

禁用偶氮染料阳性样品中致癌芳香胺测定

梁花, 胡新涛

(广州检验检测认证集团有限公司, 广东 广州 511447)

摘要: 为了解国内纺织品中禁用偶氮染料中可分解芳香胺的检出现状及阳性样品的特征, 收集并统计近5年的阳性样品, 整理样品信息并汇编成数据。以2019年的数据为例, 分析并研究了禁用偶氮染料阳性样品的芳香胺。文章表明, 检出的致癌芳香胺呈现一定的规律, 24种禁用芳香胺中有14种芳香胺为常检出的物质, 其中4-氯苯胺(对氯苯胺)、2,4-二氨基甲苯、联苯胺、3,3'-二甲氧基联苯胺为高频次检出物质, 约占检出物质的70.00%。这4种高频次芳香胺所赋存阳性样品也有一定的规律, 4-氯苯胺(对氯苯胺)经常赋存黑色的纺织品中, 2,4-二氨基甲苯则赋存含有红色的印花的样品里, 联苯胺和3,3'-二甲氧基联苯胺则经常在黑色、棕色、蓝色等深色样品有检出。

关键词: 禁用偶氮染料; 致癌芳香胺; 阳性样品; 高频次检出物; 检出率

中图分类号: TS 107

文献标志码: B

文章编号: 1000-4033(2021)11-0072-05

Testing of Carcinogenic Aromatic Amines in Banned Azo Dye Positive Samples

Liang Hua, Hu Xintao

(Guangzhou Inspection & Certification Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 511447, China)

Abstract: In order to understand the detection status of resolvable aromatic amines in banned azo dyes in domestic textiles and the characteristics of positive samples, the research collected and counted the positive samples in recent 5 years, and collated the samples information and compiled it into data. The aromatic amines of banned azo dye positive samples were analyzed and studied based on the data of 2019. It was found that the carcinogenic aromatic amines showed certain regularity. Among the 24 banned aromatic amines, 15 are the most frequently detected substances. Among them, 4-chloroaniline (p-chloroaniline), 2,4-Diaminotoluene, benzidine, 3,3'-dimethoxybenzidine are the high frequency detected substances, accounting for about 70.00% of the detected substances. It was found that the positive samples of the four aromatic amines detected at high frequency also had some regularity. 4-chloroaniline often occurs in black textiles, 2,4-Diaminotoluene is stored in the sample containing red printing, Benzidine and 3,3'-dimethoxybenzidine are often detected in black, brown, blue and other dark samples.

Key words: Banned Azo Dyes; Carcinogenic Aromatic Amine; Positive Sample; High Frequency Detected Substance; Detection Rate

禁用偶氮染料作为常规的检测项目, 其历史要追溯到 1994 年, 1994 年 7 月 15 日德国政府正式在食品及日用消费品法规中规定禁止使用某些偶氮染料, 同年欧共体在其指令 67/1548 附录 C2 级中也重申了这个禁令^[1], 我国国家质检

总局亦于 2002 年拟草纺织品基本安全技术要求的国家标准。偶氮染料作为在印染工艺中比较常用的合成染料, 广泛应用于染色和印花^[2]。如果服饰中偶氮染料在与人体皮肤长期接触后, 与人体代谢产物混合并分解为可致癌的芳香胺, 这种

偶氮染料则属于禁用偶氮染料^[3]。这类可分解致癌芳香胺的染料就是法规中禁止使用的偶氮染料^[4]。

自有关禁用偶氮染料检测的法令颁布以来, 已引起我国纺织界及染料界的高度重视, 从检测情况看, 随着民众对标准的了解, 以及

作者简介: 梁花(1987—), 女, 工程师。主要从事纺织品生态检测方面的研究。

含有有害芳香胺中间体的偶氮染料的合格代用染料的生产 and 环保染料品种的增多,禁用偶氮染料的检出率不断减低,产品的合格率逐年提高^[5]。

从相关数据也可以证实这个结论,表 1 是 2019 年度广州检验检测认证集团有限公司试验室采用 GB/T 17592—2011《纺织品 禁用偶氮染料的测定》^[6]标准对送检样品测试得到的数据。

