

乡村振兴背景下当雄民居的低碳节能改造研究

李圣彬 刘恺 索朗白姆*
西藏大学

DOI:10.12238/eep.v7i4.2037

[摘要] 乡村振兴是当前中国发展的重要战略,而低碳节能改造则是实现可持续发展的必然要求。本文旨在探讨乡村振兴背景下当雄传统藏式民居的低碳节能改造方案,旨在提高能源利用效率、减少碳排放并促进乡村可持续发展。通过研究当地传统藏式民居的建筑特点、分析现有的低碳节能技术,本论文提出一系列可行的改造方案和措施。

[关键词] 乡村振兴; 低碳节能; 传统建筑

中图分类号: U13 文献标识码: A

Research on Low Carbon and Energy Saving Renovation of Dangxiong Residential Buildings under the Background of Rural Revitalization

Shengbin Li Kai Liu SuoLangBaiMu

Tibet University

[Abstract] Rural revitalization is an important strategy for China's current development, and low-carbon energy-saving transformation is an inevitable requirement for sustainable development. The purpose of this paper is to explore the low-carbon and energy-saving renovation scheme of traditional Tibetan dwellings in Dangxiong under the background of rural revitalization, aiming at improving energy efficiency, reducing carbon emissions and promoting sustainable rural development. By studying the architectural characteristics of local traditional Tibetan residential buildings and analyzing the existing low carbon and energy saving technologies, this paper puts forward a series of feasible renovation schemes and measures.

[Key words] rural revitalization; low carbon energy saving; traditional architecture

1 背景介绍

1.1 地理位置。当雄(藏语意为“挑选的草场”),当雄县属西藏拉萨市纯牧业县,位于西藏自治区中部,藏南与藏北的交界地带,拉萨市北部,距拉萨市170公里。地理坐标为东经90° 45' —91° 31', 北纬29° 31' —31° 04'。面积1.23万平方公里。

1.2 行政区划。

1.3 气候。当雄县受大气环流和地形影响,当雄县气候的主要特点为:冬季寒冷、干燥,昼夜温差大;夏季温暖湿润,雨热同期,干湿季分明,天气变化大。年均温度1.3℃,年均降雨量456.8mm,年均蒸发量1725.7mm,年均日照时数2880.9小时,年均太阳辐射总量187.9千卡/平方厘米每年,年均≥0℃,积温1800℃,无霜期仅62天,牧草生长期仅90—120天。地表温度平均为5.9℃,从头年11月至翌年3月份有三个月的土地冻结期,全年八级以上风力平均达17.8天,多发生在十二月至三月份之间。大雪、冰雹、霜冻、干旱、大风等自然灾害频繁。属高原寒温带半干旱季风气候区,冬寒夏凉,多大风。年日照时数2881小时。年降水量481

毫米。8级以上大风年均可达74天。最多可达128天。主要自然灾害是雪灾,次为风灾、旱灾、虫灾、鼠灾等。^[1]

◆ 当雄县行政区划 统计年份: 2022

地名	区划代码	所辖地区
当曲卡镇	540122100000	当曲社区 曲登社区
羊八井镇	540122101000	桑巴萨社区 拉多村 恰玛村 彩渠塘村
格达乡	540122200000	格达村 羊易村 甲多村 央热村
宁中乡	540122201000	堆灵村 巴灵村 曲才村 麦灵村
公塘乡	540122202000	冲嘎村 拉根村 甲根村 巴嘎当村
龙仁乡	540122203000	龙仁村 郭庆村 曲登羊阁村
乌玛塘乡	540122204000	巴嘎村 赫如村 郭尼村 纳龙村
纳木湖乡	540122205000	色德村 纳木湖村 达布村 恰嘎村

由以上可以发现,当雄的地理位置特殊,气候两季分明,有丰富的风能和太阳能等自然资源,而现有的当雄民居并不能将这些可持续资源合理利用,当雄民居并不环保甚至一定程度上污染环境,加剧了自然灾害,当地居民赖以生存的草场常受其忧,绿色适宜的生存环境对于维持动物高产出高质量具有重要意义,游牧经济已受到影响。另外据调查走访显示,当雄民众取暖方式较为保守落后,民居中在密闭环境中烧牛粪会产生有害物质影响居民的身体健康和空气质量,利用绿色环保的可持续能源改造民居,打造低碳健康的生活方式迫在眉睫。最后当雄居民对提高经济收入有明显需求,利用风能太阳能等发电,一部分可以留为自用,另一部分产出可以卖给国家电网增加个人收入,提高生活质量。

