

DAICHUANDONG YU

JINGQUE CHUANSONG SHIYONGSHEJI

带传动与精确传送 实用设计

[日] 日本带传动专业技术委员会 编
(ベルト伝動技術懇話会)

齐彬译



化学工业出版社

DAICHUANDONG YU
JINGQUE CHUANSONG SHIYONGSHEJI

带传动与精确传送 实用设计

[日] 日本带传动专业技术委员会 编
(ペルト伝動技術懇話会)

齐彬译



化学工业出版社

· 北京 ·

本书按照不同的分类方法介绍了各种类型的带传动的特点,说明了各种传动带在使用中应注意的事项,并简单介绍了摩擦传动带和啮合传动带以及无级变速带的传动原理。读者仔细阅读本书后就可以根据使用条件合理地选用传动带,以利充分发挥出各种带本身的优点,避免不利因素,提高传动寿命。

本书在叙述过程中采用了大量的图表,便于读者理解。可作为高等院校机械专业师生用书,也可作为机械设计人员、有关带传动方面技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

带传动与精确传送实用设计/[日] 日本带传动专业技术
委员会编; 齐彬译. —北京: 化学工业出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-122-15225-1

I. 带… II. ①日…②齐… III. ①带传动-机械设计
②传动带-机械设计 IV. TH132.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 208573 号

Copyright © 2006 The Society of Belt Transmission Engineers

Original Japanese edition published by Yokendo Ltd.

Chinese simplified character translation rights arranged with Yokendo Ltd.

Chinese simplified character translation rights © 2013 by Chemical Industry Press

本书中文简体字版由株式会社养贤堂授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2012-6664

责任编辑: 张兴辉 韩亚南

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 吴 静

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张 12 字数 216 千字 2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2012—25 号

序

带传动作为一种重要的机械传动方式近年来得到了长足的发展,在机械工程中的应用呈不断上升趋势。伴随着新材料的研制和制备工艺的提高,带传动在实现摩擦传动和啮合传动基础上,已经大量应用于精密机械的传送与控制系统中。本书将理论与工程应用相结合,揭示了带传动中经常产生的各种现象的机理,通过大量应用实例,系统阐述带传动在设计、生产、使用及维护等全过程中可能存在的若干技术难题,并且给出了解决问题的方法,这便是本书的独到之处。

第一次见到《带传动与精确传送实用设计》译文的初稿是在2011年底。当时我作为委员参加“全国带轮与带标准化技术委员会暨同步带传动分技术委员会、摩擦型带传动分技术委员会一届三次会议”。会上摩擦型带传动分技术委员会秘书长孙光明先生提到秘书处正在组织翻译一本关于带传动的专著,希望我能给予指导,因此我有幸提前拜读了相关内容。

我与《带传动与精确传送实用设计》的编委会委员长小山富夫先生、译者齐彬先生非常熟悉,与两位先生具有良好的合作关系,他们多年来一直从事带传动的研究,在带传动领域有很高的声望,而《带传动与精确传送实用设计》是日本带传动专业技术委员会组织日本带传动专家通过多年研究及具体实践经验总结撰写的带传动的相关技术的专著,其中分析问题的方法、研究问题的思路以及大量的实验数据,对于国内同仁都将具有重要的参考价值和指导意义。尤其是本书所阐述的观点大都有试验结果作为依据,十分严谨全面,具有很强的实用性,迄今为止,国内还未出版过类似的书籍。

将此书翻译出版,是中日两国带传动专业技术委员会多年来具有良好合作关系的具体体现,在此请允许我代表国内同仁对著者和译者表示谢意。本书可作为国内机械设计人员、带传动方面的技术人员、相关生产单位及大专院校机械专业教师学生的教材和参考书,对进一步提升我国带传动技术水平具有重要价值。

