

青藏高原玉树地区建筑的地域适应性研究

梁锐^{1,2}, 刘加平², 陈敬², 张群², 王桂玲³

(1. 西安美术学院建筑环境艺术系, 陕西 西安 710065; 2. 西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055;
3. 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200135)

摘要: 玉树地处高寒、高海拔的青藏高原, 自然条件极其严酷, 建筑活动面临严峻挑战. 经过自然选择和人工调试, 玉树地区的建筑形成了一套完整的技术体系, 满足了基本需求, 呈现出鲜明的地域特色. 本文以玉树地区建筑和地理与气候之间的关系为研究对象, 通过实地调研和分析, 掌握了建筑选址、平面布局与造型、选材与围护结构构造、能源利用、生活行为特征等方面的内容, 阐明了玉树地域建筑受到自然气候与资源条件制约的机理、基本特性和建造规律, 成为灾后重建设计的源泉和创作依据, 为完善地域建筑理论和灾后重建的工程实践提供了技术支持.

关键词: 青藏高原; 玉树地区; 地域建筑; 地域适应性

中图分类号: TU-023

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2016)03-0395-06

Regional adaptability on architecture of Yushu locating in Tibet Plateau

LIANG Rui^{1,2}, LIU Jiaping², CHEN Jing², ZHANG Qun², WANG Guilin³

(1. Department of Architecture & Environment, Xi'an fine art academy, Xi'an 710065, China;
2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech. Xi'an 710055, China;
3. China Construction Eighth Engineering Division, Shanghai 200135, China)

Abstract: Yushu prefecture, located in the Tibet Plateau with cold weather and high altitude, has extremely harsh conditions of nature and severe challenges to surviving. Through natural selection and artificial moderation for a long term, a holistic technical system of traditional local architecture has been formed to meet the basic needs of peoples, showing distinctly regional characteristics. The research object is the relationship between regional architecture, geography and climate of Yushu area. Through investigation, analysis and induction, considering about site selection, layout, shaping, material, enclosure structure, energy utilization and life behavior, the author find that the local architectural morphology has strongly subject by the natural climate property and resource situation. The basic characteristics and construction discipline of building, located in Yushu prefecture, has been grasped. Suggestions are presented for the reconstruction of the architecture design, which should become an important source of architectural creativity and the basis for the design of post disaster reconstruction, or provide technical support for the regionalism architectural research and application.

Key words: Tibet plateau; Yushu prefecture; regionalism architecture; regional adaptability

2010年4月14日, 地处青藏高原腹地的青海省玉树州发生特大地震, 造成当地房屋几乎全部倒塌, 基础设施损毁严重. 震后, 在党中央国务院的安排部署下, 用时3年基本完成了灾后重建工作.

在重建期间, 课题组与中国建筑工程总公司技术部及中国建筑第八工程局有限公司开展了技术合作, 共同在玉树地区开展了地域建筑调查和工程技术研究. 灾后重建过程中发现, 既往研究多注重民族宗教文化对建筑形态的影响、建筑风格的艺术性、传统建筑符号的现代表达^[1-2]、总体布局、建筑空间、科学规划、面积标准^[3-4]、室内热环境调查^[5-6]等方面内容, 尚缺乏从玉树严苛的自然与资源环境的制约角度出发, 研究高寒高海拔地域建筑的基本特征、适宜的技术体系和现代建筑设计原则等方面内容和成果. 本文以玉树高寒高海拔地区的地理、

气候与建筑间的应对关系为研究对象, 重点研究了玉树居住建筑的平面布局、空间组合、选材与围护结构构造、能源利用、生活行为特征等主要内容, 掌握了玉树地域建筑的基本特性和建造规律, 明确了建筑应对气候与资源条件限制的措施, 并针对重建中发现的技术问题提出了高寒高海拔的玉树地区地域建筑设计的技术优化建议, 建成了实验性建筑, 取得了较好的应用效果.

