

国家专业技术人员知识更新工程 ("653工程")
煤炭行业煤矿机电领域培训教材 (第6册)

高可靠性带式输送、提升及控制

领域主编：孙继平 宋秋爽

本册主编：蒋卫良

GAOKEKAOXING DAISHI SHUSONG TISHENG JI KONGZHI

国家“十一五”重大人才培养工程

国家人事部直接组织领导

中国煤炭工业协会全面负责实施

国家人事部统一颁发培训证书

国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”)
煤炭行业煤矿机电领域培训教材

高可靠性带式输送、提升及控制

领域主编：孙继平 宋秋爽

本册主编：蒋卫良

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了目前我国煤矿高可靠性带式输送及其控制系统、现代矿井提升机及其电控系统的典型机型、结构、特点和技术标准,还介绍了国内外带式输送机和矿井提升机的最新发展动态以及一些常用机型在煤矿中应用的典型实例。

本书系国家专业技术人才知识更新工程(“653工程”)煤炭行业中,高级工程技术人员的培训教材,同时可供煤炭及相关领域科技、管理人员以及大专院校师生和科研院所研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高可靠性带式输送、提升及控制/蒋卫良主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2008. 7

国家专业技术人才知识更新工程(“653工程”)培训教材

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0005 - 1

I. 高… II. 蒋… III. ①矿井提升机—技术培训—教材
②矿井提升机—电子系统:控制系统—技术培训—教材
IV. TD534

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 104761 号

书 名 高可靠性带式输送、提升及控制
本册主编 蒋卫良
责任编辑 崔永春 姜 华
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1 092 1/16 印张 14.25 字数 356 千字
版次印次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷
定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”)
煤炭行业培训教材编审委员会

顾 问：王显政 濮洪九

主 任：路德信

副主任：姜智敏 孙之鹏 胡省三

钱鸣高 宋振骐 张铁岗

葛世荣 乔建永

委 员：(以姓氏笔画为序)

马念杰 王金力 王金华

王虹桥 卢鉴章 叶醒狮

刘 峰 刘文生 刘炯天

孙继平 陈 奇 杜铭华

宋学锋 宋秋爽 张玉卓

张贤友 周 英 周心权

赵阳升 赵跃民 赵衡山

钟亚平 段绪华 都基安

袁 亮 徐水师 黄福昌

常心坦 彭苏萍 遇华仁

缪协兴 濮 津

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)
煤炭行业煤矿机电领域培训教材编审委员会

顾 问：路德信
主 任：孙之鹏 孙继平 宋秋爽
委 员：(以姓氏笔画为序)
于励民 王 虹 王步康
王国法 王虹桥 王振平
王崇林 王喜胜 毛 君
刘东才 刘传绍 刘春生
李长录 李国平 李炳文
李景平 张文祥 张世洪
郑丰隆 荆双喜 姜汉军
袁宗本 夏士雄 铁占续
曹茂永 蒋卫良 鲁远祥
谭国俊

《高可靠性带式输送、提升及控制》

编写人员

本册主编：蒋卫良

本册副主编：刘春生 荆双喜

本册编者：（以姓氏笔画为序）

王大华 史志 江松

刘冰 朱立平 陈珏

邱锦川 宋兴元 吴明龙

肖兴明 郎军 林洋

柳昌庆 张炳福 周润之

郭春林 侯红伟 谭栋材

序

加快人才培养,是建设创新型国家、强国兴业的重要举措。《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》为加强专业技术人才队伍建设指明了方向,明确了工作重点和政策措施。人事部决定“十一五”期间,在关系我国经济社会发展和科技创新的一些重要行业领域实施专业技术人才知识更新工程(即“653工程”),开展大规模示范性继续教育活动,加快建立健全我国继续教育的工作体系、制度体系和服务体系,大力推动专业技术人员培养工作的深入开展。“653工程”已被列入国家“十一五”发展规划,是国家实施专业技术队伍建设的一项重大人才培养工程。煤炭行业“653工程”是国家“653工程”的重要组成部分,是煤炭行业专业技术人才继续教育工作的示范工程,该工程的全面启动必将有力带动和促进煤炭工业人才培养工作的进程。

