

西藏地区钢混建筑在全寿命周期减排分析

兰天鸣 易礼发 刘梓帅

西藏大学工学院

DOI:10.12238/eep.v7i5.2073

[摘要] 钢混建筑是最常见的建筑形式之一,在国家推进可持续高质量绿色发展、2030年实现碳达峰的背景下,通过在西藏自治区特殊的自然生态环境下的钢混建筑全寿命周期的碳排放情况的探讨,提出有效的减碳策略。分为以下四个方面进行分析,规划阶段遵循低碳建筑设计原则,优化建筑朝向,提高围护结构的热工性能,减少建筑体系系数等;物化阶段选用天然高回收率低排放耗材,调整运力结构减少运输期的碳排放;施工阶段推广绿色施工新技术;运维阶段提升空调设备性能,提高采暖能源使用率,使用低碳、可再生能源等以减少全寿命周期内钢混建筑的碳排放。为西藏自治区钢混建筑的可持续发展提供了实用的方法论和发展方向。

[关键词] 西藏; 碳排放; 钢混建筑; 全寿命周期

中图分类号: TU20 **文献标识码:** A

Lifecycle Emission Reduction Analysis of Steel-Concrete Buildings in the Tibet Region

Tianming Lan Lifa Yi Zishuai Liu

Tibet University

[Abstract] Steel-concrete buildings are one of the most common building forms. In the context of the country's promotion of sustainable, high-quality green development and the goal of peaking carbon emissions by 2030, effective carbon reduction strategies are proposed through the exploration of carbon emissions throughout the lifecycle of steel-concrete buildings in the unique natural and ecological environment of the Tibet Autonomous Region. The analysis is conducted in four aspects: in the planning stage, following the principles of low-carbon building design, optimizing building orientation, improving the thermal performance of enclosure structures, and reducing the coefficient of building systems; in the materialization stage, selecting natural materials with high recyclability and low emissions, adjusting the capacity structure to reduce carbon emissions during transportation; in the construction stage, promoting new green construction technologies; in the operation and maintenance stage, improving the performance of air conditioning equipment, increasing the utilization rate of heating energy, and using low-carbon and renewable energy sources to reduce carbon emissions throughout the lifecycle of steel-concrete buildings. Practical methodologies and development directions are provided for the sustainable development of steel-concrete buildings in the Tibet Autonomous Region.

[Key words] Tibet; Carbon Emissions; Steel-Concrete Buildings; Lifecycle

引言

混凝土是当前土木工程领域中应用最广泛且消耗量最大的建筑耗材。自19世纪中叶以来,混凝土材料从最初的普通混凝土逐步发展为高强混凝土和高性能混凝土,并最终朝着绿色高性能混凝土的方向迈进^[1]。混凝土工业目前正面临巨大的发展制约,主要表现在两方面:其一为资源制约,水泥的主要原料为石灰石和黏土,同时浇筑混凝土使用了大量的天然骨料,而这些自然资源有限的;其二为环境绿色健康可持续发展的制约,每生产

1吨水泥熟料所排放的CO₂总量约为0.7吨,水泥行业的碳排放量占全球人为碳排放量的5%~7%,仅次于化学燃料燃烧^[2]。此外,水泥生产过程还排出大量NO_x、SO_x等有害气体和粉尘,造成了严重的环境污染。就我国国情来说,水泥生产的碳排放问题不容忽视。自1985年中国水泥产量跃居世界第一以来,再以年10%以上的速度快速增长^[3],仅2023年上半年,中国水泥产量达到95300万吨,占全球总产量一半以上^[4]。

从建筑物全生命周期的碳足迹来看(不包括主要来源于非

结构性使用功能的碳排放), 建筑材料本身携带的碳排放、生产过程中的碳排放、运维阶段的碳排放, 以及建筑物的使用质量等环节密不可分, 相互衔接, 共同形成了目标产品的总碳排放量。

