

Pro/ENGINEER

中文野火版 应用骨架模型设计 分析和优化机构

杜白石 王 峥 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



Pro/ENGINEER 中文野火版 应用骨架模型设计分析和优化机构

杜白石 王峥 编著

机械工业出版社

应用 Pro/ENGINEER 可以构建类似于机构运动简图的“骨架模型”，以实现对机构的分析和优化。本书列举了 16 个典型的实例，较详细地介绍了通过骨架模型对机构进行设计、分析和优化的方法。通过对本书的学习，读者可加深对软件的理解，提高解决实际问题的能力。

本书适合已经掌握 Pro/ENGINEER 基本操作的工程技术人员使用，也可作为普通高等院校机械专业学生学习 Pro/ENGINEER 的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 中文野火版应用骨架模型设计分析和优化机构/杜白石等编著. —北京: 机械工业出版社, 2011. 8
ISBN 978 - 7 - 111 - 36436 - 8

I. ①P… II. ①杜… III. ①模具—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER IV. ①TB472 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 232269 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: 曲彩云 责任印制: 杨 曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.5 印张 · 431 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 36436 - 8

ISBN 978 - 7 - 89433 - 357 - 5 (光盘)

定价: 39.00 元 (含 1DVD)



凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

策划编辑: (010) 88379782

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 是当今流行的以参数化为基础的三维 CAD/CAA/CAM 软件, 它功能强大, 使用简便, 在机械领域得到了广泛的应用。

与在 CAD 和 CAM 方面的应用相比, Pro/ENGINEER 在 CAA 方面的应用就欠缺一些。造成这种现象的原因是:

1) 对机械系统进行分析要用到一些专门的知识, 比如对机构进行分析就要用到机构学方面的知识。

2) 应用 Pro/ENGINEER 进行分析有专门的模块, 而介绍这些模块的资料较少。

3) 只有把上述两方面的知识紧密结合起来, 才能掌握 CAA 方面的技能, 而做到这一点有些难度。

在设计新机械和分析现有机械时常把一个复杂的机械用简单的机构运动简图表示。

机构运动简图由一些具有运动尺寸的构件经各种运动副连接而成。构件可分为原动件、从动件和机架。机构的运动, 是由原动件的运动规律、机构中运动副的类型和构件的运动尺寸决定的, 而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式等无关。因而, 机构运动简图与原机械具有完全相同的运动特性, 可以根据机构运动简图对机械进行运动分析和动力分析。

传统的机构分析有两种方法: 图解法和解析法。图解法要人工作出原动件不同位置的机构简图、速度图和加速度图, 其优点是比较形象直观, 但精度低, 作图繁琐, 而且也不便于将机构分析问题和机构综合问题联系起来; 解析法可得到高精度的分析结果, 便于对机构定量地进行深入的研究, 但要经过抽象和繁琐的数学推导和复杂的数学计算, 建立机构运动参数和几何参数间的函数关系式, 才能进行分析, 这种方法对分析高速机械和精密机械比较适用。

应用 Pro/ENGINEER 可以构建类似于机构运动简图的“骨架模型”。与机构运动简图相比, 骨架模型具有如下一些优点:

1) 骨架模型经参数化设计而成, 改变参数的数值可改变骨架模型 (机构运动简图)。

2) 对骨架模型可进行运动仿真, 可使骨架模型按机构的运动规律动起来。

3) 对骨架模型可进行敏感度分析、可行性分析和优化设计。经过敏感度分析, 可得到所追求的目标与设计变量间的函数关系, 为设计变量的选取提供依据; 经过可行性分析, 可得到在设计变量取值范围内, 实现约束条件的可行方案; 经过优化设计, 在可行方案中可找出达到优化目标的最佳方案。

4) 对骨架模型可进行几何测量 (测量距离、长度、角度、直径等几何指标) 和运动学测量 (测量速度、加速度、位移和运动轨迹等运动学指标), 达到对机构进行运动学分析的目的。

5) 按照最佳方案, 在骨架模型的基础上, 可生成各个构件的三维实体, 并将它们组成三维的组件, 对组件进行运动仿真和分析, 从而验证所设计的机构是否满足要求。

应用 Pro/ENGINEER 建立骨架模型对机构进行设计、分析和优化的方法, 既具有图解法形象直观的优点, 又具有解析法精度较高、便于对机构进行深入研究的优点; 而且

既可克服图解法作图繁琐的缺点，又可克服解析法数学推导和计算抽象、复杂的缺点；还可将复杂的数学方程式转化为形象直观的图形加以表示，通过对机构进行敏感度分析、可行性分析和优化设计，可得出满意的设计结果。

介绍计算机软件应用的书籍，有两种编写方法：一种是先对软件进行较系统的介绍，在对软件有了较全面的了解后，再举实例说明软件怎样应用；另一种是结合一些实例逐步说明软件如何应用，通过实践让读者自己体会软件的特点，从而对软件有较全面的了解。通过多年的教学，作者认为后一种方法使读者在实践过程中不断获得成就感，从而提高学习兴趣，达到事半功倍的效果。本书采用后一种编写方法，选取了 16 个典型的机构，较详细地介绍了如何应用 Pro/ENGINEER 构建骨架模型，对机构进行设计、分析和优化的方法。

