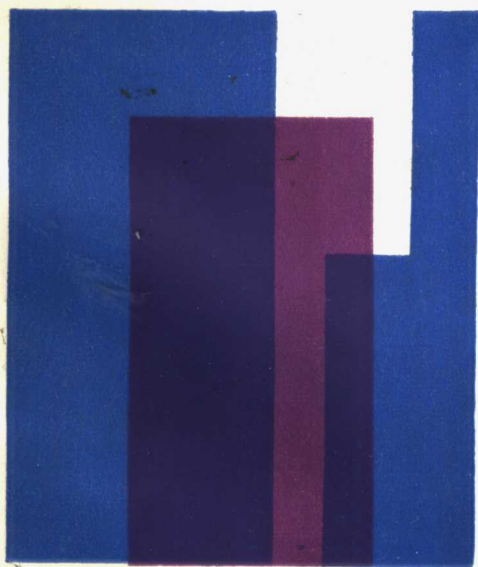


高等学校试用教材

工程机械 底盘构造 与 设计

(第二版)

同济大学 张光裕 主编



中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

工程机械底盘构造与设计

(第 二 版)

同济大学 张光裕 主编

中国建筑工业出版社

本书为1980年版的修订本。全书分二篇：第一篇“工程机械底盘构造”，主要介绍工程机械底盘的组成，各部件的类型、功用、构造和工作原理；第二篇“工程机械底盘设计”，主要讨论轮式和履带式行走机构的基本行驶理论、牵引性能和底盘各主要零部件的设计方法。

本书是高等学校建筑机械（工程机械）专业“工程机械底盘构造与设计”课程的教材，也可作为其他有关专业的教学参考书，并可供有关技术人员参考。

高等学校试用教材
工程机械底盘构造与设计
(第二版)
同济大学 张光裕 主编

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：23¹/₂ 字数：570 千字
1986年12月第二版 1986年12月第三次印刷
印数：15,131—20,230册 定价：3.15元
统一书号：15040·5110

目 录

第一篇 工程机械底盘构造

| | |
|--------------------------|----|
| 第一章 主离合器 | 4 |
| 第一节 功用和类型 | 4 |
| 第二节 干式常接合式主离合器 | 4 |
| 第三节 湿式非常接合式主离合器 | 6 |
| 第二章 变速箱 | 12 |
| 第一节 功用和类型 | 12 |
| 第二节 人力换档变速箱 | 13 |
| 第三节 定轴式动力换档变速箱 | 18 |
| 第四节 行星齿轮变速箱 | 21 |
| 第五节 动力换档液压操纵系统 | 25 |
| 第三章 万向节和轮式驱动桥 | 28 |
| 第一节 万向节的功用和类型 | 28 |
| 第二节 十字轴万向节的构造和传动特点 | 28 |
| 第三节 等速万向节 | 30 |
| 第四节 轮式驱动桥 | 32 |
| 第五节 差速器构造与原理 | 36 |
| 第四章 履带式驱动桥 | 41 |
| 第一节 组成和结构 | 41 |
| 第二节 转向离合器 | 43 |
| 第三节 转向制动器结构和类型 | 46 |
| 第四节 转向操纵机构 | 49 |
| 第五章 履带行走系 | 51 |
| 第一节 履带行走装置的组成和功用 | 51 |
| 第二节 悬架 | 52 |
| 第三节 履带和驱动轮 | 54 |
| 第四节 支重轮和托轮 | 57 |
| 第五节 导向轮和张紧装置 | 58 |
| 第六章 轮式行走系统 | 61 |
| 第一节 组成和功用 | 61 |
| 第二节 车架和摆动桥 | 61 |
| 第三节 转向从动桥 | 64 |
| 第四节 车轮 | 66 |
| 第五节 轮胎 | 68 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 第七章 轮式底盘转向系统 | 73 |
| 第一节 偏转车轮转向系组成 | 73 |
| 第二节 各种转向方式的分析 | 74 |
| 第三节 转向器的结构和类型 | 78 |
| 第四节 转向传动机构 | 84 |
| 第五节 动力转向基本组成和工作原理 | 86 |
| 第六节 液压动力转向系统的形式和比较 | 87 |
| 第七节 全液压转向系统组成和工作原理 | 91 |
| 第八章 轮式底盘制动系统 | 97 |
| 第一节 制动系的功用 | 97 |
| 第二节 蹄式制动器的结构和类型分析 | 98 |
| 第三节 盘式制动器结构和类型 | 104 |
| 第四节 制动驱动机构 | 106 |