由表 1 中数据可知,2019 年度禁用偶氮染料平均不合格率(即超标率)为 0.24%,也就是合格率基本达到了 99.76%。

这一方面说明了我国对于绿色壁垒攻坚战取得了不错的成绩。2002 年拟草了纺织品基本安全技术要求的国家标准,2003 年颁布实施了 GB 18401—2010《国家纺织产品基本安全技术规范》这一技术规范^[7]。据有关数据显示,2002 年的合格率只有 86.00%,到 2007 年就达到了 97.00%,近年来,国内纺织品关于禁用偶氮染料的项目不合格率不断降低^[8],合格率基本都达到了 99.00%。

但这个数据同时也暴露了一个问题,表格中平均阳性检出率为 0.59%,是超标率的 2.5 倍,这就暴露了还有更多的样品中也存在致癌的芳香胺,虽然在技术层面我们判定他为合格产品,但是不能否认这些产品是有一定的风险的。

我国开展禁用偶氮染料检测将近 20 年,一方面类似“毒校服”

事件还是时有发生。另一方面,即使合格产品,可能也存在一定剂量的致癌物质,对健康有一定的潜在风险。“毒校服”以及有潜在风险,主要指的是致癌芳香胺的毒,以及致癌芳香胺的潜在风险^[9]。

1 致癌芳香胺

1994 年德国政府颁布法令中涉及的致癌芳香胺为 20 种,同年欧共体在其指令 67/1548 附录 C2 增加了两种致癌芳香胺,即对氨基偶氮苯和邻氨基苯甲醚^[10],国际纺织品生态环境领域研究与测试协会在 2000 年 1 月发布的 OEKO-Tex Standard 100 版本中删去了对氨基偶氮苯,新增了 2,4 二甲基苯胺和 2,6 二甲基苯胺两种致癌芳香胺。欧盟理事会通过的《关于限制使用部分偶氮染料指令》草案中限制致癌芳香胺为 23 种^[11]。目前被禁用的有害芳香胺为 24 种,见表 2,多了 4-氨基偶氮苯,其实 4-氨基偶氮苯早在 1997 年在欧盟发布的 67/648/EEC 就已经被列为致癌芳香胺^[11],但是直到 2006 年德国官方方法《消费品检验可裂解出 4-氨基偶氮苯的偶氮染料的检验与测定》公布,国内外对纺织品中的 4-氨基偶氮苯检测才有一个合适、有效的方法,国内外才正式把纺织品中考核的致癌芳香胺列为 24 种^[12-13]。

德国 MAK 委员会是专为致癌及有害物质制订分类和限定其最高允许浓度的机构,他们把这 24 种有害芳香胺分为 MAK III A1 组

(#07,#10,#11,#13),MAK III A2 组(#01,#02,#03,#04,#05,#06,#08,#09,#12,#14,#15,#16,#17,#18,#19,#20,#21,#22,#23,#24),其中 MAK III A1 组是指已表明对动物具有致癌性的物质,如工作环境条件相似,则类似的结果可能发生在人类身上;MAK III A2 组是指被怀疑具有明显致癌可能的物质,需对这类物质做进一步的研究^[14]。

2 试验室常检出的芳香胺

目前,对广州检验检测认证集团有限公司送检样品的测试数据进行统计,各芳香胺检出现状见表 3,其中由于在 GB/T 17592—2011 的检测环境中,#22 会继续裂解成 #08,#23 会继续裂解成 #01,所以表 3 对 #22 和 #23 不做统计^[15-17],同时由于 #24 是 #02 的同分异构体,所以不做单独统计。

由表 3 中数据可以看出,常检出的芳香胺有 #01、#03、#04、#05、#08、#09、#10、#11、#13、#14、#16、#18、#20、#21 共 14 种。

其实这 14 种芳香胺作为常检出的芳香胺并不是在 2019 年偶然发生的。对比广州检验检测认证集团有限公司 2015 年的数据,见表 4。虽然时间轴往后推 4 年,但是常检出一直是这 14 种芳香胺。

对比表 3 和表 4 可以看出,#04、#08、#13、#20 为高频次检出的物质,2019 年占检出物质的 70.27%,2015 年占检出 74.87%,虽然到 2019 年这 4 种高频次检出的物质检出频次降低了,但是占检出

