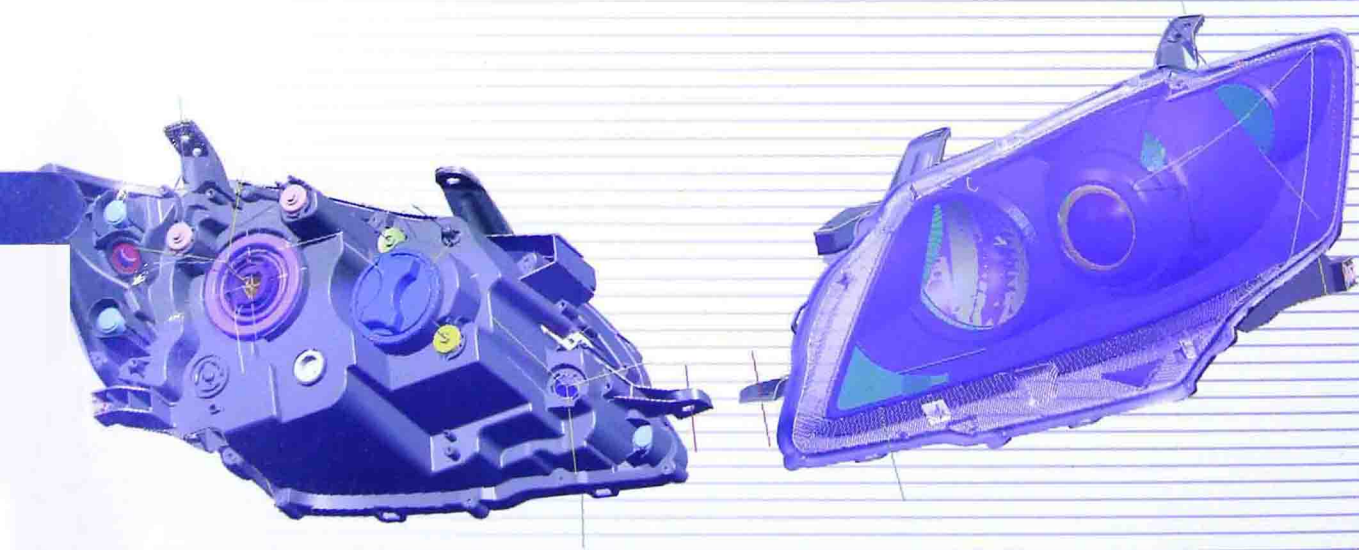


机械工程系列规划教材

逆向工程项目实训

主 编 杜志忠 陆军华
副主编 康显钢 冀盛东 李梅贵



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

机械工程系列规划教材

逆向工程项目实训

主 编：杜志忠 陆军华

副主编：康显钢 冀盛东 李梅贵



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

逆向工程项目实训 / 杜志忠, 陆军华主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2014.7

ISBN 978-7-308-13539-9

I. ①逆… II. ①杜…②陆… III. ①工业产品-计
算机辅助设计-教材 IV. ①TP472-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第158029号

内 容 简 介

本书是关于实用逆向工程技术的教材。全书共分 6 章, 第 1 章主要介绍逆向造型的基础知识, 第 2 章至第 6 章分别给出了 5 个典型的逆向工程应用实例, 这些实例从简单到复杂, 且所有案例均采用逐步深入(step by step)的方式, 详细讲解两方面内容: 一是产品的特征分析方法, 以培养读者扎实的产品分析能力和正确的建模思路; 二是逆向建模的操作技巧, 使读者快速掌握 UG NX 软件的逆向造型方法。配套光盘中包含了所有实例的三坐标测量点数据以及逆向设计的最终结果, 供读者进行练习并检验练习结果。

本书所讲授的逆向造型技术和操作方法在 UG NX 5/6 版本中均适用。本书可作为中职模具、CAD、工业设计、汽车工程等专业的逆向设计课程的教材, 也可作为各类培训机构的逆向工程技能的培训教材, 并可作为汽车、模具等行业逆向设计工程师的参考书。

逆向工程项目实训

主 编 杜志忠 陆军华

副主编 康显钢 冀盛东 李梅贵

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州金旭广告有限公司

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 23.5

字 数 542千

版 印 次 2014年 7 月第1版 2014年 7 月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-13539-9