2 研究目的和意义

目的:

2.1实现当雄地区利用风能、太阳能等可持续能源发电的绿色低碳生活方式。

2.2利用装配式建筑改造当雄传统民居、将当雄传统民居与低碳节能技术完美结合。

意义:

2.3致力于把对传统建筑的改造研究深入到建筑材料^[3]循环利用层面,以及通过低碳节能的建造方式、装配式、被动式的改造方式再利用理论与传统建筑改造实践案例相结合,为今后传统民居低碳改造手段提供借鉴式理论依据。

2.4分析研究中提出的节能方式以及能源利用为出发点对于地域性传统民居建筑保护和低碳式更新改造的方法以推动各方对于传统民居建筑保护和低碳化改造的重视。

2.5助力乡村振兴,实现绿色可持续发展。在多方提倡可持续与绿色循环发展的社会背景下,当今的建筑设计实施中对建筑环境、气候、资源以及生态资源等一系列地域影响因素的重视程度仍然欠缺。此研究将有助于改善当雄地区的生活方式,缓解环境压力,有利于草场的可持续发展,维持动物高产出高质量,提高当地居民收入。

本文以西藏自治区拉萨市当雄县传统民居建筑为研究对象,探究可再利用材料于建筑改造设计中的合理再利用的实现方式以及低碳节能基础建材对于乡村民居低碳改造的可实施性措施,出发点基于乡村振兴背景下建筑改造中的绿色节能要求响应国家环境友好型建设发展要求。

3 建筑结构形式

3.1建筑形式:民居建筑形式。

3.2建筑结构:石木结构。材料和散热特性。

材料:是采用土、石、木、黄泥为主要材料构筑的传统民居建筑物。另外在建造过程中,大量使用了本地的矿土材料,例如砌筑用的黄土、内墙抹面的黄泥以及地面屋顶夯打的“阿嘎土”(普通民居不会使用阿嘎土)。

特性:

3.2.1石材。石材具有坚固、耐久,并且资源丰富、取材便

利的特点,藏式建筑的石材一般为天然石材,具有独特的优势:

石材密度较大,能够起到较好的防风效果。在西藏白天紫外线强烈、温度较高,藏式居民可在石材里收集热量又不断的传递而出,最终平衡室内外温差。

3.2.2黄泥。黄泥作为传统建材有着不同的特性:具有蓄热性,夜间主要释放热量,白天则吸收热量,从而确保室内温度的差异室内外气体流动必然带动水汽流动,从而调节室内外的空气湿度可再生性,不使用后可以回收作为种植土壤虫蚁无法造成侵袭,不会引起形状发生变化、损坏等情况发生。

3.2.3木材。根据每一种木材的特性应用于不同的场合。核桃木和冷杉木质较硬,所以多应用于建筑的骨架,杨木质地较软,便不适合在骨架上应用了,而是多用于室内的雕刻,起装饰作用。

3.2.4阿嘎土。屋面用阿嘎土夯平,阿嘎土属于土石相兼的微晶灰岩,产于西藏地区一些半土半石的山包中,储藏部位在山体上部的1-2米厚层中,用此材料施工后的建筑面层也较为坚固、美观。

3.2.5散热:窗户。特性:自然通风是一种非常节能的通风方式,具有节能,舒适,环保三大优点。它的原理是利用建筑物内外不同的气压差,而使空气流动于建筑物之间。

3.3能源利用和室内环境问题。

3.3.1能源利用问题。当雄县的土壤能源;土壤主要类型有:高山寒漠土、粗骨土、草甸土、高山草原土、亚高山草原土、草甸土和沼泽土8类。其中高山草甸土是当雄分布最大、面积最大、最主要的土壤类型,占当雄土壤总面积的51.85%,人工草场2000公顷,灌溉面积6000公顷,传统民居建造的材料大多数利用了当地的天然材料,虽然这样取材便利,但一直采取当地特有的矿土,定将不会成为长久之计,且在乡村振兴的大背景下不提倡随意挖取矿土资源。

