

机械连接设计 示例与分析

JIXIE LIANJIE SHEJI SHILI YU FENXI

陶寄明 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机械连接设计示例与分析

陶寄明 主编
郭可谦 吴宗泽 主审



机械工业出版社

本书汇集了编者多年积累的经验、体会及大量资料,内容丰富,以近800个图例对螺纹、键、销、焊、铆、粘等各种连接方式的结构设计进行了简要分析,图文并茂,一目了然。

本书的特点:(1)以对比的方式说明对连接方式的改进;(2)从受力分析、连接强度、制造和装配的工艺性、密封和防腐、安全可靠、定位精度、公差配合、经济性等不同角度列举连接结构的实例;(3)理论联系实际,注意实用性、典型性、系统性和易读性,收集了许多新结构;(4)为提高装配和维修效率,提出分部件并行作业、快速连接的观点;(5)为提高连接精度,提出合理定心、定位和定向的连接结构;(6)为提高强度,提供了合理应用螺纹连接结构、多种无键连接结构;(7)制图、公差配合、紧固件等标准件都采用最新的国家标准。

本书供大中专水平从事机械设计、制造的技术人员、教师、学生参考使用。有许多结构比较新颖,特别适合于技术创新者参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械连接设计示例与分析/陶寄明主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 1

ISBN 978-7-111-28907-4

I. 机… II. 陶… III. 连接装置—机械设计 IV. TH131

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 018634 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:齐福江 责任编辑:张亚秋 责任校对:陈延鹏

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·359 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28907-4

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

序

陶寄明高级工程师主编的《机械连接设计示例与分析》一书，经过反复修改终于完成了。这本书倾注了陶工多年的经验和心血。他克服了年老体弱和疾病等各种困难，收集了各方面的资料，经过充分的分析研究和整理，考虑了机械设计人员的使用要求和阅读方便，完成了这本实用的范例性参考书。

连接件在许多机器中按数量统计，都是最多的零件。对于这些零件，设计师一般都按国家标准选择，没有时间和精力进行深入的分析研究。但是它们对机械的质量、制造和修理方便、使用寿命和可靠性都有着很大的影响。一些重要的设备由于连接件设计“很小的”不合理，而产生严重问题甚至灾难的情况也时有所闻。陶工把大量的、零散的连接件设计资料融为一体，为我国机械工程技术人員提供了很好的参考书。

我国正在为培养造就世界一流科学家和领军人才而努力，但是一流的科学技术必须有坚实的基础来支持。古人说“千里之行始于足下”，“泰山不让土壤，故能成其大”，都是说明了基础的重要性。希望本书成为服务我国社会主义建设并能够作出贡献的一颗闪闪发亮的螺丝钉。

吴宗泽

前 言

为了加工、运输方便等原因，一般将机器或装置分解成零、部件，然后再进行组装。合理使用连接件，对于保证机器产品质量和可靠性，就显得特别重要。实际上，许多机器设备在使用过程中，经常由于连接强度不够发生故障，而造成机器停产，甚至发生机器被损坏或人身事故。本书主要介绍机械连接的合理设计，并举实例说明。

合理的机械连接设计，有以下益处：

1. 提高装配效率，提高设备质量。例如：合理分部件设计，便于装配时并行作业；采用快速连接设计，将大大提高装配效率；采用合理的定心连接，将会有效地提高定心精度等。

2. 正确使用标准件，可以充分发挥标准件的效能，不仅缩短制造周期，降低成本，而且还能提高产品的可靠性和安全性。例如，采用各种防松、防腐、防漏等措施，提高可靠性；正确使用安全销，保证产品的安全性。

3. 改进连接结构，使连接件与被连接件合理受力，以避免削弱连接件与被连接件的强度等。例如避免或减小某些零件承受弯曲或剪切力，采用无键连接，避免削弱轴。

4. 减小变形。例如采用合理的结构，减小焊接变形。

5. 采用合理的连接设计，便于装配、拆卸和维修等。

本书的另一特点：制图、公差配合、紧固件等标准件都采用了新的国家标准。

本书分为12章，各章的要点如下：

第1章 便于装拆的结构设计：尽可能减少零部件数量，提高装拆效率；分部件时考虑便于并行作业；采用标准件时，尽可能统一标准规格和尺寸；尽可能避免装配时的切削加工；尽可能减少维修时拆装零件的工作量；合理考虑定位面；装配零件设计应考虑便于定向等。

第2章 螺纹连接：正确使用螺栓、螺钉、螺柱和紧定螺钉等标准件；保证螺纹连接强度，保证螺纹的旋合长度，采用悬置螺母减小或防止螺杆承受弯曲应力；合理采用螺纹连接的防松方法；防腐、防漏、高温连接以及高强度螺栓连接等。

第3章 定心和定向连接：不要用螺纹定心，用小径定心提高定心精度，避免过多的定心表面(避免超定位)和保证定向连接的方向。

第4章 快速连接：利用空隙装入后移动或转动实现快速连接；利用插入附加件(销、开口垫圈等)实现快速连接；利用活动扣紧件实现快速连接；利用螺纹的快速连接。

第5章 销连接：销的国家标准，销的定位原则；定位的数量尽可能少，以免超定位；考虑销孔的加工、配作、装拆方便；连接销、槽销和轴销的应用；轴销连接配合公差计算。

第6章 键连接：键是标准件，应按键与键槽的配合标准选择配合；轴和轮毂上键槽的设计要求；键槽会削弱轴和轮毂，应合理布置键在轴和轮毂上的装配位置，保证轴和轮毂的强度；考虑加工和装配的工艺性；矩形花键国家标准规定以小径定心；其他特殊的花键连接



