

64

纺织印染工业废水治理技术

杨书铭 黄长盾 编



A0965554

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

纺织印染工业废水治理技术/杨书铭,黄长盾编.
北京:化学工业出版社,2002.4
ISBN 7-5025-3758-9

I. 纺… II. ①杨…②黄… III. ①纺织工业-废
水处理②染整工业-废水处理 IV. X791

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 015550 号

纺织印染工业废水治理技术

杨书铭 黄长盾 编

责任编辑:刘俊之

责任校对:马燕珠

封面设计:于兵

*

化学工业出版社出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12½ 字数 337 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3758-9/X·167

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

纺织工业是我国传统的产业部门之一，长期以来，在满足国内人们衣着需求及外贸创汇方面做出了很大贡献。但也应看到，纺织工业在生产过程中排放较大量的废水和一定量的废气和废渣等污染物，对环境产生污染，其中以印染行业生产过程中排放的废水对环境的污染较最为严重。其不仅排放废水量大，而且污染物总量也最多。因此，印染废水是纺织工业的主要污染源，必须加以治理。但由于印染废水成分复杂，也是我国较难治理的工业废水之一。

印染废水的治理在我国起步较早。在 20 世纪 70 年代初，有关企业和研究单位即开展印染废水的治理研究工作。在 70 年代末到 80 年代中期，纺织工业在国家支持下获得较快发展，印染废水治理技术也进入一个新的开发研究时期，并取得了很多科研新成果，兴建了很多印染废水治理工程，诸如生物接触氧化、半软性填料等成果在印染行业废水处理工程中获得应用，在其他相关工业部门也获得广泛关注和应用。80 年代中期以后，由于纺织纤维原料的变化，化学纤维在纺织产品中所占比例增加，引起了印染产品加工方式的变化，从而使废水水质也发生相应变化。其突出特点是废水的可生物降解性能变差，废水处理工程处理效率下降。为了解决这一矛盾，纺织印染行业又开始了新的治理方法研究，以适应这一变化情况。80 年代末，又研究开发了厌氧（水解）-好氧处理工艺，通过厌氧（水解）工艺改善了废水处理中废水水质，改善了后续好氧工艺的应用状况，从而提高了处理效果，这些成果也在纺织印染行业获得推广应用。

进入 20 世纪 90 年代，纺织工业又开始进入产业结构和产品结构调整时期，使印染废水水质、水量又产生了变化，出现了一些新情况，又需要对上述治理工艺流程和相关参数作相应调整。

近些年来纺织工业又推行清洁生产工艺和清洁生产审计，开展源头污染控制，节约新鲜用水量，开展水回用研究和实践等，并制定出印染行业污染防治技术条件。所有这些都促进印染行业治理技术和工艺的相应变化。

本书从总结以往工作经验及当前治理技术水平和工程运行状况出发，介绍这一变化。由于涉及问题较多，有些问题虽然提出但没有详细叙述，可参阅相关书籍。

作者多年在印染行业从事废水治理科研和工程实践、参与清洁生产审计、参与纺织工业污染源控制研究和有关印染行业污染防治技术的制定，通过以上工作的体会和经验，编制本书。

书中第一、二、六、七、八、九章由杨书铭编写，第三、四、五章由黄长盾编写，余淦申、管庆福提供了工程实例，冯爱民、祁淑敏对部分章节进行校对，全书在编写过程中得到杭世珺、王琳的帮助和指导，在此一并表示感谢。由于水平与知识面的局限，书中错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2002年2月

目 录

第一章 纺织工业概况及生产工艺	1
第一节 纺织工业基本概况	1
一、纺织工业分类	2
二、纺织印染行业分类	3
三、纺织印染行业生产技术水平分析	5
第二节 棉纺印染产品生产工艺	7
一、棉机织产品生产工艺	8
二、棉针织产品生产工艺	12
三、纯棉和棉混纺产品印花和染色工艺所需主要染料和助剂	13
第三节 毛纺染整产品生产工艺	14
一、原毛及毛条	15
二、毛粗纺染整产品生产工艺	16
三、毛精纺产品生产工艺	18
四、绒线产品生产工艺	19
五、毛纺织产品染色工艺所需染料和助剂	20
第四节 丝绸产品生产工艺	20
一、天然丝织物	20
二、人造丝产品	23
三、合成纤维产品	24
第五节 麻纺产品生产工艺	25
一、麻及其麻纤维脱胶	26
二、麻纤维的纺织	27
三、麻纺产品的染色	27
第二章 纺织印染行业生产用水和废水	29
第一节 生产用水	29
一、水质要求	29
二、不同产品的用水定额	30

