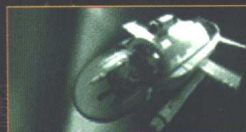


- ◆ 资深机械设计师多年设计经验的积累
- ◆ 设计的基础——单个零件的创建方法
- ◆ 关于草图、零件造型和特征的技术知识
- ◆ 装配和基于装配的设计技术基础
- ◆ iFeature、钣金设计、零件库、工程图处理等相关技术



Inventor

机械设计应用技术

◆ 陈伯雄 编著



书中每一案例的详细操作截图图片及相关的图形、模型、装配文件

人民邮电出版社
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

Inventor 机械设计应用技术

陈伯雄 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

Inventor 机械设计应用技术 / 陈伯雄编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.8
ISBN 7-115-10508-1

I. I... II. 陈... III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Inventor IV. TH122
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 055606 号

内 容 提 要

本书是 Inventor R5.3 在机械设计中的应用技术参考书。书中的主要内容是笔者使用 Inventor 的经验与体会以及 Inventor 在机械设计中的应用技巧, 而这些内容读者在软件自带的帮助文档中是找不到的。笔者曾以本书内容进行培训授课, 受到同专业工程师的好评, 收到了良好的教学效果。

本书引用了大量 Inventor 在机械设计中的应用实例, 在随书所附光盘中配有相应的文件和操作截屏图片, 供读者学习参考。

本书适合对机械设计已经有了一定了解的中高级用户和对 Inventor 进行机械制图感兴趣的用户阅读。

Inventor 机械设计应用技术

- ◆ 编 著 陈伯雄
责任编辑 黄汉兵
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.75
字数: 371 千字 2002 年 8 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10508-1/TP · 3009

定价: 30.00 元 (附光盘)

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

编者的话

本书是关于 AIS (Autodesk Inventor Series) 中的 Inventor R5.3 在机械设计方面的应用技术的参考书。Inventor 是 Autodesk 公司在三年前就开始着手开发的、为机械设计准备的辅助设计系统, 企图满足所有机械设计中几何造型的设计需求。

通观 Inventor, 是一个充满了希望, 略带微瑕的软件, 我们盼望着 Inventor 尽快成熟起来。

书中的主要内容是笔者使用 Inventor 的经验与体会, 在某些方面还有一些评论。因为多数内容是笔者自己的观点, 难免有些偏颇。窃以为, 对于 Inventor 在机械设计中的应用技巧, 这本书确实是谈了很多, 而这些内容读者在 Help 中是找不到的。

这本书讲述的是 Inventor 的应用技术, 更是在讨论如何将设计思维在 CAD 软件中更好地表达, 以及如何利用 CAD 软件进行真正的辅助设计。因此, 对于所有的机械 CAD 软件使用者 (甚至是二维的图形软件), 本书的观念同样具有实际意义。

对于这样一种“人+计算机+相关软件”的系统, 我们必须有清醒而正确的认识, 才能把这个系统的能力充分地利用起来。

2002 年 5 月, 笔者第一次按这本书中的内容进行培训授课, 对象是 22 名机械设计中不同专业的在职工程师, 反映之强烈, 在笔者作过的培训中是空前的, 因为 Inventor 许多功能确实是做到了工程师的心里了。培训班的学员们大多是本专业设计上的骨干, 具有丰富的设计经验。作为主讲人, 笔者有意地在他们现有的设计知识基础上, 讲述使用 Inventor 完成真正设计的相关技术和方法。

在本书中读者可以看到笔者对 Inventor 二维草图功能的具体使用方法, 这样的使用方法可能连 Autodesk 的软件设计者也始料未及。为什么? 这就是需要与可能之间的关系, 就是活学活用。