本书有如下一些特点：

1) 在实例的编排方面，本着由简到繁、从易至难的原则，使读者首先能较方便地入门，然后逐步深入地了解，直到能全面地掌握。

2) 实例有较全面的代表性，可以涵盖机构设计和分析的方方面面，比如既有简单机构，又有组合机构；在组合机构中，有构件固结串联式组合、轨迹点串联式组合和并联式组合；在设计机构时，有的满足预定运动规律方面的要求，有的满足执行构件预定位置方面的要求，有的满足执行构件上一点预定轨迹的要求；在满足预定运动规律的要求中，有对位置的要求，有对速度的要求，有对加速度的要求，有对运动特性的要求[如对压力角（传动角）的要求、对急回特性系数的要求等]。

3) 为减小篇幅，遇到新问题时，第一次有全面详细的介绍，以后碰到相同问题，介绍就简化了，因此希望读者按实例的顺序逐步学习。

4) 本书是按照应用软件解决实际问题的操作过程逐步编写的，对难以理解的问题加以特殊说明，建议读者一边看书一边上机操作，即便对有些问题不理解，先照书操作，待有结果后再仔细思考。

5) 本书的读者，应具备 Pro/ENGINEER 软件的基本知识，如果对该软件一无所知，就应先补课后学习。

6) 本书的读者，应具备机构学方面的基本知识，在学习软件应用时，应力求与机构学方面的知识紧密结合。

7) 本书采用 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版为工具。

在学习本书所列举的 16 个实例时，如能取得融会贯通和举一反三的效果，将会大大提高学习效率。当然，学完本书后，并不能完全掌握应用 Pro/ENGINEER 设计和分析机构的方法，还要通过不断地实践，应用本书的基本方法解决遇到的实际问题，在实践中逐渐扩大知识面，加深对软件的理解，提高解决实际问题的能力，这是一个长期的过程。

由于作者水平有限，加之本书是初版，书中难免有错误和疏漏之处，欢迎读者批评和指正。

编 者

目 录

前言	
引言	1
例 1 应用骨架模型设计、分析和优化曲柄滑块机构	3
例 2 应用骨架模型设计、分析和优化双摇杆机构	21
例 3 应用骨架模型设计、分析和优化六杆机构	40
例 4 应用骨架模型设计、分析和优化导杆机构	60
例 5 应用骨架模型设计、分析和优化输送机构	83
例 6 应用骨架模型设计、分析和优化推料机构	103
例 7 应用骨架模型设计、分析和优化热锯机机构	123
例 8 应用骨架模型设计、分析和优化气缸六杆机构	146
例 9 应用骨架模型设计、分析和优化偏心曲柄滑块机构	166
例 10 应用骨架模型设计、分析和优化摇筛机构	176
例 11 应用骨架模型设计、分析和优化开口机构	193
例 12 应用骨架模型设计、分析和优化拉片机构	205
例 13 应用骨架模型设计、分析和优化车门开闭机构（双门）	216
例 14 应用骨架模型设计、分析和优化车门开闭机构（单门）	225
例 15 应用骨架模型设计、分析和优化插床机构	233
例 16 应用骨架模型设计、分析和优化铁板输送机构	247
参考文献	273

引言

在分析现有机械和设计新机械时，经常要用到图 0-1 所示的机构运动简图。机构运动简图由一些具有运动尺寸的构件经各种类型的运动副连接而成，构件中有原动件、从动件和机架。原动件按一定的规律运动，机架静止不动，从动件由原动件带动，其运动规律由运动副和运动尺寸决定。机构运动简图只能表示机构某一瞬间的情况，要想表示机构若干时刻的情况，就要使机构运动简图“运动”起来，为此，经常要对原动件的不同位置画出一系列的机构运动简图，有时还要画出各位置的速度图、加速度图、位移图和轨迹图。

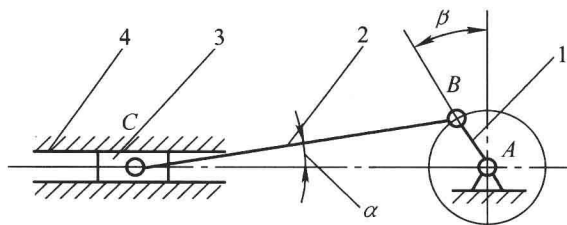


图 0-1

1—曲柄 2—连杆 3—滑块 4—机架

应用 Pro/E 可建立类似于机构运动简图的“骨架模型”。与机构运动简图相比，骨架模型有如下一些优点：骨架模型是经参数化设计而成的，通过修改参数就可修改骨架模型；对骨架模型可进行运动仿真；对骨架模型可进行敏感度分析、可行性分析和优化设计，可进行运动学测量（测量速度、加速度、位移和运动轨迹等）和几何测量（测量距离、长度、角度和直径等），从而找出最合适的参数和机构；在骨架模型的基础上可创建实体构件并组建机构，对所设计的机构可进行运动仿真，以判断是否满足设计要求。

