

二阶导数光谱法定量分析凝灰岩石粉对不同侧链长度聚羧酸减水剂吸附性

冯蕾¹, 陈锡芹¹, 程祖顺¹, 温小栋^{1, 2*}

1. 宁波工程学院建筑与交通工程学院, 浙江 宁波 315211

2. 云南民族大学电气信息工程学院, 云南 昆明 650031

摘要 凝灰岩石粉对聚羧酸减水剂(PCs)有一定的吸附性,使得“有效减水剂”比例降低,导致PCs性能大大降低。PCs抗吸附特性具有重要的设计参考意义,与PCs组成、结构密切相关。紫外可见分光光度法(UV)是用于吸附量检测的常用方法,但对PCs测试还存在较多的不确定性,给测试带来了困难。为此,采用紫外分光光度技术及导数光谱处理的方法定量分析凝灰岩石粉对不同侧链长度聚羧酸减水剂的吸附量,并对试验参数进行了分析与优化。结果显示,PCs吸收光谱图中无明显紫外特征峰,增大浓度、降低溶液pH值时可在190~200 nm波长范围出现假峰,并通过乙酸分析试剂光谱试验得到证实;对光谱数据进行二阶导数处理后,可获得PCs特征峰207 nm,此特征峰对应的样品吸光度与其浓度间存在良好的线性关系,相关系数 r 均大于0.99;为了进一步论证紫外吸收光谱法的准确性,与TOC测定法进行比较,两者之间呈良好的线性关系,相关系数 r 为0.997,这表明UV二阶导数光谱法可为PCs吸附性分析提供一种简单、快速、准确、便宜且无需显色剂的定量测试方法;从样品测试分析可看出,凝灰岩石粉对聚羧酸减水剂的吸附随着PCs侧链长度减小而减弱。研究成果为紫外可见分光光度技术快速检测弱紫外吸收有机物含量提供了新的途径。

关键词 聚羧酸减水剂;二阶导数光谱;凝灰岩石粉;吸附性

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)09-2788-06

引言

高耐久性混凝土制备时需加入高效减水剂^[1],聚羧酸减水剂以高减水率、低收缩比及几乎不含 Cl^- 与 SO_4^{2-} 等有害物质,成为了减水剂市场的主流。聚羧酸减水剂主要通过带负电荷的主链吸附在水泥颗粒或水化产物表面,形成一定厚度的吸附层,并通过空间位阻与静电斥力的作用,破坏水泥颗粒间的絮凝结构,保证了新拌混凝土的流变性^[2]。

当前,国内不少地区河砂资源已近枯竭,尤其是沿海地区问题更为突出,不得不使用机制砂。机制砂在生产与加工过程中不可避免的会引入石粉,对减水剂有一定的吸附性,使得“有效减水剂”比例降低,导致聚羧酸减水剂性能大大降低^[3]。石粉对不同结构聚羧酸减水剂所表现出的吸附性也不尽相同。

为了更好的对聚羧酸减水剂设计过程中石粉吸附性进行定量分析与控制,有必要建立一种简单、快速测定的方法。

聚羧酸减水剂吸附量的测试主要有萃取法^[4]、总有机碳分析法(total organic carbon, TOC)^[3, 5]、凝胶渗透色谱法GPC^[6]和紫外可见分光光度法UV^[5-7]等。萃取法在萃取过程会用到大量的有机溶剂且操作繁琐^[4],TOC测试成本较高且样品处理复杂,GPC对检测样品纯度要求较高且一般实验室不能满足条件,UV技术成熟、操作简便、快速准确且测试成本低^[8]。

UV光谱分析技术广泛应用于食品、药品及环保监测等领域^[9]。但传统的UV法测定聚羧酸减水剂浓度时,由于PCs吸收峰主要由羰基发生 $n \rightarrow \sigma^*$ 跃迁产生,该跃迁与大环化合物的共轭相比,吸收峰很低,导致吸收峰很弱,不容易测定其含量,给测试带来了不确定性,严重影响了研究工

收稿日期: 2018-07-27, 修订日期: 2018-12-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(51569035), 浙江省自然科学基金项目(Y15E080042), 浙江省科技创新活动计划资助项目(2017R424031), 宁波交通运输委员会科技项目(201307), 宁波市科技局重点项目(2017C51007), 省教育厅一般项目(095326)资助

