

Low-quality Fly Ash-based Artificial Aggregate Technology Research and Development and Engineering Demonstration

Zhu Li Jia Li Lingyu Zhong Zhenxiang Huang

Shenzhen Energy Power Service Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518052, China

Abstract

This paper discusses the research and development and engineering demonstration of low-quality fly ash-based artificial aggregate technology. Through particle synthesis technology, fly ash can be converted into artificial sand and gravel aggregate to expand the high value-added utilization of low-quality fly ash.

Keywords

artificial aggregate; technology research and development; engineering demonstration

低品质粉煤灰基人造骨料技术研发与工程示范

李祝 李嘉 钟灵毓 黄圳祥

深圳市能源电力服务有限公司, 中国·广东 深圳 518052

摘要

论述了低品质粉煤灰基人造骨料技术研发与工程示范, 通过颗粒合成技术可将粉煤灰转化为人造砂石骨料, 拓展低品质粉煤灰的高附加值利用空间。

关键词

人造骨料; 技术研发; 工程示范

1 引言

中国粤港澳大湾区、深圳先行示范区等国家战略推进, 电力起着不可或缺的支撑性作用。目前, 珠三角地区年用电量 30% 是由燃煤发电厂提供的。燃煤发电排放大量固体灰渣(粉煤灰), 部分高品质粉煤灰代替水泥用于混凝土, 实现良好的循环利用; 而低品质粉煤灰由于对混凝土产生早熟劣化, 影响结构耐久性, 无法在混凝土中有效使用, 主要以堆填方式存放, 造成严重的环境污染和社会负担。同时, 由于全球城镇化的大规模进程, 建筑骨料在过去几十年间成为世界上开采和交易量最大的自然资源之一。中国也不例外, 仅 2011 年至 2013 年间的砂子的消耗量就是美国整个 20 世纪的消耗量, 在全球中的占比为 50% 以上。

2 项目实施的目的与意义

针对目前中国基础建设中砂石骨料严重短缺的问题, 通过颗粒合成技术可将粉煤灰转化为人造砂石骨料, 拓展低品质粉煤灰的高附加值利用空间, 缓解基建规模扩大导致的天然骨料匮乏问题; 实现资源与环境的双收益。

【作者简介】李祝(1970-), 男, 中国广东汕头人, 本科, 高级工程师, 从事电厂固废综合应用研究。

中国珠三角地区的原生低品质粉煤灰作为原材料, 围绕中国粤港澳大湾区绿色建造和资源环境的可持续发展需求, 通过化学激发和颗粒合成技术, 开发免烧结、高强度、低成本的粉煤灰基人造骨料, 探明其化学形成机理, 建立碳化养护制度, 形成系统的评估方法, 积极推进工程示范。本项目研发可实现低品质粉煤灰的高效利用, 满足土建工程建设对骨料的需求, 为其他固废资源增值利用提供重要的科学依据; 绿色制备工艺亦有效缓解燃煤发电厂碳排放问题, 有望实现燃煤发电厂碳中和的目标^[1]。

3 中国发展现状与趋势

出于对生态环境的保护, 各省市对天然骨料(石子和河砂)的使用出台了相关的限采或禁采政策。目前使用的再生骨料是对现有拆除混凝土中提取的骨料进行再次利用, 在使用之前需去除掉骨料表面附着的旧水泥浆体, 以防止其二次利用时产生与新水泥浆体的粘结问题。然而, 在实际混凝土应用中, 由于其高成本和安全性问题, 再生骨料仅可以少部分替代天然骨料(10%-20%替换量)。海砂和机制砂也分别由于海岸线生态保护和源头山石禁采而无法大规模应用。

粉煤灰在混凝土中的使用具有严苛的技术规范, 需符合国标 GB/T1596—2017《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》。

根据钙含量,粉煤灰可分为低钙和高钙两种,其中高品质低钙粉煤灰获得了广泛的技术研究和工程应用;而低品质高钙粉煤灰因游离钙与硫超标,会在混凝土中产生氢氧化钙和钙矾石,引起混凝土膨胀开裂,导致其无法在混凝土中得到有效利用。开发以该类粉煤灰为原材料的人造骨料,可抑制游离钙与硫相在混凝土中的化学活性,是实现其工程高附加值的有效途径。

