

南京航空航天大学
论文集

(二〇〇七年) 第20册

机电学院

(第1分册)

南京航空航天大学科技部编

二〇〇八年三月

20

机电学院

051 系



序号	姓名	职 称 或学历	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期
	倪勇	讲 师	051	工科院校设计素描教学再探	艺术教育	2007, 165
	傅凯 倪勇	副教授 讲 师	051	汉瓦当略论	艺术教育	2007, 173
	郑建冬 伍铁军	硕士生 副教授	051	基于图像处理的烟叶叶片结构分类算法	东华大学学报	2007,33(7)
	刘苏 刘善水 鲍和云	教授 硕士 博士	051	Modeling Design for Bus Body	The 3rd Korea-China joint conference on geometric and visual computing	2007
	刘苏	教授	051	细分曲面在CADC系统中应用的关键技术研究	中国几何设计与计算新进展	2007
	刘苏	教授	051	国际工业设计教育研讨会论文集	中国建筑工业出版社	2007
	岳 林 柳小勤	教 授 博士生	051	Morlet wavelet-based parameter identification in different stimulation	PROCEEDINGS OF ISMA2006	2006, 1-8
	柳小勤 岳 林 朱如鹏	博士生 教 授 教 授	051	连续小波变换应用于密集模态参数识别	南京航空航天大学学报	2007, 39(4)
	王晓雷 Huan. Zhang Stephen. Hsu	教 授 博士后 教 授	051	THE EFFECTS OF DIMPLE SIZE AND DEPTH ON FRICTION REDUCTION UNDER BOUNDARY LUBRICATION PRESSURE	STLE/ASME国际摩擦学会议	2007
	王晓雷 王静秋 韩文非	教 授 副教授 讲 师	051	边界润滑下表面微细织构减摩特性的研究	润滑与密封	2007,32(12)
	李玮奇 周 瑾 徐龙祥	研究生 教 授 教 授	051	抑制带钢抖动的磁悬浮装置电磁场分析	磁悬浮轴承研究进展——暨第二届中国电磁轴承学术会议论文集	2007, 8
	林吉凯 周瑾 徐龙祥 郭勤涛	研究生 副教授 教 授 讲 师	051	基于ANSYS的热镀锌带钢振动分析	机械工程师	2007, 12
	段丽玮 徐志伟 黄雪峰	讲 师 副教授 硕士生	051	基于压电变压器的小型化开关功率放大器研究	压电与声光	2007, 29(6)
	于明礼 文浩 胡海岩 赵永辉	讲 师 博士生 教 授 副教授	051	二维翼段颤振的 μ 控制	航空学报	2007,28(2)
	倪进峰 伍铁军	讲 师 副教授	051	基于虚拟样机的摩擦缓冲器工作性能的模拟	润滑与密封	2007,32(1)
	王卫英 戴振东 虞庆庆 杨志贤	副教授 教 授 硕士生 硕士生	051	龙虱吸盘超微结构与吸附能力研究	南京航空航天大学学报	2007, 39(1)

	杨志贤王 卫英 戴 振东 虞 庆庆	硕士生 副教授 教授 硕士生 硕士生	051	四种甲虫鞘翅的力学参数测定及微结构观测	复合材料学报	2007, 24 (2)
	盛骞 陈炳发	硕士生 教授	051	面向制造信息管理的射频识别技术应用研究	中国制造业信息化	2007(208)
	韩凤 马希直	硕士生 副教授	051	平行板气体挤压膜的动力学分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议	2007
	徐国庆 马希直	硕士生 副教授	051	波箔式动压径向气体轴承的性能分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议	2007
	许兆棠 朱如鹏	博士生 教授	051	直升机弹性多支点传动轴的主共振分析	应用力学学报	2007, 24,01
	许兆棠 朱如鹏	博士生 教授	051	复合材料传动轴的弯曲振动分析	西南交通大学学报	2007, 42,01
	许兆棠 朱如鹏	博士生 教授	051	直升机尾传动系扭转振动的分析	航空学报	2007, 28,02
	盛冬平 朱如鹏 王行丰	硕士生 教授 教授	051	基于ANSYS的金属软管的静态有限元分析	压力容器	2007, 24,01
	盛冬平 朱如鹏	硕士生 教授	051	基于Pro / E的冷挤压模具设计	机械工程师	2007,01
	盛冬平 朱如鹏	硕士生 教授	051	基于ANSYS的APDL对行星轮系进行模态分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
	盛冬平 朱如鹏 王行丰	硕士生 教授 教授	051	基于有限元法的金属软管中波纹管过渡波的特性研究	压力容器	2007, 24,08
	盛冬平 朱如鹏 王行丰	硕士生 教授 教授	051	基于ANSYS的金属软管的动态有限元分析	机械设计与制造	2007,10
	李 龙 朱如鹏	硕士生 教授	051	正交面齿轮弹流润滑分析	机械工程师	2007,02
	王 雪 朱如鹏	硕士生 教授	051	分段产生共轭齿廓方法研究	机械工程师	2007,04
	曹如球 朱如鹏	硕士生 教授	051	WCDMA基带处理中的多径解调研究	无线电通讯技术	2007, 33,04
	李 直 朱如鹏	硕士生 教授	051	某微波器件精密制造技术研究	电子机械工程	2007, 23,05
	黄丽娟 朱如鹏	硕士生 教授	051	斜齿面齿轮传动的弯曲应力分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
	黄丽娟 朱如鹏	硕士生 教授	051	基于斜齿小齿轮的面齿轮的齿面生成研究	机械工程师	2007,01
	叶福民 朱如鹏 李靖谊	博士生 教授 教授	051	多工步橡皮成形工艺过程数值模拟研究	机械科学与技术	2007, 26,10
	李政民卿 朱如鹏	博士生 教授	051	面齿轮插齿加工中过程包络面和理论齿廓的干涉	重庆大学学报	2007, 30,07

李政民卿 朱如鹏	博士生 教授	051	基于赫兹解的正交面齿轮LTCA分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
朱自冰 朱如鹏 鲍和云	博士生 教授 讲师	051	两级星型齿轮传动系统非线性动力学研究	航空动力学报	2007, 22,11
张 峰 朱如鹏 靳广虎	硕士生 教授 讲师	051	基于ANSYS的正交面齿轮传动系统的模态分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
丛家勇 朱如鹏 靳广虎 李政民卿	硕士生 教授 讲师 博士生	051	直升机尾浆传动模拟系统的扭振特性分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
张鹏飞 朱如鹏	硕士生 教授	051	多支点传动轴弯曲主共振分析及多支点优化配置	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
方宣琳 朱如鹏 靳广虎	硕士生 教授 讲师	051	轮齿点载荷条件下弯曲强度分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
靳广虎 朱如鹏 朱自冰	讲师 教授 博士生	051	正交面齿轮传动齿面接触应力的计算分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
鲍和云 朱如鹏 朱自冰 靳广虎	讲师 教授 博士生 讲师	051	基于增量谐波平衡法的星型齿轮传动非线性动力学分析	中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集	2007,10
郑建冬 伍铁军	硕士生 副教授	051	基于图像处理的烟叶叶片结构分类算法	东华大学学报	2007,33(7)
刘泗岩 廖文和 刘 浩	讲师 教授 讲师	051	基于内角余弦和的三角形正则度评定与网格优化	机械科学与技术	2007, 26(4)
刘泗岩 廖文和	讲师 教授	051	DICOM数据的三维重建与协同可视化系统的开发	生物医学工程学杂志	2007,24(5)
刘泗岩 廖文和 刘 浩	讲师 教授 讲师	051	面向医学假体CAD的Loop细分曲面拟合系统	中国机械工程	2007,18(17)

