos d\beta \dots\dots\dots (A.14)$$

又因

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= r_2 [(l_9 x_0 - l_1) + (l_9 z_0 - l_5) \sin d\beta / f_y] = r_2 A_1 \\ b_1 &= r_2 [(l_{10} x_0 - l_2) + (l_{10} z_0 - l_6) \sin d\beta / f_y] = r_2 B_1 \\ c_1 &= r_2 [(l_{11} x_0 - l_3) + (l_{11} z_0 - l_7) \sin d\beta / f_y] = r_2 C_1 \\ a_2 &= -r_2 l_9 = r_2 A_2 \\ b_2 &= -r_2 l_{10} = r_2 B_2 \\ c_2 &= -r_2 l_{11} = r_2 C_2 \\ a_3 &= r_2 (l_9 z_0 - l_5) \cos d\beta / f_y = r_2 A_3 \\ b_3 &= r_2 (l_{10} z_0 - l_6) \cos d\beta / f_y = r_2 B_3 \\ c_3 &= r_2 (l_{11} z_0 - l_7) \cos d\beta / f_y = r_2 C_3 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A.15)$$

其中 $|r_2| = 1/(l_9^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2)$

而 r_2 的符号同行列式

$$\begin{vmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \\ C_1 & C_2 & C_3 \end{vmatrix} \text{ 的符号}$$

故可求出 ϕ, ω, κ :

