

3D Studio MAX R3

桥梁三维建模动画基础

陈正斌 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书从实际教学和设计工作所应用的桥梁方案实例入手,系统地将3D Studio MAX 的命令、操作技巧、设计理念融为一体,以图文并茂的形式,深入浅出地介绍了桥梁建模、渲染、制作整个过程,具有较强的可读性和可操作性,适合桥梁专业学生学习,对非桥梁专业学生以及动画爱好者也有较高的参考价值。本书可帮助读者运用3D Studio MAX R3 版本建模了解桥梁结构以外,并能通过建模制作出精美的桥梁方案效果图。

3D Studio MAX R3

桥梁三维建模动画基础

QiaoLian San Wei Jian Mo Dong Hua JiChu

陈正斌 编著

正文设计:涂 浩 责任校对:戴瑞萍 责任印制:

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

各地新华书店经销

开本:787 × 1092 1/16 印张: 字数: 千

年 月 第1版

年 月 第 版 第 次印刷

印数: 册 定价 元

ISBN 7-114

前 言

用 3D Studio M A X 快速、准确、生动地创建出自己设计的一座桥梁,是每一个热爱桥梁专业学生梦寐以求的。为了从三维中了解桥结构,并创造性地发挥自己的想象力,设计出美观、实用的新型桥梁,在 3D Studio M A X 的学习中,除了要遵循其规律,还要运用一些技巧,并要实实在在地了解桥。桥梁结构复杂,构造繁多,要真正完全建好桥梁三维模型不仅仅要建好外表结构,内部结构更是不可忽视。本书集长期使用 3D Studio M A X 软件的经验,分析归纳并提出了理想的操作模式。相信读者在认真学习完本教材后,一定可以独立完成桥梁方案图的设计,渲染出自己理想中的桥梁作品。

本书在介绍桥梁实例建模中,如果真正把桥梁的每个细部结构,乃至一个螺钉都详尽建模,是能够实现的,但是这样要耗费计算机的大量空间,在书中由于图纸和数据收集不全和为了计算机正常运行,某些细部在不影响主体结构的情况下,作了些删除和修改,在此加以说明。

本书共分九章,内容由浅入深,运用大量实例,较全面地介绍了 3D Studio M A X 的基本命令、功能和应用技巧,使读者不仅可以掌握软件的基本用法,而且可以学到一些桥梁的基本知识。

本书在编著过程中,得到重庆交通学院有关领导及教务处处长程昌华教授、副处长周开发副教授和教材科的大力支持。本书由桥梁教研室邹毅松副教授主审,并承蒙张莉英语翻译,何跃、唐玉勃、鲜文斌、熊振明、陈多仇参与个别章节编写,吴树旗、周凤进行了文字编排,在此表示真诚的感谢,由于水平有限,加上时间仓促,书中不妥之处,恳请读者给予批评指正。

作 者

2001 年 7 月 6 日

目 录

第一章 建模、材质、动画的基本过程概述	1
1.1 三维模型的造型与界面	1
1.1.1 建立一个三维模型	1
1.1.2 调整三维模型的参数	2
1.1.3 材质编辑器贴图与颜色	2
1.1.4 运用材质编辑器	4
1.1.5 3DS MAX 动画的基本原理	5
1.2 一座桥梁的建模动画制作过程	6
1.2.1 桥梁建模	7
1.2.2 桥梁的材质贴图、灯光和摄像机	14
1.2.3 桥梁的动画制作过程.....	16
1.2.4 保存动画场景、预演及渲染动画	19
第二章 3DS MAX 界面与操作系统	21
2.1 计算机模拟的三维空间.....	21
2.1.1 视图的种类.....	21
2.1.2 快捷键和视图转换显示方式.....	23
2.1.3 视图的控制区.....	25
2.2 菜单栏详解.....	26
2.2.1 文件(File)菜单	27
2.2.2 编辑(Edit)菜单	27
2.2.3 工具(Tool)菜单	28
2.2.4 组(Group)菜单	29
2.2.5 视图(Views)菜单	30
2.2.6 渲染(Rendering)菜单	31
2.2.7 轨迹视图(Track View)菜单.....	32
2.2.8 示意性查看(Schematic View)	33
2.2.9 定制(Customize)	34
2.2.10 MAX 脚本(Script)	35
2.2.11 帮助(Help)菜单	36
2.3 工具栏命令详解.....	36
2.3.1 杂项工具.....	37
2.3.2 选择交换工具.....	37
2.3.3 对象变换和空间位移工具.....	38
2.3.4 坐标系统工具.....	39