中国带传动专业技术委员会主任



译者前言

《带传动与精确传送实用设计》是日本带传动专业技术委员会编写的关于带传动技术的专著，本书编委会委员长小山富夫先生是日本带传动专业技术委员会前会长，大阪工业大学的教授，多年来一直从事带传动基础理论及应用研究，担任日本带传动专业技术委员会会长期间曾几次来我国参加带传动学术会议。那时我与小山先生有过多次数往来，他赠送我一本日本带传动专业技术委员会1996年编写的《带传动应用设计》。我把该书译成中文，以连载的方式刊登在我国的《胶带工业》杂志上，在国内产生了一定的影响。时隔十年，小山先生等作者对《带传动应用设计》进行了修订，出版了《带传动与精确传送实用设计》一书，用小山先生的话说就是：“带传动专业技术委员会从全新的观点出发，汇集了最新的带传动技术对该书进行了全面的修订。”

我见到《带传动与精确传送实用设计》一书阅读后，感觉到本书的特点就是内容比较先进、实用性强。书中为验证一些结论而介绍的大量关于传动带的试验，均是国际上正在普遍采用的。书中介绍的关于精确传送的设计方法，国内在这方面的著述还甚少。机械设计人员可以通过本书全面系统地了解各种不同类型带传动的特点，合理选用传动带；传动带生产厂家的技术人员，可以通过本书更多地了解各种不同类型传动带的使用情况以及其破坏形式，以便根据不同的使用条件设计带的结构。此外本书还可以作为大专院校机械专业师生的教学参考书。因此在全国带轮与带标准化技术委员会摩擦型带传动分技术委员会秘书处的组织下，我完成了本书的翻译。

本书的翻译出版工作是许多人共同完成的：中国带传动专业技术委员会主任、日本带传动专业技术委员会海外会员、哈尔滨工业大学姜洪源教授对译文的初稿进行了审阅。摩擦型带传动分技术委员会秘书处组织有关人员对书中大量的图做了处理，并对文稿做了最后的编排。译文的初稿完成之后，在分委会秘书处的组织下，与日本阪东化学株式会社的专家林文浩先生和蔡硕女士就书中的技术

问题进行了充分的交流，并通过该会社的专家、本书的作者之一川原英昭先生与日本带传动专业技术委员会联系对部分技术问题进行最后确认。正是由于上述诸位的共同努力，本书才最终得以出版，所以作为译者，我在此对为本书出版付出辛勤劳动的各位同仁一并表示感谢！

本书的原文通俗易懂，并采用大量的附图和表，阅读起来比较直观。在翻译过程中保持了原书的风格，在忠实原文的基础上力求使文字简洁流畅。但由于中日语言方面的差异以及翻译水平有限，译文难免存在不尽人意之处，恳请各位读者批评指正。

译者

编委会及作者

编委会委员长	小山富夫（大阪工业大学）
编委会委员	明石贵光（阪东化学株式会社）
	上野篤郎（霓達株式会社）
	内村之卫（胶带工业协会）
	榎田政纯（哈伯斯特日本株式会社）
	尾仲喜章（三之星机带株式会社）
	中村晴彦（盖茨·优霓塔·亚细亚株式会社）
	村岗 隆（椿本链条株式会社）
作 者	明石贵光（阪东化学株式会社）
	石切山靖顺（霓達株式会社）
	上田博之（大阪产业大学）
	上野篤郎（霓達株式会社）
	内村之卫（胶带工业协会）
	榎田政纯（哈伯斯特日本株式会社）
	大洼和也（同志社大学）
	笼谷正则（大阪产业大学）
	川原英昭（阪东化学株式会社）
	木村 孝（盖茨·优霓塔·亚细亚株式会社）
	古贺稔章（三之星机带株式会社）