工科院校设计素描教学探析

□ 倪 勇

内容摘要：工科院校设计素描的教学应该遵从各设计学科的特性，艺术类和理工类的教学模式既对立，又联系，且两者可以结合发展。

关键词：设计素描 艺术类 理工类

根据时代发展的需求与专业结构的调整，国内很多工科院校开设了不同规模的设计专业。设计素描作为设计专业的一门基础课程，一直成为大家探讨的话题，尤其在姓“艺”和姓“工”的问题上，徘徊不下。这里“艺”指的是艺术类素描，强调个性和表现性；“工”指的是理工类素描，强调共性和结构性。在笔者看来，应该遵从各院校的学科和专业特性，两者既对立，也联系，且可以结合发展。

素描，是人类早期从事造型活动的方式之一。约在旧石器时代晚期，人类祖先就已经用动物的血浆和矿石做原料，在他们居住的洞窟岩壁上创作。在文艺复兴时期，艺术家把素描称之为“绘画的源泉”“造型的精髓”“学习自然的重要手段”“建筑之父”等。达·芬奇说：“所谓素描，不是只追求自然的作品，而是超越了自然所形成的东西。”从人类一些较早的以实用为目的的艺术遗迹中，我们仿佛可以看出劳动创造艺术的意义，艺术又推动了劳动生产，两者相互依存。素描和设计是联系在一起的。“Design”（设计）原形来源于意大利语，在文艺复兴时期表示为素描的概念，慢慢地，它主要指艺术家在创作构思过程中，运用素描来探讨、研究作品的规模、内容与造型的草稿和草图。从“drawing——sketch——designing”的成熟来看，素描和设计的形式与内涵一直在变化和发展。

艺术类素描强调自然的再现和个人性格的形成，追求的是富有感染力的艺术形象；是以感性认识为基础，与直觉性、形象性紧密结合的；是以训练有素的形象再现能力为宗旨的；是以写实为重点，深入形象的研究和表现。艺术类素描过分突出个人认识和个性表现，却忽略了工科院校素描应用的广泛性及普遍性，这种模式培养的是艺术家，而不是设计师。这一点已慢慢地被大家认识。

理工类素描符合结构、材料、工艺、技术等设计要素，运用草图、效果图、结构图、分解爆炸图来传达设计师的理念和构想，以适合人们实际需要为目的，发挥其作用。它是以理性认识为基础，将形象思维统一在逻辑思维之中，注重设计的条理性、步骤性、结构性、规律性。研究各形态表现规律，不仅掌握物象的外观造型，更注重物象的构造的表现。因此，一部分人认为工科设计素描就是以结构理解和结构表现为主体的结构素描。这里，显然存在一个误区。首先，根据工科

院校设计专业的不同，素描可以分为“工业设计素描”“建筑设计素描”“装饰设计素描”等等。以上素描形式尽管皆可划为设计素描的范畴，但是各种素描教学的重点和特点不同。“工业设计素描”强调外观造型和结构，而“装饰设计素描”则强调平面化的构图。其次，以线条表现为主体的结构素描突出了客观对象的内部结构，却缺少了对客观对象多维度的、多层次的全面认识。最后，千篇一律的结构素描也适应不了各院校不同的设计方向。

设计素描作为造型表达的一种形式，一般不独立展现，设计素描既是艺术活动的一部分，又是设计活动的再现，起着“中介”的作用。其造型第一位应满足客观对象的物质性和实用性，第二位应满足设计的创新性、适应性，第三位应满足消费者的审美性、精神性。

设计专业离不开扎实的素描功底，这是无可厚非的，任何全盘否定素描在设计专业中的价值和作用是错误的。同时，以纯艺术的绘画性素描观念或纯结构性素描观念指导设计专业的基础教学，也是不科学的。两者应该结合起来，设计素描的教学必须考虑设计专业的特殊性。在重点解决学生基本功的前提下，突出专业特色，围绕不同专业方向制订不同的培养计划，改革传统的素描教学模式，删除与专业学习联系不紧密的内容，适当扩充与专业紧密联系的内容，突出设计的专业方向，开阔设计视野，使学生水平得到提高。

实际上，笔者认为，工科院校的设计素描在发展的过程中还应该重视如下几方面。

一、应该重视工科院校招生的差异性。大多数的院校是按理科生招收的，学生缺少美术涵养及技巧。一方面，需要让学生增强素描修养，如时间有保证，方法得当，将起到“随风潜入夜，润物细无声”的作用。另一方面，了解该专业的方向和将来的就业取向，确保设计素描沿着正确的路子教学。

二、应该重视培养目标的差异性。艺术院校重视审美性思维的培养，强调独一无二，培养目标是艺术家。而工科院校的目的明确为培养设计师或者是工程师。要让学生做到成竹在胸，眼、脑、心、手完美结合，培养严谨的视觉感受与反应能力（眼），培养科学的理性分析与理解能力（脑），培养丰富的形象

思维与创新能力（心），培养熟练的视觉传达与表现能力（手）。

三、应该重视设计素描学习内容的差异性。无论怎么说，设计专业和美术专业对造型能力的要求标准是不一样的，不是孰高孰低的问题，而根本就是两个系统。如果设计素描还作为基础课程设置的话，就应该用适应设计的造型能力的特点和标准来要求素描教学的内容。拓展学生的视野和想象力，丰富他们的设计表现方法、手段和设计语汇，增强他们的创意表达能力，最终达到“通过素描，认识自然、发现设计”的目的。

四、应该重视学习步骤的差异性。艺术类素描通常以写实为主体，临摹为辅。画面造型主要通过形（点、线、面）、色（黑、白、灰）、质（材料、质感、肌理）三者表达作者的主题思想，突出素描的本体语言。而工科素描需要把写生、速写和默写穿插在一起。设计专业中很少使用到写实性的描绘，即使有，也可以通过其他方式获得，如复印、照相、拷贝、拼贴等，表达作者的设计理念和创作思想，突出设计的主体意识。

五、应该重视创新思维的差异性。不管是艺术类还是理工类素描都需要创新，培养创新意识，就要处理好传统审美观念和现代设计观念在素描教学中的关系，更新和丰富课程的内容，加强设计理念的培养，完善教学体系，丰富教学手段，开展情景教学，活跃课堂气氛。通过设计素描的训练，认真观察，感受对象，领悟对象，融入现代设计意识，激发学生的抽象思维与创造思维、创新意识，引导学生从宏观、整体和系统的角度，去认识素描与设计之间的关系，利用素描的表现语言与方法来提高设计意识和设计能力。

总之，设计素描作为一门设计基础课，自始至终要贯穿以设计观念为指导的思想，与专业和时代步伐相结合，进行大胆的改革和创新，明确设计素描训练的专业特征，本着科学的、认真的态度进行探索，使学生通过设计素描的学习，更新观念，提高创新能力，加强造型水平，充分发掘设计潜能，培养未来高素质、创新型的设计人才。