2.3.5	捕捉系统工具.....	40
2.3.6	动画控制系统工具.....	41
2.3.7	渲染工具.....	41
2.4	命令面板工具.....	42
2.4.1	创建(Create)工具.....	42
2.4.2	选择对象类型.....	42
2.4.3	几何体默认目录.....	43
2.4.4	创建基本图元.....	43
2.4.5	标准图元(Standard Primitives).....	44
2.4.6	扩展图元(Extended Primitives).....	44
2.4.7	复合物体(Compound Object).....	44
2.4.8	粒子系统(Particle Systems).....	44
2.4.9	面片网格(Patch Grids).....	44
2.4.10	Nurbs 曲面(Nurbs Surfaces).....	44
2.4.11	形体(Shapes).....	44
2.4.12	灯光(Lights).....	45
2.4.13	相机(Cameras).....	45
2.4.14	帮助对象(Helpers).....	45
2.4.15	空间扭曲(Space Warps).....	46
2.4.16	系统(System).....	47
2.5	修改命令工具.....	47
2.5.1	特殊控制器.....	48
2.5.2	控制器和颜色.....	48
2.6	创建三维动画的基本步骤.....	49
2.6.1	设置场景(Setup Your Scene).....	49
2.6.2	建模(Modeling Object).....	49
2.6.3	设计材质(Designing Material).....	50
2.6.4	放置灯光和相机(Placing Lights and Cameras).....	50
2.6.5	设置场景动画(Animating Your Scenes).....	50
2.6.6	渲染场景(Rendering Your Scenes).....	51
第三章 桥梁构造模型的建立		52
3.1	桥梁建模设计方法概述.....	52
3.1.1	3DS MAX 在桥梁建模设计方法中的优点.....	52
3.1.2	拱肋参数化设计特点.....	52
3.1.3	建立三维视觉.....	52
3.1.4	熟练掌握基本功能.....	53
3.1.5	二维形编辑的精确度.....	53
3.2	桥梁构造和截面形建模.....	54
3.2.1	样条线(Splines)建模.....	54
3.2.2	桥梁构造单一的截面形建模.....	54

