



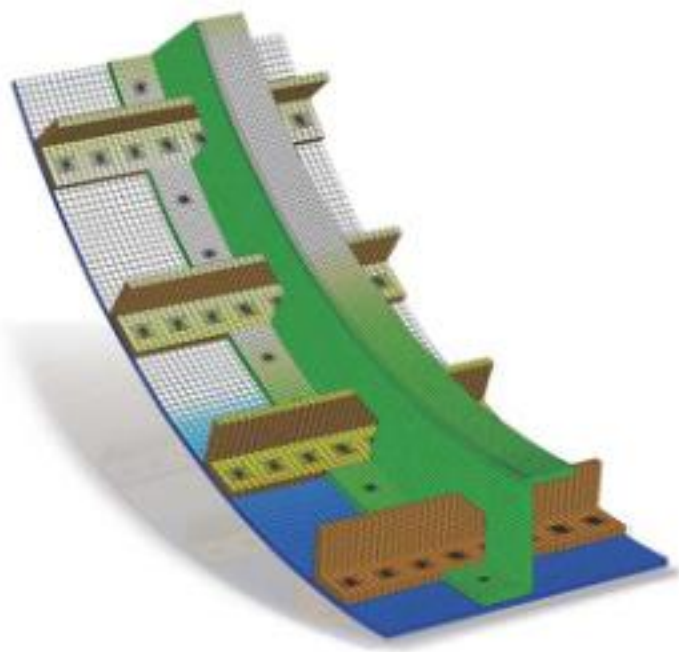
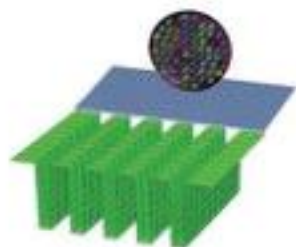
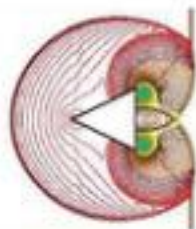
CAD/CAM/CAE  
工程应用丛书

# TrueGrid 和 LS-DYNA 动力学 数值计算详解



关注机械工业出版社计算机分社官方微信订阅号“IT有得聊”，即可获得本书配套资源。

辛春亮 薛再清 涂建 赵利军 刘安阳 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书

# TrueGrid 和 LS-DYNA 动力学 数值计算详解

辛春亮 薛再清 涂建 赵利军 刘安阳 编著



机械工业出版社

本书分为两大部分，第一部分详细讲解了通用参数化网格划分工具 TrueGrid 3.13 的使用方法和注意事项，包括 TrueGrid 的基本操作、常用命令详解、建模范例和软件接口等。书中给出了许多建模范例的命令流，建模过程简洁明了，建立的模型网格质量很高。第二部分全面讲解了通用动力学多物理场分析程序 LS-DYNA（版本 10.1）的入门基础知识、侵入计算、爆炸及其作用分析、裂纹扩展计算、热学计算、隐式分析、重启动分析、流固耦合、SPH 方法、EFG 方法以及最新的 S-ALE、ICFD、CESE、SPG、Peridynamics、EM、DEM 等新算法，并结合工程应用给出了许多计算算例。对于每个精心准备的算例，详细解释了 TrueGrid 建模过程、相关 LS-DYNA 关键字的含义和使用方法及注意事项。全部算例建模步骤简明扼要，参数设置合理，计算结果准确可信。扫描封底二维码可免费下载书中代码。

本书适合理工科院校的大学教师、本科高年级学生和研究生作为有限元课程学习教材，也可以作为工程技术人员的力学分析和产品开发设计的参考手册。通过本书的学习，读者可大幅提高 TrueGrid 和 LS-DYNA 的使用水平及工程分析能力。

## 图书在版编目（CIP）数据

TrueGrid 和 LS-DYNA 动力学数值计算详解 / 辛春亮等编著. —北京：机械工业出版社，2019.10

（CAD/CAM/CAE 工程应用丛书）

ISBN 978-7-111-63250-4

I. ①T… II. ①辛… III. ①动力学-数值计算-计算机辅助计算  
IV. ①0313-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 147023 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：车 忱 责任编辑：车 忱

责任校对：张艳霞 责任印制：郜 敏

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2019 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·30 印张·739 千字

0001—2000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-63250-4

定价：119.00 元

电话服务

客服电话：010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机 工 官 网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机 工 官 博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金 书 网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