(例如:滚珠花键等)。

第7章 无键连接:无键连接不会削弱轴和轮毂,有型面连接和菱形连接、弹性零件连接(包括弹性环连接、胀紧连接套连接、切口圆锥胀套的连接、容差环连接、星盘连接、压套连接)、过盈配合连接、夹紧连接。

第8章 管连接:管的法兰连接;软管连接及软管连接的注意事项;硬管连接;各种管接头及其应用(包括快换管接头)。

第9章 焊接结构设计:避免焊缝过于集中;避免焊缝成十字、会合、集中在一起;保证焊条容易接近焊缝;采用最简单和高生产率的焊接方法;避免壁厚不同的零件焊在一起,应使之具有大致相同厚度的边缘;考虑被焊零件互相对位,而不需用焊接夹具;用移动被焊接件的方法,避免在边缘开坡口的困难;对零件进行修坡口,预先进行简单的机械加工;毛坯做成一样,可减少模具,提高生产率,降低成本;当焊接宽而薄的材料时,采用在模具中弯曲的零件,增加结构的刚度;预先加热或融化在焊接区的薄边;加工表面远离焊接区,精确表面在焊接后加工;合理地使焊缝卸载,将载荷转移由整个材料承受,留给焊缝的只是连接零件的作用。

第10章 铆接:实心铆钉的合理布置;空心铆钉用于承受不大载荷的连接;半空心铆钉用于连接表面光滑的零件,有较好的紧密性;管状铆钉、抽心铆钉和推心铆钉铆接;薄板铆接;特殊铆钉铆接。

第11章 塑性变形连接:减小变形,避免产生裂纹;利用冷塑性变形将衬套固定在箱体上;利用冷塑性变形将杆件固定在箱体上;利用冷塑性变形将钣金件固定;轴和销的固定;固定阀座的方法;盖与薄壁管的卷边连接法;管与钣金或管座的连接方法;折叠连接:用于连接薄板;卷边折叠,形成四层折叠。

第12章 粘接:接头粘接面只起连接作用,不承受横向剪力,此力由被连接件承受;粘接接头的结构设计,注意被粘接件的受力方向;粘接实例。

本书内容理论联系实际,注意实用性、典型性、系统性和易读性,尽量收集一些新结构。

编写方式,以结构图例为主,并在图上作简要说明,使之一目了然,以对比的方式说明对连接方式的改进;从受力分析、制造和装配的工艺性、密封、安全可靠、定位精度、经济性等不同角度列举一些连接结构的实例。

由于连接件的种类繁多,标准化程度越来越高,不同的连接件适用不同情况,内容编排难免有些交叉,系统性可能受些影响,希望读者根据具体情况进行选择,并能够举一反三,创造出更多更好的连接结构。

本书供大中专水平从事机械设计、制造的技术人员、教师、学生参考使用,也适合于技术创新者参考。

本书由陶寄明主编,由郭可谦、吴宗泽主审,陶东凯参加了第3章、第7章的编写。编写本书的过程中,得到了粟滋、杨振宽、李安民、吴来、智书平等同志的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于水平有限,难免挂一漏万。错误之处,敬请读者批评指正。

目 录

序

前言

第 1 章 便于装拆的结构设计····· 1

1. 减少组成机器所需零件的数目 ····· 1
2. 减少紧固件的数目 ····· 2
3. 减少紧固件的种类 ····· 4
4. 减少拆装的工作量 ····· 4
5. 保证拆装操作空间 ····· 5
6. 改进零件结构, 简化或省略连接件 ····· 9
7. 减少装配时的切削加工和调整工作量 ····· 10
8. 简化结构便于装配自动化 ····· 14

第 2 章 螺纹连接····· 15

1. 合理选择螺纹连接件类型 ····· 15
2. 确定被连接件的合理尺寸 ····· 17
3. 确定紧固件各部分的尺寸 ····· 20
4. 提高强度, 减小应力集中 ····· 21
5. 螺纹连接的防松装置 ····· 23
6. 减小螺栓所受弯曲应力 ····· 37
7. 承受变载荷或冲击载荷的螺栓应降低刚度 ····· 38
8. 扭紧螺母时防止螺栓转动 ····· 40
9. 特殊环境下的螺纹连接 ····· 42
10. 其他 ····· 48

第 3 章 定心和定向连接····· 50

1. 不可依靠螺纹定心 ····· 50
2. 合理设计定心表面直径和长度 ····· 51
3. 定心面的设计要考虑工艺性 ····· 53
4. 避免过定位 ····· 54
5. 小于 360°定心圆柱面设计 ····· 56
6. 定向连接 ····· 56

第 4 章 快速连接····· 58

1. 利用本身结构实现快速连接 ····· 58

2. 插入附加件(销、开口垫圈等)