当雄县的水能源;当雄县水域面积19.61万亩,冰川积雪面积19.05万亩。当雄县水资源由地表水和地下水构成。地表径流量年平均23.9亿立方米。湖泊面积7.61万公顷。纳木湖储水量228.09亿立方米。永久积雪储量252.2亿立方米。当雄县设有多处地热温泉,很好的利用了当雄现有的水资源,也很好的采用了乡村振兴背景下的“低碳节能”方式。

旅游文化资源:当雄县有丰富的自然资源,拥有冰川、雪山、草原、湿地等多种生态资源,这也是当雄成为文化旅游地的原因,当雄现有西藏三大圣湖之一——“纳木错”,藏地三大神山之一——“念青唐古拉山”,雪山初登者的天堂——“海拔6010米·洛堆峰”,藏地之肺——“阿热湿地”。这将促进当雄的外来旅游者变多,进而促进当地的文化、经济发展。

物产资源优势:当雄,藏文语意为“天选牧场”,是拉萨市唯一的纯牧业县,这里有着亚洲最纯净的高原天然牧场,也是我国主要的牦牛产区之一。这里养育着27万头半野生牦牛,是青藏高原的黄金畜牧带。这里也是青藏高原黄金水源地,孕育着丰富的冰川天然饮用水源。“逐水草而居”是牧区藏族人民千百年延

续的生存方式,自古以来游牧民族就通过将自身融入自然的循环中,使每一片土地都得以休养生息。这种与大自然共生的睿智,是数千年生在草原、长在草原的人共有的文化基因。近年来,当雄牧民的生活发生了很大的变化,每家每户都盖起新的定居点,生活品质也提高了很多,可是放牧的方式几乎没有改变,每到夏季,他们会通过游牧的方式,领着牛羊搬迁到新的草场。这是一种促进自然资源可持续发展的生产生活方式,因为牧民的血液里流淌着游牧文化的灵魂,物尽其用,不向自然过多索取,正是因为有了这样的文化,青藏高原长久以来保持了生物多样性,成为中国内陆乃至东亚的生态屏障。

3.3.2室内环境问题。由于当雄县受大气环流和地形影响,当雄县气候冬季寒冷、干燥,昼夜温差大;夏季温暖湿润,雨热同期,干湿季分明,天气变化大。年均温度 1.3°C ,年均降雨量 456.8mm ,年均蒸发量 1725.7mm ,年均日照时数 2880.9 小时,年均太阳辐射总量 187.9 千卡/平方厘米每年,年均 $\geq 0^{\circ}\text{C}$,积温 1800°C ,无霜期仅 62 天,牧草生长期仅 $90\sim 120$ 天。地表温度平均为 5.9°C ,从头年11月至翌年3月份有三个月的土地冻结期,全年八级以上风力平均达 17.8 天,多发生在十二月至三月份之间。大雪、冰雹、霜冻、干旱、大风等自然灾害频繁。属高原寒温带半干旱季风气候区,冬寒夏凉,多大风。年日照时数 2881 小时。年降水量 481 毫米。8级以上大风年均可达 74 天。最多可达 128 天。主要自然灾害是雪灾,次为风灾、旱灾、虫灾、鼠灾等(以上文献来源于西藏自治区自然资源厅学报),因此室内环境出现了以下问题:

屋顶没有防水材料,时常出现漏水。

由于自然灾害的影响,室内出现的相关问题:

当天气恶劣时屋内墙面出现裂缝。

室内保温材料极少、低碳节能方式极少。

当地老百姓对低碳节能没有概念。

4 乡村振兴背景下的低碳节能改造意义

4.1乡村振兴背景介绍。实施乡村振兴战略是建设现代化经济建设体系的重要基础是建设美丽中国的关键举措;是传承中华优秀传统文化的有效途径;是健全现代社会治理格局的固本之策;是实现全体人民共同富裕的必然选择。乡村振兴离不开生态振兴。

4.2低碳节能改造的重要性与必要性。第一,有利于保护生态环境。众所周知,我国在以往大力发展经济的过程中由于缺乏环保和节能意识,对能源以及生态系统造成了严重破坏,不仅会对未来的经济发展造成严重阻碍,还会严重威胁人类的健康生存和发展,因此加强对生态环境的修复已经成为我国目前发展战略中的一项重要内容。通过在建筑设计中融入低碳节能和绿色生态节能设计的理念,能够真正将环保和节能落实到建筑领域的建设与发展中,减少建筑行业的发展对能源的消耗以及对环境的污染,同时通过合理的生态设计方法可以让建筑与自然融为环境融为一体。

