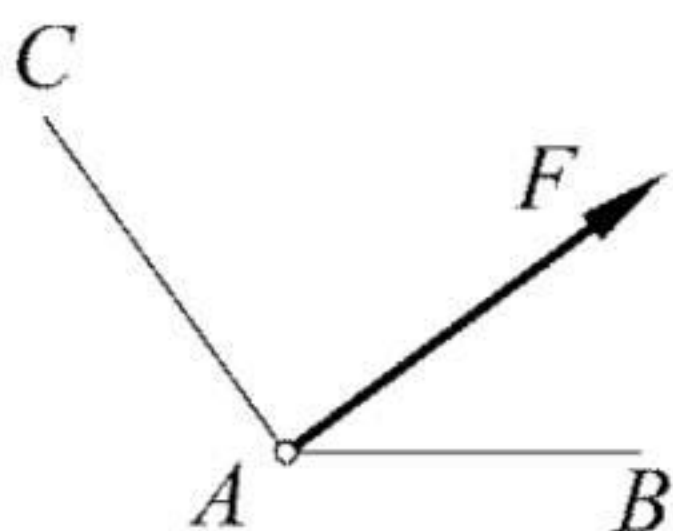
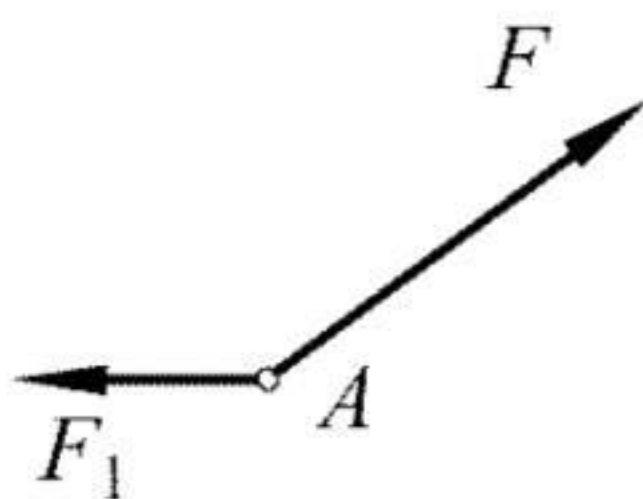


第一章 思考题

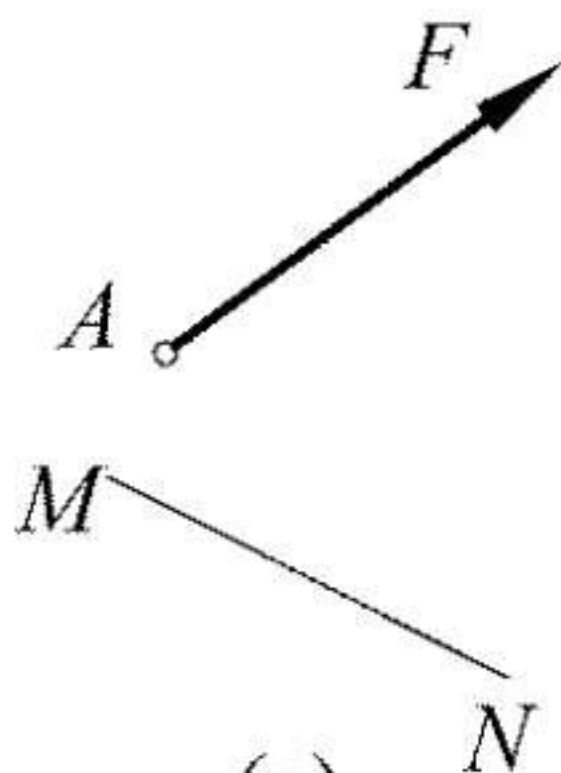
1-1 试将作用于 A 点的力 F (图 1-17) 依下述条件分解成两个力: (1) 沿 AB 、 AC 方向; (2) 已知分力 F_1 ; (3) 一分力沿已知方位 MN , 另一分力要数值最小。



(a)



(b)



(c)

图 1-17

【解题思路】 本题考查公理三（力的平行四边形法则）：

作用于物体某点两个力的合力，也作用于同一点上，其大小和方向可由这两个力所构成的平行四边形的对角线来表示。在物体 A 点作用有力 F_1 和 F_2 ，如下图所示，如以 F_R 表示它们的合力，则可以写成矢量表达式 $\overrightarrow{F_R} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2}$ ，即合力 F_R 等于两分力 F_1 与 F_2 的矢量和，如图 1-1-1（a）所示。

公理三反映了力的方向性的特性，矢量相加与数量相加不同，必须用平行四边形的关系确定。

其中，图 1-17（b）、（c）因为只给出了一个分力的方向，直接应用平行四边形法则比较麻烦，可以应用力的三角形法则：从任选点 a 作 \overrightarrow{ab} 表示力矢 F_1 ，在其末端 b 作 \overrightarrow{bd} 表示力矢 F_2 ，则 \overrightarrow{ad} 即表示合力矢 F_R ，如图 1-1-1（b）、（c）所示。

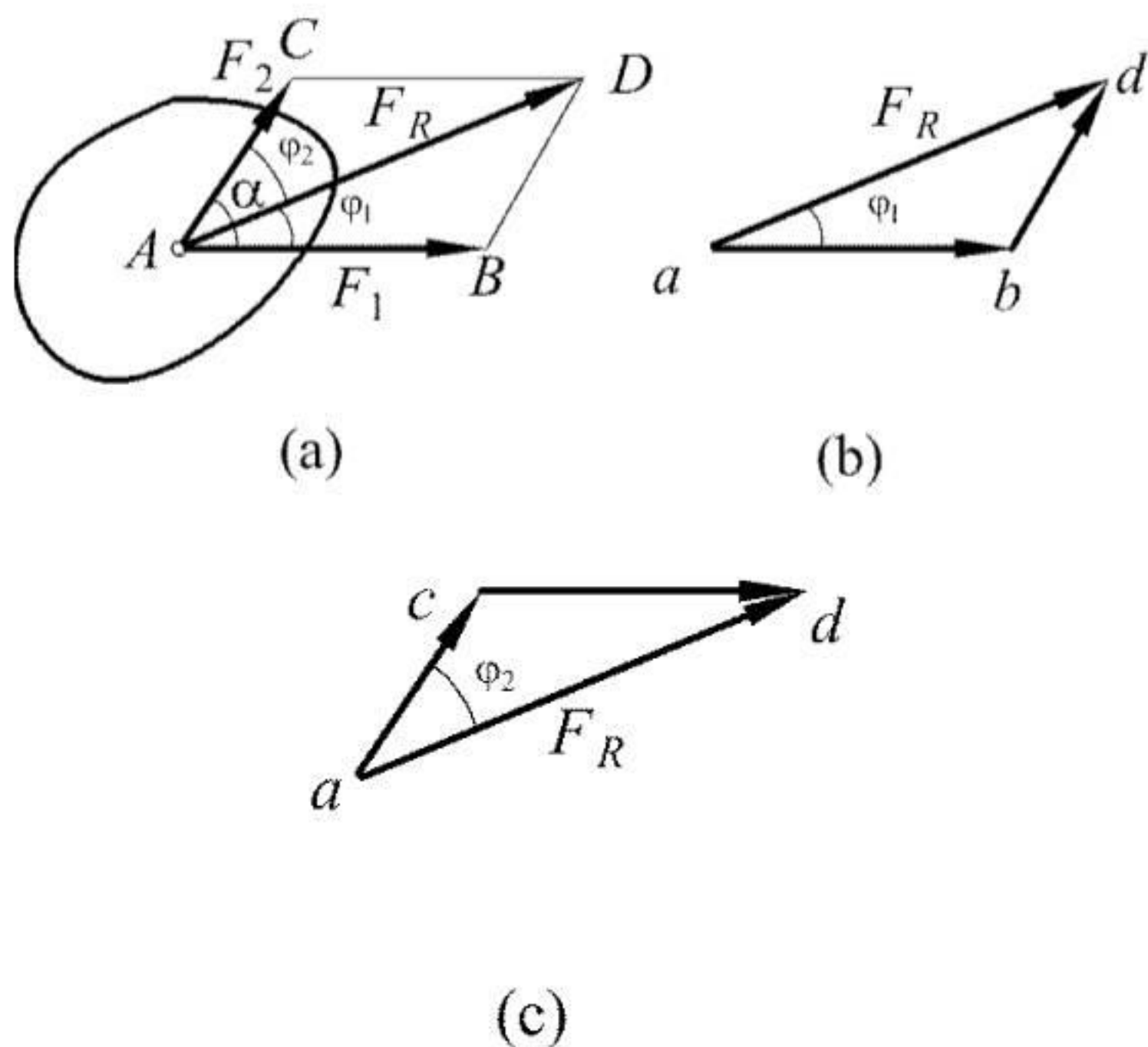


图 1-1-1

【解题过程】

(1) 沿 AB 、 AC 方向

图 1-17 (a) 中已知合力 F 以及两个分力的方向，根据力分解的平行四边形法则，以 AB 、 AC 边为平行四边形两边，以 F 为斜边，可以画出两个分力，如图 1-1-2 所示。

