

综合氨基酸报告：从分子基础到生理影响

第1章：简报文件

引言段

本简报旨在全面综合氨基酸的基本原理、分类、生物学核心作用及其在营养与疾病中的重要性。氨基酸作为构成蛋白质的基本单位，是理解生命化学的基础。本文件通过整合多个权威来源的信息，为专业人士提供一个明确、客观的概述，内容涵盖氨基酸的化学结构、遗传编码、代谢功能以及最新的临床营养学见解，旨在成为该领域一份权威的参考资料。

执行摘要 (Executive Summary)

氨基酸是含有氨基和羧基官能团的有机化合物，是构成蛋白质的基本结构单元。本报告综合分析了氨基酸的核心概念、功能及其生理意义。关键发现和主题概括如下：

- 定义与结构：**氨基酸是蛋白质的构件，其基本结构包括一个中心 α -碳原子，连接着一个氨基、一个羧基、一个氢原子和一个可变的侧链（R基团）。
- 核心分类体系：**氨基酸主要通过两种体系进行分类。从营养学角度，分为人体无法合成、必须从膳食中获取的必需（不可或缺）氨基酸，以及人体可以自身合成的非必需氨基酸。从物理化学角度，根据侧链的性质分为脂肪族、芳香族、含硫、酸性、碱性等类别，这些性质决定了蛋白质的三维结构和功能。
- 在蛋白质合成中的核心作用：**遗传密码以信使RNA（mRNA）上三个核苷酸为一组的“密码子”形式，精确指定蛋白质中氨基酸的序列。在核糖体中，一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基通过肽键连接，形成多肽链。核糖体的肽酰转移酶中心由核糖体RNA（rRNA）构成，证明核糖体是一种核酶。
- 多样的生物学功能：**除构成蛋白质外，氨基酸还作为重要的代谢前体，用于合成神经递质（如色氨酸合成血清素）、激素和核苷酸。此外，蛋白质合成后，其内部的氨基酸残基可通过磷酸化、乙酰化等翻译后修饰（PTM）进行化学改造，从而极大地扩展蛋白质的功能。
- 临床与营养重要性：**膳食氨基酸对人体的生长、发育和维持至关重要，其需求量在不同生命阶段（如儿童期、孕期和老年期）存在显著差异。支链氨基酸（BCAAs）——亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸——因其在促进肌肉生长和提升运动表现方面的潜在益处而受到关注，但长期高水平的BCAAs也与糖尿病和肝病等风险相关。
- 非标准氨基酸：**除了遗传密码直接编码的20种标准氨基酸外，还存在硒代半胱氨酸（第21种）和吡咯赖氨酸（第22种），它们通过独特的合成机制被整合进蛋白质中。此



外，自然界中还存在大量非蛋白源氨基酸，如γ-氨基丁酸（GABA），在生理活动中发挥着独立作用。

1.1 氨基酸的基本性质 (The Fundamental Nature of Amino Acids)

理解氨基酸的基本化学结构是生物化学的基石。这种基础构造，结合每种氨基酸侧链的独特性质，决定了蛋白质结构和功能的巨大多样性。

氨基酸是含有一个氨基 (-NH₂) 和一个羧基 (-COOH) 官能团的有机化合物。其基本结构围绕一个中心碳原子 (α-碳)，该碳原子连接着一个氨基、一个羧基、一个氢原子以及一个可变的侧链 (R基团)。正是这个R基团的差异，造就了20种标准氨基酸各自独特的化学特性。在生理pH (约7.4) 下，氨基酸通常以两性离子 (zwitterion) 的形式存在，即氨基被质子化形成带正电的-NH₃⁺，而羧基去质子化形成带负电的-COO⁻。这种同时带有正负电荷的偶极离子状态是氨基酸在水溶液中的主要形式。

这种统一骨架与多样化侧链的结合，创造了20种独特的构件。通过根据其营养作用和物理化学性质进行分类，可以更好地理解它们在蛋白质构造中的功能。

1.2 二十种标准氨基酸 (The 20 Standard Amino Acids)

尽管自然界中已发现超过500种氨基酸，但其中仅有20种被人类遗传密码直接编码，用于蛋白质的生物合成，这20种氨基酸被称为标准或蛋白源氨基酸。它们构成了生命体中所有蛋白质的通用基础，通过不同的排列组合，形成了功能各异的蛋白质分子，从催化生化反应的酶到构成组织结构的胶原蛋白，无一例外。

以下表格列出了这20种标准氨基酸的名称及其三字母和单字母代码。单字母代码的创立最初是为了减小描述长蛋白质序列的计算机文件大小，现已成为现代生物信息学和科学文献中表示蛋白质序列的标准。