第二节 废水的产生与排放	31
一、不同产品污染物的产生与排放	31
二、排放废水特性的分析	34
三、不同产品排放的废水水质	35
四、不同产品排放的废水水量	36
第三节 废水治理的基本方法	37
一、废水治理的基本政策	37
二、推行清洁生产的途径与效果	38
三、废水治理的基本方法	42
第三章 纺织印染废水物理化学处理法	46
第一节 废水水质水量的调节	46
一、水质水量调节的作用和意义	46
二、调节池的构造型式	46
三、调节池的设计与计算	48
第二节 泡沫分离法	52
一、泡沫分离原理	52
二、泡沫分离系统与设备	53
三、泡沫分离装置设计	54
第三节 过滤法	58
一、快滤池的工作过程	59
二、快滤池的过滤过程	59
三、快滤池的构造	62
四、快滤池设计	69
第四节 中和法	73
一、中和法的原理与分类	73
二、碱性废水中和处理系统的设计与计算	74
第五节 混凝沉淀法	90
一、水中分散颗粒的稳定性	90
二、混凝原理	92
三、混凝剂与助凝剂	93
四、混凝剂的选择	95
五、混凝沉淀系统与设备	97
六、沉淀池	129

第六节	气浮法	143
一、	气浮原理与分类	144
二、	加压溶气气浮系统与设备	147
三、	加压溶气气浮系统设计	150
第七节	电解法	158
一、	电解法的原理与过程	159
二、	电解法的影响因素与特点	160
三、	电解槽类型与设计	163
第八节	活性炭吸附法	166
一、	基本概念	166
二、	吸附原理与过程	167
三、	活性炭吸附剂	168
四、	活性炭吸附操作与设备	176
五、	活性炭吸附工艺流程	179
六、	活性炭吸附床设计	181
七、	粒状活性炭的再生	186
第九节	氧化脱色法	189
一、	概述	189
二、	氯氧化脱色法	190
三、	臭氧氧化脱色法	192
四、	光氧化脱色法	196
第四章	纺织印染废水生物处理法	201
第一节	生物处理原理	201
一、	好氧生物处理原理	201
二、	厌氧生物处理原理	202
三、	影响生物处理的环境因素	203
第二节	厌氧生物处理法	205
一、	厌氧生物处理法的特点	205
二、	升流式厌氧污泥床	207
三、	升流式厌氧生物滤池	211
四、	水解反应池	214
第三节	活性污泥法	217
一、	活性污泥的组成及其评价指标	217

二、活性污泥法的基本流程和净化过程	220
三、有机物降解动力学	221
四、活性污泥法的运行方式与设计	228
五、曝气原理与设备	243
六、活性污泥法系统的运行管理	249
第四节 生物膜法	252
一、生物接触氧化法	252
二、生物转盘法	259
三、生物活性炭法	261
第五章 纺织印染废水的污泥处理与处置	267
第一节 污泥的分类与性质	267
一、污泥分类	267
二、污泥的性质	268
三、污泥的流动特性与输送	269
第二节 污泥中的水分及其分离法	270
第三节 污泥的预处理	271
第四节 污泥浓缩	272
一、重力浓缩法的工作过程与要求	272
二、浓缩池的设计参数	273
三、浓缩池的设计方法	274
第五节 污泥机械脱水	278
第六节 污泥处理	279
第六章 不同纺织印染产品废水治理技术	280
第一节 概述	280
第二节 棉印染产品废水治理技术	281
一、棉机织产品废水治理典型流程	282
二、棉针织产品废水治理典型流程	284
第三节 毛纺染色产品废水治理技术	285
一、洗毛废水治理	285
二、毛纺织产品染色废水治理	288
第四节 丝绸印染产品废水治理技术	291
一、天然真丝绸印染产品废水治理	291
二、化纤仿真丝绸产品废水治理	293

