

颗粒系统的动态显示系统软件

使用说明

编写人 孙珊珊
季顺迎

目 录

第一部分 软件简介	3
第二部分 安装说明	6
第三部分 使用手册	7

第一部分 软件简介

离散单元法(DEM)是分析散体力学行为新的数值方法, 图形程序设计同样是 DEM 编程的重要内容。国外多数 DEM 在 Linux/UNIX 环境下运行, 稳定性和图形功能都很好, 但硬件和配套软件的价格不菲。为此, 我们自行开发 DEM 图形处理软件以满足我们的科研需求。

随着微机的发展和普及, 微机计算速度的快速提高和内存容量的增大, 使其能够完成较大的计算任务。另外, 计算机的支撑软件更加强大, 目前已生产出加强图形功能的 3D 图形加速卡, 使得在微机上可以绘制出更加逼真的三维图形。

1.1 软件名称

中文: 颗粒系统的动态显示系统软件 简称 GFD-DD

英文: System Software of Dynamic Display for Granular Flow Dynamics

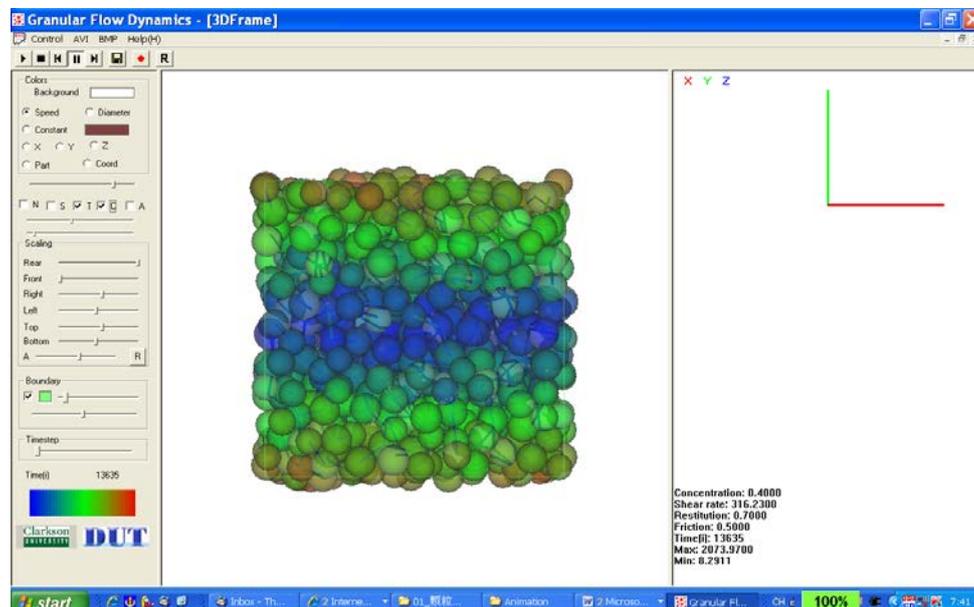


图 1.1 GFD-DD 软件执行主窗口

1.2 软件适用行业与用途

适用行业: 环境、制药、化工、食品、岩土、海洋

用途: 动态显示颗粒介质的数值模拟过程, 可选择性显示颗粒的内部运动状况, 以及颗粒间的力链的分布状况。

1.3 软件开发平台：Microsoft Visual C++

编程语言：C++

版本号： 1.0

程序量： 7706 行

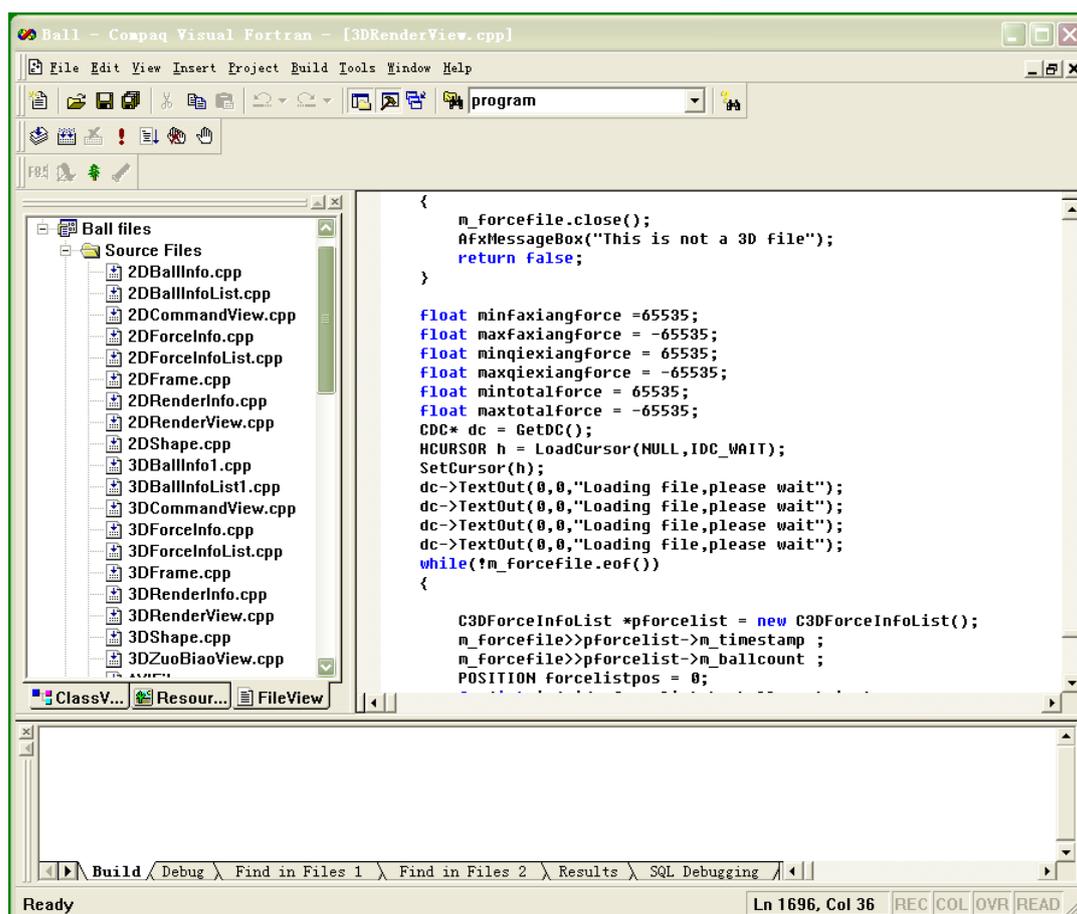


图 1.2 GFD-DD 软件开发代码窗口

1.4 创作目的及意义：

根据目前微机的发展，及离散元计算程序的需要，研制开发的主要的目的及意义如下：

- (1) 输出数据更易于观察分析，对输出文件的数据进行统计分析更为方便。
- (2) 程序能够不间断运行，即绘制图形时不影响 DEM 程序运行，不必终止运行的程序。