第二,有利于推动我国经济建设的健康发展。建筑行业的发

展是我国经济建设领域中的一个重要组成部分,传统建筑行业发展虽然在一定程度上推动了经济发展,但是会造成环境污染。当下,传统建筑经济发展已经进入缓慢发展阶段。通过采用低碳节能和绿色生态节能,能让传统建筑行业发展向更科学、更经济、更环保的方向转型,进而有利于推动我国经济建设的健康发展。

第三,发展低碳经济,是贯彻落实科学发展观的要求,是实施可持续发展战略的要求。是构建社会主义和谐社会的要求,是建设资源节约型、环境友好型社会的要求;发展低碳经济,有利于推动生态礼貌建设,促进经济社会又好又快的发展,有利于提高人民的生活质量。

4.3低碳节能改造方案^[1]。

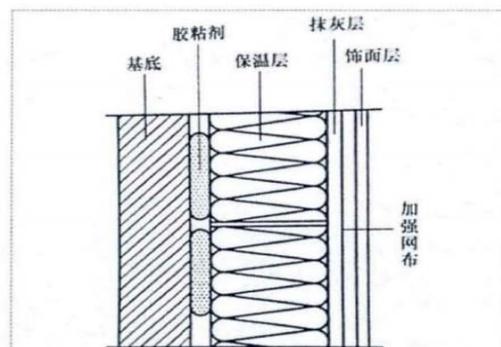


图 3-2 外保温基本构造做法

Fig.3-2 The basic structure of external thermal insulation

图片来源:王立雄.建筑节能[M].中国建筑工业出版社,2009

4.4外墙保温改造^[2]。该项目地当雄县采用的墙体是传统的土墙,我们将会对传统土墙保温进行改造;在低碳节能建筑的设计中,节能材料的选择和使用是非常关键的内容。目前,市场中出现了大量的节能材料,建筑设计人员应根据实际需求进行选择。例如我们可以在内、外添加保温层。常见的保温层包括聚苯板、岩棉板等等。我们可以根据当地的气候特点选择节能材料。^{[3][4]}

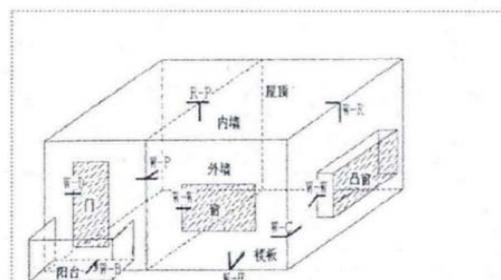


图 3-3 外墙内保温出现热桥部位

Fig.3-3 External insulation walls causes thermal bridge

图片来源:李晓霞.既有建筑外墙节能改造技术分析[J].青海大学学报,2012

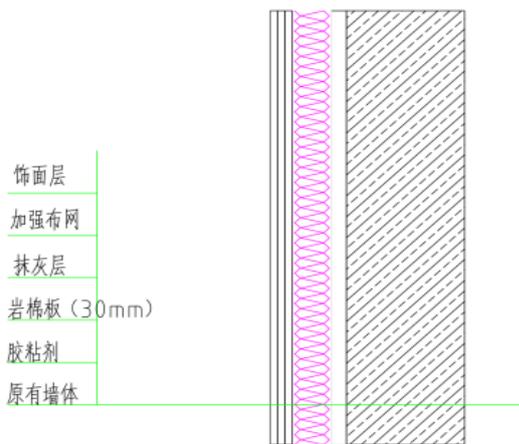
表 3-1 保温材料参数的对比

Tab.3-1 Comparison of thermal insulation material parameters

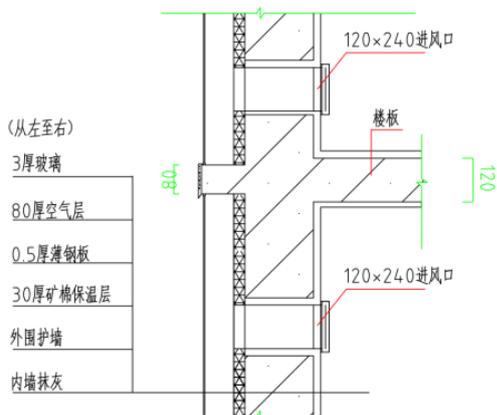
名称	膨胀聚苯乙烯板	挤塑聚苯乙烯板	喷涂硬泡聚氨酯	胶粉聚苯颗粒保温浆料	岩棉板
导热系数 W/m·k	≤0.041	≤0.030	≤0.023	约 0.070 且不稳定	≤0.04
抗压强度（压缩）MPa	≥0.10	≥0.15	≥0.10	无柔性，变形能力差	≥40kPa
抗拉强度 MPa	≥0.10	≥0.25	≥0.20	无柔性，变形能力差	≥20kPa
密度，kg/m ³	18-22	25-35	≤35	25 左右	≤140
吸水率，%Vol	≤4	≤1.5	≤4	吸水性很大	憎水率≥98.0