定 价 48.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式 (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

《机械工程系列规划教材》

编审委员会

(以姓氏笔画为序)

丁友生	王卫兵	王志明	王敬艳	王翠芳	古立福
刘绪民	杜志忠	李绍鹏	杨大成	吴立军	吴治明
邱国旺	陆军华	林华钊	罗晓晔	周文学	单 岩
赵学跃	贾 方	徐勤雁	谢力志	鲍华斌	蔡玉俊

前 言

逆向工程(Remove Engineering, 又称为反求工程、反向工程、三坐标点测绘造型、抄数等), 这个在 20 世纪 90 年代末期还几乎无人知晓的技术术语, 仅仅用了不到十年的时间就迅速发展成为制造业中的一项“时尚”技术, 它在产品(尤其是交通工具)设计领域的普及速度之快, 简直可与数控技术在加工领域的普及速度相媲美。

虽然逆向工程在制造业中如此热门, 但时至今日, 却难以找到一本关于实用逆向工程技术的教材。尤其是在各种 CAD/CAM/CAE 软件应用教材铺天盖地的今天, 实用逆向工程培训图书的极度匮乏与它的广泛应用相比, 反差巨大, 令人费解。

针对这一现状, 我们编写了这本逆向工程基础与实例教程。全书共分 6 章, 第 1 章介绍 UG NX 软件中进行逆向设计的基础知识, 第 2 章至第 6 章分别给出了 5 个典型的逆向工程应用实例, 这些实例从简单到复杂, 全部是作者逆向造型多年教学与培训中所采用的经典案例。

书中所有案例, 均采用逐步深入(step by step)的方式详细讲解两方面内容: 一是产品的特征分析方法, 以培养读者扎实的产品分析能力和正确的建模思路。二是逆向建模的操作技巧, 使读者快速掌握 UG NX 软件的逆向造型方法。

本书所讲授的逆向造型技术和操作步骤基于 UG NX 6 版本。本书可用于中职模具、CAD、工业设计、汽车工程等专业的逆向设计课程的教学, 也可用于各类培训机构的逆向工程技能培训, 还可用作汽车、模具等行业设计工程师的参考资料。

本书由杜志忠(厦门市集美职业技术学校)、陆军华(杭州博洋科技有限公司)、康显钢(厦门市集美职业技术学校)、冀盛东(厦门市集美职业技术学校)、李梅贵(厦门市集美职业技术学校)等编写, 杭州浙大旭日科技开发有限公司提供技术支持。限于作者的知识水平和经验, 书中难免存在疏漏之处, 恳请广大读者批评指正。

作 者

2014 年 6 月

目 录

第 1 章 逆向造型技术基础	1
1.1 样条线	1
1.1.1 样条线的基本概念	1
1.1.2 样条线的创建	2
1.1.3 拟合样条线的创建	4
1.1.4 样条线的编辑	5
1.1.5 基本曲线转化为样条曲线	8
1.2 从点云构面	9
1.3 规律延伸曲面	10
1.4 直接建模	12
1.4.1 移动面	12
1.4.2 替换面	14
1.4.3 删除面	14
1.5 偏差	15
1.5.1 检查	16
1.5.2 边到面实例操作	18
1.6 几何属性	19
1.6.1 分析类型	19
1.6.2 几何属性实例操作	20
1.7 曲线	21
1.7.1 曲率梳	21
1.7.2 曲率梳选项	22
1.7.3 曲率梳图形对比及质量判别	22
1.7.4 边曲率梳实例操作	23
1.8 形状	24
1.8.1 截面	24
1.8.2 等参栅格实例操作	26
1.9 曲面连续性	27
1.9.1 偏差类型	28
1.9.2 连续性检查	28

