



高等学校“十二五”重点规划教材

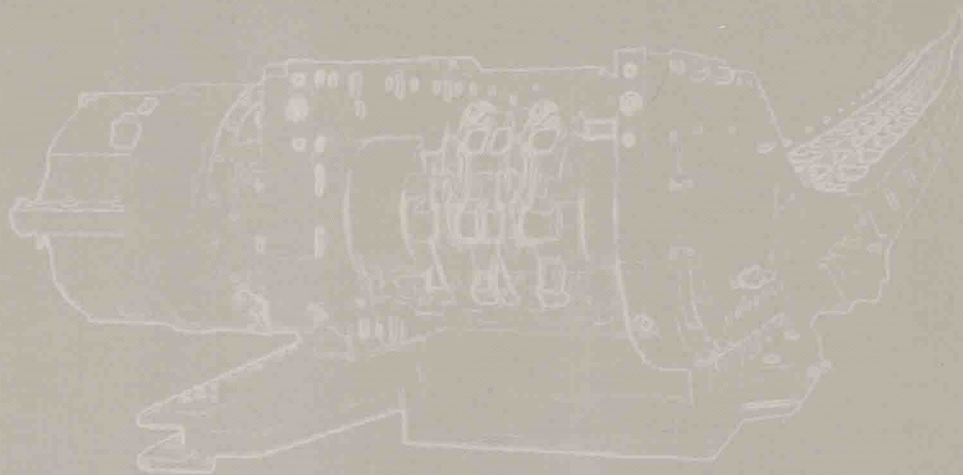
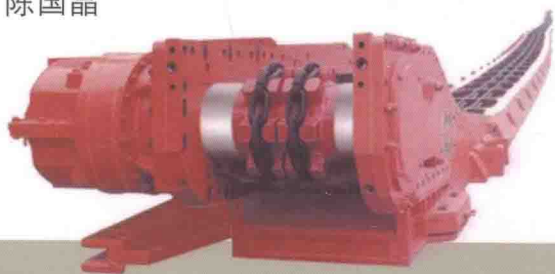
煤炭行业高等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第四册）

煤矿提升运输机械

系列主编 刘春生

本册主编 刘训涛 曹 贺 陈国晶

本册主审 周广林



MEIKUANG TISHENG
YUNSHU JIXIE

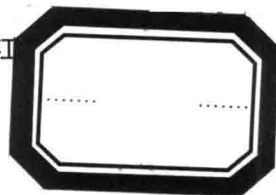
HEUP 哈尔滨工程大学出版社

国家特色专业建设点、黑龙江



高等学校“十二五”重点规划教材

煤炭行业高等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第四册）

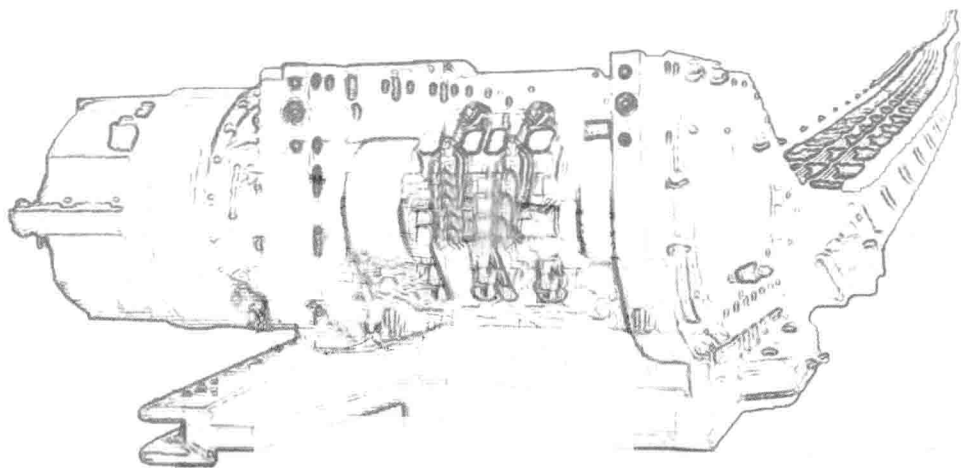


煤矿提升运输机械

系列主编 刘春生

本册主编 刘训涛 曹 贺 陈国晶

本册主审 周广林



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了煤矿通用的矿山提升和运输机械的主要类型、结构、工作原理、工作性能、运行理论、选型计算和设计等内容,并对本领域的新技术、新成果、新产品及其发展动向作了相应介绍。

本书可作为煤炭高校机械设计与制造、机械电子工程、采矿工程等专业的通用教材,也可作为机械专业毕业设计参考资料及相关工程技术人员和管理人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿提升运输机械/刘训涛,曹贺,陈国晶主编.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2012.12
煤矿机械毕业设计系列教材
ISBN 978-7-5661-0477-9

I. ①煤… II. ①刘… ②曹… ③陈… III. ①煤矿-
矿井提升机-高等学校-教材 ②煤矿运输-运输机械-高
等学校-教材 IV. ①TD5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 292653 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东市一兴印刷有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 17.75
字 数 431 千字
版 次 2013 年 5 月第 1 版
印 次 2013 年 5 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