参考文献：

[1]林家阳：《设计创新与教育》，三联书店出版社，2002年。

作者单位：南京航空航天大学工业设计系

（责任编辑：郑锦燕）

汉代瓦当的美学内涵

□ 傅凯 倪勇

内容摘要：文章主要从各个层面论述汉代瓦当的题材丰富、造型优美、结构多变、形神兼备的特点，从而探讨其美学内涵。

关键词：瓦当 形神兼备 美学内涵

据文献记载，瓦的出现是在母系社会进入父系社会以后的事。瓦作为中国古代建筑材料，是中国建筑史划时代的进步。瓦的实物最早见于西周早期遗址。中国古代的瓦分为板瓦和筒瓦两种。在房屋的顶部覆瓦时，相对宽大的板瓦先顺次仰置于屋顶，然后再以相对弧度较窄的筒瓦覆扣于板瓦与板瓦纵向相接的缝上。在最接近屋檐的最下的一个筒瓦头部有一个下垂的半圆或圆形部分，即瓦当，俗称瓦头。瓦当是瓦最出彩的部分。瓦当解决了屋顶防水问题，它的主要功能是起防风雨侵蚀、蔽护屋檐、延长建筑物寿命，又起美化装饰屋檐的作用。瓦当的实物最早见于西周中晚期陕西扶风召陈遗址。从考古资料看，汉代瓦当出土数量最多，形式最为丰富，质量最高，是我国古代瓦当艺术中的独一无二的珍品，汉代瓦当主要出土于陕西、河南和山东三省，其中陕西西安一带尤多，来自于建筑遗址、烧窑、灰坑及墓葬中，其最珍贵之处是它的实用与美观，功能与装饰的完美统一。

西汉自“文景之治”后，有“天下熙熙，皆为利来；天下攘攘，皆为利往”之说。商业走向繁荣，经济得到极大的复苏，故建筑方面也取得了很多重要进展，西汉宫廷楼台秉承周、秦、楚遗风，气势宏伟雄壮，如长乐宫、未央宫、明光宫以及上林苑，各抱地势，连属成群，华丽豪奢，建筑规模宏大。这些为瓦当艺术在汉代大放异彩奠定了广阔的发展基础。而在这些建筑上必会配用造型精巧和意义深远的瓦当以显示皇家的气息与威严，从而构成了独具汉代民族特色的建筑风格。瓦当一方面是建筑实用品，同时又是一种装饰工艺品，故其自身所包含的上层社会意识形态方面的内容，又在不知不觉中成为上层阶级弘扬社会伦理、政治抱负、政治功绩和艺术偏好的附属品。汉代瓦当题材十分丰富，人文与自然并存，神话与现实并存，抽象与写实并存，其题材丰富、造型优美、结构多变，形神兼备的特点不仅体现了古人杰出的艺术技巧，同时也折射出高超的艺术成就和美学内涵。

一、题材丰富

虽然汉代盛行儒学和经学，且儒家遵从的“成教化、助人伦”的思想被规定为从文学到绘画和音乐等广大艺术领域的功利职责，但是汉代的艺术创作的特点恰恰没有被这一思想束缚。汉代先贤的艺术嗅觉极其敏锐，艺术感悟极其深远。汉代瓦当选择的题材丰富多彩，取材几乎囊括了天上、地下、神话世界、人间生活的各个部分。瓦当题材主要分为三个方面：图案纹瓦当、图像纹瓦当和文字纹瓦当。

1. 图案纹主要有卷云纹、水纹、植物纹等，这类纹饰是对现实生活中具体形象的高度概括、提炼和抽象。图案已脱离其具体直观形象，是对自然中的行云流水、树木花草程式化的写意，既是生活的图案，又是纯粹的图案，它运用简略的几何线条描写勾勒，线条本身不断地产生新的生命力，具有抽象的美。

2. 图像纹主要有四神纹、鹿纹、鱼纹、龙凤图腾纹、人物纹等。这类纹饰继承了周秦的风格，但不同于周秦狰狞的美，它变得更为自由、活泼、开放。如“鹿纹”瓦当就有鸣鹿、奔鹿、双鹿等不同的题材，形式自然。而1956年西安汉长城遗址出土“四神纹”瓦当气韵生动，形式大胆，想象力丰富，堪为精品。这类题材的瓦当，既是对动物形体的崇拜，又是对生命活力的向往，具有自然的美和浪漫的美。

3. 文字纹在汉代最具时代特色，占有突出的地位，内容丰富，词藻极为朴实。其内容有吉祥颂祷之辞、纪实记录之词、趋利避害之语等。字数从一到数十不等，绝大多数为阳文。如祝福和祈愿之用，有“长生无极”“延年益寿昌”“与天无极”“万岁未央”等；记录标示之用，有标明建筑物的名称，如“长乐”“未央”“上林”等，分别表示“长乐宫”“未央宫”“上林苑”等汉建筑；表明官职之用，有“上林农官”“都司空”等；表示墓葬名称的，有“高祖万世”“长陵西神”“殷氏冢当”等；表示歌功颂德的，有“汉并天下”“单于天降”等。文字纹瓦当是汉代的主流，大都采用缪篆进行书写，气息高古，其高超的书法价值

被历代文人墨客推崇。书画同源，瓦当书法是中国独有的艺术种类和审美现象，书法中美化的线条比彩陶纹饰的抽象几何纹还要更为自由，文字纹多样化的线的曲直运动和空间构造，表现和表达出种种形体姿态、情感、意趣的气势力量。汉代文字瓦当是中国文字瓦当艺术的集大成者，它运用文字线条的伸缩，形成一种变化无穷的美的旋律，具有印章和书法古典美。

二、造型优美

西周早期的瓦当是素面的，呈半圆形，称半规瓦，秦代的瓦当由半圆发展为全圆形。而汉代，流行用圆瓦当。汉代瓦当的制作较战国时期更为兴盛。瓦当，也是筒瓦的附件，瓦头一般呈圆形或半圆形。汉瓦当在成熟期的制作是当面和筒瓦为整体结构，一次成型。汉代瓦当实际上是指一种灰色或半灰色陶制品，人们常用“秦砖汉瓦”来形容那秦汉两代在建筑材料方面的成就。所谓秦砖，是指秦代炉火纯青的空心砖技术及质检技术；所谓汉瓦，是汉代独特的瓦当制作技术和造型艺术。通常瓦当的制作主要有几个步骤：制瓦当坯、续制筒瓦、切割晾干、焙烧。有花纹和文字的瓦当的制作方法，都是先刻出木模（阳纹），然后用木模压制出泥制瓦当纹（阴纹）。将瓦当范放入窑内烧好取出，便可使用。故而汉代瓦当很少有生硬的刀痕，极富弹力，朴素之中蕴藏着浑厚而沉稳的艺术风格，这种艺术风格与汉代的制陶工艺有一定的联系。汉著名的宫廷楼宇，大多有烧制砖瓦的陶窑，进行专门设计和生产。圆弧造型既是建筑力学性能的考虑，又是一种富有动感和韵律美的造型，作为纹饰造型的背景和映衬，能更加突出整个画面方圆结合的呼应和统一，能够增强艺术形象的整体性的美感。

