脱硝粉煤灰特性及在水工混凝土中安全应用关键技术研究

【获奖等级】 应用成果奖二等奖

【任务来源】 其他项目

【起止时间】 2018 年 6 月～2021 年 6 月

【完成单位】 中国水利水电科学研究院、北京中水科海利工程技术有限公司、中国长江三峡集团有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司

【主要完成人】 孔祥芝、张思佳、李文伟、纪国晋、刘艳霞、吴　葵、朱正贵、郑　旭、刘　晨、刘晨霞、马晓旭、张扬三

一、研究背景

粉煤灰作为燃煤电厂固体废弃物，年排放约 6 亿吨，作为固废利用已广泛用于工业和民用建筑。水电工程开展粉煤灰利用最早，常采用高掺粉煤灰技术方案来改善大体积水工混凝土的温度裂缝问题，效果显著，因此粉煤灰是水工混凝土的必要组份之一。“十三五”期间，随着国家对氮氧化物排放标准的进一步提高，燃煤电厂增加脱硝工艺导致粉煤灰中残留部分铵盐，通称为“脱硝粉煤灰”。混凝土掺脱硝粉煤灰会发生化学反应释放氨气，严重时会影响工程质量，危害操作人员身体健康。然而，针对脱硝粉煤灰，国内外尚没有检测方法和质控标准，对混凝土性能影响

方面也不完全清晰，亟需开展应用技术和相关理论研究。

二、主要内容

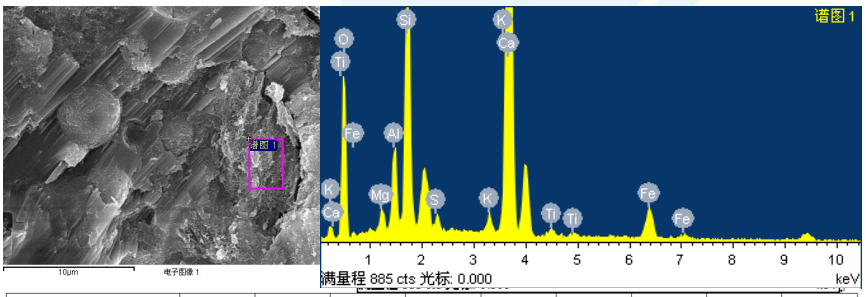
1、阐明了火电厂脱硝粉煤灰中铵盐的产生机理与影响因素，揭示了残留铵对粉煤灰品质、水泥砂浆、混凝土宏细观性能的影响规律。

2、提出了两种粉煤灰铵含量检测方法，分别适用于室内精确检测和现场快速检测，制定了国家标准和三峡集团企业标准。

3、研制了掺脱硝粉煤灰混凝土释放氨气的全过程测定装置和方法，揭示了氨气释放规律与影响因素。

4、提出了粉煤灰中铵含量的安全限值：A 级，铵含量≤200mg/kg，适用于任何部位；B 级，铵含量＞200mg/kg，限制使用，现场论证并采取必要措施。

5、建立了掺脱硝粉煤灰混凝土质量控制技术体系，包括粉煤灰铵含量检测方法、安全限值、混凝土质量控制关键参数。



谱图 1 元素	O K	Mg K	Al K	Si K	S K	K K	Ca K	Fe K	总量
重量百分比（%）	47.81	1.01	2.84	11.06	0.81	0.72	30.84	4.31	100