应用骨架模型进行机构设计、分析和优化的过程可用图 0-2 表示。该过程可分为下面几个步骤：

1. 创建骨架模型。

1) 确定组成机构的构件、运动尺寸、运动副以及机构的运动规律，明确设计的约束条件和追求的目标，提出设计参数及其初始值和变化范围。

2) 画出骨架模型图并创建构件和运动副，确定构件的运动尺寸与所设参数间的关系。

2. 对骨架模型进行运动仿真。对骨架模型定义伺服电动机和进行机构分析，使其按要求的规律运动。

3. 创建测量参数。

1) 对骨架模型进行几何测量和运动学测量。

2) 进行运动分析：选择参数并求出所选参数随时间变化的曲线。

3) 进行关系分析：建立追求目标与测量参数间的关系。

4. 进行敏感度分析。以图像形式表示追求目标与设计变量间的函数关系，从而确定设计变量的取值范围。

5. 进行可行性分析。在设计变量的取值范围内，找出能实现约束条件的可行方案。

6. 进行优化设计。在可行方案的基础上，找出满足追求目标的最优方案。

7. 进行结构设计。在最优方案的基础上，生成各构件的三维实体；将构件组装成组

件并进行运动仿真；分析仿真的结果，判断是否满足设计要求。

上述各步应当交错进行，当发现设计过程有偏差时，就应改变参数的数值，返回到有关步骤继续进行设计。下面通过实例详细介绍应用骨架模型设计、分析和优化机构的方法。

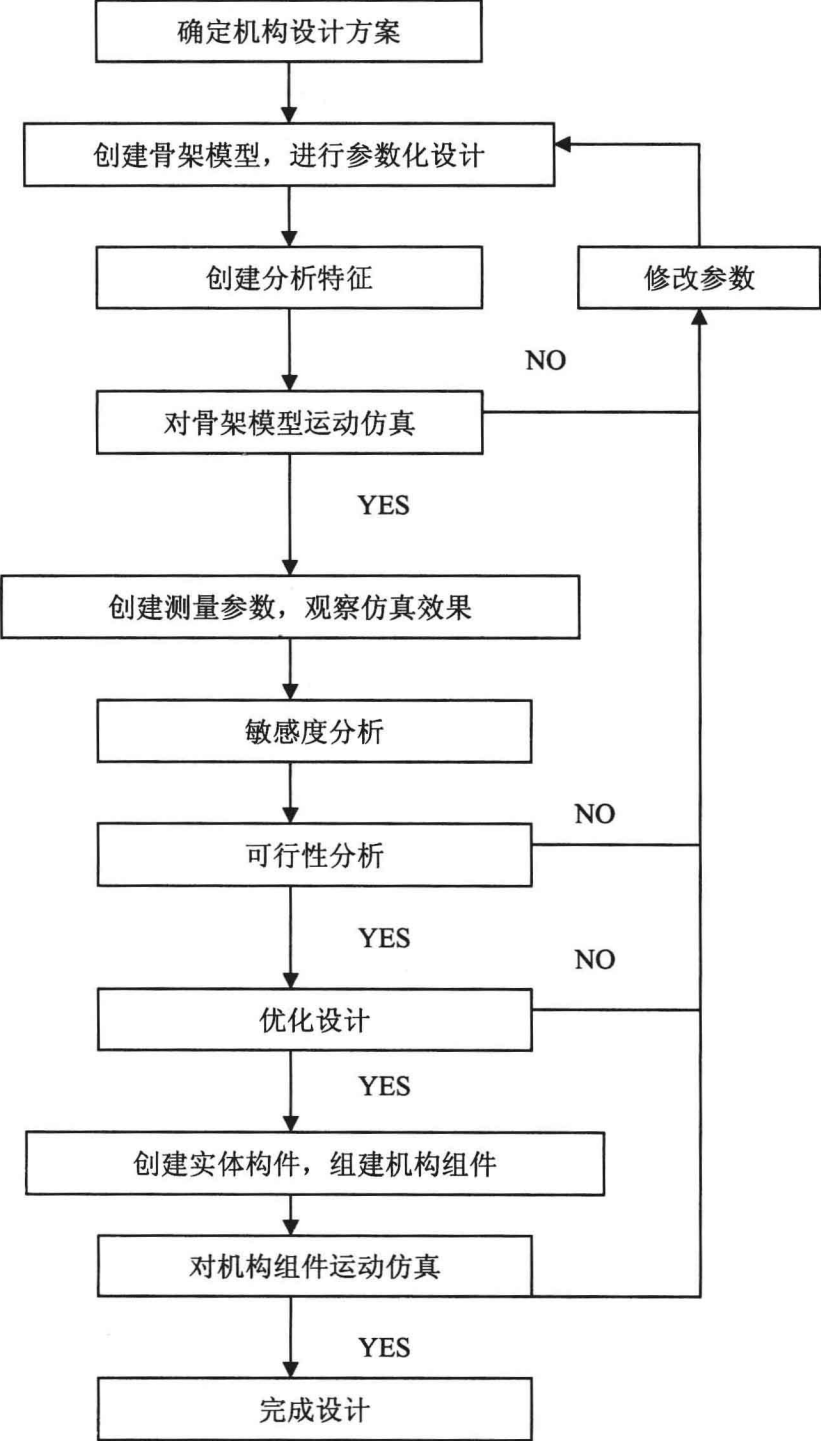


图 0-2

例 1 应用骨架模型设计、分析和优化曲柄滑块机构

曲柄滑块机构如图 0-1 所示, 曲柄 1 铰接在机架 4 的 A 点, 连杆 2 一端在 B 点与曲柄铰接, 一端在 C 点与滑块 3 铰接, 滑块 3 与机架 4 以移动副连接。曲柄 1 绕 A 点转动, 通过连杆 2 带动滑块 3 在机架的轨道上往复移动。