三、结构多变

汉代瓦当纹饰很讲究整体的造型，通常采用中轴对称结构、螺旋结构、发射结构、自由结构等造型，这些都体现出不同的美学内涵和文化价值。

1. 中轴对称结构

中轴对称结构呈现对称之美，这里是

指等量等形、等量不等形、等形不等量等美学范畴。古今中外,许多古城、皇宫、民宅、陵墓,也多是左右相对。这种空间位置的对称性设计,是对大自然的有机模仿,在这种模仿中人类得到感官的愉悦和情操的陶冶,进而产生有益于人的身心健康的审美感受。汉代瓦当以中轴线或中心点为支撑,向上下左右配置相同或相近形状和大小的纹饰,使整个画面既统一对称、庄重大方,又富有节奏和韵律。所出土的瓦当如“树木双兽”,是典型的中轴对称结构,以抽象的树木为明显的中轴对称线,也有无明显中轴线的对称结构,如中轴树木的一边为一兽,另一边为一一人,这是等量不等形,属于对称中的不对称,不对称中的对称。而大多数的卷云纹瓦当一般都是对称结构,以当心为中心点,上下左右分作对称界格,每一界格为一单元重复一个连续图案。主次、疏密都独具匠心,其线条变幻莫测,又给这种对称结构增添一种飞扬流动的美感。

2. 螺旋结构

天道崇美,螺旋在大自然中到处存在,通常体现自然美。这些美丽的形状具有一种神秘的规律性,与周围杂乱无章的世界形成了鲜明的对照。汉葵纹瓦当主要采用这种结构,葵纹花纹从运动状态向左右旋转,在几何轮廓内花瓣互相承接,强调追求内在的律动。整个画面活泼洗练,朴实美观,具有强烈的韵律感和健康向上的审美情趣。

3. 发射结构

发射呈现一种扩散或收敛之美,指围绕着一个中心,形态均匀向四周扩展或向中心收缩。发射也是自然界常见的形式,表示各个方向的力均衡作用。有一些云纹瓦以当心为中心,向四面八方伸出辐射线,以简练的线条刻画出强辐射的图式。其结构匀称稳定,又魅力四射,光芒普照,象征着圆满。

4. 自由结构

在汉代的瓦当艺术中,自由结构是一种重要的造型结构,造型舒展自由,不拘一格。文字纹瓦当和动物图像纹瓦当主要采用此类结构。自由结构脱离了对称、螺旋、发射、比例、和谐、层次、节奏等形式规律。布局依形的大小或多少而变,有一种活泼生动的美。如文字纹瓦当“万岁”,打破了静止的结构空间,点画调匀,线条上下均平,左右相顾,相互映带,气宇轩昂,精神洒脱。其气势铺天盖地,占去画面绝大部分,以不对称的灵

活构图烘托出形象的动感,以浓重、粗拙的笔法渲染出一种单纯、烂漫的情怀,它与后世的轻巧灵活之美完全不同,也不追求浮华、奇丽,整个画面显示出朴实庄重和古拙的美。

一大部分汉动物图像纹饰也是这种任意结构,有一个主体纹饰满幅而来。特别是王莽时代的“青龙”“白虎”“朱雀”“玄武”四神瓦当,形式自由,堪称代表。四神是古代传说中的四方神,其中青龙能呼风唤雨,象征东方、左方、春天,为四神之首。朱雀是理想中的吉鸟,象征南方、下方、夏天。白虎象征西方、右方、秋天。玄武是龟和蛇的组合变化图案,象征着北方、上方、冬天。四神同时被认为是四种颜色的象征,即蓝(青)、红(朱)、白、黑(玄)。瓦当四神图案都有一个明显的中心,即乳钉,它与雄厚的边栏形成呼应,在体例上给人以庄重的美。围绕瓦当四神图案这个中心,纹样稳定、丰满,富丽充盈,动静相生。

四、形神兼备

先秦的孔子和儒家强调礼乐文章,强调艺术的政治教化作用。汉代官方宗教神学体系则把儒家的这种美学发展成为神秘主义的美学。到魏晋南北朝,则出现了一种新的倾向,强调观赏自然本身的美,强调艺术要通向自然之道。而汉代是从先秦发展到魏晋南北朝的过渡环节。刘安的《淮南子》与王充的《论衡》是两汉时期重要哲学著作,包含有丰富的美学思想,发挥了老子的哲学思想,以对抗和批判汉代官方的宗教神学体系。故王充自己也认为,他的天道自然的思想“虽违儒家之说,合黄老之义也”。《淮南子》中“元气论”强调:“天地合气,万物自生。”(《自然篇》)《论衡》中“形神论”则强调:“夫形者,生之舍也;气者,生之充也;神者,生之制也;一失位,则三者伤矣。”(《原道训》)“元气论”和“形神论”皆认为物质是气息、精神的载体;精神、意境是物质面貌的反映。“元气论”和“形神论”思想对后世哲学产生了重大的影响,也对当时的文化艺术产生了很深的影响。

汉瓦当是充满着非凡活力和旺盛生命力的异常热闹世界。古人以艺术特有的敏感触觉,在极其有限的空间内容纳社会生活中政治的、经济的、艺术的、文化思想的、宗教的各种内容。从现已出土的汉瓦当资料来看,其中体现了汉“形神兼备”的美学思想。

汉代与西周、先秦的审美不同,西周、

先秦是图腾和氏族符号崇拜,崇尚神秘的与狰狞的美。西周、先秦瓦当呈现的是饕餮纹、夔龙纹、蟠螭纹、鹿纹、虎纹等。如鹿纹,秦国先民蜚廉因在狩猎捕鹿中善奔跑而成为秦族首领,鹿就成为秦族部落的图腾。秦人对动物观察十分细心,在瓦当表现手法上高超奇绝。瓦当上有矫健的奔鹿、机警的卧鹿、温情的子母鹿等,全都表现得淋漓尽致,这是秦人对先祖的崇敬与鹿的怀念。汉代主张“论贵是而不务实”“养实者不育华”。王充论艺术时有“真”“善”“美”三层境界,强调“真美”。汉代瓦当正是洗净铅华,还原朴素、自然的真美。汉代瓦当中植物纹、动物纹、人纹、卷云纹和水纹等活生生的形象,这是古人心仪自然,怀抱自然的体现。而四神纹瓦当则是因为四神常与时间、节气、方位、星宿、阴阳相连,人必须借助青龙、白虎、朱雀、玄武来达到人神感应,灵魂升天,这也体现了形神相依的思想。

汉代文字纹构图样式丰富,在汉文字瓦当中表现为不同的字数不同的布局,有无界格、二界格、三界格、四界格等,如“关”“上林”“长生无极”“长乐未央”“与天长久”“寿老无极”等。文字瓦当常采用缪篆的形式与圆形边界结合,计白守黑,并考虑到文字的阅读序列,字与字之间的笔画空间借用和谐一致的思想。多元、自由、得体的空间划分能力比较成熟,瓦当上的文字井然有序,毫不散乱,每一个汉字造型的线条分布自称秩序,因而造成了不整齐中的整齐和整饬不乱的韵律。线条的粗细节奏与形态节奏有效地保证了当心和圆形边界的均衡与稳定,线条并非僵硬的模型,更多的是生命的律动,这显然已经达到了高超的书法与篆刻的水平,而且体现了书法的本体美感,是书法中形神兼备思想的体现。

参考文献:

- [1]叶朗.中国美学史.上海人民出版社,1999.
- [2]郑奇.中国绘画对偶范畴论.江苏美术出版社,1998.
- [3]田自秉.中国工艺美术史.东方出版中心,1999.
- [4]王伯敏.中国绘画通史.三联书店,2000.
- [5]陈振廉.书法美学.陕西人民美术出版社,2000.