煤炭工业是我国的基础产业。发展振兴煤炭工业,人才队伍建设是关键。实施大基地、大集团战略,推进节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展,必须以强有力的专业技术队伍作保证。当前,煤炭工业已进入新的历史发展机遇期,但同时又面临着煤炭主体专业人才匮乏、知识更新滞后的严峻挑战。推进实施“653工程”旨在拓展煤矿专业人才培养的广阔空间。根据《煤炭行业专业技术人才知识更新工程(“653工程”)实施办法》,“十一五”期间每年将为110家国有大型煤炭企业培训1万左右的高级专业技术人才,为5000多家规模以上煤炭企业培训3万左右的中高级专业技术人才,五年全国煤炭行业将培训20万左右。国家人事部委托中国煤炭工业协会全面负责煤炭行业“653工程”的组织实施工作,实行统一组织、统一规划、统一教学大纲、统一发证和归口管理、分级实施、分类指导,创造性地推进“科教兴煤”战略,全面提升煤炭行业专业技术人才队伍素质,从而为煤炭工业的全面、协调和可持续发展提供强大的人才保障和智力支持。

为适应煤炭行业实施“653工程”的需要,我们组织全国有关专家学者编写了《国家专业技术人才知识更新工程(“653工程”)煤炭行业培训教材》,这一教材具有以下三个突出特点:

第一,突出重点专业领域,培训内容丰富。煤炭行业“653工程”专家指导委员会根据煤矿实际需要,立足当前、着眼长远,选定的煤矿专业领域和培训内容都是煤炭行业和企业所必需的。包括采煤工程、煤矿安全、煤矿机电、煤田地质与测绘、煤炭洁净利用及矿区环保这五个重点专业领域,以及高效高回收率采煤方法与技术等34个专业培训方向,全面反映煤炭工业的科技发展趋势。培训教材突出新理论、新知识、新装备、新技术、新方法、新工艺、新材料、新标准、新法规、新政策和新问题等内容,涵盖煤炭行业专业技术人才知识更新的重点,具有很强的针对性。

第二,体现学术权威,保证培训质量。顺利、高效地实施“653工程”,搞好专业技术人才培训,教材编写质量和所体现的学术水平必须得到切实的保证。为此,实行了首席专家负责制,从全国煤炭行业的高等院校、科研院所和煤炭企业推选出一百余名在各自学术研究领域

颇有建树和创新的业内知名专家,领衔编写这套培训教材,集中了院校、科研机构和企业多年来理论与实践的丰硕成果,包含了专业基础知识、理论系统讲解,也集锦了一些极具参考价值的典型应用案例。这是建国以来我国煤炭行业在专业技术人员继续教育方面一次规模最大、最为全面的新知识展示,是提高全行业专业技术人员技术水平的一批好教材。

第三,培训方向明确,教材实用性强。根据不同的专业培训对象,立足矿山,站在世界煤炭工业科技发展前沿,针对我国“十一五”煤炭科技发展的需求,广泛吸纳新知识、新技术和新信息,坚持理论与实践相结合、理论知识与案例分析相结合,把专业技术知识内容进行科学分解,编写成34个分册,既系统成书又独立成册,便于不同领域内的工程技术人员各取所学、研读提高。因此,本套教材既是优秀的培训教科书,也是一套煤炭专业技术人员实际工作中必备的工具书。

我衷心希望这套凝聚着煤炭行业专家学者智慧与心血的教材,能够在实际教学培训中发挥应有的重要作用;同时也希望广大基层专业技术人员通过认真学习、刻苦钻研,不断提高理论水平和实际应用能力,为加快建设新型、现代化煤炭工业做出积极的贡献。

王显政

二〇〇七年四月八日

前 言

本书是根据煤炭行业“653 工程”培训规划和培训计划编写的。

本书主要介绍目前我国煤矿高可靠性带式输送及其控制系统、现代矿井提升机及其控制系统的典型机型、结构、特点和技术标准,还介绍了国内外带式输送机和矿井提升机的最新发展动态以及一些常用机型在煤矿中应用的典型实例。