设计要求:

1) 曲柄长度: 初始值为 40mm, 变化范围为 35~65mm; 连杆长度: 初始值为 150mm, 变化范围为 130~160mm。

2) 曲柄 1 从与铅垂方向成 β 角 ($\beta=30^\circ$) 的位置开始, 逆时针转动 50° 。

3) 滑块 3 移动 30mm。

4) 压力角 α (连杆与滑块移动方向的夹角) 的平均值应尽量小。

一、设计曲柄滑块机构的骨架模型

1. 新建文件夹 “qubinghuakuaijigou-a”。

系统工具栏: 创建新对象/“新建”框中, “类型”栏: 组件/“子类型”栏: 设计/在“名称”栏输入: qubinghuakuaijigou/消去“使用缺省模板”旁的“√”/确定/“新文件选项”框: mmns_asm_design/确定。

模型树上方: 设置/树过滤器/“模型树项目”框中, “显示”栏: 特征/确定。

主菜单: 工具/参数/按图 1-1 填写“参数”表/确定。

名称	类型	值	指定
DESCRIPTION	字符串		☒
DESCRIPTION_EXT	字符串		☒
曲柄长	实数	40.000000	☐
连杆长	实数	150.000000	☐

图 1-1

2. 工具栏:  (在组件模式下创建元件)/“元件创建”框中, “类型”栏: 骨架模型/“子类型”栏: 运动/输入名称: gujiamoxing/确定/“创建选项”框: 空/确定。

3. 模型树右键:  GUJIAMOXING.ASM /激活/主菜单: 插入/共享数据/收缩包络/操控板: 参照/包括基准/选 ASM_FRONT、ASM_RIGHT 和 ASM_TOP 面/√/隐藏坐标平面: ASM_FRONT、ASM_RIGHT 和 ASM_TOP (以上坐标平面均属组件)。

4. 工具栏: 草绘工具/草绘平面: ASM_FRONT/参照: ASM_RIGHT/方向: 右/草绘/选 ASM_RIGHT 和 ASM_TOP 面为参照 (以上坐标平面均属 “gujiamoxing”, 在工作区通过放大操作才能找到这些坐标平面)/关闭“参照”框/按图 1-2 画图[工具栏:  [施加草绘器约束)/“约束”框:  (共线)/令滑块线与机架线共线)]/√, 生成的图形如图 1-3 所示。

5. 主菜单: 窗口/激活。

主菜单: 工具/关系/“关系”框中“查找范围”栏: 特征/模型树:  草绘 1 /“关系”框: 参数/添加参数/“参数”框: 按图 1-4 填写/“关系”框按图 1-5 填写 (等号前的 “d0” 是在图 1-6 中选 “ $\phi d0:3$ ” 生成的; “d2” 选 “d2:3”/确定。

6. 模型树右键:  GUJIAMOXING.ASM /激活。

工具栏:  (在组件模式下创建元件)/“元件创建”框“类型”栏: 骨架模型/“子

类型” 栏：主体/名称：BODY_SKEL_jijia /确定/ “创建选项” 框：空/确定/ “主体定义” 框：细节/ “链” 框：按图 1-7 选择/工作区选机架线（变红，见图 1-8）/确定/ “主体定义” 框：√，模型树生成 BODY_SKEL_JIJIA.PRT 项。

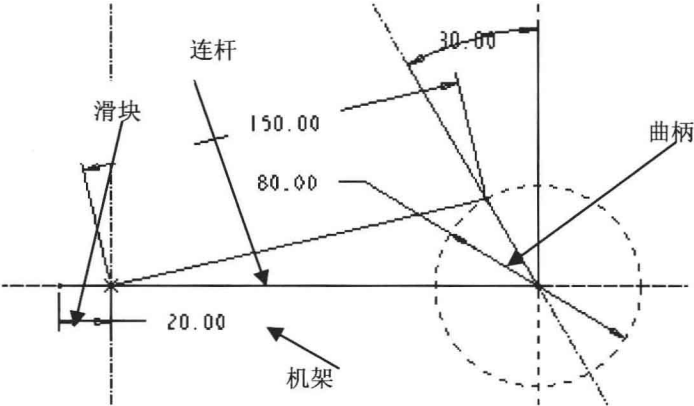


图 1-2

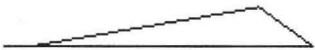


图 1-3

名称	类型	值
曲柄长	实数	0.000000
连杆长	实数	0.000000

图 1-4

d0=曲柄长:1*2
d2=连杆长:1

图 1-5

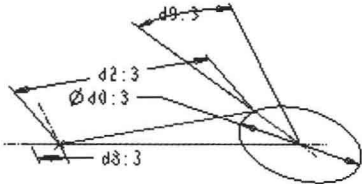


图 1-6



图 1-7

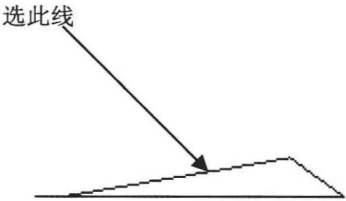


图 1-8

7. 工具栏： (在组件模式下创建元件) / “元件创建” 框 “类型” 栏：骨架模型/ “子类型” 栏：主体/名称：BODY_SKEL_QUBING/确定/ “创建选项” 框：空/确定/ “主体定义” 框：细节/ “链” 框：按图 1-7 选择/工作区选曲柄线（变红）/确定/ “主体定义” 框：更新，生成图 1-9 所示的 “销钉” 连接（曲柄与机架用 “销钉” 连接）/√，模型树生成 BODY_SKEL_QUBING.PRT 项。