1.9.3	显示选项	28
1.9.4	曲面连续性实例操作	28
1.10	面	29
1.10.1	斜率	30
1.10.2	斜率实例操作	30
1.10.3	反射	31
1.10.4	连续性判别(反射应用)	32
1.10.5	反射实例操作	33
1.11	拔模	34
1.11.1	选项介绍	35
1.11.2	注意事项	35
1.11.3	拔模实例操作	36
1.12	简单干涉	38
1.12.1	选项介绍	38
1.12.2	简单干涉实例操作	38
第 2 章	电池盒底座	41
2.1	产品分析	41
2.2	输入点数据	43
2.3	确定脱模方向	45
2.4	确定对称平面	47
2.5	底座主体(base)制作	50
2.6	节点 B1 制作	64
2.7	节点 B2 制作	78
2.8	节点 B3 制作	88
2.9	节点 B4 制作	91
2.10	节点 B5 制作	93
2.11	节点 B6 制作	95
2.12	节点 B7 制作	98
2.13	后处理	100
第 3 章	电动工具	103
3.1	产品分析	103
3.2	输入点数据	104
3.3	确定脱模方向	105
3.4	确定对称平面	108
3.5	电动工具主体制作	110

3.6	节点 B1 制作	114
3.7	节点 B2 制作	118
3.8	节点 B3 制作	127
3.9	后处理	136
第 4 章	摩托车后视镜	139
4.1	产品分析	139
4.2	输入点数据	140
4.3	确定脱模方向	143
4.4	型腔表面	147
4.4.1	顶面(B1)制作	147
4.4.2	侧面(B2)制作	155
4.4.3	侧面(B2)的完善	161
4.5	圆角制作	166
4.5.1	圆角 A 制作	167
4.5.2	圆角 B 制作	168
4.5.3	圆角 1-3 制作	169
4.5.4	圆角拼接制作	170
4.6	圆角 4 制作	174
4.7	圆角拼接制作	183
4.7.1	圆角拼接 1 制作	184
4.7.2	圆角拼接 2 制作	186
4.8	曲面修剪	186
4.9	型芯表面制作	188
4.10	手柄制作要点提示	189
第 5 章	助动车后备箱	191
5.1	产品分析	191
5.2	输入点数据	192
5.3	确定拔模方向	194
5.4	三个水平面制作	197
5.5	顶面制作	198
5.6	侧面制作	204
5.6.1	侧面 A 制作	204
5.6.2	侧面 B、C 制作	208
5.6.3	圆角 A1、A2 和 A3 的创建	211
5.7	四个平面制作	212

5.7.1	Plane A 制作	213
5.7.2	Plane B 制作	215
5.7.3	Plane C 制作	217
5.7.4	Plane D 制作	218
5.8	小侧面制作	220
5.8.1	小侧面 A	220
5.8.2	小侧面 B	226
5.9	Surface A、B、C 制作	230
5.9.1	Surface A 制作	230
5.9.2	Surface B 制作	233
5.9.3	Surface C 制作	236
5.10	曲面修剪	237
5.11	圆角制作	241
5.11.1	圆角 F1、F2	242
5.11.2	圆角 F3、F4	244
5.11.3	圆角 F5、F6	245
5.11.4	圆角 F7、F8 和 F9	247
5.11.5	圆角 F10	250
5.12	底侧面及其圆角制作	251
5.12.1	底侧面制作	252
5.12.2	圆角制作	254
5.13	镜像、补面	257
5.14	后续补充	262
第 6 章	摩托车前把总成	263
6.1	产品分析	263
6.2	输入点数据	264
6.3	确定脱模方向	265
6.4	大面 1 制作	273
6.5	平面 1 制作	278
6.6	大面 2 制作	280
6.7	圆角 1 制作	283
6.8	平面 2 制作	286
6.9	平面 3 制作	287
6.10	大面 3 制作	288
6.10.1	Plane A 制作	288
6.10.2	Surface A 制作	290

6.10.3	Surface B 制作	291
6.11	曲面 4 制作	294
6.12	曲面 5 制作	298
6.13	圆角 2 制作	301
6.14	曲面 6 制作	302
6.15	曲面拼接	304
6.15.1	拼接曲面 A 制作	305
6.15.2	拼接曲面 B 制作	306
6.15.3	拼接曲面 C 制作	311
6.16	圆角 3 制作	314
6.17	曲面 7 制作	315
6.18	圆角 8 制作	321
6.19	圆角 9 制作	322
6.20	边界平面制作	326
6.21	消失特征制作	328
6.22	圆角 10、11 制作	338
6.22.1	圆角 10 制作	338
6.22.2	圆角 11 制作	340
6.23	圆角 12、13、14 制作	343
6.23.1	圆角 12 制作	343
6.23.2	圆角 13 制作	345
6.24	边界制作	348
6.24.1	边界区域 A	349
6.24.2	边界区域 B	353
6.24.3	边界区域 C	355
6.24.4	边界区域 D	357
6.25	镜像、补面	360
6.26	黑色件制作提示	365