煤矿机械毕业设计系列教材编审委员会

顾问:王国法 王铁军

主任:刘春生

副主任:周广林 吴卫东 刘元林

委员:(以姓氏笔画为序)

于风云 王本永 孙月华

刘训涛 张文生 张志平

张艳军 芦玉梅 李德根

陈国晶 林海鹏 侯清泉

姜 伟 姜 斌 胡金平

赵存友 唐庆菊 徐 鹏

常 禄 康 宇 曹 贺

韩建勇 靳立红

序

PREFACE

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020年)指出,要全面提高高等教育质量,提高人才培养质量。在《纲要》的战略主题中指出,教育要“坚持能力为重,优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养,着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力”。面对经济全球化的发展,科技进步的日新月异和人才竞争的日趋激烈,我国科技发展的总体目标之一是:到2020年进入创新型国家行列,为在本世纪中叶成为世界科技强国奠定基础。科技创新,人才为本。创新型国家的建设,离不开高素质的创新人才。提高质量是高等教育发展的核心任务,煤炭高等教育要主动适应建设创新型国家的科技发展要求。

煤炭是我国重要的基础能源和原料,在今后相当长的时期内,煤炭在我国国民经济、社会发展和国家能源安全中仍然具有举足轻重的战略地位。为推动煤炭行业科学发展、安全发展和可持续发展,人才培养是关键。毕业设计是本科人才培养最重要的实践性教学环节,煤矿机械毕业设计系列教材能够有效促进机械专业毕业设计质量稳步提高,将毕业设计 with 知识能力培养相结合,毕业设计 with 工程实际问题相结合,毕业实习、毕业设计 with 人格培养相结合,以此提高学生工程设计能力和培养煤矿机械领域的实用型人才,突出特色培养。

刘春生教授所带领的矿山机械系列课程教学团队是黑龙江省优秀教学团队,所依托的专业——机械设计制造及其自动化专业是黑龙江省重点专业,国家特色专业建设点。该团队多年来讲授煤矿机械设计与制造系列课程,具有丰富的教学和科研经验。这套系列教材的主要特点:

该系列教材矿业特色突出,内容精炼,汇集了煤矿采掘机械、煤矿提升运输机械、煤矿流体机械等典型煤矿机械,及煤矿机械制造工艺与夹具、煤矿机械液压传动,将煤矿典型机械的设计与制造融为一体。

该系列教材培养特色鲜明,体现了工程与实践相结合的教育理念。工程实践能力是高级应用型人才的一项重要素质,也是学生适应社会需要的一项重要能力。该系列教材以培养学生的工程意识、工程素质和工程实践能力为根本,以提高学生实践能力和创新能力为目标,使学生的知识和理论固化为素质,转化为能力。

该系列教材使用方便,围绕不同类型的设计题目,每册自成体系,针对性和实用性强。书中编写了相关的方案设计内容,强调方案设计的重要性,加强学生对总体方案的设计能力。根据毕业设计的需要收集了较常用的设计资料,减少了学生查找资料的困难。

这是一套矿业类机械设计制造及其自动化专业的特色教材,是毕业设计难得的指导丛书,是煤矿机械概论课的主要参考书。希望该系列教材能在毕业设计指导中发挥重要的作用,也希望煤炭行业的广大青年学生、工程技术人员和科技工作者,努力学习、潜心钻研、勇于创新,为我国煤炭事业的发展和创新型国家目标的实现,贡献自己的聪明才智。

煤炭科学研究总院首席科学家
国家级有突出贡献专家
中央联系的高级专家

刘春生

2011.4.20

前言

PREFACE

为方便学生更好地进行“煤矿提升运输机械”的选型设计计算和毕业设计,正确掌握设计的方法和步骤,培养学生使用、选型、设计煤矿提升运输机械的工程实践能力,做好毕业设计,顺利走上工作岗位,我们编写了这本毕业设计指导教材,供煤炭院校机械设计制造及其自动化专业的学生毕业设计使用和煤矿现场技术人员参考。

本书共分5章。第1章介绍了煤矿提升运输系统组成、布置方式以及煤矿提升运输机械方案设计模式与方法;第2章介绍了各种带式输送机的结构特点、工作原理以及各种带式输送机的设计、计算方法;第3章介绍了刮板输送机的结构特点、工作原理以及刮板输送机的选型、设计计算方法;第4章介绍了煤矿主要提升设备结构特点以及提升机械设计计算方法;第5章介绍了斗式提升机结构特点以及其设计计算方法。此外,为了提高学生理论联系实际和分析解决工程实际问题的能力,书中选编了部分实例和选型设计所需的主要资料,供学生设计时参考和选用。特别注意:书中的图未加单位的均以 mm 为单位。

本书的第1章、第2章的2.1节、2.2节、2.3节由刘训涛编写;第2章的2.4节、2.5节、2.6节和第3章由曹贺编写;第4章、第5章由陈国晶编写。全书由刘训涛主持编写和统稿,周广林主审。本书在编写过程中,兄弟学院有关教师提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限加之时间仓促,书中不当之处在所难免,恳请读者朋友批评指正。