8. 工具栏： (在组件模式下创建元件) / “元件创建” 框 “类型” 栏：骨架模型/ “子类型” 栏：主体/名称：BODY_SKEL_QUBING/确定/ “创建选项” 框：空/确定/ “主体定义” 框：细节/ “链” 框：按图 1-7 选择/工作区选连杆线（变红）/确定/ “主体定义” 框：更新，生成图 1-10 所示的 “销钉” 连接（连杆与曲柄用 “销钉” 连接，移除多余的连接）/

√, 模型树生成 BODY_SKEL_LIANGAN.PRT 项。

参照	连接	参照平面
终点:曲线:F3:G...	销钉	ASM_FRONT:F1(...)

图 1-9

参照	连接	参照平面
终点:曲线:F3:G...	销钉	ASM_FRONT:F1(...)

图 1-10

9. 工具栏: (在组件模式下创建元件)/“元件创建”框“类型”栏: 骨架模型/“子类型”栏: 主体/名称: BODY_SKEL_HUAKUAI/确定/“创建选项”框: 空/确定/“主体定义”框: 细节/“链”框: 按图 1-7 选择/工作区选滑块线(变红)/确定/“主体定义”框: 更新, 生成图 1-11 所示的“滑动杆”和“销钉”连接(滑块与机架用“滑动杆”连接, 滑块与连杆用“销钉”连接, 移除多余的连接)/√, 模型树生成 BODY_SKEL_HUAKUAI.PRT 项。

模型树生成的 4 个元件如图 1-12 所示。

10. 主菜单: 窗口/激活。

主菜单: 分析/测量/角/“角”框选“快速”旁的“√”/选“特性”/按图 1-13 输入名称/工作区: 连杆线和机架线/按图 1-14 生成角(可通过调整黄色箭头的方向生成)/√, 模型树生成 YALIJIAO_ANGLE 项。

参照	连接	参照平面
F3(草绘_1):GUJ...	滑动杆	ASM_FRONT:F1(...)
终点:曲线:F3:G...	销钉	ASM_FRONT:F1(...)

图 1-11

- BODY_SKEL_JIJIA.PRT
- BODY_SKEL_QUEBING.PRT
- BODY_SKEL_LIANGAN.PRT
- BODY_SKEL_HUAKUAI.PRT

图 1-12

YALIJIAO_ANGLE

图 1-13

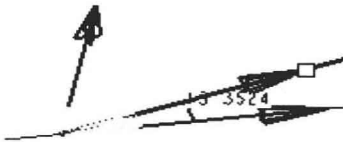


图 1-14

11. 主菜单: 应用程序/机构/工具栏: (定义伺服电动机)/“伺服电动机定义”框: 按图 1-15 和 图 1-16 填写(“类型”栏“运动轴”: 曲柄和机架用“销钉”连接, 逆时针转动)/确定。



图 1-15



图 1-16

工具栏: (定义伺服电动机)/“伺服电动机定义”框按图 1-17 和图 1-18 填写(“类

型”栏“运动轴”：曲柄和机架用“销钉”连接，“A”栏输入：-10，顺时针转动）/确定。

12. 工具栏：（机构分析）/“分析定义”框：按图 1-19 和图 1-20 填写/运行，图形按曲柄滑块机构的规律运动，曲柄从与铅垂方向成 30° 角的位置，逆时针摆动 50°，又顺时针摆动 50° /确定。

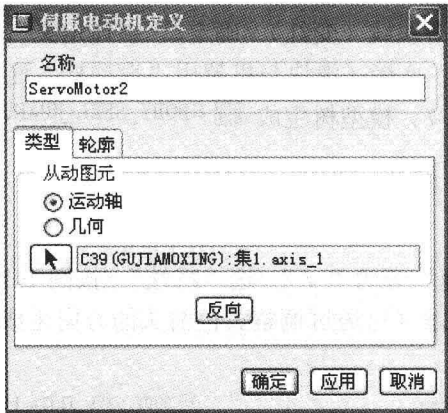


图 1-17

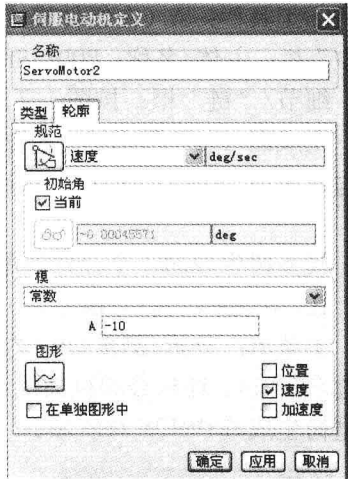


图 1-18



图 1-19



图 1-20

工具栏：（生成分析的测量结果）/“测量结果”框：（生成新测量）/“测量定义”框：按图 1-21 选择（“点或运动轴”：选曲柄与机架的“销钉”连接）/确定。

“测量结果”框：（生成新测量）/“测量定义”框：按图 1-22 选择（“点或运动轴”：选滑块的端点）/确定。

“测量结果”框：按图 1-23 选择/ ☒ 分别绘制测量图形 /选  /生成图 1-24 所示的图形，上图是滑块位移随时间变化的曲线，下图是曲柄位移随时间变化的曲线/关闭“图形工具”和“测量结果”框。