的快速连接····· 63

3. 用活动扣紧件的快速连接 ····· 65

4. 利用螺纹的快速连接 ····· 66

第 5 章 销连接····· 68

1. 合理选择销的类型 ····· 68
2. 定位销 ····· 72
3. 连接销 ····· 78
4. 槽销 ····· 87
5. 销轴的应用 ····· 92
6. 安全销 ····· 96

第 6 章 键连接····· 103

1. 普通型平键 ····· 103
2. 导向键 ····· 110
3. 楔键 ····· 113
4. 半圆键 ····· 114
5. 切向键 ····· 116
6. 其他非标准键连接 ····· 117
7. 矩形花键 ····· 119
8. 渐开线花键 ····· 125
9. 小模数 45°渐开线花键····· 126
10. 其他花键连接 ····· 127

第 7 章 无键连接····· 130

1. 型面连接和菱形连接 ····· 130
2. 弹性零件连接 ····· 132
3. 过盈配合连接 ····· 142
4. 夹紧连接 ····· 149

第 8 章 管连接····· 154

1. 管的法兰连接 ····· 154
2. 软管连接 ····· 156
3. 快换接头 ····· 160
4. 自锁接头 ····· 163
5. 软管连接的注意事项 ····· 164
6. 硬管连接 ····· 168



第 9 章 焊接结构设计	173	7. 特殊铆钉铆接	197
1. 焊接方法的选择	173	第 11 章 塑性变形连接	198
2. 零件毛坯设计	174	1. 堵头、盖和罩的固定	198
3. 焊接坡口设计	175	2. 盖与薄壁管的卷边连接法	
4. 减小焊接产生的应力和变形	177	(平面支承)	199
5. 节约材料	178	3. 管与钣件或管座的结合	200
6. 减少焊接工作量	178	4. 薄壁板对接的折叠	201
7. 便于操作	179	5. 底或盖对圆筒的折叠	202
8. 焊缝合理受力	180	6. 卷边折叠, 形成多层折叠	202
9. 焊缝避开加工面	183	7. 杆件固定在箱体上	203
10. 对接焊接处两零件厚度尽量		8. 薄板的固定	204
一致	183	9. 杆和柱的固定	205
11. 保证被焊接件相对位置精度		10. 将零件固定在另一零件的表	
要求	184	面上	207
第 10 章 铆接	187	11. 固定阀座的方法	208
1. 实心铆钉	187	12. 减小变形, 避免产生裂纹	208
2. 空心铆钉	190	13. 衬筒固定在箱体上	209
3. 半空心铆钉	190	第 12 章 粘接	211
4. 管状铆钉	192	1. 粘接接头	211
5. 抽心铆钉和推心铆钉铆接	192	2. 粘接实例	214
6. 薄板铆接	196	参考文献	225

第 1 章 便于装拆的结构设计

机械的装配和拆卸在机械制造中占有重要地位。螺栓、螺母、键、铆钉等用于连接和紧固零部件的元件称为紧固件。合理设计连接，合理选择和使用紧固件，有利于保证机器的质量，降低生产成本，节约修理时间，也有利于材料和零件回用。装配就是把组成机械的各个零件按一定要求连接起来，使它们保持预期的相对关系；拆卸是与装配相反的过程。所以在设计连接和选择连接件时，必须考虑装配和拆卸的工艺性。为了装配和拆卸方便，应该尽量减少组成机械的零件的数目；简化其连接方法和结构；容易接近装配操作位置；减少同一机械中使用零件的类型（特别是标准件如螺钉、螺母、销钉、滚动轴承等）；减少装配所需的工具；使机械零件的形状简单、对称，避免装配中可能发生的错误；减少装配时的附加加工（如修配、配作等）；减少装配时的调整工作；简化机械零件的形状，使其在自动装配供料时不会互相纠缠，便于输送。此外还要考虑拆卸时能够保持零件不会因拆卸而被破坏。

经常使用的机械连接可以分为两大类：可拆卸连接（如螺栓连接、销连接、键连接等）和不可拆卸连接（如铆接、焊接、粘接等）。

本章将介绍连接设计应该考虑的一些有关装配工艺性的典型问题。

1. 减少组成机器所需零件的数目

为了实现一定功能，最好采用使用零件数目较少的结构方案。这样加工装配的工艺都能够简化，为了连接这些零件使用的连接件也较少。

图 1-1：减少零件数量，便于自动化装配。a) 压入两个保护套，机座不易磨损，但不适合于自动化装配；b) 零件数量少，易实现自动化装配，但易磨损机座。

图 1-2：整体式和装配式结构比较。a) 整体式毛坯需要压铸或模锻以及专用设备加工，适用于大量生产；b) 装配式，零件虽多，但加工方便，可用普通机床加工，适用于小批生产。

图 1-3：在一个方向不许有几个面同时定位（一）。a) 面 1 和面 2、面 3 和面 4 不可能同时接触，会互相干扰，设计不合理；b) 在面 5 和面 6 处有间隙，设计合理；c) 只有 7、8 两处为配合面，设计合理。