编 者

2013年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 煤矿提升运输系统简介	1
1.2 煤矿提升运输机械的设计模式	2
1.3 方案设计	5
1.4 运输机械设计的评价和决策	16
参考文献	23
第2章 带式输送机	24
2.1 概述	24
2.2 通用带式输送机	26
2.3 波状挡边带式输送机	101
2.4 管状带式输送机	134
2.5 线摩擦带式输送机	144
2.6 其他带式输送机	154
参考文献	177
第3章 刮板输送机	179
3.1 概述	179
3.2 刮板输送机主要部件的结构和特点	180
3.3 刮板输送机的选择计算	190
3.4 设计实例	197
参考文献	201
第4章 煤矿提升设备	202
4.1 概述	202
4.2 煤矿主要提升设备结构及特点	203
4.3 提升机械设计计算	211
参考文献	249
第5章 斗式提升机	250
5.1 概述	250
5.2 斗式提升机主要部件及结构	252
5.3 斗式提升机的工作过程	261
5.4 斗式提升机设计计算	266
5.5 设计实例	269
参考文献	271

第1章 绪 论

本章要点:

本章介绍了煤矿运输系统布置,煤矿提升运输设备的类型及特点,煤矿提升运输机械设计模式、方案设计及运输机械设计的评价和决策;并依据系统的观点,详细阐述了煤矿运输机械设计要求,结构设计的设计准则,方案设计的方法,方案评价准则和评价方法。

1.1 煤矿提升运输系统简介

1.1.1 煤矿运输系统布置

煤矿运输除因开采方式和采掘的矿物不同,运输方式和运输设备有所区别外,其他运输线路和运输设备的选择差别不大,因而煤矿运输系统布置大同小异。图 1.1 为煤矿运输系统示意图。采煤工作面 A 处采下的煤炭或掘进工作面 B 处掘下的矸石,经过运输巷道中的运输设备运至下部车场 6(或运输大巷 4),再经过石门 5 和运输大巷 4 的运输设备运至井底车场 3,最后经过井筒通过箕斗或罐笼提升至地面(斜井可以通过矿车、斜井箕斗或皮带运输)。而人员和设备的升降以及材料的下放则是通过普通罐笼进行的,并且以相反的方向运至指定地点。

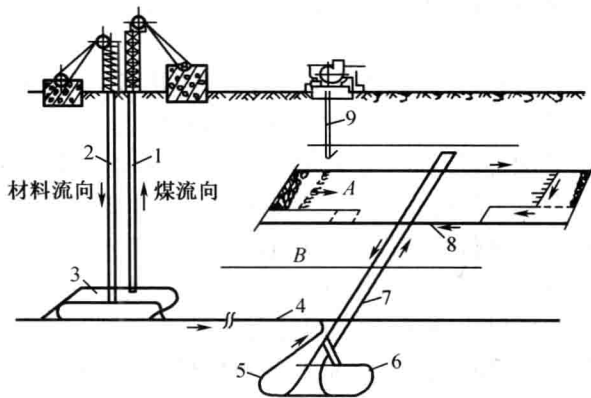


图 1.1 煤矿运输系统示意图

1—主井;2—副井;3—井底车场;4—运输大巷;5—石门;
6—采区车场;7—上山;8—运输巷道;9—风井

1.1.2 煤矿提升运输设备的类型及特点

煤矿提升运输设备分为提升设备和运输设备。提升设备分为立井提升设备和斜井提升设备。立井提升设备有箕斗、罐笼。一般情况下,年产量在 300 000 t 及其以上的大中型矿井可

设两套提升设备,主井采用箕斗提升,副井采用罐笼提升。对于年产量超过 1 800 000 t 的特大型矿井,主井可采用两套箕斗提升设备;副井除配备一套罐笼提升设备以外,有时还需设置一套带平衡锤的单容器提升设备作辅助提升。年产量小于 300 000 t 的矿井可采用两套普通罐笼提升设备,若一套提升设备能够完成提升任务,也可采用一套普通罐笼提升。斜井提升方式主要有串车、箕斗和带式输送机三种。串车提升一般用于井筒倾角小于 25° 的矿井。年产量在 210 000 t 及其以下的矿井,一般采用单钩串车提升;对于年产量达 300 000 t 而提升距离较短的矿井一般采用双钩串车提升。箕斗提升一般用于年产量 450 000 t 以上,井筒倾角大于 25° 的矿井,箕斗一般采用后卸式箕斗。带式输送机一般用于产量较大,距离较长的斜井中。

煤矿井下运输设备按运行方式分类,可以分为连续运行式和往返运行式两种。连续运行式的运输设备比较多,如刮板输送机和带式输送机、螺旋输送机、振动输送机和斗式提升机等。这一类运输设备整机长度与运输距离相等,设备连续运行,设备的运输能力与运输距离无关。往返运行式运输设备主要指轨道车辆和无轨车辆。轨道车辆是无动力装置的矿车,需要外加牵引设备才能运行。矿车的牵引设备,平巷中以机车为主,斜巷中以绞车为主。无轨车辆目前使用的是胶轮自行矿车,车身有动力装置。这一类运输设备整机长度远远小于运输距离;以往返周期式运行,运行中需要操作换向;设备的运输能力与运输距离有关,车速不变时成反比。车辆运输中使用的操车设备也包含在运输设备之内,操车设备包括翻车机、推车机和调度绞车。