13. 主菜单：应用程序/标准。

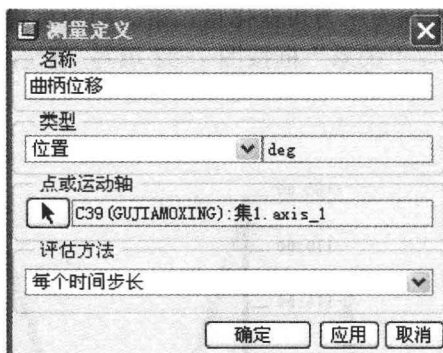


图 1-21



图 1-22

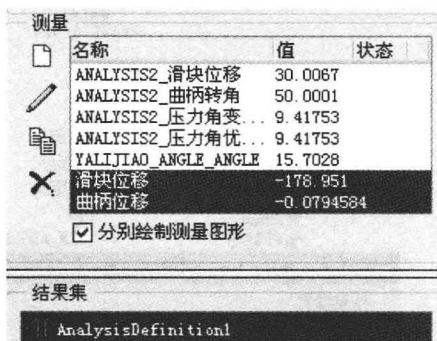


图 1-23

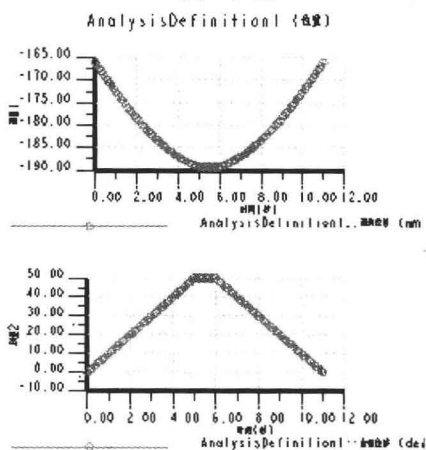


图 1-24

工具栏: (插入分析特征) / “分析”框“类型”栏: 运动分析/下一页/“运动分析”框: 按图 1-25 选择/运行/“运行分析”框生成所选测量项的最大值、最小值和发生的时间, 如图 1-26 所示/同时生成 3 个图形, 见图 1-27、图 1-28 和图 1-29。图 1-27 是压力角 (yalijiao_angle) 随时间变化的曲线, 图 1-28 是滑块位移随时间变化的曲线, 图 1-29 是曲柄位移随时间变化的曲线。

关闭图形和“运动分析”框。



图 1-25

参数	最小值	最大值
ANGLE: 41	2.675611 (t_min = 5.100000)	13.365640 (t_max = 11.000000)
曲柄位移: MDX	-0.081791 (t_min = 11.000000)	49.918313 (t_max = 5.000000)
滑块位移: MDX	-189.226356 (t_min = 5.000000)	-165.889059 (t_max = 0.000000)

图 1-26

在“分析”框中对 MIN_ANGLE 按图 1-30 选择 (“结果参数”栏: “是 M...运动中获得最小参数值”/“创建”栏: 是/ MIN_ANGLE 项就会出现“创建”、“是”); 对 MAX_ANGLE 也按图 1-30 选择 (“结果参数”框: “否 M...运动中获得最大参数值” / “创建”栏: 是); 对 MIN_ANGLE 和 MAX_ANGLE 用相同的方法处理。

在“分析”框中选: ☒。

14. 工具栏:  (插入分析特征) / “分析” 框: 关系/下一页/ “分析” 框: 参数/添加参数/在 “参数” 框中按图 1-31 填写 (第 1 项为压力角变化量, 第 2 项为滑块位移, 第 3 项为曲柄转角, 第 4 项为压力角优化目标) / “关系” 框按图 1-32 填写/确定/ “分析” 框: $\checkmark$ 。

