



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材  
全国高等学校教材

供康复治疗学专业用

# 临床康复工程学

CLINICAL  
REHABILITATION  
ENGINEERING

主 编 舒 彬

第2版



 人民卫生出版社



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材

全国高等学校教材

## 供康复治疗学专业用

- |   |  |
|---|--|
| <p>1 功能解剖学 第3版<br/>功能解剖学学习指导及习题集(第2版)<br/>功能解剖学实训指导(第2版)</p> <p>2 康复生理学 第3版<br/>康复生理学学习指导及习题集(第2版)</p> <p>3 人体发育学 第3版<br/>人体发育学学习指导及习题集(第2版)</p> <p>4 人体运动学 第3版<br/>人体运动学学习指导及习题集(第3版)<br/>人体运动学实训指导(第2版)</p> <p>5 康复医学概论 第3版<br/>康复医学概论学习指导及习题集(第2版)</p> <p>6 康复功能评定学 第3版<br/>康复功能评定学学习指导及习题集(第2版)<br/>康复功能评定学实训指导(第2版)</p> <p>7 物理治疗学 第3版<br/>物理治疗学学习指导及习题集(第3版)<br/>物理治疗学实训指导(第2版)</p> <p>8 作业治疗学 第3版<br/>作业治疗学学习指导及习题集(第2版)<br/>作业治疗学实训指导(第2版)</p> <p>9 语言治疗学 第3版<br/>语言治疗学学习指导及习题集(第3版)<br/>语言治疗学实训指导(第2版)</p> | <p>10 传统康复方法学 第3版<br/>传统康复方法学学习指导及习题集(第2版)<br/>传统康复方法学实训指导(第2版)</p> <p>11 临床疾病概要 第3版<br/>临床疾病概要学习指导及习题集(第2版)</p> <p>12 肌肉骨骼康复学 第3版<br/>肌肉骨骼康复学学习指导及习题集(第3版)<br/>肌肉骨骼康复学实训指导</p> <p>13 神经康复学 第3版<br/>神经康复学学习指导及习题集(第3版)<br/>神经康复学实训指导</p> <p>14 内外科疾病康复学 第3版<br/>内外科疾病康复学学习指导及习题集(第2版)<br/>内外科疾病康复学实训指导(第2版)</p> <p>15 社区康复学 第2版<br/>社区康复学学习指导及习题集(第2版)</p> <p>➤ 16 <b>临床康复工程学 第2版</b><br/>临床康复工程学学习指导及习题集(第2版)<br/>临床康复工程学实训指导(第2版)</p> <p>17 康复心理学 第2版<br/>康复心理学学习指导及习题集(第2版)</p> <p>18 儿童康复学<br/>儿童康复学学习指导及习题集<br/>儿童康复学实训指导</p> <p>19 老年康复学<br/>老年康复学学习指导及习题集<br/>老年康复学实训指导</p> |
|---|--|



扫描圆标二维码 或登录 [jh.ipmph.com](http://jh.ipmph.com) 享受增值服务

策划编辑 刘水  
责任编辑 肖宛凝 刘水  
封面设计 永诚天地  
郭淼  
版式设计 白亚萍

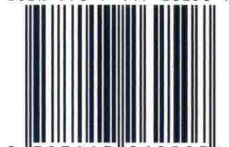
人卫智网  
[www.ipmph.com](http://www.ipmph.com)  
医学教育、学术、考试、健康,  
购书智慧智能综合服务平台

人卫官网  
[www.pmph.com](http://www.pmph.com)  
人卫官方资讯发布平台



关注人卫健康  
提升健康素养

ISBN 978-7-117-26250-7



9 787117 262507 >

定价: 59.00元



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材  
全国高等学校教材

供康复治疗学专业用

# 临床康复工程学

## CLINICAL REHABILITATION ENGINEERING

第2版

主 编 舒 彬

编 者 (以姓氏笔画为序)