作者简介: 冯蕾,女,1980年生,宁波工程学院建筑与交通工程学院讲师 e-mail: fenglei80@163.com

* 通讯联系人 e-mail: wenxiaodong8@163.com

作的正常进展;马保国等^[5]认为 PCs 溶液无紫外特征吸收波长。为此,有研究人员利用碘的显色效应,即:碘作为电子受体能与聚氧乙烯型非离子表面活性剂反应形成络合物。基于上述原理,测试样品显色处理后间接测定^[8],但测试样品显色处理较为复杂且样品稳定性差。如何挖掘光谱信息,建立精确、稳定的分析模型是应用领域最为关注的问题。利用光谱进行定量分析的关键是从光谱中充分提取有效信息。

光谱定量分析中最常用的预处理方法是导数光谱^[10]。导数光谱不但可以消除基线漂移的影响,还可在一定程度上区分混叠谱峰,提高光谱的分辨率^[10]。针对聚羧酸减水剂吸附性分析检测中存在的问题,本文将结合紫外可见分光光度技术与导数光谱处理,对试验参数优化与分析,提出适合的定量分析方法,进而研究凝灰岩石粉对不同侧链长度聚羧酸减水剂吸附性,并与 TOC 法相比较,研究成果有助于紫外可见分光光度技术的扩充,也为聚羧酸减水剂的吸附性表征及设计提供参考。

1 实验部分

1.1 材料和仪器

试剂: α -甲基烯丙基聚乙二醇大单体(α -methyl allyl polyoxyethylene ether, HPEG),工业级,上海抚佳精细化工有限公司,分子量为 2 000, 2 400, 3 000 及 3 500;丙烯酸(AA),工业级,江苏三木化工股份有限公司;双氧水,工业级,含量不低于 27.5%,宁波市镇海兴商物资有限公司;自制引发剂;片碱,工业级,宁波新之源化工有限公司。

凝灰岩石粉:在宁波奉化西坞镇南岫村采石场采集凝灰岩机制砂石粉(湿法工艺)后在实验室烘干并过 200 目筛,其 X 射线衍射(XRD)谱图见图 1。

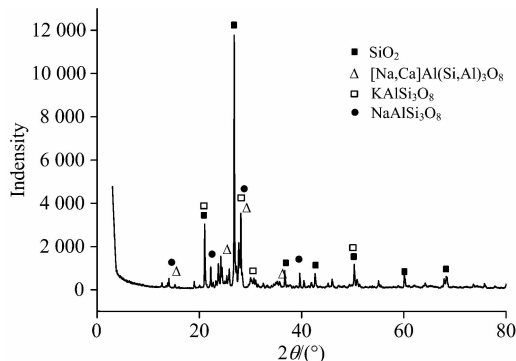


图 1 凝灰岩石粉的 XRD 图谱
Fig. 1 XRD of tuff rock powder

聚羧酸减水剂(PCs)样品:称取双氧水和水加入到盛有大单体 HPEG 的三口烧瓶中。同时称取 A, B 组分, A 组分:丙烯酸、水; B 组分抗坏血酸、巯基丙酸的混合水溶液。同时滴加 A, B 组分,分别用 3 和 3.5 h 滴加完毕,再保温 1h。反应在室温下进行。反应完成后,加入片碱调节 pH 值为 6~7。聚羧酸减水剂分子结构如图 2 所示,其中 n 为侧链长度, a 和 b 为共聚物重复单元的相对摩尔数。PCs 的含固量为 40% 左右。其中, No. 24-PCs 采用分子量为 2 400 的 HPEG

合成, No. 20-PCs 采用分子量为 2 000 的 HPEG 合成, No. 30-PCs 采用分子量为 3 000 的 HPEG 合成, No. 35-PCs 采用分子量为 3 500 的 HPEG 合成。

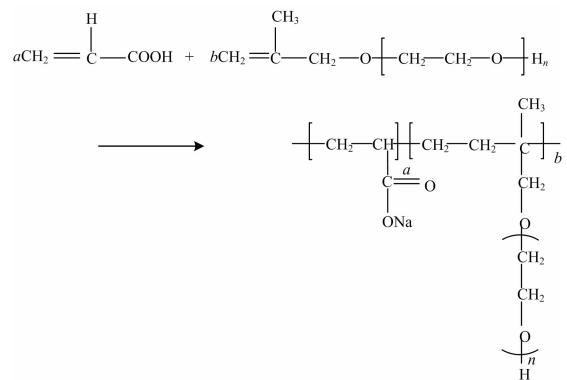


图 2 聚羧酸减水剂分子结构

Fig. 2 Molecular structure of polycarboxylate water reducers (PCs)

