

基于无人机、高分卫星遥感影像的 甘肃省陇南市建筑物空间化研究*

陈晋¹, 习聪望², 陈文凯^{1*}, 张苏平¹, 周中红¹

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

摘要: 基于无人机、高分卫星影像资料, 通过实地调研与遥感影像对比分析, 建立基于无人机、高分卫星遥感影像获取建筑物的技术路线, 并以甘肃省陇南市为研究区进行实例验证。研究表明: 利用无人机航拍进行建筑物识别时, 采用倾斜摄影和正射影像相结合的方式, 建筑物识别效果较好, 尤其是对屋顶相同或类似的不同结构建筑物的识别; 基于遥感技术获取建筑物时不仅要建立区域建筑物遥感影像解译标志, 还需要借助区域地理环境特征、建筑物排列、占地面积、建筑物阴影等因素进行辅助识别, 才能获取较为可靠的结果; 陇南市建筑物类型主要有土木(含木构架)结构、砖木结构、砖混结构、框架结构4类, 占比分别为19.25%、44.29%、31.32%、5.14%, 建筑物遥感解译结果精度在-23.92%~25.28%; 基于无人机和卫星遥感影像获取居民地建筑物数据可以用于更新地震应急基础数据库, 但存在一定的误差。

关键词: 无人机; 高分卫星影像; 居民地; 建筑物类型; 空间化

中图分类号: P315.9; TP751

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2018)02-0192-09

0 引言

我国防震减灾工作体系以监测预报、震害防御、应急救援和科技支撑为主要内容。破坏性地震发生后, 应急救援是应对地震灾害最有效的手段, 及时、明确、合理的灾情快速评估结果是政府有效应对地震的科技基础(何少林等, 2014)。地震应急指挥技术系统是地震发生后, 第一时间基于地震应急基础数据库, 通过各类评估模型对地震影响范围、人员伤亡、经济损失等进行初步快速评估的技术系统, 其基础是基础数据和评估模型, 但因技术和经费的制约, 各类基础数据收集、更新困难, 尤其是空间化的建筑物数据的收集与更新(姜立新等, 2012; 李铁铮, 翟永梅, 2010)。现有的建筑物数据大都是行政区划统计数据, 这种数据无法真实反映区域建筑物空间上的分布特点, 且建筑物实地调查统计会耗费大量的人力物力, 建筑物数据更新不及时, 数据时效性

较差, 导致地震灾害快速评估结果会出现较大偏差(柴荣建, 2011)。

无人机是20世纪90年代发展起来的一种遥感技术, 主要以双翼、旋翼、直升机等作为遥感平台, 获取高分辨率遥感影像数据(臧克等, 2010)。随着遥感技术的蓬勃发展, 无人机已成为高精度建筑物数据获取的重要手段之一, 也是对卫星遥感与载人飞机航空遥感的有力补充, 在地震行业内已得到广泛应用(金伟等, 2009; 陆博迪等, 2011; 李军等, 2012; 和仕芳等, 2016; 周洋等, 2017)。建筑物空间化是通过矢量化遥感图像的方法将建筑物属性数据在空间上进行展布, 利用遥感数据对区域建筑物进行空间化处理(闫庆武, 2011), 将产出的建筑物空间数据及时用于地震应急基础库数据更新, 能有效地提高数据时效性(段锋, 袁志祥, 2010), 这样既节省了人力、物力, 又能保障地震灾害快速评估精度。因此, 本文以甘肃省陇南市居民地建筑物获取为例, 探讨基于无人机、高分卫星遥感影像及实地调研相结合获取高精度居民

* 收稿日期: 2017-07-26.

基金项目: 甘肃省科技支撑项目(1504FKCA065)、中国地震局地震预测研究所兰州创新基地基本科研业务专项(2015IESLZ06)和国家重点研发计划(2017YFB0504104)共同资助。

✉ 通讯作者: 陈文凯(1983-), 副研究员, 主要从事遥感和GIS技术应用研究. E-mail: cwk2000@yeah.net.