Fan Gao 美国德克萨斯大学西南医学  
中心

Li-Qun Zhang 美国马里兰大学康复工  
程系

丁 桃 昆明医科大学第一附属医院

于旭东 温州医科大学附属眼视光医院

王振宇 重庆医科大学附属永川医院

方 新 北京社会管理职业学院假肢矫  
形康复系

龙顺波 武警总医院

刘夕东 成都中医药大学康复工程教研室

刘旭东 承德医学院附属医院

闫松华 首都医科大学生物医学工程学院

李春龙 哈尔滨医科大学附属第五医院

杨志金 桂林联勤保障中心昆明总医院

何林宜 暨南大学附属珠海医院

余 茜 电子科技大学附属四川省人民  
医院

林建强 浙江大学明州医院

侯文生 重庆大学生物工程学院

姜 丽 中山大学附属第三医院

蒋宛凌 陆军军医大学第三附属医院

舒 彬 重庆大学生物工程学院

学术秘书 白川川 重庆医科大学附属大学城医院

蒋宛凌 (兼)

 人民卫生出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

临床康复工程学/舒彬主编. —2 版. —北京:人民卫生出版社,  
2018

全国高等学校康复治疗专业第三轮规划教材

ISBN 978-7-117-26250-7

I. ①临… II. ①舒… III. ①康复医学-医学工程-高等学校-  
教材 IV. ①R496

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 071534 号

人卫智网 [www.ipmph.com](http://www.ipmph.com) 医学教育、学术、考试、健康,  
购书智慧智能综合服务平台  
人卫官网 [www.pmph.com](http://www.pmph.com) 人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

## 临床康复工程学

第 2 版

主 编:舒 彬

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址:北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编:100021

E - mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:河北新华第一印刷有限责任公司

经 销:新华书店

开 本:850×1168 1/16 印张:19

字 数:535 千字

版 次:2013 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 2 版

2019 年 2 月第 2 版第 3 次印刷(总第 12 次印刷)

标准书号:ISBN 978-7-117-26250-7

定 价:59.00 元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

## 全国高等学校康复治疗学专业第三轮规划教材修订说明

全国高等学校康复治疗学专业第二轮规划教材于2013年出版,共17个品种,通过全国院校的广泛使用,在促进学科发展、规范专业教学及保证人才培养质量等方面,都起到了重要作用。

为深入贯彻教育部《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和国家卫生和计划生育委员会《国家医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》文件精神,适应我国高等学校康复治疗学专业教育、教学改革与发展的需求,通过对康复治疗学专业第二轮规划教材使用情况和反馈意见的收集整理,经人民卫生出版社与全国高等学校康复治疗学专业第三届教材评审委员会研究决定,于2017年启动康复治疗学专业第三轮规划教材的修订工作。

经调研和论证,本轮教材新增《儿童康复学》和《老年康复学》。

康复治疗学专业第三轮规划教材的修订原则如下:

1. **坚持科学、统一的编写原则** 根据教育部培养目标、卫生计生部门行业要求、社会用人需求,在全国进行科学调研的基础上,充分论证本专业人才素质要求、学科体系构成、课程体系设计和教材体系规划后,制定科学、统一的编写原则。

2. **坚持必需、够用的原则** 根据专业培养目标,始终强调本科教材“三基”“五性”“三特定”的编写要求,进一步调整结构、精炼内容,满足培养康复治疗师的最基本需要。

3. **坚持紧密联系临床的原则** 强调康复理论体系和临床康复技能的培养,使学生毕业后能独立、正确处理与专业相关的康复常见实际问题。

4. **坚持教材创新发展的原则** 本轮教材采用了“融合教材”的编写模式,将纸质教材内容与数字资源内容相结合,教材使用者可以通过移动设备扫描纸质教材中的“二维码”获取更多的教材相关富媒体资源,包括教学课件、自测题、教学案例等。

5. **坚持教材立体化建设的原则** 从第二轮修订开始,尝试编写了服务于教学和考核的配套教材,本轮19种理论教材全部编写了配套《学习指导及习题集》,其中13种同时编写了配套《实训指导》,供教师授课、学生学习和复习参考。

