

本文主要针对《OpenFOAM 用户指南》提及到的数值离散部分进行进一步阐述，请搭配浏览，重复内容不再赘述。

1. divSchemes

fvSchemes 用于控制 OpenFOAM 的各种离散格式，举例，如果我们有控制方程：

```
fvScalarMatrix alpha1Eqn
(
    fvm::ddt(alpha1)
    + fvm::div(phic, alpha1, alphaScheme)
    + fvm::div
      (
        -fvc::flux(-phir, alpha2, alphasScheme),
        alpha1,
        alphasScheme
      )
    ==
    fvm::Sp(Sp, alpha1) + Su
);
```

我们要对其中的：ddt(), div(phic,alpha1), div(phir,alpha1)进行格式的指定。div()格式的指定我们只有一种选择：Gauss，这意味着 div()格式的形式只能为：

div(x,x) Gauss ...;

整体来讲，div()格式指定规范为：

div(x,x) Gauss <interpolationScheme>

其中 interpolationScheme 为点插值格式，例如我们可以指定为：

```
div(phi,alphaair)      Gauss upwind;
div(phir,alphaair)     Gauss midPoint;
```

其中 upwind 和 midPoint 均为点插值格式。由于有些标量场是严格有界的，例如 alpha 要保持在 0-1 之间，我们可以这样指定：

```
div(phi,alphaair)      Gauss limitedVanLeer 0 1;
div(phir,alphaair)     Gauss vanLeer01;
```

上述离散格式相同，vanLeer01 为 limitedVanLeer 0 1 的简写版本，如果想把它限制为 2-3 之间我们可以指定：

```
div(phi,alphaair)      Gauss limitedVanLeer 2 3;
```

如果要对矢量指定 TVD 格式，我们需要在格式之后指定一个系数例如：

`div(phi,U) Gauss limitedCubic 1;`

其中 1 最稳健，0 最精准。

需要注意的是，某些 `div` 格式需要搭配指定梯度格式才能使用，其语法为：

`div(phi,U) Gauss 矢量格式 梯度格式;`

例如：

`div(phi,U) Gauss linearUpwind Gauss linear;`
`div(phi,U) Gauss linearUpwind leastSquares;`

笔者尚未为所有格式验证，在使用中用户需要多多摸索。

2. laplacianSchemes

拉普拉斯项的指定形式如下：

`laplacian(nu,U) Gauss 点插值格式 面法向梯度格式;`

例如我们可以指定：

`laplacian(nu,U) Gauss localMin faceCorrected;`
`laplacian((1|A(U)),p) Gauss linearFit 1 orthogonal;`

3. gradSchemes

其指定形式为：

格式	描述
<code>Gauss <interpolationScheme></code>	二阶，高斯积分
<code>leastSquares</code>	二阶，最小二乘法
<code>fourth</code>	四阶，最小二乘法
<code>cellLimited <gradScheme></code>	上述格式的网格单元有界版本
<code>faceLimited <gradScheme></code>	上述格式的面有界版本

表 4.8 gradSchemes 可用的离散格式

要注意的是，在指定 `Gauss` 的时候可以不指定 `interpolationScheme` 因为在 `fvSchemes` 中已经进行了指定。例如我们可以这样指定 `gradScheme`：

`grad(p) leastSquares;`
`grad(p) Gauss;`
`grad(p) Gauss linear;`
`grad(p) cellLimited leastSquares 1.0;`

其中最后一项的 1 为限制器开关，1 为打开，0 为关闭。我们有下面几种格式可选：

```
Gauss
cellLimited
cellMDLimited
edgeCellsLeastSquares
faceLimited
faceMDLimited
fourth
leastSquares
pointCellsLeastSquares
```

4. snGradSchemes

其指定非常简单，请参考用户指南第 117 页，目前可用的格式有

```
corrected
faceCorrected
limited （需要添加系数）
orthogonal
uncorrected
```

最后说一下 fvSchemes 可用的字符缩写，某些情况下我们发现在进行指定格式的时候，某些项大体相同，例如：

```
div(alphaPhiair,Uair) Gauss limitedLinearV 1;
div(alphaPhiwater,Uwater) Gauss limitedLinearV 1;
```

我们可以通过语法来进行简化：

```
"div\(\alphaPhi.*,U.*\)" Gauss linearUpwind leastSquares;
```

分析一下，首先我们需要用 " " 来把 div 括起来，然后使用这个语句：

```
"div\(  
  \)"
```

在括号内添加需要指定的项，如果我们打算指定 div(abc, 123)以及 div(adf, 145) 和 div(aE, 155)，我们可以这样声明：

```
"div\(\alpha.*,1.*\)" Gauss linearUpwind leastSquares;
```

OpenFOAM-2.2.x 各种可用格式:

矢量可用 div 格式

CoBlended
Gamma
GammaV
LUST
MUSCL
MUSCLV
Minmod
MinmodV
OSPRE
OSPREV
Phi
QUICK
QUICKV
SFCD
SFCDV
SuperBee
SuperBeeV
UMIST
UMISTV
biLinearFit

blended
clippedLinear
cubic
cubicUpwindFit
downwind
filteredLinear
filteredLinear2
filteredLinear2V
filteredLinear3
filteredLinear3V
fixedBlended
limitWith
limitedCubic
limitedCubicV
limitedLinear
limitedLinearV
limiterBlended
linear
linearFit
linearPureUpwindFit
linearUpwind

linearUpwindV
localBlended
localMax
localMin
midPoint
outletStabilised
pointLinear
quadraticFit
quadraticLinearFit
quadraticLinearUpwindFit
quadraticUpwindFit
reverseLinear
skewCorrected
upwind
vanAlbada
vanAlbadaV
vanLeer
vanLeerV
weighted

标量可用 div 格式:

CoBlended
Gamma
Gamma01
LUST
MUSCL
MUSCL01
Minmod
OSPRE
QUICK
SFCD
SuperBee
UMIST
biLinearFit
blended
clippedLinear
cubic
cubicUpwindFit
downwind
filteredLinear

filteredLinear2
filteredLinear3
fixedBlended
harmonic
limitWith
limitedCubic
limitedCubic01
limitedGamma
limitedLimitedCubic
limitedLimitedLinear
limitedLinear
limitedLinear01
limitedMUSCL
limitedVanLeer
limiterBlended
linear
linearFit
linearPureUpwindFit
linearUpwind

localBlended
localMax
localMin
midPoint
outletStabilised
pointLinear
quadraticFit
quadraticLinearFit
quadraticLinearUpwindFit
quadraticUpwindFit
reverseLinear
skewCorrected
upwind
vanAlbada
vanLeer
vanLeer01
weighted