地建筑物数据的方法,对研究区域遥感解译建筑物数据结果进行精度评价。

1 研究区与数据源选取

陇南市位于甘肃省东南部,地处秦巴山区、青藏高原、黄土高原三大地形交汇区域,是我国地势第二级阶梯向第三级阶梯地形的过渡带。西部向青藏高原北侧边缘的甘南高原过渡,北部向陇中黄土高原过渡,南部向四川盆地过渡,东部与西秦岭和汉中盆地连接。陇南市地势呈现西北高、东南低,平均海拔 1 000 m,西秦岭和岷山 2 大山系分别从东西 2 个方向伸入全境,境内形成了高山峻岭与峡谷、盆地相间的复杂地形。陇南市处于西秦岭断裂和东昆仑断裂的交汇位置,区内发育多条小型次级断裂,地震活动性强烈,历史上曾发生多次大地震,如 1879 年武都和文县之间的 8.0 级大地震(袁道阳,雷中生,2014)。

2015 年 3 月、2016 年 5 月笔者对甘肃省陇南市的建筑物抗震能力进行调研,获得陇南市建筑物结构类型、比例等基础资料。在实地调研的同时,利用微型无人机(大疆悟 Pro)对实地调研的地区进行航拍。实地调研点总共有 17 个,涉及陇南市 6 个县(区),分别为武都区、文县、宕昌县、成县、徽县、两当县,其中获取航拍影像资料的有 3 个县(区)的 14 个点,拍摄区域如图 1 所示。

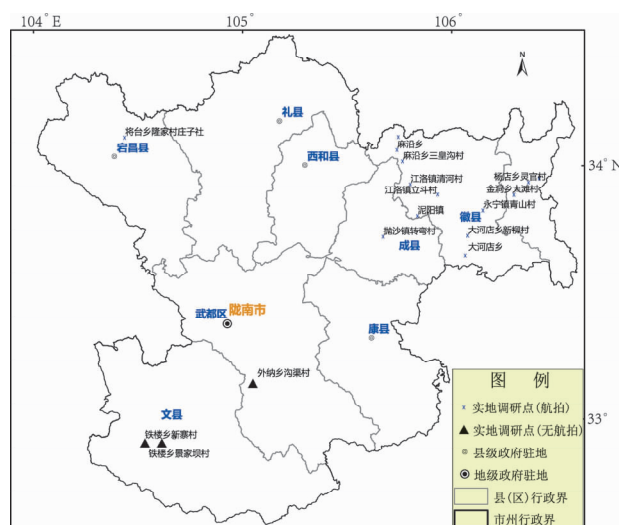


图1 实地调研及无人机航拍点示意图

Fig. 1 The schematic diagram of field survey and UAV photography

航拍对象为居民地建筑物,涵盖乡(镇)、行政村、自然村的房屋。无人机共拍摄 1 650 张照片,包括正射影像 1 300 张、倾斜影像 350 张,数据量为 7.9 G;拍摄平均海拔为 1 200 m,拍摄高度为 50 ~ 150 m,正射影像拼接处理后影像空间分辨率为 0.06 m,图像质量较好,能够清晰地看到房屋屋顶瓦片。

本文收集了陇南市范围的高分遥感影像(高分 1 号、高分 2 号影像、Google 影像),其中高分 1 号影像空间分辨率为 2 m,高分 2 号空间分辨率为 0.8 m,Google 影像空间分辨率约 1 m。高分 1 号和 2 号影像覆盖陇南市大部(图 2 中红色网格线区域显示),Google 影像 100% 覆盖(图 2 中底图显示)。

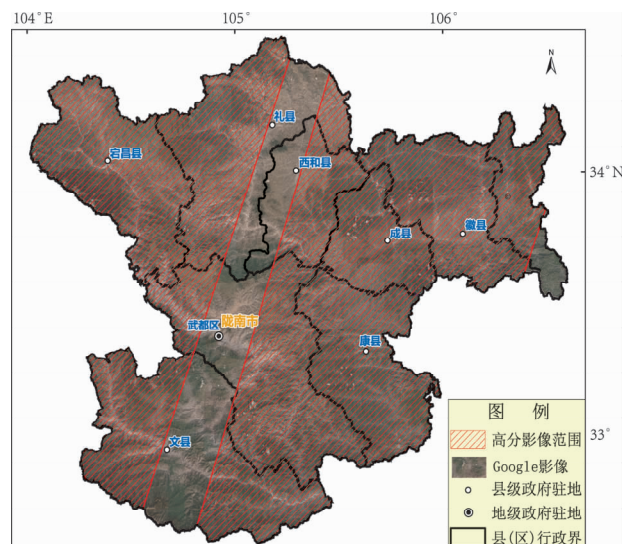


图2 陇南市高分卫星遥感影像覆盖图

Fig. 2 The overlay of high resolution remote sensing images of Longnan city

2 技术路线及处理方法

2.1 技术路线

正射影像是从垂直角度对地物进行拍摄成像,可以反映地物的顶部特征。倾斜摄影突破了正射影像只能从垂直角度拍摄的局限,可以从其他几个不同角度采集数据、多角度观察地物,更加真实地反映地物的实际情况,弥补正射影像的不足,有利于对建筑物类型的判别(杨国东,王民水,2016)。卫星遥感影像相较于无人机,其遥感平台高度更高、成像的范围更广,适合大范围的建筑物信息提取,