第三轮康复治疗学专业规划教材适用于本科康复治疗学专业使用,理论教材共19种,计划于2018年秋季出版发行,全部数字资源内容也将同步上线。

希望全国广大院校在使用过程中提供宝贵意见,为完善教材体系、提高教材质量及第四轮规划教材的修订工作建言献策。

## 全国高等学校康复治疗学专业第三轮规划教材目录

1. 功能解剖学（第3版）  
主编 汪华侨 副主编 臧卫东 倪秀芹
2. 康复生理学（第3版）  
主编 王瑞元 副主编 朱进霞 倪月秋
3. 人体发育学（第3版）  
主审 李晓捷 主编 李林 武丽杰 副主编 陈翔 曹建国
4. 人体运动学（第3版）  
主编 黄晓琳 敖丽娟 副主编 潘燕霞 许涛
5. 康复医学概论（第3版）  
主编 王宁华 副主编 陈伟 郭琪
6. 康复功能评定学（第3版）  
主编 王玉龙 副主编 高晓平 李雪萍 白玉龙
7. 物理治疗学（第3版）  
主编 燕铁斌 副主编 姜贵云 吴军 许建文
8. 作业治疗学（第3版）  
主编 窦祖林 副主编 姜志梅 李奎成
9. 语言治疗学（第3版）  
主审 李胜利 主编 陈卓铭 副主编 王丽梅 张庆苏
10. 传统康复方法学（第3版）  
主编 陈立典 副主编 唐强 胡志俊 王瑞辉

11. 临床疾病概要 (第3版)  
主编 周 蕾 副主编 许军英 范慧敏 王 嵘
12. 肌肉骨骼康复学 (第3版)  
主编 岳寿伟 副主编 周谋望 马 超
13. 神经康复学 (第3版)  
主编 倪朝民 副主编 胡昔权 梁庆成
14. 内外科疾病康复学 (第3版)  
主编 何成奇 吴 毅 副主编 吴建贤 刘忠良 张锦明
15. 社区康复学 (第2版)  
主编 王 刚 副主编 陈文华 黄国志 巩尊科
16. 临床康复工程学 (第2版)  
主编 舒 彬
17. 康复心理学 (第2版)  
主编 李 静 宋为群
18. 儿童康复学  
主编 李晓捷 副主编 唐久来 杜 青
19. 老年康复学  
主编 郑洁皎 副主编 桑德春 孙强三

## 全国高等学校康复治疗学专业第三届教材评审委员会名单

**主任委员** 燕铁斌（中山大学）

**副主任委员** 岳寿伟（山东大学）  
李晓捷（佳木斯大学）  
宋为群（首都医科大学）  
吴毅（复旦大学）

### 委员（按姓氏笔画排序）

王红（上海健康医学院）	陈立典（福建中医药大学）
王磊（南京中医药大学）	武丽杰（哈尔滨医科大学）
王玉龙（深圳大学）	欧海宁（广州医科大学）
王宁华（北京大学）	胡文清（河北医科大学）
许建文（广西医科大学）	胡志俊（上海中医药大学）
刘忠良（吉林大学）	姜贵云（承德医学院）
杜青（上海交通大学）	敖丽娟（昆明医科大学）
李雪萍（南京医科大学）	高晓平（安徽医科大学）
吴军（大连医科大学）	郭琪（天津医科大学）
吴霜（贵州医科大学）	唐强（黑龙江中医药大学）
何成奇（四川大学）	黄国志（南方医科大学）
张志强（中国医科大学）	黄晓琳（华中科技大学）
陈伟（徐州医科大学）	舒彬（重庆医科大学）
陈颖（海南医学院）	潘燕霞（福建医科大学）

**秘书** 金冬梅（中山大学）



### 舒 彬

男，1968年10月出生，重庆人。教授，主任医师，博士研究生导师，重庆市健康促进与健康教育学会理事长，重庆明州康复医院院长，*Journal of Health Promotion and Rehabilitation* 执行主编。

1994年获得南京医科大学运动医学专业硕士学位，2000年获得第三军医大学康复医学与理疗学专业博士学位，2009—2010年获得国家留学基金管理委员会全额资助赴美国托马斯·杰弗逊大学留学（访问学者）。1987—2000年于第三军医大学西南医院康复理疗科工作，2000—2013年任第三军医大学大坪医院康复医学科副主任、主任，兼大坪创伤专科医院副院长，2013—2016年任重庆医科大学附属大学城医院副院长，2015—2016年兼重庆医科大学附属康复医院副院长。专业特长创伤康复、康复工程。出版教材专著27部，主编《创伤康复学》《临床康复工程学》等规划教材13部。以第一作者或通讯作者发表论文82篇，以第一完成人获得军队医疗成果二等奖1项，国家发明专利1项，实用新型专利4项。现任学术职务有美国物理医学与康复医学会（AAPRM）会员，重庆市医师协会康复医师分会会长，重庆市健康促进与健康教育学会康复医学专业委员会主任委员，中国康复医学会理事，中国医师协会康复医师分会理事，中国康复医学会重症康复专业委员会常务委员等。