表 1 2019 年禁用偶氮染料数据汇总表

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
总份数/份	8 992	2 578	9 000	11 758	14 526	12 000	13 062	11 410	10 825	14 042	15 010	12 690	11 324
阳性份数/份	71	8	81	92	91	56	67	90	71	43	64	72	67
阳性率/%	0.79	0.31	0.90	0.78	0.63	0.47	0.51	0.79	0.66	0.31	0.43	0.57	0.59
超标份数/份	29	5	29	26	36	21	20	44	31	19	28	32	27
超标率/%	0.32	0.19	0.32	0.22	0.25	0.18	0.15	0.39	0.29	0.14	0.19	0.25	0.24

表 2 24 种致癌芳香胺

自编代号	禁用芳香胺	化学文摘编号	自编代号	禁用芳香胺	化学文摘编号
#01	邻甲苯胺	[95-53-4]	#13	联苯胺	[92-87-5]
#02(2,4)	2,4-二甲基苯胺	[95-68-1]	#14	4,4'-二氨基二苯甲烷	[101-77-9]
#03	邻氨基苯甲醚	[90-04-0]	#15	3,3'-二甲基-4,4'-二氨基二苯甲烷	[838-88-0]
#04	对氯苯胺	[106-47-8]	#16	3,3'-二甲基联苯胺	[119-93-7]
#05	2-甲氧基-5-甲基苯胺	[120-71-8]	#17	4,4'-二氨基二苯硫醚	[139-65-1]
#06	2,4,5-三甲基苯胺	[137-17-7]	#18	3,3'-二氯联苯胺	[91-94-1]
#07	4-氯-邻甲苯胺	[95-69-2]	#19	4,4'-亚甲基-二-(2-氯苯胺)	[101-14-4]
#08	2,4-二氨基甲苯	[95-80-7]	#20	3,3'-二甲氧基联苯胺	[119-90-4]
#09	2,4-二氨基苯甲醚	[615-05-4]	#21	4-氨基偶氮苯	[60-09-3]
#10	2-萘胺	[91-59-8]	#22	5-硝基-邻甲苯胺	[99-55-8]
#11	4-氨基联苯	[92-67-1]	#23	邻氨基偶氮甲苯	[97-56-3]
#12	4,4'-二氨基二苯醚	[101-80-4]	#24	2,6-二甲基苯胺	[87-62-7]

注:以下内容涉及芳香胺的都自编代号代替。

物质的比例基本没有变化。他们仍是我们应该重点关注的危险物质。而 #06、#07、#12、#15、#17、#19 这几种芳香胺检出频次基本一年不超过 1 份,属于低频次有检出的物质。

3 常检出的芳香胺的阳性样品的特征

下文以 2019 年的数据为研究对象,通过统计广州检验检测认证集团有限公司 2019 年包括委托检

测以及政府抽查在内的共 135 888 次检测数据,汇总了有检出的样品 852 份,通过对检出物质的数据、以及对应的阳性样品进行汇总分析,得到以下的数据和规律。

3.1 对氯苯胺

对氯苯胺总共有 162 份检出,发现对氯苯胺主要赋存于染色类的织物中,极少部分赋存在印花织物中。从样品外观颜色上看,以黑色为主,占该类阳性样品总量的 94.84%;另有少量的呈橙色和蓝色,分别占 0.65%、1.29%;赋存于红色印花中的对氯苯胺阳性样品仅占该类阳性样品的 3.22%,这类阳性样品同时还会伴随 2,4-二氨基甲苯的检出,该类阳性样品可能使用了以红色为主黑色来互配的混合染料。

对氯苯胺检出的浓度水平较低,在 5~10 mg/kg 范围内占 98.00%,基本都属于黑色染色织物类。相对我国的产品标准所考核的限量范围,属于合格产品,但是高于检出限,有一定的风险。浓度水平在 11~22 mg/kg 只占 2.00%左右,全

