传动讲解系列——连杆篇

RoboMaster机械组培训

—— BOF战队·机械组

26赛季新生培训

CONTENT
目录

01 运动副基础

02 自由度精解

03 四杆机构入门

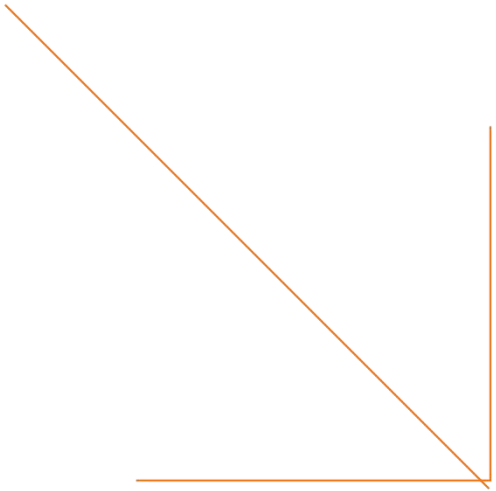
04 铰链四杆机构

05 机构类型判别

CONTENTS

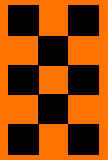
CONTENT
目录

CONTENTS



- 运动链与机器人
- 总结与展望

SECTIONS



运动副基础

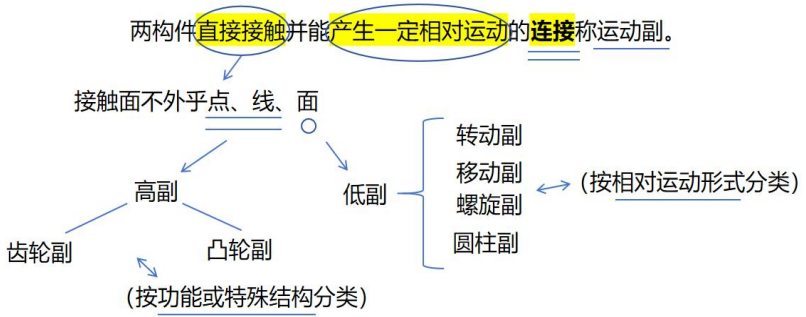
01

SECTIONS





运动副定义与接触形式



01 运动副的定义

运动副是机械工程中的基本概念，它指的是两个构件直接接触，并且能够产生相对运动的连接。这种连接方式是实现机械传动和运动变换的关键。

02 接触形式的分类

运动副的接触形式主要有三种：点接触、线接触和面接触。不同的接触形式决定了运动副的运动特性和承载能力，是运动副分类的重要依据。

按运动形式的高副与低副

高副与低副的区别

运动副按相对运动形式可以分为高副和低副。高副的接触形式为点或线，运动灵活但承载能力相对较低；低副的接触形式为面，承载能力高但运动相对受限。

低副的分类

低副进一步分为转动副、移动副、螺旋副和圆柱副。转动副允许构件绕轴线转动；移动副允许构件沿直线移动；螺旋副结合了转动和移动；圆柱副则允许构件绕轴转动并沿轴移动。

运动副的应用

不同类型的运动副在机械设计中有着广泛的应用。例如，齿轮传动中常见的齿轮副属于高副，而滑块与导轨组成的移动副则属于低副。

SECTIONS

自由度精解

02

SECTIONS

平面运动中的三维自由度

平面运动自由度——

在平面内，一个刚体具有三个自由度：两个平移自由度和一个旋转自由度。这决定了刚体在平面上可以进行任意的平移和旋转运动。

各运动副自由度对照表

01 转动副自由度

转动副允许构件绕一个固定轴线转动，其自由度为1。这种运动副常用于实现连续的旋转运动，如电机与齿轮之间的连接。

02 移动副自由度

移动副允许构件沿一个固定方向直线移动，其自由度同样为1。它在直线运动的机械装置中非常常见，例如滑块在导轨上的运动。

03 圆柱副自由度

圆柱副允许构件绕轴线转动的同时还可以沿轴线移动，因此其自由度为2。这种运动副在机械手臂的关节设计中经常被使用。

04 螺旋副自由度

螺旋副的自由度为1，其特点是构件的转动和移动之间存在固定的比例关系。这种运动副常用于需要精确控制进给量的场合，如车床、3D打印机的丝杠传动。

高副	接触面大	压强小	耐磨损	传递载荷大	自由度为2
低副	接触面小	压强大	易磨损	实现运动复杂	自由度可1或2

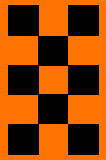
转动副：只绕一轴线相对转动 ——自由度1

移动副：只沿一轴线相对直线移动 ——自由度1

圆柱副：可自由绕轴转动兼沿轴移动 ——自由度2

螺旋副：同时存在饶轴转动与沿轴移动，
且两运动存在定比例关系。 ——自由度1

SECTIONS



四杆机构入门

03

SECTIONS

平面四杆机构构成

根据所含运动副的不同，平面四杆机构可以分为全转动副、单移动副和双移动副。不同的分类决定了机构的运动特性和应用场景。

按所含副分类

平面四杆机构由四构件组成，是最简平面连杆机构。

- 按所含副不同
  - 全转动副 ⟷ 铰链四杆机构
  - 单移动副
  - 双移动副

一定三动：定为机架，直连双连架杆，剩为连杆。

机架与两连架杆分别组成运动副。

构成整转副的连架杆为曲柄，否则摆动副中为摇杆。

- 整转副：两构件能整周相对转动的转动副。
- 摆动副：两构件不能整周相对转动的转动副。

01

四杆机构定义

平面四杆机构是由四个构件通过运动副连接而成的最简单的平面连杆机构。它在机械设计中具有广泛的应用，是研究连杆传动的基础。

02

四杆机构的重要性

四杆机构因其结构简单、运动可靠而被广泛应用于各种机械装置中。它能够实现多种复杂的运动转换，是机械传动领域的重要组成部分。

03

铰链四杆机构

04

铰链四杆机构

① 机构有整转副的条件是——

l_1（最短杆长）+l_2（最长杆长）≤l_3+l_4（其余杆长）.