图 1-4：在一个方向不许有几个面同时定位（二）。

a) 不可能保证 1、2 两个面同时接触，设计不合理；b) 面 1 有间隙 J_1 ，保证面 2 接触，是合理的设计。

图 1-3 和图 1-4 不属于尽量减少组成机器所需零件的数目。

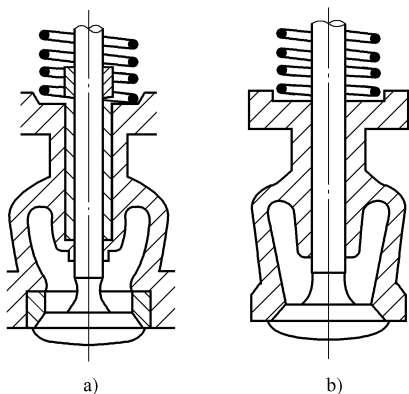


图 1-1

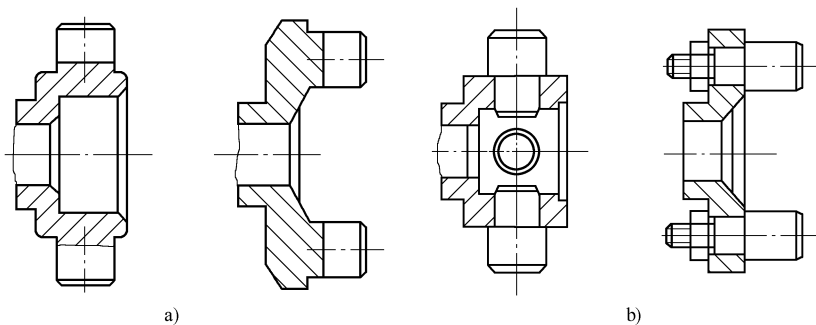


图 1-2

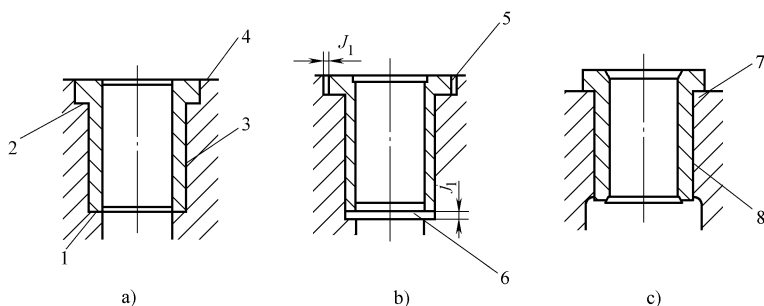


图 1-3

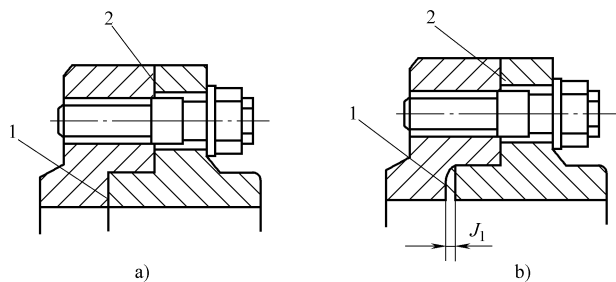


图 1-4

2. 减少紧固件的数目

减少紧固件的数目一般有利于减少装配、拆卸、修理的工作量。

图 1-5: 用挡圈代替开口销和垫圈。a) 用开口销只能作为粗糙轴向定位，且在轴上钻孔，削弱轴的强度；b) 用挡圈代替开口销和垫圈，不必在轴上钻孔，且安装挡圈的槽，可在车轴时一次加工出来。

图 1-6: 用挡圈代替螺钉。a) 轴端螺纹孔加工困难(特别是长轴)，装配也费时；b) 用挡圈代替螺钉，可以减少零件数量，加工和装配都简单。

图 1-7: 用挡圈代替轴肩和螺母。a) 用螺母将齿轮拧紧在轴肩上，加工、装配都费时；b) 用平面形挡圈代替轴肩，可以节省材料，用曲面形挡圈代替轴肩可以限制齿轮的轴向位移。

