

## 岭南乡村“海绵”措施的宏观归纳分析

蒋丹凝<sup>1</sup> 王志芳<sup>2,†</sup> 陈宇枫<sup>1</sup> 张子骄<sup>1</sup> 杨少栋<sup>1</sup>

1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学建筑与景观设计学院, 北京 100871;

† 通信作者, E-mail: zhifangw@pku.edu.cn

**摘要** 以广东省历史文化名村名镇及传统村落为着眼点, 分析并归纳岭南乡村传统海绵措施的类型及特征。首先提取各个村落与海绵措施相关的五大特征信息: 基于 Google Earth 航拍图, 记录各个村落的聚落形态和水系分布; 基于广东省 30 m 精度的 DEM, 在 ArcGIS 中提取广东省的地形与河网、各个村落的高程并进行淹没分析; 基于地区降雨水平, 判断村落所在区位的降雨强度。然后, 对特征信息赋予特征编码, 将 5 个特征编码输入 SPSS 进行聚类分析, 对 174 个村子进行分层分类, 归纳每一类的特点和防洪优势, 总结得到岭南乡村常见的借势、缓蓄、利导、强排 4 种海绵措施。根据研究结果, 对未来岭南地区的防洪建设和设计提出建议。

**关键词** 岭南乡村; 广东省; GIS 分析; 聚类分析; 海绵城市; 传统生态智慧

**中图分类号** TU982; TU981

## Categorization on Sponge Measurements in Lingnan Rural Area

JIANG Danning<sup>1</sup>, WANG Zhifang<sup>2,†</sup>, CHEN Yufeng<sup>1</sup>, ZHANG Zijiao<sup>1</sup>, YANG Shaodong<sup>1</sup>

1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871; 2. College of Architecture and Landscape Architecture, Peking University, Beijing 100871; † Corresponding author, E-mail: zhifangw@pku.edu.cn

**Abstract** Focusing on historic, cultural and old villages in Guangdong Province, the authors extract and synthesize features and information on sponge measures applied by local villages. Based on aerial map on Google Earth, the pattern of the settlement and water system are observed and categorized. Based on 30 m DEM picture of Guangdong Province in ArcGIS, landscape and the graded water system of the whole province and the elevations of all villages are extracted, followed by inundation analysis. The level of the rain intensity in different parts of the province is also considered. 5 features are coded and input into SPSS. By hierarchical cluster analysis, the villages are classified. The study generalizes the sponge measures of all classifications and concludes with 4 kinds of sponge measures in villages in Lingnan area: terrain utilization, slowed runoff through impoundment, strategically directed runoff, and forced drainage. Suggestions are proposed to promote the application of traditional ecophronesis in modern urban practices in Lingnan area.

**Key words** Lingnan village; Guangdong Province; GIS analysis; hierarchical cluster analysis; sponge cities; traditional ecophronesis

岭南原指五岭之南的地区, 现指广东、广西、海南、香港、澳门五省区, 本文重点关注其中较为典型的广东省。岭南乡村在地理位置、文化建筑、水系利用、防洪抗灾方面都有其独特性, 这些村落中包含很多中国传统村落、国家级历史文化名镇名

村、省级历史文化名镇名村, 因此具有较高的研究价值。

关于岭南乡村的现有研究集中在聚落形态的演变、影响因素和再规划, 建筑特色与空间改造策略, 以及自然景观与文化景观的建设与发展方面。潮汕

地区的聚落大多绵密而规模较大,采用密集式布局或梳式布局,祠堂和庙宇在聚落和建筑中处于中心地位<sup>[1]</sup>。雷州半岛的聚落一般“近水择居,便生利民”<sup>[2]</sup>,大多临溪或海,或者沿山坡而建,或者居于丘陵之间的盆腹之地,同样以祠堂为核心,聚落前有半圆形池塘<sup>[3]</sup>。广州番禺大岭村依山而建,绿水环抱,祠堂建筑存在开敞的外部空间<sup>[4]</sup>。

有关海绵城市的研究关注城市对环境灾害的弹性适应和综合承受能力,旨在缓解城市内涝,改善生态系统。当代城市建设中的海绵措施主要包括微观层面的绿地入渗、树池<sup>[5]</sup>、屋顶绿化、植草浅沟、生物滞留槽、透水铺装<sup>[6]</sup>、雨水花园<sup>[7]</sup>等,中观层面的渗透工程、滞留工程、调蓄工程、净化工程回用工程和排放工程<sup>[8]</sup>。各地区历史上的防洪与宏观海绵措施,大多是修筑堤坝,利用村落空间形式,远离大江大河,利用地形建立基塘蓄水,建立排水系统,即“防、导、蓄、高、坚、护、管、迁”的方略<sup>[9]</sup>。例如,广东省高要地区采用“八卦”的聚落形式,利用高地势、特殊建筑材料、河网蓄水、与等高线垂直且呈放射状的排水系统防洪防涝<sup>[10]</sup>。珠三角地区水乡村落大多远离区域性江河而建立基塘,选址在河流的凸岸上;平原高地村落大多选址在地势较高的山坡上,或者周边基塘密布处<sup>[11]</sup>。山西省晋城市泽州县西黄石村将水池与排水系统联系起来,水池缓洪蓄水后利用地势,顺应街道布局排水<sup>[12]</sup>。衢州村镇也利用护村坝和街巷网络的排水渠和水塘蓄水,低洼处或人工开凿的水塘有些居于村口风水位置,有些居于中心,既蓄水防洪,又供水灌溉<sup>[13]</sup>。