仪器:采用 PerkinElmer Lambda 950 紫外/可见分光光度计测定吸收波长(λ)和吸收光度(A)。波长范围 175~3 300 nm,全反射光学系统采用 SiO_2 涂覆,全息刻线光栅,UV WinLab V6 操作软件。

1.2 PCs 吸附量测定

标准曲线溶液的配制:以去离子水为空白溶液扣除基底,使用移液管量取 1 mL 浓度为 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PCs,定容至 100 mL;分别量取 0.5, 1, 2, 3 和 5 mL PCs 溶液定容至 10 mL,分别配制成 0.2, 0.4, 0.8, 1.2 和 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 溶液,用 UV 分别测定这 5 种溶液的吸光度。

吸附量测定:

(1) UV 法

在 30 mL 浓度为 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PCs 溶液中,加入 3 g 石粉,按 1/10 固液比混合,摇匀 1 min 后在恒温水浴中放置 30 min,期间适当振荡试样。30 min 后,离心分离,将上层清液用 $0.45 \mu\text{m}$ 的针孔过滤头过滤。滤液用 UV 法测定其浓度。根据吸附前后浓度差,按式(1)计算出石粉颗粒对 PCs 的吸附量 Ψ ,单位为 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,表示每克石粉吸附 PCs 的量。

$$\Psi = \frac{(c_{\text{前}} - c_{\text{后}}) \times V}{m} \quad (1)$$

$$c_{\text{后}} = \frac{A_{\text{后}} - A_{\text{空白}}}{k} \quad (2)$$

式中, $c_{\text{前}}$ 为吸附前 PCs 浓度($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$); $c_{\text{后}}$ 为吸附后 PCs 浓度($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$); V 为 PCs 溶液体积(mL); m 为石粉质量(g); $A_{\text{后}}$ 为吸附后测得的吸光度; $A_{\text{空白}}$ 为石粉-去离子水体系的吸光度; k 为工作曲线的斜率。

(2) TOC 分析法

使用移液管量取 1 mL 浓度为 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 PCs,加入去离子水定容至 50 mL,并加入 5 g 石粉;随后将所制备的测试液用超声搅拌 30 min,然后离心机分离($3 000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 速度 5 min),取上层清液并用 $0.45 \mu\text{m}$ 的针孔过滤头过滤,采用德国 Multi N/C 2100 总有机碳/总氮分析仪测定。

以石粉-去离子水体系为空白样,扣基底。按式(1)计算石粉颗粒对 PCs 的吸附量 Ψ , 单位为 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 表示每克石粉吸附 PCs 的量。

2 结果与讨论

2.1 测定条件

(1) 吸收光谱

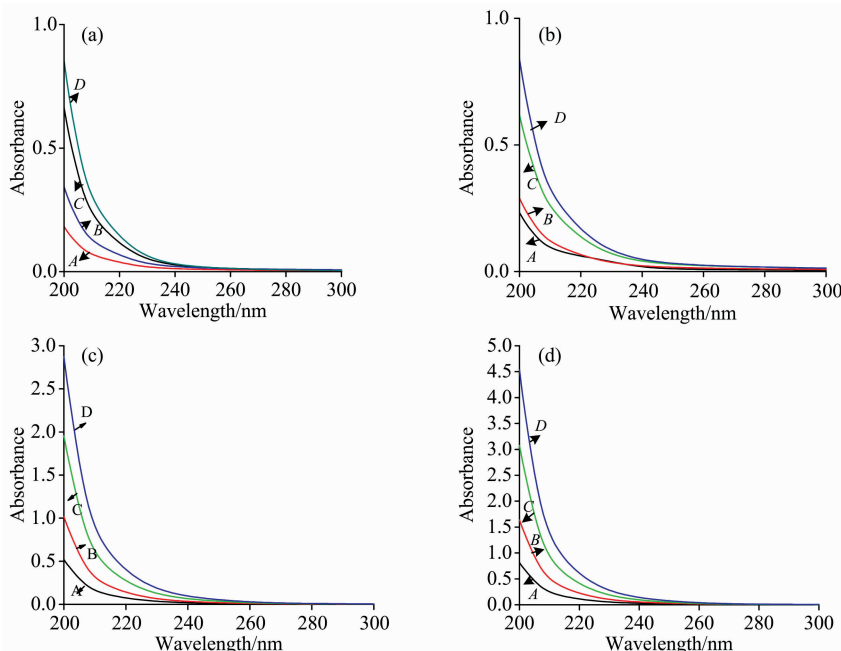


图 3 不同侧链长度 PCs 吸光度曲线

PCs 质量浓度: (a): $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (b): $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (c): $0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (d): $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