依据粉煤灰的化学激发原理,解析化学激发粉煤灰胶凝体系特征,克服低品质粉煤灰中游离钙和硫相导致的膨胀开裂问题;利用颗粒合成技术,开发免烧结、高强度、低成本的粉煤灰人造骨料,阐明其微观结构演化与宏观性能的构效关系;构建碳化养护制度,实现人造骨料的性能提升和碳中和利用;形成粉煤灰骨料在混凝土中的安全使用评价体系,建立人造骨料混凝土设计方法;最终实现低品质粉煤灰基人造骨料技术研发与工程示范^[2]。

4 研究内容与技术路线

以低品质粉煤灰的高附加值利用为目的,本项目拟研发粉煤灰人造骨料,并解析粉煤灰人造骨料形成工艺与合成机理,揭示其在混凝土环境中的安定性,形成如下四个主要研究内容。

4.1 化学激发粉煤灰胶凝体系解析

遴选珠三角地区某燃煤发电厂不同批次粉煤灰,分析其有害离子、化学成分、活性指数等;依据酸/碱胶凝材料元素配合比设计理论,设计粉煤灰的化学激发剂,并分析化学激发粉煤灰胶凝产物的类型、晶相结构、铝硅等化学配位环境等,解析配合中各关键材料要素添加顺序对最终胶凝产物的影响规律。

4.2 粉煤灰人造骨料材料设计与合成技术

依据酸/碱激发剂和人造骨料配合比,利用颗粒合成技术,研究用水量和喷水方式等工艺参数;以粉煤灰骨料强度结果,反向研究工艺参数对成粒效果的影响,如粒度分布、骨料外观、圆球度等信息;以骨料产出最终强度为目标,逆向优化调整配合比和制备工艺参数;研究碳化养护对骨料强度和pH的影响规律;分析优化成粒后的人造骨料化学变化及内部空间结构,建立骨料强度和内部孔结构的作用关系^[1]。

4.3 粉煤灰人造骨料混凝土优化设计与性能表征

设计粉煤灰人造骨料混凝土;研究人造骨料和水泥浆的界面过渡区,探明界面过渡区的二次水化反应,并探明界面黏结机理及化学稳定性;建立粉煤灰人造骨料混凝土的本

构关系,并通过实验和模拟手段进行推演和验证;研究粉煤灰人造骨料混凝土的极限荷载下的损伤模型,为其后续工程应用奠定基础。

4.4 粉煤灰人造骨料及其混凝土的工程性能评价体系

构建材料配合比与基体密度和强度的相关关系函数,建立粉煤灰人造骨料的评价体系,探索工艺参数、配合比及骨料性能的构效关系;揭示燃煤发电厂二氧化碳排放与利用的碳中和评价机制;最终形成粉煤灰人造骨料混凝土的工程服役性能的关键评价指标^[4]。

5 项目实现的主要技术指标

①粉煤灰人造骨料环境安全指标,符合危险废物鉴别标准(GB/T5083.3—2007)和危险废物填埋标准(GB16889—2008)中有害物质的浸出指标;

②解析化学激发粉煤灰胶凝体系的产物结构;

③研制粉煤灰人造骨料,其堆积密度低于1900kg/m³,单颗强度大于2MPa;

④研制出轻质高强的聚合物混凝土,性能优于《JGT266—2011》泡沫混凝土国家标准;

⑤建立胶凝材料、人造骨料及混凝土的工程性能评价体系^[5]。

6 结语

围绕中国珠三角地区绿色建造和资源环境的可持续发展需求,以低品质粉煤灰的高附加值利用为目的,本项目拟研发粉煤灰人造骨料,构建粉煤灰人造骨料混凝土设计方法及应用规范,最终实现粉煤灰作为人造骨料的高附加值技术应用。

参考文献

- [1] 刘全,白志民,王东,等.我国粉煤灰化学成分与理化性能及应用分析[J].中国非金属矿工业导刊,2021(1):1-9.
- [2] 王东星,王宏伟.活性MgO-粉煤灰软土固化材料的孔隙结构与耐久性[J].武汉大学学报(工学版),2021,54(5):401-406.
- [3] 孙红娟,曾丽,彭同江.粉煤灰高值化利用研究现状与进展[J].材料导报,2021,35(3):3031-3035.
- [4] 刘洋,吴锦绣,封春甫,等.富镁镍渣-粉煤灰地质聚合物的制备和性能表征[J].硅酸盐通报,2021,40(3):921-928.
- [5] 周慧,王晓丽,田芳.煤系固体废弃物合成P型分子筛的研究进展[J].应用化工,2021,50(5):1382-1386+1394.