第1章 逆向造型技术基础

本章主要介绍逆向造型的基础知识和一些常用的命令，这些命令在普通造型中可能很少用到，在其他基础书中也很少会介绍这部分内容，尤其是关于曲线和曲面方面的分析工具。通过结合书中的例子，读者可以不需要关于 CAD 的相关理论知识，尤其是曲线和曲面方面的知识，就可以比较轻松地理解不经常使用的命令和高级分析命令的用法。

本章重点内容

- 样条线的创建与编辑
- 点云构面和规律延伸
- 直接建模
- 分析工具

1.1 样 条 线

样条线是构建自由曲面的重要曲线，在逆向造型中使用非常频繁，样条线可以是平面样条，也可以是空间样条；可以是封闭的，也可以是开环的；可以是多段样条线，也可以是单段样条线。在 UG NX 中有三种创建样条线的方法，用得最多的是拟合样条。

1.1.1 样条线的基本概念

1. 样条线的阶次

每个样条都有阶次——这是一个代表定义曲线的多项式阶次的数学概念。阶次通常比样条线段中的点数小 1，因此样条线的点数不得少于阶次。UG NX 最高可以使用 24 阶样条曲线。

2. 样条线的段数

样条线可以采用单段和多段的方式生成。

单段：单段样条线的阶次由定义点数量决定，阶次=点数-1。因此单段样条曲线最多只能使用 25 个点，这种构造方式受到一定的限制，定义点的数量越多，样条线的阶次越高，阶次越高样条线就会出现意外结果，如变形等；而且单段样条线不能封闭，因此不建议使

用单段构造样条线。

多段：多段样条线的阶次由用户自己定义(≤ 24)，样条线定义点数量没有限制，但至少比阶次多一些。在逆向造型中，通常采用 3~6 阶样条线；如果还不能满足过点的要求，则可以增加样条线的段数，但要尽量保持阶数小于 6 阶。

3. 定义点

定义样条线的点。根据极点方法创建样条线没有定义点，在编辑样条线时可以添加定义点，也可以删除定义点。

4. 节点

节点即为每段样条线的端点，主要针对多段样条线。单段样条线只有两个节点，即起点和终点；多段样条线的节点=段数 - 1。

5. 开放和封闭

通常，样条线是开放的，它们开始于一点，结束于另一点。通过选择【封闭曲线】选项可以创建开始和结束于同一点的封闭样条线。该选项仅可用于多段样条线。

1.1.2 样条线的创建

打开光盘中的【Chapter1】文件夹中的【spline】文件，该文件是已经处理好的某产品的轮廓，如图 1-1 所示，要求创建样条线，样条线的过点情况小于 0.2mm。



图 1-1

【操作步骤】

(1) 选择 UG NX 中的【插入】|【曲线】|【样条】命令，或单击【曲线】工具条中的【样条】图标，弹出如图 1-2 所示的【样条】对话框。

(2) 选择【拟合】选项，弹出如图 1-3 所示的选择点类型对话框。



图 1-2



图 1-3

(3) 选择【全部成链】选项，在绘图区选择点数据两端的点作为起点和终点，起点和终点中间所有点将被选中，弹出如图 1-4 所示对话框。在【拟合方法】类型中选择【根据分段】，【曲线阶次】文本框中输入 3，【分段】文本框中输入 1，单击【应用】按钮，在绘图区生成样条线，对话框最下方的【拟合错误】区域显示最大值和平均值。