现有的研究和规划实践大多关注城市海绵体系的建立,或者研究单独村落的水系和聚落特征,较少关注地区古村落群的防洪特征。因此,本文综合分析广东省所有历史文化名村和传统古村落的各项相关特征,利用 GIS 技术和定量分析方法,归纳总结岭南乡村的海绵措施,旨在通过参考岭南地区古村落的防洪智慧,为岭南地区现代城市建设中的防洪防灾和生态修复提供借鉴,高效利用自然资源和条件进行海绵城市建设,同时提供一种定量综合分析传统生态智慧成果的方法,以期推进中国文化蕴含的传统生态智慧的深入挖掘及其现代城市实践

的应用价值。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域

本研究以广东省历史文化名村名镇、传统村落(图 1)为着眼点,是因为这些村落传统格局保护相对较好。2012 年以来,我国先后公布了 3 批中国传统村落名单<sup>①</sup>,广东省在第一批中有 21 个,第二批中有 50 个,第三批中有 33 个。同时,广东省还有 15 个镇、22 个村纳入国家级历史文化名镇(村)名录<sup>②</sup>,9 个镇、25 个村纳入省级历史文化名镇(村)。这些村镇历史悠久,各具地域文化特色和空间特色,大部分保有原始风貌,部分已商业化开发,还有一部分在人口迁出后基本上废弃。

### 1.2 研究框架和数据来源

本研究的总体思路为,基于 GIS 分析和聚类分析归纳特征,根据特征规律提出规划建议。具体框架(图 2)为,在确定研究对象的基础上,根据文献综述与数据处理(包括航拍图卫星图的信息提取、GIS 的地理数据处理),提取岭南传统乡村的五大特征:村落水系形态、聚落形态、高程与淹没分析、地区降雨水平以及地形与周边河流,将 5 个特征编码并导入 SPSS 进行聚类分析,进而对各小类归纳其海绵措施,最后根据海绵措施的特点和规律提出因地制宜的规划建议。

本文使用的航拍图来自谷歌地球与谷歌地图,DEM 图来自地理空间数据云([www.gscloud.cn/](http://www.gscloud.cn/))广东省 30 m DEM 数字高程数据。所有村落的地理坐标来自百度地图拾取坐标系统(<http://api.map.baidu.com/lbsapi/getpoint/index.html>)。使用的计量分析软件为 IBM 公司的 SPSS Statistics 19。

### 1.3 特征选取

考虑可能与防洪措施有关的村落特征:村落水系形态(包括河流排水和水塘蓄水)影响村落内部的排水蓄水能力。村落聚落形态通过影响道路结构而影响村落排水导水布局。村落高程决定淹没分析结果,高程越低,越容易被 10 年、20 年和 50 年一遇暴雨的水量淹没。但是,高程不能完全说明暴雨淹没情况,村落所在地区的降雨水平决定村落遭遇大暴雨的概率,应重点关注高降水地区的村落,对于

① 中国传统村落网. <http://www.chuantongcunluo.com/index.php/Home/Gjml/gjml/id/24.html>

② 国家文物局. 历史文化名镇名村名录. [http://www.sach.gov.cn/art/2014/5/20/art\\_1660\\_50363.html](http://www.sach.gov.cn/art/2014/5/20/art_1660_50363.html)

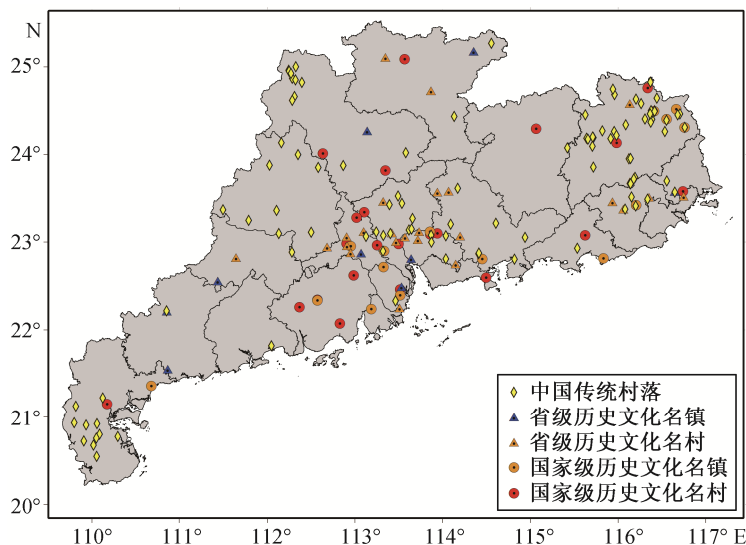


图1 广东省历史文化名镇名村及中国传统村落分布

Fig. 1 Distribution of historic and cultural villages and traditional villages in Guangdong

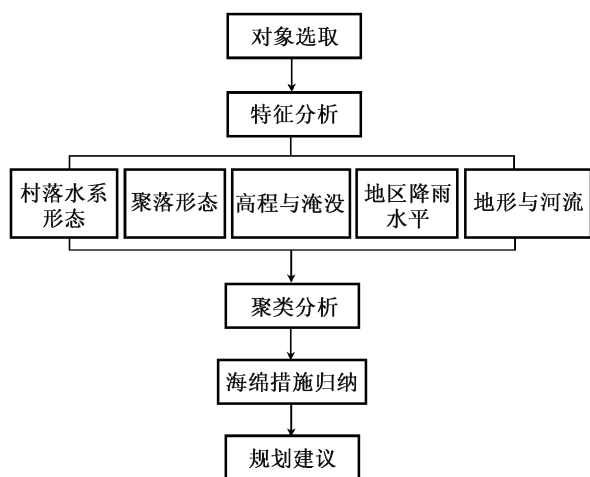


图2 研究框架

Fig. 2 Framework of the study

降水少地区的村落, 即使其高程较低, 也有不会被淹的可能性。相对高程是比高程更精准的判断变量, 可以更好地排除村落所处地形这个干扰因素, 如果村落高程较低, 但周边大面积区域内高程普遍较低且为平原洼地等, 则低高程并不意味着高暴雨威胁。周边河流等级也对村落排水有重要意义, 即使一个村落处在相对低的地势, 如果其周边有较高等级河流, 村落内部河网就可以与外部水系联通, 也可以实现高效排水。