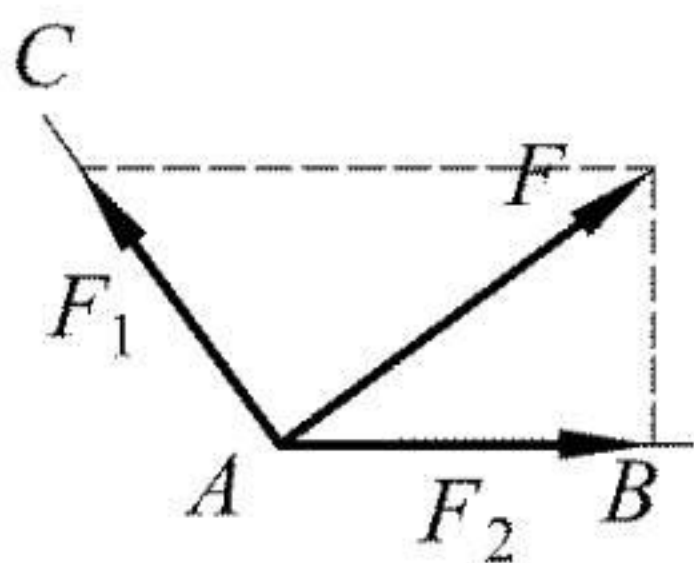


图 1-1-2

(2) 根据三角形法则，已知合力和一个分力的方向和大小，可以直接画出另外一个分力，如图 1-1-3 所示。

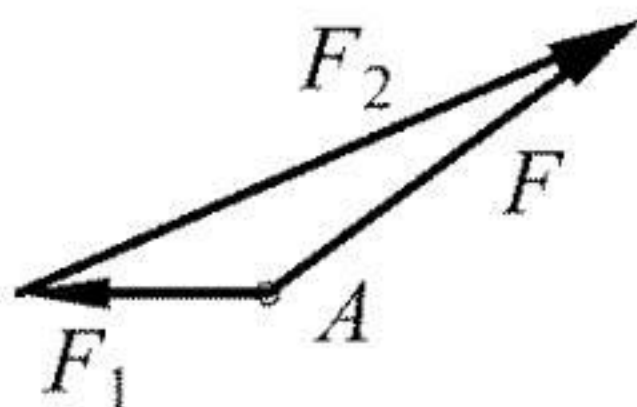


图 1-1-3

(3) 根据三角形法则，已知合力大小与方向，又知道其中一个分力沿着 MN 方向，另一分力要数值最小，则力三角形应为直角三角形，如图 1-1-4 所示。

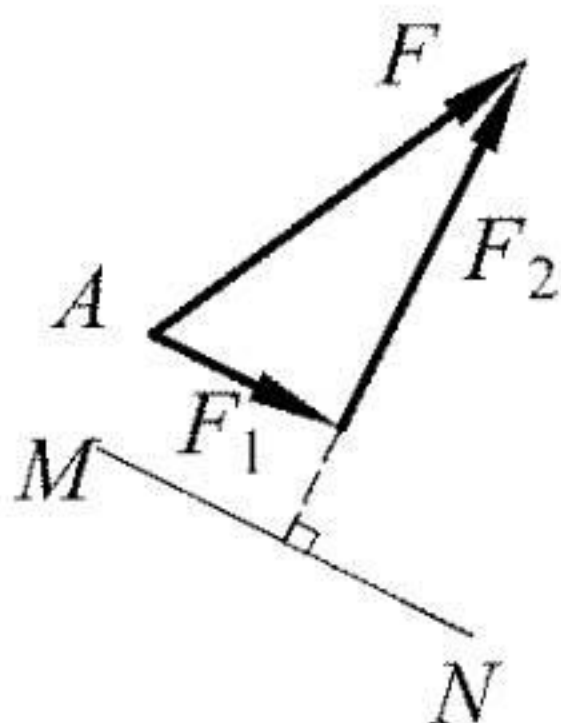


图 1-1-4

1-2 两杆连接如图 1-18 所示，能否根据力的可传性原理，将作用于杆件 AC 的力 F 沿其作用线移至杆 BC 上而成为 F' ？

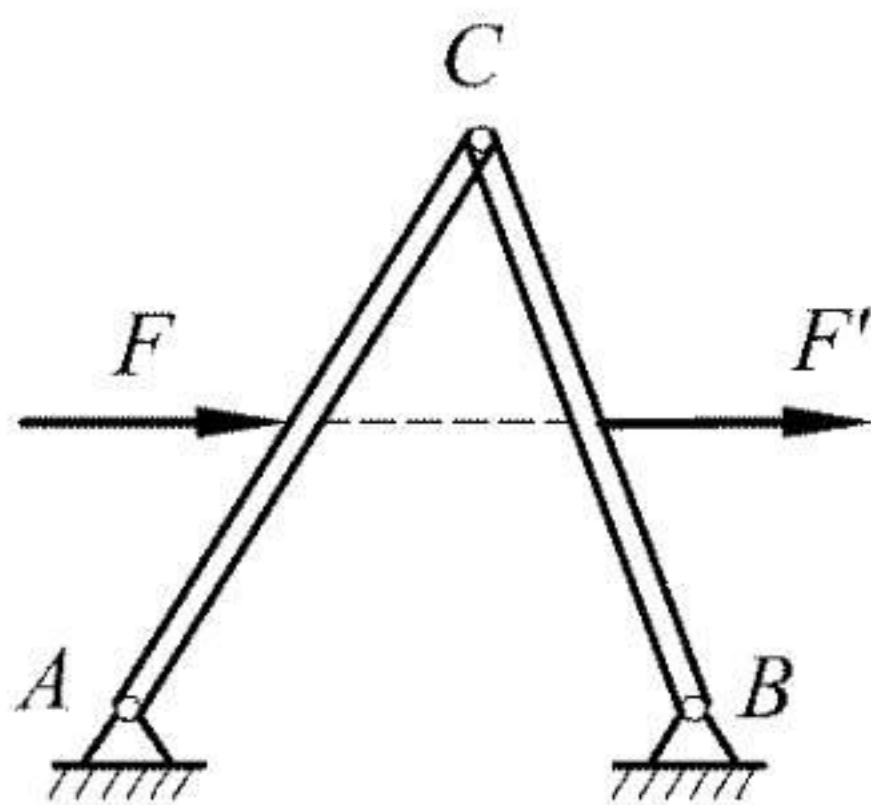


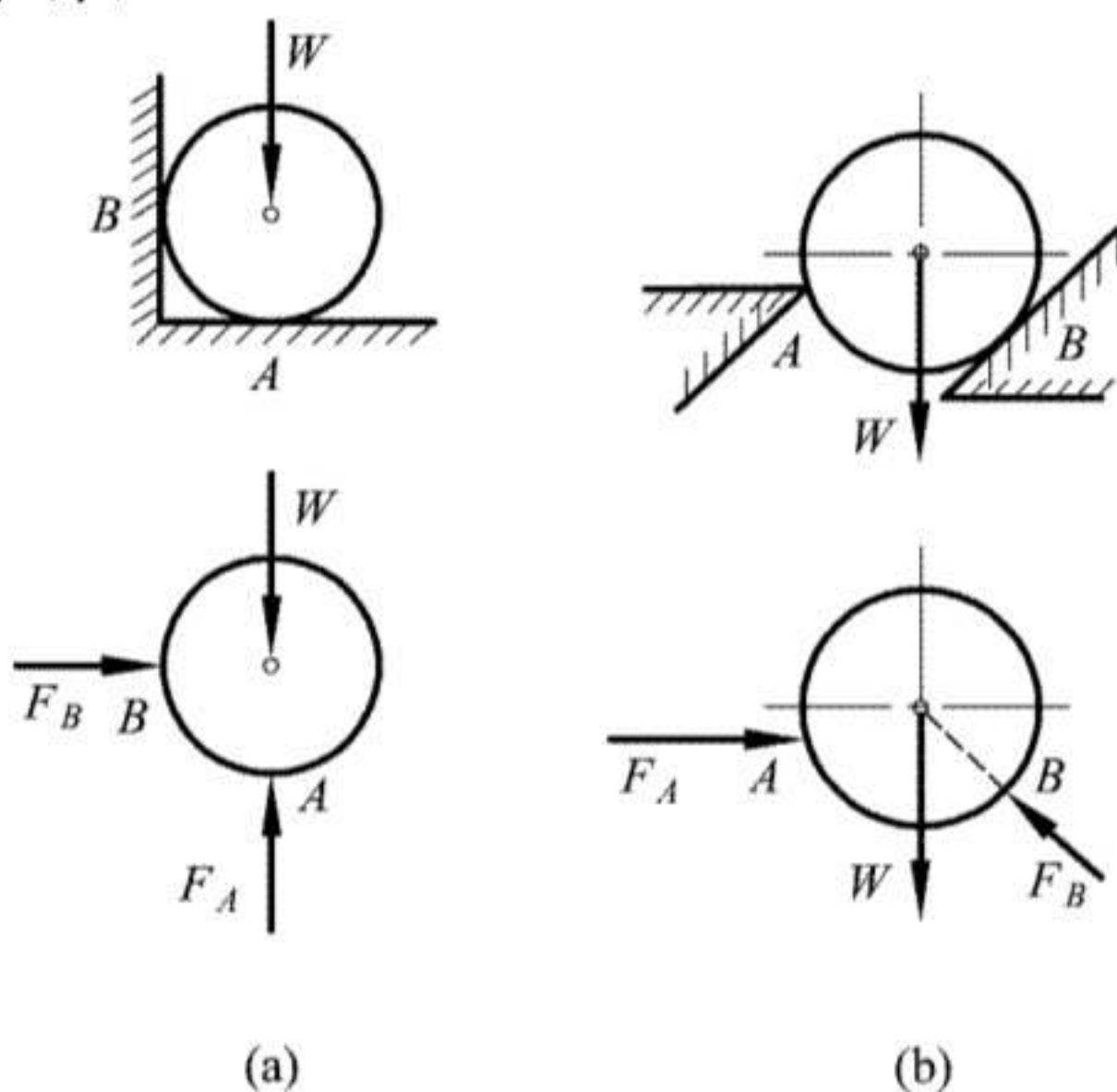
图 1-18

【解题思路】 本题考察力的可传性原理，我们只需判断这道题是否满足力的可传性原理，就可以作出解答。

力的可传性原理是指：作用于刚体的力可以沿着其作用线移至刚体内任意一点，而不改变它对刚体的效应。题中 AC 杆， BC 杆相对位置不会变化，可以视作刚体，则满足该原理。

【解题过程】 根据力的可传性原理，可以将作用于杆件 AC 的力 F 沿其作用线移至杆 BC 上而成为 F' 。

1-3 检查图 1-19 所示各受力图是否正确，如有错请改正（设杆的自重和各接触处摩擦不计）。



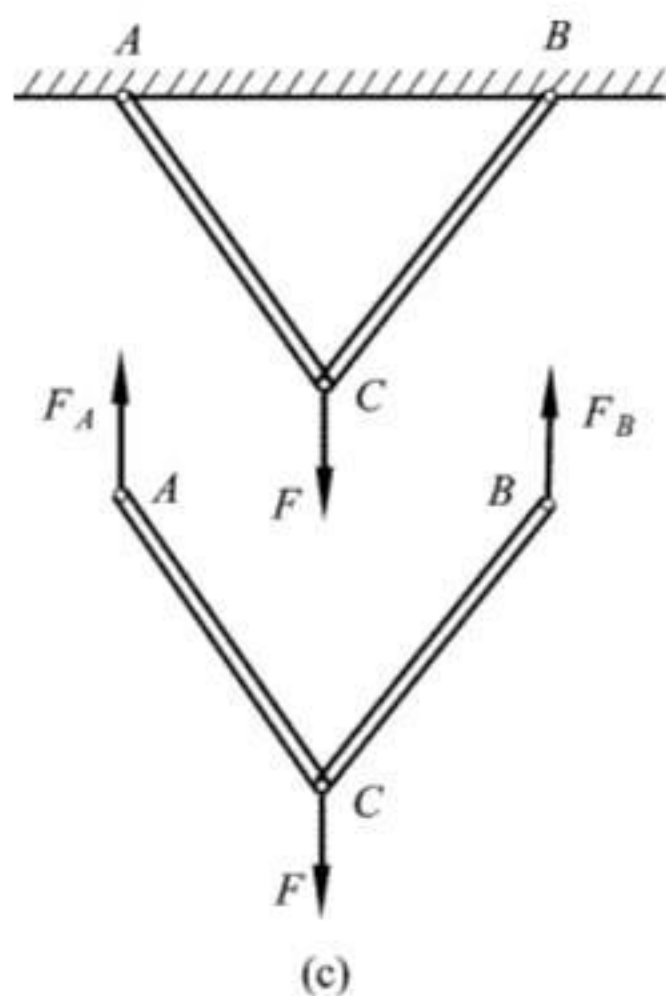


图 1-19

【解题思路】 本题考查受力分析：首先确定物体的受力情况，以及每个力的作用位置和力的作用方向。

作用在物体上的力可以分为两类：主动力和约束力。

主动力包括：重力、外力等

约束力是阻碍物体运动的力，主要包括：

1、柔性体约束力（柔软的绳索、链条或胶带）：约束力沿着柔性体的中心线，指向背离被约束物体。

2、光滑面约束（支撑物体的固定面，表面非常光滑，摩擦力可以忽略不计）：约束力作用在接触点处，方向沿着接触面的公法线，并指向物体）

3、光滑圆柱铰链约束（固定铰链支座、中间铰链、向心轴承等）：随着构件上所受的主动动力不同，销钉和孔的接触点的位置也随之不同。所以，当主动动力尚未确定时，约束力的方向预先不能确定。但其作用线必垂直于销钉并通过中心。即约束力通过铰链中心线，方向待定。

明确了力的分类，为了画出受力图，需要知道受力图中都包括哪些内容。

受力图包括：受力物体（研究对象）+ 物体所受的全部力。画受力图是解决静力学问题的重要基础。其基本步骤为：

（1）确定研究对象，解除约束，即以约束力代替约束对物体的作用，取出分离体。

（2）在分离体上画出主动动力（重力等）。

(3) 根据约束的类型及性质，画约束力。

画受力图除了在按照基本步骤的基础上，还要掌握一些常用的技巧，可以快速正确的画出受力图。画受力图应注意以下几点：

(1) 必须明确研究对象。对实际物体进行受力分析时可以根据情况选取合适的研究对象，可以选择单个物体、整体或者部分物体。

(2) 正确确定研究对象受力的数目。

(3) 正确画出约束力，约束力一定要按照约束的类型来画，不要凭主观想象。

(4) 要善于利用二力平衡公理判断二力构件，正确应用三力平衡汇交定理。三力汇交是平衡的必要条件，不是充分条件。

(5) 研究物体系统时，他们之间的相互作用关系应按作用和反作用公理来分析。分析物体的受力情况时要注意区分内力和外力。取整体研究时，物体内部的约束力为

内力，故不画出；但将各构件拆开研究时，内力转化为外力，则必须画出。构件之间的受力关系为作用力与反作用力。

【解题过程】图 1-19 (a) 正确。取轮为研究对象，取出分离体，受到重力 W ，以及 A 、 B 两处光滑面约束力作用，约束力作用在接触点处，方向沿着接触面的公法线，并指向物体。

图 1-19 (b) 错误。取轮为研究对象，受到重力 W ，以及 A 、 B 两处光滑面约束力的作用，约束力作用在接触点处，方向沿着接触面的公法线，并指向物体， F_B 正确，而 F_A 没有沿着接触面公法线，正确受力图如下图 1-3-1 (b) 所示。

图 1-19 (c) 错误。先取 ACB 为研究对象，受到 C 点主动力 F 以及 A 、 B 点光滑圆柱铰链约束力作用，图中 AC 、 BC 杆均为二力杆件，所以可以确定 A 、 B 两

点受力方向分别沿着 AC 、 BC ，见图 1-3-1 (c)。

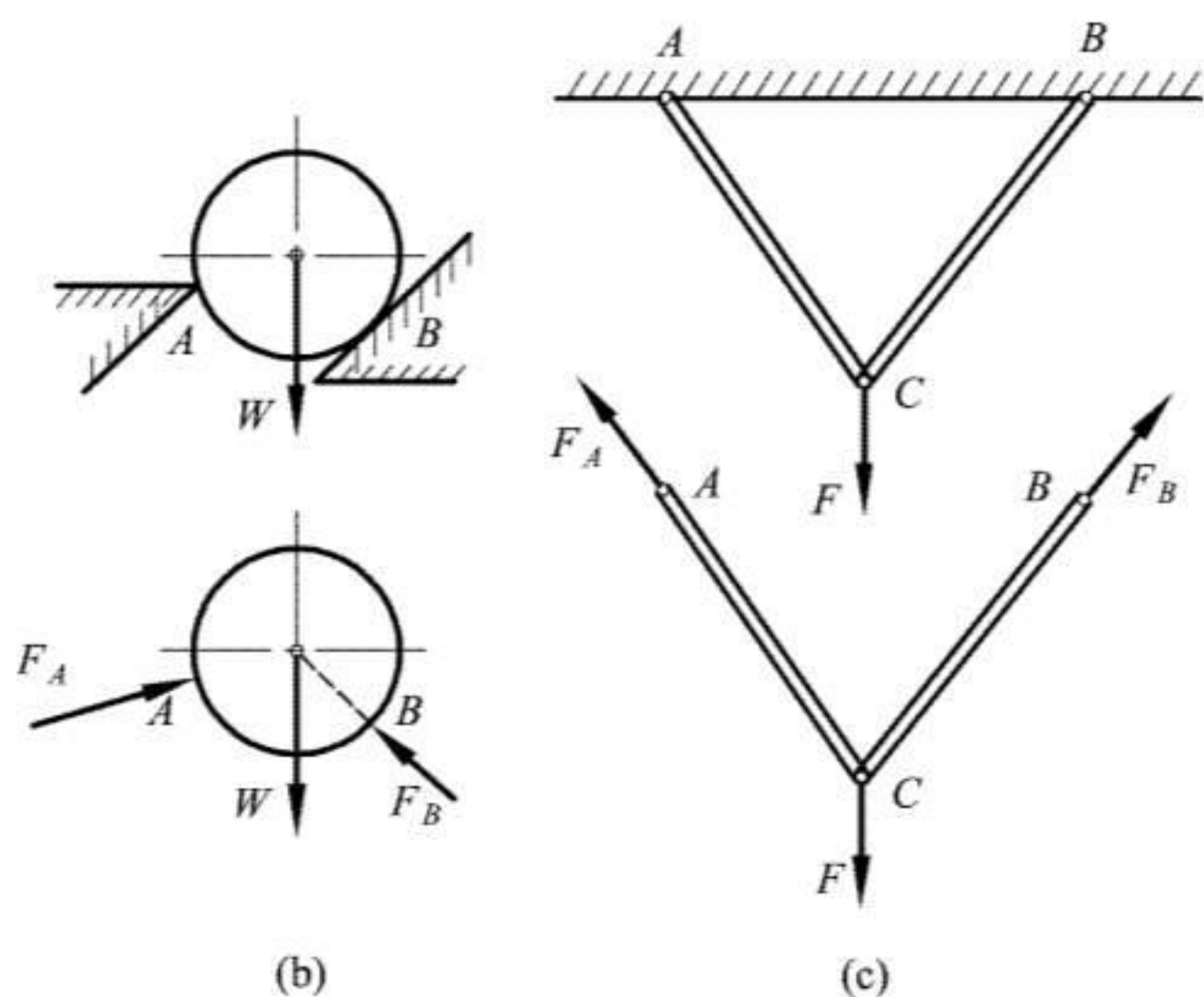


图 1-3-1

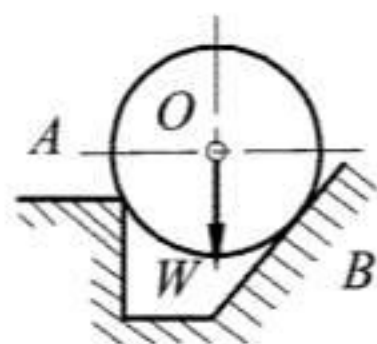
1-4 什么是二力构件？只在两点受力的构件是否为二力构件？为什么？

【解题过程】 只在两力作用下平衡的刚体称为二力体或二力构件。因为构件的受力与形状无关，所以二力构件也称为二力杆。

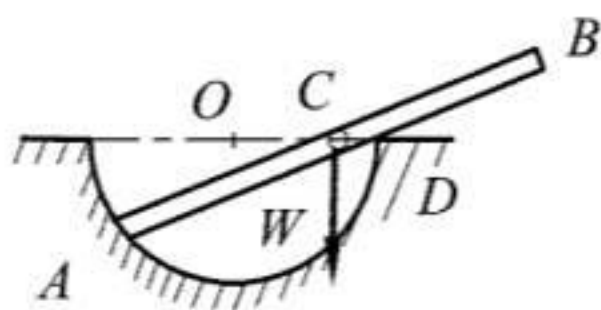
只在两点受力的构件不一定是二力构件，二力构件两力的方向必定沿两力作用点连线等值、反向。