但不能从多个不同角度对建筑物进行提取。此外,相较于无人机,卫星遥感对天气及环境条件的依赖性较高(胡晓曦等,2010)。

由于时间和经费的限制,建筑物实地调查和无人机航拍调查点不可能覆盖全区,只能是抽查;卫星遥感影像则可以覆盖整个研究区,目前卫星遥感的空间分辨率优于1 m,能够对建筑物进行较

为详细的识别。本文基于实地调研建筑物照片、无人机航拍和高分遥感影像相结合的方式来获取居民地建筑物类型及占比,主要思路是通过一些实际调查点获取无人机影像解译标志,再通过无人机数据与卫星数据的对比,建立卫星影像解译标志,从而获取高精度居民地建筑物数据,技术路线如图3所示。

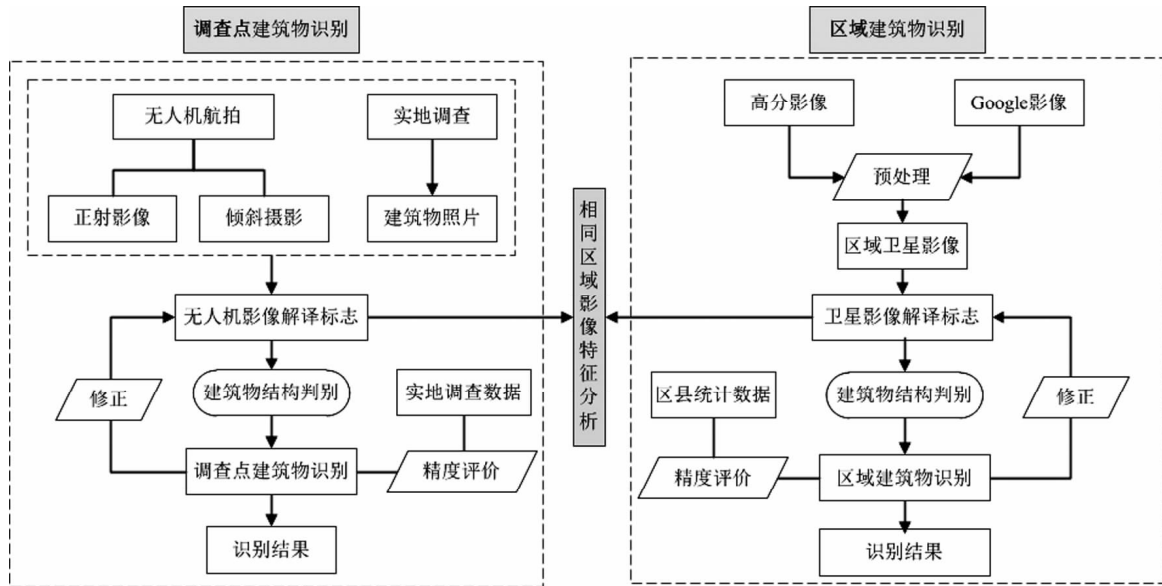


图3 建筑物识别技术路线图

Fig. 3 The technology roadmap of building recognition

2.2 建立建筑物影像解译标志

基于遥感影像解译建筑物类型时,影像解译标志是否正确直接决定着获取的建筑物数据精度,因此建立遥感影像解译标志至关重要。根据实际调查结果,陇南市建筑物结构主要分为框架结构、砖混结构、砖木结构、土木结构(含木构架)4类,本文通过无人机航拍和实地调查照片对比的方法分析无人机影像特征,分别建立相应的无人

机影像解译标志(图4~7)。

无人机影像上的土木结构房屋多为入字双坡屋顶,也有少量房屋为单坡屋顶,屋顶瓦片多表现为灰黑色,其原因因为土木结构房屋建造年代普遍较久远,瓦片长满苔藓,且苔藓吸水性较强,在影像上显示为灰黑色,也有部分房屋建造的瓦片为青瓦(图4)。



图4 土木结构无人机正射影像(a)及倾斜摄影(b)

Fig. 4 The orthorectified image (a) and oblique photography (b) of civil structure buildings

实地调查中发现人字双坡屋顶结构的房屋多数为土木结构,也有少量为新建的砖木结构房屋。在无人机影像上对这2类房屋的区分较为困难,在无人机解译时一般采用正射影像与倾斜摄影相结合的方式识别,单一采取正射影像解译困难较大。如果没有倾斜摄影则利用地理环境特征进