表格来源：DGJ32/ 71-2014. 江苏省居住建筑热环境和节能设计标准[S].

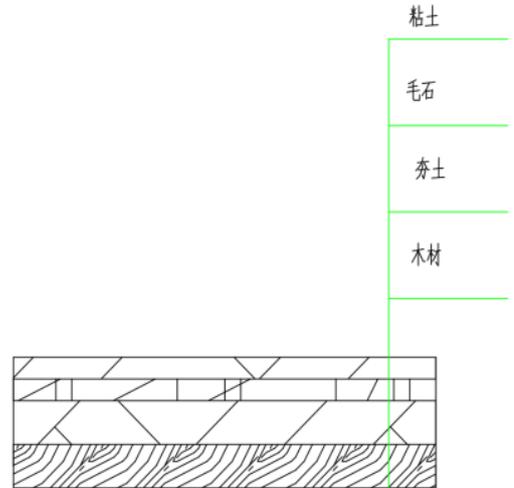
于屋面来加强屋顶的防水性能。例如目前常见的SBS聚丙烯防水卷材。



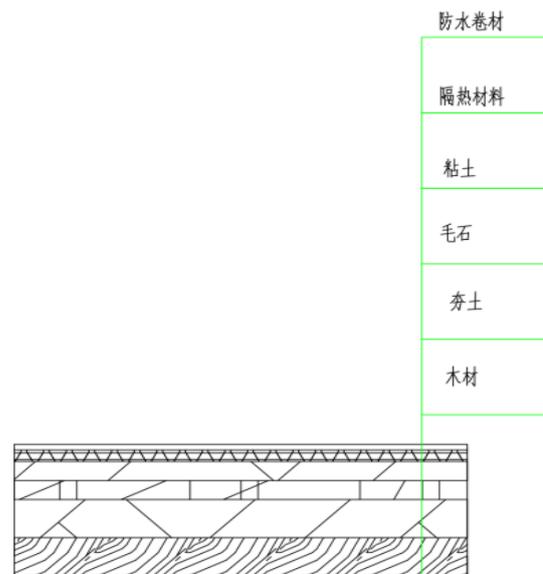
墙体保温改造



被动式太阳房墙体构造



原有建筑屋顶大样



改造后建筑屋顶大样

4.5 屋顶保温改造^[5]。传统民居的屋顶材料多采用木材及黏土，这种做法的保温性能较差。我们同样通过节能材料来进行改造；可以在屋顶上铺设保温层，如聚苯板、岩棉板等，在提高屋顶保温性能的同时，我们在实地调研中了解到当雄县环境寒冷，暴风暴雨的天气比较多，导致有房屋漏雨以及墙体出现裂缝等问题，针对这个问题我们可考虑使用防水材料铺设

4.6 窗户优化。对于当雄地区传统民居的窗户，通常采用木框结构和单层玻璃，导致热量易于散失。可以考虑更换为双层或多层玻璃窗户，以增加隔热效果。另外，可添加窗间层，加快室内外热冷空气循环。也可在卧室外设计太阳房加强自然通风。

4.7 照明节能措施。近年来，低碳照明作为一种环保、节能的照明方式受到广泛应用。通过科学合理的建筑设计提高对自然界中光源的充分利用，降低建筑能耗，我们可以采取通过太阳能供电，保障低能耗。另外可以采取合理设计建筑内部的格局；通过建筑设计，更好的利用太阳能，并通过合理的开窗朝向，改善建筑室内通风及采光。