1.2 煤矿提升运输机械的设计模式

提升运输机设计是一门工程设计学科,它主要是进行结构设计,将抽象的工作原理,如摩擦、气垫、磁垫和杨森定理等原理化为具体的机械图纸;确定它们的材料、加工工艺、公差配合尺寸和技术要求等文件;再制成样机进行修改;直到安全运行,才算成功。

1. 整体设计概述

首先要进行功能设计、机械设计和优化质量设计,而并不是简单的机械制图。设计者要具备结构设计的基本功和工程实践经验,同时还要具有环保、安全、美学、生理和财务等知识,将力学、材料、工艺、装配、修理和防腐等技能统一在光机电一体化设计中。设计者可以通过对过去产品进行分解与综合从而产生创造性思维,并运用形态分析法、类比法、输入输出法和仿生法等多种方法进行结构设计。基本的设计步骤如下:

- ①深入了解所设计设备过去存在的毛病及其要保存的优点,将其综合成设计目标。
- ②粗略估算构件的主要尺寸,进行相关的受力分析。
- ③尽量找标准化的成品,如标准件、联轴器 etc 通用件,使标准件和通用件占到所使用构件的 80% 左右。
- ④进行非标设计、计算。
- ⑤用 CAD 绘制输送机草图。
- ⑥改变工作面大小、方位、数量、材料、连接方式及各种组合,产生新的方案。
- ⑦按技术经济指标选择最佳方案。
- ⑧寻找所选方案中的薄弱环节及缺陷。
- ⑨按照各种准则、国家标准和行业规范进行改进。
- ⑩核算部件的强度、刚度、耐疲劳度能耗和各种功能指标。

⑪用 CAD 进行制图,从二维工程图到三维动画仿真。

⑫用计算机制备各种产品说明书、使用及安装说明书等技术文件。

2. 各种结构设计准则

根据“工”型理论,可以总结出以下几个方面的设计准则。

(1) 力学要求

①均匀受载准则。将工作载荷在结构上均匀分布,减少结构尺寸,提高承载能力,如多绳摩擦提升机螺旋液压调绳装置。

②力流最短路径准则。力的传递路径优先走刚度较大的构件。走短路径,受力作用区域愈小,累积变形也愈小,因而走直线最短,附加弯矩也小,如传动滚筒两幅板间距等于带宽原则。

③降低缺口效应准则。构件往往带有孔、槽、螺纹、台肩等缺口,应力发生集中,截面尺寸变化剧烈,缺口效应大。在设计带式输送机中的各种滚筒轴、托辊轴和驱动轴时,这种缺口效应体现最为明显,所以使用胀套代替开键槽最为理想。

④变形同步准则。两种构件相接触处,难以同步变形时也会发生应力集中现象,降低构件强度,如滚筒的轴承座的变形应和轴变形协调起来。

⑤等强度准则。设计构件尽量使应力处处相等,同时达到材料许用应力值,大量使用变截面梁。

⑥附加力平衡准则。带式输送机许多回转部件产生惯性力,滚筒中的轴向力和齿轮传动中轴向力都应以平衡件或对称安装解决,如人字齿传动等。

⑦空心截面准则。构件的弯曲应力或扭转应力在横截面上都是离轴中心越远越大,截面中心应力最小,故做成空心结构,从而提高构件强度和刚度,因此机架大量采用工字钢、槽钢。使用钢管最好,材料最省,而使用实心材料最差。

⑧受扭转面封闭准则。受扭转作用的薄壁构件的截面应尽量制成闭口形状,如各种托辊支架、机架横梁等。

⑨最佳着力准则。弯曲机架上的集中力矢量,如不经过横截面上的扭转中心时,会产生附加弯矩,所以机架的槽钢要对称安装。

⑩受冲击载荷结构柔性准则。此时应降低系统的刚度,增加等截面杆的长度,避免截面突变,安装缓冲器,如带式输送机装料用的缓冲托辊,增加橡胶圈缓冲。

(2) 工艺要求

①焊接件结构设计准则。a. 焊缝选在应力较低处;b. 避免焊缝重叠,可以错开焊缝,或加辅助结构,如带式输送机的机头、机尾等架结构;c. 焊缝根部放在受压一方;d. 避免在尖角处焊接,如将加强板焊在机架上;e. 焊接方便,不受其他部件阻碍;f. 优先采用对接焊缝;g. 尽量少用焊接缝。

②铸件结构准则。a. 铸件壁厚尽可能小,增加筋结构;b. 铸件壁厚不能有较大差异,要均匀;c. 铸件优先放在承受压力一面,发挥其特长;d. 便于取模、切削加工进行铸件设计。

③切削件机加工准则。a. 便于退刀,否则无法加工;b. 减少加工量,以降低成本;c. 加工件能可靠夹紧,留有夹紧部位;d. 加工面应在同一夹紧工序中加工,一次成型;e. 加工面便于切削,尽量避免采用球面和锥面;f. 减少缺口效应,应避免尖锐棱边,不同截面平缓过渡;g. 避免在斜面上开孔;h. 尽量采用贯通孔,钻孔面留有凸台。