第二篇 工程机械底盘设计

| | |
|------------------------------|------------|
| 第一章 行驶理论和牵引计算 | 109 |
| 第一节 轮式底盘行驶理论 | 109 |
| 第二节 履带式底盘行驶理论 | 124 |
| 第三节 牵引力平衡和牵引功率平衡 | 134 |
| 第四节 牵引特性曲线 | 143 |
| 第二章 传动系统概述 | 151 |
| 第一节 传动系统的类型 | 151 |
| 第二节 传动系统中传动比分配及计算载荷的确定 | 158 |
| 第三章 主离合器 | 164 |
| 第一节 主离合器的设计要求和选型 | 164 |
| 第二节 主要尺寸参数的确定 | 165 |
| 第三节 主要零件设计计算 | 172 |
| 第四节 杠杆压紧机构的分析和设计计算 | 176 |
| 第五节 主离合器操纵机构设计 | 182 |
| 第四章 定轴式变速箱 | 183 |
| 第一节 人力换档变速箱传动方案简图设计 | 183 |
| 第二节 确定变速箱主要参数和配齿计算 | 185 |
| 第三节 主要零件设计 | 190 |
| 第四节 定轴式动力换档变速箱简图设计 | 196 |
| 第五节 换档离合器设计 | 203 |
| 第五章 行星齿轮变速箱 | 217 |
| 第一节 行星机构运动学和动力学分析 | 217 |
| 第二节 行星变速箱传动方案简图设计 | 237 |
| 第三节 齿轮传动部分的设计 | 245 |
| 第四节 换档制动器和闭锁离合器设计 | 249 |
| 第五节 行星变速箱结构分析 | 251 |
| 第六节 动力换档变速箱液压操纵系统 | 255 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第六章 万向节与轮式驱动桥 | 267 |
| 第一节 万向节传动轴设计 | 267 |
| 第二节 驱动桥设计 | 269 |
| 第七章 履带式驱动桥 | 292 |
| 第一节 履带底盘转向理论 | 292 |
| 第二节 驱动桥布置方案和最终传动方案选择 | 297 |
| 第三节 转向离合器设计 | 299 |
| 第四节 转向制动器设计 | 302 |
| 第八章 履带行走系 | 306 |
| 第一节 履带行走系尺寸参数的确定和结构布置 | 306 |
| 第二节 半刚性悬架计算 | 310 |
| 第三节 履带行走装置计算 | 313 |
| 第九章 轮式行走系 | 324 |
| 第一节 轮式底盘通过性的几何参数 | 324 |
| 第二节 从动桥计算 | 325 |
| 第三节 工程机械轮胎选择 | 328 |
| 第十章 轮式底盘转向系统 | 330 |
| 第一节 概述 | 330 |
| 第二节 偏转车轮转向系设计 | 332 |
| 第三节 铰接底盘转向系设计 | 346 |
| 第十一章 轮式底盘制动系 | 352 |
| 第一节 底盘的制动性能 | 352 |
| 第二节 蹄式制动器设计 | 358 |
| 第三节 盘式制动器设计 | 364 |
| 第四节 制动驱动机构设计 | 365 |

第一篇 工程机械底盘构造

根据行走机构的类型，一般把自行式工程机械的底盘分为轮式和履带式两种。

自行式工程机械底盘由传动系统、行走系统、转向系统和制动系统四部分组成。下面以图1-0-1所示的轮式牵引车及图1-0-3所示的履带式工业拖拉机为例，说明各部分的组成及功用。

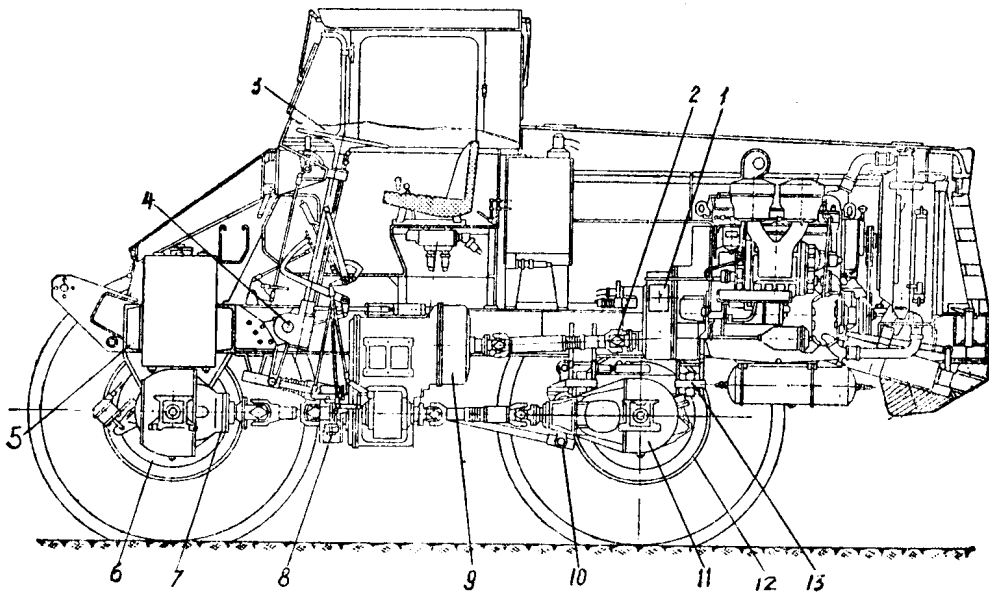


图 1-0-1 轮式牵引车的组成

1—功率输出箱；2—传动轴；3—方向盘；4—转向机；5—车架；6—轮边减速器；7—主传动和差速器；
8—停车制动器；9—液力机械变速箱；10—转向传动机构；11—前、后桥；12—行车制动器；
13—悬架装置

1. 传动系统

动力装置和驱动轮之间的传动部件总称为传动系统。传动系统的功用是将动力装置输出的功率传给驱动轮，使动力装置功率输出特性尽可能满足机械行走机构的使用要求。因此，不同的动力装置和不同类型的机械对传动系统有不同的要求。目前绝大多数自行式工程机械都采用柴油机作为动力装置。柴油机的功率输出特性和行走机构的使用要求之间主要有以下矛盾：