第一章习题

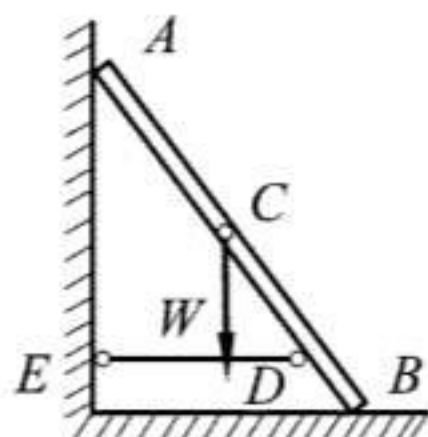
1-1 画出下列指定物体的受力图。



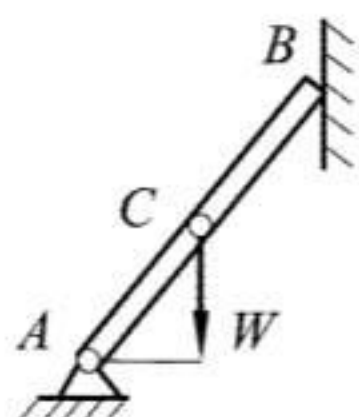
(a) 圆柱 O



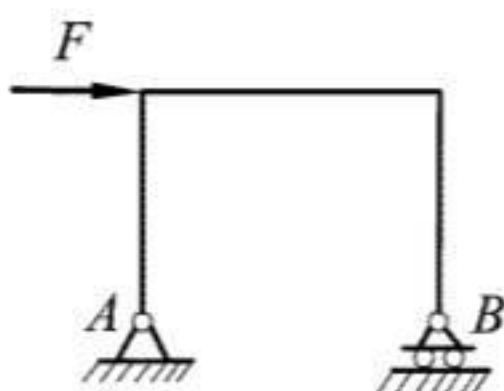
(b) 杆 AB



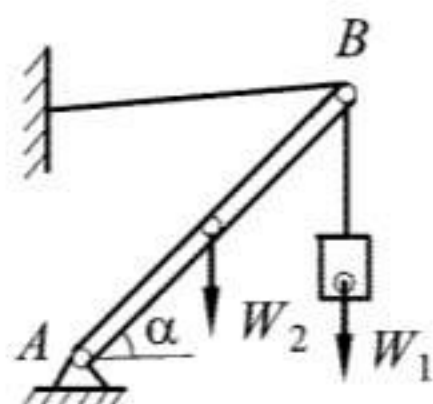
(c) 杆 AB



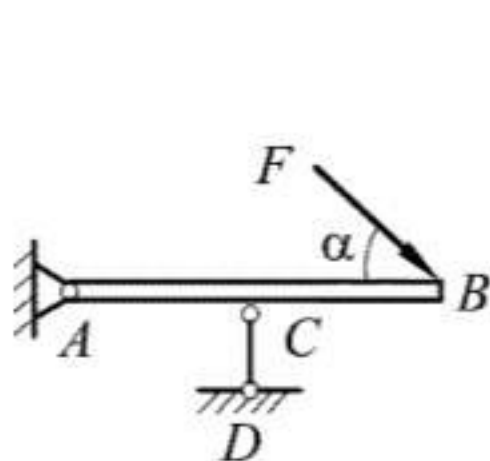
(d) 杆 AB



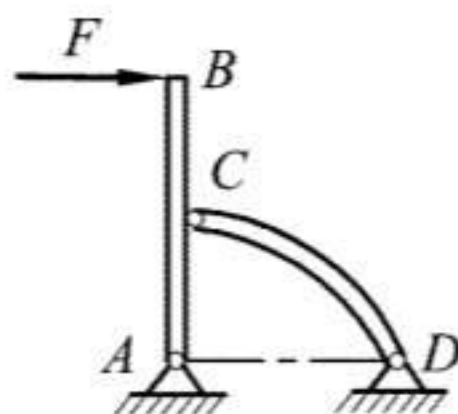
(e) 刚架



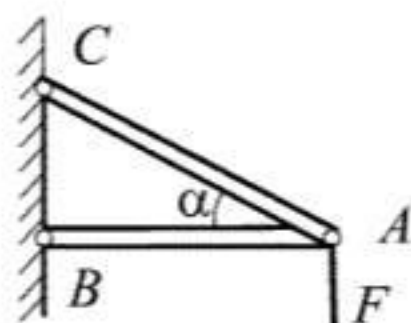
(f) 起重杆 AB



(g) 杆 AB



(h) 杆 AB



(i) 铰 A

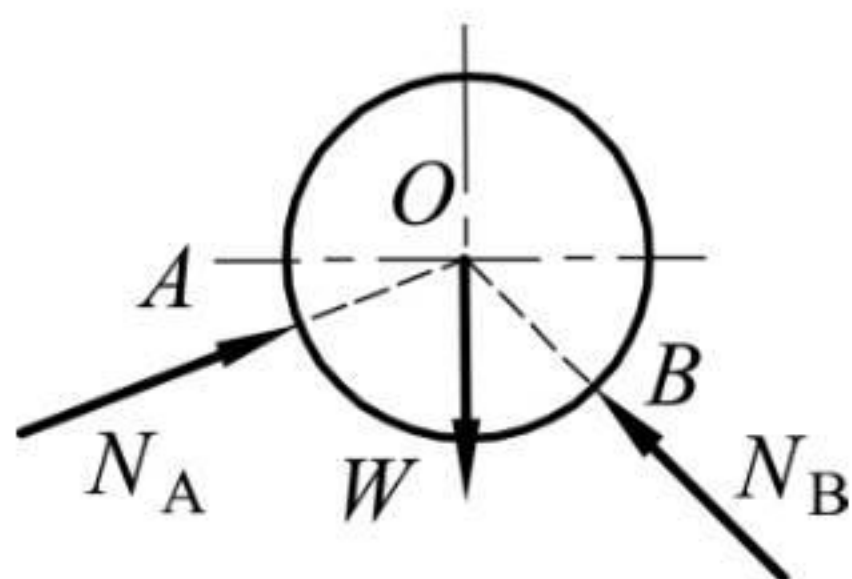
题 1-1 图

图 (a) **【解题思路】** 考察受力图的画法，在前边思考题中已经详细讲述相关步骤及注意事项。

【解题过程】 取圆柱 O 为研究对象，受到重力 W 以及 A 、 B 处光滑面接触力作用，

约束力只能是压力，作用在接触处，方向沿着接触表面在接触处的公法线方向指向物体。这类约束是单面约束，其约束力常又称为法向约束力。

图中 A、B 两处约束力作用点分别为 A、B 两点，方向指向圆心 O ，见下图。

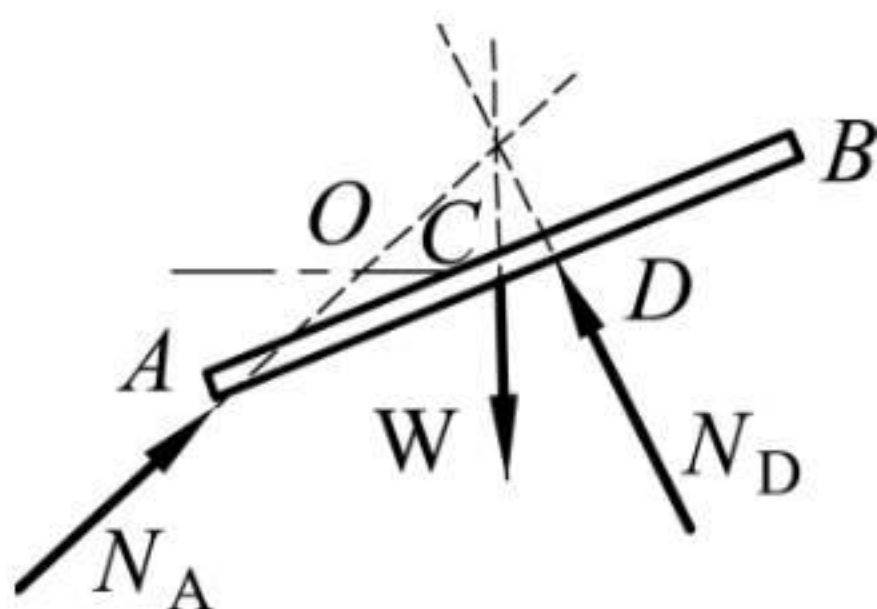


(a) 圆柱 O

图 (b) **【解题过程】** 取杆 AB 为研究对象，AB 受到重力 W 以及 A、D 两处光滑面接触力作用，约束类型为单面约束，约束力只有压力，作用在接触处，方向沿着接触表面在接触处的公法线方向指向物体。

图中 A 处约束力作用点为 A 点，方向指向圆心 O ；D 处约束力作用点在 D 点，方向垂直于 AB 杆，见下图：

注：图中 N_A 、 W 、 N_B 三力也满足三力平衡交汇定理。



(b) 杆 AB

图 (c) **【解题过程】** 取杆 AB 为研究对象， AB 受到重力 W ，以及 A 、 B 、 D 三处约束力作用。 A 、 B 两处为光滑接触线-面约束，约束力只有压力，作用在接触处，方向沿着接触表面在接触处的公法线方向指向物体。图中 ED 可以视作绳索，为柔性体约束，柔性体约束为单面约束，只能承受拉力，不能承受压力和抗拒弯曲。

图中 A 、 B 处约束力作用点分别为 A 、 B 点，方向分别垂直于相对接触面， D 点承受绳索拉力作用，拉力沿着绳索方向。见下图：

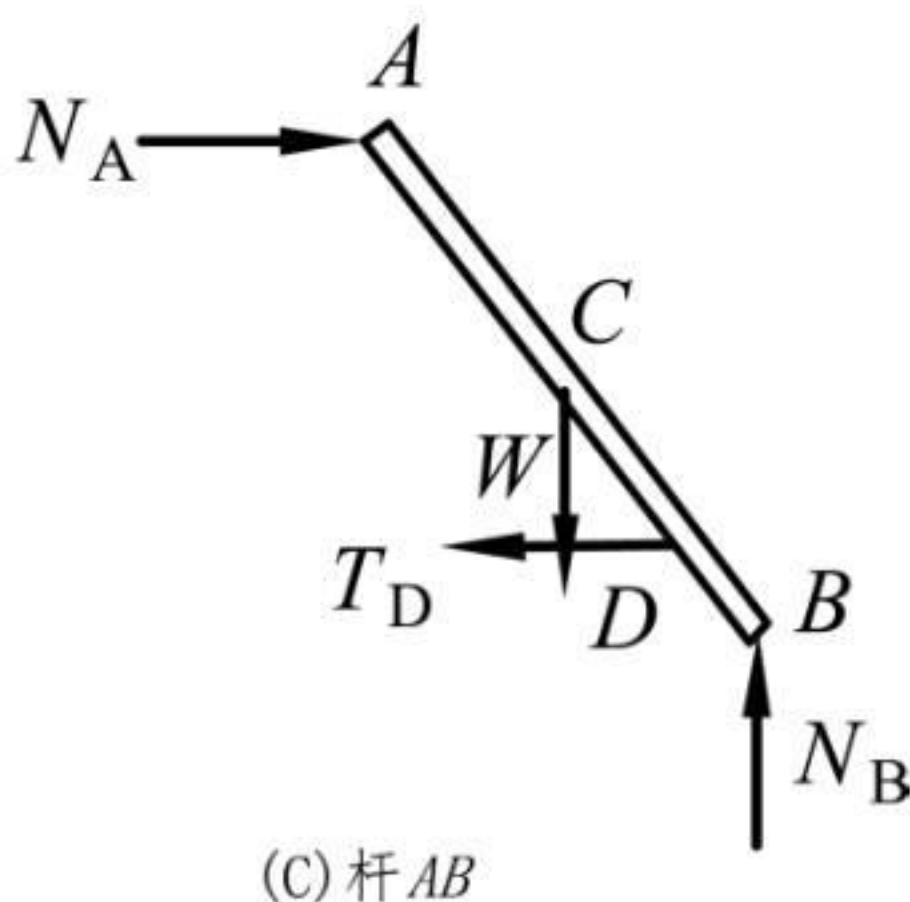
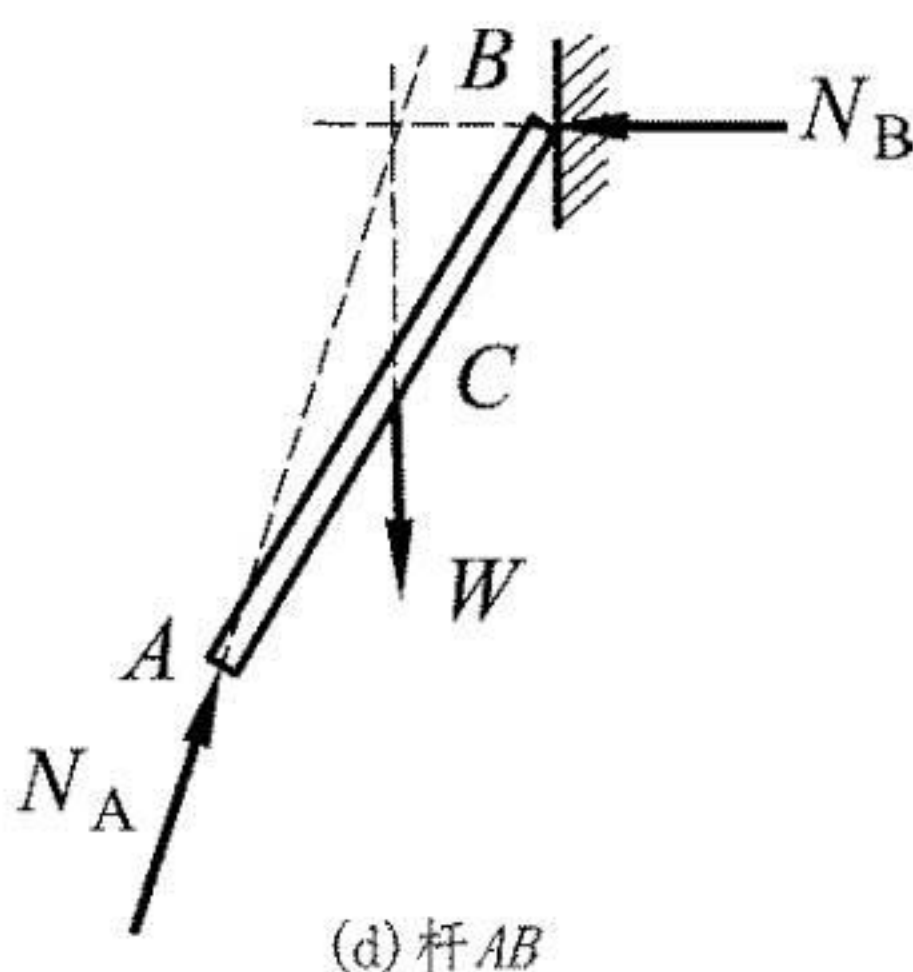


图 (d) **【解题过程】** 取杆 AB 为研究对象， AB 受到重力 W 以及 A 、 B 两处约束力作用。 B 处为光滑接触线-面约束，约束力只有压力，作用在接触处，方向沿着接触表面在接触处的公法线方向指向物体。 A 处为铰支座约束，铰支座约束的约束力在垂直于圆柱销轴线的平面内，通过圆柱销中心，方向不定，本题中 A 处力的方向可以根据三力平衡汇交定理确定（当刚体受三个力作用而成平衡时，若其中任何两个力的作用线相交于一点，则其余一力的作用线也交于同一点，且三个力的作用线在同一平面内）

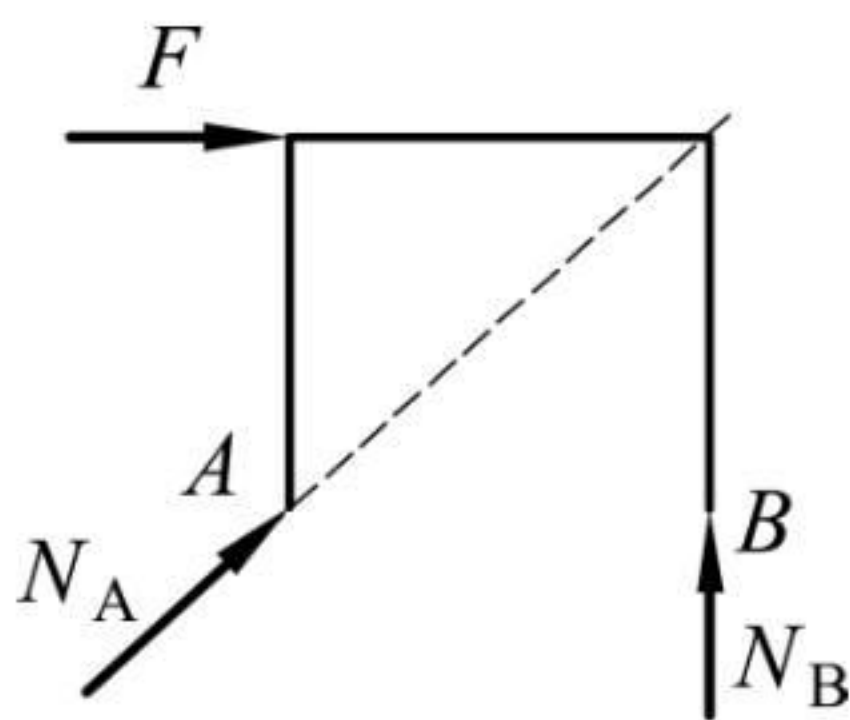
图中 B 处约束力作用点为 B 点，方向垂直于相对接触面，根据三力平衡汇交定理，A 点所受铰支座约束力作用线必经过 B 点约束力与 C 点所受重力的力的作用线的交点，见下图：