本书中有大量的关于 Inventor 在机械设计中的应用实例, 而本书的随书光盘中有相应的场景文件和系列截屏图片以供读者参考。

读者如对本书或其他相关的技术问题有疑问可以与笔者交流, 笔者的 E-mail 为 chengbx@public.cc.jl.cn。笔者主持的网站有 <http://www.icad.com.cn/cadforum/> 和 <http://www.hisensecad.com/bbs30/default.htm>。笔者常去的网站有 <http://www.mjtd.com/bbs/> 和 <http://www.xdcad.com/forum/>。

本书参考资料为《机械设计手册》第二版, 机械工业出版社于 2000 年 6 月出版。

为中国的工程师提高设计能力做几件实事, 是笔者的最大愿望。

陈伯雄

2002 年 6 月 于长春

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 从“电脑”说起	1
1.1.1 脑	1
1.1.2 人脑	1
1.1.3 电脑	2
1.1.4 软件	2
1.2 关于“规则”	2
1.2.1 谁确立规则	3
1.2.2 谁执行规则	3
1.2.3 谁解释规则	3
1.2.4 谁完善规则	4
1.2.5 软件应用效果的分析比较	4
1.3 怎样有效地使用 CAD 软件	5
1.3.1 从一种典型的观念说起	5
1.3.2 计算机软件和数据库	6
1.3.3 设计表达的数字化	6
1.3.4 绘图/建模是设计构思的工具，而不是设计的结束	8
1.4 二维设计和三维设计	10
1.4.1 对工程师的“洗脑”问题	11
1.4.2 掌握软件应用技术的效率问题	11
1.4.3 实际设计的效率问题	11
1.4.4 尺寸与形状问题	12
1.5 Inventor 的概貌	13
1.5.1 算法核心 Autodesk ShapeManager	14
1.5.2 关于参数化技术和变量化技术	14
1.5.3 界面简介	15
1.5.4 操作风格	15
1.5.5 协助功能	15
1.5.6 对于工程师的设计思维有相对更好的支持功能	16
1.5.7 精彩的显示表达功能	17
1.5.8 设计项目管理	17
1.5.9 三维模型与相关二维工程图	17
1.5.10 关于补丁	17
1.5.11 关于 Inventor 的运行环境	20

第 2 章 单个零件的创建	25
2.1 全切削加工的零件	25
2.1.1 必要的准备	25
2.1.2 开始创建	26
2.1.3 创建新的设计项目	26
2.1.4 开始一个零件设计	27
2.1.5 创建右视图的特征	28
2.1.6 创建左视图的特征	30
2.1.7 创建沉头螺钉孔特征	33
2.1.8 创建销孔特征	35
2.1.9 创建齿部特征	36
2.1.10 创建其他修饰性特征	39
2.2 轴类零件	39
2.2.1 创建轴截面草图	40
2.2.2 创建螺纹	41
2.2.3 创建键槽	41
2.2.4 创建花键	43
2.3 铸、锻毛坯的零件	46
2.3.1 毛坯造型	47
2.3.2 铣切加工面造型	49
2.3.3 钻镗孔造型	50
2.3.4 螺纹孔造型	51
2.4 基于装配的零件设计	51
2.4.1 形状的关联试验	52
2.4.2 尺寸关联试验	52
2.4.3 位置关联试验	52
2.4.4 评论	54
2.5 趣味零件造型	55
2.5.1 做外观	55
2.5.2 做螺纹	56
2.5.3 螺纹尾部的处理	56
2.5.4 开螺丝刀用槽, 渲染	56
2.5.5 点评	56
2.6 本章结束语	56
第 3 章 草图相关技术	57
3.1 创建草图平面	57
3.1.1 默认状况	57