1 玉树自然与社会基本条件

藏族聚居的玉树州地处西藏、青海和四川三省交汇处的青藏高原三江源(长江、黄河和澜沧江)生态保护区, 环境极为敏感脆弱^[7]. 长江总水量的25%, 黄河总水量的49%和澜沧江总水量的15%都来自这一地区; 地区平均海拔大于4 000 m; 气候高

寒,属严寒B区,年平均气温 $-0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,年最低气温 $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高气温 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$;常年主导风为以西风为主;平均年降水量 460 mm ,干湿分布时空不均;日照强烈,采暖期水平面太阳总辐射平均强度 162 W/m^2 ,属太阳能较富集地区^[8]。

玉树州首府结古镇处于由三座山形成的Y型河谷川地,分别在西、东和南向开口,冬季寒风从西向谷口吹入。草场部分土层浅薄,平均厚度约 200 mm ,其下为沙石层。由于降水少、气温低,植被主要以牧草为主,仅在河道附近分布有少量乔灌木。经调查,周边 600 km 范围内没有探明的煤炭、天然气等常规化石能源分布,但太阳能、风能、水力、生物质等可再生资源储量却十分充沛。

玉树地区扼守青藏高原重要的进藏通道之一,自古以来人员物资、技术经济、宗教文化等交流频繁。首府结古镇常住人口主要从事农牧产品的商贸服务业,是青海、四川和西藏三省区交汇区域重要的商品集散和交换中心。玉树地区总人口约 $20\sim 30$ 万,生存方式主要为畜牧养殖及农牧产品加工,仅在靠近河道水源、地形平坦地段分布有少量零星农耕生产活动。绝大部分生产生活资料均需从省会西宁市经由 900 km 高原山区公路运输而至,运输费用高昂。

2 玉树地域建筑体系的自然适应性

青藏高原严酷的地理、气候与资源因素决定了玉树传统地域建筑形态和建造方式。研究发现,经过先民长期的探索、调试、积累与完善,玉树建筑形成了一整套巧妙应对高海拔地形、严寒气候、环境脆弱、稀少资源供应的建筑技术体系。以现代标准看,虽然不够方便舒适,但从地域建筑的理性角分析,它们却具有实用、高效、综合、低成本等优点,是充分适应自然条件的产物,以很低的环境负荷与建造成本获得了较好的适宜性^[9]。

玉树地区传统建筑适应自然条件的技术体系,主要包括以下方面:

2.1 选址与布局充分适应地理条件

大分散小聚集、趋利避害的聚落布局。村落和建筑选址多位于靠近水源的川地或南向缓坡地段;大分散小聚集的聚落布局特点充分适应游牧生活需要。前者是因为冬季防寒和便利生活的目的。合理利用地形地貌,建筑多选择背风面阳的缓坡地段,随形就势,对地形几乎少做扰动,做到冬季避风纳阳,生活取水方便;后者是由牲畜种类及其供

养土地之间的比例关系决定的。调查知道,负担一头牦牛需要 $33\ 350\text{ m}^2$ (折合50亩)草场的环境容量,一只羊则大致需要 $13\ 340\text{ m}^2$ 。在玉树草原地区,普通牧民人家往往拥有牦牛数十头、羊数百只,这样每户的草场大约都在 $600\sim 6\ 000\text{ ha}$ 的面积规模,和中原地区精耕细作农耕文明下的土地与人口的比例关系完全不同。因此,传统玉树牧区定居点村落分散、三五户组成小规模聚落的布局特点,既是特殊土地关系和生产方式的反应,客观上对环境压力也减小到最低(见图1)。



(a) 聚落环境



(b) 建筑选址

图1 玉树地区典型牧民聚落环境和建筑选址

Fig.1 Typical settlement surrounding and site selection in Yushu

2.2 气候与资源条件决定建筑形态

青藏高原严酷的自然气候与匮乏的资源供应条件,强烈地影响和决定了玉树地方传统建筑的基本形态,主要表现在空间组织、建筑体量、平面形态和开窗方式等方面。

(1) 空间组织由日照决定的因素显著。日照因素在传统居住建筑单体的平面布局中起着重要作用,强烈的决定了空间组织关系^[10]。日常主要使用的起居房间基本都位于建筑南侧的向阳面,两侧往往布置辅助性房间,其目的是便于冬季争取南向日照、东西附属房间可以最大限度衰减外部低温对主要起居空间的不利影响,容易获得较好的冬季室内采暖环境质量(见图2)。