④锻件结构设计准则。a. 模锻的分界面要合理,避免尖锐棱角;b. 方便制造,钻孔处需留有凸台。

⑤薄板件结构设计准则。a. 形状简单,平缓弯曲;b. 节省材料,大小巧妙安排;c. 尽量少用细长板条,棱边采用卷边设计;d. 避免粘刀,留有坡度;e. 复杂件采用组合结构,避免直线贯通。

(3) 材料要求

首先要在满足构件功能要求条件下选择所需的材料费和加工费最低的材料,并符合承载、加工、寿命和质量等技术条件,其次要根据材料的不同,选用不同的形状结构和工艺流程。

①热胀冷缩的材料要遵守:a. 选用多个构件按减法结构组合,消除单一构件热变形;b. 对于多个构件热变形量不等时,采用附加一段另一种材料的热变形,使几个变形相等的加法结构;c. 调节材料体积膨胀的方向,引到无配合面方向;d. 两构件温度有温差时,应使有关构件的热传递边界条件尽量接近,以消除相对热变形;e. 使构件能自由膨胀;f. 当两构件相对热变形无法改变时,可以通过加大构件的柔性来克服热应力;长距离带式输送机机架就是如此,机架装有膨胀节。

②塑料件应遵守:a. 壁厚要均匀,避免产生翘曲;b. 避免有内切的设计;c. 避免尖边锐角的设计;d. 避免表面倒塌,常在筋肋的对面开槽口;e. 非各向同性的塑料,浇铸方向应和构件承载力较大的方向一致,对复合材料如输送带骨架,纤维方向应和力流方向一致;f. 用螺栓连接的塑料板要加垫圈或套筒。

③陶瓷件应遵守:a. 避免高精度配合,陶瓷构件避免紧配合,圆孔应改为长孔装配,如陶瓷托辊体和轴就是浇铸的;b. 设计时要减少模具制作难度,如将封闭孔变为开通孔;c. 设计时要避免烧结变形,刚度小的地方加筋,加大壁厚,减少薄壁,避免有尖锐棱边;d. 增加便于涂釉的支承点或孔,且便于磨削;e. 在同金属件连接时,陶瓷件受压,金属件受拉,同时注意热变形影响。

(4) 装配要求

装配工序的成本约占总成本的 30%,装配质量的好坏决定了机器运行质量。而 70% 的装配成本在设计阶段就已确定,优化装配方案十分必要。因此在结构设计时应遵循以下原则:

- ①便于运送,重心不可偏高。
- ②便于方位识别,采取对称结构或几何特征。
- ③避免近似结构,扩大其不对称性。
- ④方便抓取。
- ⑤方便定位,确定定位基准、定位挡肩。
- ⑥多件零件的组合物,直接加工成一个整体的一体化原则,或用简单件加以连接使其成为一体。

⑦采用弹性元件、短尺寸链和设置专门的配合面,避免双重配合,如多轴承装配时。

⑧便于拆卸。

(5) 防腐要求

设备防腐原则有:

- ①采用耐腐蚀材料,如复合材料、玻璃钢等。
- ②加防护层,如油漆、电镀、刷镀、浸泡、喷涂、滚压和化学转换等。
- ③在结构上采取流道不淤积设计,易于排干,减少设备易存尘的槽、沟设计。这对于在露天运行的带式输送机十分重要。
- ④结构件之间的间隙、接合面加以密封、涂油或用宽大的间隙,便于清扫。
- ⑤防止不同金属件相互接触,用塑料隔开,或加绝缘层,防止电解。

(6) 公差要求

符合公差要求的方面有:

①对于平行、同轴和对中要求的加工面,应尽量使这些有形位公差要求的加工面在同一道工序中加工,避免工装夹具定位时的误差。

②不要在同一构件上同时满足两个或两个以上的相关面的配合。

③配合精度要求高的工作面的面积和两配合之间的距离,应尽可能的小。

④尽量避免串联尺寸的标注法,累计误差大。

⑤配合面的几何形状应尽量简单,既便于加工,也便于提高配合精度。尽量用圆柱面代替圆锥面,用平行和垂直面代替倾斜面。

⑥对于不应有间隙配合,也不应有过盈配合的导轨、螺纹、铰联和插接的配合面,应采用柔度很大的弹性元件来消除,或用调节元件(如螺母、配合垫片等)来消除。

(7) 安全要求

安全是设计者的首要任务,国家对提升运输机械的安全运行制定了国标,可以遵循。从结构设计角度来看,安全设计包含下列含义。

①提高系统可靠性,整个系统在设计寿命周期内,保证功能,正常运行。

②保证操作者人身安全,增加必要的安全措施,发生不安全时能加以排除。

③减少开发风险,特别对于新开发的产品十分重要,可采取以下办法:

a. 为实现某一功能,重复设置一套或多套功能一样的零部件或整机,甚至整个系统。如发电厂煤排灰用的带式输送机都是双套的,而水泥厂就不需要双套的;可采用串联、并联和交叉连接等方法实现冗余准则。

b. 当外界提供能量时,构件不动,一旦失去能量便能自动执行其功能,如各种紧急刹车装置、电磁离合器及报警装置等实现零流准则,无电才动作。

c. 加大安全系数。将已算好的构件尺寸加大若干倍,增大裕度。由于工程本身诸多因素,构件尺寸并没有一个精确值,加大尺寸能保证安全运行,如带式输送机的安全系数达到12倍之高,提升人的罐笼钢丝绳安全系数为9。

d. 安全阀方法。在系统中有意安置一个薄弱环节,当危险出现时,此处首先破坏,从而报警停车,如液力联轴器的易熔塞、电器的保险丝、液力装置的安全阀及离合器上的柱销等。或安装监视系统,发现危险状态提前报警,如带式输送机的防跑偏机构、断带保护机构等。