Fig. 3 The absorbency curve of PCs with different side chains length

PCs concentration: (a): $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (b): $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (c): $0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (d): $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

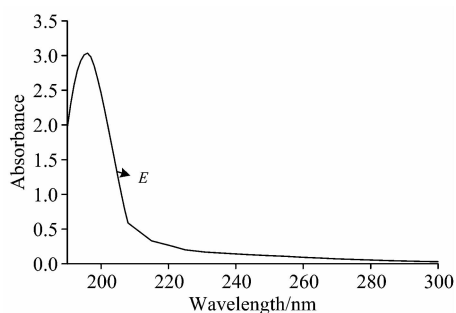


图 4 质量浓度为 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 No. 35-PCs 吸光度曲线

Fig. 4 The absorbency curve of No. 35-PCs with mass concentration of $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

由于 PCs 合成工艺中,添加片碱调节体系 pH 值为 6~7,使得羧酸转变为羧酸盐,是否因此导致吸收光谱中未见紫外特征峰呢?

为此对 No. 35-PCs 溶液加入 HCl 稀溶液,使体系 pH 值为 3~4,使得羧酸盐还原为羧酸,来检验测试溶液是否能出现羧酸紫外特征峰,测试结果见图 5 所示。由图 5 看出,加

图 3(a~d)分别为不同浓度的 PCs 在 190~300 nm 的吸光度曲线。从图中可看出,在整个波长范围内 PCs 溶液未见特征吸收波长。为了避免因 PCs 浓度较低,而使这种紫外吸收不易测定^[8]。

在此基础上,选取 No. 35-PCs 样品,进一步将其质量浓度增加至 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$,测定其吸光度曲线,如图 4 所示。发现在 190~200 nm 出现吸收峰,但结合表 1 有机化合物常见生色团,初步分析可能因 PCs 浓度过高所形成了假峰。

入 HCl 溶液后,PCs 溶液的吸光度有所增加,但仍然未出现羧酸紫外特征峰,并且浓度较高时,也会出现与图 3 相似的假峰。

表 1 有机化合物常见生色团的紫外吸收
Table 1 UV absorption of common chromophores in organic compounds

生色团	$\lambda_{\text{max}}/\text{nm}$	ϵ_{max}	跃迁类型
C≡C	173	6 000	$\pi \rightarrow \pi^*$
C=C	165	10 000	$\pi \rightarrow \pi^*$
C=O	280	20	$n \rightarrow \sigma^*$
	166	2 000	$\pi \rightarrow \pi^*$
COOH	204	41	$n \rightarrow \pi^*$
COOR	205	50	$n \rightarrow \pi^*$
C=S	500	1	$n \rightarrow \pi^*$
	240	9 000	$\pi \rightarrow \pi^*$
—N=N—	347	45	$n \rightarrow \pi^*$

为了论证上述猜测,选取 $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的乙酸溶液进

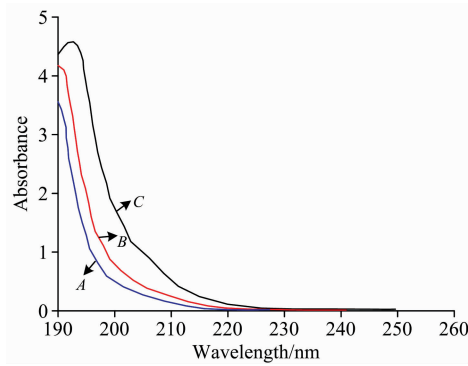


图 5 加入盐酸后 PCs 的吸光度曲线

PCs 质量浓度: (a): $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$;
(b): $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (c): $0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; pH: 3~4

Fig. 5 The absorbency curve of PCs after adding HCl solution

(a): PCs concentration: $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$;
(b): : $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (c): $0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; pH: 3~4