3.1.2 以基础坐标系创建草图面	57
3.1.3 以已有特征上的平面创建草图面	57
3.1.4 在工作面上创建草图面	57
3.1.5 在装配中创建草图面	57
3.2 草图的创建与约束	58
3.2.1 观念问题	58
3.2.2 几何关系的约束	59
3.2.3 驱动尺寸的约束	60
3.2.4 什么是完整的约束	61
3.3 草图的绘制和修饰	61
3.3.1 绘制功能	61
3.3.2 草图的线形	62
3.3.3 修饰草图	62
3.3.4 草图创建时的切片观察	63
3.3.5 坐标系方向问题	63
3.3.6 草图在被使用后的再编辑和共享	64
3.3.7 精确输入	64
3.3.8 显示参数设置	65
3.4 草图功能下的 CAGD	65
3.4.1 设计参数求解实例之一	65
3.4.2 设计参数求解实例之二	66
3.4.3 设计参数求解实例之三	67
3.4.4 设计参数求解实例之四	67
3.5 利用 AutoCAD 现有图形	68
3.5.1 利用 AutoCAD 现有的工程图	68
3.5.2 利用 AutoCAD 创建数学曲线草图	69
3.5.3 利用 AutoCAD 创建文字草图	70
3.6 草图的评论	71
第 4 章 零件造型和特征相关技术	73
4.1 定位特征	73
4.1.1 工作面	73
4.1.2 工作轴	75
4.1.3 工作点	75
4.2 基于草图的特征	75
4.2.1 拉伸	75
4.2.2 旋转	77
4.2.3 打孔	78
4.2.4 扫掠	79

4.2.5 螺旋扫掠	83
4.2.6 放样	85
4.3 在草图创建中利用投影	86
4.3.1 默认的自动投影	86
4.3.2 驱动尺寸和几何约束中的自动投影	87
4.3.3 几何约束中不同类型的要素投影问题	87
4.3.4 同零件的几何要素投影	87
4.3.5 跨零件的几何要素投影	88
4.4 基于特征的特征	88
4.4.1 倒角	88
4.4.2 圆角	89
4.4.3 抽壳	91
4.4.4 加强筋	91
4.4.5 拔模斜度	93
4.4.6 分割	93
4.4.7 螺纹	94
4.4.8 矩形阵列和环形阵列	95
4.4.9 升级	95
4.5 特征的编辑	96
4.5.1 特征查找	96
4.5.2 特征尺寸显示和编辑	96
4.5.3 特征草图的编辑	97
4.5.4 特征重排序	97
4.5.5 特征的特性	97
4.6 现有零件的利用——衍生	98
4.6.1 跟我做——体验衍生零件	98
4.6.2 公用草图	99
4.6.3 模型之间的布尔运算	100
4.6.4 刻字	102
4.6.5 零件分割	103
4.6.6 点评衍生	104
4.6.7 系列零件的加工工艺设计	105
4.7 零件的其他数据表达	105
4.7.1 赋予零件材质	105
4.7.2 自定义材质	106
4.7.3 其他设计信息的处理	109
4.7.4 自定义设计信息	110
4.8 零件模板	110
4.9 预定义装配基准——iMate	112

4.10 零件造型过程的察看	112
4.11 螺纹数据的定制	112
4.12 零件造型和特征的评论	113
第 5 章 装配和基于装配的设计技术基础	115
5.1 装配的可能性	115
5.1.1 装配标签页	115
5.1.2 运动标签页	115
5.1.3 过渡标签页	116
5.2 装配后的表达控制	117
5.3 实装配与虚装配	118
5.4 基于装配关系约束的关联设计方法	122
5.4.1 利用装配约束关联设计零件的参数	122
5.4.2 基于已有零件轮廓投影, 关联设计新零件的基础结构	124
5.4.3 子装配与部件、合件	126
5.4.4 干涉检查	127
5.4.5 装配的阵列	127
5.4.6 子装配的衍生	128
5.4.7 衍生的子装配在二维装配图中的处理	130
5.4.8 焊接合件的衍生	130
5.4.9 利用 iMate	131
5.5 典型机械结构与 Inventor 的装配表达	131
5.6 机构动作模拟	134
5.7 设计视图	136
5.8 装配的其他操作功能和技巧	137
5.8.1 “升级”和“降级”功能	137
5.8.2 在装配中创建新零件, 以及怎样确定它的第一个草图面	137
5.8.3 关于“自动装配”功能	138
5.8.4 关于“替换零件”功能	138
5.8.5 关于“移动零部件”和“旋转零部件”功能	139
5.8.6 关于 Inventor 运行的监控	139
5.8.7 使用“三维草图”的问题	140
5.9 装配功能评论	141
第 6 章 基于装配的设计技巧	143
6.1 在 CAD 软件中进行装配的再认识	143
6.1.1 为什么要在 CAD 软件中进行装配	143
6.1.2 为什么必须从三维设计开始	143
6.1.3 在 Inventor 中能够实现与真实装配相同的装配描述吗	143