图（e） **【解题过程】** 取刚架为受力对象，刚架受到外力 F 以及 A、B 两处约束力作用。A 处为铰支座约束，铰支座约束的约束力在垂直于圆柱销轴线的平面内，通过圆柱销中心，方向不定。B 处为辊轴支座约束，约束力应垂直于支撑面，通过圆柱销中心。

注意：如果图中只受到三个力的作用，有未知力的方向不能确定，就首先考虑其他两力的方向，然后利用三力平衡汇交定理确定未知力的方向。

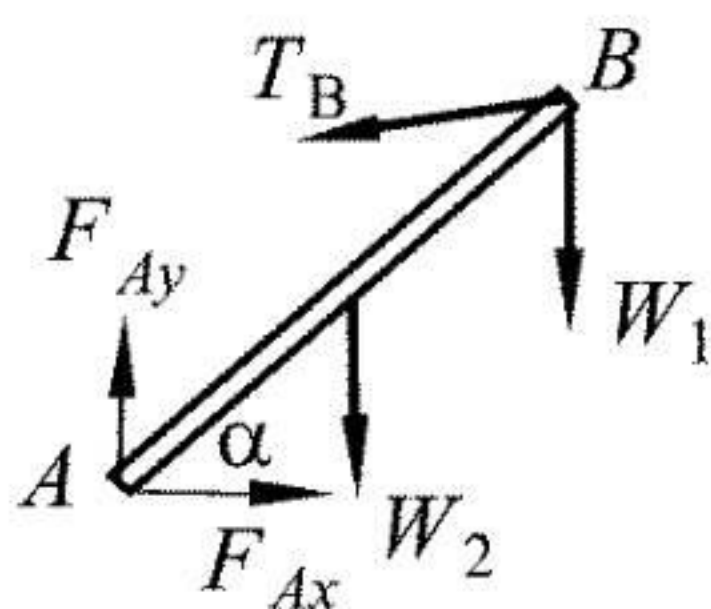
先确定图中 B 点所受力的方向，由 B 处为辊轴支座约束，约束力方向垂直于支撑面，通过圆柱销中心，找到作用力 F 与 N_B 两力的作用线的交点，就可确定作用于 A 点的作用力的方向，见下图：



(e) 刚架

图 (f) 【解题过程】取起重杆 AB 为研究对象，AB 受到自身重力 W_2 、起重物体重力 W_1 以及 A、B 两处约束力作用。A 处为铰支座约束，B 处为柔性体约束，B 处作用

力的方向沿着绳索方向，此时发现 A 处力的方向不能确定，首先考虑利用三力平衡定理确定其方向，但是三力平衡定理前提是刚体只受到三个力的作用，题中起重杆 AB 受到四个力的作用，不能应用三力平衡定理，如果铰支座约束约束力的方向不能确定，一般就用两个相互垂直的分力表示。见下图：

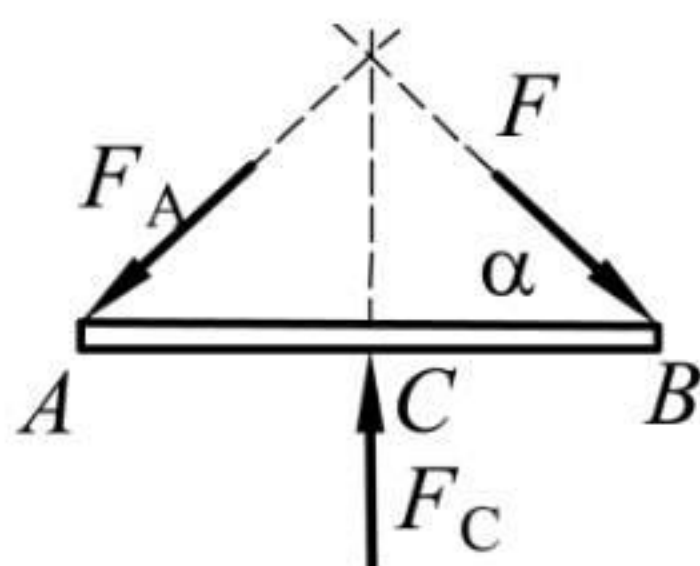


(f) 起重杆 AB

图 (g) **【解题过程】** 取杆 AB 为研究对象，AB 受到外力 F 以及 A、C 两处约束力作用。A 处为铰支座约束，C 处为辊轴支座约束（铰支座约束可以用两根不相平行的链杆来代替，而辊轴支座可用垂直于支撑面的

一根链杆来代替，他们是这两种支座的另一种计算简图）

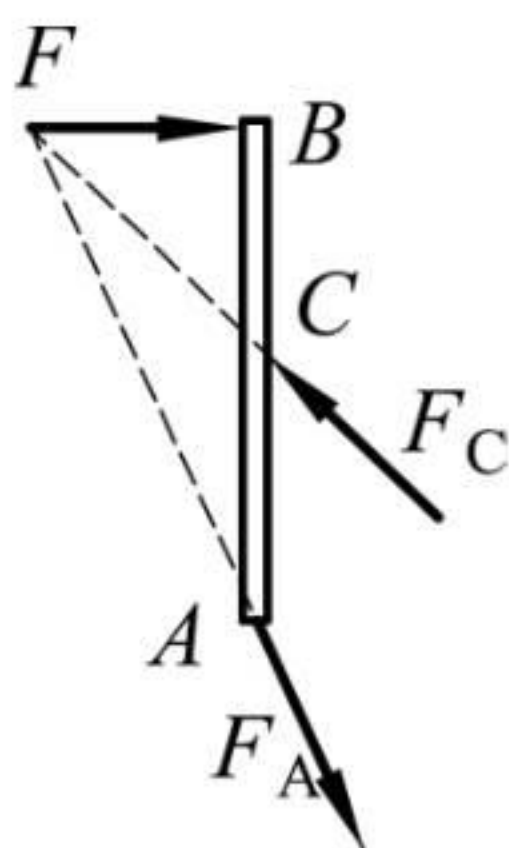
C 处作用力方向垂直于支撑面，A 处作用力方向由三力平衡定理确定，见下图：



(g) 杆 AB

图 (h) **【解题过程】** 取杆 AB 为研究对象，杆件 AB 受到外力 F 以及 A 、 C 两处约束力作用。 A 处为铰支座约束，方向不确定； C 处为光滑圆柱形铰链约束，通常称为销钉，销钉约束的约束力只能是压力，在垂直于圆柱销轴线的平面内，通过圆柱销中心，方向不能确定；此时，我们发现，杆件 AB 受到两个未知方向的约束力作用，此时就需要利用题中其他条件来确定力的方向。通过观察， CD 杆件其实只受到两个力的作

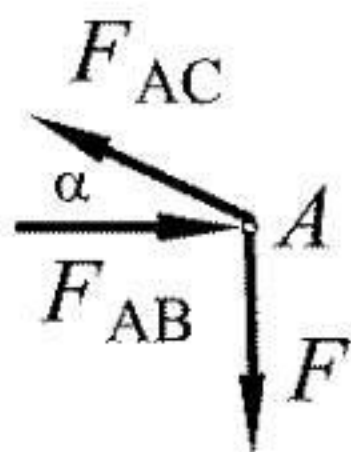
用，属于二力杆件，根据二力平衡公理：欲使作用于刚体上的两力平衡，该两力的大小相等，方向相反且作用于同一直线上。由此可以确定 C 处受力方向为 DC 直线方向。此时可以根据三力平衡定理确定 A 处所受力的方向。见下图：



(h) 杆 AB

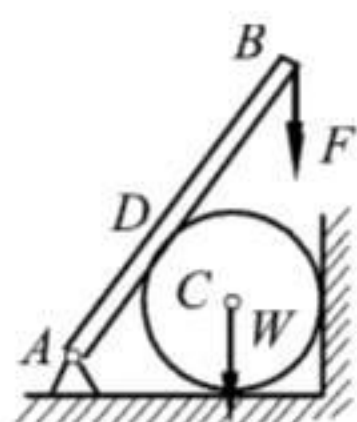
图 (i) **【解题过程】** 取铰 A 为研究对象，该题考察二力平衡公理，CA、AB 均为二力杆件，由此可以确定两杆件内力，又由作用力与反作用力定律，可以确定铰 A 所受的力的方向，作用点为 A。

CA 为拉杆，BA 为压杆，见下图：

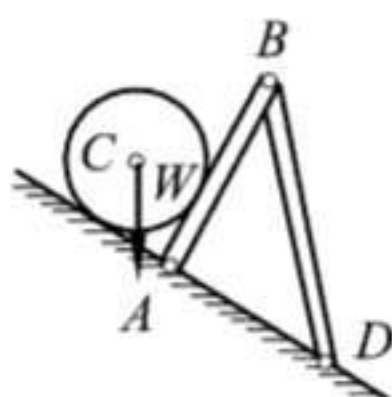


(i) 铰 A

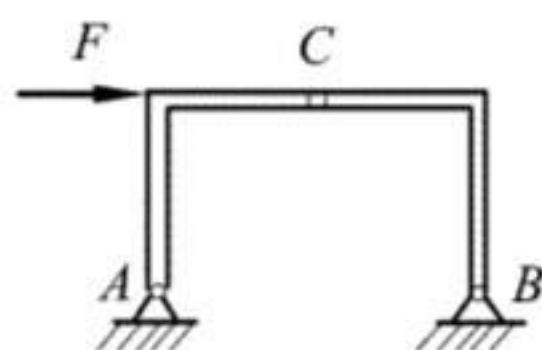
习题 1-2 画出下列各物系中指定物体的受力图。



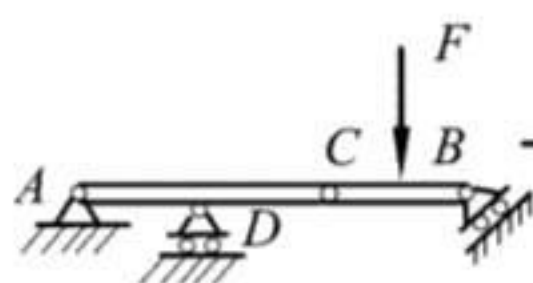
(a) 杆 AB , 轮 C



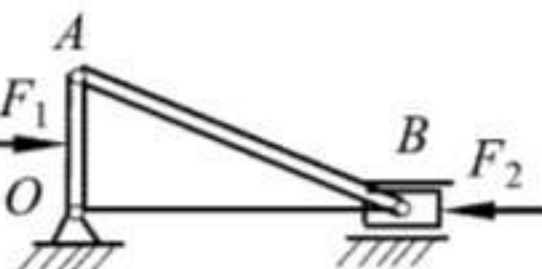
(b) 杆 AB , 轮 C



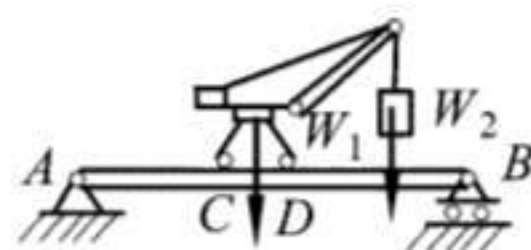
(c) 构件 AC , 构件 CB



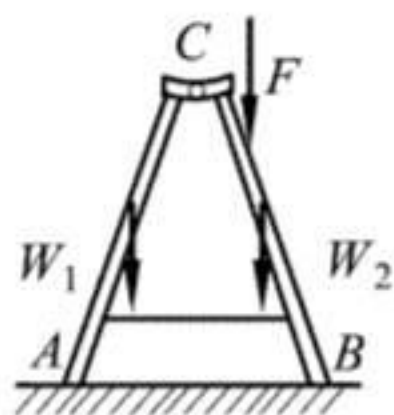
(d) 梁 AC , 梁 CB , 整体



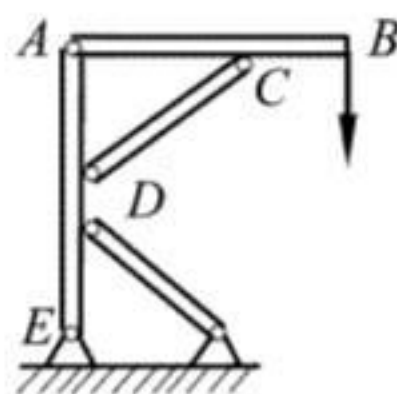
(e) 曲柄 OA , 滑块 B



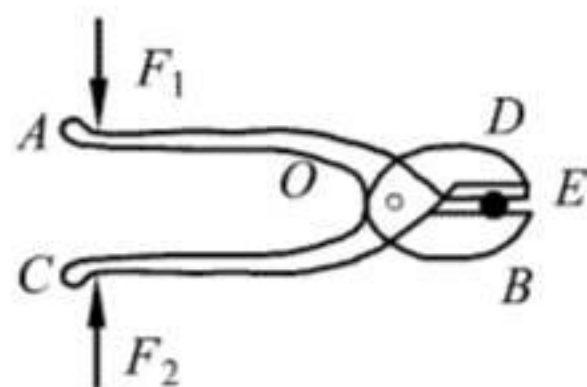
(f) 起重机, 梁 AB , 整体



(g) 折梯整体, AC 部分, BC 部分



(h) 横梁 AB , 立柱 AE , 整体



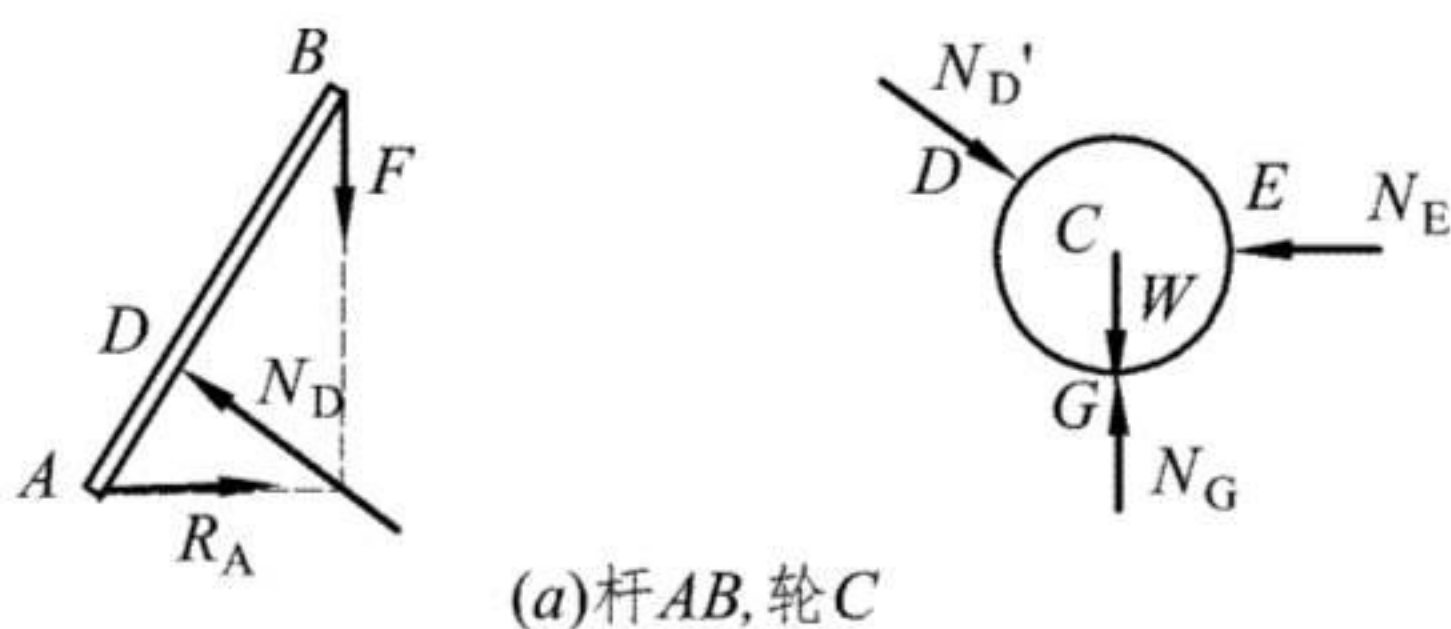
(i) 物料 E , 半片 AOB , 半片 COD

题 1-2 图

图(a) 【解题思路】 分别取杆件 AB 和轮 C 为研究对象。将两者分别从所受约束中分

离出来，画出相应轮廓简图。作用于杆件 AB 上力有外力 F ，垂直向下，D 处为光滑接触线-面约束，方向垂直于斜面，A 点为铰支座约束，力的方向可以根据三力平衡汇交定理确定；然后找圆柱 C 的主动力与所受约束力，各个力均通过圆心。