第五节 麻纺印染产品废水治理技术	294
一、麻脱胶废水治理典型流程	295
二、麻纺产品印染废水治理典型流程	295
第六节 污泥处理	296
第七章 纺织印染废水治理工程的调试与运行	297
第一节 生物处理单元的调试与运行	297
一、活性污泥和生物膜中的微生物	297
二、环境因素对微生物的影响	298
三、微生物的营养	299
四、微生物的接种、培养与驯化	299
五、活性污泥法中的污泥膨胀	301
六、生物处理法的运行与管理	301
第二节 物理化学处理单元的调试与运行	302
第三节 废水处理系统的调试与运行	303
一、调试的方法与顺序	303
二、正常运行时水质化验分析项目	303
第四节 废水治理中有关问题分析	303
一、集中治理与分散治理	303
二、治理规模与经济分析	305
三、印染废水的预处理	306
四、印染废水治理工程中的装备与器材	308
第八章 清洁生产与节约用水	311
第一节 结构调整与技术改造	311
第二节 推行清洁生产与可持续发展	312
第三节 节约用水的潜力	314
第四节 废水资源化	315
第九章 不同纺织印染产品废水治理工程实例	317
一、某纺织有限公司污水处理工程	317
二、某织造集团有限公司废水处理工程	321
三、某羊毛工业股份有限公司废水处理改造工程设计运行	328
四、某毛纺织厂废水处理站	335
五、某丝纺厂精炼废水处理站	338
六、某印染污水处理扩建工程	339

七、某苧麻纺织厂苧麻脱胶废水处理工程	344
八、某苧麻纺织印染厂污水处理工程	350
九、某工业公司废水处理工程	355
附录	360
一、污水综合排放标准 GB 8978—1996 (摘录)	360
二、纺织染整工业水污染物排放标准 GB 4287—92 (摘录)	365
三、《印染行业废水污染防治技术政策》 环发 [2001] 118 号	369
四、印染废水污染防治技术指南	372
五、纺织行业清洁生产技术指南	377
主要参考文献	387

第一章 纺织工业概况及生产工艺

第一节 纺织工业基本概况

纺织工业是我国传统的支柱产业之一，已有一个多世纪的发展历史，是我国民族工业中历史最悠久的产业之一。

20 世纪 70 年代，纺织工业已基本建设成为一个门类较齐全、布局较为合理、原料与设备基本立足于国内、生产技术达到一定水平的工业部门。

自 1978 年党的十一届三中全会以来，我国纺织工业开始了快速发展，尤其是 1983 年取消布票供应制和 1984 年加入了世界多种纤维协定组织之后，纺织工业开始了由传统内向生产型向出口外向经营型的历史转变，取得了举世瞩目的成就。改革开放以来，纺织工业进入了前所未有的高速增长期，产业综合能力不断增强，基本形成了上、中、下游互相衔接，产品门类齐全，棉、毛、丝、麻、化纤、服装、纺织机械等行业配套较为完整的产业体系。

纺织工业的上游产业主要指各类纤维生产和加工，如天然纤维的棉花、羊毛和各类化学纤维等生产领域；中游产业指纺纱、织布、印染等生产领域；而下游产业主要指服装加工（含鞋、帽等）生产领域。当前纺织工业已形成从原料生产到成品加工的完整的产业体系。产业综合能力不断增强，国际贸易地位逐年提高。我国已是世界上最大的纺织品出口国，目前占有 13% 左右的国际市场份额。

从 1978 年到 1995 年的 17 年间，据统计，纺织工业累计实现利税 3800 亿元，累计出口创汇 2334.5 亿美元，累计净创汇 1105 亿美元，累计吸纳就业人口 1000 万。纺织工业的平均年增长率已达 13.7%，1995 年纺织工业总产值达到 5986 亿元，而到 2000 年

