

第二章 机电一体化系统总体设计





2.3 设计过程示例

a. 市场调研

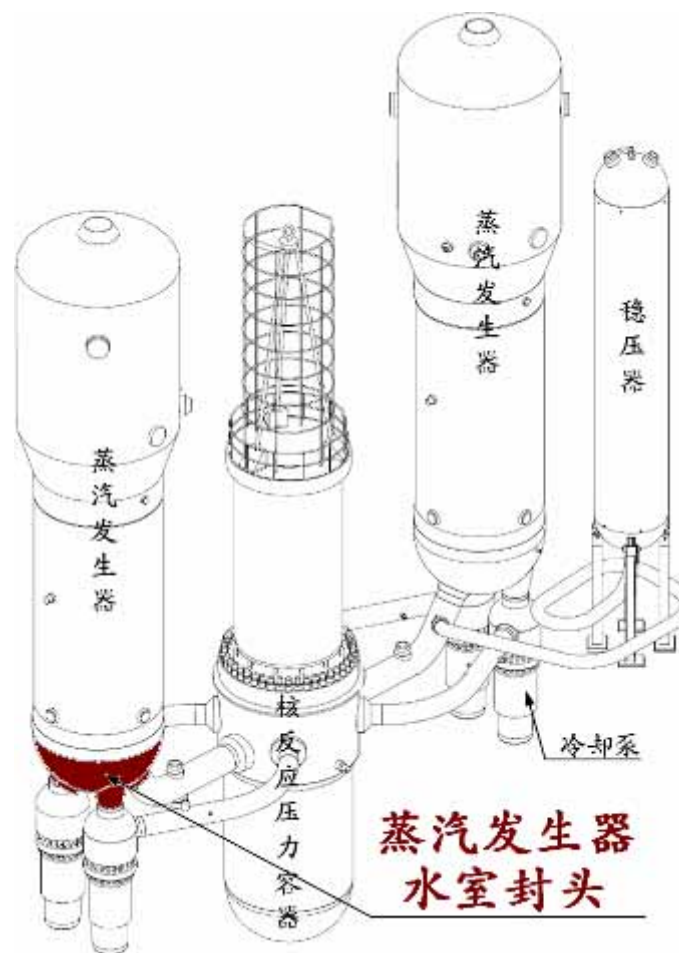
1. 消费者的潜在需要
2. 用户对现有产品的反映
3. 产品市场寿命周期产生的阶段要求
4. 竞争对手的技术挑战
5. 技术发展的推动
6. 社会的需要





◆ 实例：蒸汽发生器水室封头

- AP1000的主环路系统由核反应压力容器，蒸汽发生器、稳压器和各种管道组成。
- 蒸汽发生器水室封头是蒸汽发生器的关键部件，是蒸汽发生器与核反应压力容器等其他部件的接口。



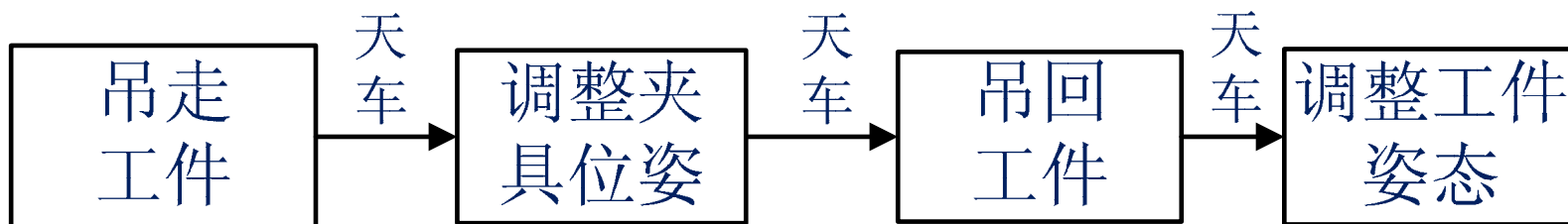


- 蒸汽发生器水室封头采用整体锻造结构，其毛坯重量约200吨，成品重量43.5吨，直径4.3米。
- 加工重型零件最困难的是处理不同工序间工件的移动和再定位。





➤ 使用传统的定位装置，工序如图所示：



➤ 蒸汽发生器水室封头工件和夹具总质量为几十吨甚至上百吨，使用天车和简陋的传统装夹定位装置，工件变位和定位非常困难，精度很难保证。在精加工阶段必须配备高档重载自动变位机。





焊接用变位器

➤ 焊接用自动变位器主要用于产品的堆焊，目前在工厂中使用的绝大多数都是焊接用变位器。焊接变位器结构简单、体积庞大、对精度和定位刚度的要求较低。目前国内基本可以生产各种吨位和尺寸的焊接用自动变位器。