3.2.3	桥梁构造一维、二维图形的组合	56
3.3	桥梁构造截面形放样和拉伸.....	57
3.3.1	运用拉伸(Extrude)制作桥面板模型	58
3.3.2	单个图形放样生成三维 T 形模型	58
3.3.3	运用放样路径制作三维桥梁构造模型.....	59
3.3.4	使用开放曲线及放样路径河床建模.....	60
3.4	二维图形的变形放样.....	61
3.4.1	放样路径的变形.....	62
3.4.2	缩放变形(Scale)	62
3.4.3	缩放变形将拱圈两端放大.....	62
3.5	标准几何体建立桥梁三维模型.....	63
3.5.1	C - EXT 形建立盖梁模型.....	64
3.5.2	扩展物体(L - EXT)形体建拱上立柱盖梁	64
第四章	桥梁模型准确建模的方式	66
4.1	运用单位、捕捉准确建立桥梁模型	66
4.1.1	单位设置确定桥梁建模数据.....	66
4.1.2	微调控制和十字光标准确定位.....	66
4.1.3	用键盘输入轴点连线建立截面形.....	68
4.1.4	捕捉设置控制拱圈净跨和矢高.....	69
4.2	点和捕捉辅助桥梁建模.....	70
4.2.1	用点和捕捉斜拉桥桥塔建模.....	70
4.2.2	轴点布阵和捕捉准确定位拱圈净跨和矢高.....	71
4.2.3	对齐设置确定桥梁构件位置.....	71
4.2.4	桥塔和桥墩对齐.....	71
4.2.5	运用辅助对象准确建立横梁截面形.....	72
4.2.6	轴点布阵、桥塔、桥面密索.....	72
4.2.7	用轴点确定双向斜拉桥桥面路径.....	73
4.2.8	卷尺测量桥的净跨.....	74
4.2.9	用等距阵列准确定位吊杆和高杆灯.....	74
4.3	三维模型的修改.....	75
4.3.1	编辑修改三维模型.....	75
4.3.2	通过调整器修改三维模型.....	76
4.3.3	使用网格编辑(Edit Mesh)	76
4.3.4	编辑修改二维模型.....	77
4.3.5	编辑样条线(Edit Spline)	77
4.3.6	编辑样条线(Edit Spline)下的段(Segment)腹杆建模	78
4.3.7	箱肋拱分段.....	79
4.3.8	编辑网格(Edit Mesh)修改三维模型	79
4.3.9	运用编辑样条线(Edit Spline)修改截面形	80
4.4	运用布尔运算建模.....	82

4.4.1	吊杆横梁和交接墩盖梁布尔运算建模.....	82
4.4.2	桥台布尔运算建模.....	83
4.5	拷贝阵列在桥梁上的应用.....	84
4.5.1	拷贝阵列桥面板和行车道板.....	84
4.5.2	轴点布阵阵列斜拉桥箱梁.....	84
4.5.3	快摄阵列拱肋横系梁.....	86
4.5.4	快摄阵列 X 形横撑	86
4.5.5	阵列桥面栏杆.....	88
4.5.6	空间等距阵列连续刚构桥桥面栏杆.....	88
4.5.7	轴点布阵与捕捉建立腹杆.....	89
4.5.8	运用划分 Y 形墩建模	91
4.5.9	八字形桥台建模.....	91
4.5.10	背撑式桥台建模	92
4.5.11	三角形固定横梁	93
4.5.12	工字形固定横梁	94
4.5.13	连续刚构箱梁建模	95
4.5.14	浙江舟山大桥主拱墩建模	97
4.5.15	索夹建模	98
4.5.16	连接套筒建模	99
4.5.17	吊桥夹具建模.....	100
4.5.18	K 形横撑构造建模.....	101
4.5.19	加劲桁梁建模.....	102
4.5.20	墩帽钢筋建模.....	104
4.5.21	墩柱钢筋建模.....	106
第五章 桥梁三维模型		109
5.1	上承式拱桥建模	109
5.1.1	桥墩基础建模	109
5.1.2	墩身建模	110
5.1.3	拱肋底座建模	111
5.1.4	主拱台建模	111
5.1.5	拱肋建模	112
5.1.6	拱肋横撑建模	112
5.1.7	立柱和交接墩立柱建模	112
5.1.8	立柱底座建模	113
5.1.9	拱上立柱帽梁建模	113
5.1.10	交接墩立柱横撑建模.....	114
5.1.11	交接墩盖梁建模.....	114
5.2	连续刚构桥建模	115
5.2.1	下部结构建模	116
5.2.2	上部结构建模	117