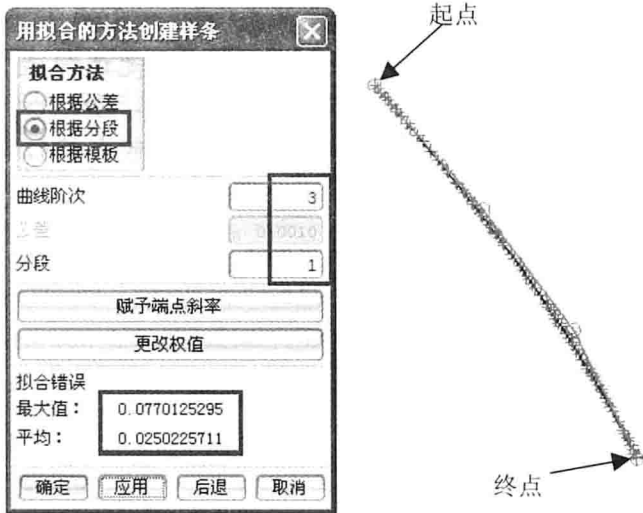


图 1-4

在逆向造型中一般使用“拟合”类型。“拟合”功能是在指定公差范围内将一系列点拟合成样条线，所有在样条线上的点和定义点之间的距离平方和最小。该方法有助于减少定义样条线的点数，提高曲线的光顺性。逆向造型中测量的点数据一般不规范，为了保证生成样条线的光顺性，所以必须使用“拟合”选项。

“点类型”选择对话框中选项是根据点数据的情况进行选择。如例子中只有这些点数据，可以选择“全部成链”，这样指定起点和终点，起点和终点之间的所有点将一起被选中；如果数据很多，起点和终点之间的点数据会有歧义，出错的几率非常大，所以只能使用矩形或多边形来进行选择，或者直接通过“点构造器”来进行选择，这样需要手动对每个点进行选择，比较费时间，使用最多的还是“在矩形内的对象成链”和“在多边形内的对象成链”。

为了保证样条线的光顺性，“拟合方法”必须选择“根据分段”，“曲线阶次”从小变大，尽量不超过 6 阶；“段数”默认为 1，只有在阶数为 6 阶还不能满足过点要求时，才可适量增加段数。

(4) 生成的样条线不仅要满足过点的要求, 还要满足光顺性要求, 所以还需要对生成的样条线的光顺性进行分析。选择【分析】|【曲线】|【曲率梳】命令, 或单击【形状分析】工具条中的【曲率梳】图标, 选择生成的样条线, 即会显示该样条线的曲率梳(如图 1-5 所示), 通过曲率梳可以知道该样条线的光顺性。再次单击【曲率梳】图标即可关闭曲率梳。(通过曲率梳判别样条线的光顺性请参考后面的内容)

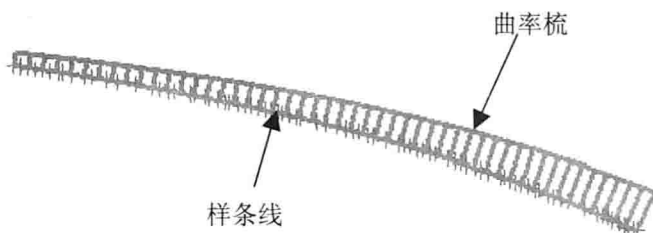


图 1-5



使用曲率梳命令来检验样条线的光顺性, 这是逆向造型的必要手段。在创建完样条线时都尽量使用曲率梳检验一下光顺性, 否则很容易影响通过该样条线生成的曲面。曲面不光顺时很大原因是构成该曲面的样条线不光顺。

(5) 删除生成的样条线, 不关闭文件。

1.1.3 拟合样条线的创建

使用上一节的文件来创建拟合样条线。

【操作步骤】

(1) 选择【插入】|【曲线】|【拟合样条】命令, 或单击【曲线】工具条中的【拟合样条】图标, 弹出如图 1-6 所示的【拟合样条】对话框。



图 1-6

(2) 对话框中的选项都使用默认值，根据点数据的情况改变阶次和段数。阶次和段数的设置要求与前面的样条线创建相同，在这里默认阶次为 3，段数为 1。按住鼠标左键，拖动鼠标框选所有点数据，鼠标拖过的轨迹要封闭，如图 1-7 所示。单击鼠标中键完成，显示预览的样条线，在对话框下部显示拟合误差，如图 1-8 所示。如果拟合误差大于规定值，则对点数据进行处理，删除明显的错误点，再进行拟合。