- (3) 用户界面友好，使用方便，易于用户学习。
- (4) 图形操作方便，能够实现旋转、缩放、平移图形及交互式选择绘图。
- (5) 完成图形即时打印保存。

1.5 主要功能：

该软件可更直观的显示颗粒物质在数值模拟过程中的运动及受力情况。本软件可以显示二维和三维不同形状的颗粒体，包括球形，圆柱形和球形组合单元等颗粒类型；可用于动态显示颗粒的运动状态和颗粒介质的内部受力情况。适用于环境、制药、化工、食品、工业、高校、科研等涉及颗粒物质的各个研究领域。本软件是在 Windows 环境下用 OpenGL 和 Visual C++ 语言开发的应用类软件，源代码共计 8010 行。该软件在一般的个人电脑上，操作系统为 Windows，Linux 均可使用。

1.6 软件开发组成员：

季顺迎 (1972-)，男，博士，大连理工大学工业装备结构分析国家重点实验室副教授，主要从事离散介质力学，工程海冰数值模拟和工程地质灾害。

严颖 (1973-)，女，博士，大连交通大学土木与安全工程学院讲师，主要从事颗粒介质离散单元法模型研究。

奚海莉 (1950-)，女，博士，Clarkson 大学土木与环境工程系教授，目前主要从事散体力学，颗粒介质类固-液相变过程的物理实验和数值计算工作。

第二部分 安装说明

2.1 软件运行环境

软件运行的硬件环境： Intel 芯片主板的 Pentium 4 以上微机，内存容量 1G 以上，硬盘剩余容量 200MB， 屏幕分辨率在 1024×768 以上。CPU 为 Intel 公司产品，主频在 1.0G Hz 以上。

软件运行的软件环境： Microsoft Windows 2000 以上操作系统；

2.2 安装过程说明

推荐屏幕分辨率是 1024x768 或更高，以便图形正常显示；
本软件为绿色软件，无需安装。

2.3 备注

未解技术问题，可联系

季顺迎 Email: jisy@dlut.edu.cn 0411-84707212

第三部分 使用手册

3.1 主页面及功能项

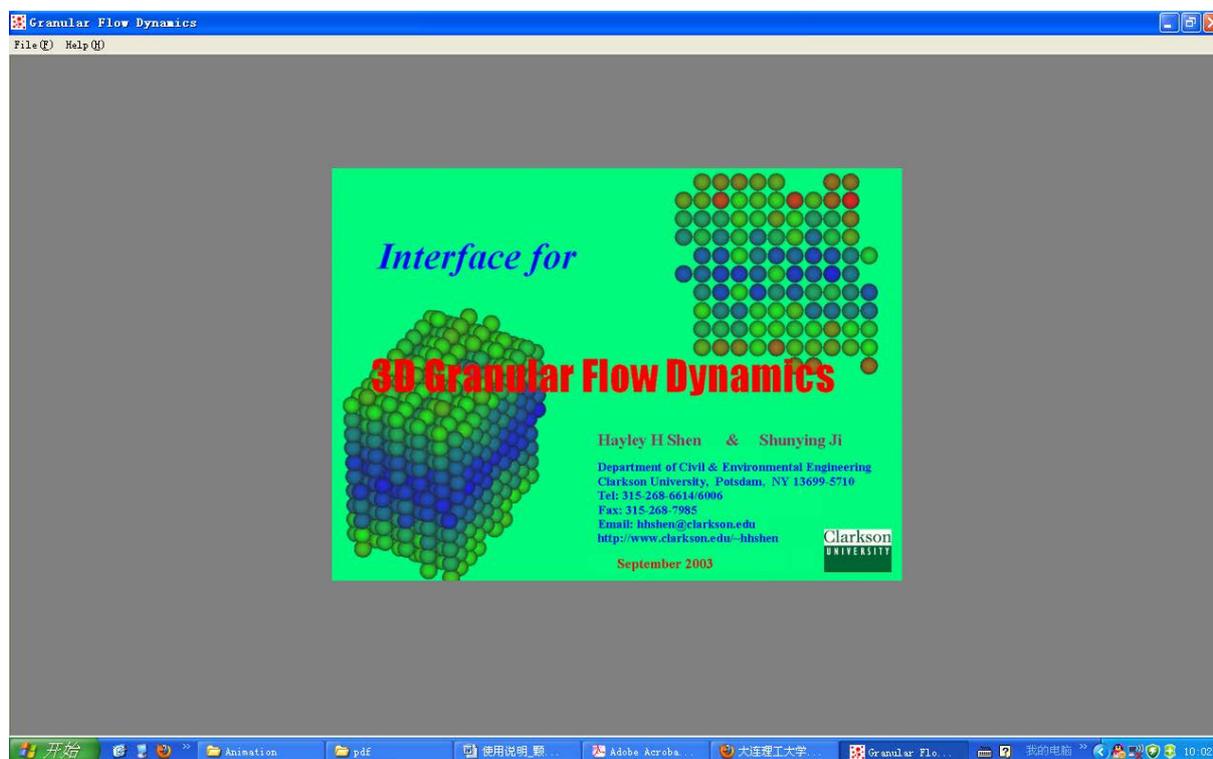
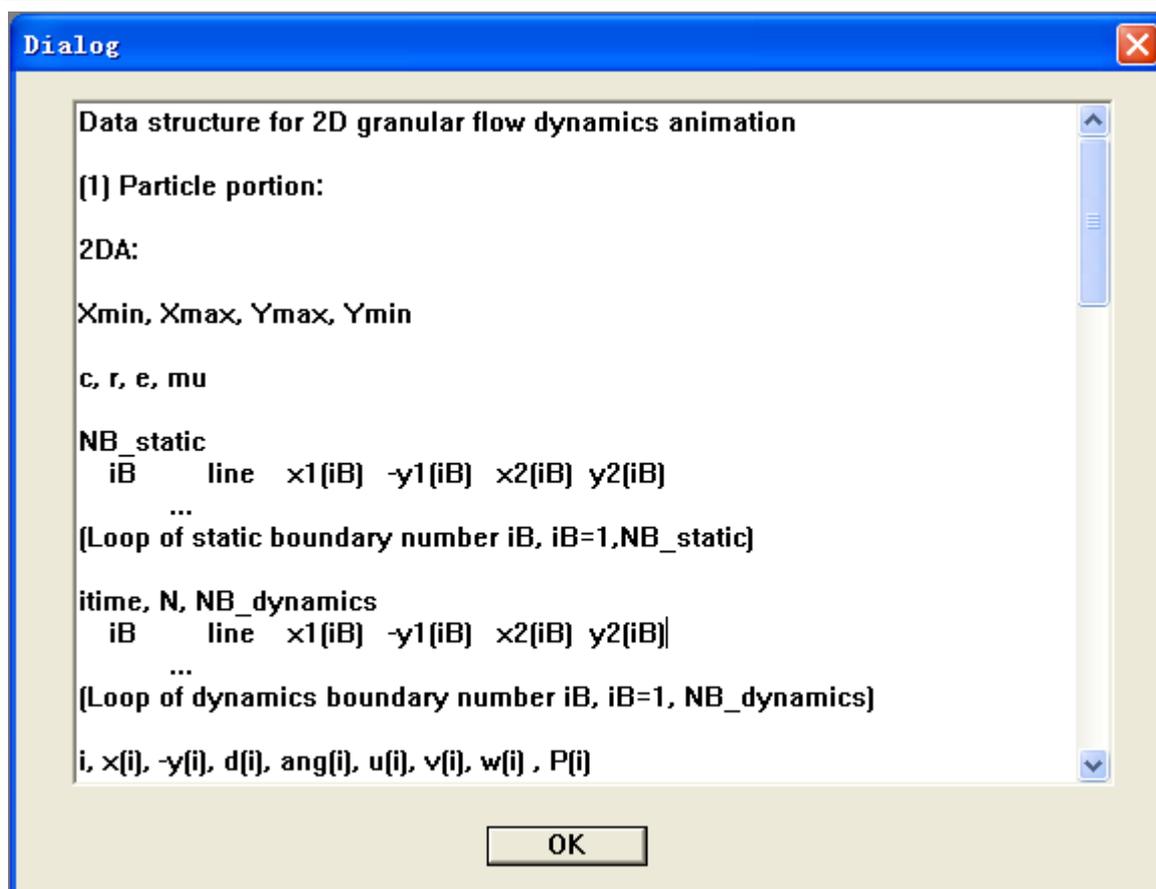