5.2.3	桥台建模	121
5.2.4	防撞墙建模	122
第六章	桥梁基础材质的编辑	124
6.1	材质编辑器	124
6.1.1	垂直与水平工具系列	124
6.1.2	样本视窗	125
6.1.3	即时改变材质	126
6.1.4	进入浏览器	127
6.1.5	基本阴影参数 (Shred Basic Parameters)	128
6.1.6	环境反射、漫反射和高光反射颜色	129
6.1.7	自发光贴图 (Self-Illumination Map)	131
6.2	UVW 贴图在桥梁上的运用	132
6.2.1	UVW 贴图和递减贴图人行道及桥面分隔线	132
6.2.2	两汇口大桥桥墩 UVW 贴图	133
6.2.3	环境贴图桥梁景观和视窗贴图	133
6.2.4	镜面反射贴图桥梁倒影景观	134
6.2.5	桥面车和人透空贴图	136
6.2.6	创建桥墩表面肌理效果	137
6.2.7	栏杆铝合金材质	138
6.2.8	桥梁吊杆不锈钢材质的设置	138
6.2.9	桥梁水面的贴图	139
6.3	自制桥梁贴图材质	139
6.3.1	细胞 (Cellular) 仿水泥材质贴图	139
6.3.2	上部构造材质贴图参数	140
6.3.3	吊杆、连接套筒、拉杆套筒贴图	140
6.3.4	桥梁材质的存储	141
第七章	灯光和摄像机	142
7.1	灯光	142
7.1.1	目标聚光灯	142
7.1.2	自由聚光灯	142
7.1.3	目标平行灯	142
7.1.4	自由平行灯	142
7.1.5	泛光灯	142
7.1.6	灯光设置	143
7.1.7	泛光灯参数的作用	143
7.1.8	太阳光光线	144
7.2	摄像机	144
7.2.1	相机面板及应用	144
7.2.2	相机视图与场景的匹配	145
第八章	桥梁动画制作	146

8.1	运用观看(Look at)建立桥梁动画	146
8.1.1	动画路径	146
8.1.2	虚拟物体	146
8.1.3	动画设置和渲染	146
8.2	轨迹显示(Track View)界面及功能	147
8.2.1	打开 Track View 界面	147
8.2.2	层次树列表	147
8.2.3	浏览层次树	149
8.2.4	使用 Path 控制器	149
8.2.5	指定 Path 控制器	150
8.2.6	调整路径参数	150
8.2.7	运用路径(Path)建立桥梁动画	151
第九章	桥梁三维建模动画实例	153
9.1	重庆丰都泥巴溪大桥(上承式拱桥)	153
9.2	贵州剑江大桥(中承式拱桥)	161
9.3	重庆大佛寺长江大桥(双向斜拉桥)	170
9.4	乌江 PFC 吊拉组合索桥(吊拉索桥)	177
9.5	浙江舟山新城大桥(钢管拱桥)	184
9.6	武汉江汉五桥(飞雁式钢管拱桥)	193
9.7	刚性吊桥(简支加劲桁梁吊桥)	203
	参考文献.....	210

第一章 建模、材质、动画的基本过程概述

1.1 三维模型的造型与界面

我们知道在 3DS MAX 视窗内建立一个物体,首要条件是具备长、宽、高的数据和尺度的三维空间实体,我们称之为三维模型。3DS MAX 功能强大,塑造出的物体惟妙惟肖,可以与现实生活中的物体媲美,也可以通过编辑和修改生成静止的图像和运动的场景,我们称之为三维动画。

首先从最简单的三维模型开始,进入 3DS MAX 桥梁三维建模动画。打开 Windows NT 或 Windows 98 双击 3DS MAX 图标。如没有建立 3DS MAX 图标,选择开始(Start) 程序(Programs) 动态艺术(Kinetix) 3DS MAX,同样可以进入 3DS MAX 程序。

现在,3DS MAX 主界面出现在我们面前,见图 1.1。

图 1.1 3DS MAX 主界面

1.1.1 建立一个三维模型

在 3DS MAX 主界面上,四个具有网格的区域就是四个视图,它们之间用黑色的粗线隔开。我们可以在其中制作三维模型及场景。四个视图的右侧是命令面板。上面是菜单栏和选