## 前言

近年，国务院及相关部委先后发布了《国务院关于加快发展康复辅助器具产业的若干意见》《国家康复辅助器具产业综合创新试点工作方案》《支持国家康复辅助器具产业综合创新试点工作政策措施清单》，这些文件及政策措施的出台，必将极大地推动我国康复工程产业的发展。为满足全国高等学校本科康复治疗学专业的教学以及时代发展的需要，我们组织了国内外 19 位专家对第 1 版教材进行了修订。与第 1 版相比，再版教材主要有以下特点：

1. 新增“自助具”章节。
2. 在每章前增加了学习要点。
3. 新增数字资源，包含多媒体课件、同步练习、知识拓展、图片、微视频等。

本教材第一章绪论由舒彬撰写，第二章临床康复工程学基础由闫松华撰写，第三章康复评定和治疗设备由姜丽、余茜、Fan Gao、Li-Qun Zhang 撰写，第四章矫形器由舒彬、刘夕东、王振宇、杨志金撰写，第五章假肢由舒彬、方新撰写，第六章轮椅与助行器由蒋宛凌、侯文生撰写，第七章自助具由刘旭东撰写，第八章坐姿系统与坐垫由李春龙撰写，第九章无障碍环境由舒彬、林建强撰写，第十章交流与智力障碍的辅助器具由龙顺波、于旭东、何林宜、丁桃撰写。

本教材不仅适用于全国高等学校本科康复治疗学专业教学，而且可作为康复医学、康复工程专业研究生的参考书，以及继续教育用书。

本教材的微视频、图片等数字资源得到了重庆市康健假肢矫型器有限公司、奥托博克（中国）工业有限公司、广州市三好计算机科技有限公司、佛山市第一人民医院耳鼻喉科、国际健康集团有限公司（香港）、*Journal of Rehabilitation Research & Development*（美国）、*Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*（英国）、Dr.Li-Qun Zhang（美国）、Dr.Fan Ng（美国）等单位与个人的支持，本教材的编写还得到了我家人及同事的大力支持与帮助，在此一并感谢。

由于编者水平有限，本书的缺点与错误在所难免，敬请读者批评指正。

舒 彬

2018 年 3 月

## 01

### 第一章 绪论

第一节	临床康复工程学概述	1
	一、定义与对象	1
	二、形成与发展	2
第二节	康复工程与辅助技术	4
	一、康复工程	4
	二、辅助技术	8

## 02

### 第二章 临床康复工程学基础

第一节	生物力学	11
	一、基本力学概念	11
	二、肌骨系统生物力学	13
	三、人体运动的生物力学	17
	四、与假肢矫形器设计有关的 生物力学	19
	五、与坐姿系统和坐垫设计有关的 生物力学	21
第二节	人机工程学	22
	一、人-机界面	22
	二、环境控制技术	24

## 03

### 第三章 康复评定和治疗设备

第一节	常用康复评定设备	28
	一、运动功能评定设备	28
	二、心肺功能评定设备	32

	三、电生理评定设备	36
第二节	常用康复治疗设备	38
	一、物理因子治疗设备	38
	二、康复训练器械	42
第三节	康复机器人	45
	一、分类	46
	二、结构与临床应用	47
第四节	虚拟现实技术	55
	一、原理与特性	55
	二、结构与临床应用	56
	三、常见虚拟现实康复系统	57
第五节	功能性电刺激	58
	一、原理与结构	58
	二、临床应用	59

## 04

### 第四章 矫形器

第一节	概述	62
	一、定义与命名	62
	二、分类	63
	三、治疗作用	65
	四、装配程序	66
	五、常用设备与工具	68
	六、不良作用与防治	69
第二节	脊柱矫形器	70
	一、结构	70
	二、设计要求	79
	三、临床适配性检查	79
	四、临床应用	82
第三节	上肢矫形器	87
	一、结构	88
	二、设计要求	94