(3) 保留生成的样条线，不关闭文件。

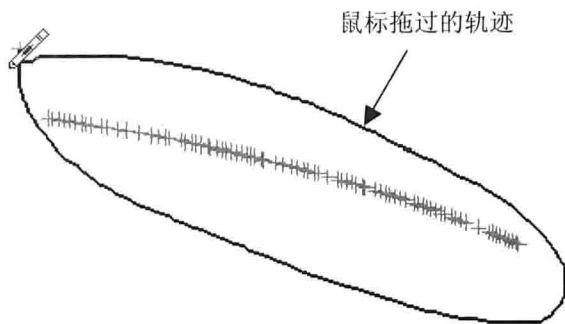


图 1-7

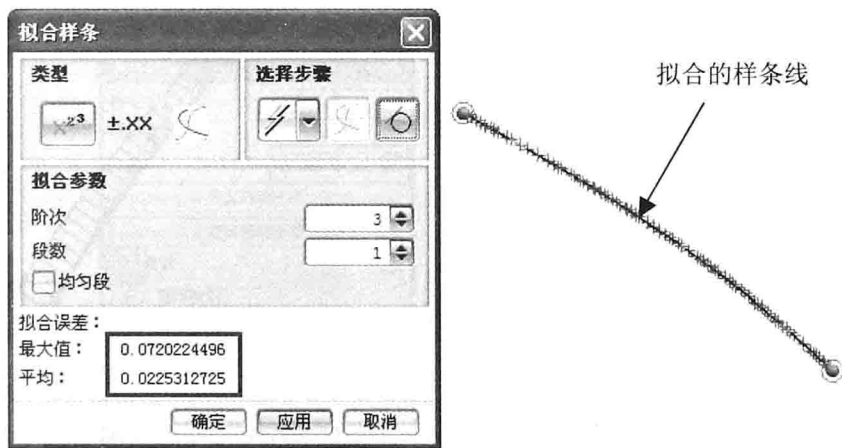


图 1-8



使用“拟合样条”命令比前面所介绍的“样条”命令创建样条线的速度更快，在点数据比较规范的情况下，更多的是使用“拟合样条”命令来创建样条线，拟合类型选择“阶次和段”。

1.1.4 样条线的编辑

通过前面介绍的方法创建的样条线，并不能保证所有生成的样条线都能满足要求。如果不能满足要求，还需要对生成的样条线进行编辑，本节将介绍常用的样条线编辑功能。

样条线不满足要求通常有两个原因：一是样条线与点误差太大，二是样条线的光顺性不够。这两种情况都可以通过调整样条线的控制点来改变样条线，以达到规定要求。

编辑样条线通常有两种方式：一种是直接双击样条线，弹出【艺术样条】对话框来编辑，另一种是使用【编辑曲线】工具条中的【编辑曲线参数】命令来编辑。下面对这两种编辑方式进行介绍。

【操作步骤】

(1) 选择生成的样条线，单击【形状分析】工具条中的【曲率梳】图标，即可显示样条线的曲率梳，参见图 1-5 所示，曲率梳在调整时会动态变化，在调整时通过曲率梳可以知道样条线的光顺性变化情况。

(2) 直接双击生成的样条线，弹出如图 1-9 所示【艺术样条】对话框，并在样条线上显示其控制点，直接用鼠标左键拖动控制点即可调整样条线，调整时曲率梳也会动态改变。打开微调【启用】复选框，控制调整速度，可以对样条线进行微小调节，这对小误差调节非常方便。