表 3 2019 年各芳香胺检出一览图表

月份	检出数量/份																					
	#01	#02 (2,4)	#03	#04	#05	#06	#07	#08	#09	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#21	合计
201901	3	0	1	16	2	0	0	20	2	4	1	0	14	7	0	2	0	1	0	4	0	77
201902	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	3	0	9
201903	0	0	1	16	2	0	0	19	1	7	5	0	15	8	0	0	0	1	0	10	3	88
201904	0	0	0	18	0	0	0	8	1	4	11	0	21	9	0	3	0	6	0	14	0	95
201905	0	0	3	14	0	0	0	15	0	10	6	0	18	3	0	3	0	6	0	19	0	97
201906	0	0	0	18	0	0	0	8	0	0	10	0	15	1	0	1	0	2	0	8	0	63
201907	2	0	6	14	1	0	0	18	3	0	4	0	5	2	0	0	0	7	0	7	1	70
201908	0	0	3	12	0	0	0	36	0	1	4	0	15	2	0	0	0	3	0	19	3	98
201909	0	0	0	16	0	0	0	12	0	5	6	0	13	5	0	2	0	4	0	14	4	81
201910	0	0	2	13	0	0	0	3	0	2	2	0	8	8	0	0	0	0	0	7	0	45
201911	0	0	0	5	0	0	0	17	2	2	4	0	15	5	0	1	0	4	1	14	4	74
201912	0	0	0	10	0	0	0	11	0	2	2	0	22	10	0	3	0	6	0	13	2	81
合计	5	0	16	154	5	0	0	167	9	37	55	0	164	61	0	15	0	40	1	132	17	878
比例/%	0.57	0	1.82	17.54	0.57	0	0	19.02	1.03	4.21	6.26	0	18.68	6.95	0	1.71	0	4.56	0.11	15.03	1.94	100

表 4 2015 年各物质检出一览图表

月份	检出数量/份																					
	#01	#02 (2,4)	#03	#04	#05	#06	#07	#08	#09	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#21	合计
201501	1	0	1	68	0	0	0	42	4	3	13	0	38	13	0	1	0	15	0	36	1	236
201502	1	0	1	26	0	0	0	12	3	2	1	0	3	4	0	0	0	9	0	12	0	74
201503	1	0	2	46	0	0	0	19	1	2	1	0	12	2	0	2	0	25	0	18	2	133
201504	2	0	3	48	0	0	0	35	7	0	12	0	18	6	0	2	0	22	1	23	0	179
201505	7	0	3	78	0	0	0	44	6	3	30	0	50	8	0	4	0	5	0	48	6	292
201506	1	2	6	108	3	0	0	18	6	8	39	0	77	1	0	3	0	10	0	47	2	331
201507	2	0	3	97	1	0	0	11	3	7	31	0	75	2	0	3	0	8	0	54	0	297
201508	5	1	4	78	1	0	0	94	9	10	37	0	70	7	0	7	1	12	0	63	10	409
201509	6	0	6	49	0	0	0	33	4	6	19	0	40	6	0	5	0	22	0	33	2	231
201510	1	0	7	43	0	0	0	20	2	3	17	0	38	6	0	3	0	0	0	37	2	179
201511	2	0	2	46	0	0	0	15	5	4	9	0	30	6	1	1	0	18	0	34	0	173
201512	0	1	1	68	0	0	0	56	3	17	7	0	40	7	0	1	0	11	0	35	4	251
合计	29	4	39	755	5	0	0	399	53	65	216	0	491	68	1	32	1	157	1	440	29	2 785
比例/%	1.04	0.14	1.40	27.11	0.18	0	0	14.33	1.90	2.33	7.76	0	17.63	2.44	0.04	1.15	0.04	5.64	0.04	15.80	1.04	100

为印花类织物。

研究此类阳性样品时,发现几乎均含有较高比例的天然纤维成分,大部分为纯棉,或者涤棉混纺,纯桑蚕丝,羊毛和涤纶混纺。究其原因,发现大多数禁用偶氮染料为直接染料,而直接染料主要应用于纤维素纤维、蛋白质纤维的染色。因为其分子中含有氨基、羟基、偶氮基等基团,可以很好地与纤维素纤维中的羟基,蛋白质纤维中的羟基、氨基等形成氢键,可以进一步提高染料的直接性^[18]。

3.2 2,4-二氨基甲苯

2,4-二氨基甲苯总共有 170 份检出,发现 2,4-二氨基甲苯主要赋存在印花织物中。从产品外观颜色来看,以红色印花为主,占该类阳性样品的 71.88%,包括大红、朱红、铁红、橙红等颜色的印花;其次是棕色印花,占该类阳性样品的 17.97%;还有少量的来自蓝色和黑色印花,分别占该类阳性样品的 7.81%和 2.34%。从产品类型看,2,4-二氨基甲苯最常检出的样品为床上纺织品(被套、床单、床罩