已达到 7071 亿元，全行业纺织纤维加工总量从 1995 年的 800 万吨到 2000 年的 1210 万吨，2000 年人均年纤维消费量达到 6.6kg。

我国的纺织工业属于传统产业，其高新技术含量相对较低。我国有较丰富的原料资源，有相对便宜和充足的劳动力资源。其各类产品（包括布料和服装）价格相对较低，是我国出口最具竞争优势的产业。加之我国 13 亿人口的国内消费市场做依托，属于永恒的产业。特别是在“九五”期间，纺织工业进行了大规模的产业结构和产品结构的调整，取得了较为明显成效。只要抓住机遇，勇于创新，纺织工业必将再创辉煌。从历年出口贸易额来看，纺织工业净创汇额均居其他行业首位。展望今后相当长一段时间，纺织工业在出口创汇方面仍将起重要作用，并将为其他产业部门的技术引进、结构调整所需用的外汇做出贡献。

目前我国纺织工业在国民经济和世界贸易中具有举足轻重地位。我国的棉纱、棉布、呢绒、丝织品、化纤产品和服装的产量均居世界第一位，是世界上最大的纺织生产大国。随着经济全球化、贸易自由化的加速发展，特别是加入世界贸易组织 WTO 后，我国纺织工业为了适应国际竞争的需要，将加快由纺织大国向纺织强国转变的步伐。

一、纺织工业分类

纺织工业按行业主要可分为纺织业、印染业、化学纤维制造业、服装业和纺织专用设备制造业。

纺织业包括棉纺织、毛纺织、麻纺织、丝绢纺织、针织业。纺织业是将各类天然纤维（棉、麻、丝、毛等）、化学纤维（涤纶、腈纶、粘胶等）或两者按一定比例混合的纤维加工成为各类纱线和坯布。其生产过程属于物理加工过程。

印染业是将由各类纤维加工制造的坯布，通过染色和印花工艺生产出各类带色彩和图案的织物。它属于物理化学加工过程。印染业中，棉纺印染业是最大行业。

化学纤维制造业包括合成纤维（涤纶、锦纶、腈纶、维纶等）、人造纤维（粘胶、铜氨）的生产。其中合成纤维是将通过化工工艺

制造各类聚合物单体通过物理和化学方法加工成为各类纤维。而人造纤维，如粘胶纤维，其加工工艺较为复杂，它包括从原料（棉短绒、木材）、棉浆粕、抽丝（长丝、短纤维）等全过程，也属于物理化学加工过程。

服装业是将经过印染工艺加工后的各类纺织产品，通过物理方法加工成为各式服装等。服装业还包括制帽、制鞋。

纺织专用设备制造业为上述各行业加工提供各类纺织机械及相关配件和附属设备。

按纺织产品的应用领域又可分为衣着用、装饰用和产业用纺织品三大类。截止到 2000 年，三者产量的比例为 67:20:13。

二、纺织印染行业分类

根据产品使用的原料、产品的品种、产品的加工方式和产品的用途不同，可有不同的行业划分方式。但从控制污染和治理污染方面考虑，由于使用原料不同，其产品加工方式和产生污染物性质和数量不同，其控制污染和治理污染的方法也有不同。因此，按原料进行分类较为适宜，据此分为棉纺印染行业、毛纺染整行业、丝绸印染行业和麻纺印染行业。

纺织工业使用的原料是各种纤维，它又分为天然纤维和化学纤维两大类，其中天然纤维包括：棉、麻等植物性纤维和毛、丝等动物性纤维。化学纤维又包括：人造纤维（粘胶纤维、铜氨纤维等）和合成纤维（锦纶、涤纶、腈纶、维纶、丙纶等）两大类。

纺织工艺包括纺纱、织造；而染整工艺包括染丝、印花、整理等。它首先将杂乱无章的纤维，逐步通过纵向顺序排列纺成纱线，然后，通过经纱和纬纱的交叉排列，织成织物，使织物具有纹络和花型，形成实用美观的外表，再经过印花、染色、整理、加工进一步发挥其美观性和实用性。不同纤维通过上述诸生产工艺过程加工成为各种颜色的布或各式服装，成为人们日常生活中离不开的产品和一些工业部门的必需品。