机工教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 前 言

本书分两大部分，第一部分为 TrueGrid 网格划分指南，第二部分为 LS-DYNA 动力学数值计算详解。这两部分内容既紧密联系，又具有各自的独立性。

TrueGrid 是美国 XYZ Scientific Applications 公司推出的通用网格划分软件，是一套交互式、批处理、参数化前处理器。TrueGrid 简单易学、功能强大，可以方便快捷地生成优化的、高质量的多块体结构化网格，非常适合为有限差分和有限元软件做前处理器，其独特的网格生成方法可为用户节省大量建模时间。2004 年我曾打算翻译 TrueGrid 用户手册，整理出书，可惜没有坚持下来。2005 年初 TrueGrid 软件的国内代理商——中仿科技有限公司的梁琳总经理找到我，我就将翻译初稿给了他，该公司在这些初稿的基础上编写了培训手册。为了将初稿进一步补充完善，特地编写了第一部分。内容如下。

第 1 章介绍了 TrueGrid 基本操作，例如，运行模式、软件设置、基本概念、主要界面、使用注意事项等，并通过一个 1/4 圆柱建模例子介绍了 TrueGrid 建模基本步骤。

第 2 章对 TrueGrid 建模过程中频繁使用的命令进行了详解。

第 3 章给出了 20 个 TrueGrid 建模范例的详细命令流，读者可在此基础上举一反三。

第 4 章介绍了 TrueGrid 支持的分析软件和软件接口，最后给出了两个 TrueGrid 建模与 LS-DYNA 计算直通的算例。

LS-DYNA 是世界上著名的通用动力学多物理场分析程序，能够模拟真实世界的各种复杂问题，特别适合求解各种一维、二维、三维结构的爆炸、高速碰撞和金属成形等非线性动力学冲击问题，同时可以求解传热、流体、声学、电磁、化学反应及流固耦合问题，在航空航天、机械制造、兵器、汽车、船舶、建筑、国防、电子、石油、地震、核工业、体育、材料、生物/医学等行业具有广泛应用。第二部分内容如下。

第 5 章介绍了 LS-DYNA 软件基本功能和最新发展，并列出了常用的 LS-DYNA 资源网站。

第 6 章内容为 LS-DYNA 入门基础知识，介绍了单位制、关键字输入数据格式、命令行语法、求解感应控制开关、文件系统、单精度和双精度求解器的应用范围、隐式和显式分析的区别，以及常用的接触、Lagrangian/Euler/ALE 算法、流固耦合算法等。

第 7 章介绍了三种侵彻计算算例，读者从中可以学习到刚性墙的用法、多种钢筋混凝土模型建模方法、二维流固耦合建模方法等。

第 8 章给出了爆炸及其作用计算算例，详细阐述了 LS-DYNA 中一维和二维冲击波计算模型建立方法、二维到三维映射计算方法、含铝炸药冲击起爆计算方法等。

第 9 章着重讨论了 LS-DYNA 中裂纹扩展计算方法，其中涉及近场动力学算法。

第 10 章为热学计算部分，对热传导、热对流、热应力、热辐射等算例进行了详解。

第 11 章通过四个算例对 LS-DYNA 的隐式分析功能进行了讲解。

第 12 章详细阐述了 S-ALE、ICFD、CESE、EM、DEM 等新增算法的功能和具体应用。



第 13 章通过 SHPB 计算介绍了重启动分析功能的使用方法。

第 14 章给出了若干计算问题的解决办法，这些经验性的总结有助于提升软件使用者的水平。

第 15 章全面介绍了前后处理软件 LS-PrePost 的后处理功能、使用方法和使用技巧。

由于作者水平有限，本书难免存在不足之处，欢迎广大读者和同行专家提出批评和指正（邮箱：[ls-dyna@qq.com](mailto:ls-dyna@qq.com)）。