159 t座式焊接变位机
唐山开元装备公司



80 t双立柱升降式焊接变位机
无锡阳通机械设备有限公司





P-N5 250t座式焊接变位机
德国诺威尔重型机器制造有限公司



HB-60t型焊接变位机
成都焊研威达自动焊接设备有限公司





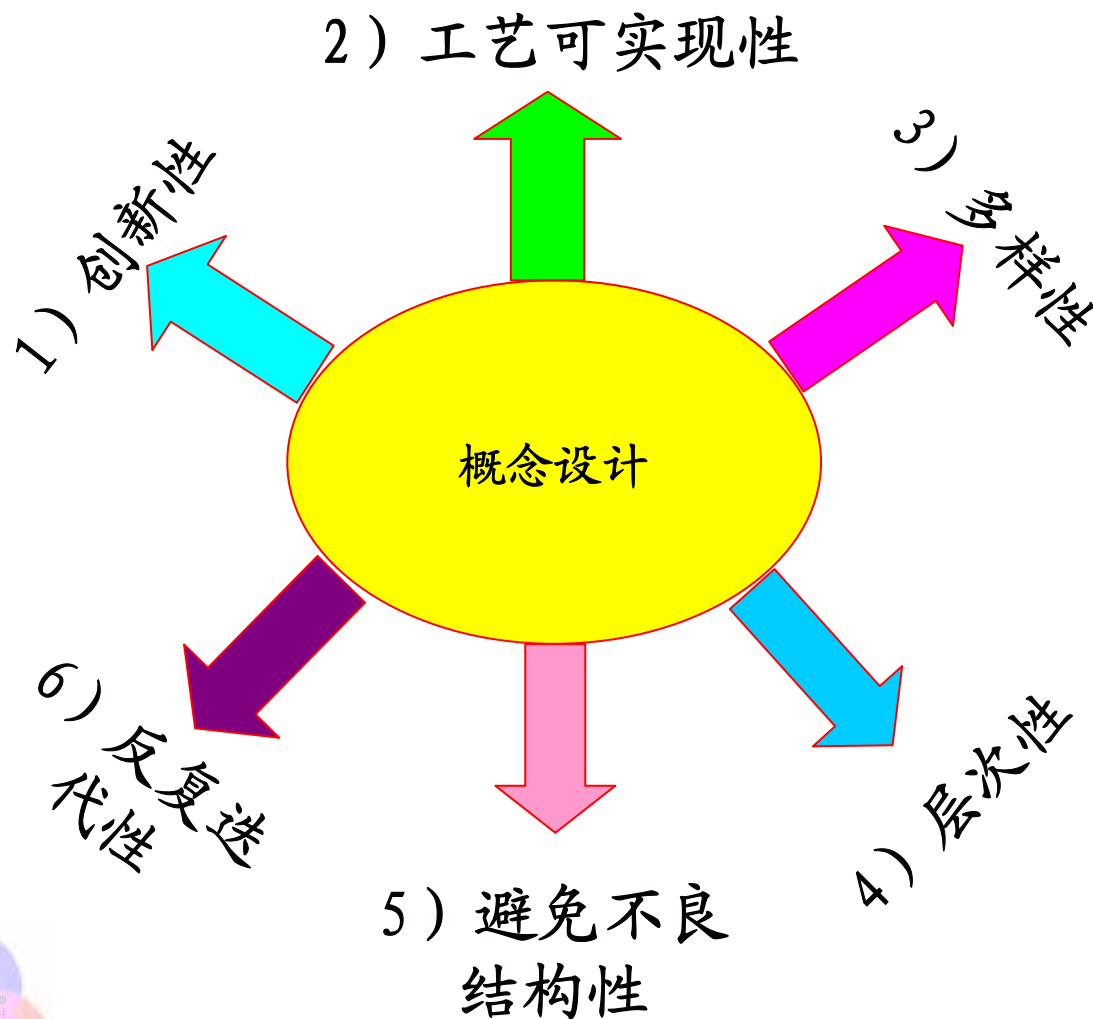
两自由度变位机
意大利Innse-Berardi公司

加氢反应器的两自由度变位机
法国Framatome公司





b.概念设计



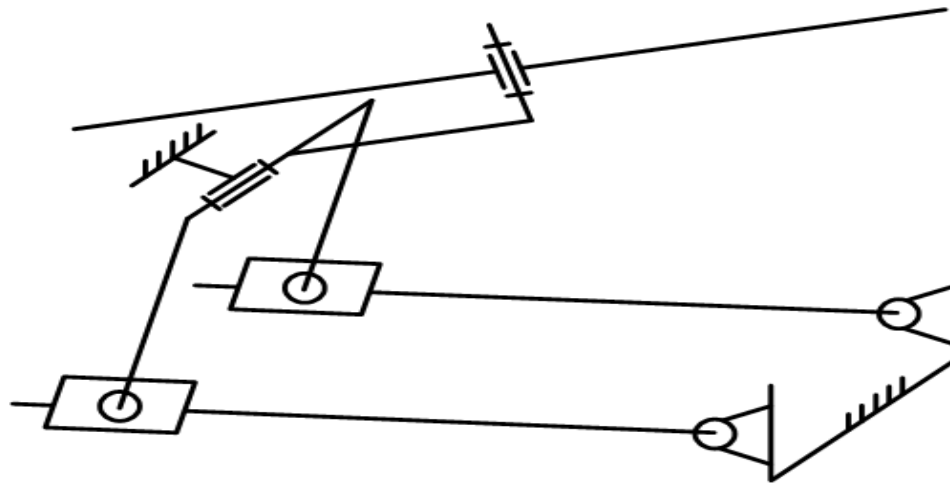
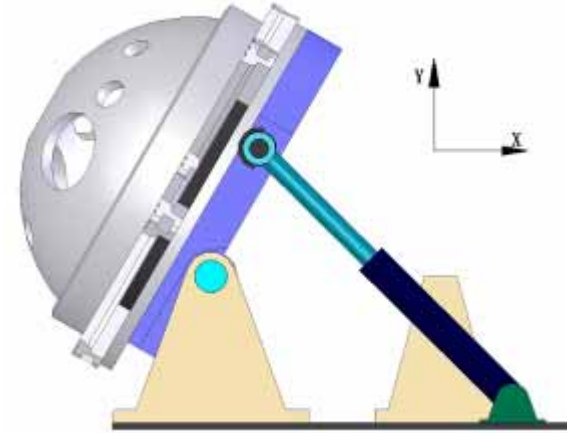
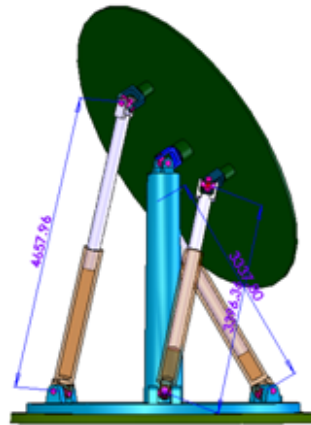
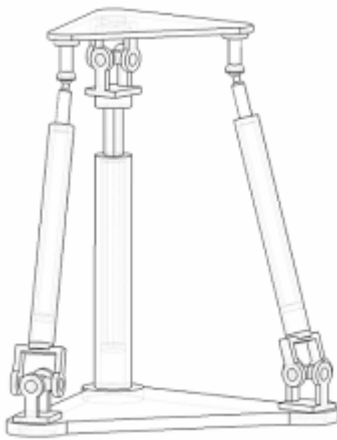
概念设计：通过构思确定设计任务和用简图形式表达的设计问题的一个求解轮廓。

如功能方案的空间结构关系，大致的成本、重量、尺寸以及可行性等设想。





◆实例1：变位机翻转机构的优化创新设计





c. 编制设计任务书

- 1) 产品名称
- 2) 产品用途
- 3) 主要技术规格
- 4) 技术性能指标
- 5) 其它





◆实例：核岛蒸汽发生器水室封头用高档重载自动变位机

变位机主要技术参数

- 工作台有效直径： $\Phi 5000\text{mm}$ 。（安装夹钳后直径达6米）
- 夹持工件最大直径： $\Phi 4500\text{mm}$ 。
- 工作台承载能力：**50吨**。
- 工件加工时的最大切削力 $\approx 3500\text{ Kg}$ 。
- 工作平台翻转角度范围： $0 \sim 70^\circ$ 。
- 工作台水平时最大高度：**3000mm**左右。
- 机床工作时主轴的最大高度：**3500mm**。





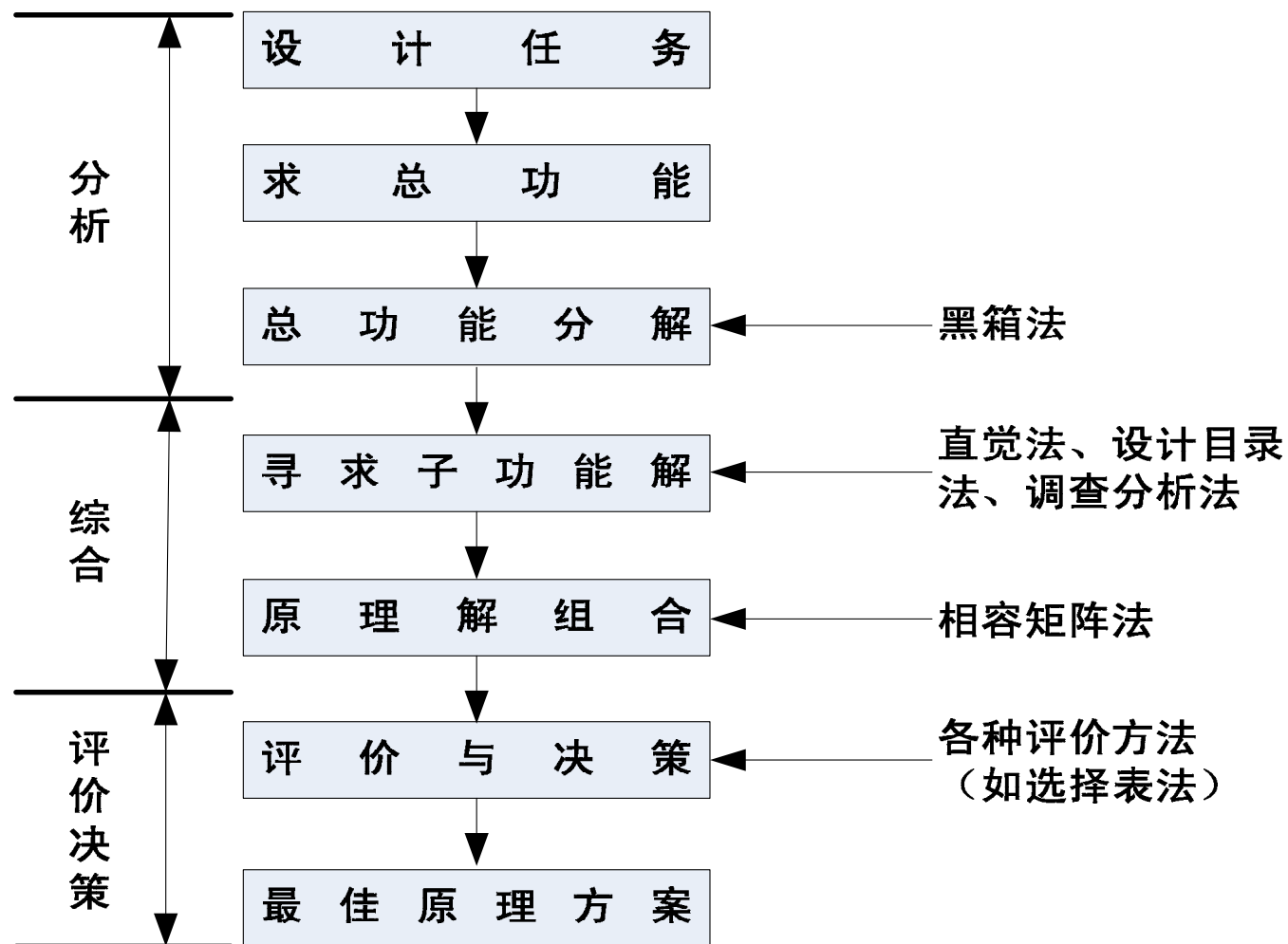
d. 功能原理方案设计

根据设计任务书提出的参数和要求，提出实现这些要求的技术方案——原理性的构思，并未涉及到具体结构尺寸的设计计算。

包括：

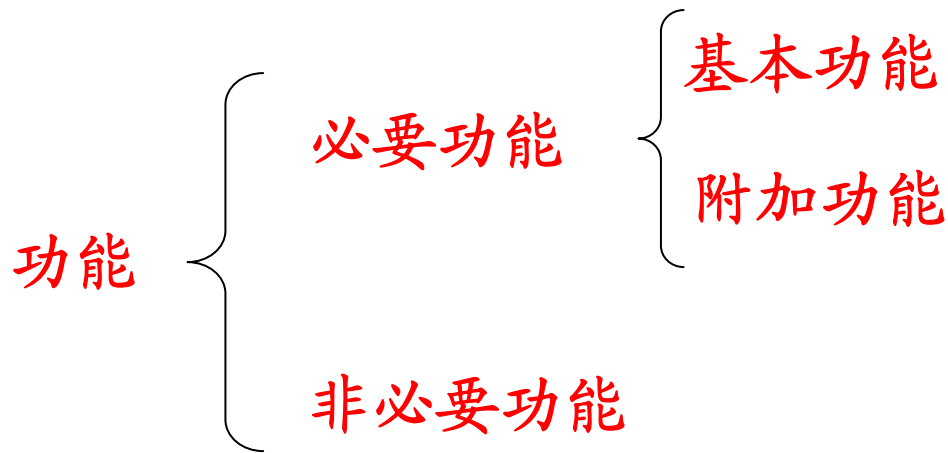
- (1) 功能模块的划分；
- (2) 功能模块的求解；
- (3) 功能模块的组合；
- (4) 方案筛选。