三、临床适配性检查	95
四、临床应用	97
第四节 下肢矫形器	101
一、结构	101
二、设计要求	112
三、临床适配性检查	113
四、临床应用	115

## 05 第五章 假肢

第一节 概论	118
一、分类	118
二、主要制作材料	119
三、现代截肢技术	121
四、截肢后的残肢处理	124
五、假肢装配程序	127
第二节 下肢假肢	130
一、下肢假肢结构	131
二、选配	138
三、康复训练	142
四、下肢假肢评定	147
第三节 上肢假肢	149
一、上肢假肢结构	149
二、选配	160
三、康复训练	163
四、上肢假肢评定	168

## 06 第六章 轮椅与助行器

第一节 轮椅	173
--------	-----

一、分类	173
二、结构	174
三、选配与使用	177
第二节 助行器	183
一、结构与分类	183
二、选配与临床应用	189

## 07 第七章 自助具

第一节 作用与分类	193
一、主要作用	193
二、分类	193
第二节 选配与改制	200
一、选配原则	200
二、选配流程与制作方法	201

## 08 第八章 坐姿系统与坐垫

第一节 坐姿系统	204
一、分类	204
二、结构	207
三、选配	209
四、临床应用	213
第二节 坐垫	214
一、分类和结构	214
二、选配	216

## 09 第九章 无障碍环境

第一节 无障碍环境的改造原则和步骤	221
一、改造原则	221
二、改造步骤	222
第二节 无障碍环境的应用	223
一、生活环境无障碍	223
二、行动环境无障碍	225
三、交流环境无障碍	227
四、教育环境无障碍	228
五、就业环境无障碍	228
六、文体环境无障碍	229
七、宗教环境无障碍	229
八、居家环境无障碍	230
九、公共环境无障碍	234

## 10 第十章 交流与智力障碍的辅助器具

第一节 听觉障碍的辅助器具	238
---------------	-----

一、助听器	238
二、人工耳蜗	241
第二节 视觉障碍的辅助器具	242
一、助视器的放大原理	242
二、远用光学助视器	243
三、近用光学助视器	244
四、电子助视器	248
五、非光学助视器	250
六、非视觉性的辅助设备或装置	251
第三节 言语障碍的辅助器具	252
一、语言增强与交流替代系统	252
二、人工喉	256
第四节 智力障碍的辅助器具	258
一、提高生活质量的辅助器具	258
二、多感官训练系统	259
三、计算机认知训练系统	261
四、卫星跟踪定位系统	262
附录 《辅助器具-分类与术语》	264
推荐阅读	273
中英文名词对照索引	276



# 第一章 绪论

## 【学习要点】

掌握：临床康复工程学的定义与对象，辅助器具的定义及 ISO 9999:2011 分类标准。

熟悉：临床康复工程学的实施途径，康复工程及辅助技术的含义。

了解：临床康复工程学的形成与发展，康复工程产品的分类及辅助技术的组成。

## 第一节 临床康复工程学概述

1981年，世界卫生组织（World Health Organization, WHO）将康复定义为：应用各种有用的措施以减轻残疾的影响和使残疾人重返社会。在这些措施中，不仅有医学的、教育的，而且有社会的、职业的，更有工程的措施。康复工程是现代科学技术与人体康复需求相结合的产物，是全面康复的重要内容。随着科技的发展，社会的进步，人口的老齡化，越来越多的康复工程技术与产品呈现并应用于临床，极大地推动了我国临床康复工程学的发展。

### 一、定义与对象

#### （一）定义

临床康复工程学（clinical rehabilitation engineering, CRE）是在临床实践中，采用工程学的原理和方法，改善功能障碍者的活动和参与，使之重返社会，提高其生活质量的一门学科。

#### （二）对象

临床康复工程学的对象是各种功能障碍者。根据《国际功能、残疾与健康分类》（International Classification of Function, Disability and Health, ICF）观点，功能障碍者（persons with disability, PWD）是指有一种或多种损伤，一种或多种活动受限，一种或多种参与限制，或三者兼有的人。