1) 根据机械的作业情况，要求牵引

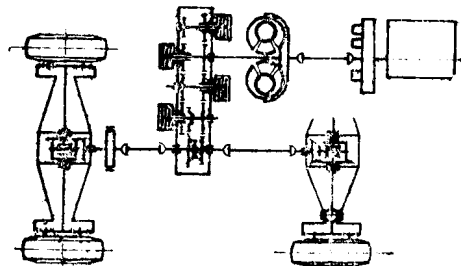


图 1-0-2 轮式牵引车的传动系统简图

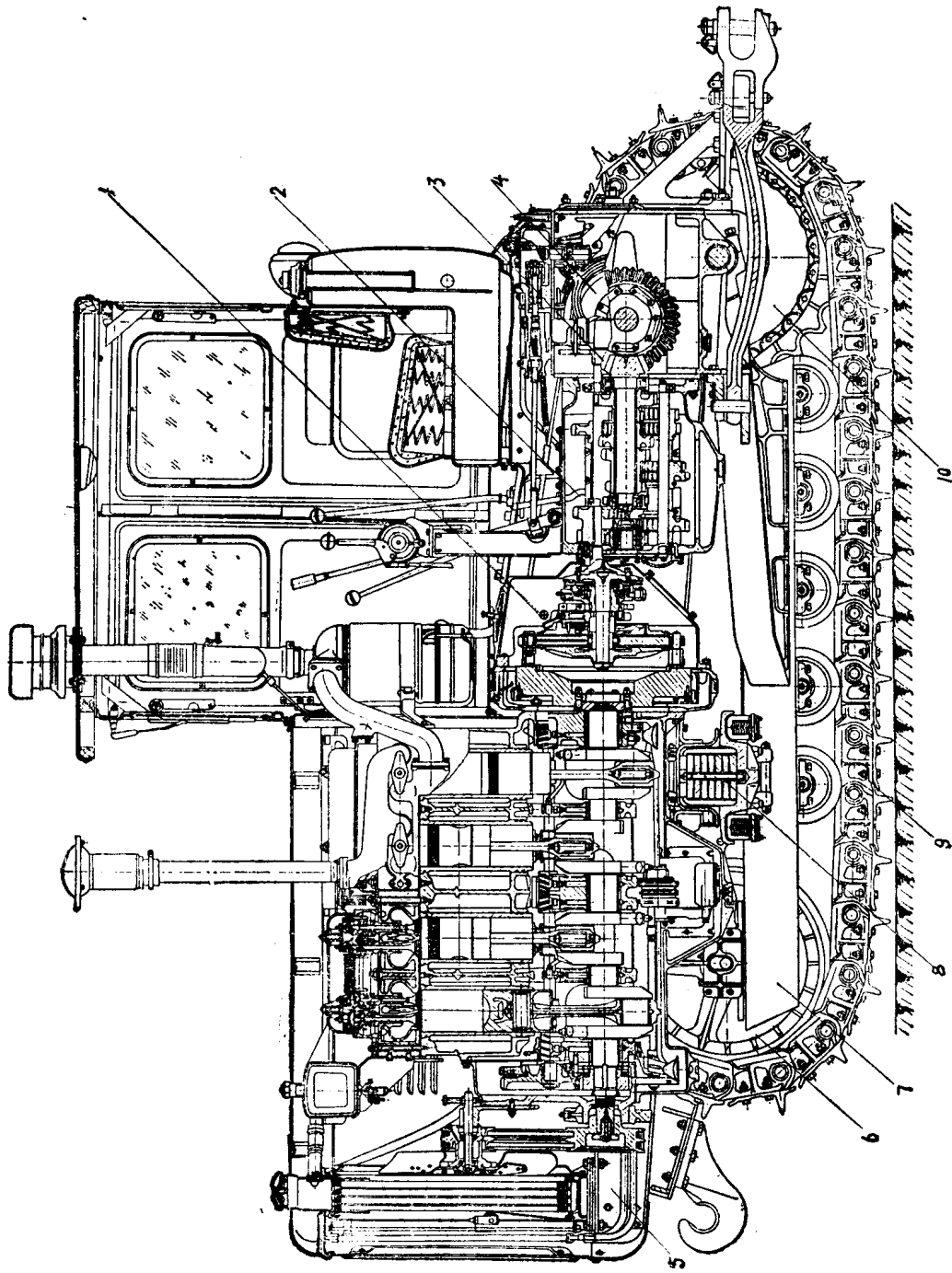


图 1-0-3 履带式工业拖拉机的组成

1—主离合器；2—变速箱；3—主传动；4—转向离合器；5—车架；6—导向轮；7—履带台车；8—悬架装置；9—履带；10—驱动轮

力和行驶速度能在一定的范围内变化，并且要求在整个作业过程中柴油机能提供足够的驱动功率以保证机械具有高的生产率。但是，柴油机的输出功率随转速和输出扭矩的变化而变化，为了保证在整个作业过程中能比较充分地利用其功率，柴油机的转速和输出扭矩的变化范围就不能过大，这样就不能满足机械对牵引力和行驶速度变化范围的要求。此外，柴油机不能逆转而机械却需要前进和后退。在图1-0-1及1-0-3中这些矛盾用变速箱来解决。

2) 柴油机的转速高，输出扭矩小，但驱动轮要求的转速低而驱动扭矩大。因此，在上述两种机械中采用了主传动器、轮边减速（最终传动）等减速装置。

3) 柴油机不能有载起动，而且在作业中往往要求柴油机不停止运转而传动系统能根据需要暂时中断动力的传递。为此，在图1-0-3中采用了主离合器，在图1-0-1中则利用变速箱中的换档离合器。

在图1-0-1所示的轮式牵引车中，传动系统主要包括：功率输出箱1、传动轴2、液力机械变速箱9、主传动和差速器7及轮边减速器6。图1-0-2为其传动系统示意图。

在图1-0-3所示的履带式工业拖拉机传动系统中，主要包括：主离合器1、变速箱2、主传动3、转向离合器4及最终传动（图中未示出）。图1-0-4为其传动系统简图。

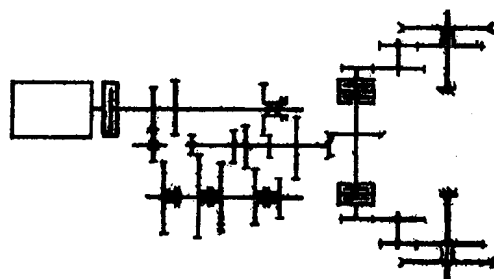


图 1-0-4 履带工业拖拉机的传动系统简图

2. 行走系统

行走系统的功用是把机体支承在地面上，并通过行走系统中与地面接触的部件（车轮、履带）和地面的相互作用而产生驱动机械行驶的牵引力。在轮式底盘中

（图1-0-1），行走系统主要包括：车架5、前、后桥11、悬架装置13及车轮等。在履带式底盘中（图1-0-3）则主要包括：机架5、悬架装置8、履带台车7、驱动轮10、导向轮6及履带9等。