### 1.3.1 村落水系形态

观察各个村落的航拍图, 可以将其水系归纳成规整水塘、散点水塘、水塘+河流、线性河流、网

状河流、无明显水系 6 种类型(图 3)。规整水塘指村落内或周围有大面积水塘, 呈块状、环状、带状等, 有较大的蓄水能力和灌溉能力。散点水塘指村落内散布不规整、小面积水塘, 或者水塘较少且分散, 蓄水能力较弱。水塘+河流大多指村落内部或周围有水塘, 并且外围或内部有河流水系, 这种村落排水蓄水能力都较强。线性河流大多指村落外围邻近河流, 或者有一至两条河流穿过村落。网状河流大多指水乡, 村落内河网密布, 有较强的排水能力。无明显水系指在航拍图上无法辨识村落内的水系, 通过河流水塘实现的蓄水排水能力较差。

### 1.3.2 高程与淹没分析

将广东省 30 m 精度 DEM 图和所有村落的经纬度数据导入 ArcGIS, 提取每个村落的高程。参照张明珠等<sup>[14]</sup>总结的 1984—2013 年不同重现期、不同降雨历时下广州降雨量统计数据, 通过填挖方操作, 进行全省域大致的 10 年一遇、20 年一遇和 50 年一遇暴雨的淹没分析, 将不同高程区间的村落划分为不同的暴雨安全级别。

### 1.3.3 地区降雨水平

广东省有 3 个多降水中心(年降雨量在 2000 mm 以上的地区)和 4 个少降水区域(年降雨量在 1500 mm 以下的地区)。第一个多降水中心位于恩平、阳春、阳江、叮岛、斗门地区, 第二个多降水中心位于海丰、陆丰、普宁、揭西地区, 第三个多降水中心位于佛冈、清远、龙门地区; 4 个少降水区域

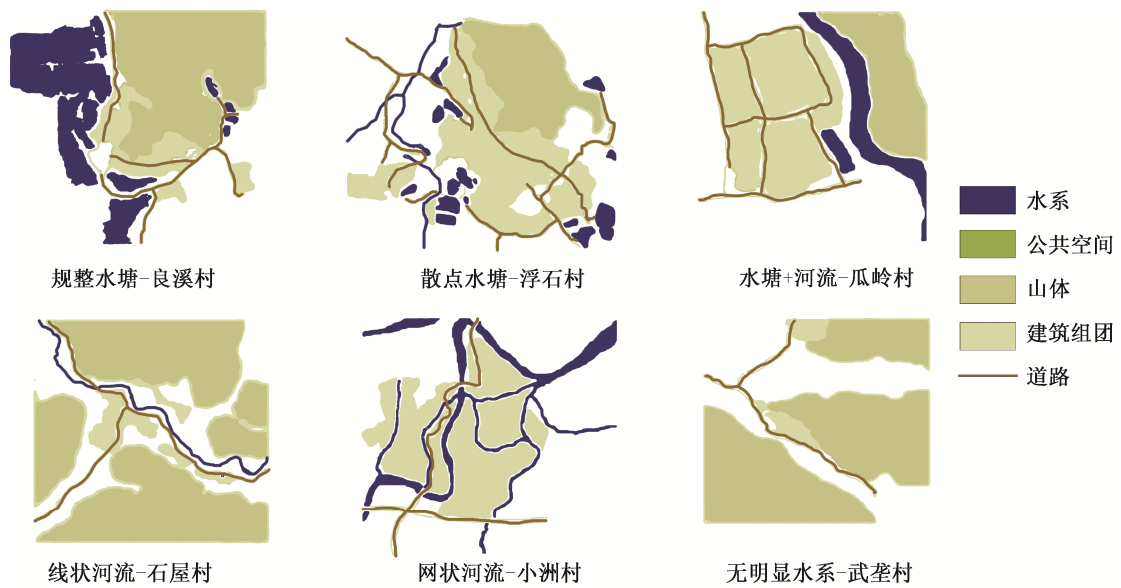


图 3 村落水系分类与举例(在文献[11]基础上绘制)

Fig. 3 Classifications and examples of water systems in the village (after Ref. [11])

是罗定盆地、兴梅盆地、南澳和雷州半岛南部<sup>[15]</sup>。

### 1.3.4 地形与周围河网

在 GIS 里根据 DEM 图提取省域的地形图, 观察山地和平原的情况以及村落在山地中的相对位置, 将村落选址归纳为平地、小山包山脚、小山包顶、山区近山顶、山腰、近山脚和山脚七类。然后对 DEM 图提取河网, 并进行河网分级。在 1:5 万地形图或航空照片上可以辨认出的最小水系(>1

cm)称为一级水系, 两条以上一级水系或一级水系与二级水系汇合后构成的水系称为二级水系, 依此类推, 最终得到, 广东省域内存在 9 级水系。

由于所有村落周边都不存在 7~9 级水系, 综合地形与周围河网位置和等级, 将村落分为 10 类(图 4): 平地临河且河流等级 1~2 级、平地临河且河流等级 3~4 级、平地临河且河流等级 5~6 级、山包山脚临河、山包顶、近山顶不临河、山腰处且山脚

