

废旧校服回收再利用现状及探索

许斯佳¹,余慧玲²,刘嘉铨¹,王子超¹,邢玉静¹,郑君仪³,吴松平²,严玉蓉^{1,*}

(1. 华南理工大学 材料科学与工程学院,广东 广州 510641;

2. 华南理工大学 化学与化工学院,广东 广州 510641;

3. 广东弘禹环保科技有限公司,广东 广州 510641)

摘要:分析对比国内外废旧校服回收再利用的现状,调研我国校服回收再利用情况,以找出我国废旧校服回收的不足之处;根据国家、纺织行业的政策,以节能减排为目的,阐述校服回收的必要性;通过对校服生产过程进行生命周期分析(LCA),对比采用不同材质纤维制备校服过程中所涉及的碳排放、能耗和水耗,提出校服材质同质化,对实现废旧校服的闭环回收具有重要意义。

关键词:校服;同质化;闭环回收;节能减排;生命周期分析;碳排放

中图分类号:TS 156

文献标志码:A

文章编号:1673-0356(2022)10-0001-05

根据教育部发布的《2019年全国教育事业发展统计公报》,目前我国小学生约10 561.24万人,初中生约4 827.14万人,高中生约3 994.90万人,共有19 383.28万人。假设每名学生4套校服,即夏季校服2套,冬季校服2套(日常穿着一套,换洗一套),则总共约7.6亿套校服。2019年约1 760万小学生升初中,1 609万初中生升高中,1 331万高中生毕业,共4 700万毕业生^[1],则每年约有1.88亿套校服被淘汰。

校服作为中小学生生活的必需品,随着人数的增加,校服的数量急剧上升,在服装行业占比逐渐增加。因为校服独特的应用场景,每年有数量庞大的废旧校服因升学等不可抗力因素被淘汰,所以废旧校服的回收、处理和利用已到了刻不容缓的地步。

废旧校服回收再利用具有极高的经济价值和社会价值。根据中国纺织工业联合会测算,如果我国废旧纺织品能全部循环利用,相当于每年可节约原油2 400万t,减少近三分之一的棉花种植面积和8 000万t的二氧化碳排放。令人遗憾的是,目前我国大部分废旧服装不能有效回收利用,回收原料的利用率不足万分之三,远低于世界平均水平^[2]。通过研究国内外废旧校服回收再利用现状,找出不足;其次,根据问卷调查情况,分析我国废旧校服回收发展缓慢的原因;在节能减排的大环境下,得出回收再利用废旧校服是有益的

结论;最后,提出校服同质化和闭环回收的建议。

1 国内外废旧校服回收再利用现状

1.1 国外现状

国外某些国家已经有完善的校服回收再利用体系,其中典型代表是英国。英国不仅是校服的起源地,更是最早建立起校服回收再利用体系的国家。早在2008年,英国就开始实行环保计划,校服采用再生聚酯纤维缝制。著名连锁零售商玛莎公司在2007年8月20日推出由废弃塑料瓶为原料制成的学生制服,该制服经过严格的安全监测,完全符合标准,而塑料面料也被视为制作学生制服的理想面料^[3]。在2011年,“校服循环”计划在英国威尔士地区全区推行。紧接着,英格兰地区的德文郡政府开展“可循环的德文郡”计划,向学生和家长宣传如何对校服进行循环再利用^[4]。英国还建立了校服回收网站,例如,打补丁的大象、校服交换等网站,可以买卖或捐赠自己的二手校服。

美国很早就开始关注废旧校服的回收再利用工作。在2009年第27届CHI年会:计算系统中的人为因素中,有报告提出建造一个联网的校服自动售卖机,可以减少捐赠和获取二手校服的工作量^[5]。

1.2 国内现状

我国废旧校服回收体系与国外相比尚不健全,仍处于起步阶段^[3]。每年数以亿计的废旧校服被淘汰,却并未得到妥善处理,而是被简单地填埋或焚烧,造成资源浪费和环境污染。依据废旧服装再利用的倒三角

收稿日期:2022-05-22

基金项目:揭阳市科技计划项目重大专项(skjcx030)