6.1.4 Inventor 的基于装配关联设计能力现状.....	144
6.2 基于装配关联的设计模式总结	145
6.2.1 用装配约束建立装配关联.....	145
6.2.2 用关联投影建立装配关联.....	146
6.2.3 用设计参数表建立装配关联.....	146
6.2.4 体验“纯数据表”的关联设计.....	147
6.3 装配关系创建的思考	150
6.3.1 直接的装配关系.....	151
6.3.2 间接的装配关系.....	151
6.3.3 源于传统设计、高于传统设计.....	151
6.4 设计详解之一——机构的概念设计.....	152
6.5 设计详解之二——简单零件的关联设计.....	152
6.6 设计详解之三——异型零件的关联设计.....	154
6.7 设计详解之四——双轴钻削主轴箱.....	155
第 7 章 自定义特征——iFeature.....	165
7.1 创建 iFeature	165
7.1.1 单独创建特征组合.....	165
7.1.2 在零件造型中提取特征.....	167
7.1.3 给 iFeature 添加使用帮助.....	167
7.2 使用 iFeature	168
7.3 点评 iFeature	170
第 8 章 钣金设计相关技术.....	173
8.1 Inventor 钣金基础参数设置.....	173
8.1.1 板材参数.....	173
8.1.2 折弯参数.....	173
8.1.3 拐角参数.....	174
8.1.4 钣金模板.....	175
8.2 Inventor 中的钣金特征.....	175
8.2.1 基于草图的特征.....	175
8.2.2 基于已有特征和有关草图的特征.....	176
8.2.3 基于已有特征的特征.....	178
8.3 展开.....	180
8.4 冲压工具自定义.....	181
8.4.1 基础特征的创建.....	181
8.4.2 冲压工具创建实例.....	181
8.5 基于装配的钣金件设计.....	182
8.6 钣金功能评论.....	184

第 9 章 零件库技术	185
9.1 Inventor 标准件库的使用	185
9.1.1 使用紧固、连接件库 (Fastener Library)	185
9.1.2 使用标准件库 (Content Library)	188
9.1.3 在应用中的一些考虑	190
9.1.4 标准件的补充加工问题	191
9.2 体验 iPart	191
9.2.1 创建基础零件	191
9.2.2 打开基础零件文件, 修改驱动尺寸参数表	192
9.2.3 启动 iPart 功能, 建立参数表	192
9.2.4 整理数据, 添加系列尺寸	193
9.2.5 保存到指定的位置	194
9.2.6 使用 iPart	194
9.3 iPart 的使用技术要点	195
9.3.1 零件族	195
9.3.2 关键字	195
9.3.3 特性	195
9.3.4 抑制	195
9.3.5 iMate	196
9.4 标准件库功能评论	196
第 10 章 工程图处理技术	199
10.1 跟我做——体验创建零件图	199
10.1.1 零件视图创建	199
10.1.2 零件图辅助线	201
10.1.3 零件图尺寸标注	202
10.1.4 零件图符号标注	204
10.1.5 零件图标题栏	204
10.1.6 零件图线宽度调整	204
10.2 跟我做——体验创建装配图	205
10.2.1 装配视图创建	205
10.2.2 零件引出序号	205
10.2.3 明细表	205
10.3 草图视图	207
10.4 修饰工程图	208
10.4.1 去掉图线	209
10.4.2 补充图线	210
10.4.3 剖切表达	210