1、功能分解



基本功能：必须保证的功能，在设计中不能改变。

附加功能：可随技术条件的或结构形式的改变而取舍或改变。

非必要的功能：设计者主观加上去的，可有可无。



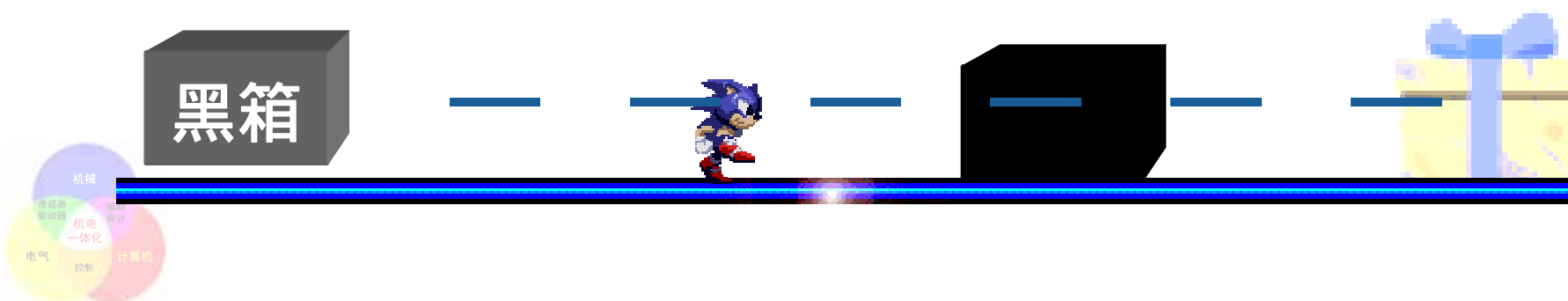


2、寻找功能元——黑箱法或功能树法

黑箱法（Block Box）特点

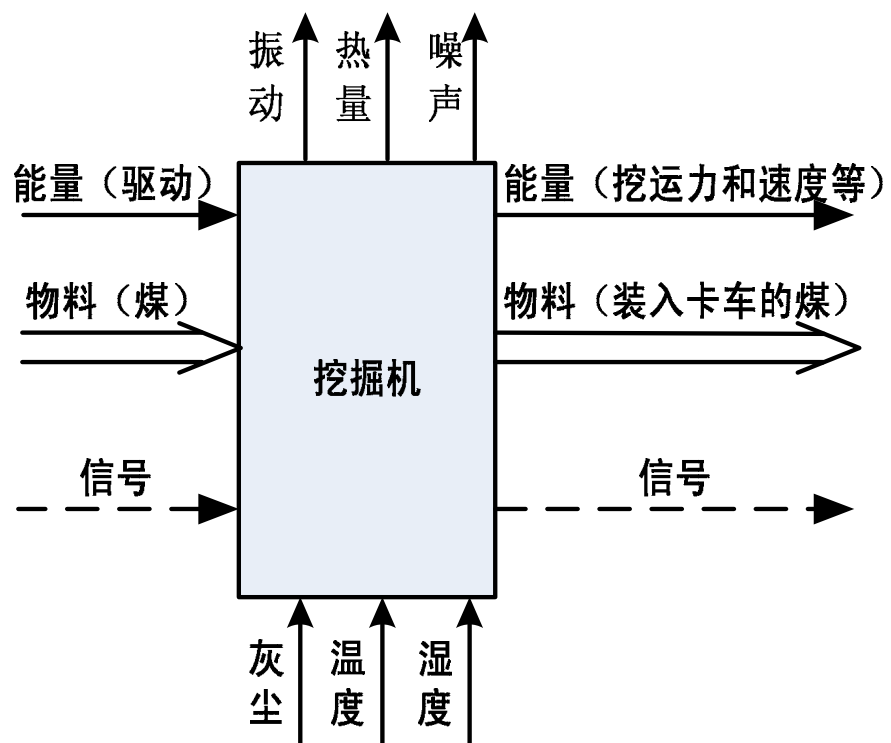
通过“黑箱”与输入、输出量及周围环境的信息联系，了解系统(产品)的功能、特性，进一步探索出系统的机理和结构，逐步使“黑箱”透亮，直至方案拟定。