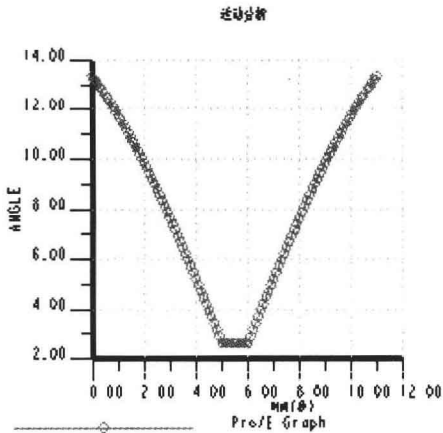


图 1-27

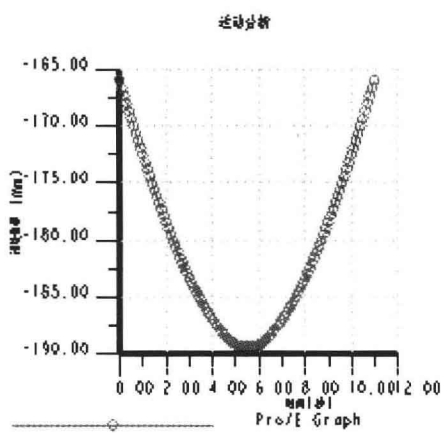


图 1-28

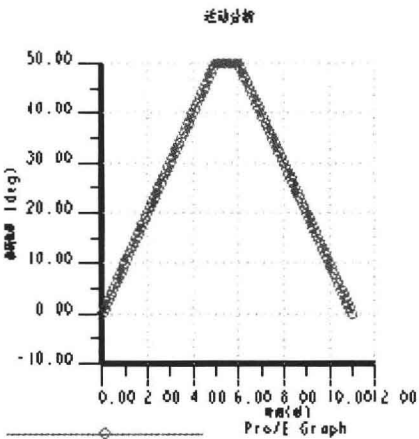


图 1-29

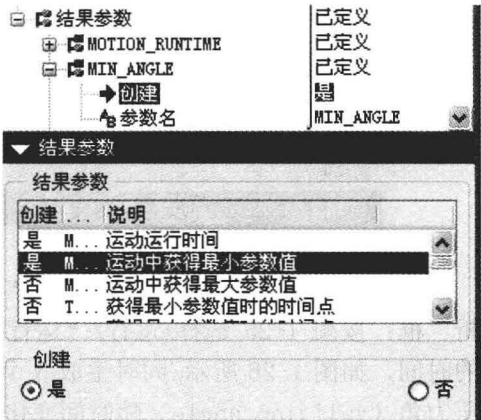


图 1-30

名称	类型	值
压力角变化量	实数	0.000000
滑块位移	实数	0.000000
曲柄转角	实数	0.000000
压力角优化目标	实数	0.000000

图 1-31

压力角变化量=(max_angle:fid_analysis1+min_angle:fid_analysis1)/2
 滑块位移=max_滑块位移:fid_analysis1-min_滑块位移:fid_analysis1
 曲柄转角=max_曲柄位移:fid_analysis1-min_曲柄位移:fid_analysis1
 压力角优化目标=压力角变化量

图 1-32

由图 1-32 可看出, “压力角变化量” (“压力角优化目标”) 实质就是 “压力角平均值”。

15. 主菜单: 分析/敏感度分析/ “敏感度” 框: 参数/ “参数选取” 框: 按图 1-33 选取 (选: 曲柄长) /确定/ “分析” 框 “变化范围” 栏输入: 最小: 35, 最大: 65/ “出图用的参数” 栏:  / “参数” 框: 按图 1-34 选取 (滑块位移: ANALYSIS2) /确定/生成的 “敏

感度”框如图 1-35 所示/框下部：计算/生成图形如图 1-36 所示，该图表示滑块位移随曲柄长度的变化情况/关闭图形。

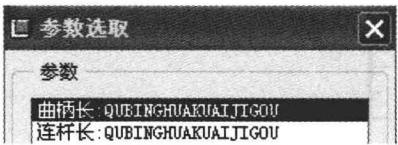


图 1-33

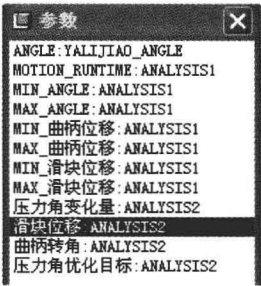


图 1-34



图 1-35

“敏感度”框按图 1-37 选择（“参数”：连杆长，其他同上）/计算/生成图形如图 1-38 所示，该图表示滑块位移随连杆长度的变化情况/关闭图形。

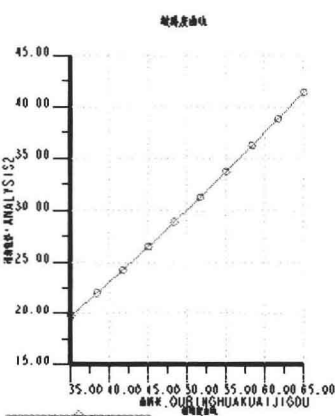


图 1-36



图 1-37

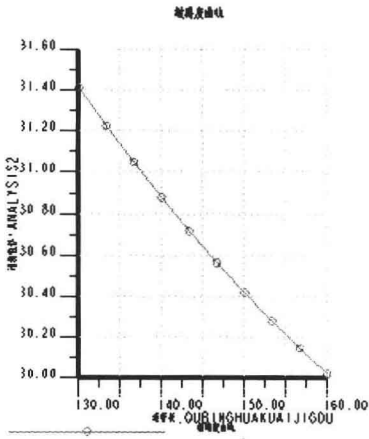


图 1-38

由图 1-36 可看出，曲柄长度增加了 30mm，滑块位移增加了 22mm；而从图 1-38 可看出，连杆长度增加了 30mm，滑块位移减小了 0.8mm，没有曲柄长度对滑块位移的影响大。

“敏感度”框按图 1-39 选择（“参数”：曲柄长，“出图用的参数”：压力角优化目标）/计算/生成图形如图 1-40 所示，该图表示压力角优化目标随曲柄长度的变化情况/关闭图形。

“敏感度”框按图 1-41 选择（“参数”：连杆长，“出图用的参数”：压力角优化目标）/计算/生成图形如图 1-42 所示，该图表示压力角优化目标随连杆长度的变化情况/关闭图形和“敏感度”框。