行辅助判别:房屋位于山区、房屋排列不整齐且面积较小时,灰黑色人字双坡屋顶房屋多为土木结构房屋。建筑物图像色调显示红色、房屋空间排列较为整齐则解译为砖木结构房屋(图5),也存在将砖混结构房屋会误判为砖木结构,但比例较小。

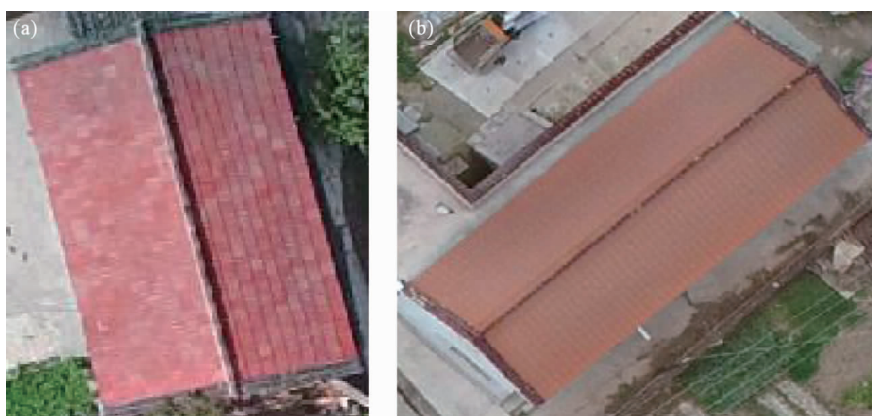


图5 砖木结构无人机正射影像(a)及倾斜摄影(b)

Fig. 5 The orthoimage (a) and oblique photography (b) of brick-wood structure buildings

在无人机影像上砖混结构房屋特征较为明显,呈现灰色或白色,且屋顶多数为平顶(图6)。框架结构房屋屋顶呈现不规则多边形,这类房屋多在城区,农村地区较少(图7)。砖混结构与框架结构房屋的影像特征相似,直接采用无人机正射影像很难区分。本文采用倾斜摄影、正射影像及地理环境特征辅助解译砖混结构与框架结构房屋。一般影像上呈现灰色或白色的单层、多层(一般不超过6层)的建筑物多为砖混结构房屋,也存在少量的框架结构房屋。尤其是在农村地区,绝大多数此类房屋都为砖混结构,框架结构房屋较

少。多层(超过6层)或高层建筑物则基本为框架结构房屋,也有部分老旧建筑物为砖混结构房屋,存在一定的错分现象。

根据以上无人机影像解译标志对调查点建筑物结构进行解译,解译结果与实地调查进行对比,建筑物结构识别精度较高,前提是必须要采用倾斜摄影技术、房屋周边地理环境及房屋面积等信息辅助正射影像进行识别,只采用正射影像进行识别则会出现较大误差,尤其是建筑物外部有装饰时识别会更加困难,实地调查时也不易判别其建筑物结构。

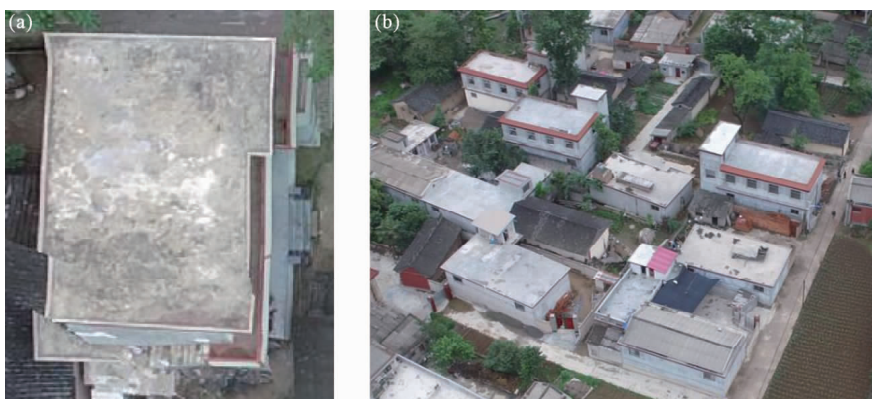


图6 砖混结构无人机正射影像(a)及倾斜摄影(b)

Fig. 6 The orthoimage (a) and oblique photography (b) of brick-concrete structure buildings