第一作者:许斯佳(1998—),男,硕士,主要研究方向为可降解高分子材料的改性。

*通信作者:严玉蓉,E-mail:yryan@scut.edu.cn。

原则,如图1所示,底层的废旧服装利用率更低,对环境污染更大^[6]。

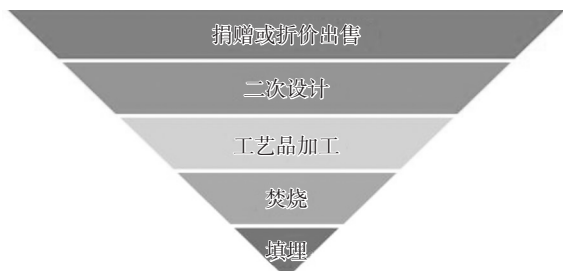


图1 再利用率倒三角原则^[6]

近年来,随着服装数量上升和环境污染严重,我国废旧纺织品回收行业得到迅猛发展,在北京、上海、广州、深圳、南京等城市兴起一批废旧纺织品服装回收企业,以社区投放回收箱为主要回收方式^[7]。然而目前还没有企业将校服单独分类进行回收。早在2006年10月,上海政协委员林真意就曾呼吁为上海的数十万套校服寻找出路,她建议由政府指定某个部门负责统一回收可利用的校服,并与上海对口支援的省市联系,将回收的校服定期运往当地,再分发到有关学校,学校收到捐赠的校服后进行统一清洁加工^[8]。在2014年的第六届全国中学生领导力展示会上,北师大实验中学提出了旧校服回收再利用的想法,最终该项目组在90天时间内,吸引了2000多人参与,回收的旧衣物达778.5 kg。

近年来,有一线城市的部分学校秉承慈善理念,将校服捐赠到偏远山区,也有捐赠给本校校服遗失或破损的学生,开展形式主要是学校自发组织,具体情况见表1。

表1 我国部分中小学校服回收再利用情况^[3]

城市	学校	开展形式	校服去向
深圳	南山区南油小学、华侨城小学、北师大南山附属小学、前海小学	政府牵头,学校协办	广西、云南、贵州等偏远山区
广州	广东省中山市华侨中学	学校组织	边远山区
上海	建青实验学校	学校组织	校服破损或遗失的学生和贫困山区
天津	河北区光明小学	学校组织	贫困学生

1.3 废旧校服回收再利用情况调研

1.3.1 问卷调研

联合国教科文组织的海洋学家 Tiffany Straza 倡导“我们在追求某项先进技术的同时,在废物处理方面

的科学知识和解决方案也需要迎头赶上。”为了解我国废旧校服回收再利用情况,针对废旧校服的回收情况开展了调查研究,以发放网络问卷的形式进行。

回收问卷后经统计,小学有效问卷107份,初中有效问卷80份,高中有效问卷有198份,问卷结果见表2。小学、初中和高中受访者多将废旧校服压箱底或丢弃,捐赠也是一种较为广泛的选择,选择回收分拣的人数最少。

表2 废旧校服回收情况

单位:%

方式	小学	初中	高中
压箱底	32.71	37.50	59.09
捐赠	36.45	28.75	19.70
回收分拣	8.41	10.00	6.75
丢弃	44.86	48.75	40.91
其他	1.87	6.25	5.56

1.3.2 结果分析

根据表2可得,废旧小学校服主要是丢弃,占比为44.86%;废旧中学校服同样主要是丢弃,占比为48.75%;废旧高中校服主要是被压箱底,占比为59.09%。废旧校服回收方式集中在压箱底和丢弃,没有被有效回收利用。捐赠是目前废旧校服回收中最普遍的一种回收再利用形式,在三个阶段分别占比36.45%、28.75%、19.70%,占比不超过丢弃或压箱底。目前废旧校服回收再利用形式主要是慈善捐赠,但是参与人数不多,校服捐赠数量少。

通过对调查结果的分析,发现慈善捐赠这一回收方式存在以下问题:(1)忽视校服的回收,大部分人将校服直接丢弃或者压箱底,并没有意识到校服是一笔巨大的资源与财富;(2)卫生问题。部分人担心校服回收利用过程中会存在卫生问题,害怕造成病毒的传播;(3)许多人对校服的去向存疑,怀疑企业是否会从中牟利。正是以上这些问题导致校服捐赠数量少,参与捐赠人数少。