它摆脱了具体设计对象，而按系统(产品)的功能和对三大流进行定性描述来进行思考，使问题简化，以利于启发设计人员构思出更新、更好的功能原理方案来。



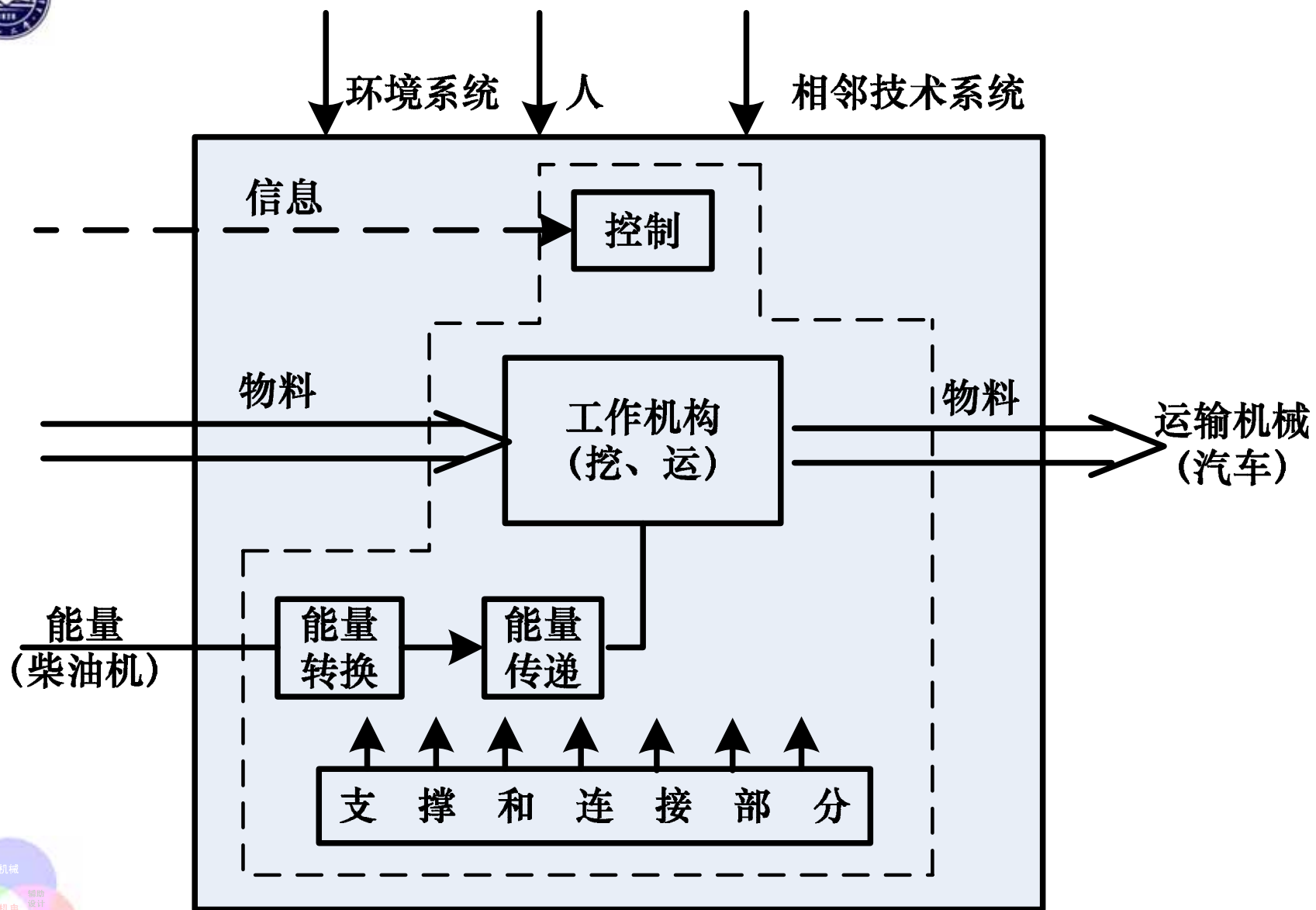


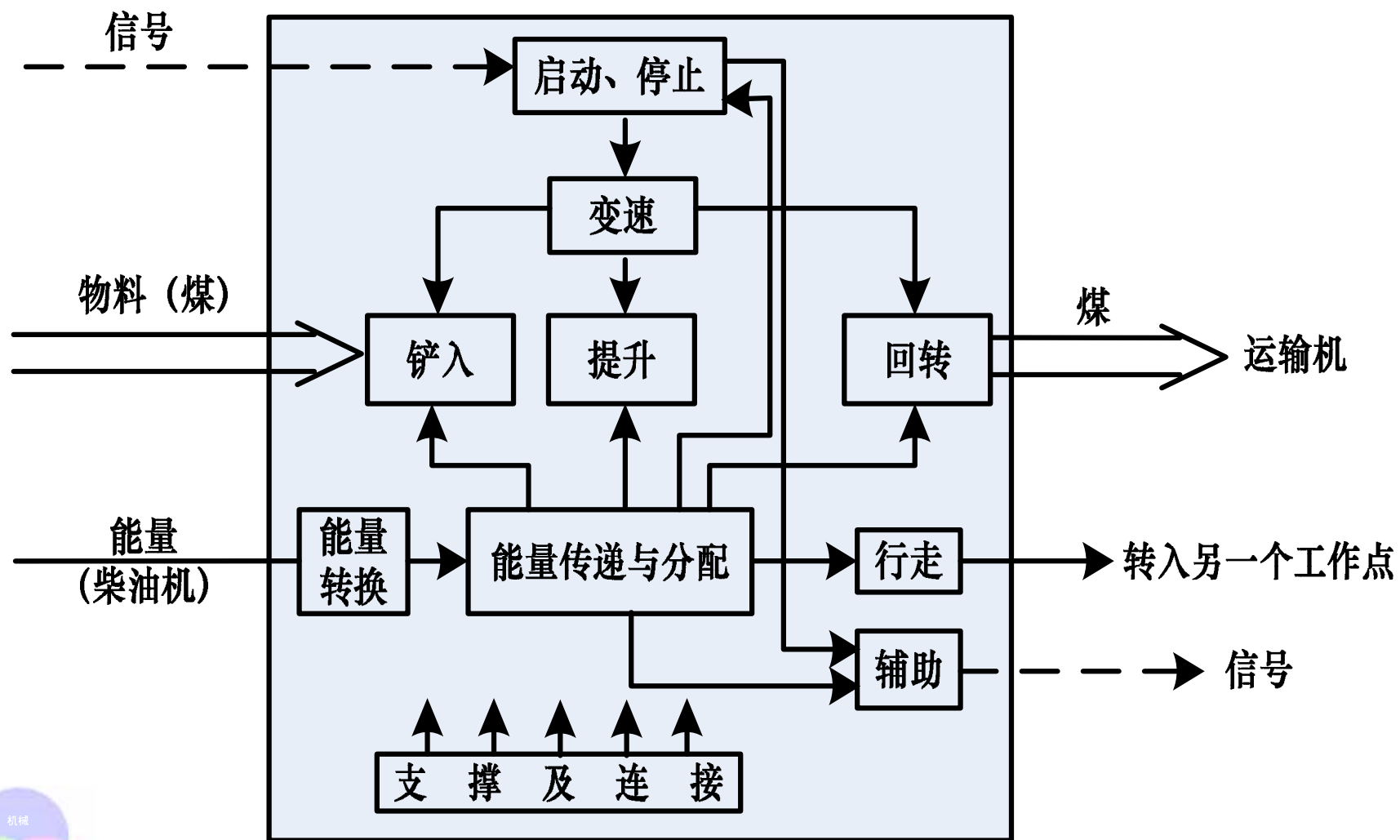
◆ 实例：用黑箱法进行露天矿开采挖掘机的方案设计



挖掘机“黑箱”示意图

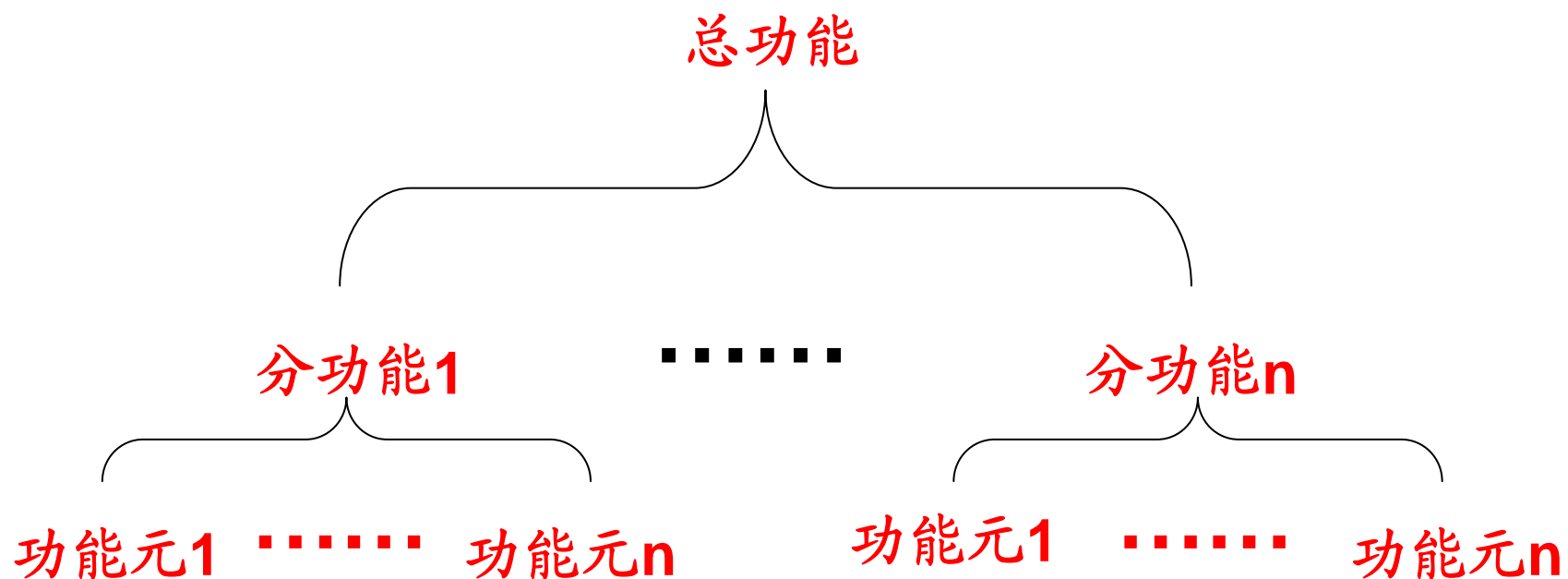








◆实例：用功能树法进行露天矿开采挖掘机的方案设计





总功能

(挖煤、运煤)

驱动功能

执行功能

行走功能

控制功能

辅助功能 支承和联接

能量转换

能量传递与分配

铲入

提升

回转

(整台机器的移动)

启动、停止(制动)

变速

仪表显示

照明

其他





3、功能元组合——相容矩阵法

方案序号 技术物理解		1	2	3	4
		分功能			
A	推 压	齿 条	钢丝绳	油 缸	
B	铲 斗	正铲斗	反铲斗	抓 斗	
C	提 升	油 缸	绳 索		
D	回 转	内齿轮传动	外齿轮传动	液 轮	
E	能量转换	柴油机			
F	能量传递与分配	齿轮箱	油 泵	链传动	皮带传动
G	制 动	带式制动	闸瓦制动	片式制动	圆锥形传动
H	变 速	液压式	齿轮式	液压-齿轮	
I	行 走	履 带	轮 胎	迈步式	轨道-车轮

组合方案数=3 × 3 × 2 × 3 × 1 × 4 × 4 × 3 × 4=10368

若方案为：(A1+B1+C2+D2+E1+F1+G2+H2+I1) → 履带式正铲机械挖掘机

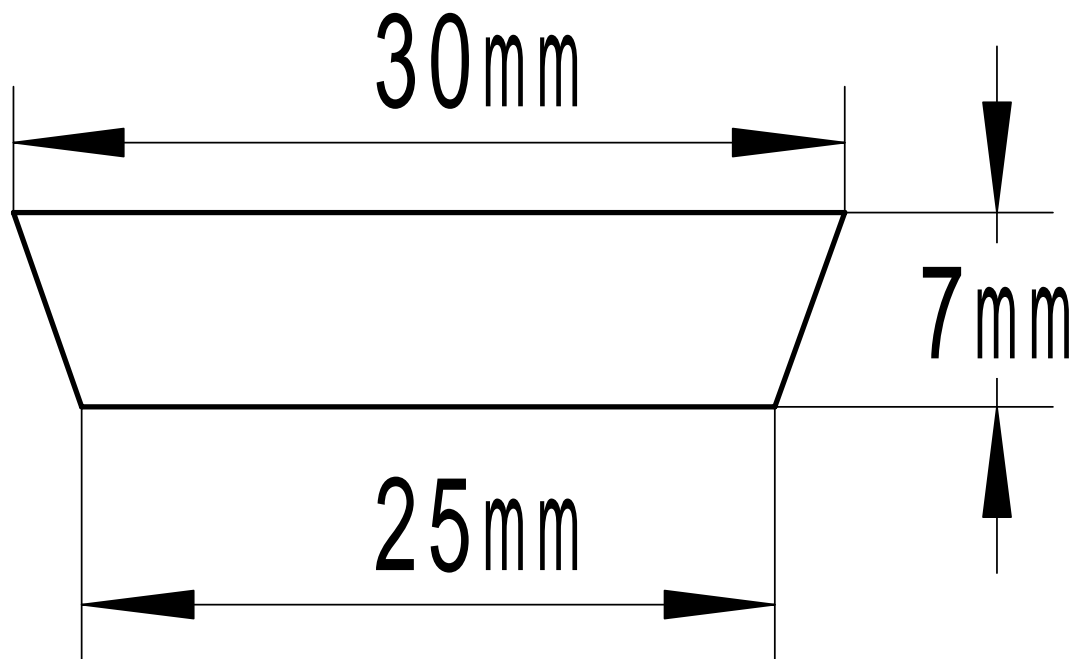
若方案为：(A3+B1+C1+D2+E1+F2+G3+H1+I2) → 轮胎式正铲液压挖掘机





e、方案设计评估与优化——选择表法

◆实例：瓶盖整列装置设计





瓶盖整列装置的功能要求

功能	1、不规则瓶盖整列为口朝上逐个输出	基本要求
	2、整列速度100个/分钟	必达要求
	3、整列误差小于1/1000	必答要求
加工	4、小批生产，中小型厂加工	基本要求
成本	5、成本不高于2000元/台	附加要求
	6、结构简单	附加要求
使用	7、操作方便	附加要求

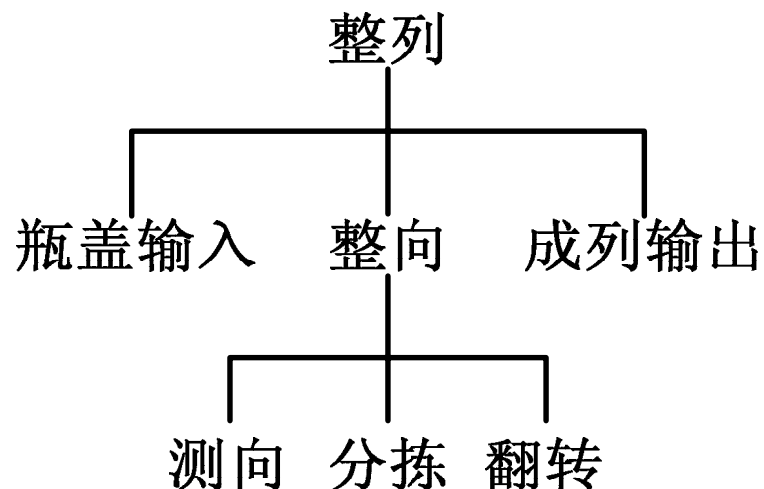




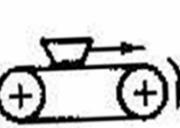

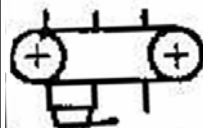
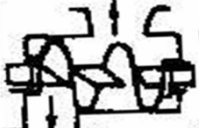

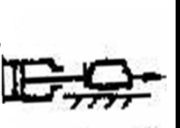

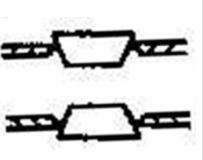
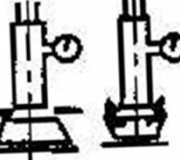













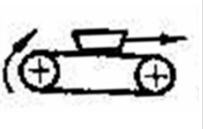


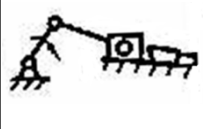




总功能：瓶盖整列，其黑箱模型如下图所示。



总功能分解：总共能与分功能之间的结构系统如下：



目标特征 目标 标记		局部解							
		1	2	3	4	5	6	7	8
功能元	A 输入								
		重力		机械力					液、气力
	B 测向								
		机械测量		气压	磁通密度	光测	气流		
	C 分拣								
气流		负压	重力	机械式					
D 翻转									
	重力	气流	导向						
E 输出									
	重力	机械力					液、气力		





