

微积分基础教程

(Calculus Fundamentals)

您的姓名

2025 年 11 月 18 日

版权信息

本书仅提供电子版，固定版式。

版权所有 © 2025 by 您的姓名。保留一切权利。

前言

自牛顿与莱布尼茨独立创设微积分（1660—1680 年代）以来，这门“变化的数学”已走过三个半世纪。三百年间，微积分从“计算变化率”演化为“描述一切可微结构”的元语言：数学不再只是工具，它已经从一门关于量的科学，演变为一门关于模式、结构和形式推理的宏大体系。

现代微积分以其严谨性而闻名，但其基石——极限的 $\varepsilon - \delta$ 定义和由此构建的标准分析体系，正在向哲学化甚至宗教化方向发展：非直观性、逻辑严重形式化，过度僵化、挑战常识，和现实严重脱节正在演变成数学空想主义。

有鉴于此，格洛克以极度自下而上的方式重新思考整个微积分体系，成功建立可视化的格洛克代数空间，可视化范围从 $(-\infty^\infty, \infty^\infty)$ 每一个数都可见，并将 ∞, ε 定义为未解析数，分别表示无穷大和无穷小，突然之间，一切都变得如此简单，并由此带来以下颠覆性的数学结果：

极限被重新定义，简单而直观，极限的计算只是简单的数学计算，洛必达法则不再必要，神秘性已全部消失。

开闭区间被重新描述，无穷小的数值化定义使开区间基本消失，在极限状态下都是闭区间。

连续性、间断点等相关理论已消失，基本只保留描述性概念和常识。

数列与极限的收敛相关内容是为了传统趋近极限的表述，而无穷大和无穷小不再是一个趋近的概念，这部分内容已经没有意义。因此只保留数列的通项公式并作为统一的函数对待。

导数不再是一个莱布尼兹定义的神秘符号 $\frac{d}{dx}F(x)$ ，现在只是一个重新定义的点 x 位置的点微分的商，即 $dF(x)/dx$ ，和小学的除法运算没有什么

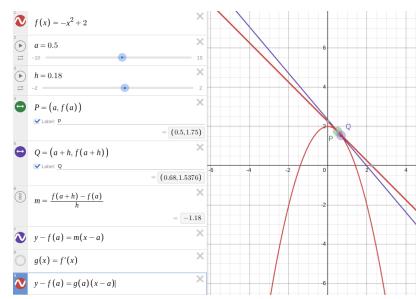


图 1：另一张图片，位于右侧

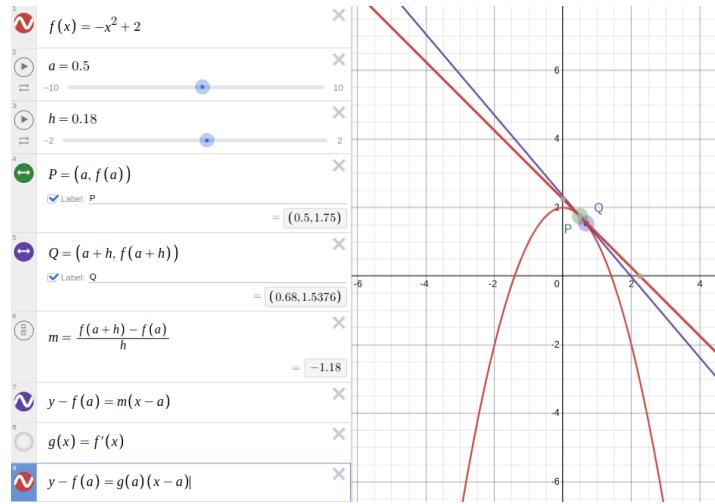


图 2: 示例插图: 函数的几何图形展示

不同, 更强调计算结果是瞬时变化率或几何图形上的斜率。

积分被重新定义, 删除积分定理等内容, 重新定义积分为微分的逆运算。具体变化为点积分简称为积分取代不定积分, 保留定积分并重新命名为区间积分对应区间微分。

自然常数 e 被重新定义为 $e = (1 + \varepsilon)^\infty$, 清晰而直观, 并拓展为自然常数序列 $e_n = (1 + n\varepsilon)^\infty$, 使其不再具有神秘性。

定义和定理中的函数只进行最小化覆盖, 即只包含一个定义域区间, 消除传统定义和定理的繁杂限制条件, 简单而清晰。

然而, 更严肃而重要的思考是, 我们为什么要接受数学基础/数理逻辑/集合论/数学分析这些所谓的数学家小圈子理论, 无论对于普通人还是科研人员既看不懂也没有任何实用价值。回归常识和简单, 我们真的需要数学家小圈子给我们解释为什么 $1 + 1 = 2$ 吗?