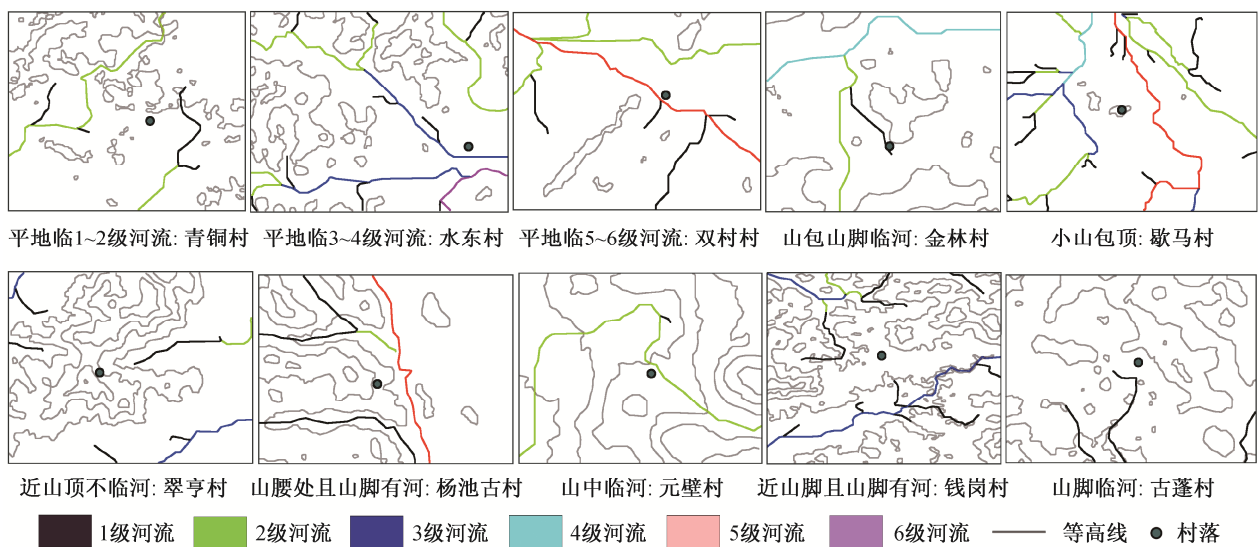


图 4 地形与河网分类图示和举例

Fig. 4 Classifications and examples of the combination of topography and water system

有河、山中临河、近山脚且山脚有河、山脚临河。

### 1.3.5 村落聚落形态

观察各个村落的航拍图,可以将其建筑组合形成的聚落形态归纳成梳式、混合密集式、条带状、围团式、放射状和自由散点状布局,如图5所示。梳式布局指村落建筑排列紧凑而有序,根据道路系统成行成列,方向一致;混合密集式布局指村落内部建筑集中,但排列不如梳式布局有序,道路不完全成行成列,建筑也不对齐排列,这种布局大多与地形或者村落发展沿革有关;条带状布局指由于场地限制,村落建筑呈条带状分布,一般沿河流或道路分布;围团式布局指巨大围屋群,小路藏匿在角落中,通往村子的各个方向,富含“藏风聚气”的风水理念;放射状布局指村落道路呈放射状,建筑在道路之间分布;自由散点式布局指村落建筑分散且无序,散布在聚落范围内。

## 1.4 聚类分析

对每一个特征进行编码(表1),从而形成每个村落的特征数组,如肇庆市怀集县中洲镇邓屋村的特征数组为(2, 2, 0, 4, 7)。将174个特征数组导入SPSS,进行聚类分析,得到2个大类、4个中类和13个小类(表2)。

## 2 结果讨论

### 2.1 聚类分析结果的特征归纳

聚类分析发现,所有村落可以分为平原和山地

两大类。

山地类分为两中类,即临河流含水塘的有排蓄水优势的村落以及排蓄水较弱、只依靠高地势优势的村落。其中,第一中类可以根据具体地理位置分为3个小类,分别地处山中靠水塘、山中靠河流、山脚靠河流;第二中类可以根据高程和聚落形态分为两小类,分别具有大高程和自由散点布局。

平原类分为两中类(山包和平地)。其中,第一中类可以根据水塘作用和地理位置分为3个小类,分别具有散点水塘且位于山脚、各类水塘和水塘河流较少的特点;第二中类可以根据水塘蓄水、布局、地区降雨水平分为5个小类,分别表现为水塘河流较少且紧凑布局、有水塘、无明显水塘、有水塘且布局紧凑且位于少降雨地区以及布局紧凑且临河。各类别的特征和归纳得到的海绵措施如表2所示,图6为模式图。

### 2.2 各聚类的海绵措施

在13类村落中,重点关注不同类别村落的海绵措施,除去地区降水少这一因素(2.2.4),其他类别的村落共有4种方式:河流排水(1.2.1, 1.2.2, 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.2.1, 2.2.3, 2.2.5);高程导水(1.1.1, 1.2.1, 1.2.2, 2.2.3);水塘蓄水(1.1.1, 1.1.2, 2.1.1, 2.2.2);特殊排水系统引水(1.1.3, 2.1.2, 2.1.3, 2.2.1),即利导、借势、缓蓄和强排。有些村落采用其中一种方式,且该方式功能较强,如规整水塘或者临5~6级河流;有些村落采用多种方式相结