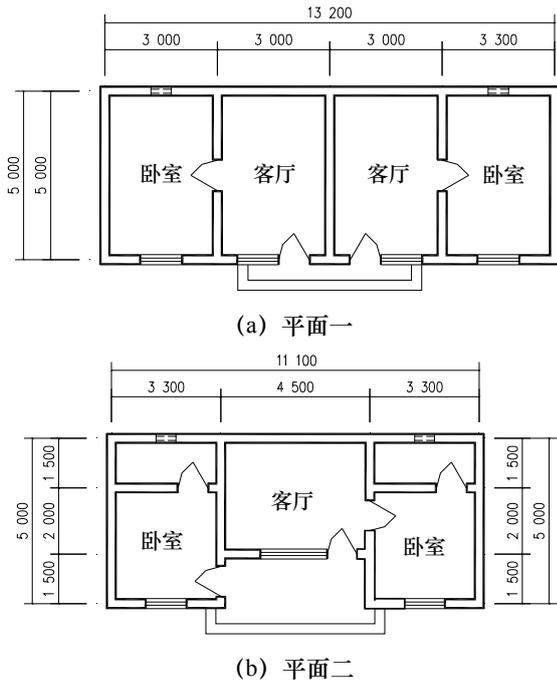


图2 玉树地区典型民居建筑平面图
Fig.2 Typical plan of vernaculars in Yushu

(2) 较小的建筑体量. 玉树地区夏季气候宜人, 多数农牧业生产活动都在室外开展, 建筑室内空间满足基本的起居生活即可; 而在严寒漫长的冬季, 几乎所有的日常生活都需要集中在室内. 这样, 建筑的体量和基本尺寸必须根据生活内容合理确定, 同时注重控制冬季采暖空间的体积、减小采暖面积、压缩采暖用能总量, 以使用很小的能源和资金代价获得相对舒适的室内热环境. 与此同时, 几乎不考虑建筑造型的比例和风格问题.

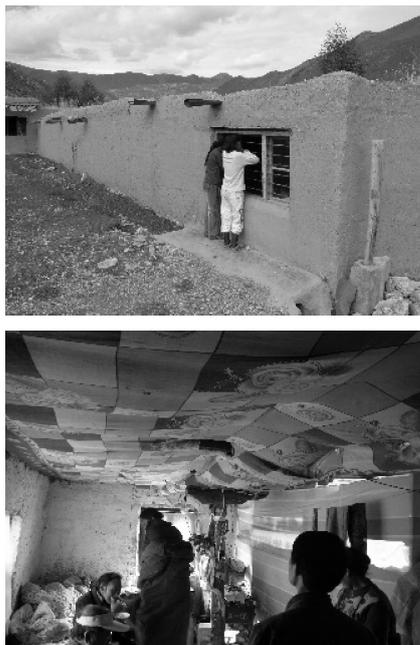


图3 玉树普通民居建筑尺度与空间

Fig.3 Scale and space of common houses in Yushu
调查发现, 玉树传统民居在平面尺寸和建筑高

度方面都比内地传统建筑小, 尤其是建筑层高. 一般常见的玉树居住建筑层高多为2.0~2.5 m左右, 而客厅的开间进深尺寸则以能够容纳全部家庭成员的床铺为依据确定 (见图3).

(3) 规整的平面形态. 玉树冬季低温寒冷、主导风强烈, 为了充分争取日照得热、同时减少冷风失热, 传统民居建筑主体多采用东西轴长度大于南北轴的矩形布局或者在此基础上根据功能适当变化. 一般北向或迎风面的轮廓规整, 南侧可以根据使用需要灵活调整成凹型或L形平面. 房间多东西方向一字排开, 在南北方向仅布置一个平面空间层次.