图 3.1 主窗口

在主窗口左上角有像主要功能项:

File (F) 打开数据文件； **Help (H)** 查询数据文件格式，单击该按钮，将出现 3 个选项，**About Ball(A)**:简单介绍该应用程序；还有两个选项分别是 **2D Data structure** 和 **3D Data structure**，单击将出现如图 3.2 所示的信息窗口，详细介绍了 2D 和 3D 的计算模型输出文件的格式要求。



3.2 输入文件格式说明

按输入文件格式的要求，二维输入文件和三维输入文件的格式分别如下：

```

2DA:
      -15      135      -122      14
1.0000 1.0000 0.5000 0.5000
      0
      1
1 line   0.00   -12.00   0.00   0.00
2 line   0.00    0.00  120.00   0.00
3 line  120.00   0.00  120.00 -12.00
4 line   54.00   0.00   54.00  -9.60
5 line   66.00   0.00   66.00  -9.60
6 line   54.00 -18.00   54.00  -9.60
7 line   66.00 -18.00   66.00  -9.60
8 line   54.00 -18.00   54.00 -54.00
9 line   66.00 -18.00   66.00 -54.00
10 line  54.00 -54.00   54.00 -60.00
11 line  66.00 -54.00   66.00 -60.00
12 line  54.00 -72.00   54.00 -60.00
13 line  66.00 -72.00   66.00 -60.00
14 line  54.00 -72.00   54.00 -108.00
15 line  66.00 -72.00   66.00 -108.00
16 line  66.00 -54.00   66.00  -54.00
17 line  54.00 -54.00   54.00  -54.00
18 line  54.00 -108.00  66.00 -108.00
      1      56.4599  -46.2072   1.1474   0.0000  -0.0113  -0.8086   2.9334   1.0000
      2      57.0336  -46.2072   1.1182   0.0000  -0.0113   0.8743   2.9334   1.0000
      3      63.4644  -49.4360   1.2062   0.0000   0.0025   0.8042  -2.6948   2.0000
      4      64.0675  -49.4360   1.1981   0.0000   0.0025  -0.8211  -2.6948   2.0000
      5      57.3883  -22.0523   1.0001   0.0000  -0.0045  -1.2397   4.2304   3.0000
      6      57.9232  -22.0523   1.0696   0.0000  -0.0045   1.0228   4.2304   3.0000
      7      64.6290  -58.5026   1.1014   0.0000  -0.0013   0.4573  -1.9439   4.0000
      8      65.1798  -58.5025   0.9932   0.0000  -0.0013  -0.6132  -1.9439   4.0000
      9      59.7085  -10.7435   1.1789   0.0000   0.0073   2.6158  -8.8871   5.0000
     10      60.2988  -10.7435   1.1806   0.0000   0.0073  -2.6302  -8.8871   5.0000
     11      61.6140  -14.9148   1.1962   0.0000   0.0012  -0.7530   3.3010   6.0000
     12      62.2121  -14.9148   1.0090   0.0000   0.0012   1.2213   3.3010   6.0000
     13      60.8694   -7.7107   1.0846  -0.0001   0.0265   4.0219 -13.9677   7.0000
     14      61.4268   -7.7106   1.1148  -0.0001   0.0265  -3.7637 -13.9677   7.0000
     15      61.9701  -18.4918   1.1303   0.0000  -0.0046  -0.5658   1.9146   8.0000
     16      62.5422  -18.4918   1.1443   0.0000  -0.0046   0.5296   1.9146   8.0000
     17      58.1780  -70.4447   1.2088   0.0000   0.0279   2.0311  -7.0022   9.0000
     18      58.7824  -70.4447   1.1838   0.0000   0.0279  -2.2011  -7.0022   9.0000
    
```

二维输入文件格式示例

```

2DA:
-90.000  90.000  -90.000  90.000  -90.000  90.000
 0.3790  0.0000  0.7000  0.5000
      0
      3606      14
1 rplate -50.000 -42.760 -50.000 50.000 -42.760 -50.000 50.000 -5.000 -50.000 -50.000 -5.000 -50.000
2 rplate -50.000 -42.760 -50.000 50.000 -42.760 50.000 50.000 -5.000 50.000 -50.000 -5.000 50.000
3 rplate -50.000 -42.760 -50.000 -50.000 -42.760 50.000 -50.000 -5.000 50.000 -50.000 -5.000 -50.000
4 rplate 50.000 -42.760 -50.000 50.000 -42.760 50.000 50.000 -5.000 50.000 50.000 -5.000 -50.000
5 rplate -50.000 -34.760 -50.000 50.000 -34.760 -50.000 50.000 -34.760 50.000 -50.000 -34.760 50.000
6 rplate -50.000 5.000 -50.000 50.000 5.000 -50.000 50.000 42.760 -50.000 -50.000 42.760 -50.000
7 rplate -50.000 5.000 50.000 50.000 5.000 50.000 50.000 42.760 50.000 -50.000 42.760 50.000
8 rplate -50.000 5.000 -50.000 -50.000 5.000 50.000 -50.000 42.760 50.000 -50.000 42.760 -50.000
9 rplate 50.000 5.000 -50.000 50.000 5.000 50.000 50.000 42.760 50.000 50.000 42.760 -50.000
10 rplate -50.000 42.760 -50.000 50.000 42.760 -50.000 50.000 42.760 50.000 -50.000 42.760 50.000
11 line -50.000 -34.760 -50.000 50.000 -34.760 -50.000 50.000 -34.760 -50.000
12 line 50.000 -34.760 -50.000 50.000 -34.760 50.000
13 line 50.000 -34.760 50.000 -50.000 -34.760 50.000
14 line -50.000 -34.760 50.000 -50.000 -34.760 -50.000
      1      27.59   9.81   24.06   3.67   -46.24   -84.47  -1444.83   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      2      30.34   9.81   24.06   3.67   -46.24   -84.47  -1444.83   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      3       9.50   2.88   19.36   2.80   170.72  -296.22  -293.34   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      4      11.60   2.88   19.36   2.80   170.72  -296.22  -293.34   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      5      17.31  -21.95  -3.68   4.61  -190.93   71.55  -1149.84   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      6      20.77  -21.95  -3.68   4.61  -190.93   71.55  -1149.84   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      7      43.23  -2.81   3.32   4.10   1.92   66.48  -1683.70   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      8      46.31  -2.81   3.32   4.10   1.92   66.48  -1683.70   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
      9     -40.74  22.14  -9.43   3.60  -99.01  -267.51  -1040.75   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     10     -38.04  22.14  -9.43   3.60  -99.01  -267.51  -1040.75   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     11     -3.76  -14.82  -9.72   2.99   44.25  306.75  -353.88   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     12     -1.52  -14.82  -9.72   2.99   44.25  306.75  -353.88   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     13     -1.01  34.03  28.43   3.29  -19.17  -157.84  -1623.42   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     14      1.45  34.03  28.43   3.29  -19.17  -157.84  -1623.42   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     15      4.28  -1.08  -38.63   3.44  455.26  -224.62  -521.10   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     16      6.86  -1.08  -38.63   3.44  455.26  -224.62  -521.10   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     17     -27.14  -15.33  -5.10   3.31  401.40  149.25  -377.81   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     18     -24.66  -15.33  -5.10   3.31  401.40  149.25  -377.81   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     19     -31.79   5.86  -2.69   4.95  -227.98  -182.72  -218.30   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     20     -28.07   5.86  -2.69   4.95  -227.98  -182.72  -218.30   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     21      34.48   7.01  14.33   3.16  306.06  210.13  -320.40   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     22      36.85   7.01  14.33   3.16  306.06  210.13  -320.40   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     23     -34.90  24.72  31.26   4.82  -46.36  384.41  -26.13   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     24     -31.29  24.72  31.26   4.82  -46.36  384.41  -26.13   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     25     -33.68  10.54  32.47   3.14  250.99  -224.70  -1546.06   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     26     -31.32  10.54  32.47   3.14  250.99  -224.70  -1546.06   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
     27     -34.82  -28.33  -7.45   3.54  147.51   26.37  -34.20   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
    
```