10.4.4 螺纹的投影表达问题	211
10.4.5 其他画法处理	212
10.4.6 渲染的视图	212
10.4.7 选择问题	212
10.5 工程图的注释	212
10.5.1 模型尺寸和工程图尺寸	212
10.5.2 关于螺纹的标注	213
10.5.3 点评	215
10.5.4 尺寸的公差注释	215
10.5.5 形位公差注释和其他符号	217
10.5.6 装配图引出序号处理	217
10.5.7 第一个视图的方向设置	218
10.6 关于工程图资源	218
10.6.1 图纸格式定制	219
10.6.2 图纸框的定制	219
10.6.3 零件图标题栏的定制	220
10.7 关于标准	223
10.7.1 常用标签页	223
10.7.2 明细表	225
10.7.3 剖面线	226
10.7.4 结果的保存	226
10.8 关于略图符号	226
10.8.1 创建块的基础图线的体验	227
10.8.2 绘制尺寸注释的体验	228
10.8.3 将 AutoCAD 工程图转换到 Inventor 的工程图	228
10.8.4 使用略图符号	229
10.9 在工程图中修改模型尺寸	229
10.10 与 AutoCAD 联合处理工程图的可能性	229
10.10.1 体验 AutoCAD 描图	230
10.10.2 AutoCAD 描图的问题	231
10.11 在工程图中插入其他内容	232
10.12 工程图功能评论	233
第 11 章 表达视图相关技术	235
11.1 创建表达视图	235
11.2 跟我做——体验零件装配动作定义	235

第 1 章 绪论

1.1 从“电脑”说起

首先讨论的是一些“虚”的东西，一些关于 CAD 软件使用与设计的关系的讨论，其中的观念将贯穿全书。千万不要小看这些观念，这决定了读者使用 CAD 软件进行设计的效果。

把 Computer（计算机）称为“电脑”，从产生的过程看，可能是受到港台地区习惯用语的影响，好像很大众化。甚至连中央电视台这样的“标准”媒体也是时而“电脑”，时而“计算机”。

而实际上，这代表一种典型的概念错误。

1.1.1 脑

在广漠无边的，产生于原始大爆炸的宇宙中，据说只有地球这唯一的绿洲。

恰好的质量，造成恰好的引力，保留住厚度恰好的大气层，挡住致命的紫外线；恰好有铁质的核心，造成了强度合适的磁场，屏蔽了致命的太阳风。这些一起为生命提供保护。

恰好的地球与太阳之间的距离，恰好有水和合适的温度，为生命的起源提供了温床和合适的能源来源。

恰好就产生了植物，它们会将太阳的能量初次转换为可用的能源，为我们和动物提供了食物链的底层。

还是恰好，在生命进化中，鬼使神差，竟然从神经节进化出了大脑。

更为恰好的，一种超智能的生物——人，从中脱颖而出，成为地球上（也可能是我们的宇宙中）唯一最高级的生命形式！

这都是谁编写的程序？实在是“太”凑巧了，人类怀着孤独的心情，花费巨资搜寻另一个世界中的亲兄弟，想验证自己的种种推测，可结果是空手而归。

而在这一系列凑巧的结果中，“脑”是最不可理解的、最神奇的、最令人钦佩，也是最为凑巧的东西。即使是一只蟑螂的脑，也比人类最近制造的“智能机器”强上百倍，因为它真的会“思考”。

1.1.2 人脑

在一系列的“脑”中，人类的脑不知为什么与其他的脑存在着质的不同。例如对艺术的欣赏和理解能力，这可不是因为后天的教育、种族、地域等因素造成的，更是因为人脑会创造，而且具有着无穷无尽的创造力。