3. 转向系统

转向系统的功用是保证按需要来改变机械的行驶方向。在图1-0-1中，转向系统主要由方向盘3、转向机4、转向传动机构10等一系列部件组成。操纵方向盘可使转向轮（图1-0-1中为后轮）相对车架偏转一定角度，以改变机械的行驶方向。在图1-0-3中，转向系统包括转向离合器和制动器。操纵转向离合器和制动器能使两侧履带产生不同的驱动力，从而改变机械的行驶方向。

4. 制动系统

制动系统的功用是使机械迅速地减速甚至停车，并保证机械能在斜坡上停车。图1-0-1中制动系统包括停车制动器8、行车制动器12及制动传动机构。在履带式底盘中，一般没有专门的制动装置而利用转向制动器进行制动。

第一章 主 离 合 器

第一节 功用和类型

主离合器用来切断或传递发动机输给传动系的动力，如图1-0-3所示。主离合器在机械起步时可以使发动机与传动系柔和地接合起来，使机械起步平稳；换挡时能将发动机与传动系迅速、彻底地分离，以减小换挡时齿轮产生的冲击，换挡后，再平顺地接合起来。当传动系受到过大的载荷时，主离合器又能打滑，以保护传动系免遭损坏。分离主离合器，也可使机械短时间停车。

目前工程机械上应用最广的是摩擦式主离合器。一般工程机械多采用片式主离合器。

根据片数可以分为：

单片、双片和多片。

根据压紧机构可分为：

常接合式：在操纵机构上无外力作用时，经常处于接合状态的离合器。摩擦表面由弹簧压紧，一般由脚踏板操纵。

非常接合式：在操纵机构上无外力作用时，可以长期处于分离状态的离合器。摩擦表面利用杠杆压紧，在接合或分离时均需施加外力。压紧机构用手操纵，操纵杆可停留在接合或分离位置。

根据摩擦片的工作条件可分为：

干式和湿式（在油中工作）两种。

操纵机构通常有机械式和液力式又常和各种型式的助力器配合使用。

第二节 干式常接合式主离合器

这种离合器广泛用于轮式工程机械，单片干式常接合式离合器构造如图1-1-1所示，其零件如图1-1-2所示。由主动部分、从动部分、压紧机构和操纵机构组成。

（1）主动部分 包括飞轮23、离合器盖2和压盘5等。离合器盖2用螺钉固定在飞轮23上。压盘5由灰铸铁制成，通过沿圆周均匀分布的四组连接片3与离合器盖相连。每组连接片有四片弹性钢片，其一端铆接在离合器盖上，另一端用螺钉18固定在压盘上。这样，压盘既能随飞轮一起旋转，又可沿轴向移动。

（2）从动部分 包括从动盘1和离合器轴24等。从动盘的钢片用薄钢板制成，为了增加摩擦系数，在钢片的两面铆有梯形摩擦衬片。钢片通过弹簧—摩擦扭转减振器（其结构和作用原理在第二篇评述）与从动盘毂套在离合器轴24的花键上，并可在花键上轴向移动。

离合器轴的前端支承在飞轮中心孔内的滚动轴承25中，后端由变速箱壳上的滚柱轴承

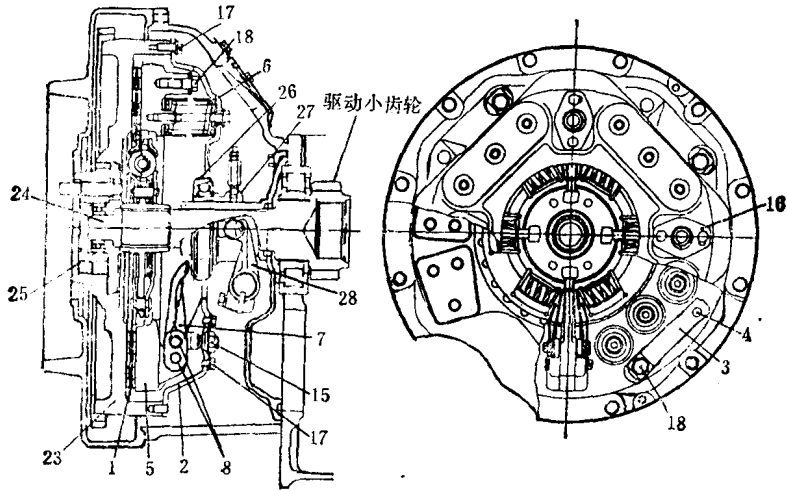


图 1-1-1 单片离合器

1—从动盘；2—离合器盖；3—连接片；4—铆钉；5—压盘；6—压紧弹簧；7—分离杠杆；8—衬套；9—分离杠杆支架；10、11—销钉；12、19、20—垫圈；13—开口销；14—反压弹簧；15—调整螺母；16—锁紧板；17、18—螺钉；21—弹簧座；22—调整垫片；23—飞轮；24—离合器轴；25—轴承；26—分离轴承；27—分离套筒；28—分离叉

支承。

(3) 压紧机构 在离合器盖2与压盘5之间，装有十二个沿圆周分布的螺旋压紧弹簧6。这些弹簧在装配后处于压紧状态，所以弹簧始终以离合器盖为支承将压盘5推向飞轮23，将从动盘1压紧在飞轮23与压盘5之间。这样，当离合器处于接合状态时，被压紧在飞轮和压盘之间的从动盘，由于它们之间的摩擦作用将随着主动盘和压盘一起旋转。发动机的动力便通过从动盘轮毂的花键传到离合器轴上。