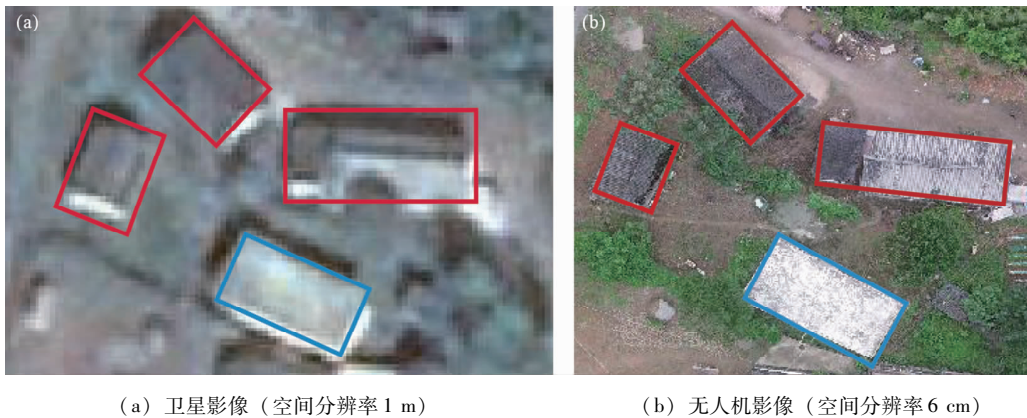
图 7 框架结构无人机正射影像 (a) 及倾斜摄影 (b)

Fig. 7 The orthoimage (a) and oblique photography (b) of frame structure buildings

由于研究区域内调查点有限, 本文对同一区域的无人机影像和卫星影像进行对比 (图 8、9), 建立高分卫星遥感影像建筑物解译标志, 获取区域建筑物数据。卫星影像上土木结构房屋呈现灰黑色, 房屋面积普遍较小, 屋顶多为人字双坡屋顶, 如图 8a 中的红色框所示。图 8 中蓝色框为砖

混结构房屋, 其在卫星影像上呈现的色调较无人机影像更暗, 另外砖混结构房屋与土木结构房屋在卫星影像上的差别比其在无人机影像上小, 需要仔细判别。

卫星影像中砖木结构房屋呈现红色, 人字双坡屋顶也能被识别出来, 比无人机影像中相同建



(a) 卫星影像 (空间分辨率 1 m)

(b) 无人机影像 (空间分辨率 6 cm)

图 8 土木结构、砖混结构建筑物影像对比

Fig. 8 Image contrast of civil structure and brick - concrete structure buildings



(a) 卫星影像 (空间分辨率 1 m)

(b) 无人机影像 (空间分辨率 6 cm)

图 9 土木结构、砖木结构建筑物影像对比

Fig. 9 Image contrast of civil structure and brick - wood structure buildings

筑物的色调暗；建筑物边界在卫星影像上比较模糊，在无人机影像上非常清晰；卫星影像中的砖木结构（红色屋顶）与土木结构房屋还是有较大差别，能够被区分出来，如图 9a 所示。如果砖木结构房屋屋顶使用青瓦建造，则其在卫星影像上无法被识别，只能依据地理环境、房屋面积、建筑物排列是否整齐等特征辅助判别。图 9b 中除红色的建筑物外，其他建筑物可以直接识别为土木结构房屋，因为可以看到建筑物侧面的墙体为土坯。在卫星影像上则无法直接判别，需要通过辅助手段识别。

卫星影像上的框架结构房屋形式多样，其影像解译标志也呈现多样性：建筑物多为多层或高层，影像中房屋阴影较大；建筑物屋顶不是单一的平顶，一般都会有一些装饰性的构件；建筑物色调呈现多样性，没有固定单一的解译色调；建筑物构架普遍较大，一般房屋宽度会超过 10 m，多为 20 ~ 50 m 之间，如图 10 所示。

综上所述，利用无人机影像、卫星影像及实地调查资料可建立不同结构建筑物的影像解译标志（表 1）。



图 10 多种框架结构建筑物的高分辨率卫星影像（空间分辨率 0.8 m）

Fig. 10 High resolution images of various frame structure buildings (the spatial resolution is 0.8 m)

表 1 各类建筑物遥感影像解译标志

Tab. 1 The remote sensing interpretation characteristics of various types of buildings

房屋类型	遥感影像解译标志
土木结构 (含木构架)	屋顶多呈现灰黑色，房屋面积普遍较小，房屋排列较乱，多分布在山区。多为人字双坡屋顶，有少量房屋为单坡屋顶。
砖木结构	影像中屋顶显示为红色、也有部分屋顶呈灰黑色，房屋空间排列较为整齐且房屋面积较大。
砖混结构	屋顶呈现灰色或白色，多为平顶；农村此类房屋多为砖混结构，框架结构较少；城区多层（低于 6 层）楼房多为砖混结构。
框架结构	建筑物多为多层或高层，影像中房屋阴影较大；建筑物屋顶不是单一的平顶，一般都会有一些装饰性的构件；建筑物色调呈现多样性，没有固定单一的色调；建筑物构架普遍较大，一般房屋宽度会超过 10 m，多为 20 ~ 50 m 之间；框架房屋多在城区，农村地区较少。