4.8 水暖设施节能改造。根据实地调研了解到，当雄本县水资源丰富，但分布不均，有些区域地热资源丰富，有温泉，但仍有不少村落存在缺水现象，至于热水方式，有些家庭选取太阳能供热，但更多的还是通过牛粪炉烧水；没有家家户户都有水的情况，打水需要到井口等地方。有些地方又设有多处泡温泉等水资源丰富，出现给水不平衡等现象，在实地调研的很多居民中，其中也发现只有一家太阳能供热，其余都没有，水的加热都靠牛粪炉，出现以上情况；我们想到的节能改造措施有：

4.9 给水。(1)采用合理的供水系统，充分利用市政供水压力。(2)建筑给水系统分区。(3)采用支管减压作为节能节水的主要措施(4)利用本地的水资源给每家每户供水；(5)给水竖向分区采用比例式减压阀或可调式减压阀。(6)入户管或配水管减压时，采用可调式减压阀。(7)用于支管减压的减压阀，选用阀前阀后压差要求小的可调式减压阀。(8)热水。当雄县海拔高，天气寒冷；烧水基本采用牛粪炉，为了实现乡村振兴背景下的低碳节能，我们考虑的措施有以下：

(1)水加热设备、热水供回水管道及阀门均做保温处理，保温绝热层外还做保护层。(2)热水管道保温材料采用导热系数低、容重轻、机械强度高、防水性能好的聚氨酯保温材料。(3)可以通过每家每户安装太阳能热水器来实现节能改造。(4)可再生能源利用。可再生能源是指可以在短时间内再生，且在转换为能源的过程中不会产生其他污染物的天然资源。具体来说，可再生能源包括：太阳能、风能、水能、生物质能、波浪能、潮汐能、海洋温差能、地热能，以及其他形式的能源如生物质能等；西藏是个太阳能丰富的地方，拉萨又被称为“日光城”，所以当雄县的太阳能丰富，我们可以利用太阳能对当地居民进行供电、供热，当雄县现已存在太阳能光伏电站，可以利用电能给居民供水，再将当雄的温泉产业做大，同时，可以利用本地的温泉资源，提升当地的经济效益。《西藏自治区当雄县羊八井地热田》是由西藏自治区地调局地热地质大队担任第一完成单位，羊八井地热田属于世界上特有的高温地热田之一，能源丰富，地热资源非常丰富，分布有规模宏大的喷泉与间歇喷泉、温泉、热泉、沸泉、热水湖等。温泉矿物质含量高，浸泡洗浴可治疗多种疾病。融融

热流的羊八井蒸汽田在白雪皑皑的群山环抱之中，这一完美的契合，构成了世界屋脊上引人入胜的天然奇观。因而，羊八井地热已成为重要的旅游胜地。

5 乡村振兴背景下当雄传统藏式居民低碳节能改造的案例分析

经过调研我们发现其存在大量问题，一方面在建筑形态上，该地区房屋类型受到当地气候、地方居民生活习惯影响，建筑以低层建筑为主，建筑风格均为藏式传统民居样式。这样的传统建筑在低碳节能改造时既需要考虑低碳节能的改造效果，又需要考虑保护其地域文化特色。另一方面在建筑材料上，当雄本地传统民居材料都比较统一，墙体均为石木结构即以石块做墙基、木头做构架再以粘土夯实，整体墙面做收分呈现梯形，而屋顶是另外一种形式的土木石结构，以椽子木盖顶，上铺盖灌木枝，然后再层层铺上碎石和粘土。这样的建筑材料无疑是对自然资源的一种极大消耗，因此我们在改建过程中需要合理利用材料，可以引入一些新型环保材料，例如：使用可再生木材、可持续采伐的木材，能够减少资源的耗竭和生态系统破坏的风险；使用低碳建材如混凝土替代品、可降解材料可以降低建筑的碳足迹，有益于气候变化防控；还可以使用节能绿色建材如保温隔热材料、双层窗户、太阳能板等可以减少建筑垃圾和资源的浪费。最后在建筑功能上，受当地生产生活习惯影响，当雄民居的建筑功能分区模糊、生产生活区界限不明，且建筑保温性能、通风性能、室内采光均不够好，因此我们在对其改造过程中不仅仅需要进行低碳节能改造，还要考虑对其功能进行改造即房屋宜居性改造。