(4) 操纵机构 由分离杠杆7，分离轴承26，分离套筒27，分离叉28和离合器踏板及其传动装置等组成。沿圆周均匀分布有四个分离杠杆7，其外端通过连接销10与压盘5后端的四对销耳座铰接。分离杠杆7的中间销孔通过固定销11与分离杠杆支架9铰接，形成分离杠杆的支点。分离杠杆支架9则以球面调整螺母15装在离合器盖2上，并用锁紧板16固定。

当驾驶员踩下离合器踏板时，通过传动装置使分离叉摆动，拨动分离套筒27，带着分离轴承26向左作轴向移动，分离轴承推动分离杠杆7的内端左移，使分离杠杆绕支点摆动，分离杠杆外端通过连接销使压盘5向右移动，十二个螺旋弹簧进一步受到压缩，从而消除了从动盘上的压力，使离合器处于分离状态。

当驾驶员放松离合器踏板，通过传动装置使分离叉28摆动，分离套筒27带着分离轴承26向右作轴向移动，使分离轴承与分离杠杆脱离接触。由于弹簧6的压紧力作用，使压盘左移压紧从动盘，离合器处于接合状态。

(5) 离合器的辅助机构 反压弹簧14的弹力不大，主要是用来保证分离杠杆外端与连接销10靠紧，以免杠杆随意摆动，并保持分离杠杆内端与分离轴承之间有一定的间隙。当从动盘衬片磨损增加时，压盘5逐渐靠近飞轮23，使分离杠杆内端逐渐右移靠近分离轴

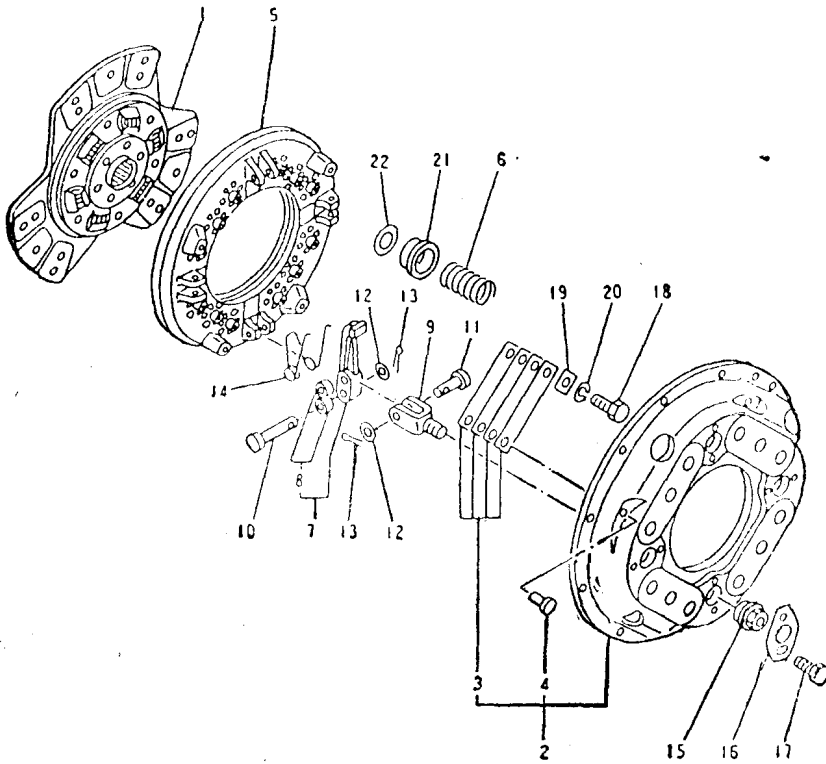


图 1-1-2 离合器的主要零件

1—从动盘；2—离合器盖；3—连接片；4—铆钉；5—压盘；6—压紧弹簧；7—分离杠杆；8—衬套；9—分离杠杆支架；10、11—销钉；12、19、20—垫圈；13—开口销；14—反压弹簧；15—调整螺母；16—锁紧板；17、18—螺钉；21—弹簧座；22—调整垫片

承26，间隙减小。如果完全没有间隙，则分离杠杆就压在分离轴承上，妨碍离合器的完全接合，从而破坏离合器的正常工作，并使从动盘和分离轴承加速磨损；因此必须对此间隙进行定期检查和调整。

为了使机械能平稳地起步，离合器是逐渐进入接合状态的。在接合过程中，从动盘与飞轮和压盘之间由于相对运动而产生大量热量，为防止热量传到弹簧上使弹簧退火而丧失弹力，弹簧座21通过垫片22装在压盘5的六个小凸台上。

第三节 湿式非常接合式主离合器

履带式工程机械大多采用这种离合器。图1-1-3所示为液压助力操纵的湿式多片离合器。由主动部分、从动部分、压紧分离机构和液压助力操纵机构等组成。

(1) 主动部分 包括飞轮6、中间主动片4和压盘5等。主动片和压盘以外齿和飞轮的内齿啮合，因此可随飞轮一起旋转，且能相对飞轮作轴向移动。

(2) 从动部分 包括从动片3、轮毂2和离合器轴1等。三个从动片和两个主动片交替地放于飞轮和压盘之间，从动片通过内齿和轮毂外齿啮合，轮毂2和离合器轴1通过

花键连接。离合器轴的前端以滚珠轴承30支承在飞轮的孔中，后端以滚柱轴承17支承在离合器壳上。在轴承17右侧装有油封，以防止外部的泥土进入，并防止滑油往外泄漏。在离合器轴1的中心设有油道，助力器的液压油经主离合器油散热器冷却后先到助力器再从离合器壳体上的油孔进入离合器轴内的油道，去润滑各运动部件，并冷却离合器片。