作者谨识  
于北京东高地

# 目 录

## 前言

## 第一部分 TrueGrid 软件网格划分指南

<b>第 1 章 TrueGrid 基本操作</b> ..... 1	<b>第 2 章 TrueGrid 常用命令详解</b> ..... 30
1.1 TrueGrid 运行模式..... 2	2.1 部件 (PART) 命令..... 30
1.2 TrueGrid 设置..... 3	2.1.1 b 和 bi..... 30
1.3 TrueGrid 快速入门..... 3	2.1.2 bb..... 30
1.3.1 TrueGrid 快速上手方法..... 3	2.1.3 dap、p、ap、rp..... 33
1.3.2 TrueGrid 中的三个阶段..... 4	2.1.4 dom..... 33
1.3.3 TrueGrid 中的两种网格..... 5	2.1.5 eset 和 eseti..... 34
1.3.4 1/4 圆柱建模范例..... 6	2.1.6 fn 和 fni..... 35
1.4 TrueGrid 基本概念..... 14	2.1.7 fset 和 fseti..... 36
1.5 生成网格的初始命令..... 16	2.1.8 hole..... 37
1.6 TrueGrid 建模步骤..... 18	2.1.9 ibm..... 38
1.7 鼠标和键盘快捷键的功能..... 18	2.1.10 ibmi..... 40
1.8 显示命令..... 19	2.1.11 jbm..... 41
1.9 投影和附着..... 19	2.1.12 jbmi..... 41
1.10 蝴蝶形网格划分方法..... 20	2.1.13 kbm..... 41
1.11 block 和 cylinder 命令练习..... 22	2.1.14 kbmi..... 41
1.11.1 block 命令练习 1..... 22	2.1.15 mate..... 41
1.11.2 block 命令练习 2..... 22	2.1.16 mea..... 41
1.11.3 block 命令练习 3..... 22	2.1.17 mt..... 41
1.11.4 block 命令练习 4..... 23	2.1.18 mti..... 42
1.11.5 block 命令练习 5..... 23	2.1.19 mtv..... 42
1.11.6 block 命令练习 6..... 24	2.1.20 n..... 43
1.11.7 block 命令练习 7..... 24	2.1.21 nr 和 nri..... 43
1.11.8 cylinder 命令练习 1..... 25	2.1.22 nset 和 nseti..... 44
1.11.9 cylinder 命令练习 2..... 25	2.1.23 orpt..... 45
1.12 合并..... 26	2.1.24 pb..... 45
1.13 回退..... 27	2.1.25 res..... 46
1.14 历史窗口..... 27	2.1.26 si..... 47
1.15 命令执行顺序..... 27	2.1.27 tf..... 47
1.16 使用 TrueGrid 软件的其他 注意事项..... 28	2.1.28 tfi..... 47
1.17 参考文献..... 29	2.1.29 th..... 48
	2.1.30 thi..... 48



2.1.31	thic	48	2.4.4	bptol	84
2.1.32	trbb	49	2.4.5	break	84
2.1.33	x=、y=、z=、t1=、t2=、t3=	51	2.4.6	c	85
2.2	几何命令	51	2.4.7	cylinder	85
2.2.1	cur	51	2.4.8	detp	85
2.2.2	curd	51	2.4.9	else	86
2.2.3	curd 曲线定义常用选项	53	2.4.10	elseif	86
2.2.4	dcd、dcds、dacd、racd、acd、 rcd	57	2.4.11	elsewhen	86
2.2.5	dsd、dsds、dasd、lasd、rsd、 rasd、asd	57	2.4.12	end、exit、adios、quit	86
2.2.6	iges	58	2.4.13	endwhen	86
2.2.7	lcd	59	2.4.14	endfor	86
2.2.8	lcv	59	2.4.15	endif	86
2.2.9	ld	60	2.4.16	endwhile	86
2.2.10	ld 曲线定义常用选项	60	2.4.17	exch	86
2.2.11	lv、lvi 和 lvs	66	2.4.18	for	87
2.2.12	sd	66	2.4.19	gct	88
2.2.13	sd 曲面定义常用选项	66	2.4.20	gexch	88
2.2.14	sf 和 sfi	71	2.4.21	gmi	88
2.2.15	vd	73	2.4.22	grep	89
2.3	合并命令	73	2.4.23	if	89
2.3.1	bm	73	2.4.24	include	90
2.3.2	co 或 condition	76	2.4.25	interrupt	91
2.3.3	dam、dm、am、rm	77	2.4.26	lct	91
2.3.4	darg、rg、rgi、arg、argi、 rrg、rrgi	77	2.4.27	lev	93
2.3.5	elm	77	2.4.28	lmi	95
2.3.6	elmoff	77	2.4.29	lrep	95
2.3.7	endpart	78	2.4.30	merge	96
2.3.8	labels	78	2.4.31	meshscal	96
2.3.9	mass	79	2.4.32	mseq	98
2.3.10	measure	80	2.4.33	offset	98
2.3.11	partmode	81	2.4.34	para 或 parameter	99
2.3.12	size	82	2.4.35	plane	100
2.4	全局命令	82	2.4.36	pplv	101
2.4.1	array	82	2.4.37	pslv	101
2.4.2	block	83	2.4.38	readmesh	101
2.4.3	blude	84	2.4.39	resume	103
			2.4.40	sid	103
			2.4.41	stp 和 tp	104
			2.4.42	title	104