小山富夫（大阪工业大学）

高见英一（三之星机带株式会社）

张 维明（大阪工业大学）

中村晴彦（盖茨·优霓塔·亚细亚株式会社）

藤井 透（同志社大学）

村岗 隆（椿本链条株式会社）

前 言

近年来带传动技术虽然没有取得像 IT 业相关技术那样令人瞩目的发展，但带传动与链传动、齿轮传动一样是传递动力和传递运动必不可缺的机械传动方式，带传动技术是机械工业的基本技术之一，这一点却没有改变。1996 年日本带传动专业技术委员会编写的《带传动应用设计》问世以来已经历了十多年的时间，在这期间没有出版过可替代的专业技术书籍，书的库存已经很少。为了给机械设计人员提供方便，日本带传动专业技术委员会从全新的观点出发，汇集了最新的带传动技术，对该书进行了全面的修订。参加编写的人员有较大的变动，为适应修订后的新内容，书名也作了修改。新书采用了黑、红双色印刷，图表更加醒目，重要的名词术语均用红色表示。

各章的内容如下：

第 1 章 传动带的种类及其选用

编写中力求简洁明了，通俗易懂。

第 2 章 摩擦带传动实用设计

基础理论方面没有大的变化，在编写中力求更容易理解，并增加了带式无级变速方面的内容。

第 3 章 同步带传动实用设计

各部分均以目前市场的主流产品曲线齿同步带为基础进行编写，内容有较大的改变。

第 4 章 精确传送实用设计

在 ATM（银行的自动取款机）、邮局的分拣机以及车站的自动检票机中，带式精确传送所起的作用越来越大，本章以应用的实例为主新编写了这部分内容。

本书的编写过程中，得到了各传动带生产厂家大力协助。在出版方面得到了養賢堂（株）的专业事务董事三浦信幸先生和承担编辑事务的花嶋利佳先生的全面支持，在此表示衷心的感谢。

编委会委员长 小山富夫

目 录

第 1 章 传动带的种类及其选用	1
1.1 带的种类	1
1.1.1 平带	4
1.1.2 V 带	6
1.1.3 多楔带	10
1.1.4 同步带	11
1.2 带的选用	15
1.2.1 根据传递的动力选用	15
1.2.2 根据使用功能选用	16
第 2 章 摩擦带传动实用设计	20
2.1 摩擦带传动的基本原理	20
2.1.1 欧拉 (Euler) 公式	20
2.1.2 有效拉力与传递功率的关系	23
2.1.3 理论初拉力的计算方法	23
2.1.4 包角修正系数 (拉拽系数)	24
2.1.5 带传动中的滑动	24
2.1.6 弯曲应力	27
2.1.7 V 带的楔紧效应	29
2.1.8 带的压轴力	33
2.1.9 离心拉力	35
2.1.10 带传动的各种功率损失	35
2.2 传动布置方式及带长、包角的计算	37
2.2.1 二轴传动	37
2.2.2 三轴及三轴以上传动	41
2.3 带轮中心距固定条件下的传动设计	43
2.3.1 V 带与多楔带	43
2.3.2 平带	51
2.4 各种拉力施加方式下的传动设计	53
2.4.1 张紧力保持稳定	53

2.4.2	压轴力保持稳定	56
2.5	设计时应考虑的其他因素	57
2.6	摩擦带传动设计时应注意的事项	58
2.6.1	最小带轮直径	58
2.6.2	带轮的共面误差	59
2.6.3	带轮的质量对传动的的影响	60
2.6.4	导向轮的配置	64
2.6.5	带的切边长度	66
2.6.6	临界带速	66
2.6.7	过载荷修正系数	66
2.6.8	带轮轴承的选用	68
2.7	摩擦传动带的寿命	68
2.7.1	影响寿命的因素	68
2.7.2	带损坏程度的分级	71
2.7.3	环境温度与带的寿命	76
2.7.4	带轮的共面误差与带的寿命	78
2.7.5	带轮直径与带的寿命	78
2.7.6	初张紧力与带的寿命	80
2.7.7	轮槽粗糙度与带的寿命	81
2.7.8	载荷与带的寿命	82
2.8	摩擦传动带使用时的注意事项与维护保养	83
2.8.1	装带时的注意事项	83
2.8.2	带的张紧方式	83
2.9	带的传动特性	87
2.9.1	带的传动效率	87
2.9.2	带的滑动	88
2.9.3	摩擦因数	90
2.9.4	带的抗静电性能与电阻值的测量方法	94
2.9.5	节线位置与传动比的修正	95
2.9.6	带的拉伸力与伸长率的关系	96
2.9.7	带的张紧力保持率	96
2.10	带式 CVT	97
2.11	摩擦传动带的实际应用	101
2.11.1	捻线机用平带 1	101
2.11.2	捻线机用平带 2	102
2.11.3	造纸机用平带	103
2.11.4	升降机用斗式平带	104