从动片，如图1-1-4所示，它由两块烧结有铜基粉末冶金的钢板铆接而成，在钢板之间装有四个碟形弹簧，因此从动片的摩擦表面形成一个有四个波峰波谷的凹凸表面，这凹凸表面在离合器接合时逐渐压平，使接合比较平稳，同时在分离时，碟形弹簧又能使片与片之间分离，使分离彻底。

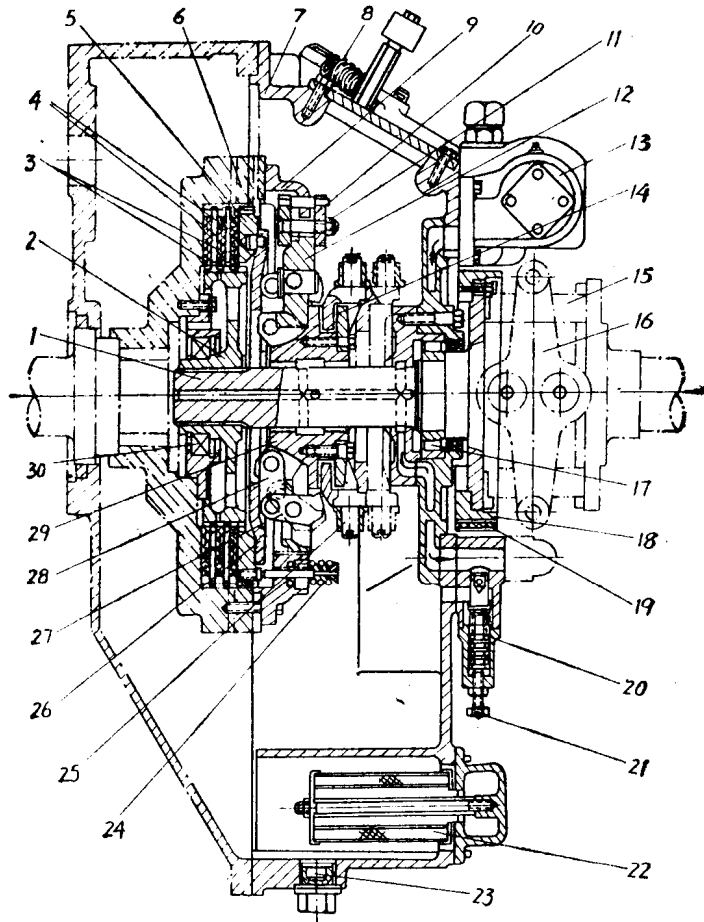


图 1-1-3 T-180推土机主离合器

1—主离合器轴；2—轮毂；3—从动片；4—主动片；5—压盘；6—飞轮；7—离合器壳；8—弹簧；9—离合器盖；10—锁板；11—锁紧螺母；12—调整环；13—液压助力器；14—盘；15—万向节盖；16—联结凸缘；17—轴承；18—制动鼓；19—制动带；20—减压阀；21—调整螺钉；22—滤油器；23—磁性塞；24—回位弹簧；25—放松圈；26—施压盘；27—滚轮重锤杠杆；28—推杆；29—分离滑套；30—轴承

在摩擦衬面上加工有螺旋沟槽（图中未示出）和八个直槽（图1-1-4），其作用在于破坏油膜，建立半液体和临界摩擦，以提高摩擦系数，使润滑油容易流经摩擦表面，降低摩擦表面的温度并带走磨屑，从而提高使用寿命。

（3）压紧分离机构 由分离滑套29、推杆28、滚轮重锤杠杆27、调整环12和回位弹

簧24等组成(图1-1-3)。调整环12与离合器盖9通过螺纹连接,滚轮重锤杠杆用销轴安装在调整环上,杠杆一端有重锤,另一端用销钉装两个滚轮并与推杆相连,推杆的内端用销钉和分离滑套相连,而后者,以滑动方式安装在离合器轴上。

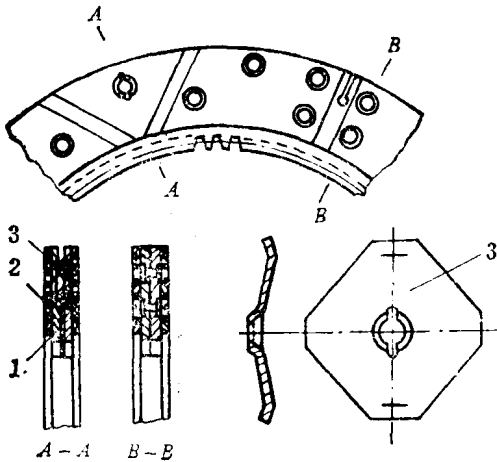


图 1-1-4 湿式离合器从动片

1—钢片; 2—粉末冶金衬片; 3—碟形弹簧

这种离合器的压紧机构,也是它的分离机构,分离和接合都要施加操纵力,故用手柄操纵。一旦分离以后,手离开操纵手柄,离合器仍保持分离而不会自动接合。因此,把它叫做非常接合式离合器。由于压紧力由杠杆产生,而压紧机构的弹性是很小的。因此,当摩擦衬片磨损后,压紧力将会急剧地降低,使离合器发生严重的打滑,为了在使用中经常保持必要的压紧力,必须经常地进行调整。调整的方法是:松开压紧锁板10的锁紧螺母11,转动调整环12,旋进量等于磨损量即可。调整后,将螺母11旋紧,靠压紧锁板间的摩擦力防止调整环松动。

(4) 液压助力操纵机构 当主离合器传递的扭矩较大时,要保证离合器片能可靠地传递动力,作用在压盘上的压力很大,因而操纵时的操纵力也很大。为了减轻驾驶员的劳动强度,该主离合器采用液压助力操纵机构。