实例：水室封头用重载自动变位机主翻转机构的方案设计



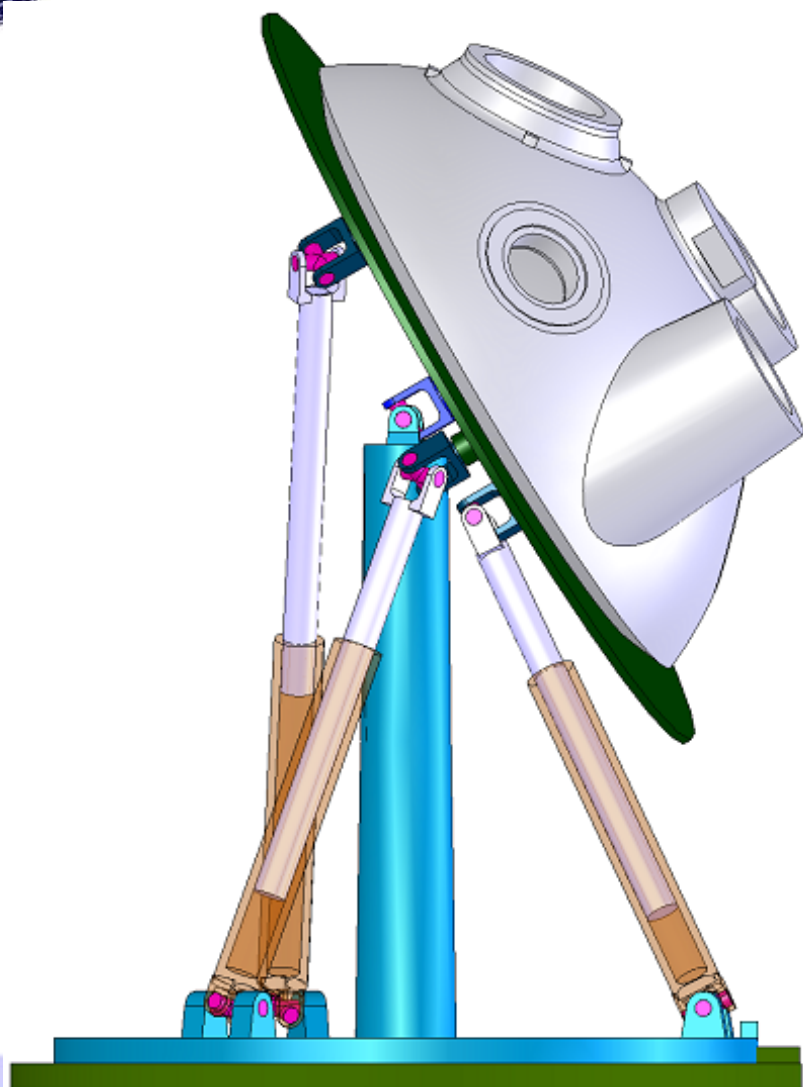


图1.1 球面并联机构

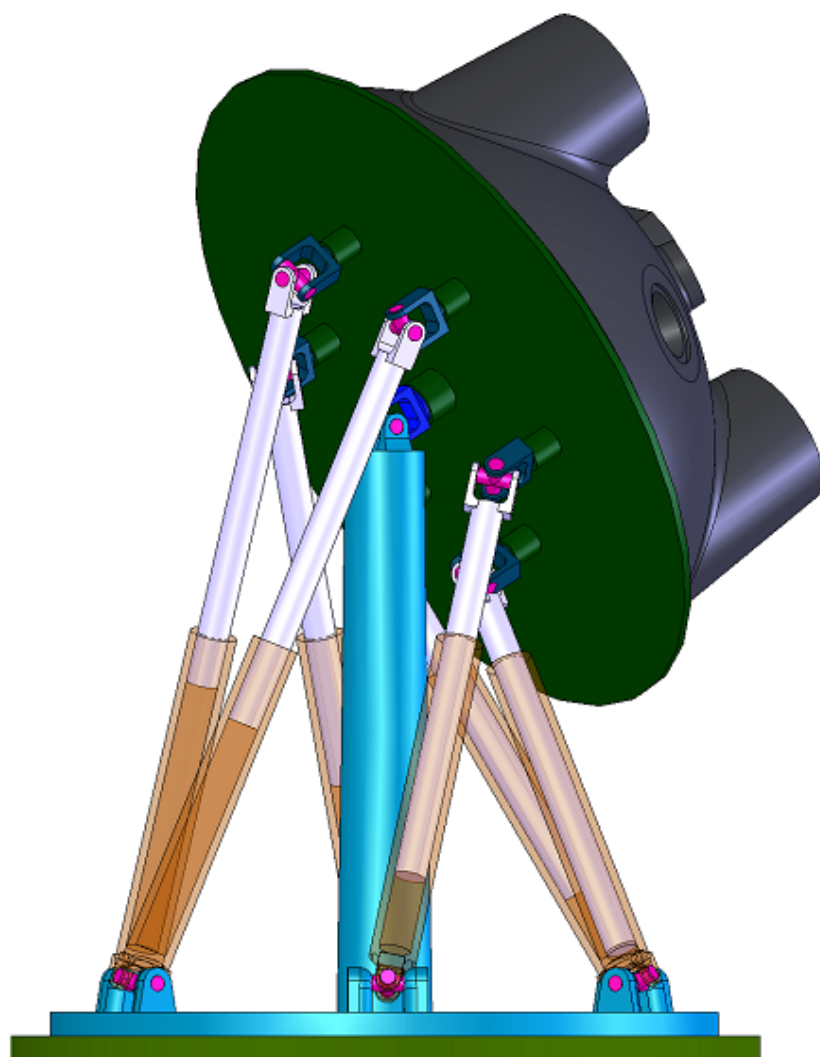
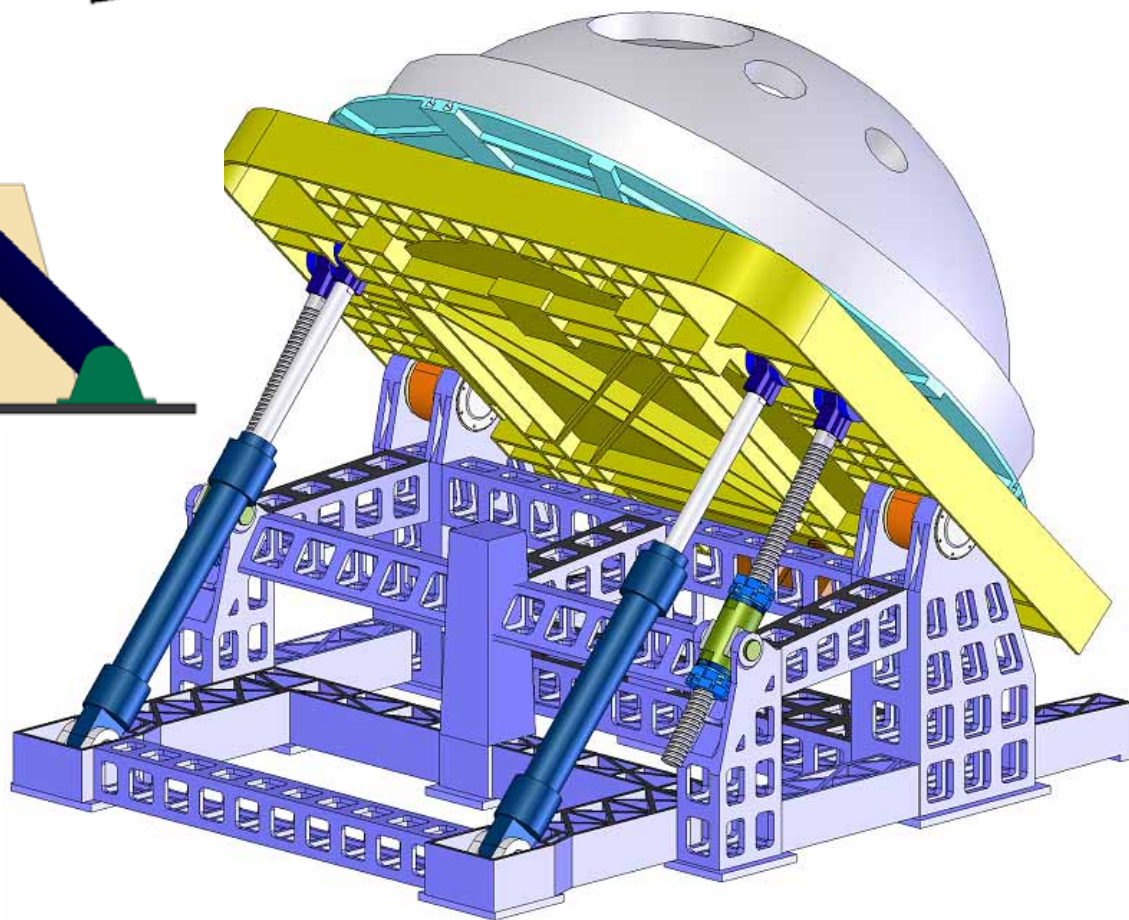
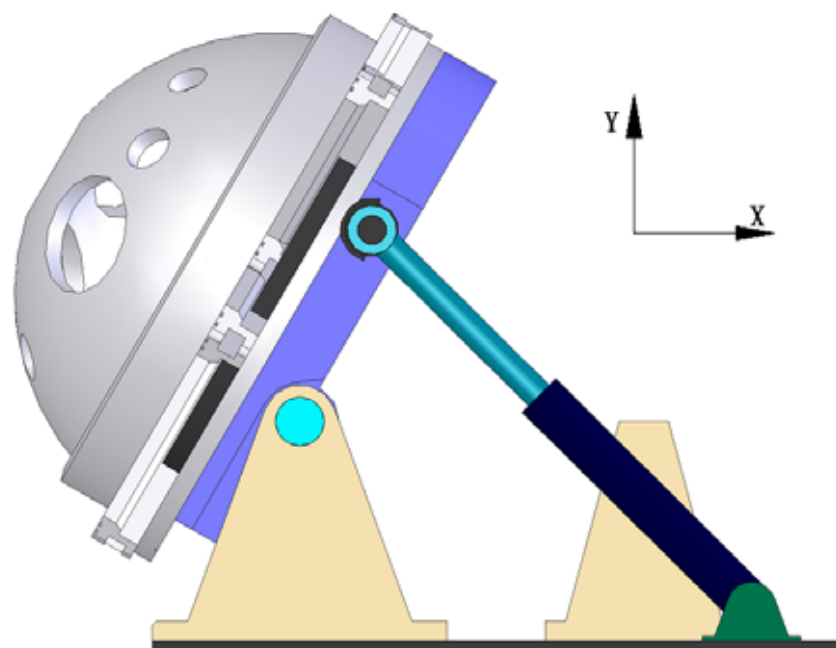