2.11.5	称量用传送带	104
2.11.6	农机 V 带	105
2.11.7	割草机用双面 V 带	106
2.11.8	汽车 V 带	106
2.11.9	摩托车用变速 V 带	107
2.11.10	大型客车用切边式联组 V 带	107
2.11.11	汽车发动机附机驱动用 PK 型多楔带	108
2.11.12	双面驱动用 PK 型多楔带	108
2.11.13	双面传动用无顶布多楔带	109
2.11.14	鼓风机用多楔带	110
2.11.15	数控机床用多楔带	111
第 3 章	同步带传动实用设计	112
3.1	传动特点	112
3.1.1	啮合的基本原理	112
3.1.2	载荷分布	115
3.1.3	跳齿	118
3.1.4	传动误差	120
3.1.5	噪声	124
3.2	带的选用	129
3.2.1	传动设计的依据	129
3.2.2	材质的选择	131
3.3	寿命	132
3.3.1	破坏形式	132
3.3.2	破坏机理	132
3.3.3	寿命预测	135
3.4	同步带使用注意事项	136
3.4.1	传动布置方面的注意事项	137
3.4.2	初张紧力	139
3.4.3	使用环境	141
3.4.4	用于吊装和牵引	144
3.4.5	带与带轮的更换	144
3.4.6	带与带轮的储存和保管	145
3.5	带轮	146
3.5.1	带轮的基本技术参数	146
3.5.2	切削加工带轮	147
3.5.3	成形加工带轮	148
3.5.4	带轮与轴的连接方式	149

3.6 同步带的实际应用	151
3.6.1 电动注射成形机	151
3.6.2 瓦楞板纸加工机械	151
3.6.3 悬臂支架升降驱动	152
3.6.4 投影仪等设备升降驱动	152
3.6.5 自动门驱动	152
3.6.6 半导体零件、液晶板运送机械手(摆臂驱动)	152
3.6.7 加工机床主轴驱动	154
3.6.8 CT扫描相机驱动	154
3.6.9 摩托车后轮驱动	155
3.6.10 赛车	155
3.6.11 一般发动机(凸轮轴驱动)	155
3.6.12 机器人	156
3.6.13 数码相机(自动变焦装置)	156
第4章 精确传送实用设计	158
4.1 带式夹持传送的基本原理	158
4.1.1 夹持传送带的受力分析	159
4.1.2 同一条带的速度差	160
4.1.3 两条带之间的速度差	160
4.1.4 用有限元法进行分析的结果	161
4.1.5 节线位置与负载转矩	163
4.1.6 夹持传送带的结构	165
4.1.7 带轮的形状与配置	165
4.2 真空传送	169
4.2.1 存在的问题	169
4.2.2 许用拉力的计算	169
4.2.3 孔的排列	170
4.2.4 设计时应注意的问题	171
4.2.5 设计实例	172
4.3 精确传送的实际应用	173
4.3.1 ATM	173
4.3.2 自动检票机	174
4.3.3 印刷机	176
4.3.4 邮件自动分拣机	177
参考文献	179

第 1 章 传动带的种类及其选用

传动带有多种分类方法，本文主要是按带的形状与结构来进行分类的。此外，在分类中不涉及带的各项标准（ISO、JIS、JASO、ANSI/RMA、DIN 等）在带的名称、截面尺寸及长度等方面的规定中所存在的差异。这方面的内容将在单独介绍每种带时予以说明。