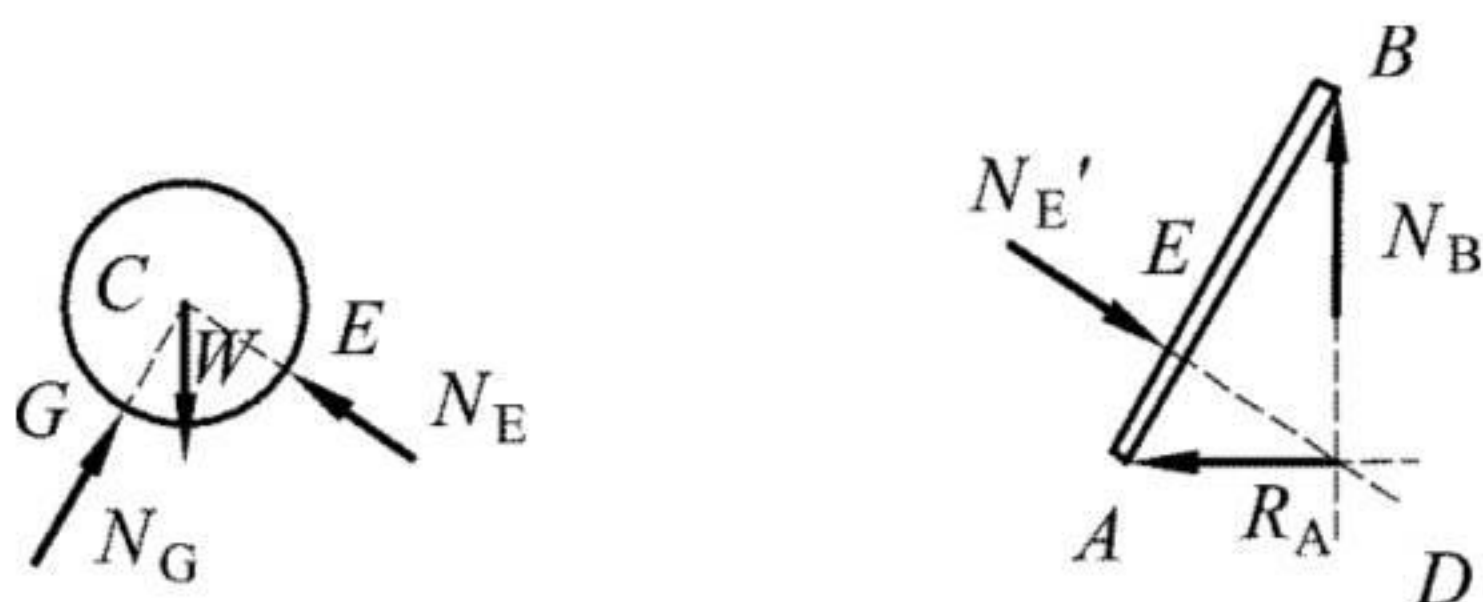
【解题过程】 受力图如下图（1）所示



图（b） **【解题思路】** 取轮 C 为研究对象，轮 C 受到主动力 W 与 AB 杆及斜面的支撑约束作用；杆 AB 受到三个力作用，A、B 作用点处力的方向不能确定，因此考虑根据其他条件来间接求得其力的方向。通过观察，发现 BD 杆是二力杆件，由二力杆平衡的特点可以求得 B 点作用力的方向，而

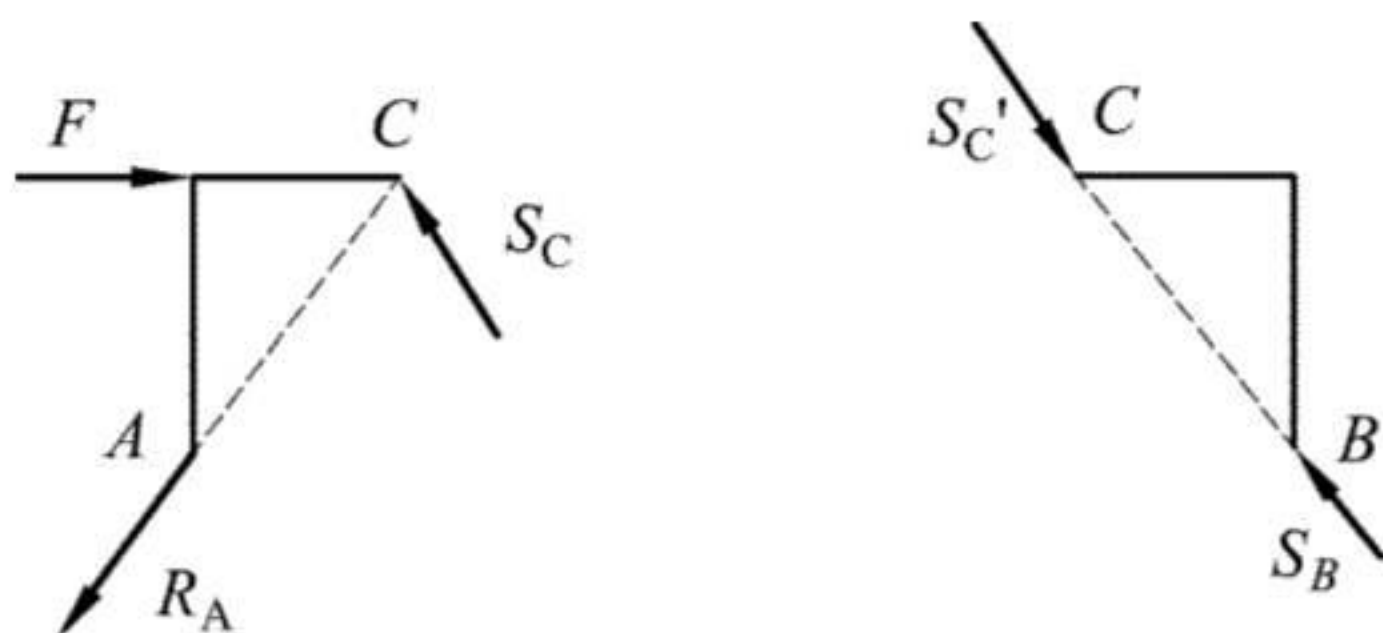
AB 受到三个平面汇交力的作用，由此可以求得 A 点作用力方向。

【解题过程】 受力图如下图 (b) 所示



(b) 轮 C, 杆 AB

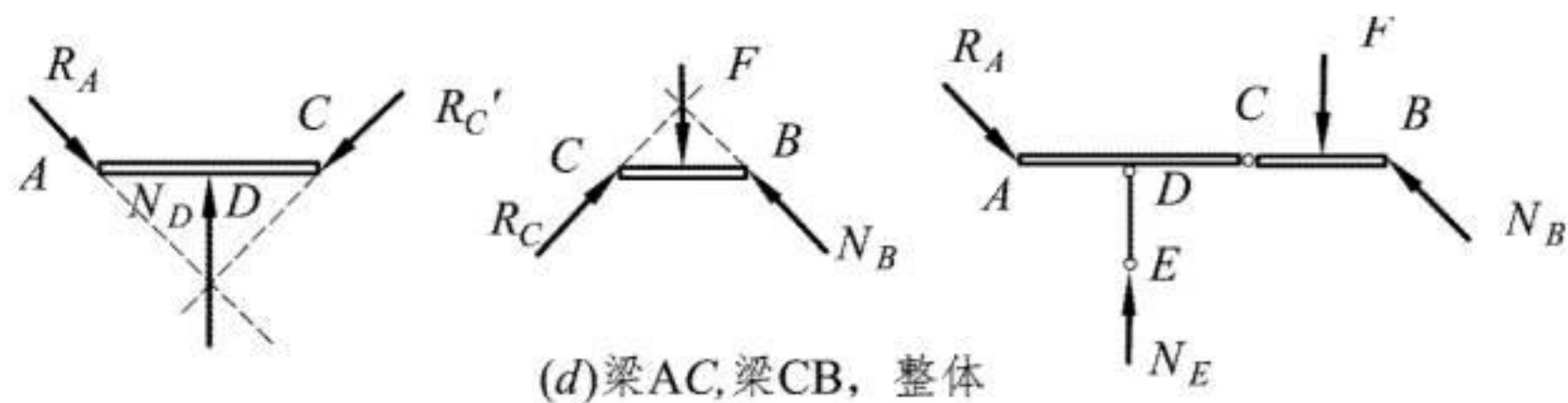
图 (c) 解题思路：与(b)原理相同，先由 CB 相当于二力杆件，判断其方向，再对 AC 进行受力分析。