1 西藏自治区的自然生态环境条件及材料运输链现状

1.1 西藏自治区的基本气候条件

西藏自治区位于中国西南边陲, 被称为“世界第三极”, 其气候条件主要受到高原地形和地理位置的影响。属于高原气候, 气温较低, 气压低, 气候干燥, 大部分属于高寒气候区, 冬季漫长寒冷, 夏季短暂凉爽, 年平均气温较低, 冬季气温常常低于零下, 昼夜温差大。其降水分布也不均衡, 东南部地区受季风影响, 夏季和秋季降水多, 全年较湿润, 西北部地区主要靠蒸发水供给, 全年较干燥。

1.2 西藏地区的水资源和水体情况

西藏自治区位于中国的西南边陲, 拥有丰富的水资源。河流和湖泊包括雅鲁藏布江、澜沧江、怒江等, 以及纳木错、羊卓雍错、曲水、当曲等湖泊。冰川和雪峰如卓木尼玛冰川、珠穆朗玛峰是重要的水资源补给源并对附近河流和湖泊的水位产生影响。地下水是其重要的水资源之一, 主要分布于盆地和平原地区, 供给农业灌溉、人类生活和工业用水等。

1.3 西藏自治区的大气环境基本情况

西藏自治区由于地处边远地区, 工业活动相对较少, 且人口密度较低, 故空气质量相对较好。因西藏气候条件的独特, 同时受到高山、高原和季风的影响, 有助于减少污染物的积聚和稀释, 气温较低也减缓了化学反应速率, 有利于保持较好的空气质量。

1.4 西藏自治区的土壤基本状况

西藏自治区的土壤类型多样, 包括高原土壤、山地土壤和冻土等。高原土壤主要由石灰岩和砾石构成, 土壤肥力相对较低, 特别是有机质和氮、磷、钾等营养元素相对较低。山地土壤具有较好的排水性和通气性, 适宜植物生长。冻土则主要分布在高海拔地区, 冻结和解冻过程对土壤形成和质地有一定影响。由于地区地形复杂、坡度陡峭, 强风和高原的地理特点导致了土壤侵蚀的风险。水蚀和风蚀是主要的侵蚀形式, 会导致土壤流失和土地退化。

1.5 西藏自治区的运输条件

西藏地区地处中国西南边陲, 其省会拉萨距离邻省省会西宁、成都, 云南, 乌鲁木齐分别超过1900km、2000km、2100km、2700km。而出藏的主要线路仅为青藏线, 滇藏线, 川藏线, 新藏线, 路途漫长, 且道路条件复杂, 地质条件复杂, 交通条件复杂, 气候条件多变, 及易拥堵, 导致车辆时速较低, 运输效率较低, 油耗较高。且路上极少地区拥有供新能源汽车补给的充电桩, 因此这几条出藏(进藏)线路几乎都是油车少见电车。对于减少碳排放十分不利。

2 全生命周期减排策略探究

2.1 规划设计阶段减排策略

2.1.1 遵循低碳建筑设计原则

低碳建筑设计的设计重点是在满足使用者和社会对建筑物所期望的各种要求及用途的前提之下, 排放尽可能少的二氧化碳及其他有害物。在这里, 设计人员将减少建筑全生命周期碳排放量作为设计的核心推动力^[5]。

2.1.2 优化建筑朝向

适宜的建筑朝向的选择不仅要考虑增加建筑在冬季的光照面积和光照时间来降低冬季的采暖能耗, 同时也要考虑降低夏季的热辐射^[6]。

2.1.3 提高围护结构的热工性能

建筑围护结构的组成部分, 如屋顶、外墙、门和窗等的设计, 对建筑能耗和室内的热舒适度有着显著影响。通过提高围护结构的热工性能, 可以改善建筑的热环境, 减少冷、热能耗。目前, 我国的建筑节能标准要求的围护结构的热工性能仍有很大的改进空间。现行标准JGJ26-2010《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》中对于严寒A区、严寒B区、寒冷B区, 大于等于9层的建筑围护结构热工性能参数限值见表2.1。