(4) 厚重型围护墙体. 出于抵御冬季低温寒冷的气候需要, 玉树传统民居建筑多使用厚度较大的围护结构形式. 最常见的建筑材料是生土、卵石、毛石等地方材料. 一方面, 虽然石头的导热系数并不低, 但是较大的厚度值却可以弥补此缺陷; 另一方面, 由于土石等建筑材料呈松散状态、结构整体性差, 为了提高墙体构件要的结构稳定性, 则必须相应增加围护结构的厚度. 上述两个原因共同作用, 决定了玉树传统建筑的墙体非常厚重, 其厚度往往在500~1 000 mm.

(5) 节制的开窗比例. 传统玉树建筑北向或冬季主导风朝向一般不设置任何门窗洞口, 或者在也会严格控制门窗洞口尺寸. 与之对应, 建筑的南向窗口面积却相对较大, 导致建筑南北立面形式迥异的特点. 民居建筑南向门窗洞口尺寸较中原地区为小, 仅可满足基本的采光通风要求. 原因在于, 在认识水平局限和技术落后的情况下, 缩小建筑窗墙比的做法是一项行之有效的抵御冬季严寒气候的技术手段, 可以减小门窗洞口等热工薄弱部位因传导失热和冷风渗透而引起的室内环境恶化, 控制建筑室内热环境质量.

2.3 本地化材料与能源供应

玉树地区建材类型单一、能源种类匮乏、市场化供应水平低下, 传统建筑在建造和使用过程中特别强调本地化的物资供应和物尽其用、循环使用. 由于降水较少, 玉树地区乔木分布稀少且生长速度缓慢, 木材供应十分匮乏, 传统民居建筑几乎不使用大尺寸木料做梁柱结构构件. 在平屋顶民居建筑中, 木材毛料多被用作支撑土面层的椽子, 长度和直径都较内地为小. 随处可得生土、卵石、片岩等地方建材, 具有易得、价格低廉、可循环使用、热惰性大等优点, 有利于维持室内温度稳定、营造较舒适的建筑热环境. 需要指出的是, 由这些松散材料构成的建筑在结构整体性、抗震性能等方面具有先天性的致命缺陷 (见表1).

表1 震前玉树传统与自建居住建筑材料与构造做法
Tab.1 Materials and construction of traditional and self-built buildings before earthquake in Yushu

类别	传统民居建筑		自建居住建筑	
	主材	构造做法	主材	构造做法
屋顶	木材/草泥	1. 300草泥面层 2. 树枝(芦苇席) 3. 木檩条 4. 吊顶	钢砼	1. 卷材防水层 2. 保温层(种类及厚度随意) 3. 钢筋砼楼板 4. 内粉刷
墙体	泥土/石头	1. 土坯/石材/(500~1 000 mm) 2. 粉刷	砼砌块/粘土砖	1. 高分子保温层 2. 砼空心砌块/粘土砖砌体(240~370 mm)
地面	泥土/粘土砖	1. 地毯/红砖铺地 2. 草地/素土夯实	粘土砖/砼	1. 瓷砖/水泥面层 2. 混凝土/素土夯实结构层

震前,玉树地区牧区藏民冬季采暖及平时炊事用能主要依靠牛粪这类可以就地收集到的生物质能源;城镇炊事和冬季取暖主要采用牛粪和商品能源混合方式,仅仅辅助少量煤炭、电力和液化石油气等能源,基本做到了资源的就地转化和物尽其用,不但经济,而且低碳环保.图4为玉树牧民利用院落围墙晾晒收集来的牛粪作为生活燃料.



图4 牧民晾晒收集牛粪作为燃料

Fig.4 Herdsmen collect dry cow dung as fuel

震前,在省科技厅和建设厅的推广下,牧民已经开始采取加大建筑南向窗墙比、附加阳光间、太阳能主被动式采暖、太阳灶等技术,这些太阳能利用措施受到牧民较为普遍地接受.