作者单位:傅凯,南京工业大学艺术设计学院
倪勇,南京航空航天大学工业设计系
(责任编辑:轩蕾)

2007 The 3th Korea-China conference on geometric
and visual computing, Seoul, Korea
Modeling Design for Bus Body

Su Liu*

Nanjing University of Aeronautics and
Astronautics

meesuliu@nuaa.edu.cn

Shanshui Liu

Nanjing University of Aeronautics and
Astronautics

Heyun Bao

Nanjing University of Aeronautics and
Astronautics

Abstract

A design method to improve design precision and efficiency of the bus body by using CAD was established. The key outlines of bus body are gotten from the bus body mechanical drawing. Blocking design of the bus body surface based on the key outlines of bus body by curve reconstruction and surface smoothness analysis was presented and the bus body surface model was built. The improved designed of the bus body based on the static intensity analysis of crankle and torsion of the bus body framework was obtained.

1. Introduction

Bus body modeling design is the key technique of modern bus body design method. Precise digital bus body model can shorten the design period and evaluate the quality of the curve and surface of the model. This also can analyze the structure and techniques performance of the model, remodel and change the model and concurrent engineering of the model all become easy.

The paper mainly studies the numeral modeling of the bus body and analysis of the static intensity of bus body framework.

First, the information of bus body are gotten from the bus body mechanical drawing and the key outlines are constructed using UG. the key outlines of the bus body are modified based on the surface smoothness analysis

Second, Blocking design and modifying of the bus body surface based on the surface smoothing analysis are progressed.

Finally, design of the virtual assembly of the bus body is presented. The improved designed of the bus body based on the static intensity analysis of crankle and torsion of the bus body framework was obtained.

2. Design and smoothness of bus body key outlines

Table 1. The key outlines of the bus body

serial number	name
curve 1	The main view outline of side surface
curve 2	The plan view outline of side surface
curve 4	The outline of the joint between the back surface and the side surface
curve 5	The side view outline of back surface
curve 6	The outline of the joint between the back surface top cover surface
curve 3	The main view outline of the top cover surface
curve 7	The outline of the top cover surface
curve 8	The outline of the joint between the top cover surface and the front surface
curve 9	The outline of the joint between the front surface and the humper
curve 10	The outline of the front surface

*Corresponding author. Email: meesuliu@nuaa.edu.cn

The bus body curve is analyzed and classified based on the bus body framework assem-

bly drawing. Six views of the bus body framework assembly drawing are exported to six named drawing layers of UG , respectively, by using data conversion technique between AutoCAD and UG and file format conversion between *.dxf and *.dwg. The ten outlines of the bus body are obtained by moving and rotating the station of the views, Figure 2.1. Table 1 is the corresponding describing of the curve.

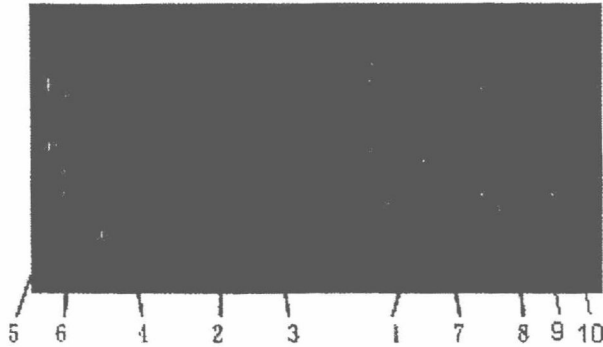


Figure 2.1. The key outlines of the bus body

The information of nodal points of all curves are lost when data are converted, between AutoCAD and UG. Nodal points need to filter when the curves are reconstructed.

Curve 1,2,3,4,5,7 have the lesser curvature among the ten curve the paper put forward ,so the nodal points are selected lesser. The curve is divided into five segments by adopting "point on curve" and selecting "equal arc length" and six nodal points are obtained. The curves are reconstructed by selecting the nodal points using "through points".

Curve 6,8,9,10 have the larger curvature so the nodal points are selected more in order to express the real characteristic of the curve. The curve is divided into several segments by adopting "Point on curve" and selecting "Equal arc length" .The nodal points are obtained by adopting "Point on curve" and selecting "Equal parameters" to divide the circular arc. Then, the curves are reconstructed by selecting the nodal points using "Through points".

The smoothness of key outlines curve has direct influence on the quality of the bus body surface. The curvature of the key outlines curve obtained by reconstructing is analyzed (Figure 2.2). It can find that the reconstructed curves all have bad smoothness except the curve 2 and the curve 3. The relative curvature of the curve 7, curve 9, curve 5 and curve 6 have obvious sequential changing mark so

the nodal points of these curves need to adjust. The nodal points are modified by Circle ratio method. The curve curvature are dynamically modified by selecting the "Edit Curve Parameters" of the "Edit Curve" (Figure 2.3, Figure 2.4).

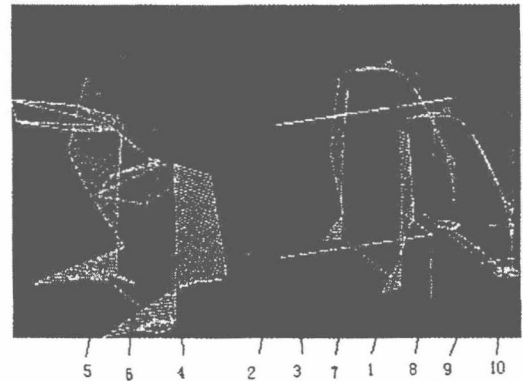


Figure 2.2 Curvature analysis of the bus body key outlines

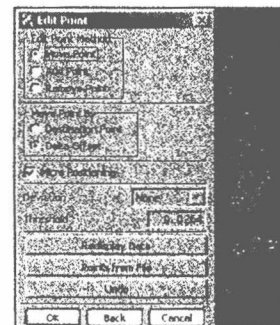


Figure 2.3 The curve curvature graph before modifying

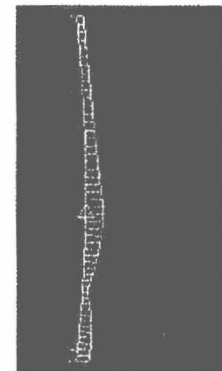


Figure 2.4 The curve curvature graph after modifying

3. Blocking design and smoothing of the bus body surface

The bus body is constituted by space free form surface. The bus body is regarded as a convex hull constituted by several pieces sequential surfaces. The bus body is divided into five surfaces based on the curvature, tending towards and extending direction. The five surfaces are front surface, left surface, right surface, back surface and top cover surface.

Automotive engine cover and front window are both on the front surface. Left window and right window is on the left surface and the right surface, respectively. Back window is on the back surface. The Figure 3.1 is the surface division.

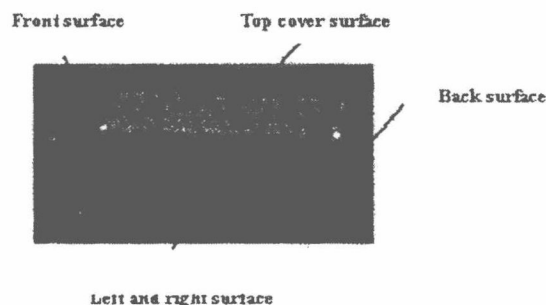


Figure 3.1 Blocking of the bus body surface

The bus body side view is parameterized and the characteristic curve of the section outlines is designed. The bus body surface block is constructed based on the characteristic curve of the boundary conditions, design ridgeline and control line. The bus body surface consists of the surface blocks based on the parameter value and the boundary conditions.

The bus body surface can be constructed from swept surface, mesh surfaces, fitting surface, blending surface, connecting surface and pruning surface. The top cover surface is scanned along the curve 3 and curve 7 being the section curve.