2 政策和必要性

2.1 政策

再生资源的回收利用可以有效减少初次生产过程中的碳排放。2020年9月,我国提出在2030年前实现“碳达峰”,在2060年前实现“碳中和”。

为了达到这个目标,国家开始重视资源的回收利用。2017年出台了一系列再生资源回收相关政策,2017年5月发布《关于印发〈循环发展引领行动〉的

通知》，2017年8月印发《电子废物、废轮胎、废塑料、废旧衣服、废家电拆解等再生利用行业清理整顿工作方案》^[9]。2022年1月17日，国家发展改革委等部门发布关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见。2022年1月29日，国家发展改革委国家能源局印发《“十四五”新型储能发展实施方案》。2022年2月25日，中央一号文件公布：研发应用减碳增汇型农业技术，探索建立碳汇产品价值实现机制。

纺织行业也同样采取动作。《纺织工业“十二五”规划(2011—2015年)》首次将“支持废旧纺织品循环利用”列入其中。《纺织工业“十三五”规划(2016—2020年)》更是提出绿色发展目标，要突破一批废旧纺织品回收利用关键共性技术。《纺织工业“十四五”规划(2021—2025年)》指出了加快废旧纺织品再生利用关键技术研发突破。

2015年7月，教育部、工商总局、质检总局和国家标准委四部门联合印发了《关于进一步加强中小学生学习校服管理工作的意见》，提出“学校统一购买供学生循环使用的模式”，努力降低资源能耗。2016年3月，由国家发展改革委等10个部门制定的《关于促进绿色消费的指导意见》也提出，在中小学校试点校服循环利用。

2.2 必要性

纺织服装是人们生活的必需品，以纺织纤维为原材料的产品涵盖人类生活衣、食、住、行、医等各个方面。而校服作为中小学生学习生活的必需品，其数量和需求与日俱增，据2020年5月18日，中国校服产业研究中心发布的首个《中国校服产业白皮书》估计，中国校服市场需求规模为1130亿~1250亿^[10]。又因为校服独特的应用场景，每年有数量庞大的废旧校服因升学等不可抗力因素被淘汰，所以废旧校服的回收再利用已到了刻不容缓的地步。而且废旧校服的回收要简单于普通废旧服装，主要体现在以下方面：(1)校服容易集中回收，可在学校设置回收点，统一回收；(2)学生接受新思想快，环保思想更容易在学生群体中普及；(3)校服材质统一，回收工序基本相同，回收简单。

据BIR机构在瑞典哥本哈根大学研究得出的结论显示：每使用1kg废旧纺织物，就可降低3.6kg二氧化碳排放量，节约6000L水，减少使用0.3kg化肥和0.2kg农药^[11]。我国每年约1.88亿套废旧校服被淘汰，以1kg原料可织布7.5m计算，一套校服用布2

m，即0.27kg，则耗材5.08万t^[3]。假设废旧校服利用率为50%，则可降低约9.144万t二氧化碳排放量，节约水1524亿升，减少使用0.762万t化肥和0.508万t农药。

废旧校服回收再利用具有极高的经济价值和社会价值。令人遗憾的是，目前我国大部分废旧服装不能有效回收利用，回收原料的利用率不足万分之三，远低于世界平均水平^[2]。

3 未来发展趋势

3.1 校服LCA分析

针对佛山市某服装公司的夏季校服套装和冬季校服套装进行校服生产生命周期分析(LCA)，功能单位为1万件该企业的校服套装，即夏季校服3440kg，冬季校服6770kg。

结果显示：(1)以全球变暖潜数值(GWP)为例，生产1万件夏季校服排放22.73tCO_{2eq}（当量二氧化碳），生产1万件冬季校服排放49.53tCO_{2eq}。在有色棉布的生产环节中，织造占比61.87%，有色涤纶布织造占比37.78%，其中99.51%来自电能，其次是PET切片的生产，在色母粒和熔融纺丝环节都会用到，占比49.67%；(2)能量消耗方面，主料的生产（有色棉布和有色涤纶布）在校服生产中所占比重最大，其主要来源于织造环节消耗的大量电能；(3)除主料生产环节外，车缝阶段污染排放最多，主要原因是车缝阶段用到的罗纹，占比97.40%，材质为原生的涤棉，且罗纹占整个校服比重较大，用在冬季校服袖口、领口、上衣下摆等处。

3.2 同质化校服

目前，校服使用的纤维材料主要是棉、黏胶和毛，均为非热塑性材料。若使用的材料均为热塑性材料，例如涤纶和锦纶等，就意味着废弃物可以回收，将废弃物加热熔融，做成新的产品。校服还有很多配件配饰，增加了校服成分的复杂性。校服的袖口等具有弹性的部位，含有可赋予衣服弹性的氨纶，氨纶是具有一定交联结构的高分子材料，受热不熔，极难回收。校服胸口的校徽更为多样，有些采用有色涤纶绣花线缝制，有些采用印染的方式。校服的拉链材质多为锦纶和聚甲醛，部分为黄铜。材料的多样会给回收带来困难，某些分拣厂甚至会拒绝回收仅加入1%氨纶的服装。

