



低碳、绿色混凝土发展的方向

——新加坡矿渣高性能混凝土应用技术考察纪实

中国混凝土与水泥制品协会 韩小华

为了深入交流矿渣粉配制高性能混凝土应用技术、高性能混凝土质量控制方法及施工工艺、混凝土绿色生产与管理技术与理念,由中国混凝土与水泥制品协会矿渣混凝土功能材料分会组织的考察团于4月8日~12日赴新加坡进行了访问与交流。考察团由秘书长韩小华带队,与来自中冶建筑研究院、中建材合肥粉体技术研究院、江苏淮龙新型建材有限公司、唐山行龙建材、唐山龙昂贸易、香港嘉华建材集团、德国莱歇研磨机制造(上海)有限公司等企业14人组成,考察期间访问了昂国企业有限公司(昂国集团),参观考察了新加坡矿渣粉应用典型工程项目,并与美国混凝土学会新加坡分会(American Concrete Institute Singapore Chapter)相关专家进行了技术交流。

在全球节能、降耗和减排的大趋势下,“低碳与环境友好、资源合理利用、节能减排利废”是混凝土行业的发展方向。我国两部委联合发文在建筑工程中推广高性能混凝土,同时也对提高建筑工程质量、降低全寿命周期综合成本提出了更高的要求。

作为混凝土矿物掺和料的主力军——磨细矿渣粉(GGBS),已成为现代混凝土重要组成部分,而且也是混

凝土高性能化一种不可或缺的原材料。与其他矿物掺和料相比,矿渣粉不但能改善混凝土拌和物的工作性、硬化混凝土的耐久性,而且具有高活性、匀质性好、质量稳定、生产能耗低等特点,是世界公认的低碳、绿色的建材产品。

近十几年来,中国矿渣粉行业发展十分迅速,规模不断扩大,生产企业和相关从业者数量与日俱增,矿渣粉行业在中国建筑材料领域已占有举足轻重的地位。截至2013年12月,国内立磨生产线已达224条,建成的立磨矿渣粉产能达到1.34亿吨;预计立磨生产线将达401条,立磨矿粉产能将高达2.3亿吨,年平均增长将超过20%。立磨优质矿粉市场日趋成熟,其性能和价值受到广泛认可。

虽然我国矿渣粉的生产量已跃居世界之首,但混凝土业界却大多没有深刻认识到它的功能性,仍把优质矿渣粉当成一种便宜的水泥替代品,平均使用还不足胶凝材料的10%。加之低价竞争及行业中的一些不规范的经营行为,已严重制约了矿渣粉行业的健康发展。

因资源短缺的限制以及为了满足海洋工程的耐久性需要,大掺量矿渣粉配制高性能混凝土的应用技术在新加坡建筑工程中得到了普遍应用,并取得了良好效果。在有控

制温升要求或耐久性要求较高的工程中,配制混凝土时矿渣粉甚至占胶凝材料总量的75%以上。

在新加坡昂国集团水泥厂和中心实验室,考察团与昂国集团技术团队交流了建筑可持续发展的经验。据昂国集团陈恩义博士介绍,新加坡昂国企业有限公司(昂国集团),前身为“双龙洋灰有限公司”,1973年成立,1983年在新加坡证交所主板上市,2005年2月17日正式更名为昂国企业有限公司。总部位于新加坡,业务网络横跨亚洲、美洲和非洲。昂国集团两大核心业务为建筑材料和工程塑料,辅助业务为高科技与创业基金投资及高档房地产开发。1997年,昂国集团在新加坡生产比表面积5000矿渣粉,开发成功矿渣粉含量65%~75%的高性能大掺量矿渣水泥,并广泛用于有低水化热和高耐久性要求的大型混凝土基础工程;2003年集团将矿渣粉生产业务重点移入中国大陆,现与唐钢、济钢、淮钢、武钢及青钢组成合资公司,建成矿渣粉产能达到1000万吨以上,产能及产量跃居全国第二位。在推广应用矿渣粉的过程中,昂国集团首先完成了矿渣粉各项物理性能的改善与优化,2008年以后,着力开发矿渣粉的绿色、低碳及可持续发展的应用与认证,把矿渣粉打造成为绿色建筑首选的建材产品。在新加坡,昂国集团与矿渣粉相关的代表产品有比表面积超过800m²/kg的超细矿渣粉,普通矿渣粉(450m²/kg细度)以及矿渣粉含量20%~83%的系列矿渣水泥。另外,以超细矿渣粉为主开发的超细水泥主要应用于土壤改良与基础灌浆工程。昂国集团对旗下中国大陆每家生产厂的矿渣粉都作了碳排放(碳足迹)认证。