液压助力器(图1-1-5)由阀杆6、活塞7和阀体8组成。阀杆6通过杠杆3等与离合器操纵杆相连,带有凸台的阀杆把助力器分隔成四个油腔:进油腔H、回油腔O、活塞左端油腔A和右端油腔B。在活塞7内孔的右端装有大、小平衡弹簧5。大平衡弹簧左端抵在活塞7中心孔的内端面上,小平衡弹簧左端则通过弹簧座抵在阀杆6的台肩上。大小弹簧的右端抵在档圈上,档圈套在阀杆6上,档圈外周被装在活塞7中心孔端的卡环所限制,内孔被装在阀杆上的卡环挡住,活塞7的左端通过球座接头9与摇臂2相连,摇臂与离合器的放松圈连接。

当操纵杆上不施加力时,阀杆由弹簧保持在中间位置。此时A、B、H、O四腔相通,来自油路的油由H腔直接通入O腔回油,使活塞位置保持不动。

接合离合器时,如图1-1-5(a)所示,通过操纵杆3将阀杆6向右移动,阀杆凸台将A腔和O腔切断,B腔和H腔切断;此时A腔接通进油腔H,B腔接通回油腔O。活塞便在A腔油压作用下随着阀杆也向右移动。活塞带动摇臂2绕轴1转动,便拨动放松圈和分离滑

当主离合器操纵手柄向后拉时,通过操纵机构使放松圈25带动分离滑套左移,则推杆使压紧滚轮压向压盘,离合器逐渐接合。显然,当推杆处于垂直位置时滚轮的压力最大;但这个位置不稳定,稍有振动就容易松退分离。因此,正确接合位置应使推杆越过垂直位置而稍有倾斜。此外,离心重锤的作用使其所产生的离心力有利于压紧机构保持在接合位置(分离时则帮助分离)。压紧滚轮通过施压盘26压紧压盘5,施压盘起降低刚度的作用。

当操纵手柄推向前时,分离滑套右移,使压紧滚轮离开压盘,则压盘由回位弹簧向右拉出,离合器被分离。

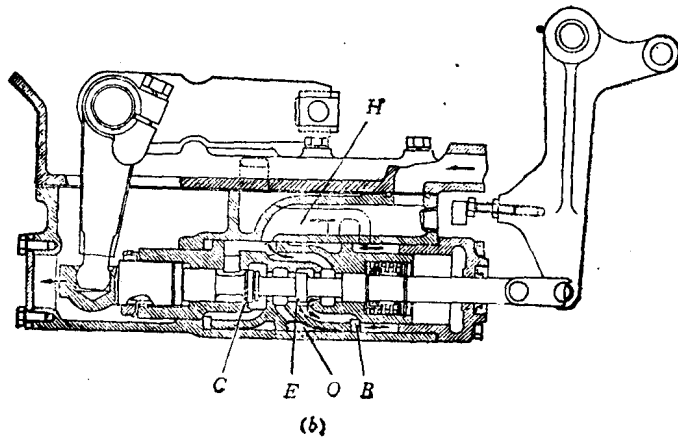
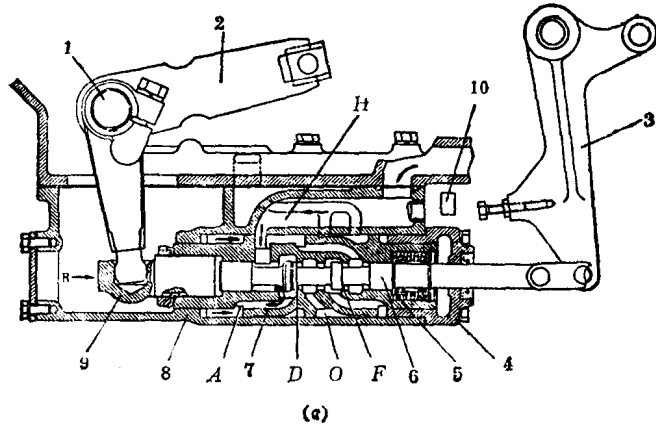


图 1-1-5 液压助力器

(a) 接合位置; (b) 分离位置

1—轴; 2—摇臂; 3—杠杆; 4—阀体盖; 5—弹簧; 6—阀杆; 7—活塞; 8—阀体; 9—接头; 10—制动臂;

套, 使离合器接合。离合器接合后, 放松操纵杆, 阀杆保持不动, 则活塞和阀杆的相对位置又回至中间位置, A 、 B 、 H 、 O 四腔又相通, 活塞便停留在此位置上。

分离离合器时, 如图1-1-5 (b) 所示, 通过操纵杆将阀杆向左移动, 阀杆凸台将 A 腔与 H 腔切断, B 腔与 O 腔切断, A 腔接通回油腔 O , B 腔接通进油腔 H 。活塞便在 B 腔油压作用下跟随阀杆向左移动。活塞带动摇臂转动, 便拨动松放圈和分离滑套使离合器分离。离合器分离后, 放松操纵杆, 阀杆保持不动, 则活塞和阀杆的相对位置又回至中间位置, A 、 B 、 H 、 O 四腔又相通, 活塞便停留在此位置上。

当液压助力失灵时, 阀杆可直接推拉活塞, 变为人力机械操纵。但此时移动主离合器操纵杆时需50kg左右的操纵力。

液压助力器特点:

1) 阀杆6由操纵者的操纵而产生的位移, 是助力器的输入讯号, 执行机构—活塞7能自动地跟随输入讯号的变化而动作。阀杆6移动多远距离, 活塞7也移动多远距离; 阀杆6向哪个方向移动, 活塞7也向哪个方向移动, 阀杆6不动, 活塞7也不动。即阀杆的位置决定了活塞的位置, 这种情况叫做“位移随动”。而活塞的位移反过来又要消除阀杆的