考德·格洛克

2025 年 11 月

重要提示

请确保您已安装 tcolorbox 宏包。

风险提示

不要在数学环境中使用
换行，请改用 align 或 split 环境。

目录

第一章 格洛克代数空间	1
1.1 初步理解无穷大和无穷小	1
1.2 格洛克代数空间	2
1.3 无穷大和无穷小的定义	4
1.4 极限的概念	4
第二章 导数与微分	5
2.1 导数的定义与几何意义	5

第一章 格洛克代数空间

本章首先从常识入手理解无穷大和无穷小，并得出基本的运算法则。在此基础上实现格洛克代数空间。最后给出无穷大和无穷小的正式定义和运算（规则）列表。

1.1 初步理解无穷大和无穷小

自微积分诞生以来，如何阐释、理解无穷大和无穷小以及由此引出的函数的极限一直是问题的核心，所以让我们以此为切入点，开始问题的探索。

格洛克：无穷大和无穷小的直观理解

无穷大和无穷小是具有特殊作用的两个数，分别用 ∞, ε 表示，对于 ∞ ，所有实数都是它的无穷小；对于 ε ，所有实数都是它的无穷大。

由此产生如下运算法则：对于任意实数 C

$$\infty + C = \infty$$

$$\varepsilon + C = C$$

这是基于 ∞, ε 本身的直观语义得出的。更进一步，基于数的性质，我们得到：

$$C_1\infty + C_2 = C_1 \left(\infty + \frac{C_2}{C_1} \right) = C_1\infty$$

$$C_1\varepsilon + C_2 = C_1 \left(\varepsilon + \frac{C_2}{C_1} \right) = C_2$$

$$C_1\infty^2 + C_2\infty = \infty(C_1\infty + C_2) = C_1\infty^2$$

$$C_1\varepsilon^2 + C_2\varepsilon = \varepsilon(C_1\varepsilon + C_2) = C_2\varepsilon$$

这和 200 多年来的传统解释完全不同，甚至相反。传统解释中并不认为无

穷大和无穷小是数，因此不能直接进行数学运算，强调它是一个无限趋近的“动态”过程，因此理解起来要困难复杂得多。

格洛克的直观解释如果可以成立，会使微积分学变得简单而清晰，这就需要建立一个直观而简单的可视化代数模型来阐释其合理性。

1.2 格洛克代数空间

格洛克代数环轴

和传统的实数数轴不同，格洛克数轴是一个圆环，圆环长度固定为 ∞ ，并将其分割为相等的 ∞ 段，每段长度为 1，将数轴逆时针依次标注 0, 1, 2, …，顺时针标注为 -1, -2, …，这样我们就得到了一个覆盖 $(-\infty, \infty)$ 数字空间的环形数轴。

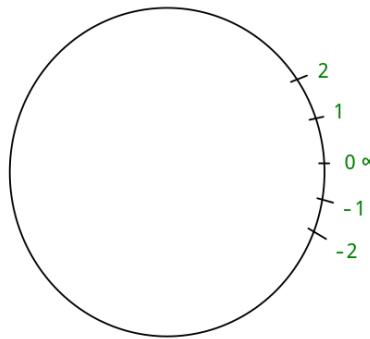


图 1.1: 格洛克代数环轴

下图是格洛克环轴展开后的样子，在数轴的右端标注的是单位刻度的长度量级 $\infty^0 = 1$ ，因此称为格洛克 0 阶数轴。

$$0 \quad | \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad \dots \quad -2 \quad -1 \quad | \quad \infty^0$$

图 1.2: 格洛克 0 阶数轴

需要注意的是， $\infty, -\infty$ 和原点 0 重合，这意味着数值大小达到 ∞ 时需要进位，以表示 ∞ 量级或更大的数。基于同样的原理，我们还需要量级更小的单位，即 ε ，用来进位到格洛克 0 阶数轴。