6.4	LS-DYNA 常用命令行语法	185	8.1.4	关键字文件讲解	255
6.5	求解感应控制开关	186	8.1.5	数值计算结果	258
6.6	文件系统	188	8.2	爆炸成形弹丸侵彻钢板二维 ALE 计算	260
6.7	重启动分析	189	8.2.1	计算模型描述	260
6.8	单精度和双精度	190	8.2.2	TrueGrid 建模	260
6.9	隐式分析和显式分析	190	8.2.3	关键字文件讲解	261
6.10	接触	191	8.2.4	数值计算结果	265
6.11	Lagrangian/Euler/ALE 算法	199	8.3	空中爆炸二维到三维映射计算	266
6.11.1	三类算法简介	199	8.3.1	计算模型描述	266
6.11.2	Euler/ALE 算法常用关键字	200	8.3.2	TrueGrid 建模	266
6.11.3	PART 和 AMMG 的区别	213	8.3.3	关键字文件讲解	267
6.12	流固耦合算法	213	8.3.4	运行批处理文件	273
6.13	关键字文件的分割和编辑	218	8.3.5	数值计算结果	273
6.14	批处理运行 LS-DYNA	219	8.4	含铝炸药水下冲击起爆二维 计算	274
6.15	参考文献	220	8.4.1	计算模型描述	274
第 7 章	侵彻计算	221	8.4.2	TrueGrid 建模	275
7.1	泰勒杆撞击刚性墙计算	221	8.4.3	关键字文件讲解	276
7.1.1	计算模型描述	221	8.4.4	数值计算结果	280
7.1.2	TrueGrid 建模	221	8.5	参考文献	285
7.1.3	关键字文件讲解	222	第 9 章	裂纹扩展计算	286
7.1.4	数值计算结果	224	9.1	采用节点分离方法模拟钢球 撞击铝板	287
7.2	弹体侵彻多层楼板计算	225	9.1.1	计算模型描述	287
7.2.1	钢筋混凝土建模方法	225	9.1.2	TrueGrid 建模	287
7.2.2	模型描述	226	9.1.3	关键字文件讲解	288
7.2.3	TrueGrid 建模	227	9.1.4	数值计算结果	290
7.2.4	关键字文件讲解	237	9.2	用单元失效删除和带有损伤 的本构模型方法模拟 弹体侵彻混凝土	290
7.2.5	数值计算结果	243	9.2.1	模型描述	290
7.3	楔形体入水二维计算	243	9.2.2	TrueGrid 建模	291
7.3.1	模型描述	244	9.2.3	关键字文件讲解	292
7.3.2	TrueGrid 建模	244	9.2.4	计算结果	294
7.3.3	关键字文件讲解	245	9.3	用 SPH 方法和带有损伤的本构 模型方法模拟水射流冲蚀煤层	296
7.3.4	数值计算结果	249	9.3.1	计算模型描述	296
7.4	参考文献	250	9.3.2	TrueGrid 建模	296
第 8 章	爆炸及其作用计算	251			
8.1	水中爆炸气泡脉动一维计算	251			
8.1.1	Zamyshlyayev 冲击波和气泡 脉动计算公式	252			
8.1.2	计算模型描述	253			
8.1.3	TrueGrid 建模	254			