The left surface is scanned along the curve 2 and curve 1 being the section curve. The right surface can mirror from the left one. The back surface is scanned along the curve 6 and the back below curve and curve 4 and curve 5 being the leading curve.

The front surface is the most complicated surface among the bus body. It is obtained by

fitting surface and connecting surface regarding the boundary curve of the left and right surface as ridgeline, shoulder line, swept curve and section curve.

The smooth continuity of the surfaces can be gained by boundary-matching and surface fitting among the surface block. Figure 3.2 is the bus body surface.

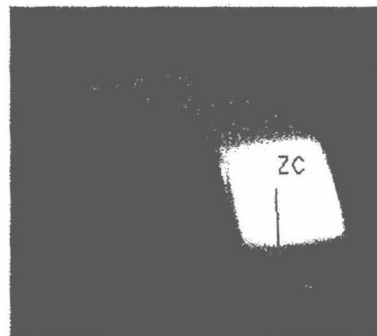


Figure 3.2 The surface of the bus body

Figure 3.3 is the analysis result of the Gaussian curvature of the bus body. The result shows that the bus body smoothing is good. Figure 3.4 is the analysis result of the average curvature and Figure 3.5 is the analysis result of absolute curvature.

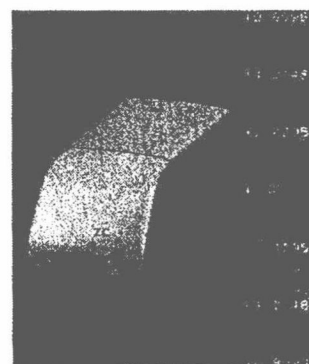


Figure 3.3 The analysis of the Gaussian curvature



Figure 3.4 The analysis of the average curvature

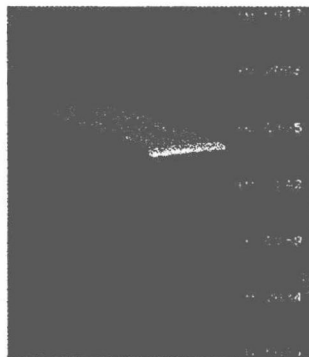


Figure 3.5 The analysis of absolute curvature

It is considered that the surface has good smoothing feature if the deviant value between average curvature and absolute curvature is within 0.01. The deviant value of the following Figure is within 0.01 so the bus body surface has good smoothing feature.

4. Virtual assembly and performance verify of the bus

The bus body surface will be the main model when the bus is virtual assembled. The assembling space is disassembled to five segments including the bus body surface, the bus body framework, inside decoration and the wheel.

The bus assembling body is divided into four layers. The first layer includes the assemblage of the bus body surface, bus body framework, inside decoration, outside decoration and the wheel. The second layer is the sub-assemblage or the parts belonging to the first layer. The third layer is the sub-assemblage or the parts of the second layer. The fourth layer is pro-

filed bar of the bus body framework. The layers relation among the assemblage, parts feature, number and name are expressed by founding the table BOM.

Figure 4.1 is the assemblage of the bus body framework. Figure 4.2 is model of the bus body assemblage. The rigidity and intensity are the two importance technical parameter that reflects the mechanics performance of the bus body. It will bring to distort of the bus body and resonate of the structure if the rigidity is inadequate. It will bring to crack and fatigue rupture of the bus body framework if the intensity is inadequate. So it is important to analyze the rigidity and intensity of the bus body framework.

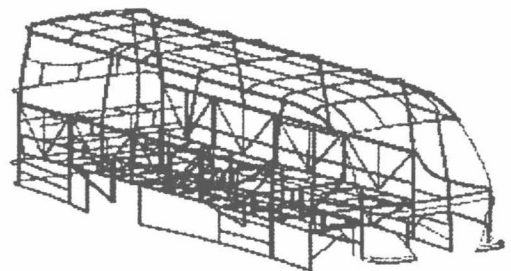


Figure 4.1 The framework of the bus body



Figure 4.2 The model of the bus body assemblage

The mechanics performance of the bus body framework model is analyzed using the software ANSYS. The model diversion from the UG is directly expressed as the surface. The profiled bar of the bus body framework surface is draw out and sewed. The surface model then is imported to ANSYS as the Parasolid file format. Figure 4.3 is the framework model.

The load of the bus body framework includes the weight of the bus body framework,

baggage load, passenger weight, seat weight, wind weight, glass weight, air condition weight, engine weight, gear box weight. Figure 4.4 is the stress distributing Figure.

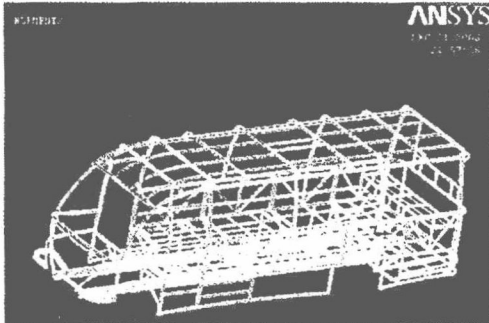


Figure 4.3 The framework model

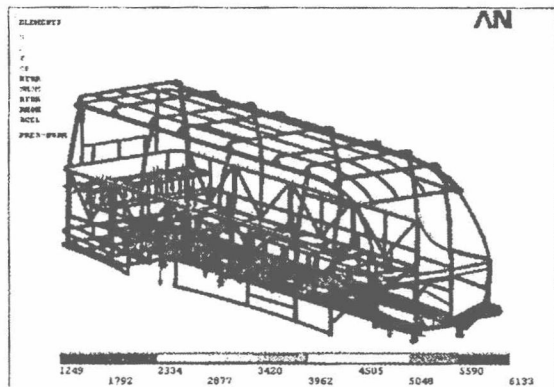


Figure 4.4 The stress distributing Figure

Bending and crankling are the type work conditions of static intensity of the bus body framework.

Figure 4.5 and 4.6 is the bending stress nephogram and crankling stress nephogram, respectively.

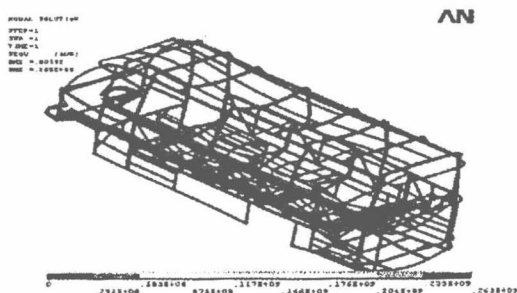


Figure 4.5 The bending stress nephogram

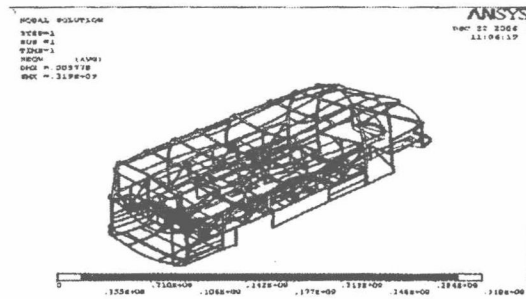


Figure 4.6 The crankling stress nephogram

The figures show that stress concentration is comparative evidence in the joint between the column of the bottom frame section A-A and the carling, joint between the section A-A and the bus body frame, the joint between the back seat and the side surface, the joint between the boot and the carling and stress of the joint between the column of the bottom frame section A-A and the carling is maximal.