功能障碍者主要来自于以下三类人群。

1. 残疾人 残疾人是指带有永久损伤的人，我国将残疾分为六大类，分别是肢体残疾、视力残疾、听力残疾、语言残疾、智力残疾和精神残疾，每类残疾均有严格的定义和分级标准。以肢体残疾为例，它是指人的肢体残缺、畸形、麻痹所致人体运动功能障碍。肢体残疾的分级是以残疾人在无辅助器具帮助下，对端坐、站立、行走、穿衣、洗漱、进餐、如厕、写字等项目进行评分，评分标准是实现1项算1分，实现困难算0.5分，不能实现算0分。根据评分结果，将肢体残疾分为四个等级，一级残疾最重，四级残疾最轻。据世界卫生组织2005年统计，全世界共有残疾人6亿，约占总人口

的10%，其中儿童约2亿，80%在发展中国家。据2006年第二次全国残疾人抽样调查结果，我国有残疾人8296万，约占总人口数6.34%。所有残疾人都是功能障碍者。

2. 老年人 我国于2000年11月进行了全国第五次人口普查，总人口为12.95亿，其中65岁以上人口为8811万，占总人口比例为6.96%，标志着我国已进入老龄社会。预计到2040年，60岁以上人口将达到3.74亿，占人口总数24.48%。随着年龄增长，老年人在视力、听力、语言、活动等方面都会出现不同程度的功能减退，但其功能减退程度尚未达到残疾的标准，因此这些老年人仅仅属于功能障碍者，而不是残疾人。

3. 伤病人 创伤与疾病所致功能障碍，多数为暂时性或者过渡性，仅少部分会转化为真正的残疾人。以脑外伤为例，其致残率极高，但在美国2001年统计的23万例脑外伤病人中，仅有9万例伴有持续性功能障碍。

### （三）途径

采用工程学原理与方法来改善功能障碍者的活动和参与，主要依靠三条途径。

1. 补偿 当功能障碍者由于身体功能减弱或丧失以致造成了某些活动的困难，但如果还有残留潜能可利用时，则通过辅助器具的补偿，增强已经减弱或丧失的原有身体功能来克服活动困难，即补充原有的功能。例如：有残存听力者（听力潜能），通过佩戴助听器来补偿减弱的听力后，就可以重新听到外界的正常声音，即助听；有残存视力者，通过佩戴电子助视器来补偿减弱的视力后，就可以重新看到外部世界，即助视；有残存言语能力（言语潜能）的语言障碍者，通过扩音器或人工喉来补偿减弱的言语功能后，就可以恢复交流能力，即助说；上肢截肢者安装功能性假肢后，基本恢复上肢原有的自理功能，即助动；下肢截肢者安装假肢后恢复行走功能，即助行。

2. 代偿 当功能障碍者的原有功能基本丧失（无潜能），又无法通过补偿方式来增强原有功能时，就只能通过辅助器具发挥其他功能的潜能来代偿失去的功能，以克服活动困难，即代替原有的功能。例如：视觉障碍者（盲人）可以使用发挥触觉和听觉潜能的辅助器具来代偿失去的视觉功能，如盲杖、超声导盲装置、盲文读物、语音血压计等，即代视；听觉障碍者（聋人）可以使用发挥视觉和触觉潜能的辅助器具来代偿失去的听觉功能，如电视字幕、振动闹钟等，即代听；言语障碍者可以使用交流板来代偿失去的言语功能，即代说；下肢功能障碍者可以使用轮椅的转动来代偿失去的行走功能，即代行；常年卧床的四肢瘫痪者，通过眼控鼠标或舌控鼠标，来代偿手操作电脑，即代动。

3. 适应 当功能障碍者使用辅助器具获得的功能补偿或代偿仍不能全面参与活动时，就只能采用适应性辅助器具来创建无障碍环境。例如：视觉障碍者越过公路时，目前的任何导盲装置都不能识别红绿灯，就只能安装蜂鸣器，用不同频率的声音来表示红绿灯；视觉与听觉障碍者越过公路时，就只能安装振动器，用不同频率的振动来表示红绿灯；助听器佩戴者参加报告会时，由于会场嘈杂影响听报告，则可安装感应环路来直接听到报告者的声音；轮椅乘坐者在遇到台阶时就显得无能为力，只能用坡道和扶手来适应轮椅上台阶。