三维输入文件格式示例

单击 **File(F)**，将弹出如下对话框，

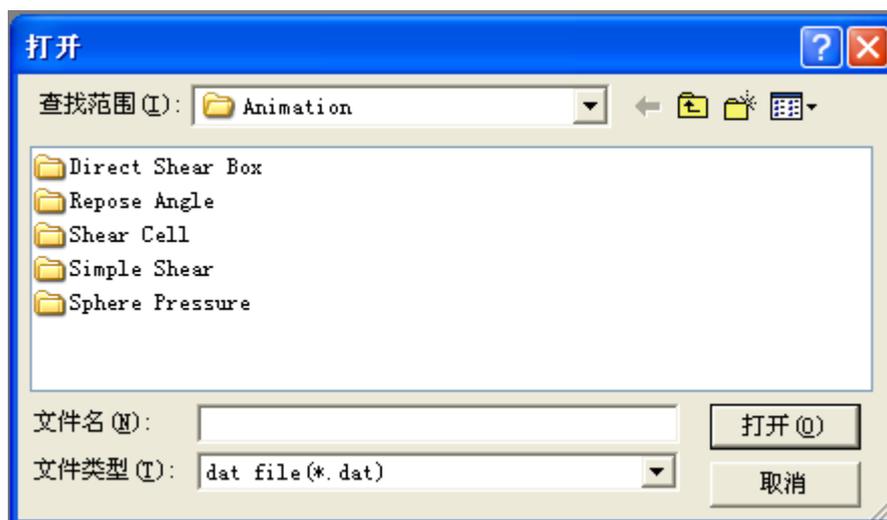


图 3.3 选择输入文件对话框

单击选择输入文件，并单击 **打开(O)** 按钮，软件将对输入文件进行解析。如果输入文件比较大，则用户需要耐心等待一会。输入文件解析完成后界面如图 3.4 和图 3.5 所示。