2.4 起居空间通用性强

为抵御严寒和控制采暖用能开支,当地牧民养成了随季节变化灵活调整起居空间的习惯.往往选择出朝向和方位最佳的一个房间,全部家庭成员冬季集中居住在这个面积较大的房间内,开展各种家庭生活,包括炊事、起居、睡觉休息、会客等等.这样只需要对此房间采暖,即可渡过漫长的寒冷冬日,可以做到以最小的燃料消耗,取得尚可容忍的冬季室内热环境.对比城市型分室居住、给全部房间普遍采暖的工程做法,这样无疑可以节约大量能源,是应对严寒气候和能源短缺现状的重要技术措施和行为节能方式.

2.5 建筑注重实用

由于玉树地区自然环境条件严苛,调查发现,

大量的普通民居建筑只要能解决好基本的生存需求、满足功能便利和经济造价的低廉等目标就已经十分不易,在建筑上对宗教文化的表达没有什么特别要求,体现出质朴的地域建筑特性.另外,随季节变换居住地的艰苦游牧生活方式和宗教的教化作用,造就了人们不追求居住生活的舒适性、不注重民族、宗教文化在建筑上的表达,建筑讲求简单实用、朴实无华.以外界公认的标准看,玉树传统居住建筑体现出的民族、宗教等文化属性或许并不强烈,但是调查发现当地居民对此却给出了较高的满意度评价.而与普通民居建筑形成鲜明对比的是,佛教寺院建筑却体现出十分强烈的宗教文化色彩,对一个地块的建筑风格起到了控制性作用.如图5所示.



图5 结古寺周边建筑群的风貌朴素

Fig.5 The simple style of the buildings surrounding the Jiegu temple

3 方案研究与创作实践

在前期工作基础上,综合重建过程中发现的问题,研究团队与合作单位共同开展了玉树地域建筑调查与灾后重建定居点设计工作,提炼出玉树传统地域建筑技术体系和和现代地域建筑创作的基本原则,研究设计出典型民居建筑方案,并开展了实验性建筑的建设工作.

3.1 设计建议与原则

结合研究与实地观察分析结果,在玉树灾后重建过程中应遵循建筑强烈依赖自然环境的构成特

征和地域性建造规律,鼓励基于此的建筑演进与性能提升,杜绝粗鲁地更改或盲目引进“异地”建筑的做法,避免给区域建筑 and 环境的可持续发展带来新问题.在建筑创作中应注意以下建议:

(1) 遵循当地聚落形成发展规律,合理确定重建聚居形态与规模.从提升生活设施水平和质量目的出发,重建工作应当重视农牧业生产的具体需要,因地制宜确定村落规模,反对粗暴地推平坡地、改变地形,造成水土流失危险的手段扩大聚落规模.另外,结合农牧业居住地经常变换的特点,可以考虑将农牧生产性临时居住建筑和家庭成员的生活空间相分离.生产性临时居住建筑严格控制聚落规模和建筑面积,具备基本设施即可,避免对环境的过分压力;家庭成员长久定居点可以适当集中、扩大规模、配套完善的生活设施.

(2) 尊重传统地域建筑的形态和体量规律,合理设计建筑形态.玉树传统地域建筑是充分适应自然条件的产物,其体量与造型规律有其合理之处,应当成为灾后重建工作中的设计源泉,提倡因地制宜确定合理的建筑形态与体量.坚决反对出于追求构图、形式或风格的目的,盲目加大建筑体量与高度的做法^[11],避免由此造成的地域建筑发展错位和冬季采暖能耗增加,加大对环境的压力.

(3) 尊重本地自然资源条件,合理选择地方建材与确定建筑用能类型.传统玉树地域建筑积累了一整套高效利用地方自然资源的技术方法体系,重建时应当充分重视此类技术的挖掘和现代应用研究,应当大力提倡以本地材料的合理使用,避免大量使用长经过距离运输的混凝土、粘土砖等高价格、难降解材料.用能方面,生活和建筑采暖提倡使用本地蕴含丰富的生物质能、太阳能、风能等的绿色能源,反对大量将煤炭、燃气等化石燃料用作冬季建筑采暖等做低密度使用目的.

(4) 尊重随季节灵活变换居室空间的习惯,合理确定建筑布局与空间尺度.玉树民居往往通过冬季集中于一个采暖空间居住,虽然不符合现代生活分室居住的基本要求,但是却以最小的采暖能源代价获得了舒适的内室热环境,是充分适应该地域条件的特殊做法,值得我们学习.需要反对那些从现代建筑功能优先理论出发、盲目引进分室居住的居住建筑模式扩大.