本书共分三编。第一、二编主要介绍带式输送机及其控制系统,第三编主要介绍矿井提升机及其控制系统。这两部分相对独立,以便相关人员根据需要阅读、学习。

本书第一编第一章由蒋卫良、陈珏编写;第二章由史志、朱立平、陈珏编写;第三章由史志、朱立平、郎军、侯红伟、宋兴元编写;第四章由张炳福编写。第二编第五章由王大华编写;第六章由刘冰、谭栋材编写;第七章由刘冰编写;第八章由王大华、林洋、周润之编写;第九章由谭栋材编写。第三编第十章由肖兴明编写,第十一、十二章由柳昌庆、邱锦川编写;第十三章由肖兴明编写;第十四章由柳昌庆、邱锦川编写。全书由蒋卫良统稿、审查,刘春生、荆双喜参加了大纲编写工作。

本书在编写过程中还得到中国矿业大学、黑龙江科技学院、河南理工大学、中信重型机械公司等单位的大力支持和帮助,谨此表示感谢。

编 者

2007 年 8 月

目 录

序.....	1
前言.....	1
第一编 高可靠性带式输送机	
第一章 概述	3
第一节 国内矿用带式输送机的现状.....	3
第二节 矿用带式输送机发展的技术前瞻.....	5
第三节 带式输送机使用的技术标准	10
第二章 典型带式输送机机型及结构	12
第一节 顺槽可伸缩带式输送机结构型式与特点	12
第二节 长距离强力带式输送机结构型式与特点	20
第三节 大倾角带式输送机结构型式与特点	30
第四节 下运带式输送机的类型与特点	33
第五节 可乘人强力带式输送机	40
第六节 管状带式输送机结构型式与特点	46
第七节 可弯曲带式输送机型式与结构	49
第三章 带式输送机新技术、新设备	52
第一节 动态分析与计算	52
第二节 带式输送机软启动技术	56
第三节 防倒转逆止技术	63
第四节 新型储带技术	64
第五节 卷带装置	65
第六节 自移机尾技术	66
第七节 中间驱动技术	67
第八节 自控张紧装置技术	69
第九节 可弯曲技术	72
第四章 带式输送机案例	75
第一节 高倾角上运带式输送机	75
第二节 长距离大运量带式输送机	77
第三节 下运带式输送机	78

第四节	顺槽可伸缩带式输送机	79
第五节	水平弯曲带式输送机	80
第六节	管状带式输送机	81
第七节	使用和维护关键	82

第二编 高可靠性带式输送机控制

第五章	概述	87
第一节	国内外现状	87
第二节	发展趋势	89
第六章	不同种类带式输送机的控制特点	91
第一节	矿用隔爆兼本安型控制箱	91
第二节	矿用本安型操作台	91
第三节	隔爆兼本安智能变频调速装置	92
第四节	矿用隔爆型交流真空软启动器	93
第五节	高压真空开关柜	94
第六节	低压真空开关	95
第七节	矿用隔爆兼本质安全型智能真空组合开关	96
第七章	带式输送机控制的新技术、新设备	116
第一节	变频驱动中的矢量控制技术、直接转矩控制技术以及谐波抑制	116
第二节	多点驱动的速度同步、功率平衡技术	118
第三节	长距离带式输送机的张力检测技术	118
第四节	智能型配电装置——矿用隔爆型变电站	119
第五节	基于现场总线技术的带式输送机保护装置	120
第八章	带式输送机控制的案例	140
第一节	高倾角上运带式输送机	140
第二节	长运距带式输送机	141
第三节	大运量带式输送机	142
第九章	带式输送机控制的发展方向	144
第一节	矿用隔爆型大功率变频驱动	144
第二节	带式输送机纵向撕裂检测、断带检测及保护	145
第三节	带式输送机驱动设备振动检测保护	151