1.3 方案设计

方案设计阶段包括确定设计要求、建立功能结构和寻找解的原理三个工作步骤。方案设计在很大程度上决定了产品在工作原理上的新颖程度。

1.3.1 确定设计要求

1. 技术产品的一般追求目标和限制条件

设计任何技术产品都无例外地在对社会(包括人和环境)保证无害或有益的前提下追求经济地实现预先确定的技术功能,这就是设计的目标。它包含了社会性、经济性和技术性三大要素。技术性由产品的使用目的所决定。经济性是市场竞争机制所要求的。社会性既出于道义上的考虑,也有鉴于法律上的约束。这三者应全面兼顾,不可偏废。

在追求上述目标时必须注意到一系列限制条件,例如可靠性和寿命、人机工程、造型和色彩、加工制造、检验测量、装配和安装、运输、使用和操作、维护、保养、检查和维修、制造成本及开发期限等方面的要求。

2. 制定设计要求表

在产品开发任务书的基础上,进一步收集来自市场、用户、政府的法令、政策等的要求和限制,补充企业内部的要求和限制,整理出对产品的技术性、经济性和社会性的具体要求,规定开发期限,并以设计要求表的形式予以确认。表 1.1 给出了一个设计要求表的示例,从表中可见,设计要求分为两类。一类是必达要求,用符号“D”标记,它对产品给出了严格的约束,只有满足这些要求的方案才能成为可行方案。另一类是期望性要求,用符号“W”标记,它主要体现了对产品的追求目标,只有较好地满足这些要求的方案才能称得上较优的方案。

表 1.1 设计要求表的示例

设计要求表:带式输送机		页数:	页数:
		制定日期	2012. 05. 01
		批准日期	2012. 05. 27
		修改日期	2013. 01. 18
要求性质	内容	责任者	
几何学:		刘 × ×	
D	运输长度 150 000 mm,带宽 ≤ 1 200 mm		
D	皮带采用硫化接头		
D	运输倾角 7°		
W	体积尽可能小		
运动学:		刘 × ×	
D	应用摩擦力进行物料运输,能够满足 $Q = 350 \text{ t/h}$ 运输要求		
D	下山运输		
W	高带速		
动力学:		刘 × ×	
D	输送带张力恒定,运行平稳		
D	运行阻力小		
W	托辊密封好,旋转阻力低		
物料:		刘 × ×	
D	皮带等材料应具有防爆性、耐腐蚀和阻燃性		
D	滚筒轴材料应能承受一定的弯矩和扭矩,筒皮焊接性能好		
W	材料质量轻,便于运输,造型美观		
生产条件:		刘 × ×	
D	符合本厂生产条件		
装配和运输:		刘 × ×	
D	装拆方便,运输和维修方便		
D	皮带架单节长度 ≤ 3 m		
W	整机寿命在 3 ~ 5 年以上		
设计完成期限:		刘 × ×	
D	2012. 6. 26		

表 1.2 提出了制定设计要求表时必须考虑的一些方面,借助于它可以避免发生重大的遗漏和疏忽。设计要求表是后面各工作步骤问题求解的出发点和对解进行评价决策的依据,因此它在整个开发设计进程中始终处于活跃状态。当需要对设计要求表中的内容进行修改、补充或更新时,应按制定时的审批程序进行。

表的内容尽可能给设计师留有较大的解的空间,以充分发挥他们的创造性和工作的主动性。

表 1.2 制定设计要求表时必须考虑的一些方面

主要特征	例 子
几何	大小,高度,宽度,长度,直径,占有空间,数量,布置,接头
运动学	运动类型,运动方向,速度,加速度
力	力的方向,力的大小,力的性质,重力,载荷,变形,刚度,惯性力,稳定性,共振
能	功率,效率,功率损失,摩擦,通风,状态,压力,温度,加热,冷却,结合能,存储,吸收功,转换能
物料	物流和物质运输,输入和输出产品的物理和化学特性,辅助料,规定材料
信号	输入和输出测量值,信号形式,显示,运行和监视装置
安全性	直接安全技术,保护系统,工作和环境安全性
人机学	人机关系,操作,操作高度,操作种类,视野,座位舒适性,照明,造型设计
制造	生产车间能力,可造最大尺寸,优先制造方法,制造工具,公差,废品率
检验	测量和检验可能,标准,特殊规定(GB,JB,TUV,ASME,DIN,ISO,AD-备忘录)
安装	特别安装规定,总装,装入,工地安装,基础设计
运输	起重限制,轨形,按运输道路限制的尺寸和重力,运送种类和条件
使用	低噪声,磨损,应用和销售地区,使用环境(含硫空气,热带)
维修	不需保养,需要的保养次数和时间,拆卸检查,更换和修理,涂料,清洁
成本	允许制造成本,工具成本,运行使用成本
期限	完成期限,对各个中间步骤的进展表,供货日期