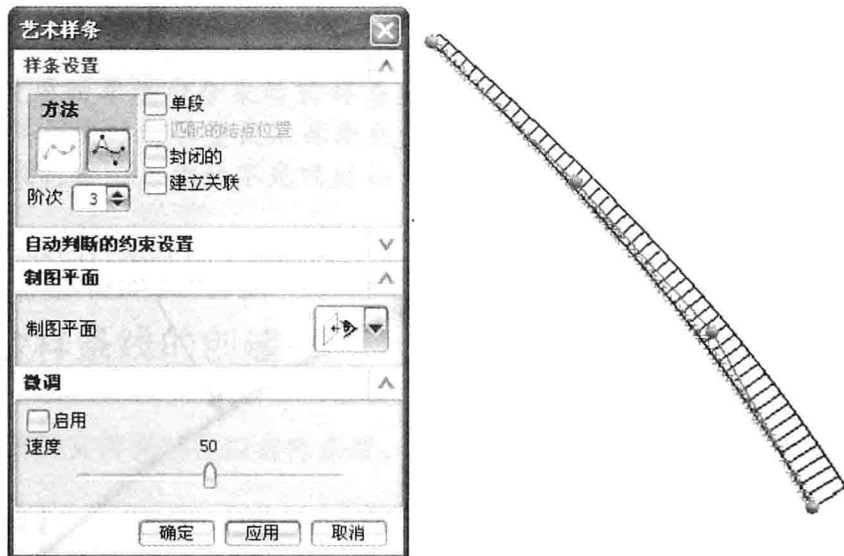


图 1-9

在使用“艺术样条”命令编辑样条线时，如果样条线是平面曲线，在调整控制点时，控制点自动在该平面内移动；如果样条线不是平面曲线，在调整时就要注意“制图平面”选项的选择了。

使用“艺术样条”命令编辑样条线时，还可以快速对样条线的两端指定约束关系，这也是样条线编辑常用的功能。

(3) 调整满足要求后，单击【确定】保存改变结果，退出艺术样条编辑状态。

(4) 选择【编辑】|【曲线】|【参数】命令或单击【编辑曲线】工具条中的【编辑曲线参数】图标，弹出如图 1-10 所示【编辑曲线参数】对话框。

(5) 选择样条线，弹出如图 1-11 所示【编辑样条】对话框，通过该对话框可以对样条线的很多属性进行编辑，在这里只对使用最频繁的【编辑极点】进行介绍。



图 1-10

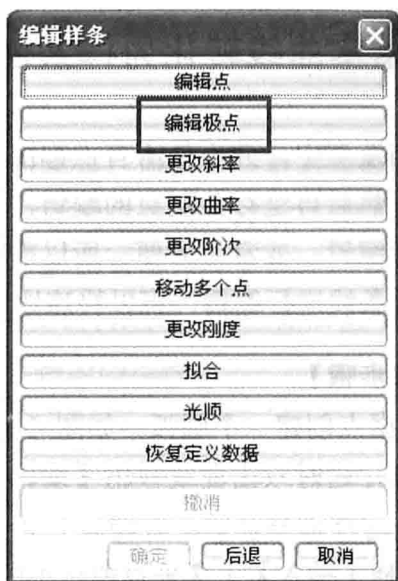


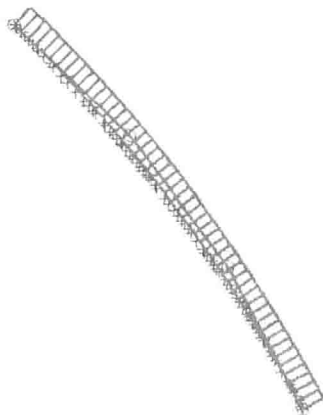
图 1-11

(6) 单击【编辑极点】选项，弹出如图 1-12 所示【编辑极点】对话框，相应的样条线上会显示其控制点，用鼠标左键可以拖动控制点来调整样条线。

(7) 删除样条线，不关闭文件。



图 1-12



在“编辑极点”对话框中注意两个地方：一是“约束”选项，由于调整的曲线通常为平面曲线，所以在调整时约束类型选择为“在曲线平面上”，这样可以保证在拖动控制点时，曲线永远在该平面内；二是“微调”按钮，在创建样条线时，样条线已经大致满足要求，只是还需要微小的调整，所以在调整时需要按下“微调锁定”，这样在调整时变化就不会太大。

有时用相交命令求出的交线阶数和段数非常大，可以用图 1-11 所示对话框中的“拟合”命令对样条线的阶数和段数进行重新指定，然后再使用编辑命令对样条线的控制点进行编辑。