$$\operatorname{tg} \phi = a_2/b_2$$

$$\operatorname{tg} \kappa = c_1/c_2$$

$$\operatorname{tg} \omega = c_2$$

求出所有像片的 11 个 l 系数后, 利用这些 l 函数进行多片空间前方交会, 以求出各物方点的坐标值。

A.3.2 基本功能

A.3.2.1 可以完成多张像片从像点坐标到物方点坐标的解算工作。

A.3.2.2 能够提供各残差, 以检查粗差和进行其他分析。



附录 B
(资料性附录)
等值线图

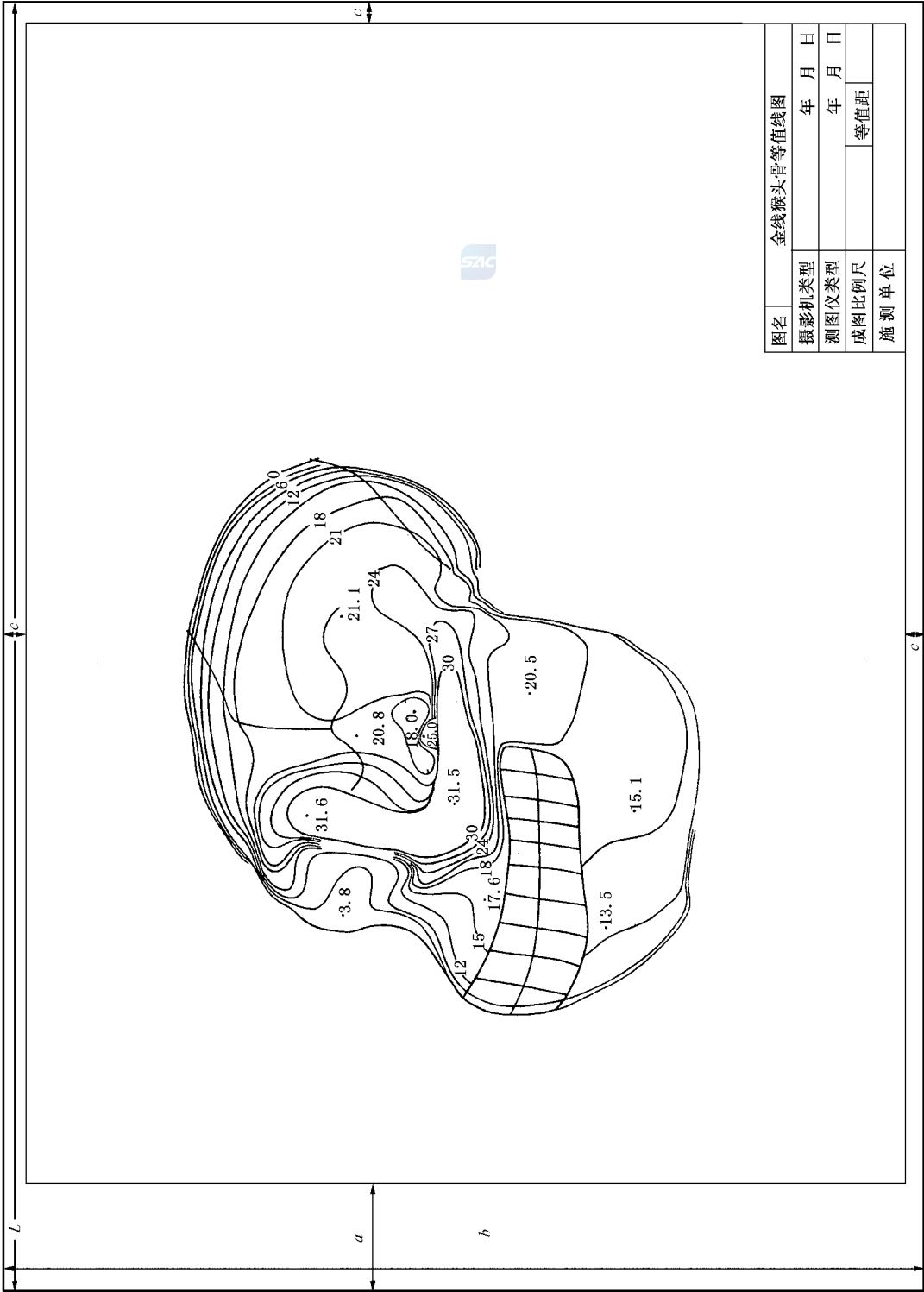


图 B. 1

附 录 C
(规范性附录)

近景摄影测量测绘古建筑立面图的要求

C.1 测绘立面图

测绘立面图(见图 C.1)包括下列各项:

- a) 建筑物立面的外轮廓;
- b) 屋顶部分:应绘出屋脊和吻、兽及其交接的位置、瓦陇部分的当沟、勾头、滴水及钉帽的位置;
- c) 屋檐及翼角部分:椽头及飞檐(正面仅看到椽头,翼角翘飞可见到椽的一个侧面)仔角梁、老角梁、连椽、套兽(仔角梁头装饰物);
- d) 柱、枋、斗拱部分:柱子(比例尺小于1:50时,金柱径虽大于檐柱径,可只画檐柱)、额枋、雀替、吊挂楣子、花牙子、平板枋、斗拱(比例尺小于1:50时、可只绘外轮廓)、挂落、坐凳、栏杆;
- e) 墙身部分:檐墙、山墙、槛墙(包括塌板、柱门、窗)、墀头的砖雕部分(比例尺小于1:25时,可只绘外轮廓);
- f) 台明及台阶:压面石(阶条石)、柱顶鼓镜、垂带、踏跺、角柱石。

C.2 需要提供的标高

需要提供的标高包括以下各项:

- a) 正脊两端的上表面和围脊的标高,挂落上皮标高,楼层标高;
- b) 正吻的最高点;
- c) 明间中央连檐下皮(飞檐头上皮);
- d) 仔角梁梁头上皮中央;
- e) 明间中央阶条石边沿。

C.3 需要提供的尺寸

需要提供的尺寸包括以下各项:

- a) 上檐出尺寸:明间屋檐飞椽椽头与檐柱轴线的水平投影距离;
- b) 翼角冲出尺寸;
- c) 翼角上翘尺寸。

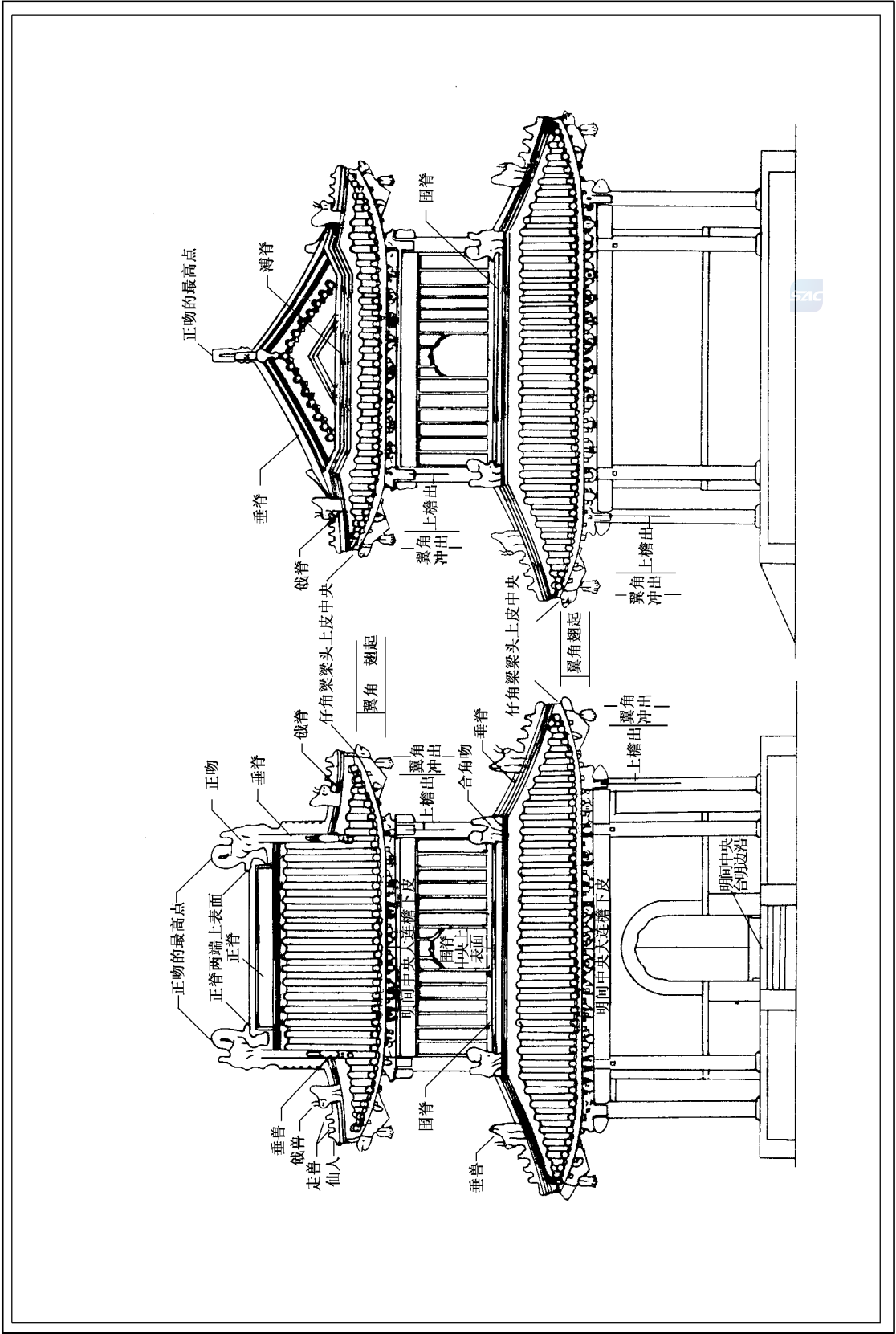


图 C.1



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
近景摄影测量规范
GB/T 12979—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn
电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

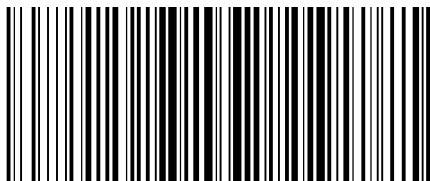
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字
2008年10月第一版 2008年10月第一次印刷

*

书号: 155066·1-33771

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 12979—2008