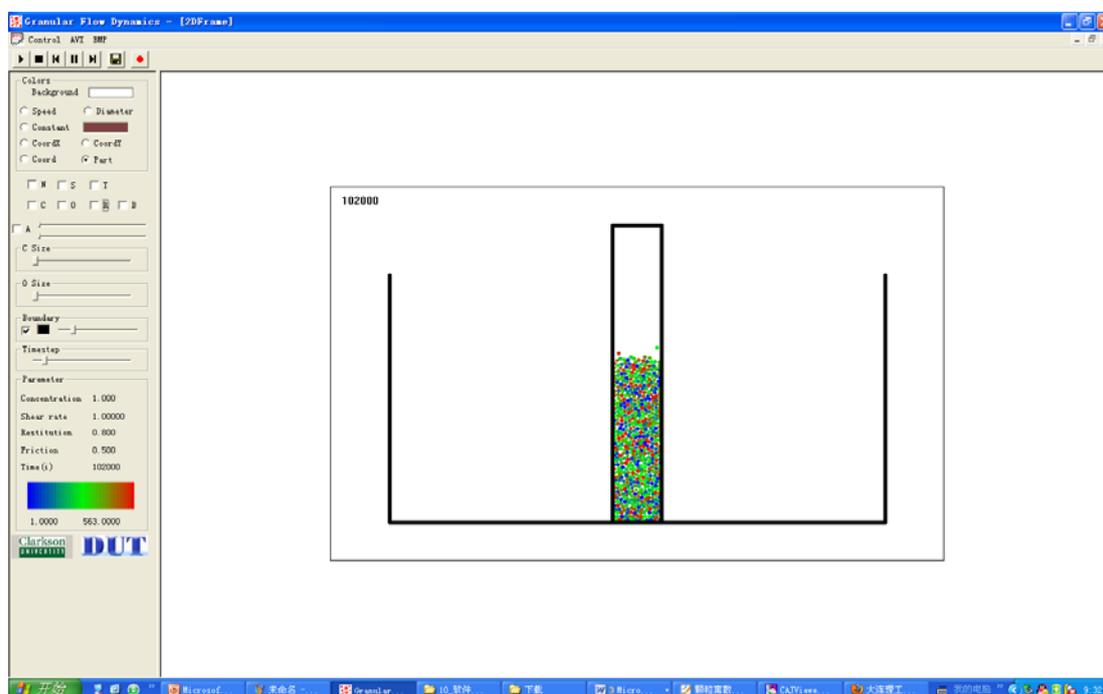


图 3.4 二维工作界面

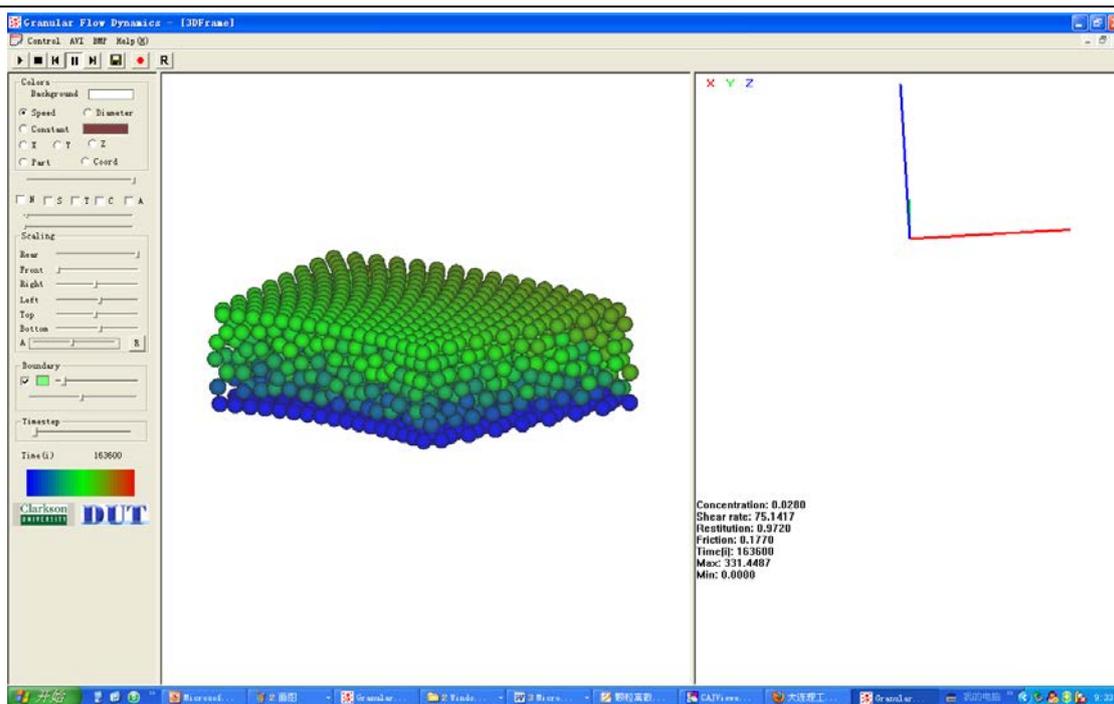


图 3.5 三维工作界面

3.2 三维模型的显示

当打开 3D 格式的输入文件时，软件工作窗口左边的工具栏截图如图 3.6 所示，其各部分的功能简单标注。通过该工具栏便可对要显示的动画画面进行调整修改。



图 3.6 三维图形工具栏

现将各部分功能介绍如下:

1、Background

单击 **Background** 右边的颜色块将弹出【颜色】对话框，用户可自行选择合适的颜色，若是颜色不合用，可单击 **规定自定义颜色(Q) >>** 按钮，将弹出如图 3.7 所示的【颜色】对话框，用户可以鼠标单击调色板区域，添加自定义颜色。一个实际应用情况如图 3.8 所示。



3.7 (a) 颜色选择对话框和(b) 自定义颜色对话框

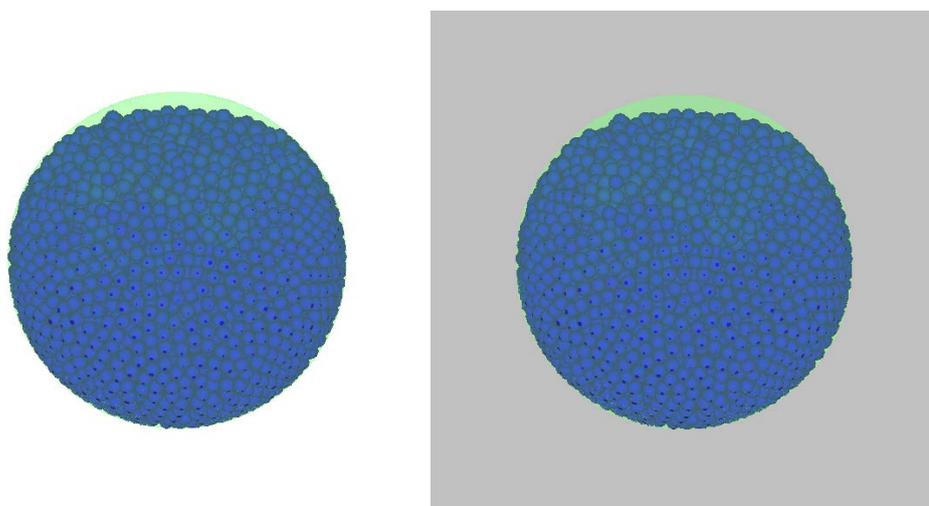


图 3.8 三维球形容器内颗粒运动在不同背景下的显示效果

2、Speed or Diameter

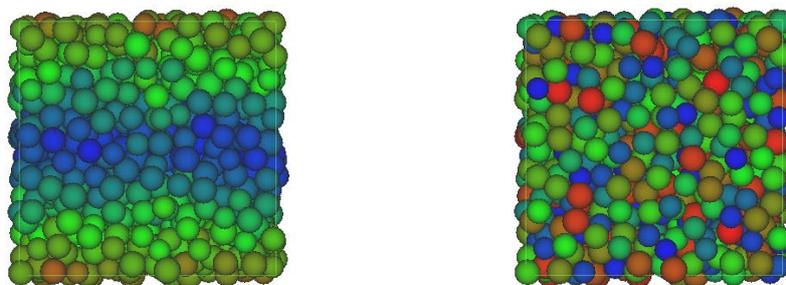
该部分有两个选项，分别为 Speed 和 Diameter。其意义是用不同的颜色来表征颗粒的不同属性。当选择 Speed 选项时，颗粒的颜色代表颗粒不同的速度，色彩渐变进度如图 3.9 和图 3.10 所示。

色彩从深蓝色想红色渐变，颜色愈靠近蓝色，则颗粒的速度愈小，颜色靠近红色则颗粒速度愈大。当选择 Diameter 选项时，则是用不同的颜色表征颗粒尺寸，颜色愈靠近蓝色，则颗粒的尺寸愈小，颜色靠近红色则颗粒尺寸愈大。

其中不同色彩所代表的参数实际大小与输入文件颗粒的参数最大值最小值决定。



图 3.9 色彩渐变参考



a) 用色彩表征颗粒速度； b) 用色彩表示颗粒尺寸；

图 3.10 三维单剪试验显示效果

3、Constant 选项

该选项的作用与第二个选项的作用相对应，但选择该选项时，颗粒的颜色为统一颜色，不随其速度或尺寸的改变而发生变化。其中 Constant 选项右边的颜色框功能与第一个选项 Background 后面的颜色框相同，可自定义显示颗粒的颜色。其显示结果如图 3.11 所示。