校服的同质化即校服整体采用同一种材料，也就

意味着在回收的时候,不需要经过剥离分拣,直接回收即可,高效又环保。同质化的服装可以使年处理占地面积节省 10%,可以使服装的使用寿命延长,并节省 25%的碳足迹。阿迪达斯第二代 FUTURECRAFT LOOP 可循环跑鞋仅使用热塑性聚氨酯一种材料以及无胶水的制鞋工艺,在回收后,它们将会被清洗、研磨成小球,并重新被再次利用为制造新鞋子的材料,如此不断循环往复。

将夏季校服的面料采用同质化处理进行 LCA 分析,把工厂生产的涤棉校服分别替换为全原生涤纶和全再生涤纶,计算得出表 3 数据。结果显示,就夏季校服而言,全再生涤纶的 GWP 相比于涤棉降低 15.22%,相比于全原生涤纶降低 22.05%。可得出结论,使用单一材料、再生材料的服装,对回收过程更加有利,且碳排放更少。

表 3 不同原料夏季校服的 GWP 指标对比

原料	总值
涤棉	22.73
全原生涤纶	24.72
全再生涤纶	19.27

注:再生料计算环境影响时取 50%上游阶段影响。

3.3 闭环回收

目前废旧服装回收共有两种趋势。一种是闭环回收,将回收的材料从布料回收制造到服装或高质量的纺织品;另一种趋势包括:升级回收、同级回收和降级回收。其中升级回收是和服装设计者合作,利用废弃服装本身通过设计而赋予其新的更高形态的价值,是一个增值的过程;同级回收即衣服捐赠,是一个等值过程;降级回收则包括简单机械破碎、化学降解、化学降解后再聚合为纤维原材料,以及最后的焚烧获得热值等。

可根据废旧校服的废旧程度不同,判断采用什么方式进行回收。第一种,若校服几乎没有损伤,只是因升学等不可抗力因素淘汰,则可进行同级回收或升级回收;第二种,若废旧校服受损严重,不能再穿着,则进行降级回收,而降级回收并非高价值回用。

闭环回收可以实现资源循环和同级使用,使生产过程中废弃物排放尽可能最小,是最适合废旧校服的回收方式。在未来,废旧校服回收应根据碳排放、能源使用及危害物排放等方面进行综合考虑,使得校服的生命周期成为一个闭环,如图 2 所示。

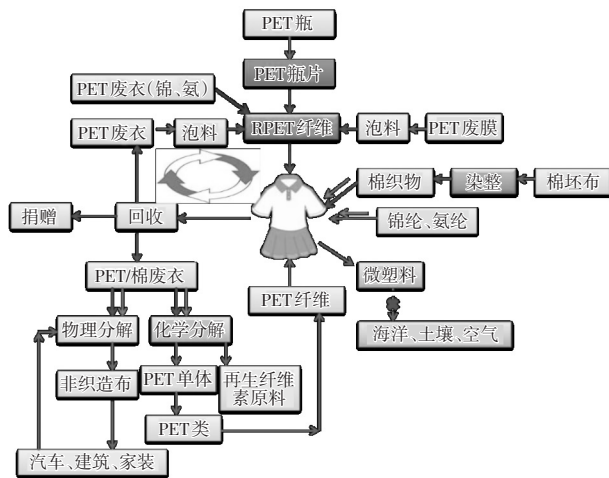


图 2 废旧校服闭环回收体系

4 结论及建议

4.1 结论

(1)我国校服市场巨大,每年废旧校服数量稳定增长且长期存在,但缺乏完善的回收机制,废旧校服大多被填埋和焚烧,造成资源的二次浪费和环境污染。

(2)校服生产过程中,主料生产和有色棉布的使用占据整个环节的大部分资源和能源,在生产涤棉、全原生涤纶和全再生涤纶校服过程中,以 GWP 为例,主料排放分别占比 64.5%、57.4%和 68.3%。

(3)大部分人愿意将校服进行合理的回收再利用,但现有的回收再利用体系不健全。首先是回收渠道单一,只有捐赠一种途径;其次是回收覆盖面窄,只有部分学校自发组织;然后是没有解决卫生安全问题,再利用存在隐患;最后是环保意识不到位,需要加强宣传。