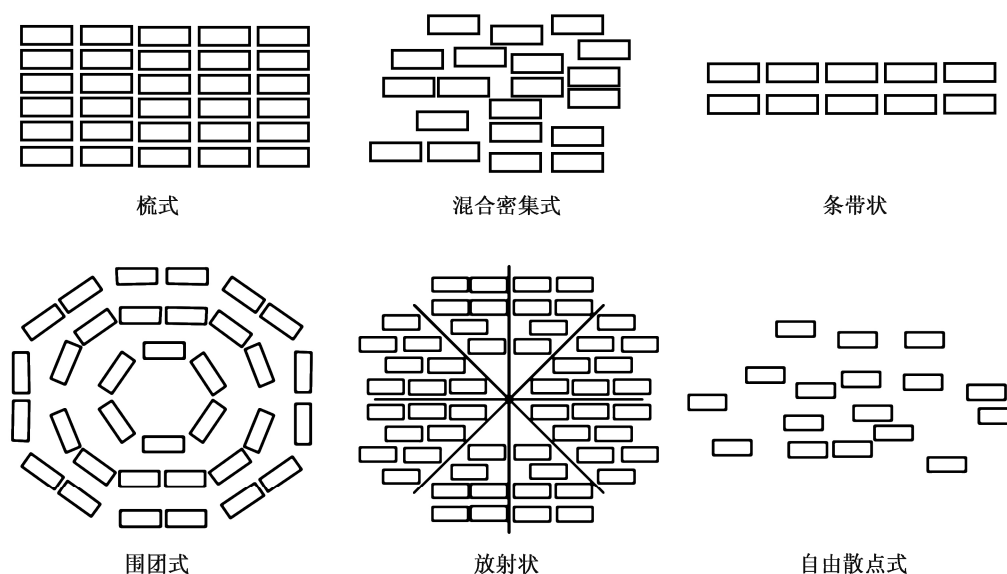


图5 村落聚落形态示意图

Fig. 5 Classifications of the pattern of the settlement

表 1 特征编码  
Table 1 Characteristic codes

特征	类型	编码
村内水系	规整水塘	1
	散点水塘	2
	水塘+河流	3
	线形河流	4
	网形河流	5
	无河流穿过或环绕	6
聚落形态	梳式	1
	混合密集式	2
	条带状	3
	围团式	4
	放射状	5
	自由散点状	6
高程与淹没分析	10 年一遇暴雨被淹	1
	20 年一遇暴雨被淹	2
	50 年一遇暴雨被淹	3
	不会被淹	4
地区降水水平	降雨量正常	0
	第一个多降水中心	1
	第二个多降水中心	2
	第三个多降水中心	3
周边地形与河流	少降水地区	4
	平地临 1~2 级河流	1
	平地临 3~4 级河流	2
	平地临 5~6 级河流	3
	山包山脚临河	11
	山包顶	12
	近山顶不临河	21
	山腰处, 山脚有河	22
	山中临河	23
近山脚, 山脚有河	24	
山脚临河	25	

合, 每种方式可能功能较弱, 如散点水塘和 1~2 级河流相结合; 有些村落位于少降水地区, 不需要强大的海绵措施。

### 2.2.1 利导

利导指村落周围或村落内部有较高等级河流或

河网, 村落通过合理的排水系统, 将雨水导入河流, 同时出于防洪减灾的考虑, 村落一般远离大江大河。这类村落包括清远市连州市连州镇沙坊村、惠州市龙门县龙华镇功武村、肇庆市德庆县官圩镇金林村、潮州市潮安县古巷镇古一村象埔寨以及云浮市云城区腰古镇水东村等。

共 103 个村落位于平地且临河。其中, 15 个临河等级为 5~6 级, 30 个临河等级为 3~4 级, 58 个临河等级为 1~2 级。可以看出, 大量村落都近邻 1~2 级支流, 方便排水, 并且等级越高, 村落越少, 没有村落近邻高等级(7~9 级)的大江大河。

小山包上的村落共 18 个。除 4 个临近或位于山包顶的村落以外, 其余 14 个村落近山脚且其山脚有河, 河等级大部分在 1~2 级, 有 3 个属于 3~4 级河流。可以看出, 即使地势高于平地, 村落依旧偏好邻近低等级河流。

还有 50 个村落位于山地中。除 2 个近山顶的村落以外, 15 个村落位于山腰处且其山脚有河, 山脚的河流等级一般为 1~2 级, 只有 3 个为 4~6 级。16 个村落位于山腰且山中临河, 河流顺山而下, 等级较低, 基本上为 1~2 级河流。5 个村落近山脚且山脚有河, 河流等级为 1~3 级。12 个村落位于山脚且临河, 由于这类村落在地势上处于劣势, 所以临河等级有一半达到 3~5 级, 还有一半近邻或远邻 1 级河流, 需重点配套其他海绵措施。

岭南村落没有临近大江大河, 推测是出于防洪的考虑。平原上村落大多邻近水系, 以小河流居多。小山包山脚的村落都邻近低等级河流, 推测其处于平原区的高地势, 小河流排水足以抗洪。山区村落都不在大山山顶, 推测是出于交通和对外联系的考虑。山区近山顶的村落山下河流等级一般较低, 山区山腰处临河的村落临河等级同样较低, 推测其主要依靠高地势抗洪。此外, 梅州地区的村落大多位于山区, 并且邻近山中的河流, 河流等级为 1~3 级。

采用利导这一措施的村落临河等级与所处地形相关。平原上的村落临河等级大多为 1~2 级, 部分为 3~4 级, 少部分为 5~6 级; 小山包山脚处的村落临河等级大多为 1~2 级, 极个别为 3~4 级; 山区内的村落可以近山脚或山中且临河, 或者位于山腰且山脚有河, 河流等级随着地势的抗洪作用大小在 1~5 级之间变化。