项标签栏、主工具栏,在视图制作或修改三维模型时,必须在命令面板上选择相关的命令进行长、宽、高的设置,进入修改后,按右键,出现右键修改工具菜单,选择相应的修改工具。

在命令面板上选择操作命令的步骤如下:

用鼠标左键在命令面板单击建立(Create)几何体(Geometry),用鼠标左键单击立方体(Box)按钮,Box按钮变为绿色,标志此命令被激活,可以将鼠标移向视图区域。拉出一个Box实体,上面的操作表述为:

建立(Create)几何体(Geometry)盒状体(Box)。

在顶视图(Top)单击鼠标右键 Top,视图周围出现一个亮框,表示 Top 视图被激活,可以在此进行制作了。在 Top 视图左上角按住鼠标左键不放,然后往右下角拖鼠标,随着鼠标的移动拉出一个矩形。松开鼠标左键,随即向上移动鼠标,会看到刚才拉出的矩形不停地在建模增加厚度,变成一个实体。再单击鼠标左键确定厚度,这样我们就完成了第一个三维模型的建模。

在 3DS MAX 里,Box 是最简单的三维模型,它只有六个面,我们难以把它修改成一个复杂的桥梁构造模型。例如,若要制作一个桥梁的立柱,就必须提供一个具有复杂结构的三维模型。然而,我们可以利用命令面板中的参数微调功能来调整 Box 的复杂度,以使它适合我们的需要。

1.1.2 调整三维模型的参数

调整三维模型复杂度和数据的步骤如下:

用鼠标单击命令修改(Modify)面板,Box的参数(Parameters)卷展栏出现,可以看到有关当前视图内 Box 的三维方向的单位值与三维方向的复杂度设定区域,释放左键。

用左键双击长度(Length),数值区呈亮蓝色。用键盘上数字键输入 0.7m,回车。

用左键双击宽度(Width),输入 1.2m,回车。用左键双击高度(Height),输入 10m,回车。

现在我们看到 Box 的形状发生了变化,它变成了一个柱状的物体。由此可知,如果制作了一个三维模型而又不满意它的尺寸,那么就可以在它的参数(Parameters)卷展栏去修改它的数据。

以上两步是设定盒状三维模型的空间尺寸。下面我们来设定这个盒状三维模型的复杂度。对三维模型而言,它的复杂度是指端点和截面的数目。

用左键双击长度段数(Length Segs),输入 5 回车。

用左键双击宽度段数(Width Segs),输入 5 回车。

高度段数(Height Segs)30,见图 1.2。

这时我们可以在视图中看到盒状三维模型变成一个长为 5 格、宽为 5 格、高为 30 格的网格状物体。这样我们就使一个三维物体变成一个由无数小盒状体垒成的复杂三维模型,见图 1.3。在 3DS MAX 里,最终生成的图像或动画的质量是由三维模型的复杂度决定的,复杂度越高的三维模型,它的编辑塑造功能就越强,越真实生动。另外,3DS MAX 很多功能对过于简单的模型无法处理,也需要增加三维模型的复杂度。那么我们可以通过修改器编辑进行编辑。在 3DS MAX 里制作的三维模型越复杂,文件就相应越大,因此计算机速度常常受到限制,三维模型过于复杂,会使文件增大,计算机运行速度减慢,甚至使用户无法正常操作。三维模型的复杂度应与整体相适应,这是每一个三维建模动画爱好者应遵循的原则。

目前这个 0.7m × 1.2m × 10m 的三维物体基本上可以满足我们生成一个立柱设置的需要了。

图 1.2 编辑修改的参数

图 1.3 盒状三维模型

1.1.3 材质编辑器贴图与颜色

当用手形鼠标将命令面板往下拉时,名称与颜色(Name and Color)栏出现了,松开鼠标。确定视图中三维模型的颜色步骤如下:

1. 用左键单击 Box 01 右边的颜色区,Box 01 是我们建立盒状三维模型时 3DS MAX 自动按序赋予 Box 的名称,单击此名称可输入自定义名称,在 3DS MAX 中,每一个三维模型都有一个唯一的英文名称),屏幕上弹出物体颜色(Object Color)对话框。我们先在 60 个色格上选择一个颜色,比如红色,然后确定退出,见图 1.4。

图 1.4 物体颜色和名称对话框

2. 用鼠标右键在透视视图(Perspective)中单击 Perspective 图标名称,在弹出的菜单中用左键选择光滑与高亮(Smooth + High light)。我们看到,盒状三维物体变成了刚才选取的红色,这个颜色,即是透视视图三维模型的显示颜色。如果我们不在材质编辑器里另给 Box 01 指定材质,也可以把这个颜色当作着色时的三维模型表面材质颜色。

1.1.4 运用材质编辑器

材质编辑及应用功能是 3DS MAX 当中一个非常有趣而且能力强大的功能,它可以使制作的三维模型具有世界万物的真实效果,又有超现实的虚幻色彩效果。

1. 材质是某种物质在一定光照条件下产生的反光度、透明度、色彩及纹理的光学效果。在 3DS MAX 中,一切三维模型的表面都要按真实三维空间中的物体加以装饰才能达到生动逼真的视觉效果,这种装饰效果就是 3DS MAX 的材质。制作材质需要调动 3DS MAX 材质编辑器的功能。下面试用一下材质编辑器,通过它将材质送到视图中的三维模型表面,见图 1.7。

2. 打开材质编辑器

(1) 将鼠标移到菜单下的主工具图标行,当出现手形鼠标时按住左键往左拖动命令图标行,出现材质编辑器(Material Editor)松开左键。如果一时找不到图标名称,将鼠标箭头在图标上停留片刻名称即可出现。

(2) 用左键单击材质编辑器命令图标,我们看到一个材质编辑器对话框,见图 1.5,覆盖在视图上。材质编辑器是一个浮动对话框,可以用鼠标单击其最上方蓝色区移动它,也可以用鼠标放大缩小它,还可以点其右上角的最小化按钮,使其缩小为一个图标。

(3) 用鼠标左键单击材质编辑器上方六个样本球中的任一样本球,可以看到这个样本球被一个亮白框罩住,这意味着这个样本球所表示的材质可以被输送到视图中的三维模型表面之上了。

(4) 用左键单击样本球下面水平命令图标行,见图 1.6。左起第三个按钮将材质指定到选定物体之上(Assign Material to Selection),可以看到材质编辑器闪动了一下,同时视图中刚才亮白色显示的三维模型被赋予了颜色,并且样本球框内出现了 4 个白色小斜角,表示这个材质是视图中物体使用的材质。

3. 保存场景文件

请在屏幕上选择文件(File)/ 储存(Save)。在弹出的对话框的命名(Name)中键入 L2 - 1,然后选确定,退出对话框。这样制作的场景文件就永远保存在硬盘中了,可以随时调用、修改。

1.1.5 3DS MAX 动画的基本原理

图 1.5 材质编辑器对话框

图 1.6 样本球对话框

动画,就是运动的画面,即把一幅幅连贯的静态动作画面,通过时间和运动形成动画。电影和电视也是一样,只不过是利用人的视觉差的神经错觉,在人的大脑中把一帧帧静止而又快速切换的图像形成连贯的运动的图像。

3DS MAX 是制作声像立体动画的软件,设计的桥梁模型和动画作品可以在计算机上像放电影一样进行浏览。运用 3DS MAX 的动画可以制作成桥梁动画方案,在招投标方案审定中进行展示。

3DS MAX 动画的简单原理是:首先制作出各种模型,再给这些模型表面赋予材质;然后设定整个动画帧数。再在不同的画面中设定模型的运动值;最后让计算机按照上述的设定来生成一帧帧静止的画面,通过连续播放成为人类视觉中的动画。