1.3.2 功能结构

1. 总功能和主功能的识别

机械系统依靠明确的、能够再现的输入和输出与外界发生联系。所有的输入与输出都可以归纳为能量、物料和信息三类。因此,实现预定的能量、物料和信息的转换就体现了机械系统的功能。

(1) 主功能

产品中必然有一种转换是该产品主要使用目的所直接要求的,它就构成了该产品的主要功能,简称主功能。例如,带式输送机的主功能是实现煤炭等矿物的运输,因而物料流是主流。自动张紧装置中的数模转换器将数字信号与模拟信号之间的转换视为主功能,即以信息流为主流。液力耦合器将机械能转换成叶轮动能,又将叶轮的动能转换成输出轴的机械能来实现力矩的传递,能量流是主流。其他力、力矩和速度等能量组元的改变也是能量的

转换。此外,体现功能的输出输入之间的转换,不仅仅限于种类的变化,也包括数量、位置、状态、成分、相互关系甚至时间的变化。减速器主功能是减速或增矩,能量种类不变。皮带运输机的主功能是改变物料位置,物料的种类和相态不变。蒸发器的主功能是改变物料相态,物料种类不变。滤波器的主功能是分离信号,只改变信息载体。另外,像能量、物料和信息存储器等,它们输出和输入的内容和形式等都没有改变,唯一改变的是时间,因而存储功能是通过时间的变化来实现的。

(2) 辅助功能

辅助功能是为实现产品主功能服务的,是由产品主功能所决定的一种手段功能,简称辅助功能。拉紧装置是带式输送机必需的辅助功能,驱动也是带式输送机必需的辅助功能,控制和操纵几乎是所有工作机械所必需的辅助功能。

(3) 总功能

总功能是指产品实现的全部转换,包括全部主功能和辅助功能。为了识别产品的总功能,尤其是主功能,有必要对设计要求表进行分析和抽象。首先只考虑必达要求,对必达要求中反映机械特性的要求(相对于共性要求而言)应给予特殊的注意,因为主功能往往可以从中提取出来。所谓“抽象”主要包括两层含义,首先将定量的要求改用定性表达,其次带有解的倾向性的要求应尽量改为中性表达的要求。图 1.2 给出了一个分离功能对象目录在较抽象层次上的片段。

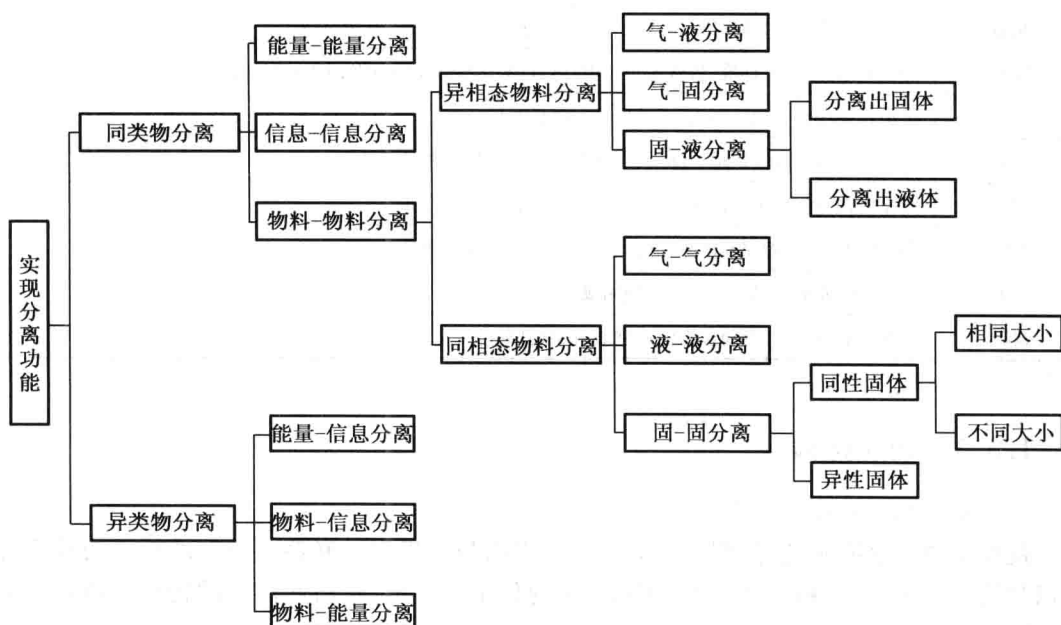


图 1.2 分离功能对象目录片段

在工程、农机、轻工和重机等工作机械中,旨在实现物料转换的执行功能是主功能,驱动、传动和控制等功能是辅助功能。在内燃机、电动机和汽轮机等动力机械中,旨在实现能量转换的驱动功能是主功能,控制、冷却和密封等功能是辅助功能。在计算机、传感器以及通信设备中,信息转换是主功能,驱动、控制等功能是辅助功能。