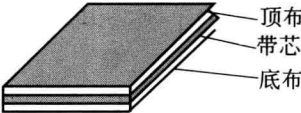
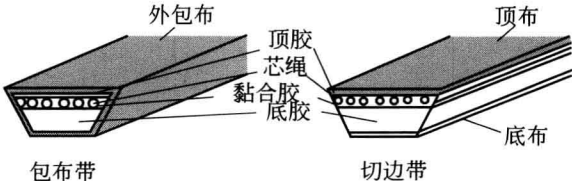
为了更合理地选用传动带，本章着重介绍一些在特殊条件下选用带的方法，此外，还介绍各种带的性能特点，可供在各种条件下选用时参考。

1.1 带的种类

带传动可根据传动方式的不同分为摩擦传动和啮合传动两大类。摩擦传动带包括平带、V 带、多楔带等，啮合传动带主要是同步带。这里主要详细介绍平带、V 带、多楔带和同步带；对于其他各种带，仅对其形状加以概述。

带的种类、结构及各部分的名称如表 1.1 所示，带的主要材料的性能与用途如表 1.2 和表 1.3 所示。

表 1.1 带的种类

传动类型	带的种类
摩擦传动	平带 
	V 带 

续表

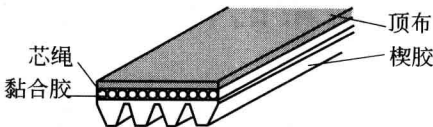
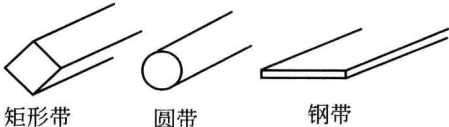
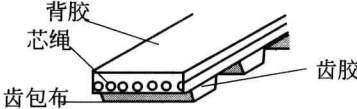
传动类型	带的种类
摩擦传动	多楔带 
	其他带 
啮合传动	同步带 

表 1.2 传动带用胶料的性能和用途

胶料的种类		天然橡胶	丁苯橡胶	丁二烯橡胶	氯丁橡胶	丁腈橡胶
ASTM 分类		NR	SBR	BR	CR	NBR
胶料的性能	抗拉强度/(kgf/cm ²)	30~350	25~300	25~200	50~250	50~250
	断裂伸长率/%	1000~100	800~100	800~100	1000~100	800~100
	耐磨耗性	◎	◎	◎	○~◎	◎
	耐弯曲开裂性	◎	○	△	○	○
	使用温度范围	-75~90	-60~100	-100~100	-60~120	-50~120
	耐热性	△	△	△	○	○
	耐老化性	○	○	○	◎	◎
	耐臭氧性	×	×	×	◎	×
	耐油性	×	×	×	○	◎
	耐酸性	△	△	△	○	○
	耐碱性	○	○	○	◎	○

续表

胶料的种类		天然橡胶	丁苯橡胶	丁二烯橡胶	氯丁橡胶	丁腈橡胶	
主要用途		大客车轮胎、橡胶鞋底、胶管、一般工业制品	汽车轮胎、橡胶鞋底、体育用品、一般工业制品	汽车轮胎、防振橡胶制品、胶管、一般工业制品	电缆包覆层、防振橡胶制品、门窗框材料、黏合剂、一般工业制品	油封、密封填料、胶管、耐油橡胶制品	
适用		平带 V 带 多楔带	多楔带 同步带	多楔带	平带 V 带 多楔带 同步带	平带 同步带	
胶料的种类		氢化丁腈橡胶	乙丙橡胶	氯磺化聚乙烯橡胶	聚氨酯橡胶	硅橡胶	氟橡胶
ASTM 分类		H-NBR	EPM/EPDM	CSM/ACSM	U	Q	FKM
胶料的性能	抗拉强度/(kgf/cm ²)	50~400	50~200	70~200	200~450	30~120	70~200
	断裂伸长率/%	600~50	800~100	500~100	800~300	500~50	500~100
	耐磨耗性	◎	○	◎	◎	×~△	◎
	耐弯曲开裂性	○	○	○	◎	×~○	○
	使用温度范围	-45~150	-60~150	-60~150	-60~80	-120~280	-50~300
	耐热性	◎	◎	◎	△	◎	◎
	耐老化性	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	耐臭氧性	○~◎	◎	◎	◎	◎	◎
	耐油性	◎	×	△	◎	×~△	◎
	耐酸性	△	○	◎	×	△	◎
	耐碱性	◎	◎	◎	×	◎	△
主要用途		耐热胶辊、密封制品、填料, 耐热、耐油制品	电缆包覆层、门窗框材料、集装箱密封条等	耐候、耐腐蚀涂料、密封件, 耐热、耐腐蚀胶辊	工业胶辊、高压密封制品、高强度制品	密封件、填料、油封、工业用胶辊, 耐热、耐寒制品	化工厂耐腐蚀密封制品、填料, 耐热、耐油、耐药品
适用		平带 V 带 同步带	平带 多楔带	多楔带	平带 V 带 多楔带 同步带	平带	平带