表2.1 严寒A区、严寒B区、寒冷B区≥9F建筑围护结构热工性能参数限值

(资料来源:《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》)

围护结构部位		传热系数 K [W/(m ² ·K)]		
		严寒(A)区	严寒(B)区	寒冷(B)区
屋面		0.25	0.3	0.45
外墙		0.5	0.55	0.7
架空或外挑楼板		0.4	0.45	0.8
外窗	窗墙比≤0.2	2.5	2.5	3.1
	0.2<窗墙比	2.2	2.2	2.8
	≤0.3			
	0.3<窗墙比	2.0	2.0	2.5
	≤0.4			
0.4<窗墙比	1.8	1.8	2.3	
≤0.45				

若西藏某地区建筑围护结构热工性能参数限值为严寒A区, 即外墙传热系数为0.5W/(m²·K), 屋面传热系数为0.25W/(m²·K), 外窗传热系数为2.0W/(m²·K)。

2.1.4 减少建筑体系系数

体形系数是指建筑物与室外大气接触的表面积与其所包围体

积的比值(体形系数越小对节能越有利)。现有研究表明,建筑的体形系数增加0.01,耗热量的指标就会随之而增加2.5%^[7]。在建筑设计中可以通过建筑平面布局优化、建筑长宽比的设置、建筑高度等方面来改善建筑体形系数。

2.1.5室外环境绿化设计

根据刘念雄^[8]的研究住宅区建筑CO₂排放量中约3%可由住区绿地吸收。通过提高住区绿地率和配置植被类型不仅可以增加CO₂吸收量,还可以延长建筑主体的使用寿命,降低噪声、遮阳隔热和改善室内的热环境。

据文献调研,繁密的植被可以阻拦50~90%的太阳辐射热量,减少了传入室内的热量,大大节省了空调制冷所带来的能耗^[9]。因此,有效的绿化是节约建筑能耗的最有效措施之一。

2.2物化阶段减排策略

2.2.1建材生产阶段减排策略

(1)选用天然建材、高性能耗材。各种建筑材料的碳排放因子不同,差别很大,具体见表2.2。一些需要高度加工与高耗能的建材产品如钢铁、水泥等建材的碳排放因子较天然建材如木材、砂石为高。因此,对于建材的选择可以考虑多使用如木材、砂石等天然建材,尽量减少高能耗、深度加工的建材如钢铁、EPS、混凝土等。根据文献[10]、[11]研究,用HRB400钢筋代替HRB335钢筋,可节省10%-14%的钢材,用C50的高强度混凝土替代C30混凝土可以节省约18.61%的混凝土用量。

表2.2 部分建材的碳排放因子

建筑材料类别	建筑材料碳排放因子	
	数值	单位
钢材	2200	Kg CO ₂ eq/t
C30 混凝土	321.3	Kg CO ₂ eq/m ³
标准砖	349	Kg CO ₂ eq/千匹标准砖
木材	878	Kg CO ₂ eq/m ₃
普通硅酸盐水泥	977	Kg CO ₂ eq/t
石灰	1344	Kg CO ₂ eq/t
砂(f=1.6-3.0)	2.796	Kg CO ₂ eq/t
碎石	2.425	Kg CO ₂ eq/t
塑料窗	121.1	Kg CO ₂ eq/m ²
釉面砖	15.16	Kg CO ₂ eq/m ²
水性涂料	6550	Kg CO ₂ eq/t

(2)提高建材生产能力与技术。目前,由于我国的建材生产技术较为落后,生产工艺粗糙导致建材生产过程中具有较高的生产碳排放和生产损耗率^[12]。因此,引用先进的生产技术和科学的管理方法,淘汰落后的生产能力和生产线,对于降低生产碳排放和生产损耗率具有重要意义。