∞ 以及更大的量级称为格洛克宏空间，对应的， ε 以及更小的量级称为格洛克微空间，图 1.3 表示了格洛克宏空间 1 轴，格洛克 0 轴和格洛克微空间 1 轴。

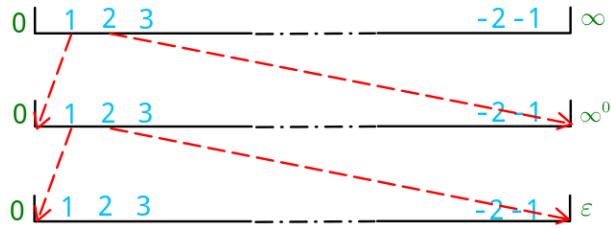


图 1.3: 宏空间和微空间

宏空间 1 轴覆盖区间 $[0, \infty^2)$, 单位刻度大小为 1∞ , 将 1 单位刻度放大 ∞ 倍, 得到格洛克 0 轴。

格洛克 0 轴覆盖区间 $[0, \infty)$, 单位刻度大小为 1, 将 1 单位刻度放大 ∞ 倍, 得到微空间 1 轴。

微空间 1 轴覆盖区间 $[0, 1)$, 单位刻度大小为 $\frac{1}{\infty}$, 即 1ε 。

将宏空间和微空间以同样的方式分别向上和向下延展, 形成完整的格洛克代数空间。

格洛克代数空间

格洛克代数空间如下图所示。

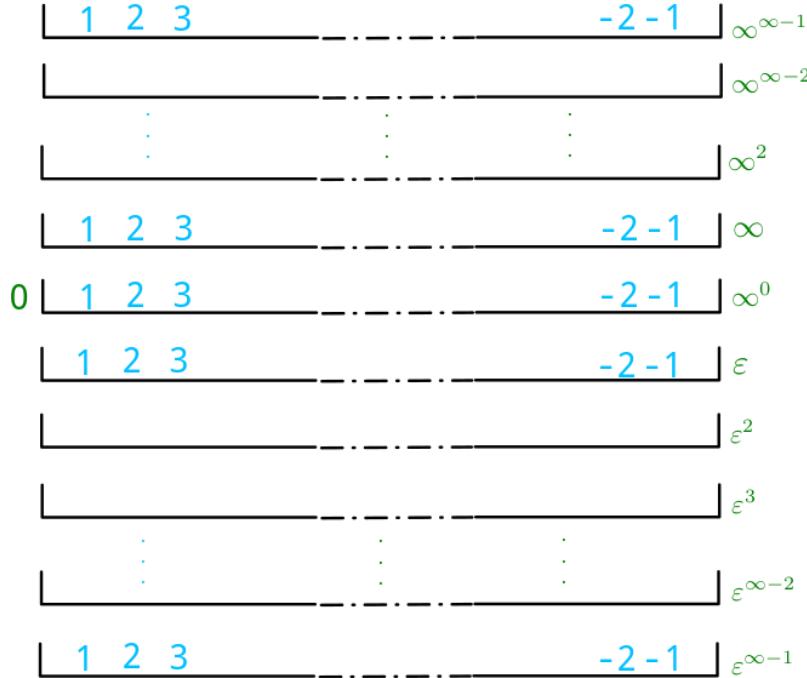


图 1.4: 格洛克代数空间

由于指数进位回 $0, \infty^\infty$ 和 ε^∞ 回归原点 0, 图中未予显示。

格洛克代数空间最大覆盖范围 $[0, \infty^\infty)$, 最小单位刻度 $1\varepsilon^{\infty-1}$, 可以满足任何数值的可视化标注。

1.3 无穷大和无穷小的定义

经过前面两节关于无穷大和无穷小的讨论和格洛克代数空间的形成, 下面给出无穷大和无穷小的正式定义。

定义 1.1. 无穷大和无穷小

设 ∞, ε 是未解析数 (*unsolved number*), ∞ 是正整数, 表示无穷大, ε 表示无穷小。

性质列表

- (1) ∞, ε 互为倒数, 即 $\infty \cdot \varepsilon = 1$ 。
- (2) 对于任意实数 C , $\infty + C = \infty, \varepsilon + C = C$ 。
- (3) ε 是最小的正数, $-\varepsilon$ 是最大的负数, $\varepsilon = 0^+, -\varepsilon = 0^-$ 。
- (4) 对于 $n > 1$ 有, $\log_n \infty < \sqrt[n]{\infty} < \infty < \infty^n < n^\infty$

例 1.3.1. 求函数 $f(x) = \frac{\sqrt{x-4}}{x-5}$ 的定义域。

1.4 极限的概念

定义 1.2 (极限的 $\epsilon-\delta$ 定义). 对于函数 $f(x)$, 如果存在实数 L , 使得对任意给定的 $\epsilon > 0$, 都存在 $\delta > 0$, 当 $0 < |x - a| < \delta$ 时, 有 $|f(x) - L| < \epsilon$, 则称 L 为函数 $f(x)$ 在点 a 处的极限, 记为 $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$ 。

定理 1.1 (极限的四则运算). 设 $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$ 和 $\lim_{x \rightarrow a} g(x)$ 都存在, 则有:

$$\lim_{x \rightarrow a} [f(x) \pm g(x)] = \lim_{x \rightarrow a} f(x) \pm \lim_{x \rightarrow a} g(x)$$

$$\lim_{x \rightarrow a} [f(x)g(x)] = \lim_{x \rightarrow a} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow a} g(x)$$

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)}, \quad \text{其中 } \lim_{x \rightarrow a} g(x) \neq 0$$

第二章 导数与微分

2.1 导数的定义与几何意义

函数 $f(x)$ 在点 x_0 处的导数定义为：

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

导数表示函数在某点变化率的精确度量。