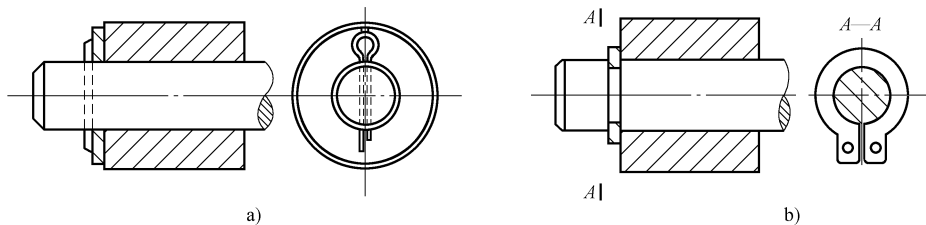


图 1-5

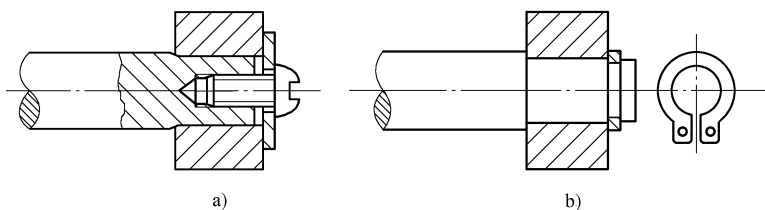


图 1-6

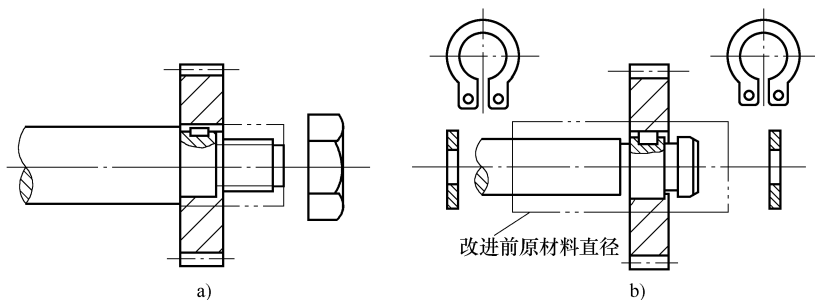


图 1-7

图 1-8: 用挡圈代替法兰、螺母和轴肩。a) 用挡圈代替法兰和螺母固定轴承，零件数量多，装配费时；b) 用挡圈代替法兰、螺母和轴肩，可以减少零件数量，装卸快。但当轴头 l 较长时，轴头直径应略小于与轴承配合面的轴径。

图 1-9: 避免从多个方向安装螺钉。a) 从多个方向安装螺钉，装配困难；b) 从一个方向安装螺钉，装配方便。

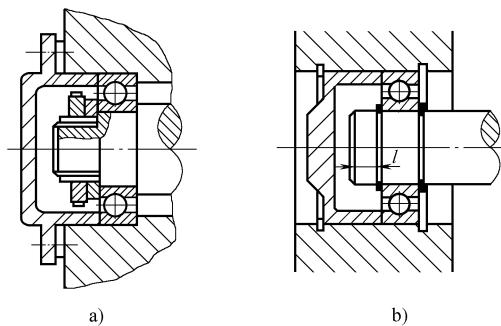


图 1-8

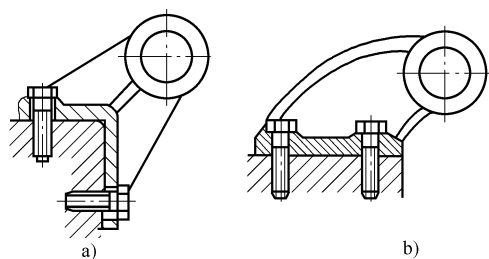


图 1-9



3. 减少紧固件的种类

在一台机器中使用的紧固件种类(尺寸、形状、精度、材料、表面处理等)应尽量减少。这样有利于减少装配所需的工具种类,使紧固件供应简化。

图 1-10: 紧固件尺寸统一可提高拆装工作效率。a) 紧固件尺寸不统一, 装配时件 1、2、3 需用三个扳手; b) 紧固件尺寸统一后, 装配时只要一种扳手。

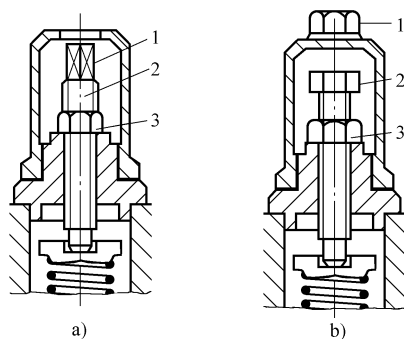


图 1-10

4. 减少拆装的工作量

图 1-11: 锥齿轮与轴的装配结构要便于锥齿轮的调整。锥齿轮在装配时, 要作轴向调整, 保证轮齿很好啮合, 有时要更换调整垫圈, 为提高调整速度, 尽可能少拆开零件。a) 要将轴拆下, 才能拆下调整垫圈, 调整费时; b) 只要将螺母拆下, 就能拆下齿轮和调整垫圈, 调整方便。

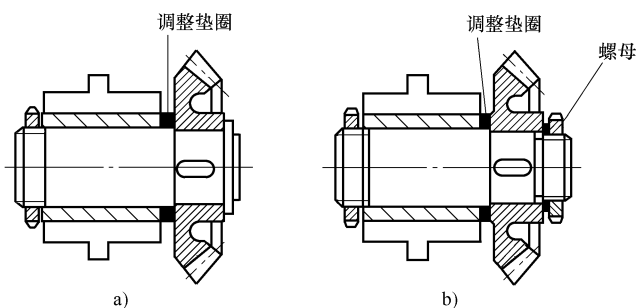


图 1-11

图 1-12: 轴承盖和轴承座应与底座分开装配。a) 轴承盖与轴承座、轴承座与底座的安装, 用螺钉穿三个零件, 对中比较困难; b) 将轴承座安装在底座上, 再将轴承盖安装在轴承座上, 而且拆下轴时只需拆下轴承盖, 轴承座的位置不需调整, 结构合理。

图 1-13: 调整垫圈应布置在容易拆卸的位置。装配时, 需要用调整垫圈调整锥齿轮的轴向位置, 所以要更换合适厚度的垫圈, 拆卸调整垫圈时, 应尽可能少拆卸其他零件。a) 拆下轴上的所有零件才能拆下垫圈; b) 只要拆下螺钉, 就可以拆下齿轮和垫圈。