表 2 聚类分析结果  
Table 2 Results of cluster analysis

大类	中类	小类	村落个数	村内水系形态	村落形态布局	地区降雨水平	淹没分析	地形与河流特征	海绵措施
1 山地	1.1 排水好	1.1.1	18	水塘		正常	不会被淹	山地	高程+水塘
		1.1.2	6			高降水中心	10/20/50 年一遇	山区临河	河流
		1.1.3	6		紧凑	正常	10 年一遇	近山脚临河	河流
	1.2 高程高	1.2.1	14	弱				不会被淹	高程+河流
		1.2.2	5	弱	自由散点	正常	20/50/不会被淹		高程(山腰)/山脚 临河
		2.1.1	4	散点水塘	混合密集			10/不会被淹	山脚临河
2 平原	2.1 山包	2.1.2	8	水塘	紧凑	正常	10/不会被淹		特殊水利系统+ 河流
		2.1.3	5	弱	紧凑			10/不会被淹	临江/特殊水利 系统
		2.2.1	10	弱	紧凑			10/不会被淹	水塘+河流
	2.2 平地	2.2.2	11	有		正常	10/20/不会被淹		高程(台地)+河流
		2.2.3	3	无		正常	基本上不会被淹		
		2.2.4	9	散点水塘	紧凑	少降水地区	10 年一遇		
2.2.5	73		紧凑			10 年一遇	临河		

说明: 空白处为无明显共同特征。

### 2.2.2 借势

借势指通过较高的地势防止雨水聚集, 并且保证积水向较低地势处及时疏散。这类村落包括梅州市梅县南口镇侨乡村、梅州市梅县水车镇茶山村、清远市连南瑶族自治县三排镇油岭、肇庆市封开县罗董镇杨池古村、韶关市曲江曹角湾村(利用台地)等。

各村落的高程在 0~494 m 之间不等, 其中 155 个村落的高程小于 200 m, 其余 20 个高程较大的村落较为集中, 基本上位于梅州、肇庆和清远的山区。由淹没分析得到, 高程小于 70 m 的村落会被 10 年一遇的暴雨淹没, 高程小于 80 m 的村落会被 20 年一遇的暴雨淹没, 高程小于 95 m 的村落会被 50 年一遇的暴雨淹没。将各个村落的高程值代入淹没分析标准后得到: 10 年一遇的暴雨后, 有 100 个村落被淹; 20 年一遇的暴雨后, 新增 6 个村落被淹; 50 年一遇的暴雨后, 新增 7 个村落被淹; 剩余 61 个村落面对小于 50 年一遇的暴雨不会被淹。其中, 10 年一遇暴雨预计淹没的 100 个村子中, 有 11 个降雨安全村(位于少降水中心), 有 3 个位于第一个降水中心(珠海市斗门区斗门镇、阳江市阳东县雅韶镇阳江雅韶十八座、江门恩平市圣堂镇歇马村), 有 7 个位于第二个降水中心(汕尾市陆丰市

潭西镇大楼村、揭阳市揭西县东园镇月涓村、陆丰市碣石镇、揭阳市普宁市洪阳镇德安里村、揭阳市普宁市梅塘镇溪南古村、普宁市洪阳镇、汕尾市陆丰市大安镇石寨村), 有 3 个位于第三个降水中心(清远市佛冈县龙山镇上岳古围村、清远市清新县龙颈镇凤塍村、清远市英德市浚洸镇)。20 年一遇暴雨预计淹没的 106 个村子中, 有 1 个位于第三个降水中心(惠州市龙门县永汉镇鹤湖围村)。50 年一遇暴雨预计淹没的 113 个村子中, 有 1 个位于第三个降水中心(惠州市龙门县龙华镇绳武围)。

因此, 采用借势这一海绵措施的村落大部分高程大于 95 m, 极少部分略低于 95 m, 有其他海绵措施配套的村落也可归入此类。例如, 肇庆市封开县罗董镇杨池古村(高程 71 m)位于山腰处且山脚有河, 肇庆市怀集县凤岗镇孔洞村(高程 83 m)位于山脚且临河, 肇庆市怀集县大岗镇扶溪村(高程 84 m)位于平原上的台地且临近 3~4 级河流。

### 2.2.3 缓蓄

缓蓄指村落中建有大量水塘以保证蓄水能力, 且水塘与排水系统联通, 能及时将水导入周边的河湖水系, 同时水塘也提供灌溉和供给的作用。这类村落包括梅州市梅县雁洋镇松坪村、梅州市丰顺县汤南镇龙上古寨、东莞市寮步镇西溪村(八卦