2.2.2建材运输阶段减排策略

运输方式、运输工具、运输距离及建材设备的种类和数量都会对建材运输碳排放产生很大影响,因此可以从以下两个方面来控制碳排放量。

(1)尽量选择距离施工点近的原料点,使用本地建材。

(2)调整货车运力结构。

(3)尽量选择状况简单,地势起伏不大的道路运输

2.3施工阶段的减排策略

2.3.1绿色施工

根据文献^[13]的研究,绿色施工可以减少施工过程中对环境的不利影响,综合环境负荷可以减少约22%。

2.3.2推广低碳施工新技术

在施工过程中,应积极扩大太阳能、风能和地热能等清洁能源的使用比例,减少对传统化石燃料的依赖。同时,在施工区域应优先采用节能产品,以提高能源利用效率和降低碳排放。这些措施不仅有助于保护环境,还能显著降低运营成本,实现可持续发展。

2.4使用维护阶段减排策略

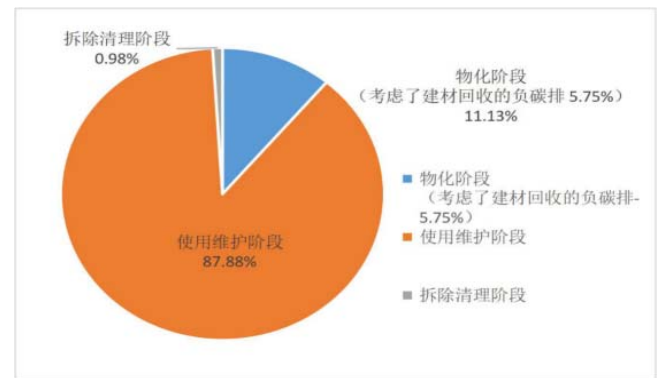


图2.1 严寒地区全生命周期碳排放构成分析^[14]

城市住宅全生命周期的碳排放主要集中于使用阶段,其次是物化阶段,拆除阶段较少。因此,居住建筑的减排重点应该在使用维护阶段上。建筑物使用维护阶段碳排放主要来源于以下两个方面:

(1)建筑日常使用的能源消耗。

(2)建筑设备、部件、日常修缮工程。

使用维护阶段的减碳策略可从以下几个方面进行:

(1)提升空调设备性能,采用高效供冷供热设备。

(2)提高采暖能源使用效率,利用清洁可再生能源采暖。

目前,我国的集中采暖多以燃煤为主,若能够提高燃煤系统使用效率,则可以从一定程度上减少能源的消耗以及碳排放的

产生。《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26-95)提出,如果采用室外管网输送效率由0.85提高到0.90,锅炉运行效率由0.55提高到0.68的节能措施,则能实现采暖系统节能20%的任务目标^[15]。

根据刘念雄^[8]的研究,如果采用太阳能与燃气锅炉复合供暖系统,在屋顶满铺太阳能集热器时,可实现减排约35%。如果采用地源热泵、燃气锅炉和冷却塔复合式空调采暖系统,由地源热泵系统承担总热负荷的60%,且设备效率COP=5时,可实现减排约26%。

(3)有限使用低碳能源,降低电能碳排放权重。使用阶段所耗用的能源类型主要为电能,而且电能的碳排放因子高于其他能源的碳排放因子,致使建筑使用阶段的碳排放较高。而电能的高排放,一方面是由于电能属于二次能源,在一次能源转换或加工的过程中,会有一定的能量损失;另一方面是由于目前电能对于煤与燃油有极大的依赖性,而煤与燃油都是高排放能源。应该优化建筑的电力来源,大力发展清洁能源,减少使用阶段的碳排放。