名称 (Name)	三字母代码 (3-Letter Code)	单字母代码 (1-Letter Code)
丙氨酸 (Alanine)	Ala	A
精氨酸 (Arginine)	Arg	R
天冬酰胺 (Asparagine)	Asn	N
天冬氨酸 (Aspartic acid)	Asp	D
半胱氨酸 (Cysteine)	Cys	C
谷氨酸 (Glutamic acid)	Glu	E



谷氨酰胺 (Glutamine)	Gln	Q
甘氨酸 (Glycine)	Gly	G
组氨酸 (Histidine)	His	H
异亮氨酸 (Isoleucine)	Ile	I
亮氨酸 (Leucine)	Leu	L
赖氨酸 (Lysine)	Lys	K
甲硫氨酸 (Methionine)	Met	M
苯丙氨酸 (Phenylalanine)	Phe	F
脯氨酸 (Proline)	Pro	P
丝氨酸 (Serine)	Ser	S
苏氨酸 (Threonine)	Thr	T
色氨酸 (Tryptophan)	Trp	W
酪氨酸 (Tyrosine)	Tyr	Y
缬氨酸 (Valine)	Val	V

这20种基本构件可以通过不同的分类体系进行分组，以更好地理解它们在生物学中的特定角色。

1.3 氨基酸的分类体系 (Classification Systems for Amino Acids)

为了系统地理解氨基酸在营养、蛋白质结构和整体生物化学中的作用，对其进行分类至关重要。分类体系不仅有助于我们预测蛋白质的行为，也为膳食规划和临床干预提供了科学依据。最常用的分类方法是基于营养学需求和侧链的物理化学性质。

1.3.1 营养学分类 (Nutritional Classification)

根据人体自身合成能力，氨基酸可分为三类，这直接决定了它们的膳食需求。

- 必需氨基酸 (Indispensable/Essential Amino Acids)：指人体无法合成或合成速度不能满足生长和维持正常生理功能所需，必须通过饮食摄取的氨基酸。
 - 组氨酸 (Histidine)



- 异亮氨酸 (Isoleucine)
- 亮氨酸 (Leucine)
- 赖氨酸 (Lysine)
- 甲硫氨酸 (Methionine)
- 苯丙氨酸 (Phenylalanine)
- 苏氨酸 (Threonine)
- 色氨酸 (Tryptophan)
- 缬氨酸 (Valine)
- **非必需氨基酸 (Dispensable/Non-Essential Amino Acids)** : 指人体可以利用其他化合物自身合成, 不一定需要从饮食中直接获取的氨基酸。
 - 丙氨酸 (Alanine)
 - 精氨酸 (Arginine)
 - 天冬酰胺 (Asparagine)
 - 天冬氨酸 (Aspartic acid)
 - 半胱氨酸 (Cysteine)
 - 谷氨酸 (Glutamic acid)
 - 谷氨酰胺 (Glutamine)
 - 甘氨酸 (Glycine)
 - 脯氨酸 (Proline)
 - 丝氨酸 (Serine)
 - 酪氨酸 (Tyrosine)
- **条件必需氨基酸 (Conditionally Indispensable/Essential Amino Acids)** : 在正常生理条件下, 人体可以合成。但在某些特定条件下, 如疾病、创伤或特定发育阶段, 合成量不足以满足机体需求, 此时需从饮食中补充。
 - 精氨酸 (Arginine)
 - 半胱氨酸 (Cysteine)
 - 谷氨酰胺 (Glutamine)
 - 甘氨酸 (Glycine)
 - 脯氨酸 (Proline)



- 酪氨酸 (Tyrosine)

1.3.2 物理化学分类 (Physicochemical Classification)

氨基酸也可根据其R基团 (侧链) 的化学性质进行分类。这些性质, 如极性、电荷和结构, 决定了氨基酸在蛋白质内部和表面的行为方式, 从而影响蛋白质的折叠、稳定性和功能。

- **脂肪族 (Aliphatic)**: 侧链为非极性碳氢链。
 - 丙氨酸 (Alanine), 甘氨酸 (Glycine), 异亮氨酸 (Isoleucine), 亮氨酸 (Leucine), 脯氨酸 (Proline), 缬氨酸 (Valine)
- **芳香族 (Aromatic)**: 侧链含有芳香环。
 - 苯丙氨酸 (Phenylalanine), 色氨酸 (Tryptophan), 酪氨酸 (Tyrosine)
- **含硫 (Sulfur-containing)**: 侧链含有硫原子。
 - 半胱氨酸 (Cysteine), 甲硫氨酸 (Methionine)
- **酸性 (Acidic)**: 侧链含有羧基, 在生理pH下带负电荷。
 - 天冬氨酸 (Aspartic acid), 谷氨酸 (Glutamic acid)
- **碱性 (Basic)**: 侧链含有氨基, 在生理pH下通常带正电荷。
 - 精氨酸 (Arginine), 组氨酸 (Histidine), 赖氨酸 (Lysine)
- **羟基 (Hydroxylic)**: 侧链含有羟基 (-OH)。
 - 丝氨酸 (Serine), 苏氨酸 (Threonine)
- **酰胺 (Amidic)**: 侧链含有酰胺基 (-CONH₂)。
 - 天冬酰胺 (Asparagine), 谷氨酰胺 (Glutamine)