相对位移，这种关系称做“反馈”。

2) 由于阀杆是做成台阶形的，如图1-1-6所示。A腔油压对环形面积产生油压作用力：

$$F = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (1-1-1)$$

此作用力传至操纵杆上由操纵者承受。在离合器接合过程中随着离合器压紧力的增加，油压 p 增加，则作用力 F 便成比例的增加，这种情况叫做“力反馈”。具有“力反馈”、“位移随动”的离合器操纵系统，使操纵者易于手感和控制离合器的接合程度。

“位移随动”使操纵者从位移上手感离合器的接合程度；“力反馈”则从操纵力上手感离合器的接合程度。

3) 移动阀杆6所需的力很小，但执行机构—活塞7输出的推力为油液压力与活塞7面积的乘积。比移动阀杆6的力大得很多。可见液压助力器是一个力的放大机构。

主离合器液压助力器的油路系统，如图1-1-7所示。

在离合器壳体内部的油液经滤清器2过滤后，进入液压泵3的进油孔，液压泵输出的高压油进入助力器4，再经助力器的出油孔把油液经油管输送到机油冷却器7进行冷却，经冷却的油液再重新返回到离合器，冷却离合器片，同时对各运动部件进行润滑。

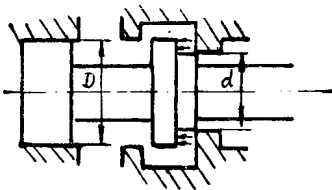


图 1-1-6 阀杆台阶上油压作用力

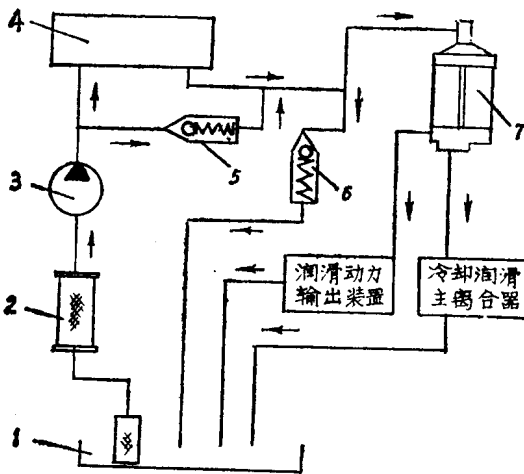


图 1-1-7 离合器液压油路图

1—离合器壳；2—滤清器；3—液压泵；4—液压助力器；5—安全阀；6—压力阀；7—冷却器

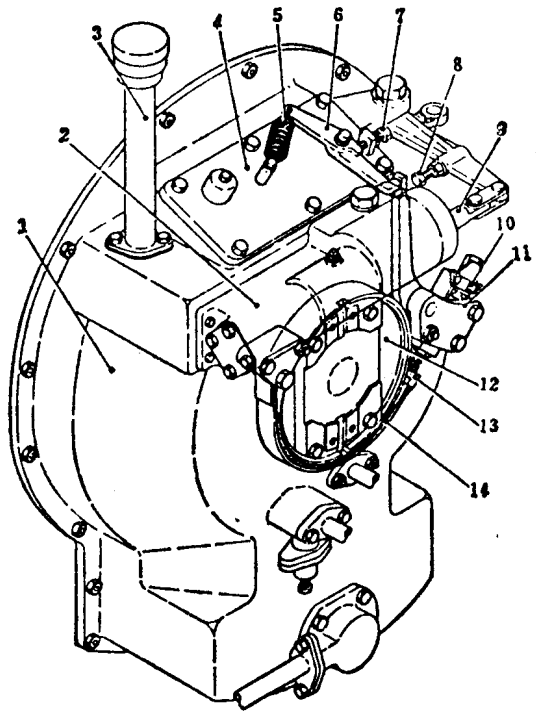


图 1-1-8 带式小制动器

1—离合器壳体；2—液压助力器；3—加油口；4—离合器盖；5—弹簧；6—制动器回位臂；7—调整螺钉；8—助力器杠杆臂调整螺钉；9—助力器阀杆；10—小制动器调整螺钉；11—制动臂；12—制动鼓；13—制动带；14—制动衬带

齿轮式油泵位于飞轮壳体的上方，由动力输出装置的齿轮来驱动。因此，只要发动机运转，它就供油给助力器和主离合器的各运动部件。

在助力器的壳体上设有安全阀，它的作用是控制油压，防止油压过高时损坏助力器或油泵机件。当油压达到 4 MPa 时，安全阀开启，由油泵来的一部分油液不经助力器而直接流入冷却器的管路中。把油压限制在安全范围内。

在液压助力器和冷却器之间还设有压力阀，其作用原理与安全阀相同。阀的调整压力为 0.39 兆帕，当油路中油压超过此压力时，阀门便打开，油不经冷却器而直接经此阀门泄入主离合器壳体。

(5) 小制动器 履带式机械一般是停车换档，为了避免换档时齿轮冲击，需设置小制动器。图 1-1-8 所示为带式制动器。它主要由制动鼓 12 和制动带 13 等组成。制动鼓与离合器轴固定在一起，离合器轴运转时，制动鼓随之转动。制动带一端固定在离合器壳体的支架上，另一端与制动臂 11 相连。当离合器分离时，通过一系列杠杆使助力器杠杆臂摆动，杠杆臂上的调整螺钉 8 推动制动臂 11 绕其支点逆时针转动，制动带便抱紧制动鼓，使离合器轴迅速停止转动。当离合器接合时，调整螺钉 8 便与制动臂 11 脱离接触，此时回位弹簧 5 拉动回位臂 6，回位臂推动制动臂顺时针转动，使制动带脱离制动鼓，解除制动作用。