(5) 尊重民族与宗教文化在当地建筑的表达方式,恰当确定新建建筑风格.研究发现,玉树普通建筑朴实无华、简单实用,民族和宗教文化的表达十分节制,与宗教建筑在造型、色彩和形式感上形成了强烈的反差,设计时值得特别关注.玉树灾后重

建设应提倡重点解决建筑与环境的关系、结构安全、室内热舒适、功能便利和通用等基本性能,适当关注民族宗教性特征.

3.2 玉树地区现代地域民居建筑实践

玉树现代地域建筑模式具有以下基本特征:建筑平面呈“U”与“L”型的典型布局;冬季主要起居空间位于南向中央最佳位置,其余各面由厨房、储藏、卧室等辅助房间环绕形成气候缓冲层,抵御冬季严寒;南向布置阳光间、集热墙、直接受益窗等,充分利用富集的太阳能资源提高南向房间室内温度;控制房间面积和室内净高,减小采暖房间面积和体积;扩大建筑南向窗墙比,其余各方向严格控制开窗,减小散热;围护结构需争取南墙体太阳辐射得热能力,同时加大其余各向墙体围护结构热阻;积极利用厚重型地方建筑材料和牛粪等可再生能源的高效使用;节制装饰,风格适度,注重经济节约.

3.3 玉树地震灾后重建实践

图6为付诸实施的援建玉树典型住房平面和建成实景.

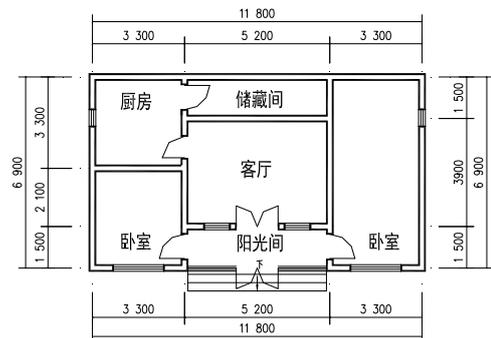


图6 灾后重建住房的典型平面和建成效果
Fig.6 Plan and perspective of the typically new houses in Yushu's post-disaster reconstruction

实施方案综合应用了前文研究结果,起居空间充分考虑作为冬季家庭集中居住生活需要,面积较大,轴线尺寸为 $5.2\text{ m}\times 3.9\text{ m}$,面积为 20.28 m^2 ,最多可以布置5张藏床;建筑东西面宽(均为轴线尺寸)11.8 m,南北进深6.9 m,层高2.6 m,建筑面积为 81.4 m^2 ,体型系数0.84,南向窗墙比27.87%,东

西向窗墙比3.8%，北向无窗；墙体为片岩砌体混合结构，围护结构构造设计依据朝向和室内综合温度经计算确定；严格按照设防要求布置圈梁与构造柱等抗震措施；窗户为70 mm塑钢单窗双玻（5+12a+5 mm）；南向布置阳光间、直接受益窗和蓄热墙等措施辅助冬季采暖需求。

4 结论

在自然条件极端严酷、民族和宗教特色鲜明的高寒高海拔地区开展建筑设计，设计人员不能简单复制和沿袭平原地区侧重“功能和形式关系”的设计流程和方法，需要以研究建筑地域适应性为主要内容，认真把握“人、建筑与环境”的关系，结合传统地域建筑的优秀技术体系，探索符合现代生活需求和富有时代特色的建筑设计道路。本文在调研和理论研究的基础上，结合示范工程实践，得出了以下结论：

(1) 凝练出适应高原高海拔自然条件的玉树地区传统地域建筑的技术体系。具体包括：选址与布局充分适应地理条件、建筑形态由气候与资源条件决定、建筑材料与能源注重本地化供应、建筑风格注重实用。