9.3.3 关键字文件讲解 .....	298	10.3.2 TrueGrid 建模 .....	332
9.3.4 数值计算结果 .....	299	10.3.3 关键字文件讲解 .....	332
9.4 钢板裂纹扩展二维 XFEM 计算 .....	300	10.3.4 数值计算结果 .....	334
9.4.1 计算模型描述 .....	303	10.4 空心柱体热应力计算 .....	335
9.4.2 TrueGrid 建模 .....	304	10.4.1 计算模型描述 .....	335
9.4.3 关键字文件讲解 .....	304	10.4.2 TrueGrid 建模 .....	335
9.4.4 数值计算结果 .....	306	10.4.3 关键字文件讲解 .....	336
9.5 金属切削 SPG 计算 .....	307	10.4.4 数值计算结果 .....	339
9.5.1 计算模型描述 .....	310	10.5 厚板辐射传热计算 .....	340
9.5.2 TrueGrid 建模 .....	311	10.5.1 计算模型描述 .....	340
9.5.3 关键字文件讲解 .....	312	10.5.2 TrueGrid 建模 .....	340
9.5.4 数值计算结果 .....	314	10.5.3 关键字文件讲解 .....	341
9.6 爆炸作用下玻璃破碎的近 场动力学计算 .....	314	10.5.4 数值计算结果 .....	342
9.6.1 键基 PD 方法简介 .....	315	10.6 水成冰相变计算 .....	343
9.6.2 爆炸作用下玻璃破碎数值计算 模型 .....	316	10.6.1 计算模型描述 .....	343
9.6.3 TrueGrid 建模和加载 .....	316	10.6.2 TrueGrid 建模 .....	344
9.6.4 关键字文件讲解 .....	319	10.6.3 关键字文件讲解 .....	344
9.6.5 数值计算结果 .....	321	10.6.4 数值计算结果 .....	346
9.7 参考文献 .....	323	10.7 参考文献 .....	346
<b>第 10 章 热学计算 .....</b>	<b>324</b>	<b>第 11 章 隐式分析 .....</b>	<b>347</b>
10.1 热学计算基础 .....	324	11.1 隐式分析基础 .....	347
10.1.1 *CONTROL_SOLUTION 关键字 .....	324	11.1.1 隐式分析相关关键字 .....	347
10.1.2 *CONTROL_THERMAL_ SOLVER 关键字 .....	324	11.1.2 隐式分析不支持的关键字 .....	348
10.1.3 *CONTROL_THERMAL_ Timestep 关键字 .....	325	11.1.3 隐式分析支持的单元类型 .....	350
10.1.4 *CONTROL_THERMAL_ NONLINEAR 关键字 .....	326	11.1.4 隐式分析支持的材料模型 .....	350
10.1.5 热学边界和加载关键字 .....	327	11.1.5 隐式分析收敛检查 .....	351
10.2 长杆瞬态热传导计算 .....	327	11.1.6 隐式分析建议 .....	351
10.2.1 计算模型描述 .....	327	11.2 简支方板特征值分析 .....	353
10.2.2 TrueGrid 建模 .....	328	11.2.1 计算模型描述 .....	353
10.2.3 关键字文件讲解 .....	328	11.2.2 TrueGrid 建模 .....	353
10.2.4 数值计算结果 .....	330	11.2.3 关键字文件讲解 .....	353
10.3 厚板稳态对流计算 .....	331	11.2.4 数值计算结果 .....	355
10.3.1 计算模型描述 .....	331	11.3 简支方板受力振动计算 .....	356
		11.3.1 计算模型描述 .....	356
		11.3.2 TrueGrid 建模 .....	357
		11.3.3 关键字文件讲解 .....	357
		11.3.4 数值计算结果 .....	360
		11.4 轴向加载薄壁壳体屈曲分析 .....	361
		11.4.1 计算模型描述 .....	361



11.4.2 TrueGrid 建模	362	12.6.2 TrueGrid 建模	405
11.4.3 关键字文件讲解	362	12.6.3 关键字文件讲解	406
11.4.4 数值计算结果	364	12.6.4 数值计算结果	409
11.5 金属切削 EFG 计算	365	12.7 参考文献	410
11.5.1 计算模型描述	365	<b>第 13 章 重启动分析</b>	411
11.5.2 TrueGrid 建模	365	13.1 小型重启动分析——SHPB	
11.5.3 关键字文件讲解	366	计算	412
11.5.4 数值计算结果	372	13.1.1 计算模型描述	412
11.6 参考文献	373	13.1.2 TrueGrid 建模	413
<b>第 12 章 S-ALE/ICFD/CESE/EM/</b>		13.1.3 关键字文件讲解	413
<b>DEM 算法介绍</b>	374	13.1.4 数值计算结果	416
12.1 水下爆炸 S-ALE 计算	374	13.2 完全重启动分析——SHPB	
12.1.1 S-ALE 算法简介	374	连续打击计算	417
12.1.2 计算模型描述	376	13.2.1 计算模型描述	417
12.1.3 TrueGrid 建模	377	13.2.2 TrueGrid 建模	417
12.1.4 关键字文件讲解	377	13.2.3 关键字文件讲解	417
12.1.5 数值计算结果	383	13.2.4 数值计算结果	420
12.2 绕柱流 ICFD 计算	384	13.3 参考文献	421
12.2.1 计算模型描述	384	<b>第 14 章 若干计算问题的解决方法</b>	422
12.2.2 TrueGrid 建模	384	14.1 求解算法的选择	422
12.2.3 关键字文件讲解	385	14.2 关于计算结果的准确性和可	
12.2.4 数值计算结果	387	信度的讨论	422
12.3 激波管 CESE 计算	388	14.3 LS-DYNA 求解时间的决定	
12.3.1 计算模型描述	388	因素	423
12.3.2 TrueGrid 建模	388	14.4 减少 LS-DYNA 求解时间的	
12.3.3 关键字文件讲解	390	方法	424
12.3.4 数值计算结果	391	14.5 LS-DYNA 求解中途退出的	
12.4 涡电流 EM 计算	393	原因和解决办法	424
12.4.1 计算模型描述	393	14.6 沙漏出现的原因和控制方法	426
12.4.2 TrueGrid 建模	394	14.7 质量缩放	427
12.4.3 关键字文件讲解	394	14.8 六面体单元中的负体积现象	428
12.4.4 数值计算结果	396	14.9 负滑移能（接触能）	429
12.5 电磁轨道炮发射 EM 计算	397	14.10 参考文献	430
12.5.1 计算模型描述	397	<b>第 15 章 LS-DYNA 前后处理软件</b>	
12.5.2 TrueGrid 建模	398	<b>LS-PrePost 简介</b>	431
12.5.3 关键字文件讲解	398	15.1 界面布局	432
12.5.4 数值计算结果	403	15.2 鼠标与键盘操作	433
12.6 料仓落料 DEM 计算	405	15.3 主菜单	433
12.6.1 计算模型描述	405	15.3.1 File 菜单	433