注: 1. $1\text{kgf/cm}^2 = 98.0665\text{kPa}$ 。

2. ◎: 优; ○: 良; △: 稍差; ×: 差。

3. 使用温度范围是指单一材料的该种橡胶能够适应的温度, 成品带根据其结构和使用条件适应的温度范围要小些 [日本橡胶协会志, 51, 8 (1978)]。

表 1.3 传动带用纤维材料的性能与用途

材料的种类		聚酰胺	聚酯	芳纶	棉	玻璃纤维	钢丝
性能	密度/(kg/cm³)	1.14	1.38	1.37~1.38	1.54	2.54	8.03
	弹性模量/GPa	0.8~3.0	3.1~8.7	7.0~10	9.5~13	70	200
	抗拉强度	4.0~6.6	4.2~5.7	4.0~4.9	2.6~4.3	1.38~3.45	0.69~2.45
		cN/dtex	cN/dtex	cN/dtex	cN/dtex	GPa	GPa
	断裂伸长率/%	25~60	20~50	30~50	3~7	2~4	2~11
芯绳		平带 V带 同步带	平带 多楔带	平带 V带 多楔带 同步带	—	平带 同步带	同步带
顶布 底布		V带 多楔带 同步带	平带 V带 多楔带	平带 V带	V带 多楔带	—	—
橡胶用短纤维		○	△	○	○	—	—

注：1. 橡胶用短纤维是指橡胶混炼时加入各种短纤维可以提高产品的耐磨耗性和耐侧压性 [日本化学纤维协会《化纤手册：纤维便览原料篇》(1999)]。

2. 单位“cN/dtex”为纺织行业常用单位厘牛/分特，dtex表示每10000m纤维的克数。

1.1.1 平带

(1) 种类

平带的历史十分悠久。日本自1888年开始生产皮革平带，后来生产橡胶平带，逐渐发展至今。现在，皮革平带与橡胶平带在日本已基本绝迹，取而代之的是以聚酰胺片为带芯的聚酰胺片基平带、以聚酯线绳为带芯的绳芯平带、以棉帘布或聚酯帘布为带芯的多层平带和轻负荷传动用的以单一材料制成的单层平带等。这些带的宽度、长度、厚度和基本传动容量尚未作统一规定，要根据各制造厂家的产品样本选择使用，表1.4所列是以上几种平带的基本结构及主要用途。

① 聚酰胺片基平带 其带芯采用压延的聚酰胺（尼龙）片制造，因此带体的伸缩性小、屈挠性好，在平带中传动能力最大。这种带还可根据使用的需要接成任意长度，接头加工简单，接头强度高，机器的维护保养方便，所以使用最为广泛。

② 绳芯平带 其带芯采用聚酯线绳，是将线绳在圆筒模具上缠绕成形的。可制成任意宽度，但受模具直径的限制，长度不能随意选择。由于带体较薄，所