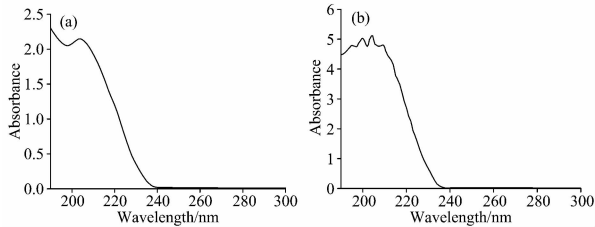


图 6 不同浓度乙酸的吸光度曲线

(a): 乙酸质量浓度: $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$;
(b): 乙酸质量浓度: $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

Fig. 6 The absorbency curve of acetic acid with different concentrations

(a): Acetic acid: $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$;
(b): Concentration: $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

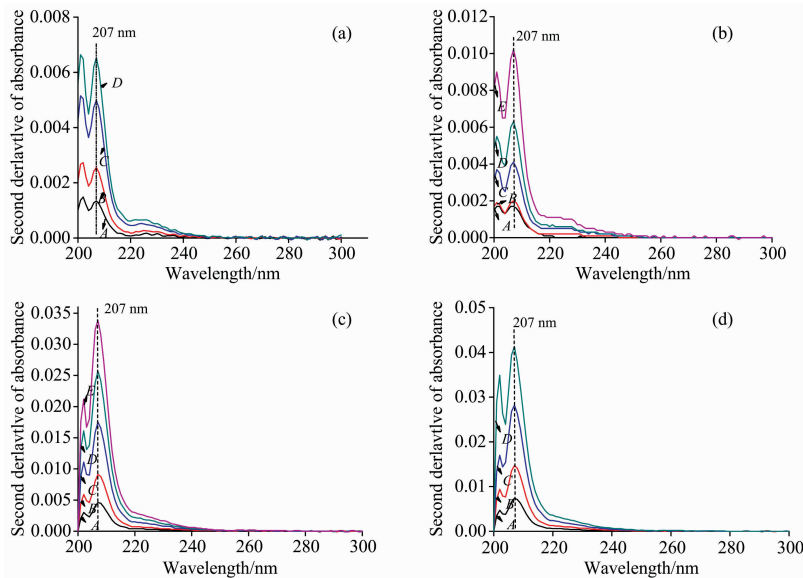


图 8 不同侧链长度 PCs 二阶导数光谱

PCs 质量浓度: (a): $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (b): $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (c): $0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (d): $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (e): $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

Fig. 8 Second derivative spectra of the PCs with different side chains length

PCs concentration: (a): $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (b): $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (c): $0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (d): $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; (e): $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

行吸光度测试,其测试结果见图 6。从乙酸的吸光度曲线可以看出,吸收峰为 204 nm,与表 1 的数据一致。将乙酸溶液浓度增加至 $2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,190~200 nm 附近出现假峰。

进一步在质量浓度为 $1.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的乙酸溶液中加入 NaOH 溶液,使羧酸变成羧酸盐,其吸光度测试结果如图 7 所示,吸收峰消失。

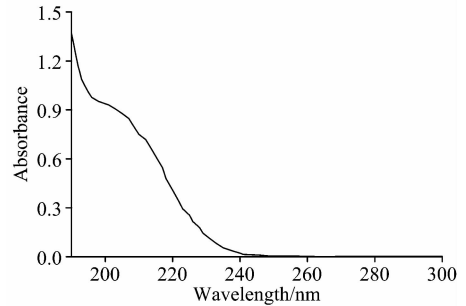


图 7 加入氢氧化钠后乙酸的吸光度曲线

Fig. 7 The absorbency curve of acetic acid after adding NaOH solution

由于聚羧酸减水剂结构中无共轭效应,而羰基的碳氧双键在紫外区吸收较弱^[8],易受游离无机离子的影响,导致 PCs 吸收光谱图中无明显特征峰。

(2) 二阶导数光谱

二阶导数光谱可以去掉一些高频噪声及组分间的相互干扰,试验用二阶导数光谱法处理光谱数据。图 8 为不同浓度的 PCs 在 200~300 nm 的吸光度二阶导数曲线。由图 8 可看出,在 207 nm 出现了峰形,考虑为羧酸根特征峰。