爱因斯坦“想”出来一个可能：在强引力场作用下，时空的弯曲将引起光线弯曲。而在一次日全食的观测中，证明他是对的。

阿基米德“想”出来几何定律，虽然我们生存的世界中并不存在相关的实例，但是我们今天还在用这些定律。

爱迪生“想”出来了电灯，使我们摆脱了黑暗。

我们使用的计算机，其根本原理竟然起源于中国的古老数学——八卦。

这些不是对自然的模仿，纯粹是“想”出来的新鲜玩艺。直到现在，人类还在这样“想”着，而计算机就是一个典型结果。

想，这就是“创造”。

会想，这就是人脑的奇迹所在。

笔者常常感到困惑的是：在思维上，几千年来人类可能没多少进展，例如：现在的世界还是沿用战国时期就建立的那些策略（可是当时人类的思维是怎样“突变”的呢？）；在应用技术上，几乎是按照几何级数在飞跃，例如：十年前的计算机和今天的计算机是多么不同，甚至有这样的感觉：那时候的计算机实在名不副实。

1.1.3 电脑

什么是“电脑”？不就是计算机硬件+应用软件嘛。但是，它真的是“脑”吗？

评价的标准很简单：会不会像人脑一样“思考”，而这种思考的标志就是创造。

最好的结果是：“深蓝”赢了人类象棋大师几盘棋。但笔者可以肯定，继续下去，人类将会越来越多地取胜，因为人类能够创造全新的、从未有过的战略战术，而“深蓝”不能。其实，这并不是公平的竞赛，为了教会“深蓝”下棋，有多少人在写程序。

这样的东西能称为“脑”吗？

好多年以前，人类中曾经有这么一伙软件设计师，自认为已经了解了神秘的脑的工作模式，可以用自己的程序模拟脑的处理过程，这就是“人工智能”的研究。他们认为一个CAD软件，可以在和工程师做了几个设计之后，“学会”工程师的设计思维方法，因此能够与人平等地实施设计过程（并称之为“专家知识库的自学习”功能）。

能吗？至少已经发生的事实说明，不能。因为计算机是人脑的衍生物，它只再现了人脑思维中能够表面化的一小部分功能。因为计算机不是人脑，它无法像人一样思考，像人一样创造。

笔者认为，这应当是一条规律。并且是一条永恒的规律。

1.1.4 软件

软件做什么？实现一些规则处理的自动化。

什么规则？例如： $1+2=3$ 。“加法”是功能，而“ $1+2=3$ ”是规则。

这样的规则有个特点，必须是明确的、可由程序实现的。这些规则越明确，软件就越容易实现，而不在乎多么庞大。

操作系统软件的规则，几乎完全由软件设计师单方面确立，当然是建立在共同常识的基础上的。因此这样的软件相对容易创建，大家都按照既定的规则使用，也容易掌握、很少争议。

专业应用软件（例如CAD）的规则（设计构思）几乎完全是用户的已有模式，而且与常识不同。因此这样的软件不容易写好，大家按照自己各自的设计构思（规则）理解和使用软件，掌握起来就不容易了、存在着大量的争议。

1.2 关于“规则”

前面提到了规则，必然引发谁确立、谁遵守的问题。

搞清楚这个问题，就能恰当地确定我们自己的位置和对策，把精力用到合适的地方，以较快的速度掌握软件、更好地使用软件。

笔者认为，许多人、在许多年的时间中都在使用 CAD 软件，可还是不能解决很多实际问题，关于规则的概念不清楚是主要原因。

1.2.1 谁确立规则

是软件设计者。

是软件设计者根据从用户中听说的设计需要，经过自己理解和总结之后，结合自己所掌握的数学模型和程序设计技术而确立的。

这里有两个要素：

- 数学模型

这是研究数学的人们创立的。随着技术进步，这个模型也在完善，能力逐渐加强。所以我们看到 CAD 软件已经比过去“能耐”多了。但是，这种计算模型只不过是人类的一小部分思维的模仿。因为这种模仿始终是在人脑后面一步一步地爬行，所以就 CAD 软件算法核心而言，创立它的数学家们，与一个一般工程师相比，其规则的符合程度仍然是“相差甚远”。