毛纺织染整行业、丝绸印染行业、麻纺织染整行业一般均包括由纤维经过纺纱、织造、印花或染色和整理的全部工艺流程。而棉

纺织产品，由于其产品产量大，其纺织和印染大多数是在不同企业进行加工。棉纺织厂一般加工的产品为坯布或纱线，而印染厂则将坯布经过处理后，再进行染色或印花，最后产品为染色布、印花布或漂白布。

上述四个行业生产的产品分别称为棉纺印染产品、毛纺织染整产品、丝绸印染产品、麻纺印染产品。而由各种化学纤维加工的产品称为纯化纤产品。化学纤维还可以与各种天然纤维按不同比例混合而加工成各种混纺产品，在利用天然纤维加工为主的各行业中，各种混纺织物所占的比例越来越高，因此，各行业的产品均形成天然纤维织物与混纺纤维织物并重的局面。

据统计，目前在棉、毛、丝、麻各类天然纤维中，以棉花为主加工成的棉织物数量占天然织物总量的 85% 以上，是数量最大的一种产品；毛织物产品占 10%；丝和麻产品占总量的 5%（丝织品中，仿真丝产品占 85% 左右，真丝产品占 15%）。

据国家纺织信息中心 1999 年统计，各主要产品的产量见表 1-1。

表 1-1 纺织工业 1999 年主要产品产量

名 称	产 量	名 称	产 量
化学纤维/万吨		针棉织品/万吨	86.84
粘胶纤维	46.40	呢绒/10 ⁸ m	2.75
合成纤维	554.22	苧亚麻纱线/万吨	6.26
纱/万吨	570.48	苧亚麻布/10 ⁸ m	1.29
布/10 ⁸ m	250.00	丝织品/10 ⁸ m	69.56
印染布/10 ⁸ m	160.45	服装/亿件	160.90

根据统计，2000 年纺织工业纤维加工总量 1210 万吨，其中天然纤维用量 470 万吨，而棉花纤维为 410 万吨，占天然纤维总量的 87%。预计到 2005 年纤维加工量将达到 1425 万吨，其中，天然纤维用量约 510 万吨，棉花纤维占 435 万吨，蚕丝、羊毛、原麻占 75 万吨，其余为化学纤维。由于我国人口众多，土地资源有限，天然纤维资源的生产和再发展有一定限度，因此化学纤维将获得较

快的发展。2000年化学纤维产量为740万吨，预计2005年将达到915万吨。

三、纺织印染行业生产技术水平分析

改革开放以来，我国纺织工业的生产、贸易和消费领域，发生了深刻变化，纺织工业平均每年以13.7%的速度增加，取得了举世瞩目的巨大成就。从根本上改变了我国纺织品供应长期紧缺的局面，基本上满足了人民衣着消费需要。

在我国经济发展中，纺织工业有过辉煌的发展历史，但是由于多年来低水平重复建设，自1993年至1996年全行业出现亏损，为了扭转这种局面，在1997年开始进行较大调整。“九五”期间是纺织工业有史以来调整力度最大的五年，又是在困境中快速发展的五年。全行业资产总额从1995年830亿元，提高到2000年的977亿元；利润总额从1995年的32.7亿元，提高到2000年的290亿元。2000年是我国纺织工业进入20世纪90年代以来经营状况最好的一年。

“九五”期间，行业的技术改造和技术进步明显加快，根据市场需求情况，开展了以质量、品种、效益为中心，积极调整产业结构，使行业结构、产品结构得到了优化和改善。特别是通过1997年后进行的大规模“压锭、重组、改造”，在压缩、淘汰落后生产能力，努力开发新产品方面，迈出了纺织工业机构调整的重要步伐。其发展模式和目标，已逐步由数量主导型向质量、品种、效益型过渡，实现产业结构升级。

在此期间，棉纺行业淘汰了940万锭陈旧落后棉纺设备，使总量得到有效的控制，90年代设备达到1/3左右，80年代的设备占2/3左右；无梭布机比重由1995年的15%提高到20%。技术水平有明显提高，产品质量也有所提高，竞争能力有所增强。但与国际水平相比尚有较大差距。

化学纤维在纺织纤维加工总量中的比重，由1995年的45%上升到2000年的60%。化学纤维生产得到高速发展，企业的生产规模也有提高，并且提高了骨干企业在国际上竞争实力。但是合成纤