图 9 为 207 nm 波长下 PCs 的浓度与吸光度关系。由图可看出,PCs 浓度与体系吸光度呈良好线性关系,相关度达 0.987。可选择测定波长 207 nm 为 PCs 特征吸收峰。

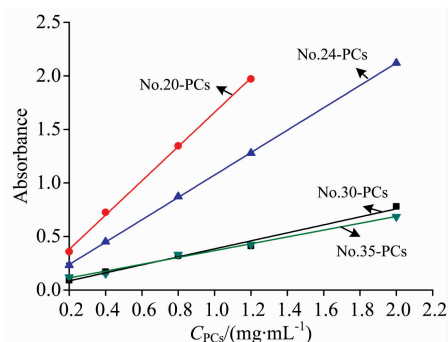


图 9 不同侧链长度 PCs 的浓度与吸光度关系

Fig. 9 Relationship between concentration and absorbency for PCs with different side chains length

2.2 工作曲线

按试验方法, 配制出不同浓度 PCs 后采用紫外分光光度计测出其吸光度值, 对其进行二阶导数处理获得 PCs 的特征峰, 采用数据统计的方法建立此特征峰下的吸光度与浓度的关系式, 最后确定工作曲线, 如表 2 所示。

表 2 工作曲线拟合方程

Table 2 Fitting equation of working curve

序号	拟合方程	方差
No. 35-PCs	$Y=0.01143+0.37334X$	0.9900
No. 30-PCs	$Y=0.04989+0.31837X$	0.9912
No. 24-PCs	$Y=0.02918+1.04548X$	0.9999
No. 20-PCs	$Y=0.06045+1.59974X$	0.9988

2.3 PCs 吸附性分析

为了验证 UV 导数光谱法准确性, 同时采用 TOC 法进行吸附性测试, 4 种不同侧链长度 PCs 在凝灰岩石粉中吸附性的测试结果见表 3。UV 法测定值与 TOC 法测定值之间的相关关系见图 10, 两者之间呈现良好线性关系, 相关系数 0.9974, 表明 UV 法所得结果与 TOC 法的测定结果吻合度好, 准确可靠。研究表明, 采用紫外分光光度技术(UV)定量分析, 经过二阶导数处理后, 可实现简单、快速、准确及便宜的 PCs 吸附含量的定量测试。

同时由表 3 可以看出, 随着 PCs 的侧链长度的减小, 凝

表 3 PCs 吸附性测试结果

Table 3 Analytical results of PCs adsorptivity

序号	侧链分子量	UV 法吸附量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	TOC 法吸附量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
No. 35-PCs	3 500	1.101	5.00
No. 30-PCs	3 000	0.695	4.87
No. 24-PCs	2 400	0.433	4.78
No. 20-PCs	2 000	0.116	4.66

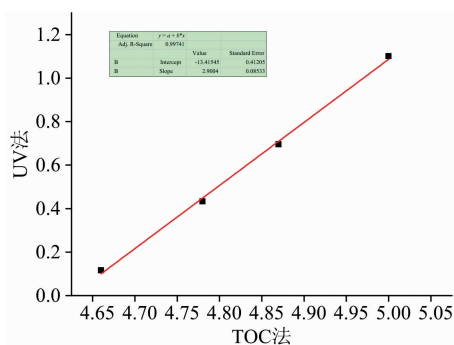


图 10 UV 法与 TOC 法所测浓度的相关性

Fig. 10 Concentration correlation between UV method and TOC method

灰岩石粉对其吸附量也逐渐减小, 表明 PCs 的侧链相对分子量越大, 其抗石粉吸附能力越差。结合图 1 凝灰岩石粉的 XRD 测试结果可知, 凝灰岩石粉中主要含有石英、钠长石及钾长石等矿物。这些矿物不具层间结构, 对减水剂的吸附主要为表面吸附。

3 结论

PCs 吸收光谱图中无明显特征峰, 浓度增大及 PH 值降低可在 190~200 nm 出现假峰; 对 PCs 吸收光谱进行二阶导数处理后, 其导数光谱中可获得 PCs 特征峰 207 nm, 该特征峰下的吸光度与浓度间存在良好的线性关系; 所提出的紫外导数光谱测试方法与 TOC 法之间具有良好的线性关系, 可实现简单、快速、准确、成本低且无需显色剂的 PCs 吸附含量定量测试。凝灰岩石粉对减水剂的吸附主要为表面吸附, 这种吸附行为随着 PCs 侧链长度减小而减弱。