- 软件工程师的理解

这是问题最多的环节。要不怎么叫“隔行如隔山”！

笔者从来也没相信过（因为已经发生的事实就是如此），笔者对于某设计的思考过程，能够被一个软件工程师真正理解。这就麻烦了，CAD 使用者的思维，与 CAD 创立者的思维不一致，但软件运行的规则却是他们说了算。

但这就是事实，找不到更改办法的事实。只有我们自己亲手编写的程序才可能做到与自己的设计思维基本吻合，而这样的程序，笔者在 AutoCAD 中作了许多。

1.2.2 谁执行规则

是软件使用者。

是软件使用者按照自己的设计需求，依据软件提供的规则（如果提供了），来完成自己的使用过程。这些使用规则，在没有 CAD 软件之前就早已确定了，而且不可能依据软件能否做到而明显改变这些已有规则。这一点在 CAD 类软件使用中尤为明确。

这里还有一个确实存在的问题：使用者是不是明确了自己的规则。

笔者遗憾地看到，相当一部分 CAD 软件的使用者并不明确自己的规则，就是说，他们的设计能力尚未达到合格工程师的水平。因此，他们只好从软件中寻求“设计思维”的规则。

1.2.3 谁解释规则

不甚明确。

在使用 CAD 软件进行设计的过程中，最常见的现象是人在与软件叫劲，这几乎是永恒的主题了：“你怎么就做不到这个要求呢？！这不是很简单吗？！”然后，上火、着急。以前的传统设计证明，这个要求并不过分，而在这个要求下实现的设计已经被制造和使用过程验证过了；从逻辑上说，没有任何问题的，可 CAD 软件就是做不成。

谁来解决这个问题？谁来告诉我们怎样实现设计要求的规则？

利用软件的在线帮助？没用，因为在线帮助只有某个功能的解释，而没有解决设计需求

的方法。

书？不好说。实际上许多作者对软件使用的理解还不如读者深透。

怎么办？没人解释这些规则。可能的方法就是“自己救自己”。

1.2.4 谁完善规则

当然是软件开发商。

但是，他们是按照他们的理解，而不完全是用户的意见。

因此，直到现在，Inventor 也不能正确处理筋在工程图中的剖切表达，因为他们认为这种要求“不是很广泛的需要”。

有人说了：我的要求十分有道理的呀，例如中国标准的标准件库。

可是只有中国地区销售份额，而且有大量的盗版用户，Autodesk 为什么要投入大笔资金来满足中国用户呢？

经销商也可能在用户的压力下做一点完善的工作，但是由于不想真正投入，结果也不过是敷衍而已。

所以，规则的完善远不会是我们所希望的那样。这样，有效地使用 CAD 软件的主要工作，应当是解决我们自己的问题。至少这样做是可能的、是有效的、是由我们自己说了算的、是有希望做到的。

在规则尚不完善的条件下，能用多少就用上多少、能解决一个问题就是一个问题，随着软件的完善，能解决的问题将会越来越多。

而尽快掌握软件的定制和程序设计技术，绝对是在规则尚不完善的前提下，扩大我们的使用战果的有效手段。

1.2.5 软件应用效果的分析比较

为了能清楚地说明问题，下面用大家都熟悉的 Word 和 AutoCAD 进行比较，如表 1-1。

表 1-1 Word 与 AutoCAD 的比较

项 目	Word	AutoCAD
所涉及的知识范围	常识	比较专业
软件设计者对未来使用的理解	到位	不太到位
软件功能与用户需求的关系	相当对应	需要自己对应
需要用户定制的部分	很少	很多
普通百姓掌握使用技术的难度	简单	比较难
现有参考书的指导作用	很大	很小
通常的使用效果	好	一般