(4)废旧校服回收简单于普通废旧服装回收。首先,回收对象和回收地点固定;其次,回收产品区别不大;最后,回收产品数量巨大。

4.2 建议

(1)争取校服面料同质化,即整套校服用同种材质。同质化校服与多质化校服相比,不仅回收工序被大大简化,而且使得回收造成的污染减少。

(2)在校服生产过程中,可以把主料的生产变成再生材料的生产,用再生棉代替原生有色棉布,用再生涤纶代替有色涤纶布,同时这些材料也可以应用在辅料的生产上,例如扁机和罗纹。以涤纶为例,每一万件夏季校服,相比原生面料,采用再生面料可节省 5.51 t 的碳排放,相当于种植了 306 棵树。

(3)校服全生命周期闭环化。以同质化校服为依

托,将校服的生产和回收联结起来,将资源循环多次利用,减少新料的投入,降低污染物的排放。

(4)废旧校服回收形式多元化。校服回收组织可在每个学校设立专门的校服回收点,将不同季节的校服分别回收,定期回收。也可建立废旧校服回收网站。捐赠者捐赠时,可上门取件,方便捐赠者进行捐赠;网站对每件捐赠校服编号,跟踪校服去向,让捐赠人随时可以看到校服去向,激发捐赠者的成就感。

(5)加强宣传力度,拓宽宣传形式。宣传要线上线下相结合,多层次、多方面对废旧校服的巨大价值进行宣传,引起家长和学生的重视。宣传可采用的形式有:短视频、公众号、海报、知识讲座、传单、公益广告等。

参考文献:

- [1] 佚名. 2019年全国教育事业发展统计公报[J]. 中国地质教育, 2020, 29(4): 120-124.
- [2] WANG X L. The study of classifying recycling of city waste textile and garment[C]. International Conference on Optics, Electronics and Communications Technology (OECT 2017), 2017.
- [3] 吕小妮, 卢安. 废旧校服回收现状的研究与分析[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2015, 35(1): 46-52.
- [4] 王洁. 英国中小學生校服回收再利用体系分析[J]. 再生资源与循环经济, 2015, 8(11): 42-44.
- [5] BOUJARWAH F A, MOGUS A, STOLL J, et al. Dress for success: Automating the recycling of school uniforms [C]. 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems, 2009.
- [6] 关娟娟, 张灏, 陶静琪, 等. 基于废旧服装再利用的服装可持续设计研究[J]. 天津纺织科技, 2020(3): 12-15.
- [7] 郝淑丽. 我国旧衣回收企业废旧衣物回收再利用体系研究[J]. 毛纺科技, 2017, 45(2): 73-76.
- [8] 沈祖芸. 上海政协委员为数十万套旧校服找出路[N]. 2007-02-03.
- [9] 王倩, 任美琪, 陈容. 我国废旧服装回收再利用现状及发展趋势分析[J]. 山东纺织科技, 2018, 59(6): 43-47.
- [10] 梁龙. 撬动千亿市场首个校服产业白皮书发布[J]. 中国纺织, 2020(5): 100.
- [11] 桩子. 回收:让废旧校服找到“归宿”[J]. 中国纤检, 2017(11): 46-49.

Current Situation and Exploration of Recycling and Reuse of Wasted School Uniforms

XU Sijia¹, YU Huiling², LIU Jiaquan¹, WANG Zichao¹,
XING Yujing¹, ZHENG Junyi³, WU Songping², YAN Yurong^{1,*}

(1.College of Materials Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;

2.College of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;

3.Guangdong Hongyu Environmental Protection Technology Co., Ltd., Guangzhou 510641, China)

Abstract: The status quo of the recycling of used school uniforms at home and abroad was analyzed and compared, and the recycling and reuse of school uniforms in China were investigated to find out the shortcomings. According to the policy of the state and textile industry, the necessity of school uniforms recycling was expounded for the purpose of energy saving and emission reduction. Based on life cycle analysis (LCA) of uniform production, the carbon emissions, energy consumption and water consumption involved in the process of preparing school uniforms with different material fibers were compared. Texture homogeneity of school uniforms was put forward to realize closed-loop recycling of used old school uniforms.

Key words: school uniform; homogeneity; closed-loop recovery; energy saving and emission reduction; life cycle analysis; carbon emission

节能减排,大有可为,功在当代,利在千秋