这是简短的一章：虽然燃烧的物理和化学过程可能非常复杂，并且至今尚未完全了解，但我们将其简化为一个非常简单的模型。 图形的两个主要来源是Nguyen等人 [NFJ02]的论文适用于薄火焰，而Melek和Keyser [MK02]和Feldman等人[FOA03]则适用于体积燃烧。 当然，还有许多其他方法可以避免进行流体模拟，而直接对过程进行火焰建模，但是在本书中我们将不介绍它们。

燃烧只是由热触发的化学反应，其中氧化剂（如氧气）和燃料（如丙烷）结合形成各种产品，并在此过程中释放出更多的热量。 因此，至少，我们的流体求解器将需要能够跟踪燃料/氧化剂与燃烧产物的关系以及温度-如果不是干净的火焰，我们还需要烟浓度来跟踪产生的烟灰。 在以下各节中，我们将介绍两种跟踪适用于不同燃烧类型的燃料/氧化剂的策略。

只是在进行操作之前要澄清一下：在本章中，我们假设燃料和氧化剂本身都是气体，或者是悬浮在空气中的。如果仅分析柴火或蜡烛，就会发现火焰是气体燃料（加热时从木头中热解或蒸发掉蜡）而不是固体本身的结果。因此，当我们对着火的固体（甚至液体）物体建模时，我们将其视为排放气体燃料的源，然后燃烧。排放的一部分强制执行速度边界条件排放,类似于通常的移动固体壁边界条件：气态燃料以该相对速度排放注入到网格中。此外，描述燃料存在的字段（请参阅以下部分）应具有适当的对流边界条件。各种作者都在考虑进一步侵蚀掉固态或液态源，因为它释放出气态燃料，这对于像纸张这样的薄物体尤其重要-参见例如Melek和Keyser [MK03]和Losasso等人的文章。 [LIGF06]。固体是否排放气体燃料通常由动画师直接指定，通常由动画纹理进行调制以产生更有趣的效果，尽管根据燃烧率或温度阈值模拟火势蔓延的程序模型也可以容易炮制。

9.1 稀薄火焰

Nguyen等人[NFJ02]详细描述了一种着火方法，其中将发生燃烧的区域建模为无限薄的火焰锋面，即表面而不是体积。 此外，还假定燃料和氧化剂在点火之前已被预先混合，例如在吹火炬中；而对于其他现象，燃料和氧化剂的混合是火不可或缺的一部分（技术上称为扩散火焰），则并非如此。 预混合的假设仍然可以很好地实现视觉上合理的结果。

火焰前沿将流体区域分为两部分:一侧是预混合燃料/氧化剂,另一侧是燃烧产物(和/或背景空气).为了跟踪火焰表面,我们使用网格上采样的水平集对其进行建模,就像我们在第8章中对水所做的那样.

要解决的第一个问题是如何发展火焰前沿：火焰以什么速度运动？ 如果不进行燃烧，则火焰前沿将不过是两种流体之间的材料界面，就像水模拟中的自由表面一样。 因此，我们的第一个速度项就是流体速度：火焰前沿随气流平移。 为了确定性（稍后将很重要），我们将使用未燃烧燃料的速度.但是，进行燃烧时，火焰前沿也在“移动”：火焰表面的燃料燃烧成燃烧产物，从而使表面向内收缩.最简单的模型是假定燃烧速度为,即火焰表面沿法线方向燃烧进入燃料区域的速率.Nguyen等人[NFJ02]建议默认值为.按照惯例，假设在燃料区域中为负,则得出我们的水平设定方程

其中,请注意,燃料区域的体积不守恒,因此，对于跟踪水位设定的许多担忧在这里都不会打扰-只是可以使用通常的对流方法，就好像φ是 其他任何标量，以及每个时间步长都增加S∆t，并可能定期重新初始化为有符号距离。 还应注意，如果假定物体着火，则应包括在其表面燃烧部分上强迫φ≤0的边界条件。 否则，应将φ推算为固体，以避免像液体一样靠近表面。