15.3.2	Misc.菜单	434	15.9.4	生成动画	448
15.3.3	Toggle 菜单	435	15.9.5	生成图片	448
15.3.4	Backgroud 菜单	435	15.9.6	处理 ASCII 时间历程文件	448
15.4	页 (Page)	436	15.9.7	对时间历程曲线进行滤波	450
15.4.1	Page 1	436	15.9.8	将模型变形后的状态输出为计算 输入文件	450
15.4.2	Page 2	437	15.9.9	将多个关键字文件中的模型 合并成一个模型	451
15.4.3	Page 3	438	15.9.10	通过 History 界面输出曲线	451
15.4.4	Page 4	439	15.9.11	将部分 PART 保存为关键字 文件	451
15.4.5	Page 5	439	15.9.12	测量模型	453
15.4.6	Page 6	440	15.9.13	在 LS-PrePost 里显示 ALE 结果	453
15.4.7	Page 7	440	15.9.14	创建*constrained_tied_nodes_ failure 关键字	453
15.4.8	Page D	442	15.9.15	缩放模型	453
15.5	动画控制	442	15.9.16	交叉绘制数据曲线	454
15.6	渲染热键	443	15.10	参考文献	454
15.7	通用选择界面	445	附录		455
15.8	LS-PrePost 命令行和批处理	446			
15.9	常用后处理操作举例	447			
15.9.1	制作宏批处理文件	447			
15.9.2	生成应力云图	448			
15.9.3	查看模型内部应变云图	448			





# 第一部分 TrueGrid 软件

## 网格划分指南

### 第 1 章 TrueGrid 基本操作

TrueGrid 是美国 XYZ Scientific Applications 公司推出的通用网格划分软件，是一套交互式、批处理、参数化前处理器。TrueGrid 简单易学、功能强大，可以方便快捷地生成优化的、高质量的多块体结构化网格，非常适合为有限元和有限差分软件做前处理器，输出计算分析软件所需的网格文件，甚至可以设置计算参数。其独特的网格生成方法可为用户节省大量建模时间。

TrueGrid 软件的优势表现在：

1) 投影方法。采用投影方法，可以快速简便地生成 TrueGrid 网格，将用户从烦琐的几何建模工作中解脱出来。

2) 多块体结构。TrueGrid 采用多块体方法生成网格，能够生成高质量的块体结构化六面体网格，来保证计算结果的准确性。多块体结构能够处理最复杂的几何结构，可大大减少复杂模型的建模工作量。这种多块体建模方法与 ICEM CFD、INGRID 网格划分软件的建模思路很接近。

3) 不需要进行几何清理。TrueGrid 可以采用 IGES 格式文件准确无误地导入 CAD/CAM 文件和实体模型表面，不需要进行几何清理。

4) 几何库。除了可导入外部几何文件外，TrueGrid 还有内置几何库，用户可以创建自己的几何体，或为外部导入的几何体添加面。

5) 参数化和脚本功能。TrueGrid 是一种既能进行交互式又能进行批处理的网格生成软件。在交互模式下，可以编辑脚本文件来生成参数化模型，高质量的参数化模型能够适应几何模型的修改，快速地重新生成新网格，从而节省许多建模时间。

6) 前处理。TrueGrid 可为支持的计算分析软件提供完善的前处理，为分析程序输出计算输入所需的网格文件。

7) 与 ANSYS、PATRAN、HYPERMESH 等软件相比，TrueGrid 软件非常小，占用内存少，运行时 bug 极少，能够生成大规模的网格模型，在 32 位系统下最多可以生成 15000000 个节点的网格，64 位系统下没有规模的限制。