(2) 提出了创作适合玉树自然与社会条件的地域性建筑设计原则和建议。包括：遵循当地聚落形成发展规律，合理确定重建聚居形态与规模；尊重传统地域建筑的形态和体量规律，合理设计建筑形态；尊重本地自然资源条件，合理选择地方建材与确定建筑用能类型；尊重随季节灵活变换居室空间的习惯，合理确定建筑布局与空间尺度；尊重民族与宗教文化在当地建筑的表达方式，恰当确定新建建筑风格。

参考文献 References

- [1] 关飞. 玉树康巴艺术中心的建造：找寻一种可持续的地域建筑[J]. 建筑学报, 2015(7): 45-49.
GUAN Fei. Building Kangba art center in Yushu in search of sustainable architecture[J]. Architectural Journal, 2015(7): 45-49.
- [2] 包莹, 郭卫宏, 丘建发. 地域元素, 现代演绎: 玉树州博物馆建筑方案的多解探[J]. 小城镇建设, 2014(10): 66-71.
BAO Ying, GUO Weihong, QIU Jianfa. Regional elements and modern interpretation: the multi solutions of the architectural scheme of Yushu museum[J]. Development of Small Cities & Towns, 2014(10): 66-71.
- [3] 王浩, 朱峰. 青海玉树禅古、甘达示范村重建实施存在问题及建议[J]. 小城镇建设, 2010(6): 65-69.
WANG Hao, ZHU Feng. Problems and suggestions of Yushu's post-disaster reconstruction implementation

- about the village of Changu and Ganda in Qinghai Province[J]. Development of Small Cities & Towns, 2010(6): 65-69.
- [4] 巩文斌, 陈俊松. 玉树地震背景下村庄灾后重建及发展策略: 以玉树县安冲乡拉则村、仲达乡电达村建设规划为例[J]. 四川建筑, 2013, 33(4): 12-14.
GONG Wenbin, CHEN Junsong. Reconstruction and development strategy of village under the background of Yushu earthquake, illustrated by the example of Anchong and Dianda village[J]. Sichuan Architecture, 2013, 33(4): 12-14.
- [5] 刘大龙, 刘加平, 陈敬, 等. 玉树灾后重建民居热环境研究[J]. 新型建筑材料, 2011, 38(10): 61-63.
LIU Dalong, LIU Jiaping, CHEN Jing, et al. Research on thermal environment of dwellings in Yushu's post-disaster reconstruction[J]. New Building Materials, 2011, 38(10): 61-63.
- [6] 何泉. 藏族民居建筑文化研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2009.
HE Quan. Research on architectural culture of Tibetan vernacular housings[D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & Tech., 2009.
- [7] 赵斌. 玉树结古镇灾后重建规划研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2012.
ZHAO Bin. Study on post-quake reconstruction on planning of Gyegu town in Yushu[D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. and Tech., 2012.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 严寒寒冷地区居住建筑节能设计标准: JGJ26-2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China. Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zone: JGJ26-2010[S]. Beijing: China Building Industry Press, 2010.
- [9] 成辉, 刘加平. 西部乡村低收入人群民居灾后设计: 以5·12四川大坪村灾后重建为例[J]. 四川建筑科学研究, 2012, 38(1): 234-238.
CHENG Hui, LIU Jiaping. Design on vernaculars on post-disaster reconstruction of low-income people in western countryside, illustrated by the example of Daping village in Sichuan province[J]. Sichuan Building Science, 2012, 38(1): 234-238.
- [10] 梁锐, 张群, 刘加平. 地域条件约束下的西北地区居住环境设计生态策略研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2010, 42(8): 584-589.
LIANG Rui, ZHANG Qun, LIU Jiaping. Study on the ecology strategy in residence design considering the restriction of regional factors in Northwest China[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.(Natural Science Edition), 2010, 42(8): 584-589.
- [11] 成辉, 胡冗冗, 刘加平. 灾后重建乡村建筑的生态化探索与实践[J]. 建筑学报, 2009(10): 86-89.
CHENG Hui, Hu Rongrong, LIU Jiaping. Ecological exploration and practice of post-disaster construction of rural reconstruction[J]. Architectural Journal, 2009(10): 86-89.

(编辑 吴海西)