还有一个比较，可以用来说明专业基础与 CAD 软件使用效果的关系。

例如用 Word 写文章，打印结果相当好，文字整齐，几乎与印刷品一样。用 AutoCAD 绘图输出也可以得到高质量的图片。

但是如果您的文笔并不好，或者心中空荡荡的，就算文章打印出来很漂亮，可读起来却味同嚼蜡。同样用 AutoCAD 绘图也一样，图再好看，设计出来的东西却不行。

软件的功能越强大，用户对它的希望值就越高，该做而做不成的时候，用户就越加恼火，

对于 Inventor 也是如此。

笔者不是在为 Autodesk 开脱，而是说了一个事实。与中国的软件开发者沟通，前面我说了体会：难；与美国的软件开发者沟通，难上加难。即使是极具建设性价值的建议，也很难到达“该听的人”的耳中。

当然，我们看到 CAD 软件的进步也是很神速的，可同时也必须看到，人类的设计能力的进步比这还要快。这也是事实。

1.3 怎样有效地使用 CAD 软件

CAD 软件的开发是一个重大的技术进步，对于提高我们的设计质量、设计能力、设计效率，起到了前所未有的推动作用。

1.3.1 从一种典型的观念说起

有相当多的人在研究，如何在 CAD 软件中创建渐开线齿轮，笔者至少已经听到几十次这样的说法，这是 CAD 软件的一个应用误区。不是不能完成，而是能相当精确地完成齿轮造型。这里的关键是“为什么要这样做，做完之后又想怎样”。如果说只是想“看一看”，似乎找一个齿轮零件看看更好。

天下没有“仅仅为了”的事情，每一件事情都有它的前因后果。对于 CAD 技术中的原始模型的创建，更没有“仅仅为了”的事情。

从二维 CAD 技术来说，设计总要绘图，因为一个工程师无法记住自己的设计（那怕是较简单的设计）中的全部细节，图形表达就是唯一的方法。这些图首先是给设计者自己看，为了记住、研究和配凑设计自己的构思。其次是给别的工程师看，为了互相讨论交流，共同合作完成设计。最后是为了给制造者看，为了将设计意图在制造车间变成实际零件。可见，我们绘制工程图，实际上是设计思维的表达手段，从来也没有“仅仅是为了绘制这个图”的可能。

时至今日，软件已经有了质的飞跃，但是在多数用户那里，一提起 CAD，人们仍然先想到代替手工绘图，而不是有效地进行全面辅助设计。以至于许多机械设计部门的领导会问，过去我们用纸绘图，现在用计算机了，这两者有什么不同？从设计过程来看，真的没多少不同。在纸上不好办的事，现在仍然不好办；图纸画得规范、漂亮，而设计质量却没有提高多少；仅从绘图来看，提高了一些效率，可考虑到软硬件的投资，日常消耗品的投资，这点效率似乎很不够，很难说清楚这笔投资的回收期多长，能否在系统技术折旧到期之前有盈利。所以，仅仅是计算机辅助绘图，并不能够提高设计质量，解决技术创新中的关键问题。

使用 CAD 软件之前要有两个基本的标准：用 CAD 软件要解决什么问题？怎样评估要解决的问题是否已经解决？否则就是相当盲目的。

回到一开始的讨论，在 CAD 软件中创建齿轮，既不必进行装配啮合仿真，也没有必要用什么软件进行这种啮合过程的应力分析。笔者曾经与一位研究生争论过这个问题，他说想用这种方法研究渐开线蜗轮付的啮合过程干涉。“您有这样的信心吗？就是说，你能够在 CAD 软件的支持下，找到经典的齿轮设计理论和设计标准中的漏洞吗？”。结果是清楚的：不能。那您还做齿轮干什么！