The maximal bending stress reaches 263Mpa and the maximal crankling stress reaches 319Mpa.

It can obtain from the Figure 3.7 and Figure 3.8 that the maximal bending distortion is 5.92mm, locating in the frame beam of the back seat while the maximal crankling distortion is 5.778 mm, locating in the front part of the hanging wheel. The paper improves the structures that have stress concentration based on the analysis result.

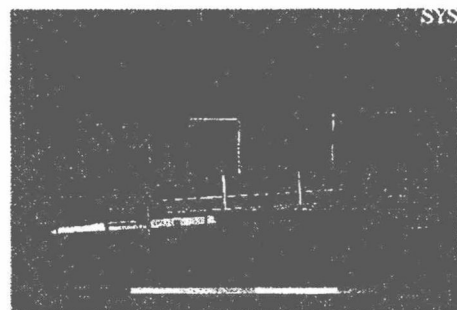


Figure 4.7 The bending distortion nephogram

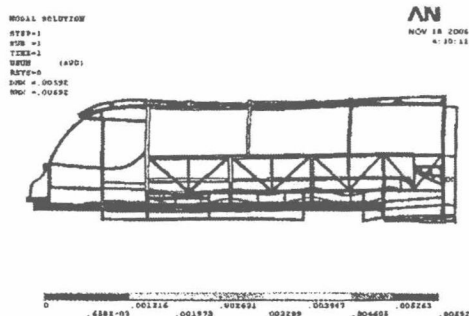


Figure 4.8 The crankling distortion nephogram

Two carlings are added to the joint between the back boot bottom beam and the top beam in order to minimize the distortion of the bottom beam. The square tube is welded to the back seat in order to enhance the intensity of the beam.

It can obtain from the fig of the improved structure that the stress of the joint between the bottom frame section A-A and the carling has obviously reduced. The maximal bending stress reaches 208Mpa and the maximal crankling stress reaches 288Mpa.

It can also obtain from the Figure of the improved structure that the maximal bending distortion of the frame beam of the back seat is 4.47mm and the maximal crankling distortion of the front part of the hanging wheel is 5.655 mm, both less than the unimproved ones.

5. The imperfectness and the prospect

The paper reconstructs the bus body curve and surface based on the planar drawing. The structure static intensity of two typical work conditions are analyzed while the modal analysis and the road spectrum analysis have not analyzed. The analysis of the paper without considering the bus body cover and the predigested of the load both have the influence on the result.

References

- [1] ZHU Zhuang-rui, SUN Qing-hong, CHEN Nan, etc. The Application of Advanced CAD Technology in Car Body Design, *Manufacturing Automation*, 2002, 24 (5): 8~11

- [2] DENG Ya-dong, JIANG Zhi-shuang. CAD Research Based on UG Technique for a Bus Body, *Machinery Design & Manufacture*, 2005, (4): 53~54

- [3] WANG Mei-yan, BAO Zhong-xu, ZHONG qian. The Design of the Roof of Transit Automobile by Using UG II, *Journal of Nanchang University* (Engineering & Technology Edition), 2003, 25(1) 83~85

2007年 兰州

第三届中国几何设计与计算大会论文集

细分曲面在 CACD 系统中应用的关键技术研究

刘苏 张珊珊

(南京航空航天大学机电学院, 江苏南京 210016)

摘要: 概念设计在产品整个设计过程中起着决定性作用, 本文旨在设计一个快速的交互式工具以支持概念设计, 将细分曲面应用到计算机辅助概念设计 (CACD) 中。重点研究了细分曲面在计算机辅助概念设计系统中的关键技术; 从初始网格的创建、曲面边界的处理、特殊效果的构造、曲面的修改及编辑等方面, 研究了细分曲面在 CACD 系统中的应用; 初步构造了 CACD 原型系统。

关键词: 计算机辅助概念设计; 几何造型; 细分曲面; 边界控制

Key Research of Subdivision Surfaces in the Application of CACD System

Liu Su Zhang Shanshan

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Jiangsu Nanjing 210016)

Abstract: In the process of product design, the conceptual design phase is decisive, a real-time interactive tool is developed. Subdivision surfaces are used in Computer aided conceptual design (CACD). The application of subdivision surfaces in the CACD system is well researched. Several kernel technologies for CACD system including mesh creation, boundary control, special feature, modifying are studied. And a prototyping system of CACD is constructed.

Keywords: Computer Aided Conceptual Design; Geometric Modeling; Subdivision Surfaces; Boundary Control

1 引言

研究细分曲面的目的就是要使其能够在实际应用中发挥作用, 细分曲面在曲面造型中应用, 是目前一个重要的研究和开发目标。细分曲面作为一种形体表示和绘制的曲面造型技术, 在计算机辅助概念设计系统中, 具有很强的生命力和广泛的应用前景。

概念设计在整个产品设计过程中起着决定性作用, 概念设计中所作的决策直接决定着产品最终价值的 75% 以上, 而且在其后的详细设计阶段很难纠正由于概念设计的失误而造成的缺陷。但现有 CAD 软件主要面向详细设计, 缺乏对概念设计的支持, 近年来已有不少学者对计算机辅助概念设计 (CACD) 进行研究, 但都没有涉及概念设计中模型的造型方法问

题^[1]。如何设计一个快速的交互式工具以支持概念设计, 是本文的研究重点。

2 细分曲面

目前在 CAD 系统中主要采用 NURBS 曲面表示方法。NURBS 曲面的优点在于能用统一的数学形式表示规则曲面与自由曲面, 且具有可影响曲线曲面形状的权因子, 使得形状易于实现和控制。

NURBS 曲面适用于详细设计阶段的精确造型, 而对概念设计阶段的形状定义很不方便。一方面, 由于单张 NURBS 曲面拓扑等价于一张纸、圆柱面或圆环面, 要表达复杂拓扑结构的曲面就必须对多张曲面片进行光滑拼接, 而拼接算法是非常耗时的。另一方面, NURBS 曲面也不便于局部拓扑

修改,因为在局部添加控制顶点时就必须添加整条等参数线。而在概念设计阶段需要快速建立产品的大致形状,然后不断施加约束进行迭代调整,并按性能需求进行优化。

随着三维数据采样设备的进步与复杂拓扑结构的曲面造型的普及,NURBS 曲面已经不能满足复杂曲面造型的要求,细分曲面已成为计算机辅助几何设计(CAGD)和计算机图形学(CG)领域内的一个国际性研究热点。细分曲面是有望代替NURBS 曲面的新一代曲面造型方法,它具有任意拓扑适应性的优点,能够对不同细化精度的网格进行方便的整体与局部编辑。

细分曲面通过低分辨率的控制框架和定义在控制框架上的一系列细分规则来表示光滑曲面。

通过定义不同的细分规则,可以生成不同的细分曲面,比如 Loop 细分曲面、Catmull-Clark 细分曲面、Doo-Sabin 细分曲面等,典型细分曲面如图 1 所示。也可以达到不同的连续阶,如 G^1 连续、 G^2 连续等。

细分曲面发展至今,种类繁多,Loop 细分曲面^[2]、Catmull-Clark 细分曲面^[3]及 Doo-Sabin 细分曲面^[4]以其细分规则简单、连续性好,而得到广泛的应用。