图1.2 改进型球面并联机构





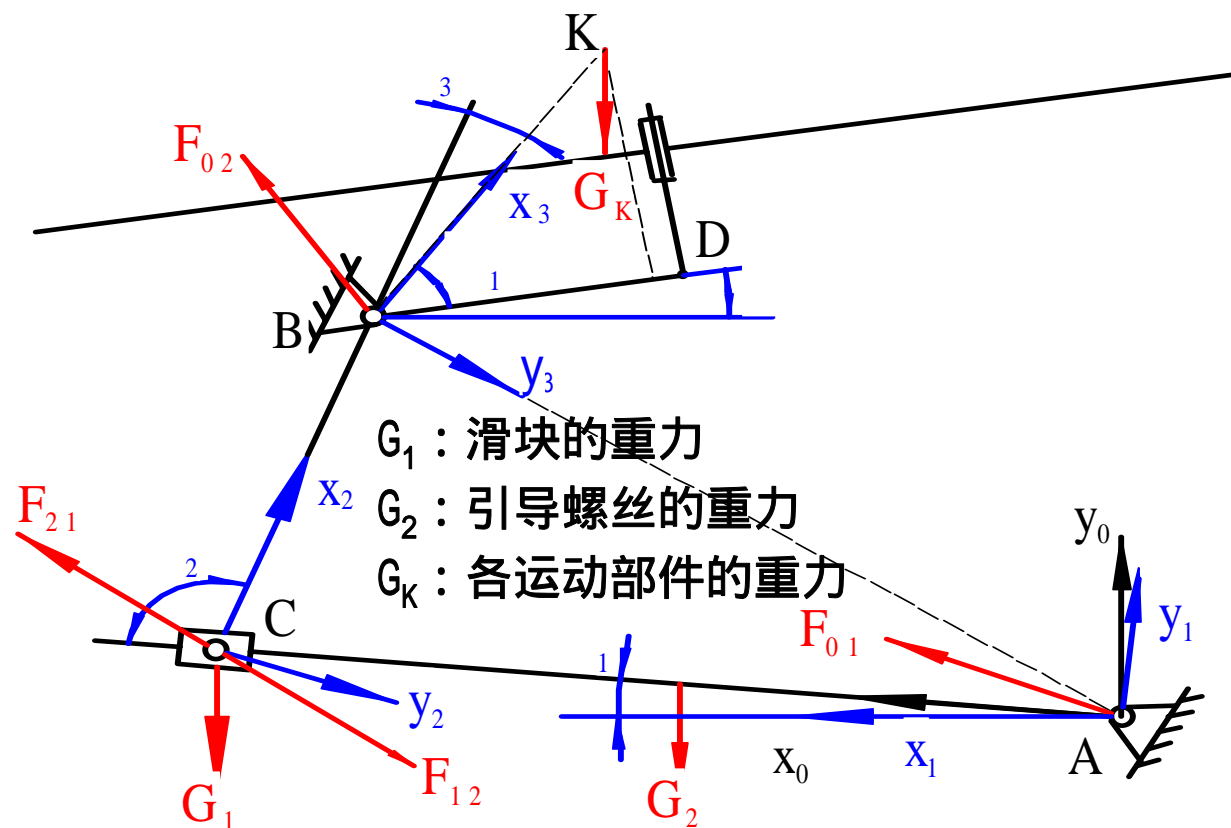
曲柄滑杆机构方案





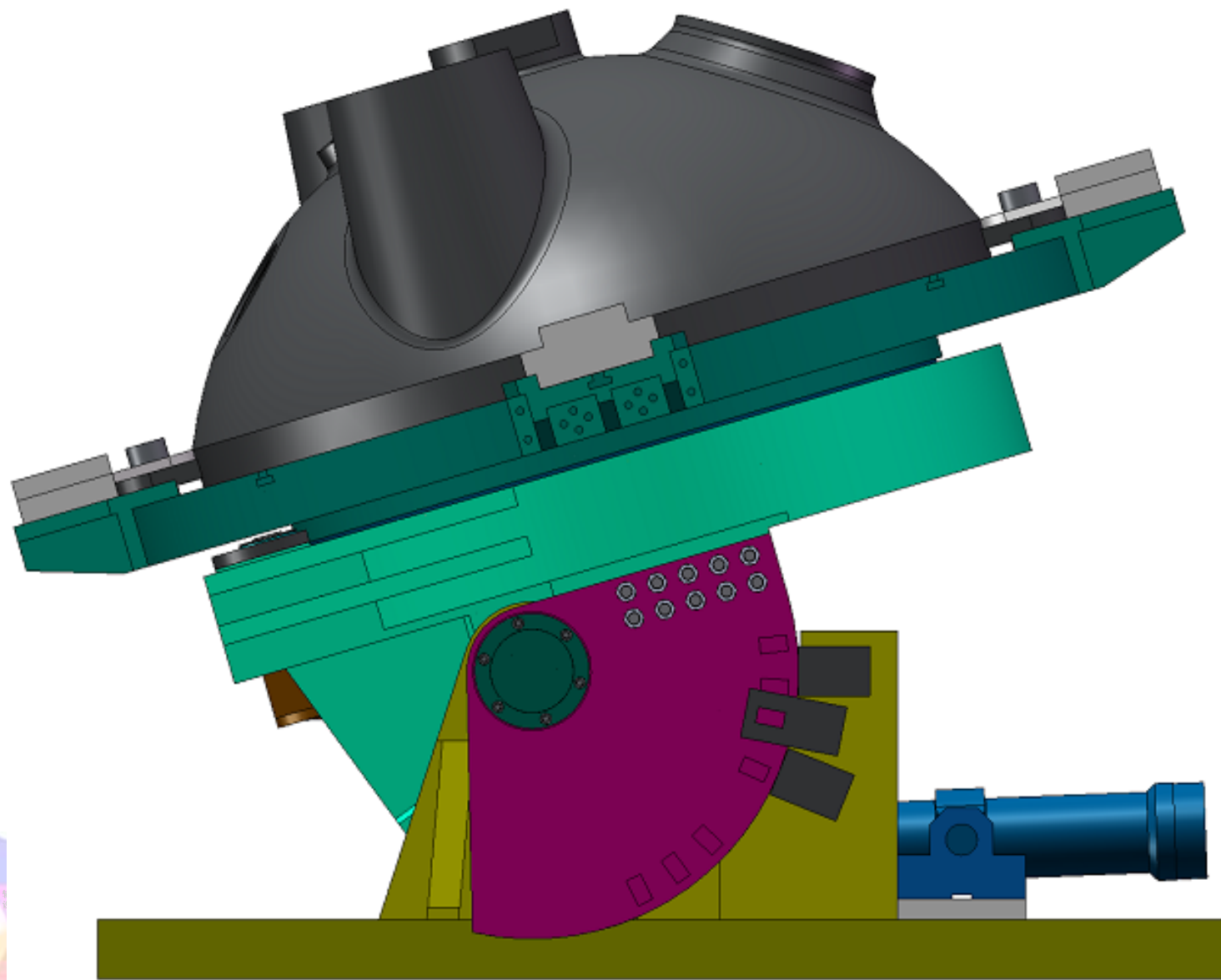
曲柄摇块机构方案

以翻转角度工作空间和驱动力性能为指标，以变位机高度尺寸、机床主轴最大加工高度为约束条件，考虑各种实际工况，设计出冗余同步驱动**2-RPRR**并联翻转变位机构。