(4)利用可再生能源。

(5)使用节能电梯。

2.5 拆除阶段减排策略

2.5.1 以建筑拆解的方式代替拆毁

使用建筑拆毁方式拆除主体结构时,常在建筑物底层选择合适的打击点,使建筑物向一定方向整体倒塌。这种粗放式的建筑拆毁使大部分废旧材料变为难回收、只能填埋的建筑垃圾。而建筑拆解是指将建筑物系统性地分解和拆除,以便最大限度地回收和再利用建筑材料和组件的过程。拆解过程中注重对材料和组件的分类、保存和再利用,旨在减少浪费和环境影响。根据贡小雷^[16]的研究,拆毁方式下钢铁的回收利用率仅为70%,而水泥、碎石和砖瓦等材料的回收率则更低。相比之下,拆解方式更有利于材料的分类和回收,提高了整体资源的利用效率。

2.5.2 优化拆除方案和方法

3 结论和展望

3.1 结论

上文详细论述的全寿命周期减排的方法论,对于西藏自治区,需在本地建设建筑全产业链,减少对外界物资的依赖以减少成本和碳排放。总的来说,西藏地区寒冷干燥,对于建筑物的使用具有良好维护作用,在建筑碳排放方面与内地差距较大的是两方面,一是绿色生产、绿色工地需要更加落实,二是由于长距离运输材料导致的碳排放。

3.2 展望

西藏建筑行业在碳减排方面的未来展望包括提升能源效率、推广低碳材料和工艺、普及净零能耗建筑、探索碳负载建筑、应用数字化技术以及加强地区和全球合作。这些举措将

有助于降低碳排放和能源消耗,实现可持续发展,积极应对气候变化。

[参考文献]

[1]吴中伟,廉慧珍.高性能混凝土[M].北京:中国铁道出版社,1999.

[2]J. Struble, J. Godfrey, How sustainable is concrete?, International workshop on sustainable development and concrete technology May20-21,Beijing,2004,pp.201-211.

[3]刘立涛,张艳,沈镭,等.水泥生产的碳排放因子研究进展[J].资源科学,2014,36(01):110-119.

[4]中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2023.

[5]李享.建筑全生命周期碳足迹设计分析工具初探[D].西安建筑科技大学,2018.

[6]赵辉.建筑设计中的建筑节能措施分析[J].技术与市场,2018,25(03):123-124.

[7]陈海强.建筑学中节能设计的探索与思考[J].中华民居(下旬刊),2014(08):166-167.

[8]刘念雄,汪静,李嵘.中国城市住区CO₂排放量计算方法[J].清华大学学报(自然科学版),2009,49(09):1433-1436.

[9]赖灿.建筑方案设计中如何贯彻节能设计思想[J].低碳世界,2017(15):122-123.

[10]王欣英.再生混凝土技术研究的现状与分析[J].辽宁建材,2007(5):32-33.

[11]帅小根.建设项目“隐性”环境影响评价的量化研究[D].武汉:华中科技大学,2009

[12]余洁卿.基于LCA的夏热冬暖地区公共建筑碳排放及减排策略研究[D].华侨大学,2014.

[13]申琪玉.绿色建造理论与施工环境负荷评价研究[D].武汉:华中科技大学,2007.

[14]李金璐.寒冷地区城市住宅全生命周期碳排放测算及减碳策略研究[D].西安建筑科技大学,2019.

[15]中国建筑科学研究院.JGJ26-95民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)[S].北京:中国建筑工业出版社,1995.

[16]贡小雷.建筑拆解及材料再利用技术研究[D].天津大学,2010.

作者简介:

兰天鸣(1998--),男,汉族,四川省凉山州人,在读硕士研究生,从事钢结构,绿色建筑方面的研究。

刘梓帅(2000--),男,汉族,湖北省黄石市人,在读硕士研究生,从事绿色建筑,节能减排方面的研究。

易礼发(1998--),男,汉族,重庆市开州人,在读硕士研究生,从事道路基础设施方面的研究。