氨基酸侧链的这些独特化学性质是蛋白质能够形成复杂三维结构并执行多样化生物学功能的基础。例如, 疏水性残基 (如脂肪族和芳香族氨基酸) 是驱动蛋白质折叠的主要力量, 它们倾向于被包埋在水溶性蛋白质的内部; 而极性和带电荷的亲水性残基则通常暴露在蛋白质表面, 与周围的水环境相互作用。

1.4 氨基酸在蛋白质合成中的作用 (The Role of Amino Acids in Protein Synthesis)

蛋白质合成是将储存在DNA中的遗传信息转化为生命活动执行者的核心过程, 而氨基酸则是这一过程中的基本建筑材料。核糖体根据信使RNA (mRNA) 模板上的指令, 将特定的氨基酸以精确的顺序连接起来, 形成功能性蛋白质或多肽。



1.4.1 遗传密码与密码子 (The Genetic Code and Codons)

遗传密码是一套规则，用于将基因中编码的核苷酸序列翻译成蛋白质的氨基酸序列。这套密码以**密码子 (codon)**的形式存在于mRNA上，每个密码子由三个连续的核苷酸组成。

- **编码功能**：64个可能的密码子中，大多数都指定一个特定的氨基酸。例如，密码子UUU编码苯丙氨酸。
- **起始与终止**：翻译过程由**起始密码子**（通常是AUG，编码甲硫氨酸）启动。当核糖体遇到三个**终止密码子**（UAG、UGA、UAA）中的任何一个时，蛋白质合成便会终止。
- **简并性 (Degeneracy)**：遗传密码具有冗余性，即多个不同的密码子可以编码同一种氨基酸。例如，亮氨酸由六个不同的密码子编码（UUA、UUG、CUU、CUC、CUA、CUG）。这种简并性为遗传信息提供了一定的容错能力，使某些单核苷酸突变不会改变最终的蛋白质序列。

1.4.2 肽键的形成机制 (The Mechanism of Peptide Bond Formation)

肽键的形成是蛋白质合成的核心化学反应，发生在核糖体的肽酰转移酶中心（PTC）。

- **反应类型**：这是一个缩合反应，其中一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基连接，同时脱去一分子水。
- **催化核心**：高分辨率的晶体结构研究表明，核糖体的肽酰转移酶中心完全由rRNA（在细菌中是23S rRNA）构成，周围没有蛋白质参与。这证明核糖体是一种**核酶**（ribozyme），即由RNA催化化学反应，而不是蛋白质。
- **反应过程**：在核糖体的A位点，新进入的氨酰-tRNA的 α -氨基对P位点上肽酰-tRNA的酯羰基碳发起亲核攻击，形成一个四面体中间体。随后，这个中间体分解，形成新的肽键，并将增长中的多肽链转移到A位点的tRNA上。

通过肽键的重复形成，氨基酸被逐一连接成多肽链，但它们在体内的功能远不止于此。

1.5 超越蛋白质：多样的生物学功能 (Beyond Proteins: Diverse Biological Functions)

尽管氨基酸作为蛋白质构件的作用至关重要，但它们的功能远不止于此。它们还作为关键的前体物质、信号分子以及通过化学修饰参与多种细胞过程，极大地扩展了生命化学的复杂性和调控范围。