3DS MAX 是一种能模拟虚幻空间的软件,也就是说它的设计者在设计其程序时完全是按照表现三维世界中的真实三维物体来描述空间与物体的关系的。比如,我们借助数码相机来完善场景的设计,当我们要制作一个桥梁动画方案时,3DS MAX 模拟出来的空间中必须有三维模型、灯光及摄影机三个要素,这样就具备了一个最简单的场景,我们对这个场景进行着色,才能得到符合要求的动画或画面。桥梁建模、动画方案设计,也是如此,它能使我们看到设计的桥梁在环境中的关系是否谐调。下面将以一座结构简单的桥梁来讲述建模,赋予模型材

图 1.7 材质编辑器

质,完成动画的过程。

1.2 一座桥梁的建模动画制作过程

一、概述

谭家嘴大桥位于丰都—忠县公路 K7 + 183.000 ~ K7 + 292.822, 根据 2000 年 5 月重庆市公路局组织的初步设计审查意见, 同意采用一跨 60 m 石拱桥方案进行施工图设计。

二、设计标准与规范

(一) 设计标准

1. 设计荷载: 汽车—20 级, 挂车—100。
2. 桥宽: 行车道净宽 8.5(m) + 2 × 0.5(m) 安全带 + 2 × 0.25(m) 栏杆, 全宽 10.0(m)。桥面纵坡: 0%, 桥面横坡: 双向 1.5%。

(二) 设计规范

本图系参照中华人民共和国交通部标准

- (1) 中华人民共和国交通行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTJ 021 - 89。
- (2) 中华人民共和国交通行业标准《公路砖石及混凝土桥涵设计规范》JTJ 022 - 85。
- (3) 中华人民共和国交通行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJ 023 - 85。
- (4) 中华人民共和国交通行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTJ 024 - 85。
- (5) 中华人民共和国交通行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTJ 041 - 2000。

三、设计要点

(一) 上部结构

1. 本桥主拱为 60 m 等截面悬链线空腹式石拱桥, $L_0 = 60\text{ m}$, $F_0 = 12\text{ m}$, $F_0/L_0 = 1/5$, 拱轴系数 $M = 2.814$, 主拱圈横截面宽 9.8 m、高 1.3 m。腹孔为等截面圆弧拱, 拱圈厚 0.35 m, $L_0 = 4.0\text{ m}$, $F_0/L_0 = 1/4$; 引孔和腹孔采用相同形式。

2. 主拱圈、腹拱圈采用 12.5 号砂浆砌 55 号粗料石,横墙,侧墙采用砂浆砌 40 号块石。
3. 桥面铺装为 8~16.5cm 混凝土,12.5 号砂浆作防水层。
4. 拱圈合拢温度按 15~18 考虑。
5. 引孔和腹孔如总体图示设伸缩缝,用沥青砂填塞。

(二) 下部结构

桥台为石砌 U 形桥台,台身用 10 号砂浆砌 30 号块石,基础为 C15 混凝土,台内用砂卵石填充。拱台为 C15 混凝土,拱台上设计 C30 混凝土拱座。

1.2.1 桥梁建模

(一) 上部结构

1. 拱圈截面形和路径

创建(Create)/形体(Shape)/放样物体(Loft Object)/获取形体(Get Shape),生成拱圈模型。

(1) 打开创建(Create)/前视图(Front)/形体(Shape)目录下的样条曲线(Splines)/矩形(Rectangle),在前视图中,拉出一个能控制矢高和净跨径的方框线 60m×12m,单位为 m。选择移动工具(Move),按右键出现变换输入(Transform Type - in)菜单,选世界绝对坐标(Absolute World)x、y、z 输入 0。