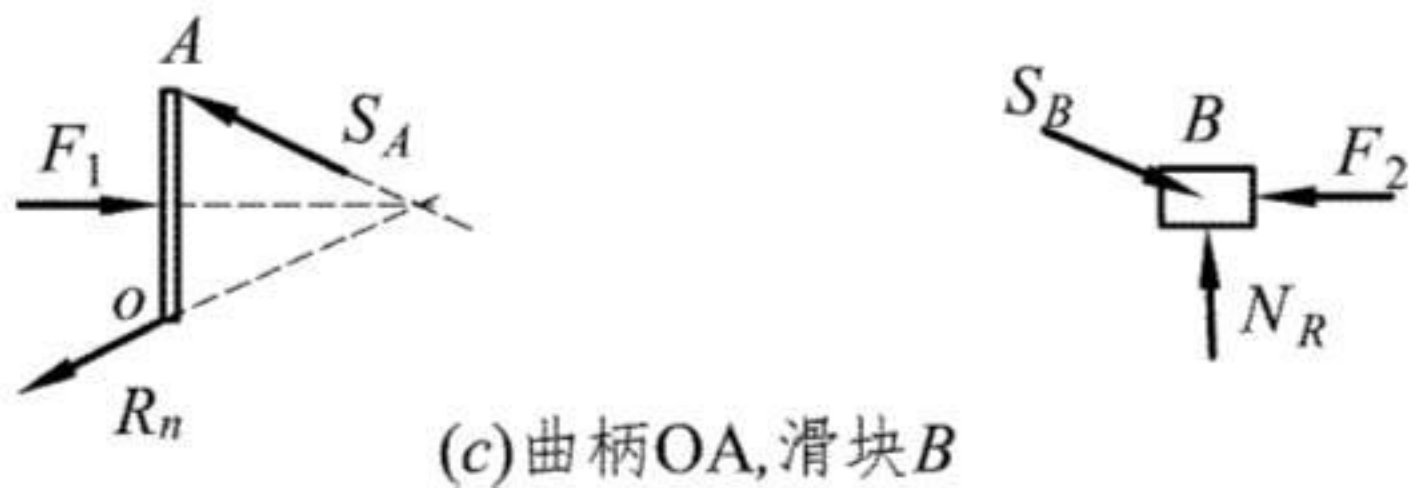
(c) 构件 AC, 构件 CB

图 (d) **【解题思路】** 先取 BC 杆为研究对象，根据三力平衡原理，可以求得其所受

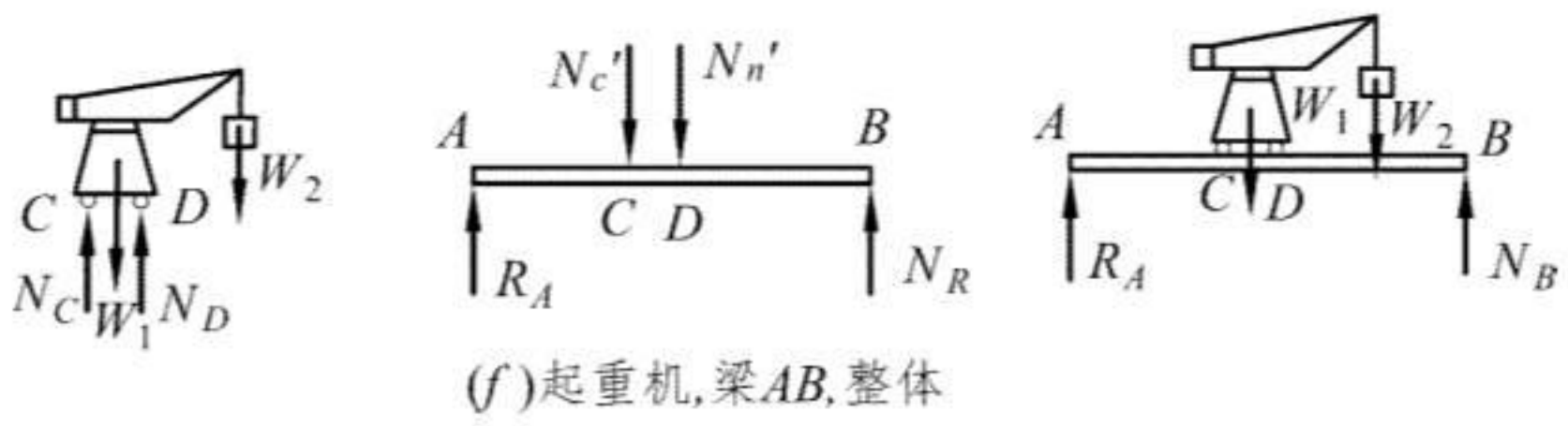
各力，然后根据作用力与反作用力可以很容易求得其他两个对象所受的力



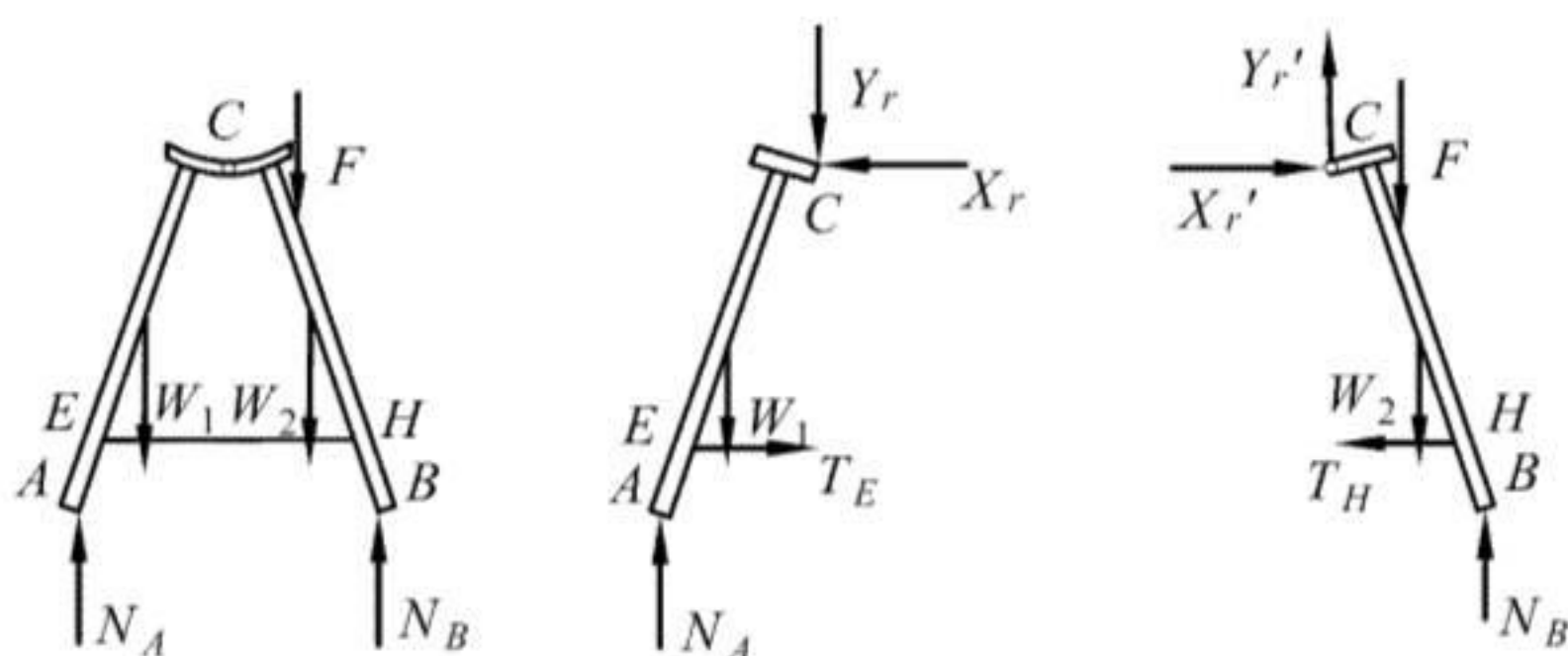
图（e）【解题思路】根据 AB 为二力杆件，可以作为解题切入口。



图（f）【解题过程】本题解题重点是判断 C、D 两点的约束类型。C、D 两点为光滑线面约束，约束力沿着接触面法线方向，再根据作用力与反作用力，判断反作用力方向。

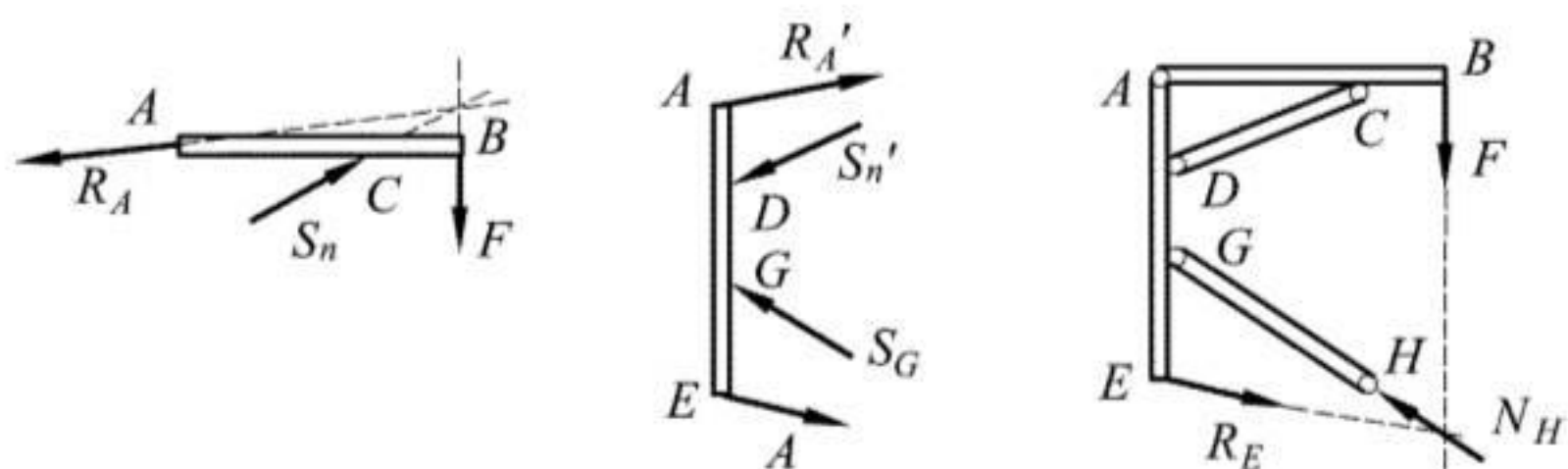


图（g）本题主动力已知，难点是判断出约束力类型，从而确定力的方向。A、B 为光滑线面约束，E、H 为柔性体约束（力沿着柔性体方向且只承受拉力），由此可以判断出约束力方向。



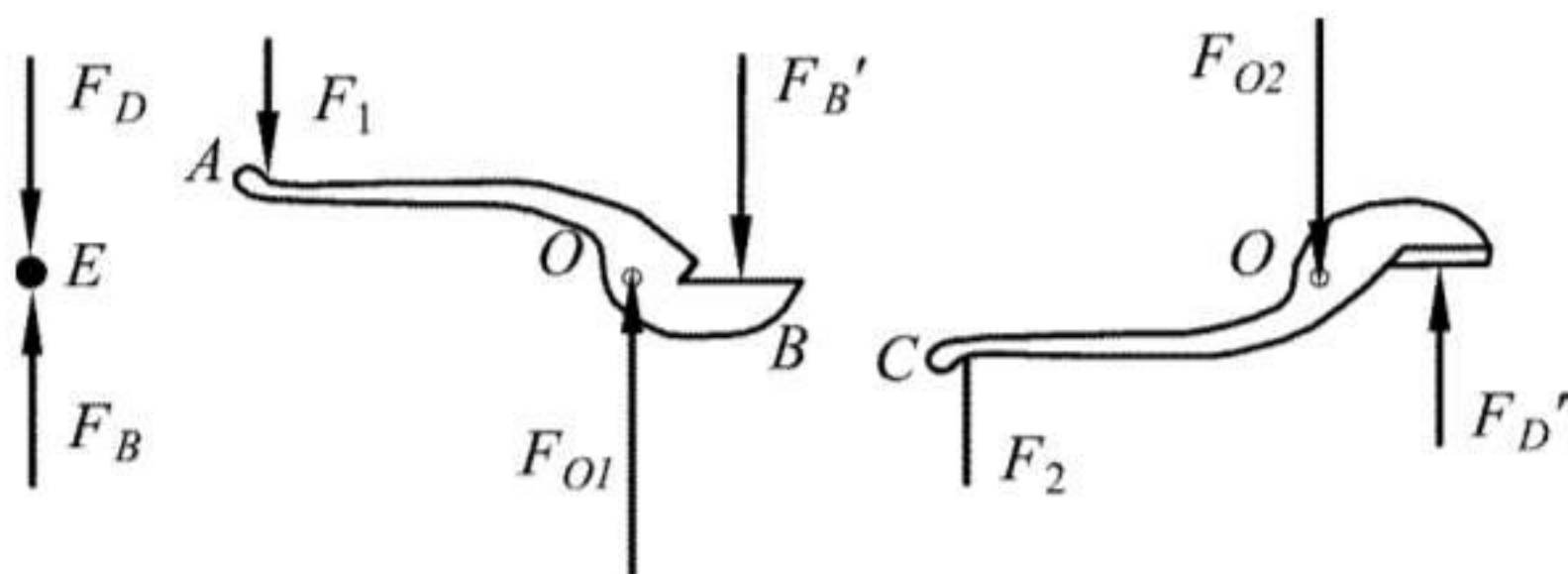
(g)折梯部分，AC部分，BC部分

图（h）前边讲过，画受力图，首先观察是否由二力杆件，再考虑三力汇交原理。图中 CD 杆为二力杆件，由此可以确定 C、D 两点力的方向，又由 AB 杆为受到平面三个力作用处于平衡状态，则这三个力必定汇交于一点，已知两力，可以判断出第三个力的方向。



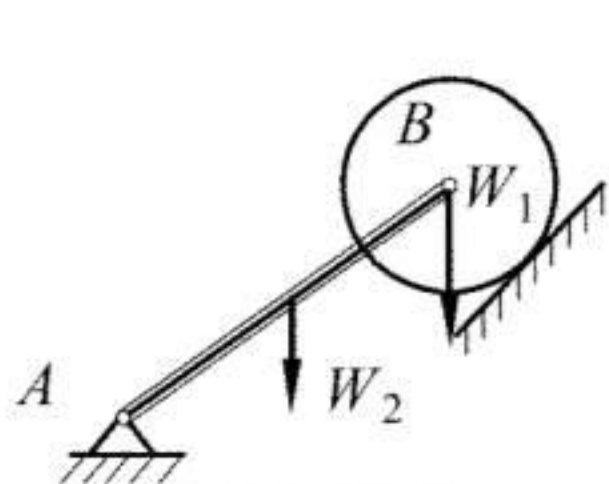
(h) 横梁 AB , 立柱 AE , 整体

图 (i) 物体 E 与 B 、 D 两点可以视作光滑线面约束，由此可以确定物体在 B 、 D 两点受力方向；根据作用力与反作用力可以确定 B 、 D 两点物体对两个半片的作用力方向；由 A 点与 B 点收到两个平行且方向相同的力作用，可以得到 O 点必定受到相反方向作用力；受力图如图所示