第三编 现代矿井提升机及电控系统

第十章	概述	155
第一节	矿井提升机及其电控系统现状	155

第二节	提高矿井提升能力的改进途径·····	159
第三节	现代矿井提升机及电控系统的前瞻性技术特征·····	161
第四节	矿井提升机运行特性及控制理论的研究现状及展望·····	162
第十一章	典型提升机机型与特点·····	166
第一节	KJ 型单绳缠绕式矿井提升机·····	166
第二节	JKA 型单绳缠绕式矿井提升机·····	169
第三节	XKT 型、XKTB 型单绳缠绕式矿井提升机·····	171
第四节	JK 型单绳缠绕式矿井提升机·····	173
第五节	JK/A 型单绳缠绕式矿井提升机·····	177
第六节	JK/E 型单绳缠绕式矿井提升机·····	180
第七节	JKM 型多绳摩擦式提升机·····	182
第八节	JKMD 型多绳摩擦式提升机·····	183
第九节	Ⅲ型多绳摩擦式提升机·····	183
第十节	Ⅳ型多绳摩擦式提升机·····	183
第十二章	提升机计算·····	184
第一节	提升钢丝绳的选型计算·····	184
第二节	提升机和天轮的选型计算·····	187
第三节	主井单绳缠绕式提升设备选型设计·····	193
第十三章	矿井提升机安全可靠技术的应用及发展方向·····	198
第一节	矿井提升安全可靠性技术的理论研究及其应用·····	198
第二节	矿井提升安全装备·····	198
第三节	矿井提升安全可靠性技术的发展趋势·····	200
第十四章	现代矿井提升机电控系统的新技术应用及发展动向·····	202
第一节	直流调速系统·····	202
第二节	交流变频调速系统·····	203
第三节	综合自动化控制系统·····	206
参考文献 ·····		210

第一编 高可靠性带式输送机

第一章 概 述

带式输送机是煤矿最理想的高效连接运输设备,与其他运输设备(如机车类)相比,不仅具有长距离、大运量、连续输送等优点,而且运行可靠,易于实现自动化、集中化控制,特别是对高产高效矿井,带式输送机已成为煤炭高效开采机电一体化技术与装备的关键设备。随着我国高产高效矿井的出现,原有的带式输送机无论是主参数还是运行性能都已不能满足高产高效的要求,必须向长距离、高带速、大运量、大功率的大型化方向发展。目前国外带式输送机的主参数已达到运距 $L=30.4$ km,运量 $Q=37\,500$ t/h,带速 $v=6\sim 15$ m/s,带宽 $B=4$ m,比国内要大得多,运行性能尤其是工作可靠性更要好得多。

第一节 国内矿用带式输送机的现状

20世纪80年代末以来,我国的煤矿用带式输送机也有了很大的发展,对其关键技术的研究和新产品开发都取得了可喜的成果。输送机产品系列不断增多,从定型的SDJ、SSJ、STJ、DT等系列发展到多功能、适应特种用途的各种带式输送机系列,如国家“七五”攻关项目——“大倾角带式输送机成套设备”、“九五”攻关项目——“高产高效工作面顺槽可伸缩带式输送机”等都填补了国内空白,开发了大倾角、长距离输送原煤的新型带式输送机系列产品,并对带式输送机的关键技术及其主要元部件进行了理论研究和产品开发,应用动态分析技术和中间驱动与智能化控制等技术,研制成功了多种软启动和制动装置及以PLC为核心的可编程电控装置。但与国外相比,其机型一般都偏小,特别是带速通常均不超过4.5 m/s,对高带速输送机及其动态设计与计算机监控等关键技术问题缺乏实践经验,由于带速普遍较低,许多设计单位仍沿用以往的静态设计法,用加大输送带安全系数的方法来提高设计的可靠性,其结果不仅增大了设备成本,而且降低了设备运行的可靠性。此外,我国输送机制造企业追求小而全模式,未能像国外一样形成大规模的元部件专业生产厂或加工中心,致使元部件设计与制造水平得不到有效提高。

矿用带式输送机8种机型的现状介绍如下:

1. 固定高强度带式输送机

固定高强度带式输送机是目前用量最多的一种机型,主要用于水平或倾角小于 18° 的场所。国内现在钢绳芯带最高用到ST4500左右,整芯带用到PVG3150S,高强度机械接头仍需要进口。为了降低胶带强度,减小驱动装置尺寸,国内外输送机通常采用中间直线摩擦驱动和中间卸载式驱动,并采用软启动技术,较好地解决了大型输送机的启动问题。目前,煤炭科学总院上海分院设计制造的井下使用的输送机的最大主参数分别为:运量 $Q=1\,000\sim 3\,000$ t/h,运距 $L=1\,000\sim 7\,000$ m,带速 $v=2.5\sim 5.6$ m/s,带宽 $B=2\,200$ mm,驱动总功率 $N=750\sim 5\,550$ kW,其中晋城矿务局赵庄矿主斜井输送机综合指标性能达到亚洲第一。