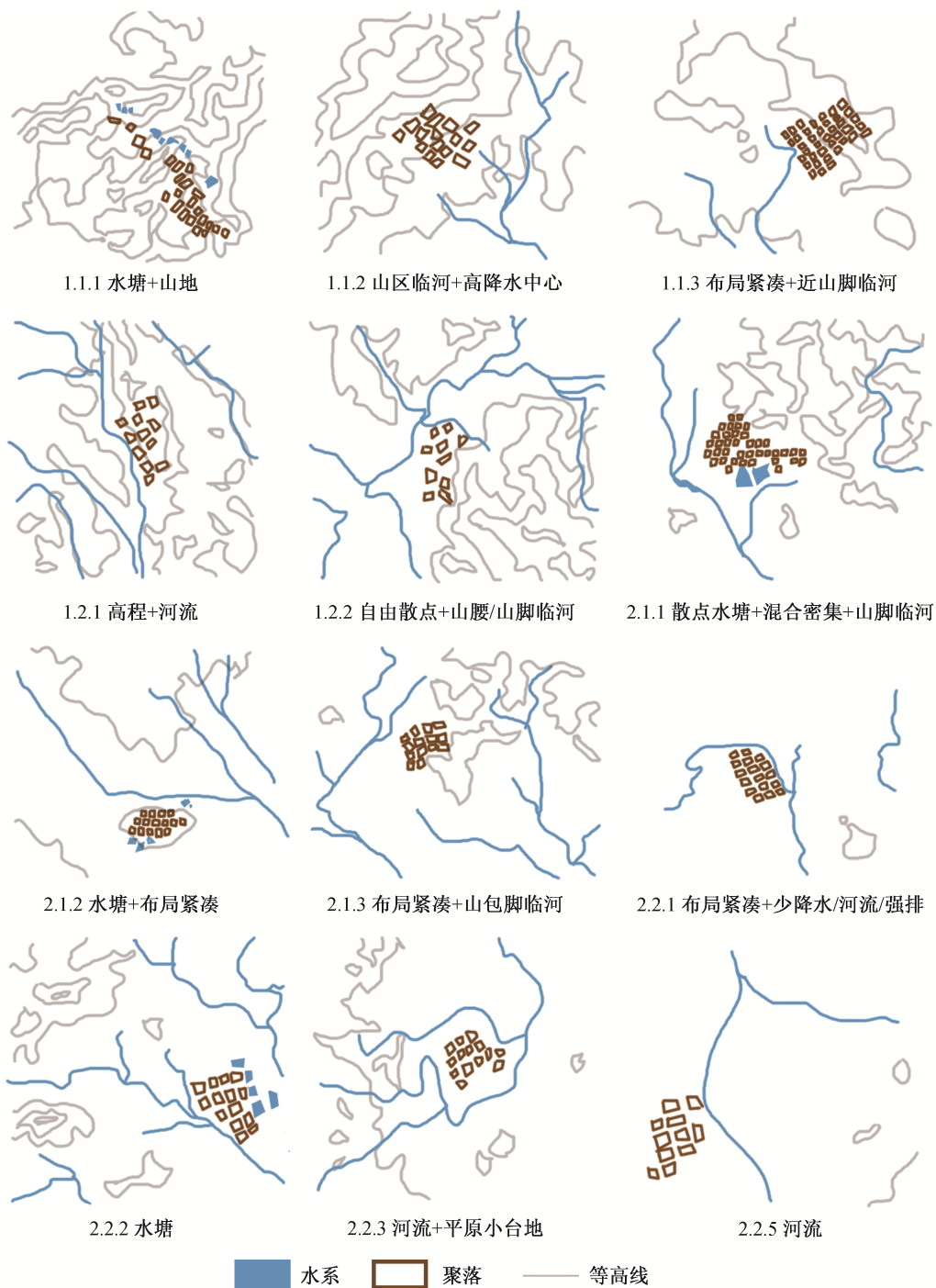


图 6 各聚类的模式图

Fig. 6 Patterns of villages in different clusters

村)、梅州市梅县南口镇侨乡村、惠州市龙门县永汉镇鹤湖围村、清远市佛冈县龙山镇上岳古围村等。

采用缓蓄措施的村落包括以下几种：位于山区，地势较高，存在蓄水的生产生活需求；位于山区的山脚下，且部分位于高降水地区，河流不足以承担全部抗洪作用；位于小山包或平原，存在蓄水的生

产生活需求。

#### 2.2.4 强排

强排指一些特定的村落利用村落内特殊的排水系统进行排水。揭阳市普宁市洪阳镇德安里村采取传统明沟的方式排水，经过“九转十八弯”的流向，汇入寨前溪，经百里桥，注入榕江。梅州市梅县雁

洋镇松坪村不采用直线方式将水直接排出屋外,而是采用“千回百转”的迂回设计,并且村内的18口池塘相互连通,防止水满则溢。梅州市兴宁市叶塘镇河西村,屋大门前有半月形池塘,池塘蓄水防旱防洪,同时可以养鱼、净化污水和用塘泥肥田,并有地下排泄渠道清污隔离。汕尾市陆丰市大安镇石寨村为团围式聚落,排污暗渠因山势而呈螺旋状,各暗渠从高到低汇入环城巷道主暗渠,再流向寨外,直通鉴湖。

采用强排这一措施的村落在地势和蓄水方面无显著优势,部分村落位于高降水地区。这类村落基本上布局紧凑,保证内部特殊水利系统的高效运行,大部分通过暗渠排水,同时配套邻近的低等级河流来实现高效排水。

### 2.2.5 小结

岭南地区的村落基本上邻近河流(除夏阜村、江边村、龙上古寨、凉庭村外,这几个村落虽然远邻河流但有高地势或水塘),因此河流排水(即利导)是岭南乡村最主要的海绵措施。其次,由于岭南地区多山,因此大部分村落利用地势(即借势)防洪抗洪。在此基础上,水塘蓄水(缓蓄)和特殊水利系统排水(强排)也是岭南乡村常见的两种海绵措施,尤其是有地势劣势和远离河流的高降水地区。但是,由于缓蓄和强排不能单独承担海绵作用,其优先级低于对河流和地势的利用,是对前两种措施的补充(表3)。

## 3 规划建议

根据研究结果,我们对未来岭南地区的建设和设计提出一些宏观的建议。各地区可以通过研究传统村落对地形和水系的利用,因地制宜地防灾抗洪,在高效利用自然海绵资源的基础上,合理地修建人为辅助海绵措施。

### 3.1 利用地区高程和河流选址布局

岭南地区河网密集,因此建设项目在选址时,

河流应该作为首要排水要素加以利用。河流等级、地貌特征以及与河流的距离都是设计建设项目与河流关系时的重要考虑因素。建设项目应该尽量邻近低等级河流,避免近邻6~8级河流,防止暴雨时涨水过快而导致洪灾。1~2级河流可以穿过项目所在地,与内部水塘和渠道紧密联通。