## 二、形成与发展

### （一）假肢矫形器学是临床康复工程学的基础

临床康复工程学的前身是假肢矫形器学。最早的假肢文献记载是公元前484年，公元前4世纪希腊名医希波克拉底采用各种夹板治疗骨折、脱臼和先天畸形。中世纪，出现了金属假肢和矫形器。

1656年，在柏林成立了世界上第一个假肢行会。1740年，巴黎大学医学教授 Nicholas Andry 提出了“矫形”概念。19世纪的美国南北战争促进了假肢，尤其是下肢假肢的发展。第一次世界大战出现的大批截肢者，促使假肢制作在许多国家成为一个行业。期间矫形器技术也得到很大发展，特别是20世纪40年代发明的密尔沃基式脊柱侧凸矫形器，开创了脊柱矫形技术的新时代。第二次世界大战后，由于战争中有许多士兵截肢、瘫痪，美国政府非常重视这些退伍军人的康复，1945年，美国退伍军人管理部在巴尔的摩建立了康复研究和开发服务院，组织工程师和康复医生、物理治疗师、作业治疗师、假肢师一起工作，并制订了以伤残退伍军人为服务对象的假肢研究计划，还成立了假肢研究开发委员会，设立专项资金进行假肢矫形器的研究与开发。第二次世界大战的客观需求促使假肢矫形器从古老的传统手工艺技术发展为一门学科。

## （二）临床康复工程学是假肢矫形器学的继承与发展

20世纪50—60年代初，西方国家相继发生了流行性脊髓灰质炎以及怀孕早期妇女使用药物“反应停”和止痛药而导致的大批新生儿肢体畸形这两大国际性灾难。这批残疾儿童长大后要生活、学习、工作和娱乐，除假肢外还需要许多特殊器具的帮助。为此，美国、日本、加拿大等国政府先后出资成立了康复工程研究所，如1967年美国成立国立康复工程研究所，1971年日本成立东京都补装具研究所等。之后，越南战争又造成许多军人脊髓损伤，这些伤残军人的康复需求促进了轮椅、感觉辅助装置和环境控制系统等技术的发展。1970年，美国假肢研究开发委员会制订了一个5~10年的国家级发展计划，将医药、工程和相关科学结合起来，探索全面康复的途径。之后，美国卫生、教育和福利部在各医疗中心和康复医院相继建立了康复工程中心（rehabilitation engineering center, REC）。1973年，康复工程中心计划被列入美国康复法，1978年，美国教育部设立了国家残疾与康复研究院，专门负责管理康复工程中心计划及其他科研项目。1979年，北美洲康复工程与辅助技术协会（Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America, RESNA）成立，标志着北美洲康复工程学的诞生。

20世纪80年代后，机电一体化、微电子、生物电技术、信息技术、网络技术以及材料科学取得迅猛发展，人工智能（artificial intelligence, AI）、3D打印（3 dimension printing）技术在近年取得快速进步，使一大批具有高科技含量的康复工程产品不断问世，并应用于临床。①在假肢和矫形器方面：有活动自如的万向踝脚，高性能的储能脚，高强度、高弹性的飞毛腿假肢，气压或液压控制的膝关节假肢，可交替上下楼梯且防水的智能仿生腿，加速感应手，比例控制肌电假手，五指联动的智能仿生手，通过意识控制假手活动的神经控制假肢，不需要接受腔的骨植入式假肢，能让偏瘫、截瘫病人站立行走的各种助行矫形器等；②在康复评定与治疗设备方面：有平衡仪，等速测试训练仪，心肺运动测试仪，表面肌电图仪，三维步态分析系统，步态评估与反馈训练仪，远程康复系统，虚拟现实技术，康复机器人等；③在轮椅与助行器方面：有爬楼梯的轮椅，智能轮椅以及动力式助行器等；④在视觉、听觉康复方面：有以超声、光电技术和计算机处理技术为核心的盲人用步行辅助器、自动翻页读书器、自动判别盲文复制系统、盲人用三维信息显示系统，带有微型电视摄像机与超声测距传感器的电子眼（视网膜假体），植入式人工中耳超小型助听器，用于重度、极重度耳聋或全聋病人的电子耳蜗，能测量出听力特征并能自适应调整参数的数字助听器；⑤在言语认知康复方面：有语言增强与交流替代系统，用于恢复喉切除病人语音功能的人工喉，计算机辅助的认知评定与训练系统，定位跟踪系统等。总之，正是在全面康复理论的指导下，以无数功能障碍者的客观需求为牵引，工程技术人员与医务工作者之间密切合作，将各种新材料、新技术、新方法和新产品不断应用于临床，促使了临床康复工程学的形成与发展。