2. 可伸缩带式输送机

可伸缩带式输送机主要用于煤矿采煤工作面的顺槽输送原煤。美国、德国、英国等国家的一些厂商公司都可为各种生产规模的高产高效工作面提供配套的顺槽用可伸缩带式输送机,其主参数已达到:运量 $Q=2\ 000\ \text{t/h}$,运距 $L=5\ 000\ \text{m}$,带速 $v=3.5\sim 4\ \text{m/s}$,驱动总功率 $N=2\ 400\ \text{kW}$ 。“九五”行业重点攻关课题“高产高效工作面顺槽配套可伸缩带式输送机”,能满足国内年产 200 万 t 级高产高效工作面配套,其主参数为:运量 $Q=1\ 600\sim 2\ 000\ \text{t/h}$,运距 $L=2\ 500\ \text{m}$,带速 $v=3.5\sim 4\ \text{m/s}$,装机总功率 $N=1\ 200\ \text{kW}$,带宽 $B=1.2\ \text{m}$,输送倾角 $\beta\leq 1^\circ$,2001 年完成了工业性试验,同年 10 月份通过了中国煤炭工业协会的技术鉴定。随着带式输送技术的不断进步,2006 年煤炭科学总院上海分院为神华集团神东公司年产 1 000 万 t 的高产高效工作面配套了一条带宽为 1 600 mm 和带宽为 1 400 mm 的国产大型可伸缩输送机,其中带宽 1 600 mm 的可伸缩输送机主参数为:运量 $Q=4\ 000\ \text{t/h}$,运距 $L=6\ 000\ \text{m}$,带速 $v=4.5\ \text{m/s}$,输送倾角 $\beta\leq 5^\circ$,功率 $N=6\ 500\ \text{kW}$,整芯带 PVG1800S,这标志着国产输送机已达到国际先进水平。

3. 大倾角上、下运输送机

大倾角上、下运输送机是国家“七五”攻关项目,由煤炭科学总院上海分院承担,1990 年通过了能源部技术鉴定。该机型先后获得国家计委、科委、财政部颁发的科技攻关重大成果荣誉奖,煤炭部科技进步一等奖和部推广二等奖,到目前为止,已投入使用 200 多台,在国内外处于领先水平。通过二次开发,上运已到了 35° ,下运也可达 28° 。目前大倾角上运带式输送机已有系列化设计,使输送机带宽由 800 mm 增加到 1 600 mm;功率从 160 kW 增加到 2 000 kW;运距达到 2 000 m 以上;带速从 2 m/s 提高到 4.5 m/s;运量从 300 t/h 提高到 2 500 t/h;原煤允许含水量从 10%放宽至 20%。

4. 水平拐弯输送机

我国对水平拐弯输送机研究较早,并在 1959 年就研制出了水平拐弯输送机,但发展并不快,其主要原因是用户对该机型认识不够,当时国内也没有成熟的应用实例。

在国外,法国、前苏联、奥地利、德国、美国等国家都很重视水平拐弯输送机的理论研究和试验,水平拐弯输送机已经在各国各行各业得到了广泛应用。1963 年法国在地铁工程中首次设计安装了一台水平拐弯输送机,1980 年法国为某矿铺设了一条拐弯输送机,其主参数为:机长 $L=11.12\ \text{km}$,高差 $H=577\ \text{m}$,最大坡度为 30° ,运量 $Q=560\ \text{t/h}$,用以运送镍矿石。

到 20 世纪 90 年代,国内成功试制了水平拐弯的转角装置,输送机通过转角装置的转载来改变运行方向,该机型在煤矿井下已成功应用。2001 年在上海地铁工程施工中,采用了可伸缩水平拐弯输送机,隧道长度 2 000 m,多处拐弯,最大转角达到 89° ,输送机的最小水平弯曲半径可达 280 m,小于隧道的实际最小水平弯曲半径,可满足正常运行要求。

5. 下运输送机

长距离、大运量、较大倾角的下运胶带输送机的使用,可较大幅度地减少采区的巷道工程量,降低基建费用和缩短施工周期,发电运行时还可向电网输电,具有较大的经济效益,是一种具有广阔发展前景的节能设备。但由于其带速高,移动部分和转动部分的惯性很大,其下滑的惯性力矩也很大,生产中经常出现打滑、滚料、飞车等事故,因此,下运输送机的关键是制动。目前国内外煤矿常用的制动方式有四种:①液力制动装置;②液压制动装置;