对于山区的建设项目,应该合理地利用地势优势,在没有较好水系条件的情况下,避开地区内的低地势处,以高程95 m以上为最优选择。山区项目应避免位于近山顶的区位,保证通达性,可以选择山脚有河的山腰处,选择较缓坡布局,或者选择邻近山间河流的较缓坡布置项目。对于平原地区的项目,可以考虑利用小山包或较高的台地,将项目设置在山包或台地顶部,采用放射状或围团状聚落形态设计排水渠道,利用地势从高向低排水。

### 3.2 利用缓蓄和强排辅助防洪

由于资金、土地和环境的限制,有些建设项目不能选择高地势、近河流的优势海绵区位,这时需要增加人为辅助海绵措施。首先考虑水塘蓄水的可行性,通过增加规整水塘和散点水塘,在高降雨情况下大量蓄水,并且配套地区河流,及时排出过饱和的水量,同时可以将水塘用于生产生活。其次,考虑暗渠的可能性,若因土地可利用面积受限而不能大量建设规整水塘,可以沿路网设计弯曲状暗渠向外联通至近邻河流,若存在水塘但面积较小,可以通过暗渠将各个池塘紧密联通,再联通至外部河流,在及时向外导水的同时防止内部过溢。

### 3.3 因地制宜选择不同优先级的海绵措施

对于本研究提出的4种海绵措施,各建设项目应根据自身的地理、经济和规划条件,优先考虑主要海绵措施,充分利用岭南地区的海绵资源,通过河流排水,利用地势导水。在主要海绵措施不能得到满足或功能较弱时,或者在建设项目位于高降水的地区,应该选择辅助海绵措施对现有地理条件进行弥补,或者对弱势海绵措施进行补充,并且结合

表3 海绵措施归类  
Table 3 Categorization of sponge measurements

优先级	措施	判断特征	发生条件
主要措施	利导	近邻1~5级河流	普遍存在
	借势	高程>95 m	大部分在山区
辅助措施	缓蓄	航拍图可识别	高降水地区/地势劣势/生产生活需求
	强排	暗渠	布局紧凑,配套低级河流,可能位于高降水地区

项目功能和地区需求,设计合理有效的辅助海绵措施(如面积、形态和功能合理的水塘,线路、深度和联通节点合理的暗渠),形成具有地方特色的海绵区。

#### 4 研究意义与局限

本研究通过地理信息分析和聚类分析,归纳出广东省传统乡村的海绵措施类型。借势、缓蓄、利导和强排这四大海绵措施是历史积累的智慧,是岭南地区城市防洪抗灾、建立海绵城市的重要参考。本研究的结论可以扩展到整个岭南地区以及其他存在防洪需求的地区,为各地的海绵措施建设提供新的思路。另外,岭南的很多传统乡村现今变为空心村,或者被过度商业开发,通过本研究,希望能提高人们对岭南乡村智慧和重要性的认识,从新的角度开发和深入了解岭南乡村。

本研究存在一定的局限性。首先,仅研究了广东省传统乡村的海绵措施,未覆盖岭南地区的其他乡村。其次,通过航拍图获取村落内水系形态和聚落形态存在不精确之处,用广州市的历时降雨量做全省域的淹没分析也存在一定的误差,并且没有考虑百年一遇暴雨的情况。第三,特征选取和编码有一定的主观性,不同的特征选取和编码在聚类分析中会产生不同结果。本文在尝试有限种情况后,选取聚类结果较优者,不代表这是唯一的结果。后续研究中,应考虑其他与防洪防灾相关的要素(如村落的植被覆盖和城镇化特征),获取更精确的数据进行解译并量化分析,进一步加强本文归纳的不同类型海绵措施的实证解释。

#### 参考文献

- [1] 卓晓岚. 潮汕地区乡村聚落形态现代演变研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015
- [2] 吴良镛. 系统的分析 统筹的战略——人居环境科学与新发展观. 城市规划, 2005(2): 15-17
- [3] 梁林. 基于可持续发展观的雷州半岛乡村传统聚落人居环境研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015
- [4] 任艳妍. 岭南乡村聚落景观空间形态研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012
- [5] 张巧艺. 城市建设中海绵措施常见问题分析. 黑龙江科技信息, 2016(31): 262
- [6] 张书函, 殷瑞雪, 潘姣, 等. 典型海绵城市建设措施的径流减控效果. 建设科技, 2017(1): 20-23
- [7] 郑博一, 谢玉霞, 刘洪波, 等. 基于模糊层次分析法的海绵城市措施研究. 环境科学与管理, 2016, 41(5): 183-186
- [8] 任毅, 王贤平, 汪祥静, 等. 兴义市海绵城市规划措施探讨. 人民珠江, 2016, 37(2): 22-25
- [9] 吴庆洲. 中国古城防洪研究. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009
- [10] 周彝馨, 吕唐军. 聚落形态演变与防洪功能变化的关系——以广东高要地区为例. 地理研究, 2014, 33(3): 439-450
- [11] 杨东辉. 基于防洪排涝的珠三角传统村落水系空间形态研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015
- [12] 郭华瞻, 白成军. 黄土地区传统村落的固有雨洪管理方法研究——以山西省泽州县西黄石村为例. 华中建筑, 2016(4): 103-107
- [13] 李婷君. 徽州村镇水系营造与防洪设计研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2012
- [14] 张明珠, 曾娇娇, 黄国如, 等. 广州市近年短历时暴雨演变特征分析. 人民珠江, 2015, 36(1): 28-31
- [15] 黄奇章. 广东降水气候特征及其成因分析. 热带地理, 1990, 10(2): 113-124