(2) 然后打开 2D 捕捉,选择中点(Midpoint)/顶点(Vertex)/垂直点(Grid Points)/边缘(Edge),使用弧线(Arc),按左键不松键,从方框的左底边重叠方框至右底边松键,给出拱的跨径,同时再按下左键向上推出一弧线与方框(见图 1.8)上端线的中间位置,给出拱的矢高,把此线作为拱圈的路径待用。在名字和颜色栏中,输入命名“拱圈路径”。

2. 拱圈建模

使用创建(Create)/几何体(Geometry),给出放样(Loft)的截面形。使用矩形(Rec - tangle)在前视图(Front)中拉出一方框,作出拱的截面形 9.8m×1.3m,

图 1.8 矩形控制矢高和净跨

使其成为平放的 1 字形,即截面形(见图 1.9),在名字和颜色栏中,输入命名拱圈截面形。

图 1.9 拱圈路径和截面形

3. 拱圈净跨

前视图(Front)/ 几何体(Geometry)/ 混合物体(Compound Objects)/ 放样(Loft), 选择弧线锁定(Selection See)。

(1) 在前视图选择弧线路径, 在几何体(Geometry)下拉菜单的混合物体(Compound Objects)/ 放样物体(Loft Object)下获取形体(Get Shape)成亮绿色, 见图 1.10。再回到前视图(Front)中选取“1”拱圈截面形, 四个视图出现板(肋)拱的实体。为了精确建立净跨, 我们可以调整截面形与路径的相对位置, 在修改(Modify)菜单中选择子物体(Sub - Object)/ 形(Shape), 在前视图(Front)单击截面形成红色, 通过比较面板, 调整到正确的位置。

(2) 进入比较(Compare)对话框选中心(Center), 再选右(Right), 看到红色的形向右上方移动(见图 1.11)。移到了路径的净跨轴线上。再单击外皮参数(Skin Parameters)卷展栏, 选择(Options)路径步数(Path Steps), 输入 50, 使板(肋)拱更加光滑、流畅, 如果有的视图界面是框线显示, 请右键单击图标, 出现弹出菜单, 选光滑加高光(Smooth + Highlights), 框线变成了实体。在名字和颜色栏中, 输入命名板(肋)拱, 见图 1.12。

图 1.10 编辑和放样的截面形

图 1.11 在比较面板下的截面形偏移获取净跨

(3) 在板(肋)拱处于选择状态时, 分别在左、右视图中使用移动, 出现弹出菜单移动变换, 选世界绝对坐标(Absolute World), x、y、z 轴输入 0, 再回到前视图, 把板(肋)拱的拱背放在 y 轴 - 1 m 的下面, 为立柱做准备。以上的操作可以看到, 板(肋)拱处于 y 轴的负值, 同时在 x、z 轴的世界坐标处。

4. 立柱建模

前视图(Front)/ 形(Shape)/ 对齐(Align)/ 阵列(Array)。

(1) 前视图(Front)/ 形(Shape)对齐阵列, 选样条曲线(Splines)下的矩形, 拉出立柱框线长(Length)12 m、宽(Width)1 m, 倒角半径输入 0.3 m, 选择对齐(Align)板(肋)拱, 出现对齐对话框, 选 y 轴(Y Position), 目标物体(Target Object)最大(Maximum)和当前物体(Current Object)最大(Maximum), 选应用(Apply), 确定。到修改器选择拉伸(Extrude), 在参数(Parameters)/ 拉伸(Extrude)/ 量(Amount)输入 9.8 m, 在名字和颜色栏中, 输入命名立柱 A, 见图 1.13。

(2) 又选立柱 A, x 轴(Position)当前物体(Current Object)最大(Maximum), 目标物体(Target Object)最小(Maximum)确定。看到立柱 A, 对齐到拱的右端头。进入编辑样条线(Edit Spline)/ 插入点(Refine), 在立柱下端处确定, 选择点后进入拉伸 9.8 m, 在 Top 视图与拱圈对齐, 选 y 轴中心(Center)对齐, 移动水平线相互对齐。