② 整转副要由最短边与其邻杆组成。

铰链四杆结构要素

01
铰链四杆机构的构件

铰链四杆机构由机架、两个连架杆和一个连杆组成。机架是固定的，连杆是连接两个连架杆的构件，这种结构保证了机构的稳定性和运动的连续性。

02
整转副与摆动副

在铰链四杆机构中，能够实现整周相对转动的转动副称为整转副，而不能整周相对转动的转动副称为摆动副。整转副和摆动副的存在决定了机构的运动形式。

03
整转副存在的条件

整转副存在的条件是：最短杆与最长杆的长度之和小于或等于其余两杆长度之和，并且整转副必须由最短杆与其邻杆组成。这一条件是判断机构类型的关键。

04
整转副的意义

整转副的存在使得机构能够实现连续的旋转运动，这对于需要连续输出动力的机械装置来说至关重要。例如，在发动机的曲柄连杆机构中，整转副保证了活塞的往复运动能够转化为曲轴的连续旋转。

SECTIONS

机构类型判别

05

SECTIONS

双曲柄机构的判定

双曲柄机构的判定条件是机架为最短杆，且满足整转副存在的条件。这种机构的特点是两个连架杆都可以实现整周的旋转运动。

双曲柄机构的应用

双曲柄机构因其能够实现连续的旋转输出，在机械设计中常用于需要连续运动的场合，如搅拌机、输送带等设备的动力传递。

双曲柄机构：　机架——最短杆　整转副2
曲柄摇杆机构：　机架——最短邻杆　整转副1
双摇杆机构：　机架——最短对杆　整转副0

当未满足①时，整转副为0，亦为双摇杆机构。

双曲柄机构特征

曲柄摇杆与双摇杆

曲柄摇杆机构

曲柄摇杆机构的机架为最短杆的邻杆，且满足整转副存在的条件。这种机构的特点是一个连架杆可以实现整周旋转，另一个连架杆则进行往复摆动。

双摇杆机构

双摇杆机构的机架为最短杆的对杆，或者不满足整转副存在的条件。在这种机构中，两个连架杆都只能进行往复摆动，无法实现整周旋转。

机构类型的工程意义

不同的机构类型决定了机械装置的运动形式和应用场景。曲柄摇杆机构常用于将旋转运动转换为往复摆动，如汽车的转向机构；双摇杆机构则用于实现复杂的摆动运动，如机器人的腿部关节。

运动链与机器人

06

运动链与其他易混淆常见概念对比

连接性

开链：末端构件自由，未形成闭环。

闭链：形成了一个或多个闭环。

运动副强调连接，运动链强调系统。

运动链的定义

运动链是指两个或两个以上的构件通过运动副彼此相连的系统。
运动链是抽象的结构概念，主要描述构件 如何通过运动副连接和如何相对运动，忽略具体组成，即哪个构件是机架，哪个构件是驱动件，所有构件均为浮动。

机构的定义

机构是运动链的具体应用，当运动链中的一个构件被固定为机架（参考系），并指定一个或多个构件作为输入构件（外部驱动），那这一系列称作机构（即运动链+确定的参考系+输入的外部驱动）。

开链闭链与机器人形态

01

开链与串联机器人

开链运动链的末端构件是自由的，没有形成闭环。这种结构对应于串联机器人，其特点是运动链单一，末端执行器的运动范围较大。

02

闭链与并联机器人

闭链运动链形成了一个或多个闭环。这种结构对应于并联机器人，其特点是运动链之间相互约束，具有较高的刚度和精度。

03

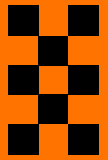
机器人结构的选择

在机器人设计中，选择串联还是并联结构取决于任务需求。串联机器人适用于需要大范围运动的场合，而并联机器人则更适合需要高精度和高刚度的应用。

运动链数量有且仅有一条、且为开链的，称为串联机器人；

运动链数量至少有两条、且能连接在一起
与固定基座形成闭环的，称为并联机器人。

SECTIONS



总结与展望

07



SECTIONS



连杆传动核心回顾

01 运动副的基础作用

运动副是实现构件间相对运动的基础，不同的运动副类型决定了机械系统的运动特性和应用场景。

02 四杆机构的核心地位

四杆机构作为连杆传动的典型结构，其设计和分类对于实现特定运动转换至关重要。

03 运动链与机构的关系

运动链是机构的抽象形式，而机构是运动链在特定机架和驱动条件下的具体应用。

04 开链与闭链的机器人结构

开链与闭链的连接性决定了机器人的串联或并联结构，进而影响其运动范围和精度。

THANK YOU

感谢观看

2025.09.02

23自动化李彦博