2.3 区域建筑物空间化

基于建立的各类建筑物遥感影像解译标志，对甘肃省陇南市居民地建筑物进行实验提取。基于高分卫星遥感影像（Google 影像、高分 2 号、高分 1 号）采用 ArcGIS 软件平台对陇南市居民地进行数字化，即通过遥感影像将有居民地的区域勾画出来，并根据建筑物影像解译标志判断每个区域建筑物类型。通过每个居民地不同建筑物占地面积，计算得到每个县（区）各类建筑物的总面积和百分比，最终获得陇南市居民地建筑物数据，

如图 11 所示。

陇南市占地面积为 2.79 万 km²，建筑物矢量化工作完成所需时间约为单人 90 ~ 120 h，建筑物结构类型解译工作完成所需时间为单人 80 ~ 100 h，相较于实地调查获取建筑物数据，能够节约大量人力、物力，其可操作性也更强。国产高分 2 号卫星重访周期（侧摆时）为 5 d，覆盖周期（不侧摆）为 69 d，数据时效性高，且高分 2 号影像可以通过各省测绘地理信息局免费获取原始数据，因此采用无人机、高分卫星遥感影像更新地震应

急基础数据库建筑物数据能够有效解决地震部门建筑物数据收集困难,时效性差的问题。

3 结果分析

本文通过实地调研、无人机和卫星遥感影像对比分析,建立了土木结构、砖木结构、砖混结构和框架结构4类建筑物影像解译标志,并根据解译标志对陇南市居民地建筑物进行人工解译,获得了陇南市居民地建筑物数据。

3.1 精度评价

将政府上报的县(区)建筑物统计数据与遥感解译数据进行对比,评价其解译精度。文中收集了陇南市3个县(区)的建筑物统计数据,其中武都区只有城区建筑物类型百分比(表2)。

表2 建筑物类型统计数据与遥感解译结果对比

Tab. 2 Comparison of statistical data of building types with remote sensing interpretation results

县(区)	政府统计数据(%)				遥感解译数据(%)			
	土木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构	土木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构
文县	17.24	45.65	28.96	9.15	15.66	56.57	21.64	6.13
宕昌县	20.42	33.37	38.12	8.09	24.57	33.22	36.09	6.12
武都区城区	—	5.00	40.00	55.00	—	5.88	43.11	51.01

误差评价公式为: $E = (C - C_1) / C \times 100\%$, 其中 C 为建筑物统计数据, C_1 为遥感解译结果。根据误差评价公式得到建筑物类型遥感解译精度评价结果(表3), 建筑物类型遥感解译误差范围在 $-23.92\% \sim 25.28\%$ 之间, 表明通过遥感影像可以得到区域建筑物类型数据, 但是存在一定误差。产生的误差主要原因可能是:

(1) 土木结构与砖木结构房屋的错分、砖混结构与框架结构房屋的错分, 因为它们的遥感影像解译标志相似, 在遥感影像上无法通过影像特征直接进行区分, 只能借助地理环境特征进行辅助识别。

(2) 基于遥感影像对农村居民地进行数字化时, 勾画的居民地面积中包括了一些无建筑物区域, 如村庄中道路、花园、广场、树木等, 计算面积的时候将这些区域都进行了统计, 农村居民地建筑物面积比实际的面积小; 对城镇居民地进行数字化时, 因为建筑物存在多层或高层, 计算面积时都采用单层面积计算, 所以统计的建筑物面积较实际的小。

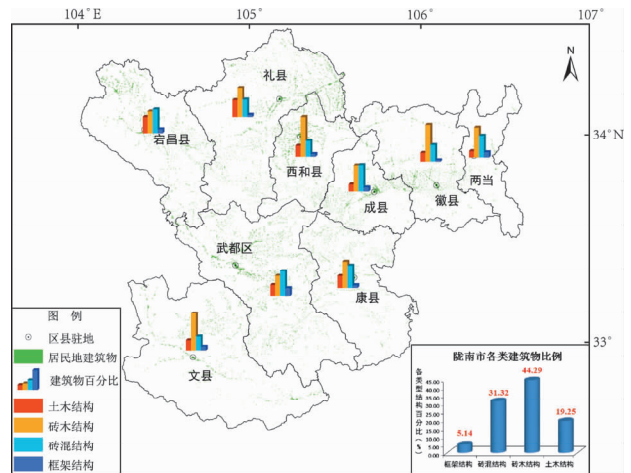


图11 陇南市居民地建筑物成果图

Fig. 11 The result map of residential building of Longnan city

表3 建筑物类型遥感解译结果精度评价

Tab. 3 Precision evaluation of remote sensing interpretation results of building types