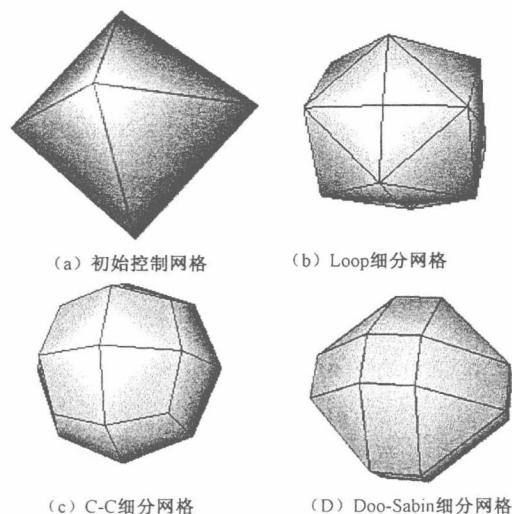


图 1 典型细分曲面

3 细分曲面在 CACD 系统中的应用

3.1 初始网格的创建

细分曲面的初始网格有多种创建方法。

1) 在 CACD 系统中,交互地输入一系列点,作为网格控制顶点。根据模型的顶边、翼边等确定网格的边界。对网格进行划分,根据模型的特征分布对网格的疏密程度作相应的设置,模型特征密集的地方网格可以设置得密一些。最后再对网格中的控制点、网格划分进行调整,得到模型的初始网格。

2) 利用散乱数据的曲面重建技术构造三角网格。借助激光测量仪等三维扫描设备对已有模型进行测量,通过产生的点云数据对模型进行曲面重建,构造需要的初始网格。

3) 通过简单的面片、四方体、三棱锥等基本形体,进行一系列的布尔运算等操作逐步产生更加复杂的曲面或实体。细分曲面以多边形网格表示,其基本布尔运算较为简单。但由于其低阶网格一般比较粗糙,需要对初始网格进行一定的细分,达到一定细分精度后得到截交曲线,确定控制点,然后返回初始网格中。具体实现步骤如下。

1. 计算逼近的截交曲线,找出它在原始曲面参数域的图;
2. 从结果中构建连续的控制网格;
3. 优化初始域中结果的参数;
4. 用分级适应的方法决定结果控制点的图形位置。

4) 通过 UG、Pro/E 等 CAD 系统制作曲面模型,再利用这些系统提供的应用程序编程接口(API)对模型进行网格离散化处理,提取离散化数据,从而获得所需要的三角网格。

3.2 曲面的边界处理

细分时将网格边界和网格内部的顶点及边点使用统一的细分规则,容易造成细分曲面边界不顺滑,不能满足造型的要求。如何在细分过程中,严格保证边界曲线,可以利用组合细分方法解决这一问题,即在细分规则的基础上加入处理边界附近的点的新规则。

标准的细分规则可以表示为:

$$P^{n+1} = SP^n \quad (1)$$

其中, S 为细分规则; P^n 为 n 次细分后的控制网格; P^0 为初始控制网格。

基于边界插值的细分规则可以表示为:

$$P^{n+1} = SP^n + \text{边界条件} \quad (2)$$

在递归细分的过程中,要求考虑给定的边界条件,即每次细分时,对于内部离散数据点采用标准

细分规则,而对于连续边界曲线,要求细分曲面插值该曲线。

为消除细分过程对控制网格边界几何性质的影响,需对边界上的顶点和边点的生成规则做修改:在初始网格中将需要修改细分规则的顶点作上标记。若要保持边界平直,可在边界顶点维持不变的同时,仅对边界的边点做线性插值。若要保持边界处光滑,需要修改以边界点为端点的边界顶点、边点以及内部边点的权值,对边界附近的点利用不同的细分规则。

组合细分方法可以让细分曲面的边界为任意给定的曲线。这就给细分造型和其他造型方式产生的形体进行融合提供了良好的条件。

另一种边界控制方法是在控制网格中引入法线,法线控制方法可通过改变边界点细分规则中的权值,实现对曲面边界处的任意控制。

3.3 特殊效果的构造

由于细分曲面是一种极限曲面,没有适当的参数化,而目前用于分析细分模式的数学方法还很有限,依据现有的方法,对其极限曲面的分析工作相当困难。细分曲面是对初始控制网格逐次应用细分规则,逐步获得控制顶点的极限位置,这就很难控制细分过程,细分得到的结果也变得难以预料。如何让得到的细分曲线或细分曲面经过给定的控制顶点,收敛到指定的参数位置,细分曲面的插值算法应运而生。

在细分曲面插值方面,已有的细分曲面插值方法可以分为两类:一种是构造新的细分规则或修改已有的几何规则,使得细分曲面经过初始控制网格的部分或全部顶点;另一种则是利用已有细分方法,通过构造适当的初始控制网格使细分曲面满足插值条件。细分曲线中两个典型的插值算法是 Dyn、Levin 和 Gregory 提出的 4 点和 6 点算法。两个算法都采用与面分裂类似的边分裂方法插入新顶点,即在多边形每条边上插入一个新顶点。

细分曲面插值算法可以用于构造模型的特殊效果。特殊效果是指表面上的尖锐特征。例如折痕、锥点、角点等。折痕是指表面上不光滑的边。锥点是表面上不光滑的点,而角点则是多条折痕的交汇点。

构造尖锐特征可以对分片 C^1 连续的曲面进行特征调控,对需要产生特殊效果的网格点或网格

边进行标记,对不同尖锐特征构造不同的细分规则。对于在构造人物造型时提出的半尖锐特征,它类似于参数曲面造型中倒圆角产生的效果,可以利用构造尖锐特征的细分规则对模型进行若干次细分后,在使用普通规则作用下的细分来获得半尖锐效果。

模型的几何造型完成后,需要对模型进行不断的修改和编辑以达到用户满意的效果。利用外形编辑工具,对物体模型进行交互地修改,可以利用自由变形技术来完成。

3.4 曲面的边界处理

对曲面模型的修改可以利用自由变形技术来完成。自由变形技术 (Free-Form Deformation, FFD)^[5] 是控制物体几何形状变化的一种重要手段,它可以通过扭转物体的形状来得到所需的新形状,而且在变形过程中物体的拓扑结构保持不变。

FFD 方法使用的变形工具是一个控制框架,该框架有三维控制顶点构成。由此框架和一组基函数构成一个实体。FFD 所用的基函数为张量积 Bernstein 多项式。图 2 为应用 FFD 技术的变形实例。

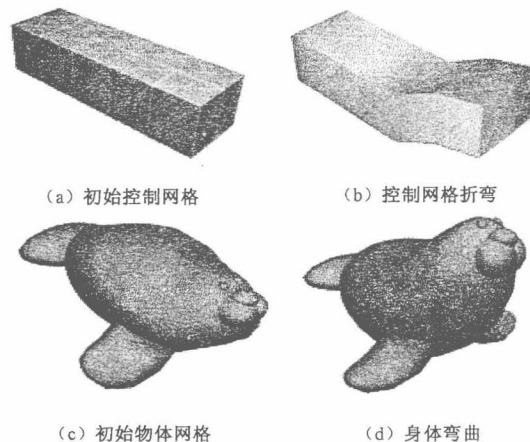


图 2 海豹身体弯曲变形过程

3.5 CACD 系统架构

本文研究了计算机辅助概念设计系统中模型的造型方法问题。要让细分曲面技术在 CACD 领域中得到真正的应用,还有很多工作要做。其中,开发一个基于细分曲面的 CACD 系统平台,将研究的理论与实际工程应用相结合,具有非常重大的意义。

系统按照功能可以分为以下四个模块:系统 I/O 模块、图形交互模块、典型细分曲面算法实现