由图 1-40 可看出，曲柄长度增加了 30mm，压力角优化目标增大了 6°；而从图 1-42 可看出，连杆长度增加了 30mm，压力角优化目标减小了 2.2°，没有曲柄长度对压力角优化目标的影响大。

16. 建立文件夹“qubinghuakuaijigou-a-kexingxing”和“qubinghuakuaijigou-a-youhua”，把生成的文件备份到这两个文件夹中。



图 1-39

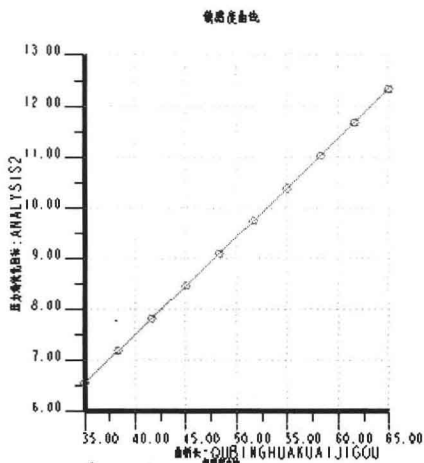


图 1-40



图 1-41

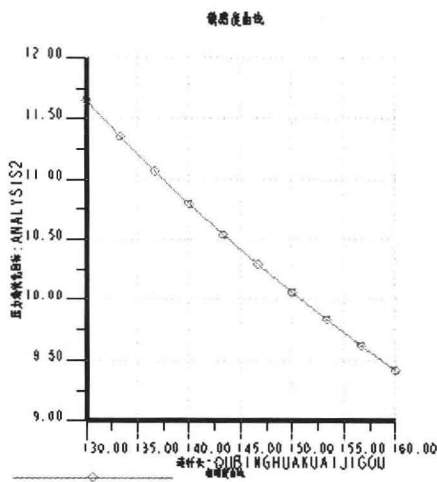


图 1-42

把生成的文件保存到文件夹“qubinghuakuaijigou-a”中。

二、可行性分析

对所设计的曲柄滑块机构，设计变量 1 取：连杆长，它的变化范围为 130~160mm；设计变量 2 取：曲柄长，它的变化范围为 35~65mm；设计约束为：滑块行程等于 30mm。探讨设计的可行性。

1. 从文件夹“qubinghuakuaijigou-a-kexingxing”中打开文件 qubinghuakuaijigou.asm。

模型树上方：设置/树过滤器/“模型树项目”框中“显示”栏：特征/确定。

主菜单：工具/参数/“参数”框：按图 1-43 选取/确定/系统工具栏： (再生模型)。

2. 主菜单：分析/“可行性/优化”/“优化/可行性”框中“研究类型/名称”栏：可行性/“设计约束”栏：添加/“设计约束”框：按图 1-44 选择/确定/取消/“设计变量”

栏：添加参数/“参数选择”框：按图 1-45 选择/确定/“参数选择”框：按图 1-46 选择/确定/取消/在“优化/可行性”框中，“设计变量”栏：按图 1-47 对所选的两个参数输入：“最小值”和“最大值”/“优化/可行性”框下部：计算。

名称	类型	值
DESCRIP...	字符串	
MODELED_BY	字符串	
曲柄长	实数	45.000000
连杆长	实数	145.000000

图 1-43

图 1-44

操控板显示：已找到可行解决方案/关闭“优化/可行性”框/显示“确认模型修改”框如图 1-48 所示（若选“确认”，就转到可行性方案；若选“撤销”，就回到先前状态）/选“确认”/主菜单：工具/参数/从“参数”框中可看到可行方案的参数值，如图 1-49 所示。

图 1-45

图 1-46

设计变量	最小	最大
连杆长: QUBINGHUAKUAI...	130.000000	160.000000
曲柄长: QUBINGHUAKUAI...	35.000000	65.000000

图 1-47

图 1-48

模型树右键：ANALYSIS2 /编辑定义/“分析”框：下一页/“关系”框：参数/添加参数/“参数”框如图 1-50 所示，可看出，曲柄转角为 50.000°，滑块位移为 29.983mm，压力角优化目标为 10.239°。

3. 将该文件保存到文件夹“qubinghuakuaijigou-a-kexingxing”中。

三、优化设计

通过可行性分析可知，在所取约束条件下，实现滑块位移 30mm 有可行的方案，但该方案的压力角是否最小不得而知。

通过优化设计不仅能满足设计要求，而且能使机构达到最佳设计效果（压力角最小）。

1. 从文件夹“qubinghuakuaijigou-a-youhua”中打开文件 qubinghuakuaijigou.asm。模型树上方：设置/树过滤器/“模型树项目”框中“显示”栏：特征/确定。

主菜单：工具/参数/“参数”框：按图 1-51 选取/确定/系统工具栏：再生模型。

曲柄长	实数	49.081912
连杆长	实数	144.868589

图 1-49

名称	类型	值
压力角变化量	实数	10.239061
滑块位移	实数	29.983489
曲柄转角	实数	50.000114
压力角优化目标	实数	10.239061

图 1-50

名称	类型	值
DESCRIP...	字符串	
MODELED_BY	字符串	
曲柄长	实数	40.000000
连杆长	实数	150.000000

图 1-51