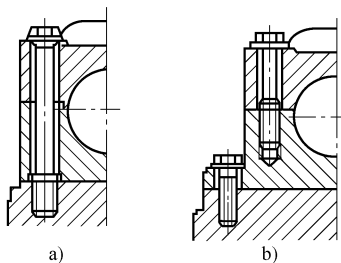


图 1-12

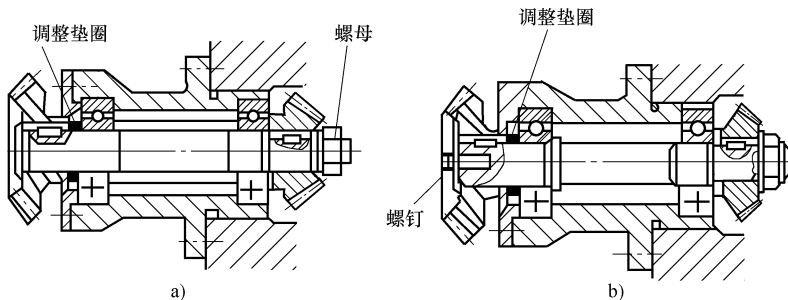


图 1-13

图 1-14: 要考虑便于更换零件。活塞杆与液压缸耳环的连接(如螺纹连接), 应采用可拆连接, 而不应该采用不可拆连接。a) 活塞杆与液压缸耳环采用焊接固定, 更换活塞杆与液压缸密封圈困难; b) 活塞杆与液压缸耳环用螺纹连接, 可保证活塞杆与液压缸密封圈。

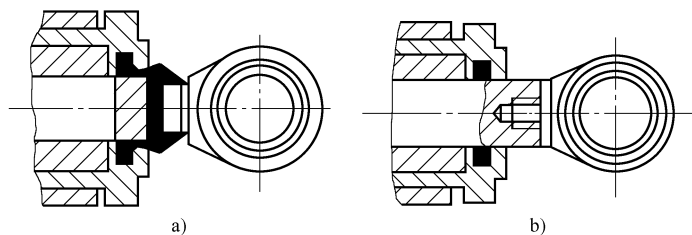


图 1-14

图 1-15: 设计有键的轴时, 应考虑便于更换轴承。a) 由于 d_1 和 d_2 的尺寸差小, 在安装键之后, 不能安装轴承, 在拆卸时, 必须先拆下键, 才能取出轴承, 装拆不便; b) 由于 d_1 和 d_2 的尺寸差较大, 在不拆下键的情况下, 可以更换轴承。

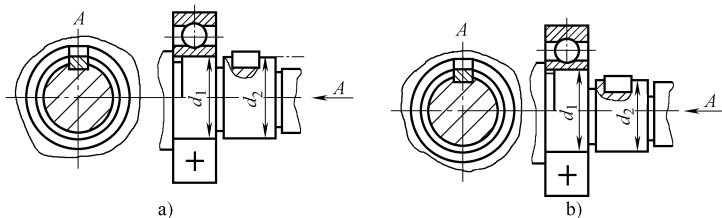


图 1-15

5. 保证拆装操作空间

图 1-16: 在设计过滤器时, 应考虑安装的可行性。a) 将过滤器安装在关闭的箱体内部, 在更换液压系统的过滤器时无法操作; b) 过滤器安装在箱盖的孔中, 更换过滤器很方便。

图 1-17: 弯管连接螺钉的结构应考虑扳手的操作空间。a) 螺钉在弯管的正下方, 扳手

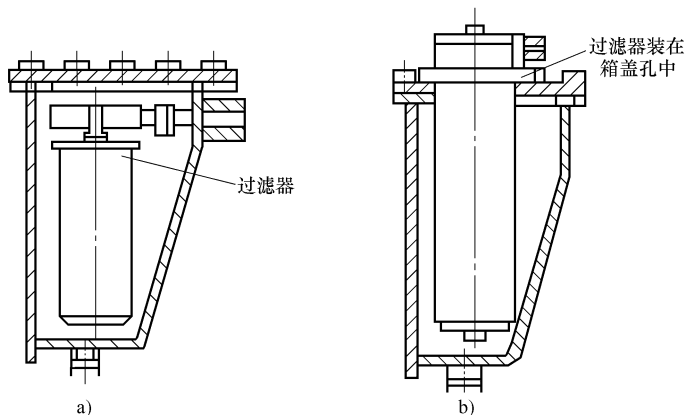


图 1-16

不容易进入，且不容易检查；b)采用开放式结构，螺钉在管的侧面，装拆都方便。

图 1-18：难于接近滑动轴承的拆卸基面时，采用拆卸用工艺孔。a)难于接近滑动轴承的拆卸基面时，拆卸困难；b)采用拆卸用工艺孔，拆卸方便。为了拆卸方便，还可采用止推垫圈。