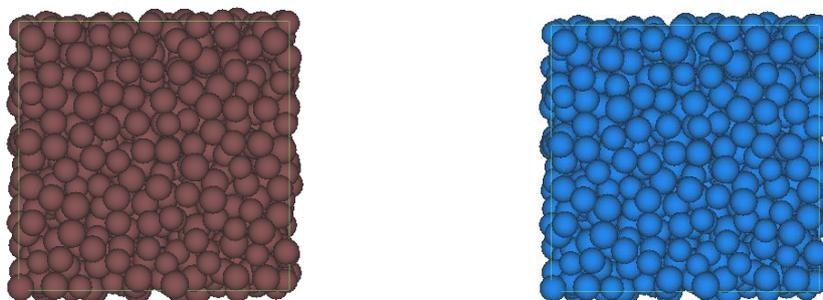


图 3.11 三维单剪试验，用匀色显示试验颗粒

4、光源位置

该项共有三个选项，X，Y，Z 选择不同的选项表示将光源移至不同的坐标轴，图 3.12 为将光源移至不同的坐标轴，单剪试验的显示结果。

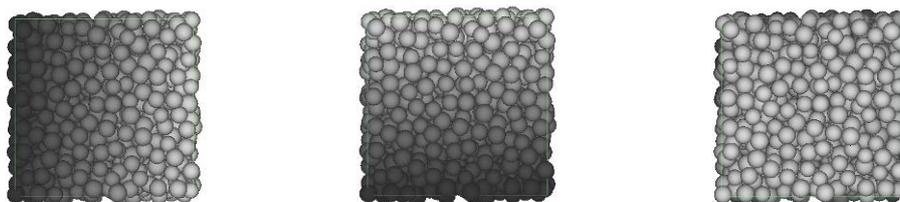
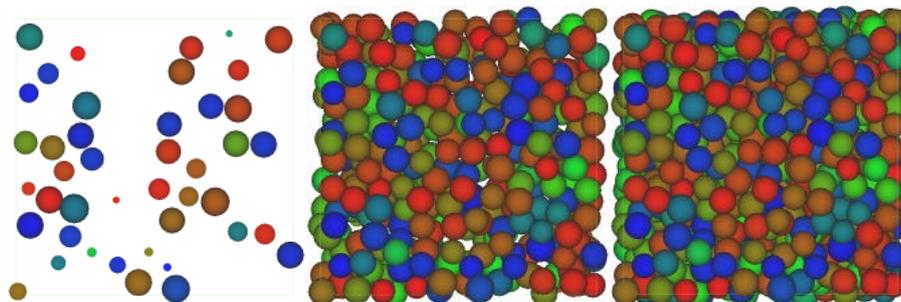


图 3.12 分别将光源移至 x 轴，y 轴，z 轴单剪实验的显示结果

5、选择性显示

该项可使用户自主选择要显示的计算区域，有两个选项，分别为 Part 和 Coord。该项需要结合 Scaling 区域的 Rear 滑条 ，和 Front 滑条  结合使用。调节 Rear 滑条将滑块从右往左拉，则显示的粒子从后忘前逐渐消失。与之相反，拖动 Rear 滑条从左往右将使颗粒从前往后逐渐消失。结果如图 3.13 所示。选中 Part 项时，颗粒上不同的颜色表征颗粒的不同类型。在这里颗粒的不同类型是按颗粒的尺寸不同来分类的。



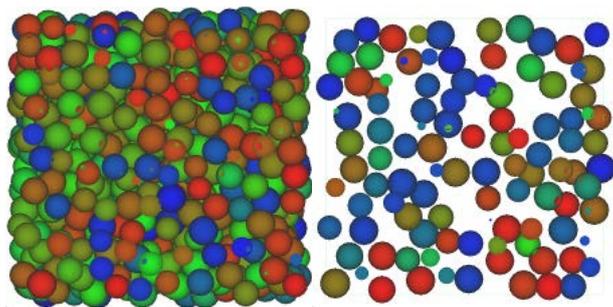


图 3.13 颗粒从后往前递增，从前往后递减

6、力链

打开输入文件后，选择 **N**，则会出现如图 3.14 所示的对话框提示用户输入力链文件，选择力链文件后，软件开始载入力链，此时如果力链文件较大时可能要等一会儿，在绘图区的左上角会提示‘Loading file, please wait’,此时对话框变为非激活状态，如图 3.14 和图 3.15 所示。

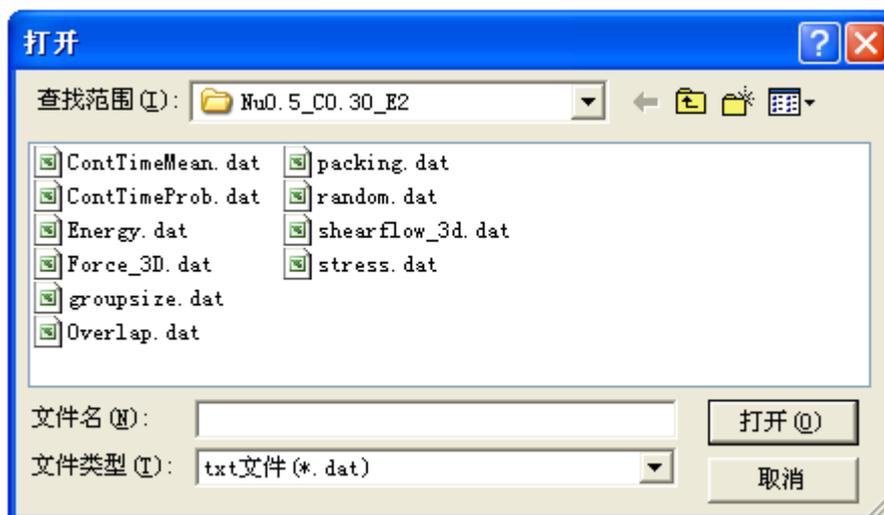


图 3.14 选择力链文件对话框

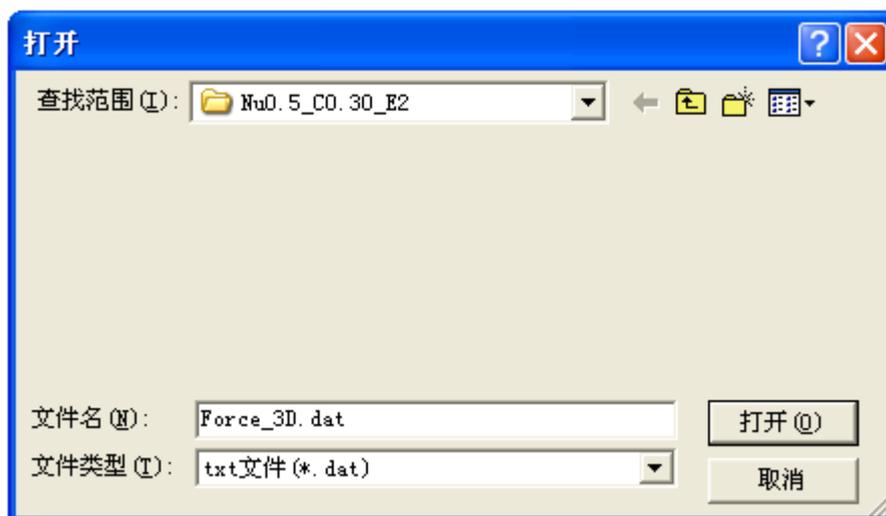


图 3.15 载入力链文件

力链文件的格式如下：

力链文件标识

3DF:	13500	420			
计算时间步	2	1	485	45895.55	22947.77
	2	1	519	31932.12	15966.06
	4	3	90	91886.12	45943.21
	4	3	348	176688.12	88344.06
	5	4	241	554963.12	228636.62
	6	5	577	181699.12	90849.92
	9	8	260	30410.12	15205.11
	9	8	308	66100.12	33050.08
	10	9	225	261552.12	128274.37
	11	10	55	293665.12	146832.97
	13	12	333	317549.12	158774.70
	13	12	269	59778.12	294608.86
	13	12	319	533674.18	260141.34
	15	14	198	119872.15	15058.90
	16	15	280	65882.32	32691.16
	16	15	160	21444.14	10722.07
	17	16	737	58079.63	29039.81
	18	17	296	65892.19	30625.63
	18	17	410	159316.00	79658.00
	18	17	243	437612.47	195211.15
	19	18	650	349476.03	174738.02
	20	19	171	88860.64	44430.32
	21	20	386	544760.08	260333.95
	23	22	660	62083.11	31041.56
	23	22	517	114308.17	56801.73
	24	23	50	166181.67	83090.84