③ 盘式制动装置;④ 变频制动。带液力制动系统的下运输送机是国家“六五”重点科技攻关项目,主要是通过由在输送机的驱动装置中安装液力制动系统,分两步实现制动,即先由该系统将输送机运行速度减慢(减速度保持在 $0.1\sim 0.3\text{ m/s}^2$ 的范围内),降至额定速度的三分之一,然后由机械抱闸最终制动,当井下发生突然停电事故时,仍可实现二级制动。该系统目前能够达到的主参数为:倾角 $\beta = -25^\circ$,运量 $Q = 1\,500\text{ t/h}$,带速 $v = 3.15\text{ m/s}$,运距 $L = 2\,000\text{ m}$ 。

6. 垂直提升输送机

国外从 20 世纪 60 年代末开始发展垂直提升技术,德国 Trellex Flexowell 公司就一直从事这种机型的研制,其产品已有 5 万余台,分布于 90 多个国家和地区,应用于各行各业。1996 年 5 月,该公司成功地将料袋式垂直提升技术应用于美国纽约北部一个水库开发的隧道竖井开采中,该料袋式输送机的连续垂直提升高度为 208 m,带速 2.42 m/s。

我国由于垂直提升技术起步晚,该技术在煤矿井下应用尚属空白。根据我国大型煤矿的状况,若要满足主井提升需要,主参数必须满足运量 $Q \geq 1\,200\text{ t/h}$,高度 $H \geq 400\text{ m}$ 。

2001 年上海地铁施工中采用了一条垂直提升输送机,其主参数为:额定连续输送量 $Q = 180\sim 200\text{ t/h}$,输送水平距离 $L = 8.96\text{ m}$,垂直提升高度 $H = 25\text{ m}$,带速 $v = 1.25\text{ m/s}$,带宽 $B = 1\,000\text{ mm}$,驱动功率 $N = 45\text{ kW}$ 。该机于 2002 年 9 月安装调试完毕,目前正在使用中。

7. 管状式带式输送机

自 20 世纪 70 年代以来,据不完全统计,日本国内和技术受让国共生产带式输送机 1 000 多台,最大运量 $Q = 3\,000\text{ t/h}$,最大机长 $L = 3\,414\text{ m}$,最大运输倾角 $\alpha = 35^\circ 42'$ 。20 世纪 90 年代初,国内首台管状带式输送机在淮南矿务局新庄孜矿地面使用,运输原煤,运量 $Q = 600\text{ t/h}$,运输长度 $L = 227.65\text{ m}$,总提升高度 $h = 6.52\text{ m}$,带速 $v = 175\text{ m/min}$,绕过了精煤仓,有一个圆心角为 40.150° 、曲率半径 $R = 115\text{ m}$ 的垂直弯曲段。它的成功运行表明:管状带式输送机可以在空间任意弯曲,绕过建筑物,提高运输高度,封闭管带内的物料,保护环境,开创了国内散状物料运输的先河。

8. 压带式输送机

压带式输送机也是为增大输送倾角而设计的。1954 年在德国就有关于压带式输送机的专利。1979 年美国大陆输送机设备公司开始研制压带式输送机,并于 1983 年研制出压带式大倾角带式输送机 HAC(High-Angle Conveyor)。这台样机的运输倾角为 $30^\circ\sim 60^\circ$,最大输送能力为 $2\,900\text{ t/h}$,其压带是通过旋转的托辊组加载的。1991~1994 年,德国的 MAN TAKPR FODERTECHNIK 公司研制了三台用于卸船机的压带输送机。前苏联和日本等国也研制了这种带式输送机。国内生产的压带式输送机倾角可达 90° ,物料最大块度可达到 300 mm。这种输送机由于本身结构的缺陷和经济上的原因,目前还没有在煤矿井下应用。

第二节 矿用带式输送机发展的技术前瞻

矿用带式输送机大型化与高可靠性要求,对设计者和制造商提出了更高的要求,只有解决了带式输送机发展的关键技术,才能制造出高性能、高可靠性的大型带式输送机。其关键