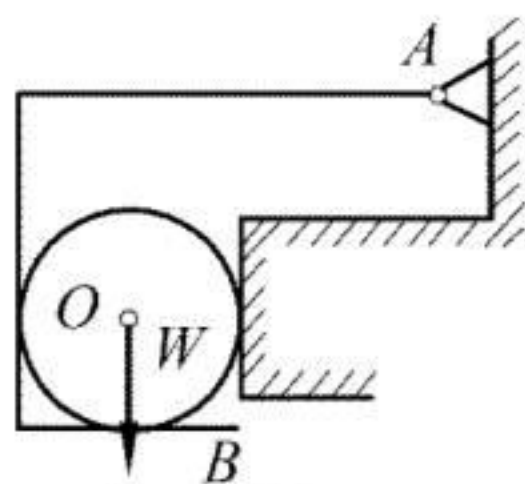


(i) 物料 E , 半片 AOB , 半片 COD

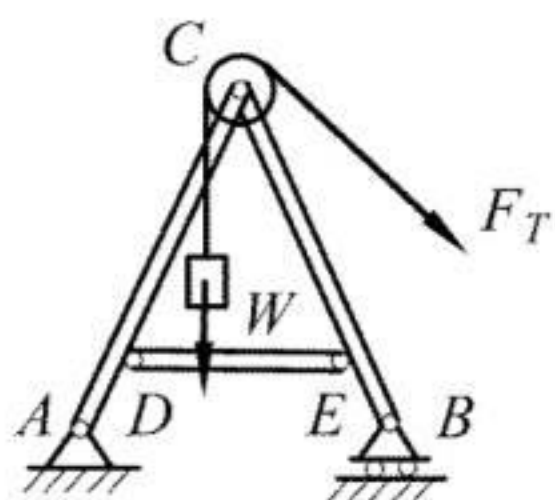
习题 1-3. 画出下列各物系中指定物体的受力图。



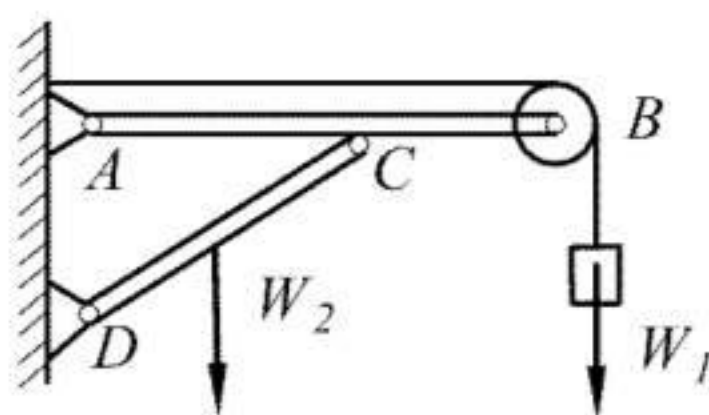
(a) 轮 B, 杆 AB



(b) 轮 O, 刚架 AB



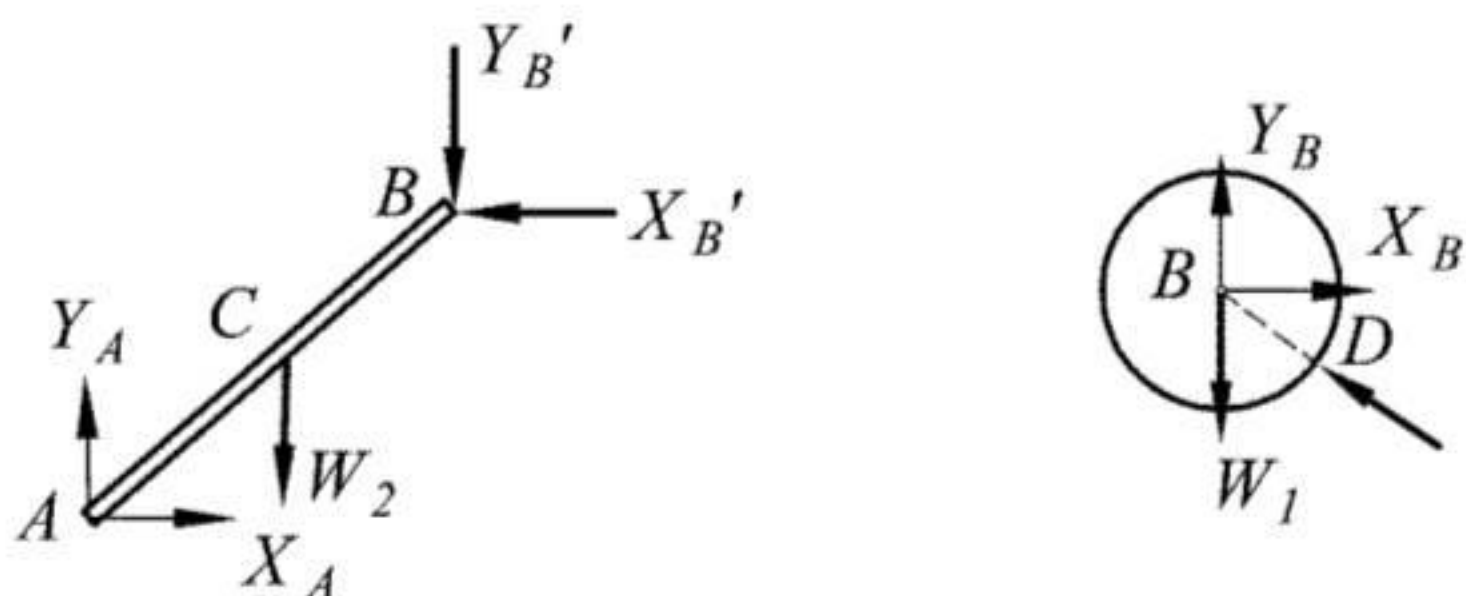
(c) 滑轮重物, 杆 DE, 杆 BC, 杆 AC (连同滑轮), 整体



(d) 杆 AB (连同滑轮), 杆 AB, 不连滑轮, 整体

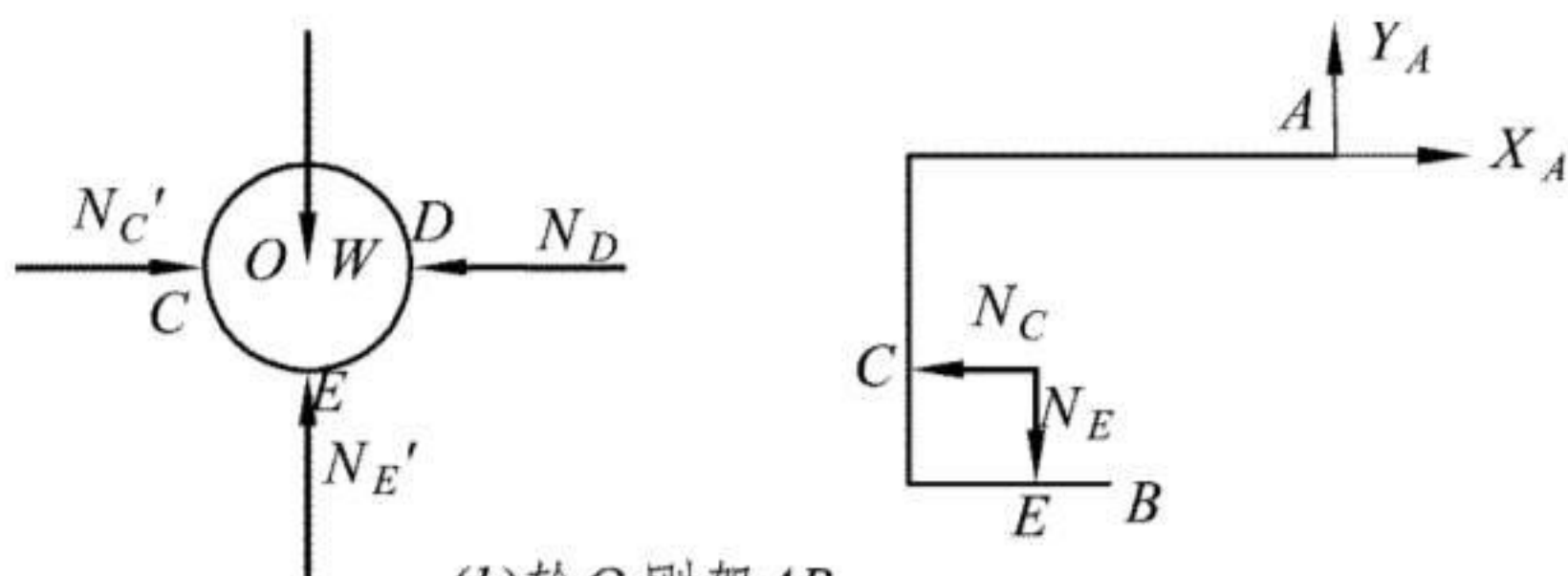
题 1-3 图

图 (a) 【解题过程】 轮 B 受到约束面垂直于法线的支撑力、重力 W_1 及 AB 杆对其作用力；AB 杆受到重力 W_2 与 A、B 两处约束力作用，受力示意图如下：



(a) 轮 B , 杆 AB

图 (b) 【解题过程】 轮 O 受到主动力 W 及三个平面约束作用，约束力方向均垂直于相应平面；刚架 AB 受到 D 点压力及 A 点约束力作用，受力图如下所示：



(b) 轮 O , 刚架 AB

图 (c) 【解题过程】 滑轮重物受到重物重力 W 、绳子拉力及滑轮圆心约束力作用；杆 DE 为二力杆件；杆 BC 受到杆 DE 拉力、 B 点支撑力以及 C 点约束力作用；整体受

到 A、B 处约束力、重物重力以及绳子拉力作用。

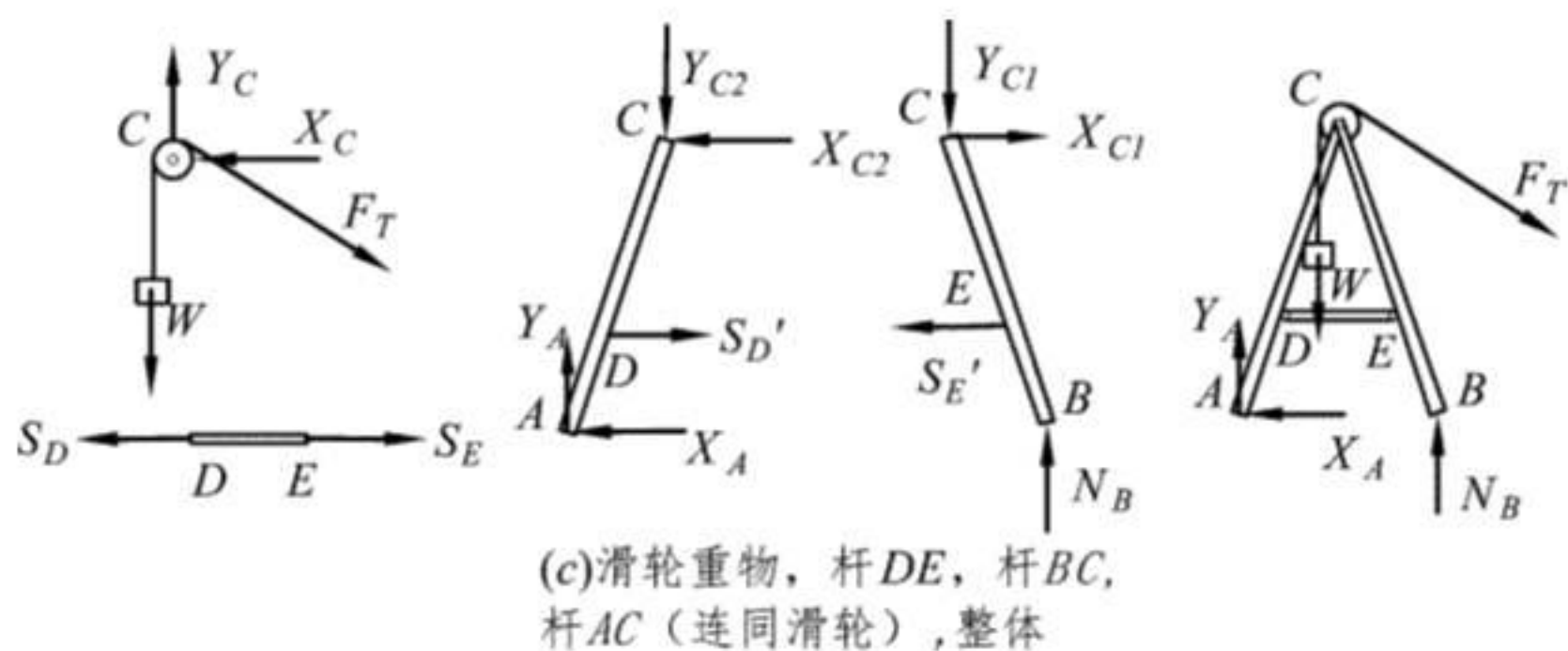
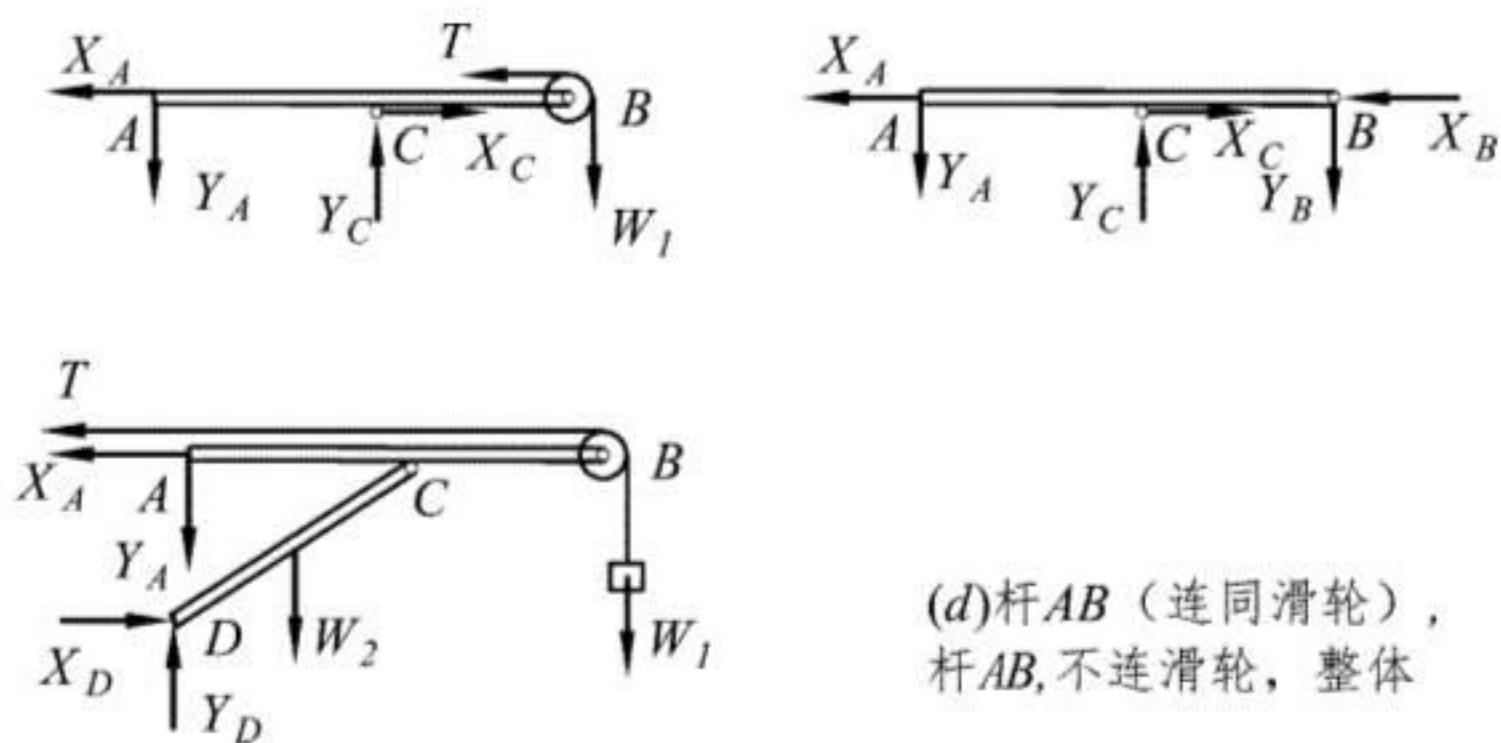
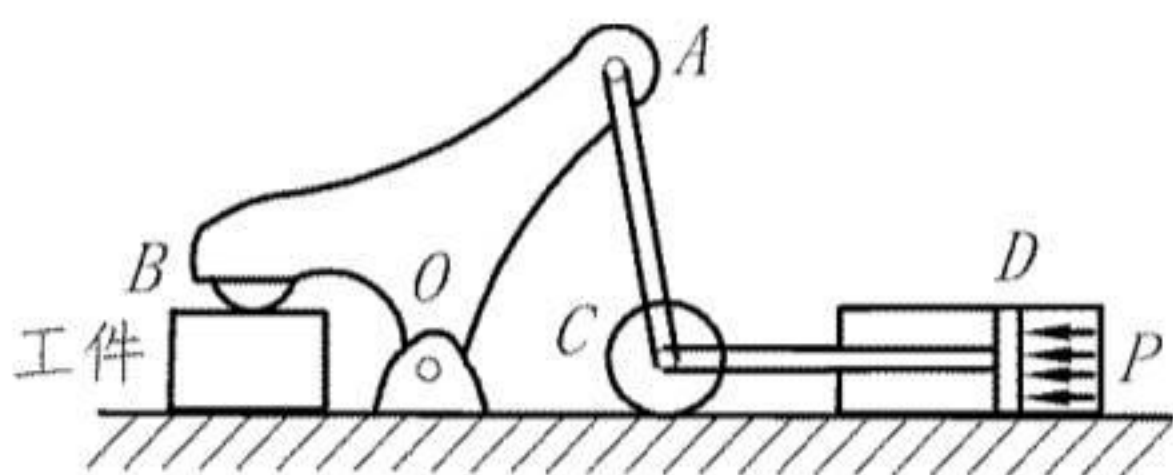


图 (d) 【解题过程】 杆 AB (连同滑轮) 受到 A、C 两处约束力作用, 并受到绳子两端对滑轮拉力作用; 杆 AB (不连滑轮) 受到 A、C、B 三处约束力作用; 整体受到绳子拉力, 重物重力 W_1 , 重力 W_2 及 A、D 约束力作用。



习题 1-4. 油压夹紧装置如图所示，油压 P 通过活塞 D 、连杆 AC 和压板 AOB ，增大对于工件的压力。试分别画出活塞 CD 、滚子 C 和压板 AOB 的受力图。



题 1-4 图

【解题思路】 本题重点与难点：判断出 CD 、 AC 均为二力杆件。由 CD 为二力杆件，很容易判断出 CD 受力图；由轮 C 受到 CD 、 AC 两杆及地面约束作用，三力均通过轮的圆心；有作用力与反作用力可以知道 CA 杆对 AOB 作用力 F_A' 的方向，又由 B 点与工件可视为光滑面约束，力的方向沿着接触面法线方向，由 AOB 在三力作用下处于平衡状态，可根据三力汇交平衡原理确定未知力的方向。受力图如下图 1-4-1 所示：