图 1 掺脱硝粉煤灰混凝土水化产物

图 2 脱硝粉煤灰铵含量检测方法

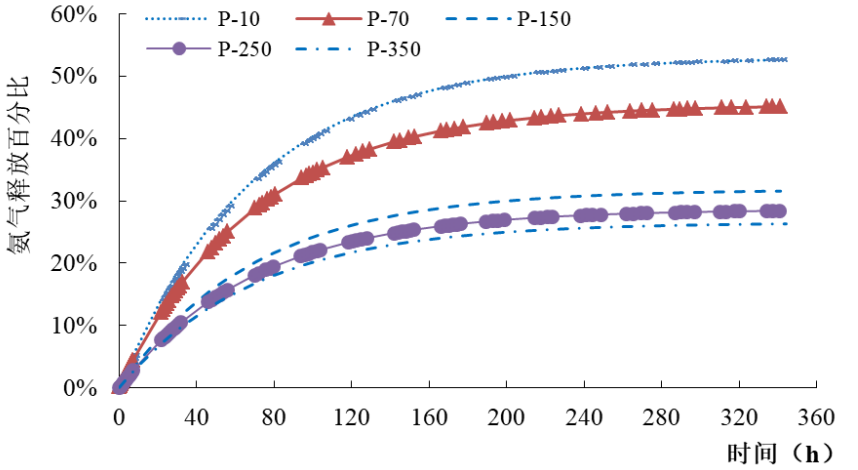


图 3 掺脱硝粉煤灰混凝土的氨气释放规律

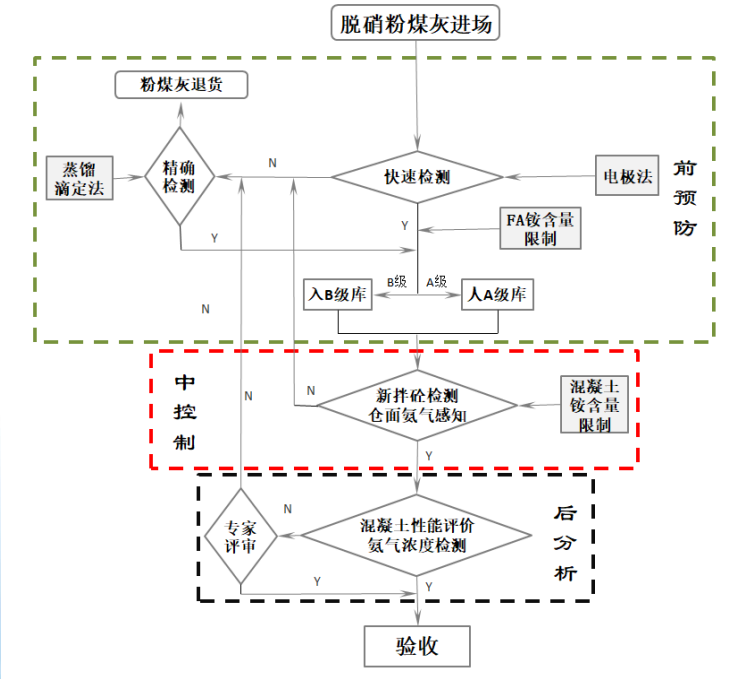


图 4 掺脱硝粉煤灰混凝土质量控制体系

三、创新点

1、创新研发针管滴定装置，应用于蒸馏-滴定法检测粉煤灰中痕量级铵盐含量，滴定精度由 1g 提高至 0.001g，达到国际先进水平；提出了蒸馏滴定法和电极法两种粉煤灰铵含量检测方法，填补国内标准的空白。

2、研发了混凝土中氨气释放量连续测试方法和监测装置，可模拟测量现场混凝土拌和、振捣与硬化过程中氨气释放量，实现混凝土中氨气释放全过程监测与总量检测。

3、首次以标准规范形式提出粉煤灰铵含量的安全限值及适用范围，基于对混凝土性能影响的系统研究，建立了掺脱硝粉煤灰混凝土质量控制体系，填补了国内脱硝粉煤灰质控标准的空白。

四、推广应用

编制的三峡集团企业标准 Q/CTG 319-2020《水工混凝土用粉煤灰中按的限制与检验规程》，涉及粉煤灰铵含量检测方法、安全限值和混凝土质控体系，成功应用于白鹤滩和乌东德水电站建设，从节约原材检测时间与控制混凝土弃料成本计算，建设高峰期（2019 年）为白鹤滩工地节支总额 4970 万元，取得较大的经济效益。编制的 GB/T 39701-2020《粉煤灰中铵离子含量的限量及检测方法》于 2021 年 11 月 1 日正式开始实施，作为粉煤灰品质检测与质量控制标准在全国推广应用，对于保障混凝土长期安全与耐久具有重大的社会价值。