县(区)	相对误差(%)			
	土木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构
文县	9.16	-23.92	25.28	24.79
宕昌县	-20.32	8.66	-2.76	24.35
武都区城区	—	-17.60	-7.78	7.25

3.2 建筑物区域特征分析

基于居民地建筑物数据进行区域建筑物统计分析, 得到陇南市各县(区)建筑物类型数据(表4)。通过解译结果分析可知, 陇南市房屋结构主要有土木结构(含木构架)、砖木结构、砖混结构、框架结构4类。农村房屋以砖木结构、土木结构为主, 存在少量的砖混结构房屋; 城镇房屋以砖混结构、框架结构为主, 存在少量的砖木和土木结构房屋。通过数据统计分析, 陇南市整个区域房屋结构类型以砖木结构和砖混结构房屋为主, 占比分别为 44.29% 、 31.32% , 存在一定数量的

表 4 陇南市各县（区）各类建筑物百分比
Tab. 4 The percentage of various types buildings
in districts and counties of Longnan city

县（区）	框架结构	砖混结构	砖木结构	土木结构
两当县	8.69	34.44	46.77	10.10
成县	6.67	41.34	40.73	11.26
徽县	2.50	26.09	57.47	13.95
文县	6.13	21.64	56.57	15.66
西和县	3.98	23.02	56.91	16.09
武都区	12.39	38.97	31.56	17.08
康县	4.61	35.23	41.22	18.94
宕昌县	6.12	36.09	33.22	24.57
礼县	3.26	26.41	44.71	25.62
陇南市	5.14	31.32	44.29	19.25

土木结构房屋（占比 19.25%）和少量的框架结构房屋。

按照县（区）行政区划进行统计分析，得到陇南市各县（区）房屋结构与陇南市区域建筑物结构类型一致，以砖木和砖混结构为主，有一定比例的土木结构和少量框架结构房屋。土木结构房屋比例超过 15% 的有 6 个县（区），超过 20% 的有 2 个，分别为宕昌县和礼县，其中礼县土木结构房屋高达 25.62%。土木结构占比最低的为两当县，占比为 10.10%。将各县（区）建筑物类型百分比与人均生产总值（表 5）进行对比，可知各县（区）

表 5 陇南市各县（区）地区生产总值与人均生产总值
Tab. 5 Local GDP and per capita GDP of districts
and counties of Longnan city

县（区）	地区生产总值/万元	人均生产总值/元
陇南市	3 151 353	12 172
成县	511 262	20 876
徽县	420 629	20 828
武都区	935 523	16 630
两当县	66 060	14 862
文县	235 775	10 803
康县	192 207	10 678
宕昌县	211 569	7 696
西和县	304 263	7 629
礼县	309 540	6 681

注：数据来源为《甘肃发展年鉴》（甘肃发展年鉴编委会，2016）。

的人均生产总值与当地建筑物结构还是存在一定的相关性，陇南市人均生产总值最低的为礼县（礼县土木结构比例为 25.62%），成县和徽县人均生产总值超过 2 万元，其土木结构房屋比例不超过 15%，成县的砖混结构达 41.34%，徽县的砖木结构达 57.47%。人均生产总值越高，间接说明当地居民收入越高，其居住的房屋抗震性能也越好。

4 结论与讨论

本文基于微型无人机、高分卫星影像及实地调研资料，提出了基于无人机、高分卫星遥感影像获取区域居民地建筑物类型的技术路线，获得区域居民地建筑物数据。并以甘肃省陇南市为实验区域，对提出的技术路线进行了验证，通过本文研究得到以下几点认识：

- （1）无人机倾斜摄影对建筑物识别效果较正射影像好，尤其是对建筑物屋顶相同或类似的不同结构建筑物的识别；利用无人机进行建筑物识别时可采用倾斜摄影与正射影像相结合的方式，保障建筑物类型识别精度；利用微型无人机航拍建筑物的缺点是调查范围小，无法进行大范围区域建筑物调查，只能用于检验区域建筑物精度或辅助建立卫星影像解译标志。
- （2）陇南市建筑物遥感影像解译标志可以较好区分土木/砖木结构房屋与砖混/框架结构房屋，但是因土木结构和砖木结构影像解译标志类似而存在误分，砖混结构和框架结构也存在这样的问题。解决此问题的关键是借助建筑物周边的地理环境特征、建筑物阴影等特征进行辅助识别。此外，建筑物特征具有地域性，需要针对不同区域的建筑物特点建立相应的遥感影像解译标志。