References

- [1] Lange A, Hirata T, Plank J. Cement and Concrete Research, 2014, 60: 45.
- [2] LI Shun, YU Qi-jun, WEI Jiang-xiong(李 顺, 余其俊, 韦江雄). Journal of the Chinese Ceramic Society(硅酸盐学报), 2012, 40(4): 613.
- [3] MA Bao-guo, YANG Hu, TAN Hong-bo, et al(马保国, 杨 虎, 谭洪波, 等). Concrete(混凝土), 2012, 5: 60.
- [4] QUAN Chao-ming, HU Yao-qiang, LIU Hai-ning, et al(权朝明, 胡耀强, 刘海宁, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2017, 37(2): 509.
- [5] MA Bao-guo, YANG Hu, TAN Hong-bo, et al(马保国, 杨 虎, 谭洪波, 等). Journal of the Chinese Ceramic Society(硅酸盐学报), 2013, 41(3): 328.
- [6] CHEN Chang-liang, GUO Li-ping, DU Xiao-di, et al(陈常亮, 郭丽萍, 杜小弟, 等). Bulletin of the Chinese Ceramic Society(硅酸盐通

- 报), 2017, 36(1): 214.
- [7] GUO Li-ping, ZHENG Xiao-qi, DU Xiao-di, et al(郭丽萍, 郑晓琦, 杜小弟, 等). Journal of Wuhan University of Technology(武汉理工大学学报), 2016, 38(1): 30.
- [8] DUAN Jian-ping, LÜ Sheng-hua, GAO Rui-jun, et al(段建平, 吕生华, 高瑞军, 等). Modern Chemical Industry(现代化工), 2011, 31(10): 89.
- [9] WANG Lei, GUO Shu-xia, DAI Yin-zhen, et al(王磊, 郭淑霞, 戴吟臻, 等). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2015, 43(1): 33.
- [10] LI Zhi-gang, PENG Si-long, YANG Ni, et al(李志刚, 彭思龙, 杨妮, 等). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2016, 44(3): 437.

Quantitative Analysis for Adsorption of Polycarboxylate Superplasticizer with Different Side-Chain Length on Tuff Powder Using Second Derivative Spectrometry

FENG Lei¹, CHEN Xi-qin¹, CHENG Zu-shun¹, WEN Xiao-dong^{1, 2*}

1. School of Civil and Transportation Engineering, Ningbo University of Technology, Ningbo 315211, China

2. School of Electrical and Information Technology, Yunnan Minzu University, Kunming 650031, China

Abstract The tuff powder has certain adsorption to the polycarboxylic acid water reducing agent (PCs), which makes the number of "effective water reducing agent" decrease, resulting in greatly reduced performance of PCs. The anti-adsorption characteristics of PCs have important design reference significance, and it is closely related to the composition and structure of PCs. The UV spectrophotometry is a common method for the detection of adsorption quantity, but there are still many uncertainties in the PCs test. So, UV spectrophotometry and derivative spectrometry were used to quantitatively analyze the adsorption capacity of tuff powder on PCs with different side chain lengths, and the experimental parameters were analyzed and optimized. The results show that there is no obvious ultraviolet characteristic peak in the absorption spectrum of PCs. When test solution concentration is increased and its pH value is lowered, the pseudo peak can be seen in the wavelength range of 190~200 nm, which is confirmed by the spectral test of acetic acid analysis reagent. After the derivative treatment of the PCs spectral data, the characteristic peak of PCs can be obtained. There is a good linear relationship between the test solution absorbance and its concentration under this characteristic peak, and the correlation coefficient r is greater than 0.99. Further, the accuracy of UV absorption spectroscopy is demonstrated, compared with the TOC method. There is a good linear relationship between the above two methods, and the correlation coefficient r is 0.997, which indicates that second derivative UV spectrum can provide a simple, fast, accurate, inexpensive and non-developing agent quantitative test method for PCs adsorption analysis; The adsorption of the PCs by the tuff rock powder decreases as the length of its side chain decreases. The research results will help to provide a new way for UV detection of organic matter with weak ultraviolet absorption.

Keywords Polycarboxylate-superplasticizer; Second derivative spectrometry; Tuff powder; Adsorption

(Received Jul. 27, 2018; accepted Dec. 5, 2018)

* Corresponding author