等)及一小部分含涂料印花的服装。另外休闲服、牛仔裤上的红色涂料印花处也较易检出。从纤维成分来看,床上纺织品以棉纤维 100%或涤棉混纺纤维占多数。

近年来,有一小部分 2,4-二氨基甲苯在文胸海绵、麂皮绒复合织物的黏结处有检出,其可能来自其中的甲苯二异氰酸酯胶黏剂等助剂的分解。虽然胶黏剂等材料未被要求单独分类而列入检测的考核范围之内,但检测出了致癌的芳香胺,仍有危害人体健康的风险,尽管其不是偶氮染料裂解出来的,企业应引起注意。

2,4-二氨基甲苯在 6~19 mg/kg 的水平时,样品主要为蓝色系印花、粉红色印花、橙红色印花、浅棕色印花以及含胶黏剂的产品,约占检出样品的 40.00%,相对我国的产品标准所考核的限量范围(20 mg/kg),属于合格产品,但是高于检出限,有一定的风险;2,4-二氨基甲苯的浓度水平在 20~200 mg/kg 的水平占 60.00%,基本都是大红印花、朱红印花、铁红印花以及深

棕色印花。

3.3 联苯胺

联苯胺检出 164 次,其阳性样品主要赋存在染色织物中,这 164 个阳性样品中,外观颜色以黑色、蓝色、棕、绿、红等深色系类为主,也有少部分为灰色、银色等浅色系。深色系类里面,联苯胺的阳性样品主要是黑色,占联苯胺阳性样品的 57.58%;其次是蓝色,约占 14.55%;绿色、棕色、灰色、红色分别占该类阳性样品的 7.88%、9.09%、9.09%、3.64%,在 164 个阳性样品中,联苯胺平均含量为 58 mg/kg,其中位值为 23 mg/kg;联苯胺的浓度水平在 5~20 mg/kg,约占 42.00%;浓度水平>20 mg/kg,约占 58.00%。联苯胺是一大类偶氮染料,广泛存在于各种染料中^[19-20],所以联苯胺列为高频率检出物质以及高频率出事故物质也是意料之中的。从纤维成分上看,检出联苯胺的阳性样品含有成分比例不低的天然纤维,包括纤维素纤维、蛋白质纤维、桑蚕丝纤维,这是因为联苯胺是合成直接染料最重要的

原料之一,而直接染料分子和天然纤维分子可以很好地形成氢键,有利于上色以及固色^[18]。

3.4 3,3'-二甲氧基联苯胺

3,3'-二甲氧基联苯胺检出 132 次,其主要赋存于染色类的织物。这 132 个阳性样品,从样品外观的颜色上看,以蓝色、黑色为主。蓝色占该类阳性样品的 45.90%,包括淡铁蓝、天酞蓝、蓝灰、中海蓝、深铁蓝、深酞蓝等;另外黑色占该类阳性样品的 42.62%;少数呈绿色及紫红色。从产品类型来看,3,3'-二甲氧基联苯胺主要在牛仔布及其附件(如腰头、口袋布、领口内贴)以及深颜色梭织布料、呢子布料有检出。而且还经常伴随联苯胺一起被检出。和联苯胺一样,这类阳性样品含有成分比例不低的天然纤维,包括纤维素纤维、蛋白质纤维。这类阳性样品可能使用了以蓝色为主的直接染料,如 C.I.直接蓝 35、76、151、160、173、192、201、215 等^[21-22]。

132 个阳性样品中,其 3,3'-二甲氧基联苯胺平均含量为 48.95 mg/kg,中位值为 15 mg/kg;其浓度水平在 5~20 mg/kg 的水平约占 61.00%,浓度水平大于 20 mg/kg 的约占 39.00%。