力链连文件载入成功后，再次单击左上角的  按钮，便可以看到颗粒内部力链的情况，如图 3.16(a)所示。力链的不同颜色代表力链的不同大小，用户可通过调整该项 5 个选项下方的第一条滑条上滑块的位置来调整力链的粗细程度，调整粗细后的力链如图

3.16(b)所示。为了更加直观的看到力链在颗粒内部的分布情况，可以勾选 T 选项和 C 选项 T C，便可以同时显示颗粒和力链了，通过调整选项上方的滑条来任意调整颗粒的透明度，以使用户观察力链情况，显示结果如图 3.16(c)和(d)所示。

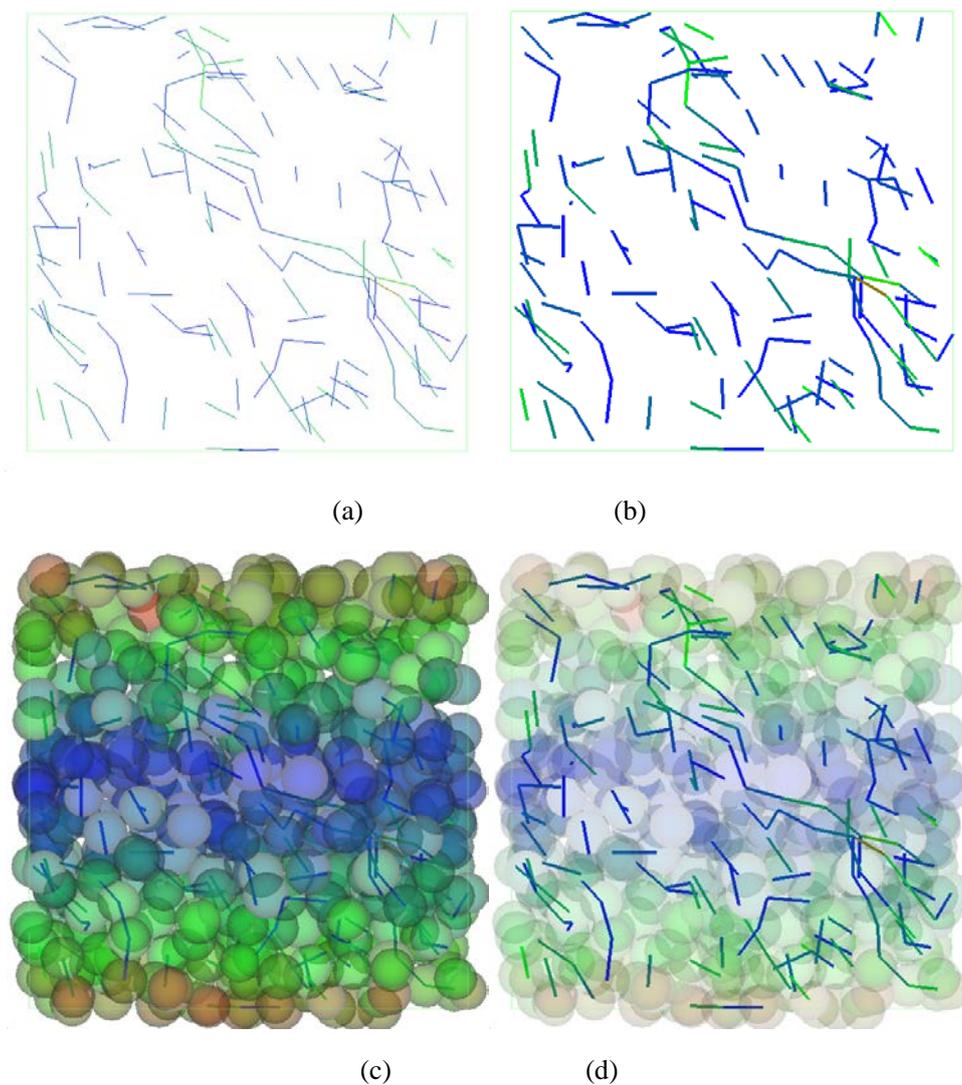
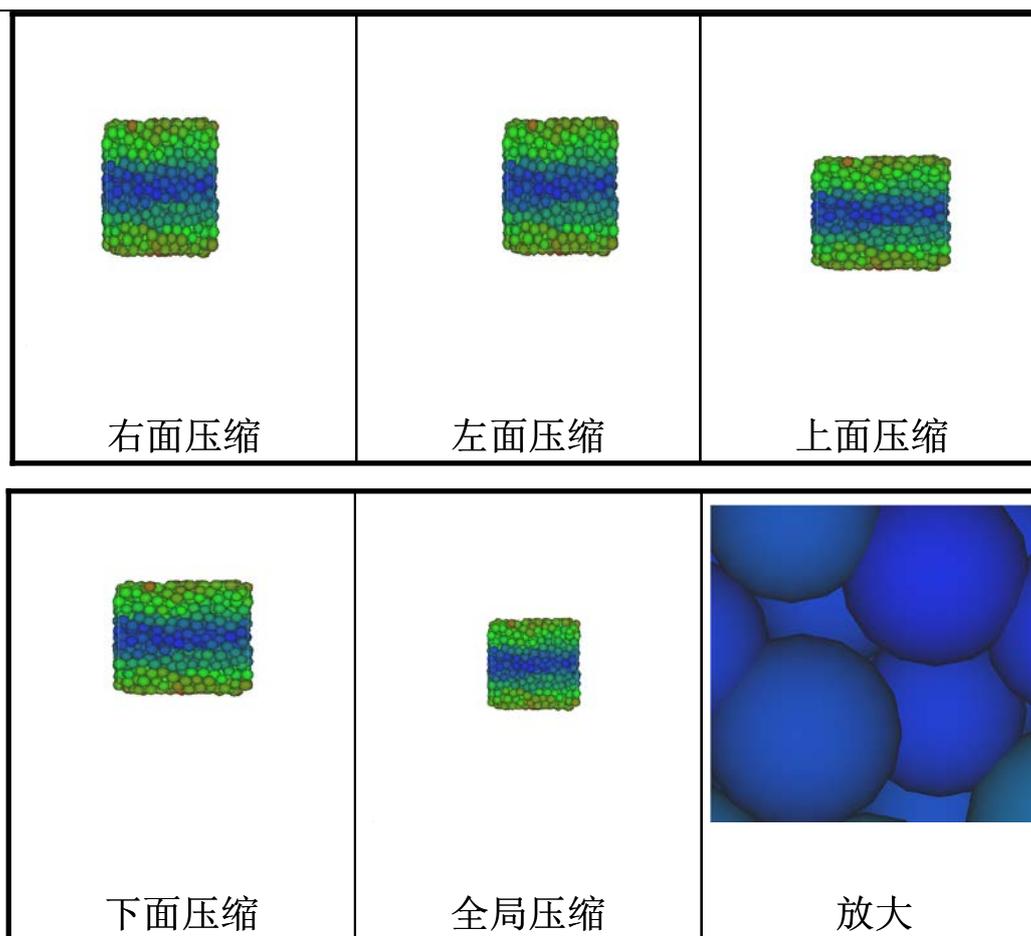