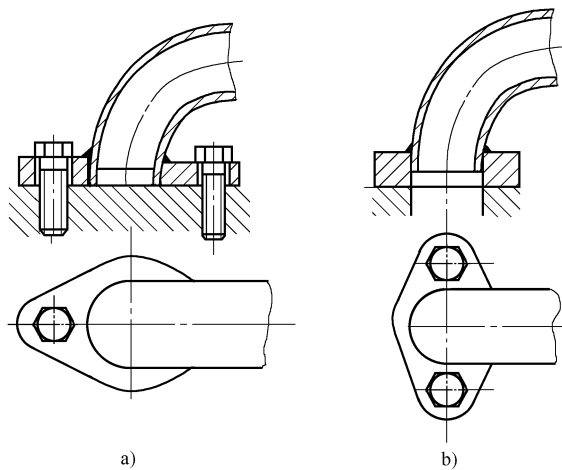


图 1-17

图 1-19：难于接近滚动轴承的拆卸基面时，采用拆卸用工艺孔。a)难于接近滚动轴承的拆卸基面时，拆卸困难；b)采用拆卸用工艺孔，拆卸方便。

图 1-20：考虑拆卸滚动轴承内圈的设计。a)在轴肩的对称位置上作出两个拆卸用切口；b)在轴肩上作出两个或若干个孔均匀分布在圆周上的拆卸孔；c)液压拆卸。

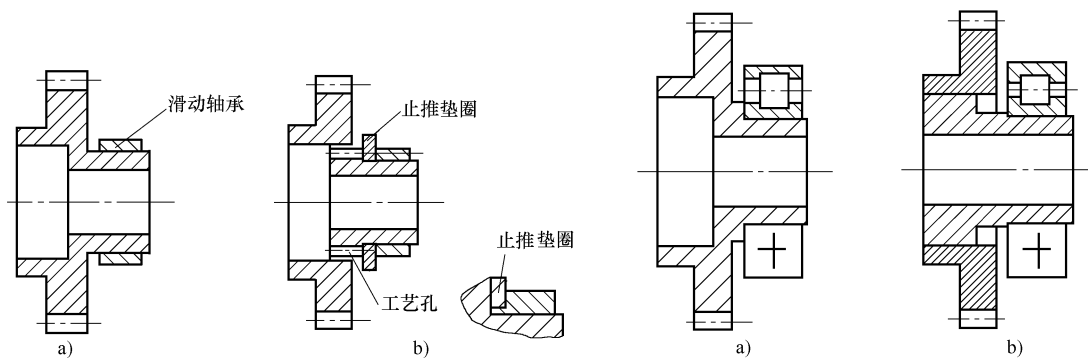


图 1-18

图 1-19

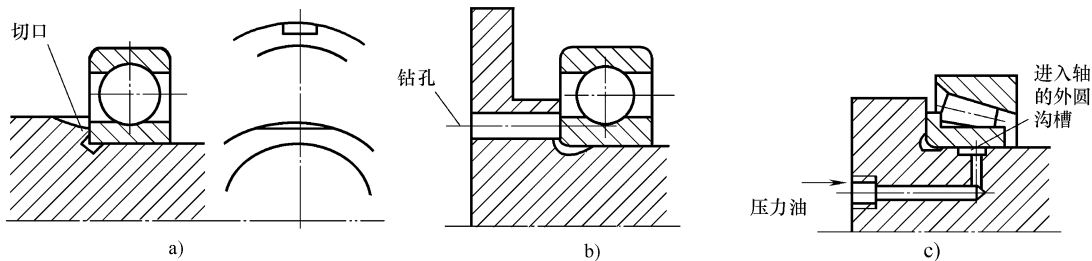


图 1-20

图 1-21: 起盖螺钉。为便于起箱盖，可在箱盖凸缘上装设 1~2 个起盖螺钉。拆卸箱盖时，可先拧动此螺钉将箱盖顶起。起盖螺钉的直径常与凸缘连接螺栓相同，钉头端部应为细圆柱形，以免损坏螺纹，也可用方头、圆柱头紧定螺钉代替。

图 1-22: 采用螺纹工艺孔，拆卸轴承盖，用螺钉通过螺纹孔将轴承盖顶出。a) 没有拆卸用螺纹孔，拆卸困难；b) 有拆卸用螺纹孔，拆卸方便。

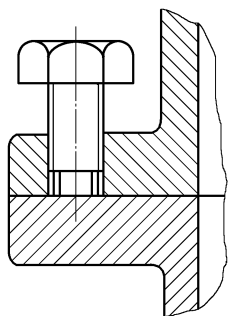


图 1-21

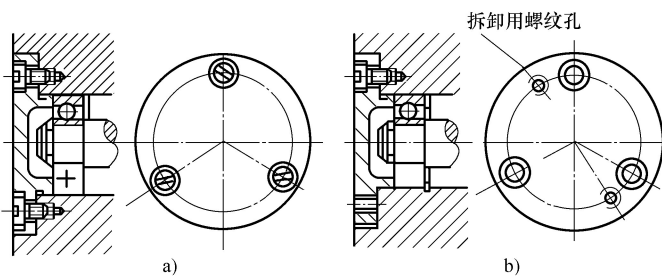


图 1-22

图 1-23: 利用螺纹孔拆卸齿轮，用螺钉通过螺纹孔将齿轮顶出。a) 没有拆卸齿轮的拆卸基面，无法操作；b) 利用在齿轮轮毂上的螺纹孔，使拆卸容易。

图 1-24: 利用间隙拆卸配合紧密的零件。在设计时，就要考虑为了拆卸而留出间隙，用杠杆进行拆卸。a) 盖与箱体配合紧密的连接，拆卸困难；b) 利用盖与箱体的间隙，用杠杆进行拆卸。