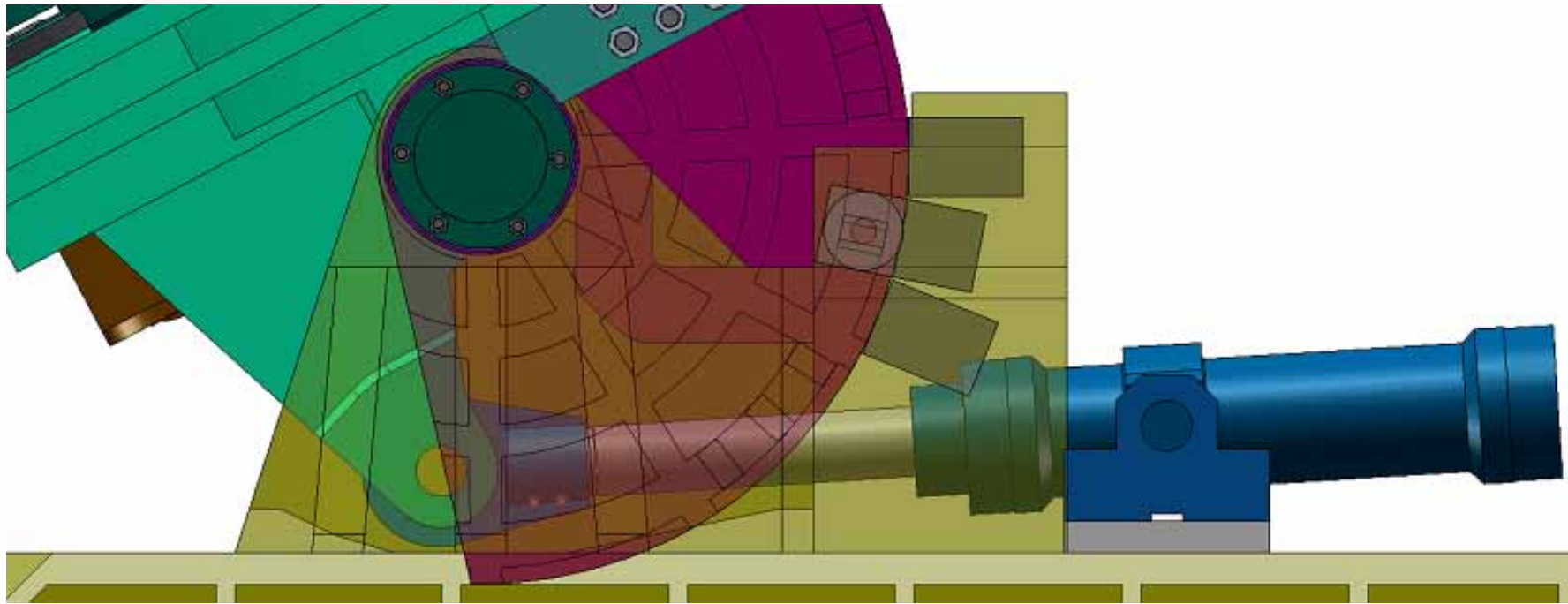


液压缸驱动曲柄摇块机构方案



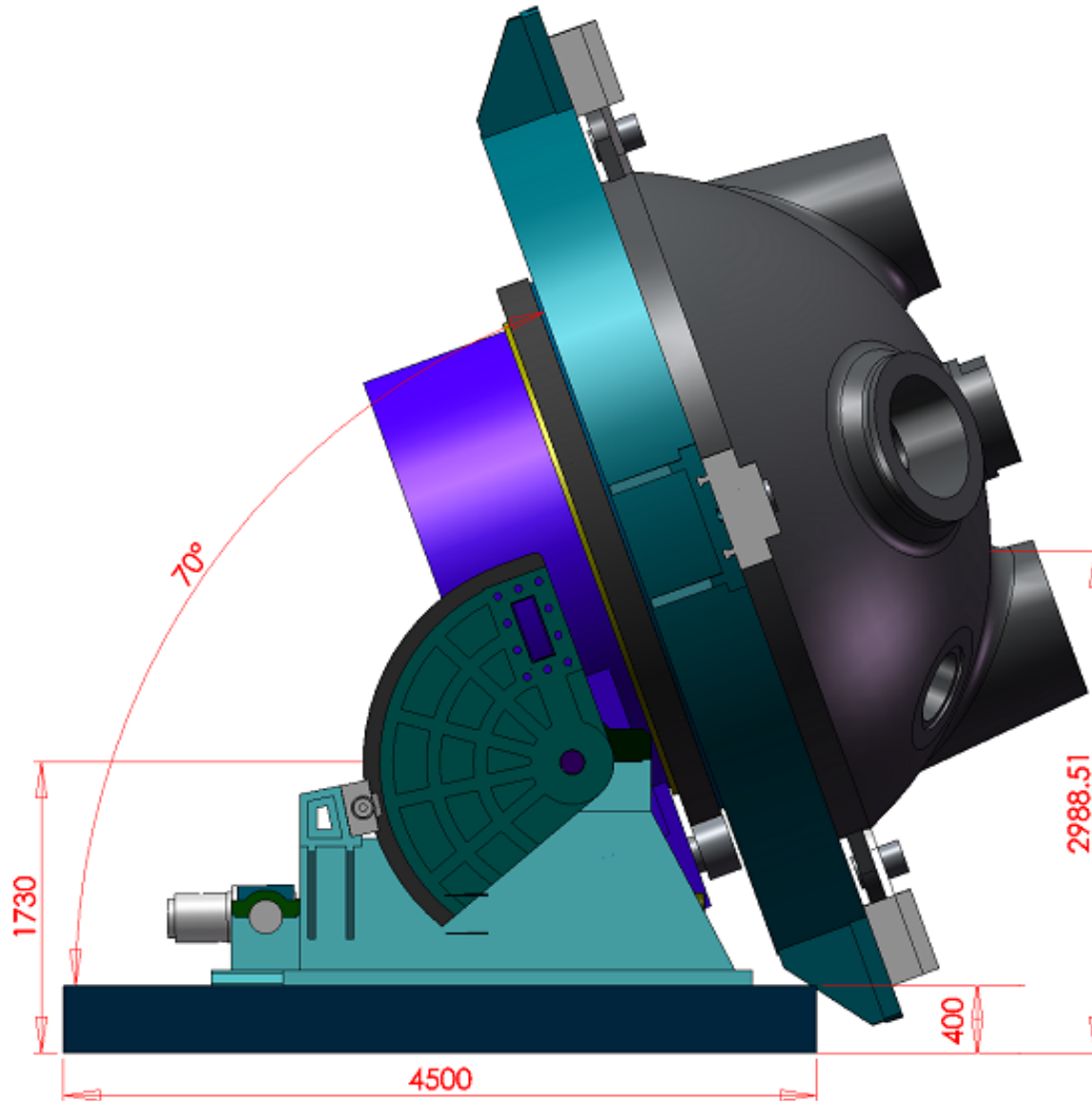


液压缸驱动曲柄摇块机构方案



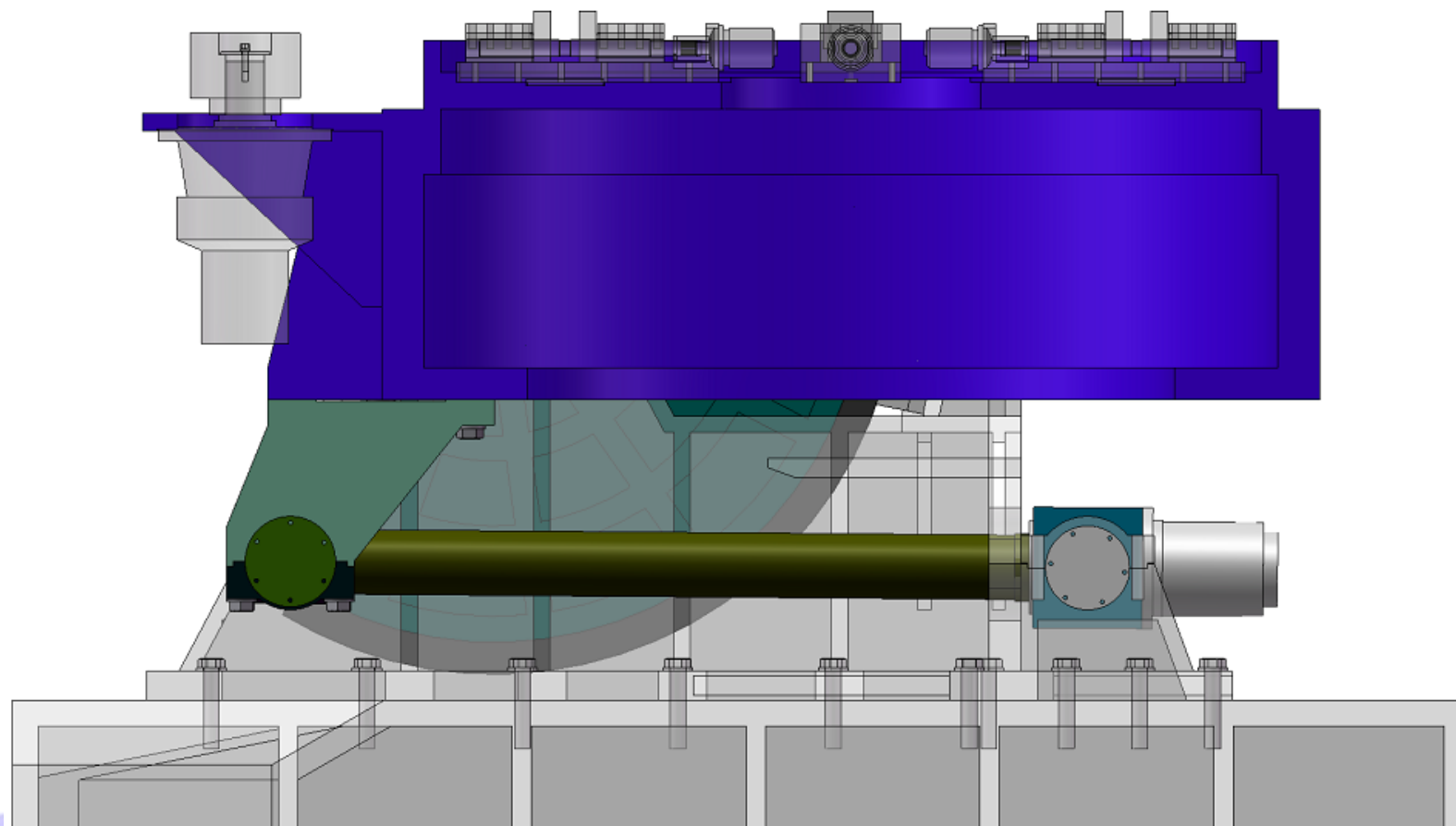


滑动丝杠驱动曲柄摇块机构方案



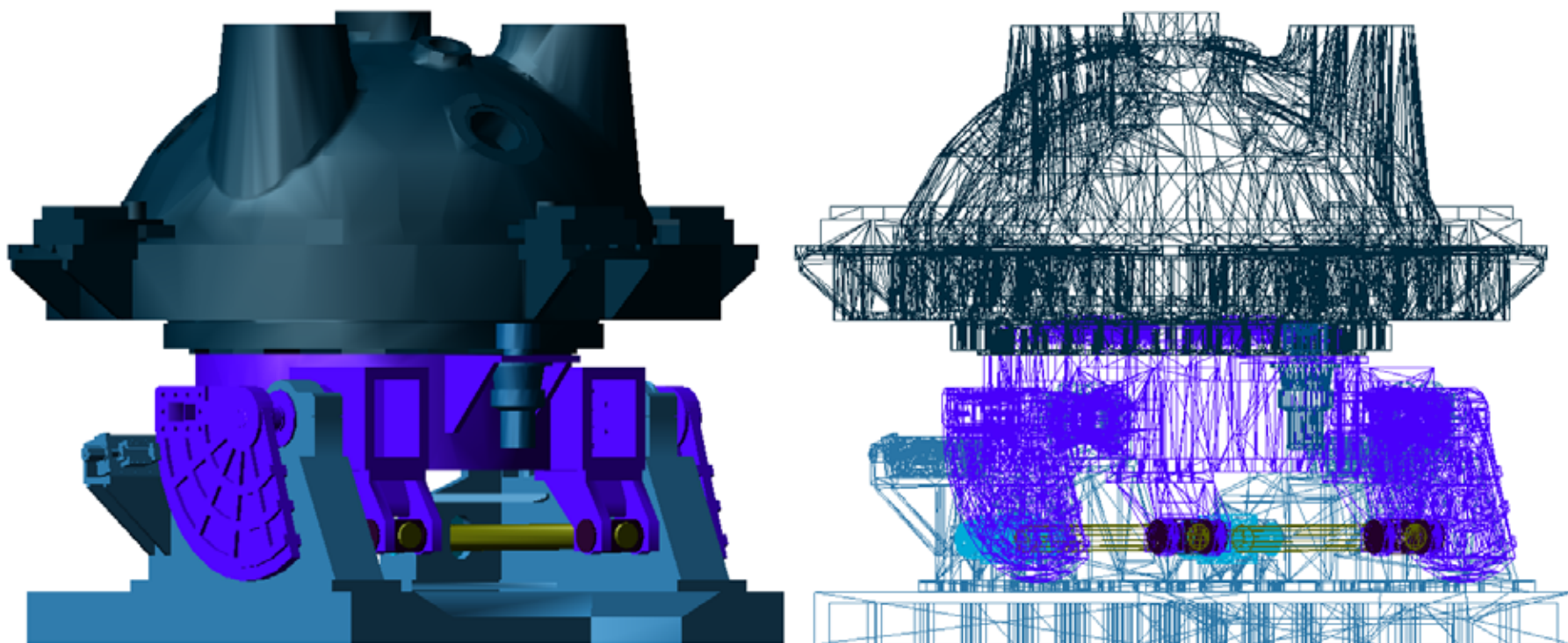


滑动丝杠驱动曲柄摇块机构方案