图 3.16 三维单剪试验力链和颗粒显示结果

7、设置画面尺寸

此项共有 5 个调整滑条，分别是 Right, Left, Top, Bottom, A。拖动滑块的位置可分别调整滑块的右，左，上，下，整体的缩放。调整结果如图 3.17 所示。

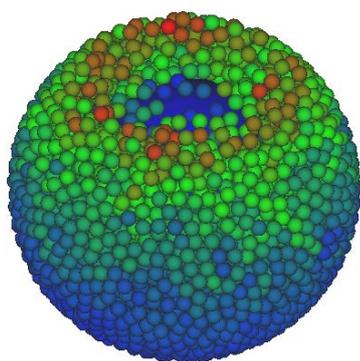


3.17 对显示画面进行缩放

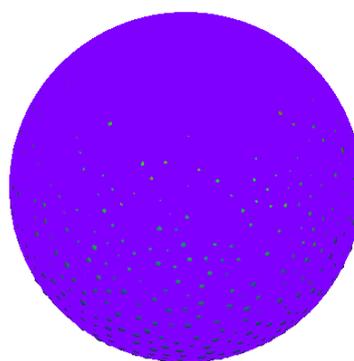
在 A 调整滑块的右边有一按钮 ，单击该按钮可将图片复位至最初的显示状态。

8、Boundary

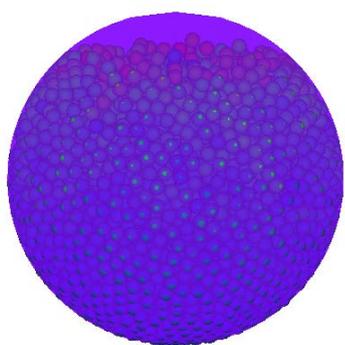
Boundary 选项是对物理边界条件的显示情况进行设置。该选项色块左边的勾选框  ，用户可以自行选择是否显示边界。图 3.18 为物理边界为一球形容器，里面盛满颗粒，调节不同的物理边界参数，可按需要显示物理边界。



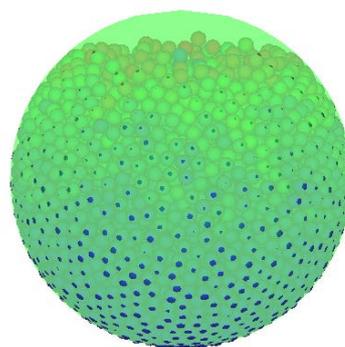
a 不添加物理边界



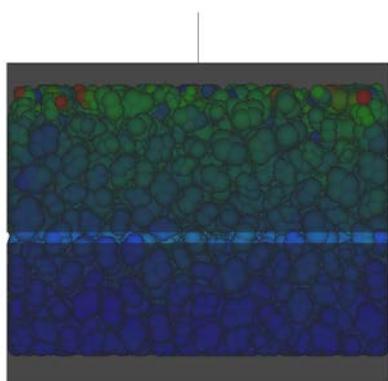
b 添加物理边界



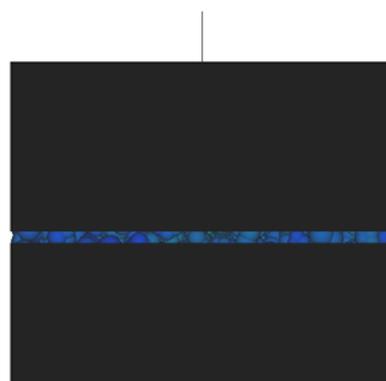
c 调节物理边界半透明



d 改变物理边界颜色



e 盒状半透明边界



f 盒状半透明边界

图 3.18 三维球形边界和盒状边界显示

9、Timestep

该选项可按用户需要即时的调整动画播放的速度。时间步调节滑条越往右拖，则动画显示速度越慢。

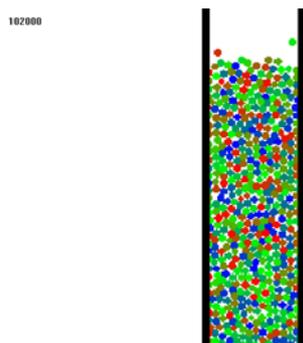
二维模型的显示

对于二维模型，其操作步骤和方法与三维模型大致相同，现只简单介绍。打开二维输入文件，其左侧的工具栏与三维的基本相同。个选项的不同功能如图 3-19 所示。

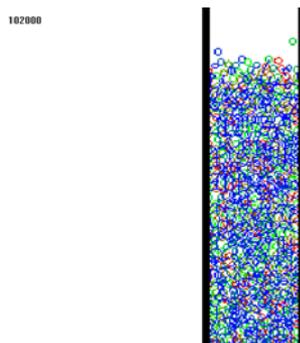


图 3.19 二维工具栏

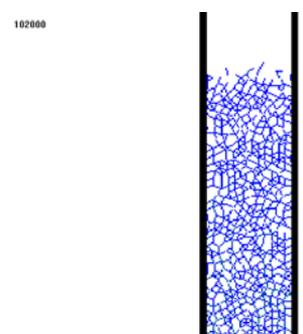
这里着重介绍一下工具栏的第 6 项，添加颗粒内部结构，这一项用户自行选择显示颗粒力链，这时需要单击 N 选项按钮，则跳出载入力链文件的对话框，载入力链文件后即可显示力链，其结果如图 3.20 所示。用户可选择性的只显示颗粒轮廓，颗粒半径或是颗粒圆心。选项下方有两个调节滑条，可用来调节力链或颗粒轮廓的粗细，和颗粒圆心的大小。



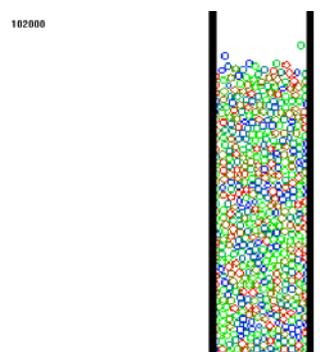
a 二维颗粒模拟



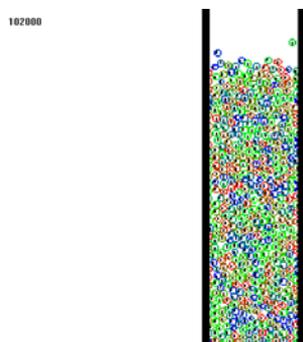
b 显示力链和颗粒轮廓



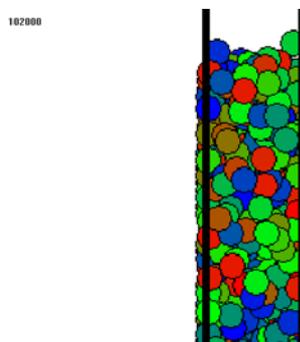
c 只显示颗粒内部力链分布



d 只显示颗粒轮廓



e 显示颗粒轮廓和颗粒圆心



f 放大显示颗粒的真实尺寸

图 3.20 二维离散单元法数值模拟结果