2. 建立功能结构

作为功能载体,系统的可分性及其分系统或系统元素之间联系的有序性都反映了总功能的可分性及其分功能或功能元素之间联系的有序性。总功能可分为若干分功能,各分功能又可以分解为若干二级分功能,如此继续,直至各分功能被分解到最基本的功能(称为功能元)为止。这就构成了功能树,在功能树中接近根部的前级功能是接近叶部的后级功能的目的功能,而后级功能则是前级功能的手段功能。图 1.3 给出了一个带式输送机功能树的例子。用功能结构来表达总功能内分功能之间、功能元之间、分功能与功能元之间的分界和联系。其中各功能之间用矢量联结,矢尾端所在功能块的输出正是矢头端功能块的输入。功能结构表明了总功能要求的转换是如何逐步得以最终实现的,它反映了设计师实现产品总功能的基本思路和策略。陈列功能结构对于复杂产品的开发是十分必要的。

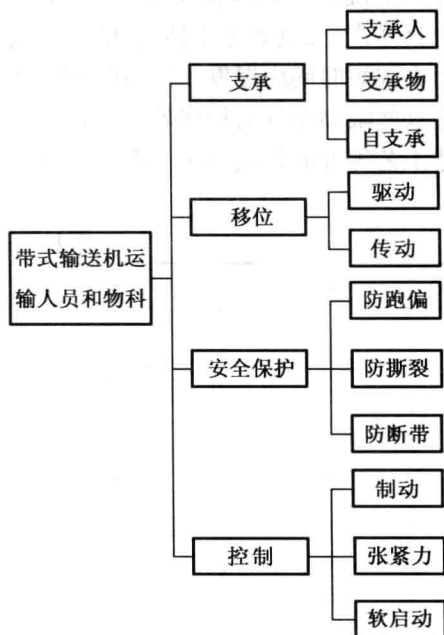


图 1.3 带式输送机功能树示例

在建立复杂产品的功能结构时可以采用“抓两头,带中间”的策略。“两头”就是从输入和输出开始。中间就是以主功能为核心。建立产品的功能结构过程如下。

步骤 1: 列出机械的主功能。

步骤 2: 给出必不可少的辅助功能。

步骤 3: 添置能量供给模块。

步骤 4: 具体分析机械设备功能要求,添上驱动、传动和控制等功能。这样就构成了一个比较完整的功能结构图。

各分功能之间的关系大体上有三类。第一类是前后串联的关系,往往反映了实现这些功能的时间顺序或因果关系,即前置功能的输出是后置功能的输入,前置功能可能是实现后置功能的手段。第二类是并联关系,并联分功能的前置功能是分离功能。第三类是反馈关系,即后置功能的输出是前置功能的输入,它一般是为了实现信息反馈控制(如闭环控制)、物料回收,或者能量回收(如余热的回收再利用)。

功能树从功能的可分性方面体现了各分功能之间的部分联系和因果关系,但它还不能像功能结构那样全面反映各分功能之间所有错综复杂的联系。即使如此,应该承认,先列出功能树有助于接着陈列功能结构。功能结构并不是设计方案,也不是问题的解,但功能结构反映了解决问题的思路和框架,因而在某种程度上也就能促进解的产生。

功能结构可粗可细,它取决于功能分解的细化程度。一般来说,已有现成解的分功能不必被继续细分。

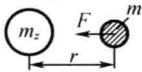
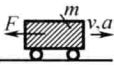
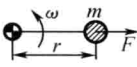
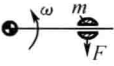
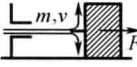
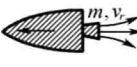
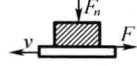
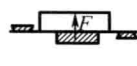
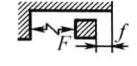
1.3.3 寻找解的原理

1. 寻找物理化学效应

机电产品几乎所有功能都能借助于已知的物理和/或化学效应来实现。仅仅“产生力”

这样一个机械常用的基本功能就能应用 40 种以上不同物理效应来实现,如表 1.3 所示。对某个具体产品,例如冲击钻,它的主功能就是“产生力”,而且有一系列限制条件,既要求这个力在很短时间内爆发,并达到相当大的值,同时又不允许功能载体的尺寸和质量增大,能满足这些限制条件的物理效应不到 10 种。对这 10 种物理效应的作用原理,甚至于结构和制造工艺等方面作进一步考查后会发现,真正现实可用的物理效应不过两三种而已。

表 1.3 “产生力”的物理效应

序号	效应	公式	原理示意图	符号说明
1	万有引力	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$		G —引力常量; m_1, m_2 —质量; r —距离
2	重力	$F = mg$		m —质量; g —重力加速度
3	浮力	$F = \rho g V$		ρ —流体密度; g —重力加速度; V —体积
4	惯性力	$F = ma$		m —质量; a —加速度
5	离心力	$F = m\omega^2 r$		m —质量; ω —角速度; r —回转半径
6	科氏力	$F = 2m\omega v_r$		m —质量; ω —角速度; v_r —径向速度
7	冲击压力	$F = mv(1 - \cos\alpha)$		m —质量; v —流速; α —偏转角
8	后坐力	$F = m v_r$		m —质量变化率; v_r —流速
9	滑动摩擦力	$F = \text{sign}(v) \mu F_n$		μ —摩擦系数; v —相对滑动速度; F_n —正压力
10	黏附力	$F = f(\text{Material}, Ra)$		Ra —粗糙度
11	弹性变形	$F = cf$		c —弹性系数; f —变形量