对于当雄地区的自建房，改造前后主要有三方面的区别：

	改造前	改造后
形态	传统建筑以低层建筑为主，风格为藏式传统民居样式，保留了地域文化特色。	在低碳节能改造的同时，保留传统建筑风格，但可能会加入现代元素，如太阳能板等，以提高节能效果。
建筑材料	墙体为石木结构，屋顶采用土木石结构，消耗大量自然资源。	引入新型环保材料，如可再生木材、可持续采伐的木材，混凝土替代品和可降解材料，以减少资源消耗和碳足迹。
功能	建筑功能分区模糊，保温性能、通风性能、室内采光不足。	进行房屋宜居性改造，改善功能分区，提高保温性能、通风性能和室内采光，以提升居住舒适度。
总体	建筑保留了传统风格，但存在能源浪费和资源消耗问题。	在保留传统风格的同时，提高了节能效果，减少了资源消耗，改善了居住舒适度，并且符合当地气候和居民生活习惯。

5.1民居改造内容。以当雄地区民居为例,通过对该地地理环境、建筑风貌、文化习俗、生产生活习惯以及建筑建设条件等多方面的调研分析,并且以低碳节能为中心理念、以装配式改造为手段、引入太阳能系统、地热能系统等开展项目建设。

本次项目的首要目的在于替换当雄民居中的传统材料,改为环保材料、加之配合引入的太阳能系统、低碳节能建材实现民居的低碳节能改造;其次是对该地民居的一个宜居性改造,由于之前的传统民居功能分区不明确、保暖、采光、通风效果较差,因此我们通过对结构的进一步优化来打造一个适应现代化、适应新发展的宜居性建筑。

5.2改造方法。装配式建筑改造。本项目计划预制保温墙体、厨房及卫生间,保留该地传统民居建筑的结构特点,仅是替换部分构件,在预制墙体替换完成后外立面装饰沿用传统手法但是装饰材料替换为低碳节能环保材料。

保温供热系统引用:

上文中提到当雄藏民生产生活功能分区不明确在于当地居民住宅中有一块区域是集待客、休闲娱乐、厨房、手工业生产为一体的地方,像这样的区域一般在中心位置设有以牛粪为燃料的炉子,而整个房屋的供暖都靠这样一个小小的炉子支撑,因此到冬天,这种传统民居不保暖的弊端就显露出来了。我们项目主要考虑的就是对该地传统民居保暖系统的改造,项目计划以保暖加主动供暖相结合的形式进行改造。首先是保暖,在预制墙体中加入保温层,增加墙体保温性。其次是供暖,传统的藏式供暖就是燃烧牦牛粪便,这样的供暖方式不仅无法实现全面供暖,而且燃烧加剧温室效应,不适当下提倡的低碳政策。因此我们准备引入太阳能系统和地热能系统,将太阳能、地热能转化为电能,再将电能储存、转化为热能依次来实现全屋全面供暖。

6 结语

低碳节能建筑就是指符合低污染、低能耗等绿色可持续发展理念的建筑物,而低碳节能建筑设计就是指在符合绿色环保等条件下进行的尽量降低污染、节约能耗的建筑设计。目前的绿色环保和可持续发展的理念越来越强,所以建筑物的设计等也需要符合可持续发展的理念。在设计时,不仅要考虑施工过程中造成的能源消耗,更要从建筑物材料的选择上、施工设备的选择上降低能耗,从而达到低碳节能的目的。同时在设计时需要考虑用户对于建筑物进行使用时,有关二氧化碳等碳化合物的排放方式和排放量等,以此保证建筑物的低碳。目前建筑是否环保也是人们在进行建筑物选择时主要的考虑因素,当前人们对于低碳节能建筑物的需求很大,相关的设计有很好的市场和发展前景。

[项目]

国家自然科学基金联合基金重点项目:高原藏区零能耗宜居建筑设计理论与关键技术研究,编号:U20A20311。

[参考文献]

- [1]史丽娟.建筑节能[J].经济研究导刊,2011(24):257-258.
- [2]徐笃国.外墙保温装饰一体板在建筑节能设计中应用[J].建设科技,2016(21):78.
- [3]既有建筑外墙节能改造技术分析[J].青海大学学报(自然科学版),2012(3):80-84.
- [4]许锦峰,张海遐,吴志敏,等.《江苏省居住建筑热环境和节能设计标准》修订解读[J].建设科技,2014(24):36-39,43.
- [5]闫翻辽.保温材料提升建筑室内热舒适效果[J].塑料助剂,2023(01):20-23.

作者简介:

李圣彬(2003--),男,汉族,山西省朔州市人,本科在读,西藏大学,研究方向:传统民居低碳节能改造。