新加坡没有像粉煤灰一样的火山灰质的掺和料的资源,为满足工程低水化热及抗化学腐蚀等要求,在依据工程耐久性要求的工程中均使用矿渣粉及少量的硅灰作为掺和料。新加坡大部分工程设计寿命为100年以上,很多工程的矿渣粉掺量在65%~75%,以降低大体积混凝土的水化热及提高混凝土的抗化学腐蚀能力,比如:大型污水处理系统(Deep Tunnel Sewerage System)、滨海湾高速公路(Marina Coastal Expressway)、滨海湾金沙娱乐城(Marina Sands)、等。另外,矿渣粉作为绿色混凝土所必须的元素,用于洁净科技园(CleanTech Park)等项目,其主要作用之一是减少整个工程的碳排放。

知识管理部余晶介绍了昂国推广绿色建筑与可持续发展经验。2007年昂国集团获得了新加坡首家绿色环境

理事会颁发的绿色标签产品,开始绿色行动计划;2008年绿色混凝土产品即降低了混凝土的碳排放量。昂国集团在新加坡首家获得碳足迹的测算报告,在2011年对中国大陆合资公司的矿渣粉作了碳排放的计算,2013年与武新合作建立了中国大陆第一个碳中和试验大楼,并在新加坡做碳排放的评估。通过碳足迹的计算可以得出矿渣粉是低碳产品,生产1吨硅酸盐水泥排放二氧化碳850kg~900kg,生产1吨低碳矿渣粉排放100kg左右,使用矿渣粉代替硅酸盐水泥可以减少二氧化碳排放90%。新加坡将在2030年实现80%以上的建筑达到绿色建筑评级标准,政府鼓励开发商做绿色建筑,使用计算碳足迹的建材产品包括矿渣粉将得到加分。昂国集团在新加坡推广矿渣粉应用过程中已从一个材料供应商的角色转变成推广绿色建筑理念的技术支持企业,成为绿色建材的引领者。在整个销售过程中,集团知识管理部、销售部及生产管理部为客户宣传绿色建筑及绿色建材的理念,同时余晶还介绍碳足迹计算的流程。

考察团参观了昂国集团的裕廊岛水泥中转站、中心实验室、淡滨尼混凝土搅拌站,并实地考察了使用大掺量矿



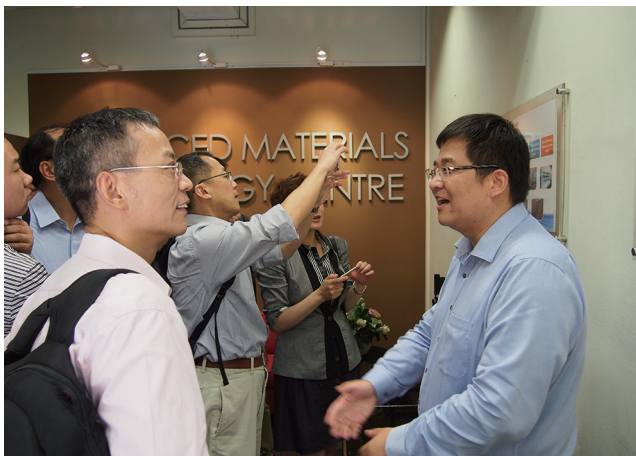


渣粉的绿色建筑工程。

在新加坡理工学院,考察团参加了矿渣粉分会与美国混凝土学会新加坡分会(ACI Singapore Chapter)共同组织的低碳及高性能混凝土技术发展交流论坛。美国混凝土学会新加坡分会(ACI Singapore Chapter)副会长、董事江加标博士介绍了新加坡分会的基本情况。该会成立于1985年,基本宗旨为推广混凝土知识及混凝土应用技术,主要业务有现场试验员的认证与培训;ASTM标准的试验员培训及混凝土质量认证体系的培训;不定期举办技术研讨会并设立建材方面的奖学金从而吸引年青学生投入建材领域工作。美国混凝土学会新加坡分会(ACI Singapore Chapter)的会长、董事陆金平作了《低碳混凝土设计及应用》的报告,他认为混凝土的耐久性与节能减排、节约资源有着密不可分的关系。高性能高耐久的混凝土材料能减少材料用量,减少水泥用量,增加使用寿命。预拌混凝土要真正实现低碳的目标,必须从项目设计开始,尽量用高性能混凝土取代普通混凝土,尽量使用矿物掺和料代替水