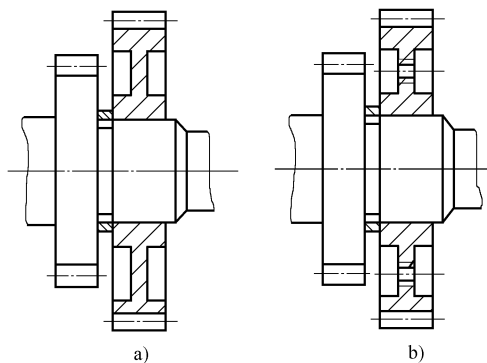


图 1-23

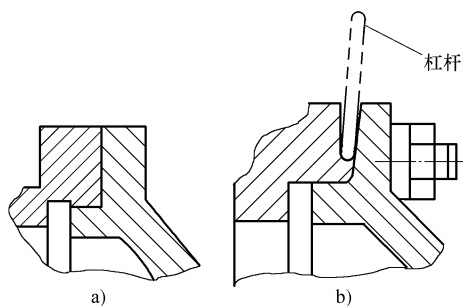


图 1-24



图 1-25: 配合紧密的零件, 要设计拆卸螺纹孔。a) 配合紧密的零件, 没有拆卸螺纹孔, 拆卸困难; b) 设计时, 考虑了拆卸螺纹孔, 拆卸容易。

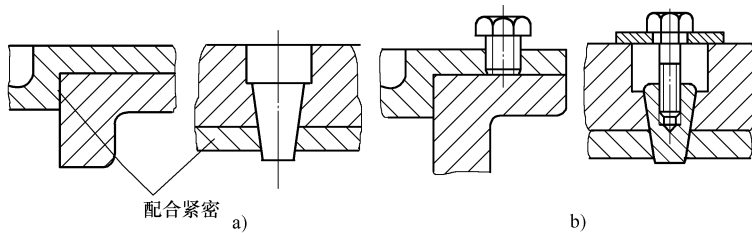


图 1-25

图 1-26: 紧固件尽可能布置在易于装拆的位置。a) 轴承座安装在箱体内部, 装拆困难, 且箱体内平面不好加工; b) 轴承座和安装螺钉都布置在箱体外部, 装拆和平面加工都方便。

图 1-27: 间隙很小或过盈配合, 在配合件未到达配合位置之前, 避免与其他表面相接触。a) 由于轴的直径相同, 安装轴承时, 易擦伤轴承内表面或装不进去; b) 使配合表面前的轴径小于配合表面的直径, 装配方便。

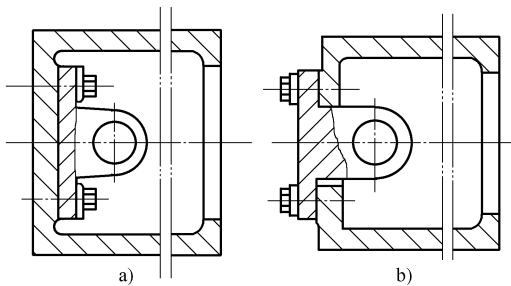


图 1-26

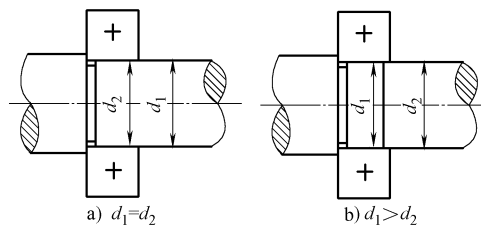


图 1-27

图 1-28: 弹性套柱销联轴器, 要留出足够的拆卸弹性套柱销的空间。应在不影响其他零件的情况下能够自由拆卸弹性套柱销, 标准中规定的尺寸 A 就是为此而定的。

图 1-29: 难以看到的相配零件, 要有引导部分。a) 没有引导部分, 装配困难; b) 有圆锥头与圆锥孔引导, 装配方便。

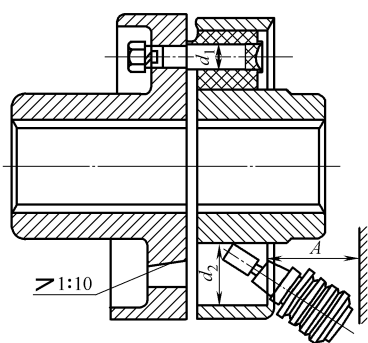


图 1-28

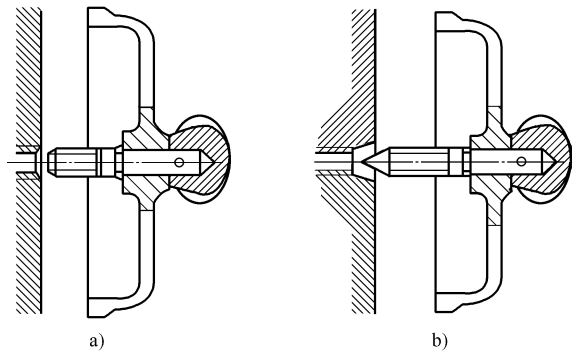


图 1-29