维原料发展还滞后，企业产品结构仍较单一，市场快速反应机制还没有建成。

毛纺行业在 2000 年已压缩 28 万落后锭，使 90 年代毛纺锭约占 1/3，其中达到国际先进水平的约为 9%，无梭织布机约占 18%。但总体看，毛纺产品仍存在着档次低、花色品种少，附加值低、创新能力差等问题。

印染行业在纺织工业发展中占有重要地位，印染后整理水平在一定程度上反应了一个国家纺织加工的水平，它是体现纺织产品经济价值和提高纺织品和服装附加值的重要因素。改革开放以来，我国的印染后整理技术水平有较大进步，在质量、品种、装备上都有一定的改善，但总体上我们与国际水平相比还有相当差距，技术改造任务还相当重。印染行业仅有 10% 设备达到国际先进水平。中低档产品生产能力大，产品过度竞争，产品结构不适应国内外市场的需要，设备陈旧，缺乏产品开发能力；工业技术和管理落后，难以适应小批量、多品种、高质量、快交货的要求，特别是不能满足我国服装业迅猛发展的需要。

我国服装业近些年来获得迅猛发展，其生产能力从 1995 年的 126 亿件，增长到 2000 年的 138 亿件，从 1994 年至今一直位居世界第一服装生产大国和出口大国，但是，我国服装生产的科技水平较落后，不能满足服装生产需要。我国服装生产主要为加工贸易型企业，大都没有独立的服装品牌。

近几年来，具有环境标志的生态纺织品在国内外已越来越引起人们的重视。特别是德国于 1994 年提出的禁用 22 类产生对人体有害芳香胺的 118 种偶氮染料后，引起我国印染和染料化工行业的高度重视。我国染料化工业积极采取对策，对染料进行筛选和设备进行技术改造，与外国公司合资生产新型染料，以适应世界潮流的发展。

综上所述，我国纺织和印染行业，在相关产业科技进步的支持下，设备和技术水平有明显提高，其产品产量在国际和国内市场占有重要地位。但是总体上看，纺织印染行业技术水平与国际先进水

平还有一定差距，技术开发能力还不足。其技术水平的发展与国外发达国家纺织工业技术的发展密切相关，有较高的国际依存度，还需不断学习和借鉴国外先进技术、先进经验，引进先进设备，提高总体水平。在提高科技水平方面，纺织工业“十五”规划中都提出具体要求。

我国加入 WTO 后，纺织印染行业将面临新形势，既有机遇又有挑战，我们要抓住机遇，面临挑战，克服困难，勇于创新，使我国纺织印染行业总体水平上一个新台阶。

第二节 棉纺印染产品生产工艺

棉纺织及其印染行业是我国纺织工业中规模最大、基础较好、历史悠久的行业，在我国已有近百年的发展历史。棉纺织行业的纤维加工量占纺织工业纤维加工总量的 85% 左右。其纱、布产品直接影响着棉印染、针织及最终纺织品的发展。棉纺织印染产品目前成为我国人民主要的消费品，其花色品种齐全，价格适宜，其产品加工成服装后适宜于各种场合穿着，因此深受广大人民群众欢迎。

由于棉纺织印染产品产量较大，在其发展的过程中又分为棉纺织行业及印染行业。棉纺织行业主要是将棉花纤维经过梳理，纺成纱，再由纱织成布的过程，这种布又称为坯布，一般作为中间产品送至印染厂再加工，也有部分作为最后产品在市场上销售。而棉印染行业则是将坯布加工成各种颜色的印花布和染色布，直接满足广大人民群众的衣着需要。我国棉纺织设备加工能力较强，2000 年棉纺锭为 3300 万锭。棉纺织机共有 70 万台，其中无梭织机为 9.7 万台。

我国的棉印染行业在棉纺织行业发展基础上，也获得了较大发展。据 2000 年统计，国有企业和年销售额 500 万元以上的非国有企业，其生产量已达到 $160 \times 10^8 \text{m}$ ，全国每人平均达 13m。

棉印染行业使用染化料品种和数量最多。由于棉花纤维为纤维素纤维，其与染料的结合力主要靠范德华力和氢键结合，其使用染