图 1-1 所示是采用 TrueGrid 生成的模型网格。由图可见，TrueGrid 为复杂模型生成的网格质量非常高。

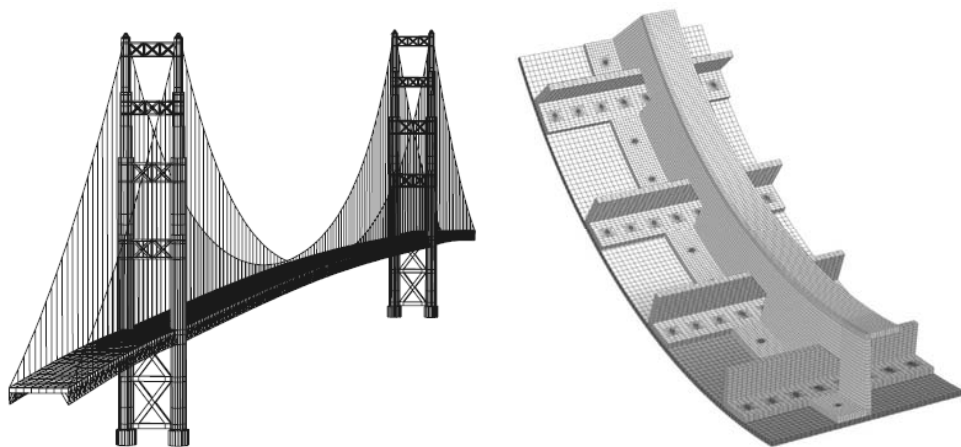


图 1-1 TrueGrid 生成的网格

## 1.1 TrueGrid 运行模式

TrueGrid 最新版是 2015 年 12 月 14 日发布的 3.13 版。TrueGrid 有三种运行模式：

- (1) 交互模式 在图形用户界面中交互地执行通过菜单选中或手动输入的命令。
- (2) 批处理模式 用于运行命令文件。

(3) 交互模式和批处理混合模式 将命令文件提交给 TrueGrid 运行，并通过图形用户界面交互地生成网格。

TrueGrid 可以在这三种模式之间来回切换：通过 `resume` 命令可从交互模式切换为批处理模式，通过 `interrupt` 命令可从批处理模式切换为交互模式。

在 UNIX 系统中 TrueGrid 的运行方式为：

```
TG i=comd s=csave o=model len=size -font name -display hostname:0.0
```

- `i=comd`。comd 为初始命令文件。
- `s=csave`。csave 为进程文件，默认为 `tsave`。TrueGrid 在 `tsave` 进程文件里记录了运行过的命令和参数，以及运行过程中发生的错误。`tsave` 文件可以被重新命名、编辑，并作为命令文件运行。对于初学者，`tsave` 文件较为重要，是学习建模命令的参考，建议初学者在 TrueGrid 运行结束后重新命名 `tsave` 文件，以防止被下一次运行后重新生成的 `tsave` 文件所覆盖。
- `o=model`。model 为输出的模型文件。
- `len=size`。size 为内存大小，以 MB 计，默认值为 20MB。
- `-font name`。font name 为选择的字体，只适用于 X Window。
- `-display hostname:0.0`。为远程运行，只适用于 X Window。

## 1.2 TrueGrid 设置

在 Windows 系统中安装好 TrueGrid 后，建议运行\TrueGrid\Utilities 目录下的 tgpref.exe 文件对运行参数进行设置，如图 1-2 所示。

1) 每次建模时将工作目录 (Working Directory) 由默认的 C:\TrueGrid\Examples 修改为当前建模的工作目录，用于存放 tg 输入文件和 tg 输出模型文件，这是一个非常好的习惯。

2) 选择“Own the '.TG' file extension”选项，将扩展名.TG 的文件设置为 TrueGrid 类型文件，以后通过双击该文件即可运行文件内的全部命令。

3) 选择“3 Button Mouse”。

4) 修改“Megabytes of Memory”。输入数值的单位为 MB。与其他建模软件相比，运行 TrueGrid 需要的内存很少，但为了方便生成特大规模模型，建议将默认值“20”修改为“500”。