我国最早的假肢文献记载是公元前539年，《晏子春秋》中晏婴为劝诫齐景公消减酷刑而说的“踊

贵而履贱”，“踊”就是春秋之前受刖足之刑者所用的一种特制鞋，即现代意义上的假肢。20世纪30年代初，北京、上海、武汉等地医院中一些新成立骨科设立了假肢矫形器室，培养了中国早期的一批假肢矫形器师。此期间的北京“万顺”、上海“天工洋行”等规模很小的假肢矫形器作坊，形成了我国最早的假肢矫形器行业。1945年，在河北张家口建立了我国第一所公立假肢厂。1949年后，国家民政部先后在全国各省会城市建立了假肢厂，为革命伤残军人装配假肢、矫形器。20世纪60年代初中科院自动化研究所和清华大学开始机电假肢的研究。1970年，我国自行研制的前臂机电假肢应用于临床。20世纪80年代，西方国家的现代康复理念传播到中国，康复医学在我国兴起，促进了我国康复工程的大发展。清华大学、上海交通大学等高校先后成立了康复工程研究中心（所），国家民政部成立了北京假肢科学研究所（1979年成立，2006年组建为国家康复辅具研究中心 <http://kffj.mca.gov.cn>）、中国假肢矫形器协会（1986年成立，2014年更名为中国康复辅助器具协会 <http://www.crda.com.cn>），中国残疾人联合会设立了直属的中国残疾人用品开发供应总站（1993年成立，2006年更名为中国残疾人辅助器具中心 <http://www.cjff.org>），全国各省市残联也设立了相应机构。进入21世纪，北京、重庆、广州、武汉、南京等卫生系统的许多综合医院、康复医院都纷纷成立了假肢矫形器中心（室），直接为临床服务。2011年，我国原卫生部印发的《综合医院康复医学科建设与管理指南》，规定二级（含二级）以上综合医院应当按照《综合医院康复医学科基本标准》独立设置科室开展康复医疗服务，康复工程是二级以上综合医院康复医学科必须开展的服务项目之一；2012年，原卫生部印发《康复医院基本标准（2012年版）》，将康复工程室列为三级康复医院必须设置的治疗科室；2016年10月23日颁发了《国务院关于印发加快康复辅助器具产业的若干意见》（国发〔2016〕60号），提出如下发展目标：到2020年，康复辅助器具产业自主创新能力明显增强，创新成果向现实生产力高效转化，创新人才队伍发展壮大，创新驱动形成产业发展优势。产业规模突破7000亿元，布局合理、门类齐备、产品丰富的产业格局基本形成，涌现一批知名自主品牌和优势产业集群，中高端市场占有率显著提高。产业发展环境更加优化，产业政策体系更加完善，市场监管机制更加健全，产品质量和服务水平明显改善，统一开放、竞争有序的市场环境基本形成。为实现此目标，2017年9月11日国家民政部、发展和改革委员会、科技部、工业和信息化部、质量监督检验检疫总局、中国残疾人联合会联合制定了《国家康复辅助器具产业综合创新试点工作方案》（民发〔2017〕150号），要求在全国选择12个地区开展试点，通过试点将康复辅助器具产业打造成为推动经济转型升级的先导产业，产业增长速度超过本地区GDP增长速度，不断满足老年人、残疾人和伤病人多层次、多样化的康复辅助器具配置服务需求。随后不久，民政部、发展和改革委员会、教育部、科技部、工业和信息化部等24个部门和单位又联合制定并颁发了《支持国家康复辅助器具产业综合创新试点政策措施清单》（民发〔2017〕151号）（民政部网站 <http://www.mca.gov.cn>）。这些文件及相关政策措施的出台，必将极大地推动我国康复工程产业的发展，我国康复工程学迎来了发展的春天。

## 第二节 康复工程与辅助技术

### 一、 康复工程

康复工程（rehabilitation engineering, RE）是研究并应用现代科学技术手段，最大限度地开发功