3.5 其他常检出的致癌芳香胺

检出 #01 一般为红色印花布或者红色染色布;检出 #02 一般为皮革样品,也有少部分纺织品中有检出,但是样品比较少,没有一定的规律;检出 #03 一般为毛皮样品,也有少量的为红色的纺织品;#05 仅有少量的样品有检出,多数样品为黑色和深绿色,实际样品检测经常出现保留时间有偏差的假阳性 2-甲氧基-5-甲基苯胺;检出 #09 的样品没有特定明显规律性,多为深色印花或呢子料样品;检出

#10 的样品多为暗红色、酒红色样品或呢子料样品;检出 #11 的样品多为黑色皮革、毛皮样品,基本不在纺织品中赋存;#14 经常出现在纯棉的印花样品中,也有一部分出现在成分为锦纶和氨纶混纺的布料中;检出 #16 的样品多为带有血红色、橙红色或暗红色印花或底布为此类颜色的布料;检出 #18 的样品多为深色印花布料,如黑色、褐色、绿色等;检出 #21 的样品主要为红色、橙、黄或黑色涤纶样品以及含有羊毛纤维的样品。

4 结束语

分析数据及阳性样品,最终汇总成大数据,希望通过大数据了解我国纺织产品质量现状及安全风险,也希望这些大数据为政府市场监管部门在选择纺织产品质量安全监管重点对象时提供参考,希望大数据一方面能督促企业避免使用有害工业产品,从根源上确保纺织品品质安全,也希望大数据能为企业服务,为企业的产品规避风险。

参考文献

- [1] 晓琴,鹏搏.禁用偶氮染料的现状和应对措施[J].印染,2002(11):41-43.
- [2] 吕双英.禁用偶氮染料分布及检测方法分析[J].针织工业,2017(2):81-82.
- [3] 徐东峰,刘蒙蒙.可分解致癌芳香胺染料检测不确定度评定[J].山东纺织科技,2020,61(5):27-30.
- [4] 张鑫.高品质校服面料绿色关键技术开发及产业化[J].针织工业,2018(5):36-40.
- [5] 王玲霞,陈燕,黄新霞,等.纺织品中致癌染料测定的不确定度评定[J].针织工业,2015(2):77-80.
- [6] GB/T 17592—2011 纺织品 禁用偶氮染料的测定[S].
- [7] GB 18401—2010 国家纺织产品基本安全技术规范[S].
- [8] CHEN X Z, DENG Q X, LIN S B,

et al. A new approach for risk assessment of aggregate dermal exposure to banned azo dyes in textiles[J].Regulatory Toxicology and Pharmacology,2017(91):173-178.

[9] 郝凤桐.毒校服不止“近忧”还有“远虑”[N].北京日报,2013-3-1(19).

[10] 李朝晖,范琳.儿童服装安全监管法律规范及其适用问题研究[J].天津纺织科技,2016(2):19-21.

[11] 丁力进.4-氨基偶氮苯的回收率及定容试剂探讨[J].针织工业,2015(7):104-106.

[12] 李卫华.关于新的限用化学品PFOS和限用 AZO 项目中的禁用芳香胺-4-氨基偶氮苯[J].西部皮革,2007,29(6):39-40.

[13] 茅文良,卢坤,赵准,等.纺织品中 4-氨基偶氮苯检测的研究进展[J].丝绸,2019,56(8):78-82.

[14] Standard: STANDARD 100 by OEKO-TEX (2019) 生态纺织品标准 100 测试、认证和许可条件[S].

[15] 张春涛,李哲,储佳楠.纺织品禁用偶氮染料测定不确定度评估[J].针织工业,2011(11):58-60.

[16] 王田田,田姝.纺织品中常见 5 种芳香胺鉴定体系的建立[J].针织工业,2015(9):71-74.

[17] 付延文.浅析禁用染料在针织工业中的替代问题[J].针织工业,1996(4):47-50.

[18] 王开苗,陈利.染整技术基础[M].上海:东华大学出版社,2015.

[19] 茅文良,卢坤.纺织产品中致癌芳香胺赋存特征及健康风险[J].毛纺科技,2019,47(12):78-82.

[20] 顾薇娜.用于针织行业的国产新染料[J].针织工业,1989(1):47-51.

[21] 小田良平.十四种致癌化合物[J].针织工业,1977(6):60-61.

[22] 王建平,陈荣圻.REACH 法规与生态纺织品[M].北京:中国纺织出版社,2009.

收稿日期 2021 年 3 月 24 日