- （3）通过实地调查得到区域建筑物特征，与遥感影像进行对比分析，得到建筑物遥感影像解译标志，从而得到陇南市建筑物类型主要有土木（木构架）结构、砖木结构、砖混结构、框架结构 4 类，各类型占比分别为 19.25%，44.29%，31.32%，5.14%，解译精度在 - 23.92% ~ 25.28%；陇南市居民地建筑物数据人工解译所需时间为单人 170 ~ 220 h，较实地调查大幅提高了建筑物获取的时间和效率，说明基于无人机和高分卫星遥感影像获取建筑物数据用于更新地震应急基础数据库是可行的，但识别结果存在一定的误差。

参考文献:

- 柴荣建. 2011. 广东省应急基础数据库更新维护方法研究[J]. 华南地震, 31(3): 96-100.
- 段锋, 袁志祥. 2010. 结合汶川 8.0 级地震实践探讨地震应急基础数据库更新途径[J]. 四川地震, (1): 32-35.
- 何少林, 陈文凯, 周中红, 等. 2014. 甘肃岷县漳县 6.6 级地震灾情快速评估及应急处置保障[J]. 地震研究, 37(4): 589-594.
- 和仕芳, 邓树荣, 张方浩, 等. 2016. 旋翼无人机在建筑物抗震能力调查中的应用[J]. 地震研究, 39(4): 673-679.
- 胡晓曦, 李永树, 李何超, 等. 2010. 无人机低空数码航测与高分辨率卫星遥感测图精度试验分析[J]. 测绘工程, 19(4): 68-74.
- 姜立新, 帅向华, 聂高众, 等. 2014. 地震应急指挥协同技术平台设计研究[J]. 震灾防御技术, 7(3): 294-302.
- 金伟, 葛宏立, 杜华强, 等. 2009. 无人机遥感发展与应用概况[J]. 遥感信息, (1): 88-92.
- 李军, 李永树, 蔡国林. 2012. 利用无人机影像制作地震灾区三维景观图[J]. 测绘工程, 21(1): 50-53.
- 李铁铮, 翟永梅. 2010. 震害预测中建筑物属性信息提取方法研究[J]. 灾害学, 25(S0): 300-304.
- 陆博迪, 孟迪文, 陆鸣, 等. 2011. 无人机在重大自然灾害中的应用与探讨[J]. 灾害学, 26(4): 122-126.
- 闫庆武. 2011. 空间数据分析方法在人口数据空间化中的应用[M]. 南京: 东南大学出版社.
- 杨国东, 王民水. 2016. 倾斜摄影测量技术应用及展望[J]. 测绘与空间地理信息, 39(1): 13-18.
- 袁道阳, 雷中生. 2014. 1879 年甘肃武都南 8 级地震的震灾特征[J]. 兰州大学学报, 50(5): 611-621.
- 臧克, 孙永华, 李京, 等. 2010. 微型无人机遥感系统在汶川地震中的应用[J]. 自然灾害学报, 19(3): 162-166.
- 周洋, 明小娜, 杨艳珠, 等. 2017. 灾评新技术在云龙 5.0 级地震烈度调查中的应用[J]. 地震研究, 40(1): 161-166.

Research on Spatialization of Buildings in Longnan City, Gansu Province Based on Miniature Unmanned Aerial Vehicle and High Resolution Satellite Images

CHEN Jin¹, XI Congwang², CHEN Wenkai¹, ZHANG Suping¹, ZHOU Zhonghong¹

(1. Lanzhou Earthquake Research Institute, China Earthquake Administration, Gansu 730000, Lanzhou, China)

(2. Shaanxi Earthquake Agency, Xi'an 723000, Shaanxi, China)

Abstract

Based on miniature unmanned aerial vehicle (UAV), high resolution satellite images and comparison between field survey data and remote sensing image, we build a technical route to get building data through UAV and high resolution satellite images, which is validated by taking Longnan city as the study area. The research result shows that the combined use of unmanned aerial vehicle and tilt photography can lead to a better result for building recognition, especially for the different types of buildings with similar roofs. The establishment of building interpretation signs can lead to a more reliable result with the help of geographical environment characteristics, building arrangement, building area, building shadows and other factors. The building types of Longnan city are mainly civil (including wood frame structure, brick-wood structure, brick-concrete structure, frame structure, and the proportion of each type reaches 19.25% (civil structure), 44.29% (brick-wood), 31.32% (brick-concrete structure), 5.14% (frame structure), respectively. The accuracy range of the interpretation varies from -23.92% to 25.28%. It is feasible to obtain the residential building data for the update of the earthquake emergency database based on UAV and the satellite remote sensing images though there is some errors.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV); high resolution satellite image; residential area; building type; spatialization