泥,尽量使用再生骨料代替天然骨料并利用好外加剂,根据结构要求提出适合项目的耐久及高性能混凝土的质量要求,以免过度设计。他还讲解了耐久低碳混凝土的设计步骤。岛屿及三合土混凝土公司高级技术经理林成发作了《矿渣粉在新加坡高性能混凝土中的应用》的报告,主要介绍了掺加65%以上的矿渣粉配制混凝土的经验。他说,在新加坡地铁工程的基础及隧道中基本要使用大掺量矿渣粉配制混凝土,其中滨海高速隧道项目90%混凝土使用了大掺量矿渣粉混凝土。近15年来,大掺量矿渣粉混凝土配制技术获得突飞猛进的发展,使用60%矿渣粉与7%硅灰复合配制高强高性能混凝土目前已在工程中大量使用,大掺量矿渣粉配制的混凝土长期强度均超过只使用硅酸盐配制的混凝土强度。在新加坡当前正在推广自密实混凝土,基本以掺加矿渣粉配合外加剂做为核心技术实现。

矿渣粉分会秘书长韩小华在《分享、交流、合作》的报告中介绍了分会成立的目的与意义。分会成立后做为会员之间,会员与混凝土行业的交流平台完成“矿渣粉生产



与应用技术论坛”，“矿渣粉分会首届专家委员会工作会议”，机制砂与石粉应用技术万里行和第六届全国混凝土设计大赛等交流交流活动。2015年还将计划组织“第二届矿渣粉生产与应用技术论坛”及矿渣粉生产与应用技术全国巡讲活动。矿渣粉分会还将参与行业及协会矿渣粉相关标准的编制工作。

矿渣粉分会专家委员赵筠在《中国混凝土技术与生产的现状及发展趋势》的报告中介绍了混凝土的行业现状与特点、面临的挑战及未来的发展方向。2014年中国水泥产量达24亿吨，人均混凝土消耗量1.6立方米，总产值超过万亿元。中国大陆预拌混凝土行业产能严重过剩，分散度高，结构混凝土用量应超过25亿立方米。混凝土技术取得的很大进步主要体现在矿渣粉、粉煤灰等矿物掺和料及外加剂应用技术的推广。混凝土行业面临的挑战来自于资源枯竭和环境保护要求混凝土必须更多利用工业废料或替代材料，如使用工业废弃物如钢渣和其他冶金渣、尾矿等作为矿物掺和料；使用低活性矿物掺和料替代部分水

泥；使用机制砂替代天然砂；将建筑垃圾循环使用。

赵筠认为，未来高性能混凝土将得到普遍应用，C35及以上强度等级的混凝土占预拌混凝土总量的50%以上；在超高层建筑和大跨度结构以及预制混凝土构件、预应力混凝土、钢管混凝土中，C60及以上强度等级混凝土将得到进一步推广应用；在基础底板等采用大体积混凝土的部位中，大掺量掺和料混凝土也将进一步推广，以提高资源综合利用水平。

通过本次交流活动，考察团成员看到了新加坡在推广矿渣粉应用技术时更看重其能够改善混凝土的功能性，特别是降低混凝土水化热、提高混凝土耐化学腐蚀性等，尤其是对矿渣粉的碳足迹进行计算评估，使用矿渣粉比只使用硅酸盐水泥配制的混凝土价格更高，充分体现了矿渣粉的功能性。目前国内大掺量矿渣粉应用技术受到标准与理念的限制，应该借鉴新加坡的推广理念，针对客户的需求做更多的技术及理念上的支持，转变使用者及行业监管部门对矿渣粉的认识，从而促使矿渣粉行业健康发展。■