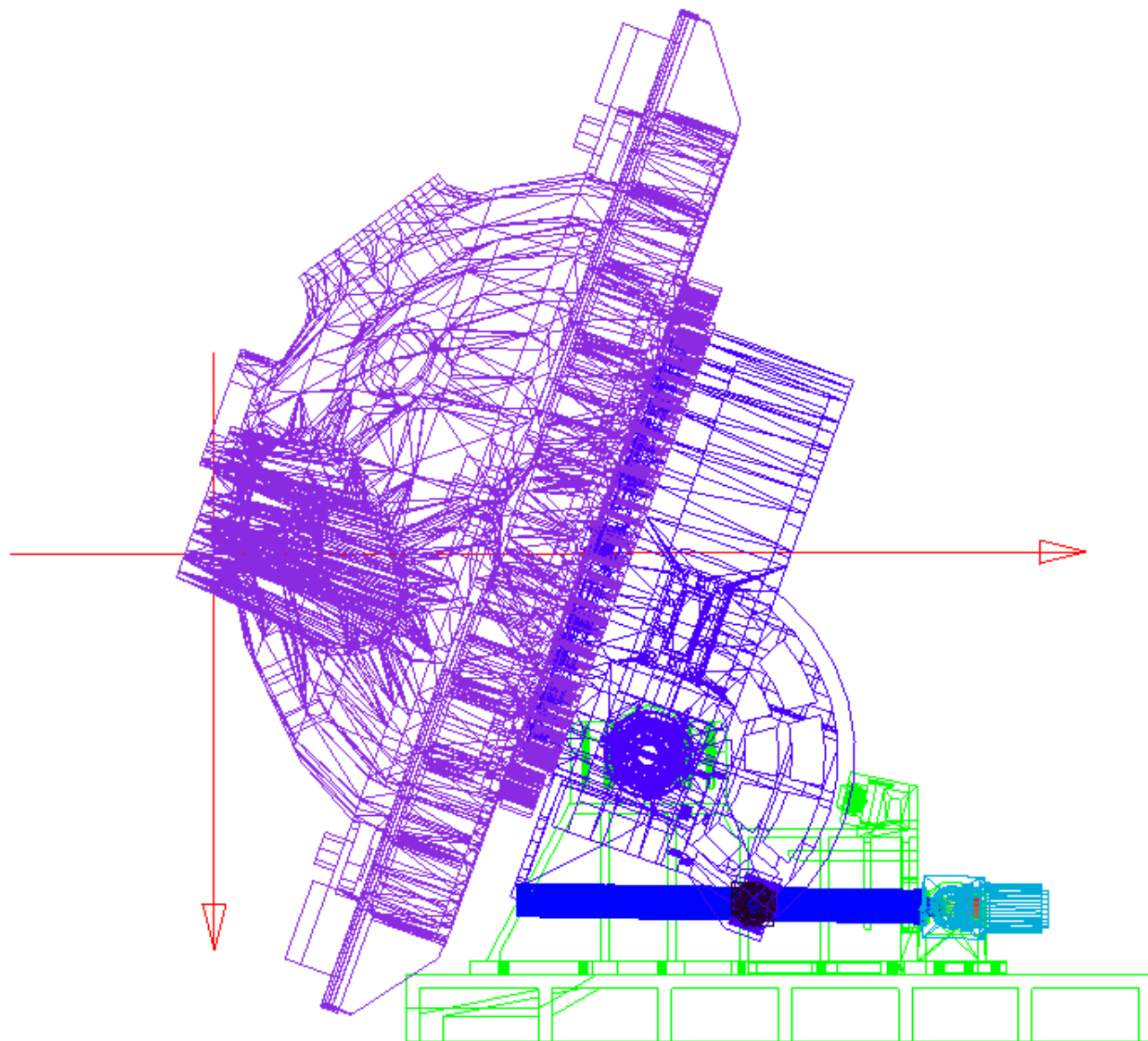


变位器虚拟样机的动力学仿真

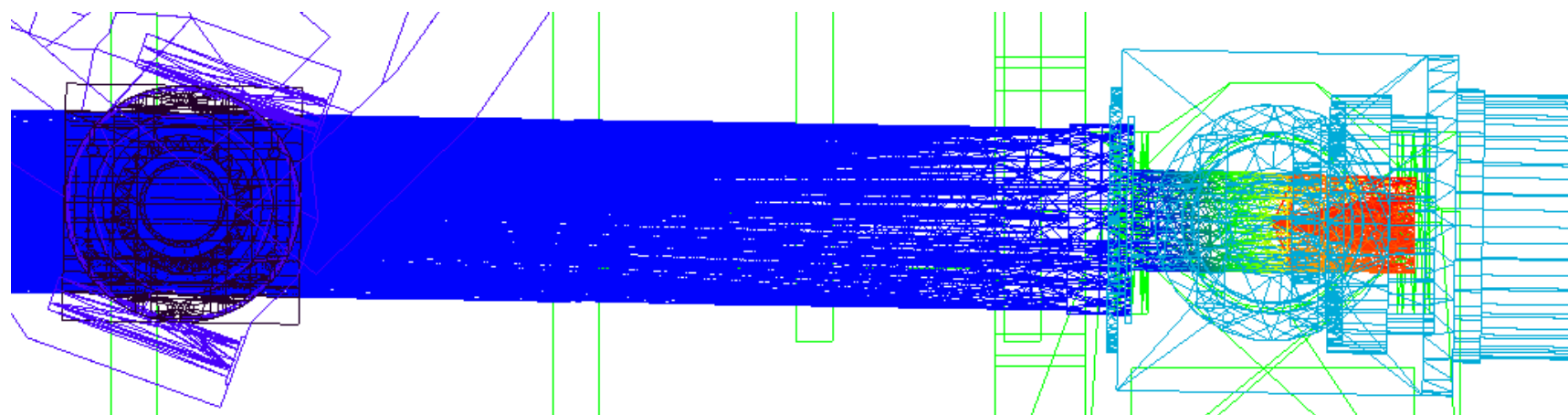


变位机的Adams模型



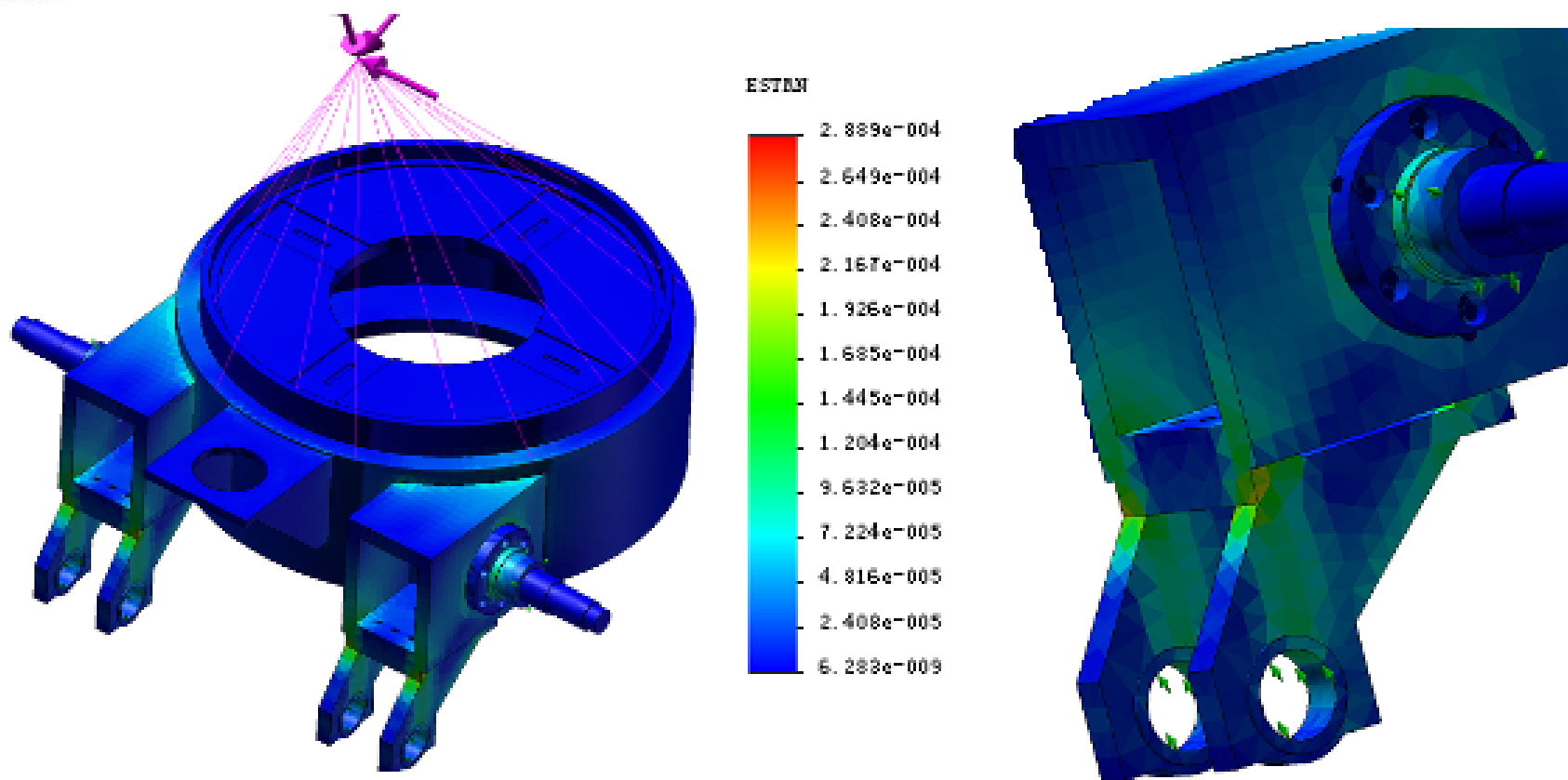


丝杠柔性体切削仿真



丝杠柔性体切削仿真瞬时丝杠应力分布图





翻转70度时最大工作载荷下翻转架应变分布图





变位器在现场使用情景