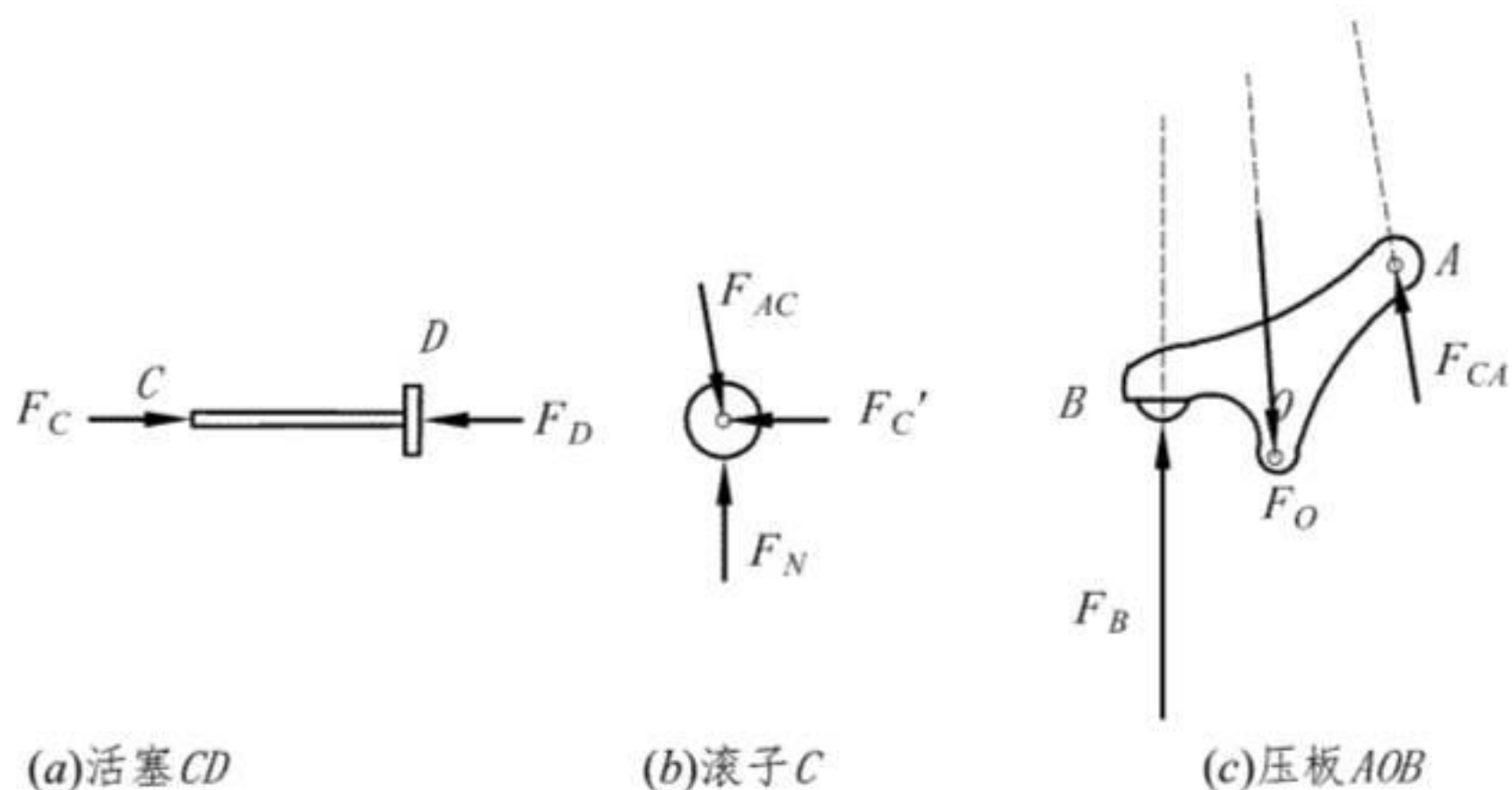
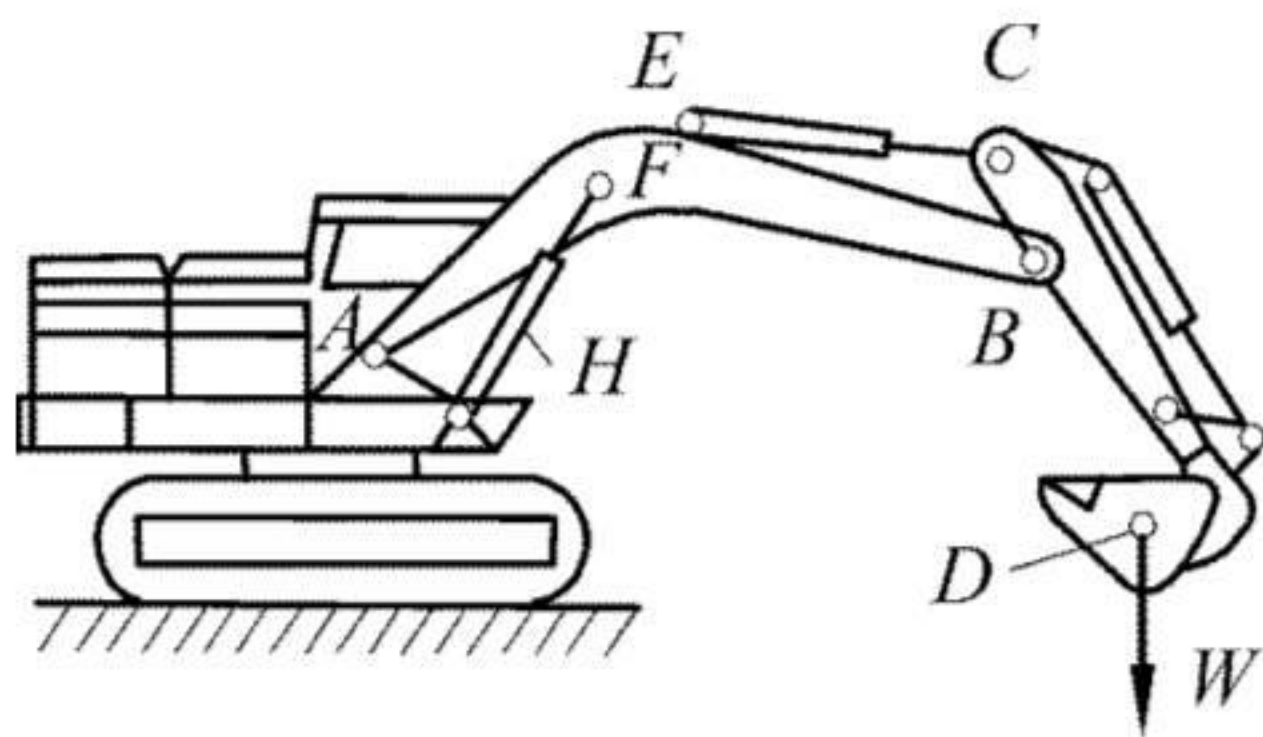


图 1-4-1

习题 1-5. 图示挖掘机中， HF 与 EC 为油缸。试分别画出动臂 AB 、头杆与铲斗 CD 的受力图。



题 1-5 图

【解题思路】 分别取动臂 AB 、斗杆与铲斗 CD 为研究对象，将两者从整体中分离出来。

动臂 AB 受到 A、F、E、B 四处约束力作用，斗杆与铲斗 CD 受到 C、B 两点约束力及 D 点 W 作用。画受力图，一般先对受力较少部件进行分析，往往是比较好的选择。

【解题过程】 CD 受到重力 W 及 C、B 两处约束力作用。由 EC 为二力杆件，可确定 C 点受力沿着 EC 方向，B 处受力可以根据三力平衡原理确定；对于动臂 AB，EC、HF 均为二力杆件，EC 受拉，HF 受压，由此可以确定 E、F 点处受力方向，B 处所受作用力可以根据作用力与反作用力确定方向，A 处作用力用 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示。受力图如下图所示 1-5-1 所示：

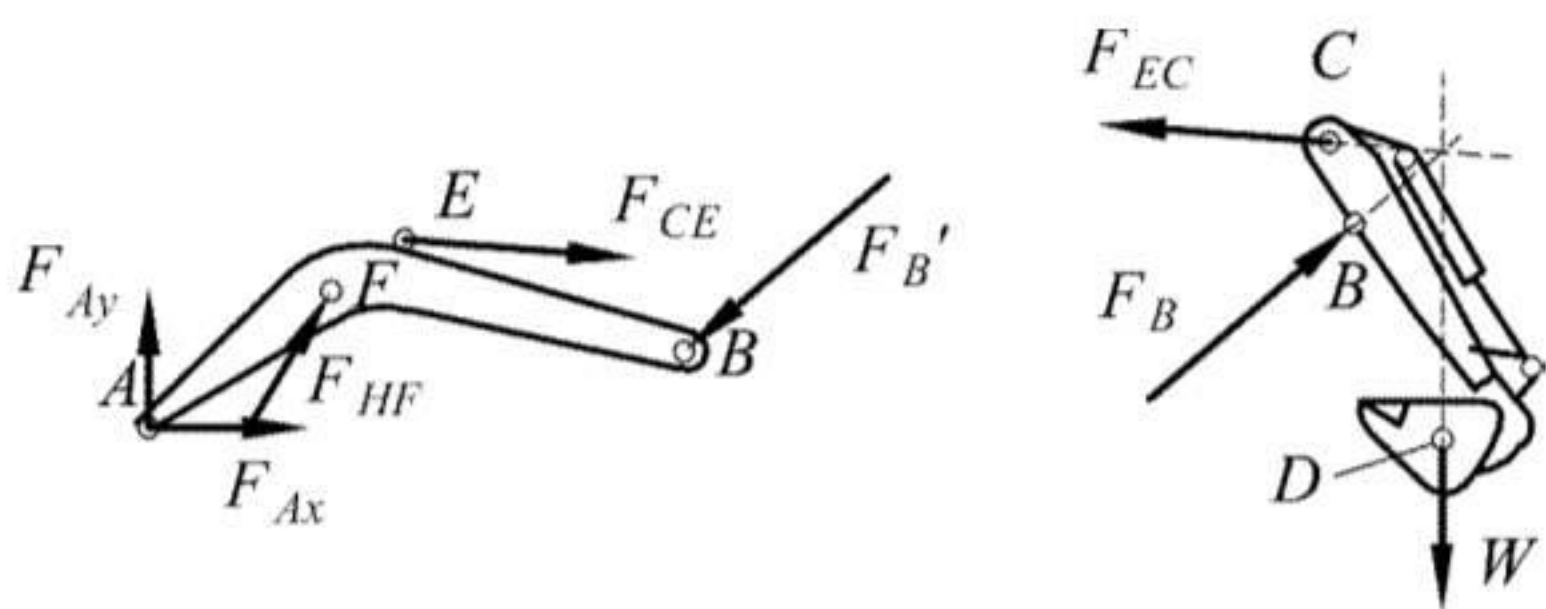
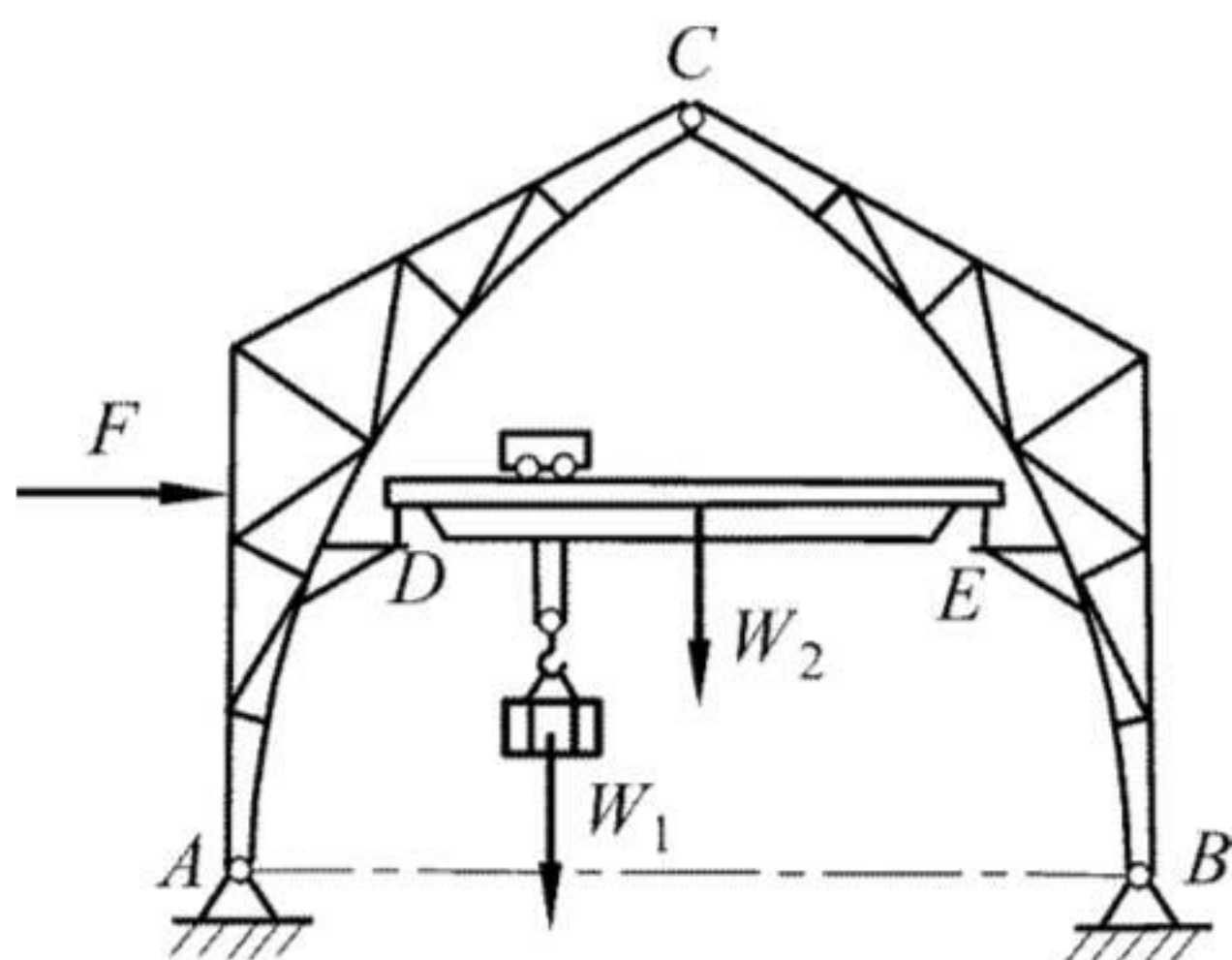


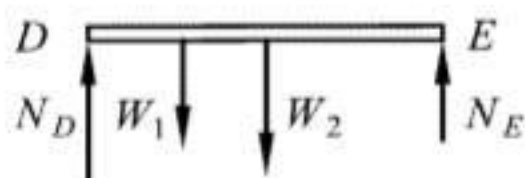
图 1-5-1

习题 1-6. 图示厂房为三铰拱式屋架结构，吊车梁安装在屋架突出部分 D 和 E 上。试分别画出车梁 DE、屋架 AC、屋架 BC 的受力图。

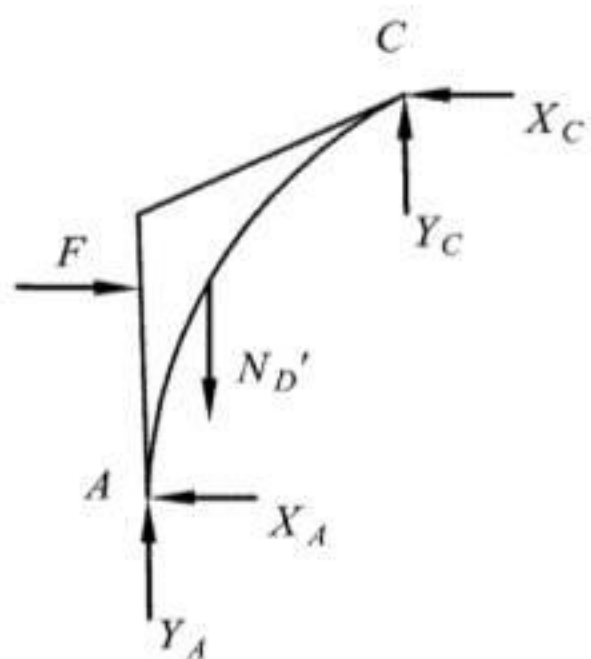


题 1-6 图

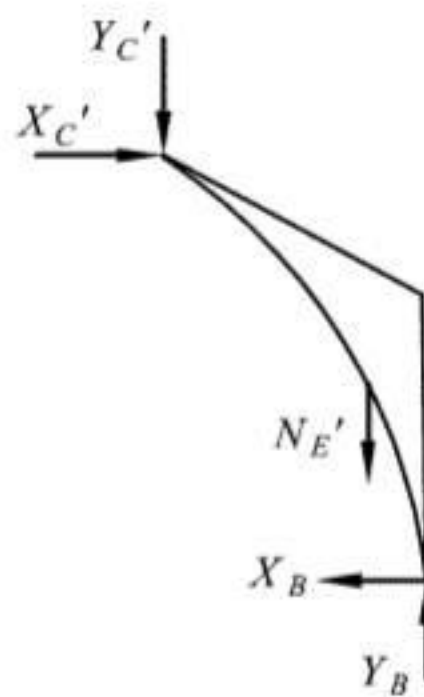
【解题过程】 车梁 DE 受到主动力 W_1 、 W_2 作用。D、E 可以视作光滑接触面约束，受力方向垂直于车梁轴线；AC 受到主动力 F 、D 处重力 W_1 及 A、C 处约束力作用；BC 受到 E 处重力 W_2 及 B、C 两处约束力作用。



(a) 车梁 DE



(b) 屋架 AC



(c) 屋架 BC