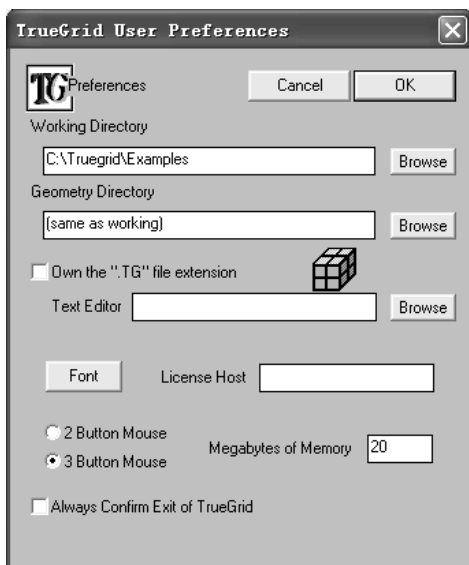


图 1-2 TrueGrid 用户参数设置

## 1.3 TrueGrid 快速入门

### 1.3.1 TrueGrid 快速上手方法

TrueGrid 3.00 版本用户手册即《TrueGrid User's Manual Version 3.0.0》，分为上、下两册，总页数过千，全部掌握要耗费大量时间和精力。最快也是最简单的 TrueGrid 学习方法就是：首先了解 TrueGrid 建模思想，熟悉 TrueGrid 基本概念，学习十几条常用命令，掌握几个建模例子，然后找个与工作相关的稍微复杂的 CAD 模型，逐条命令地建立网格模型，等模型建立完成后就基本掌握了 TrueGrid 建模方法。没有必要花费太多时间学习 TrueGrid 用户手册中的全部内容，等掌握了 TrueGrid 建模方法后，必要时可以再去查阅 TrueGrid 用户手册中的相关命令。



## 1.3.2 TrueGrid 中的三个阶段

在 Windows 系统下启动 TrueGrid, 可双击 TrueGrid 图标或计算机桌面上的快捷方式, 或单击“开始”→“所有程序”→XYZ Scientific Applications→TrueGrid。TrueGrid 运行后弹出的第一个窗口如图 1-3 所示。

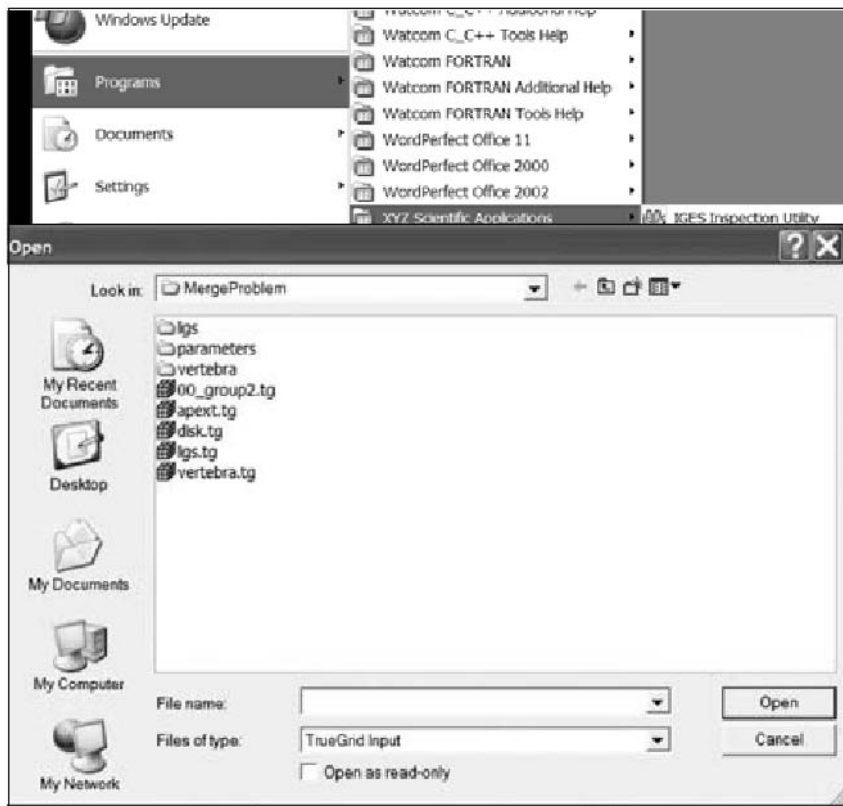


图 1-3 TrueGrid 启动窗口

单击 Cancel 按钮, 忽略以批处理模式读入命令文件, 就进入了 Control Phase 阶段。

TrueGrid 建模有三个阶段: Control Phase、Part Phase 和 Merge Phase, 如图 1-4 所示。对应于每个阶段, 在 TrueGrid 的左上角窗口标题栏上都会显示相应阶段标题。不同的阶段, 对应软件不同的功能, 只能运行与其对应的命令。

### 1. Control Phase 阶段

启动 TrueGrid 时如果不打开 tg 命令文件, 默认的状态即为 Control Phase。该阶段主要用于设置输出选项、定义材料模型和状态方程、导入几何模型等。在这个阶段不能使用图形功能。

### 2. Part Phase 阶段

通过 block 或 cylinder 命令生成块体网格, 即可进入 Part Phase 阶段, 同时原来文本/菜单窗口的标题变成了“Part Phase”。该阶段主要用于创建几何模型、生成并修改网格、定义边界条件和载荷等。在该阶段会出现三个新的窗口: 计算窗口 (Computational Window)、物理窗