- **代谢前体 (Metabolic Precursors)**：许多氨基酸是合成其他重要生物分子的起点。



- **神经递质**：色氨酸是神经递质血清素的前体；酪氨酸是多巴胺、肾上腺素和去甲肾上腺素等儿茶酚胺类神经递质的前体。
- **激素**：酪氨酸也是甲状腺激素的前体。
- **核苷酸**：天冬氨酸、甘氨酸和谷氨酰胺是合成嘌呤和嘧啶核苷酸的必需前体。
- **其他分子**：甘氨酸是血红素中卟啉环的前体；精氨酸是一氧化氮 (NO) 的前体。
- **非蛋白源氨基酸 (Non-Proteinogenic Amino Acids)**：这类氨基酸在自然界中广泛存在，但不被遗传密码直接编码用于蛋白质合成。它们在生理活动中扮演着独立的角色。
 - **γ -氨基丁酸 (GABA)**：是一种重要的抑制性神经递质。
 - **鸟氨酸 (Ornithine) 和 瓜氨酸 (Citrulline)**：是尿素循环的关键中间体，参与氮的代谢和清除。
- **翻译后修饰 (Post-Translational Modifications - PTMs)**：蛋白质在核糖体上合成后，其内部的氨基酸残基可以被化学修饰，从而产生非标准的氨基酸残基，并显著改变蛋白质的功能。PTM是一种至关重要的细胞调控机制，它能影响蛋白质的折叠、定位、活性和相互作用。
 - **常见修饰类型**：包括磷酸化、乙酰化、甲基化、糖基化和泛素化等。例如，丝氨酸、苏氨酸或酪氨酸残基的磷酸化是细胞信号转导中的核心事件。
- **第21和第22种氨基酸 (The 21st and 22nd Amino Acids)**：除了20种标准氨基酸，还有两种非标准氨基酸可以通过独特的机制被遗传编码并整合到蛋白质中。
 - **硒代半胱氨酸 (Selenocysteine, Sec)**：被认为是第21种氨基酸，由UGA密码子（通常是终止密码子）在特定mRNA序列（SECIS元件）存在时编码。
 - **吡咯赖氨酸 (Pyrrolysine, Pyl)**：被认为是第22种氨基酸，由UAG密码子（通常是终止密码子）在某些产甲烷古菌中编码。

这些多样化的功能凸显了氨基酸在维持人体健康和正常生理功能中的核心地位。

1.6 营养与临床意义 (Nutritional and Clinical Significance)

膳食中的氨基酸对于人类健康、生长和机体维护至关重要。由于人体无法储存氨基酸，持续的膳食摄入，特别是必需氨基酸的摄入，是维持蛋白质不断合成和执行多样生理功能的先决条件。不同生理状态下，如生长、怀孕或衰老，对氨基酸的需求量会发生显著变化。



1.6.1 膳食需求 (Dietary Requirements)

确定人体氨基酸需求量的方法在不断演进。传统上，**氮平衡研究**被用于评估蛋白质和氨基酸需求，但这种方法存在诸多局限。近年来，一种微创的稳定同位素技术——**指示氨基酸氧化 (IAAO) 法**——得到了广泛应用。该方法通过测量一种指示氨基酸的氧化率来确定另一种待测氨基酸的需求量，被认为是目前最可靠的方法之一。

利用IAAO法进行的研究表明，许多人群的氨基酸需求量高于当前推荐标准。例如：

- **生命阶段差异**：儿童和孕妇等处于生长阶段的群体，其蛋白质和特定氨基酸的需求量显著增加。
- **老年人需求**：老年人对某些氨基酸（如亮氨酸）的需求更高，以维持肌肉质量和功能。

这些新发现为修订针对不同人群的膳食指南提供了关键的科学依据。

1.6.2 支链氨基酸 (Branched-Chain Amino Acids - BCAAs)

支链氨基酸 (BCAAs) 是三种具有支链侧链的必需氨基酸：**亮氨酸 (Leucine)**、**异亮氨酸 (Isoleucine)** 和 **缬氨酸 (Valine)**。它们在运动营养和临床应用中备受关注。

- **潜在益处**：一些研究表明，补充BCAAs可能有助于促进肌肉生长、减少运动引起的肌肉损伤、缓解运动疲劳和提高耐力。特别是亮氨酸，在维持慢性病（如癌症）患者的肌肉质量方面可能发挥作用。
- **潜在风险与争议**：尽管BCAAs补充剂广受欢迎，但其健康影响并非全无争议。一些研究将因高膳食摄入或补充剂导致的长期高水平BCAAs与代谢性疾病（如2型糖尿病和非酒精性脂肪肝）的风险增加联系起来。有观点认为，肿瘤细胞会利用BCAAs作为能量来源，这引发了其在癌症发展中作用的担忧。因此，关于BCAAs补充剂的科学证据尚不完全一致，需在专业指导下谨慎使用。

总而言之，氨基酸不仅是生命的基础构件，还在食品工业中被广泛用作风味增强剂（如谷氨酸）和人工甜味剂（如阿斯巴甜），并在农业中用作动物饲料添加剂，显示了其广泛的社会和经济影响。

第2章：学习指南

引言段



你好，作为你的研究助理和辅导员，我设计了这份学习指南，旨在帮助你巩固和深化对氨基酸核心概念的理解。本章内容与前一章的简报文件紧密相连，通过一系列测验题、答案解析、深度分析问题和关键术语词汇表，为你提供一个检验知识、激发批判性思维的平台。让我们一起深入探索氨基酸的生物化学世界。

2.1 测验：检验你的知识 (Quiz: Test Your Knowledge)

1. 什么是两性离子？为什么氨基酸在生理pH下通常以此形式存在？
2. 必需氨基酸和非必需氨基酸之间有何根本区别？请各举一个例子。
3. 解释遗传密码的“简并性”概念。
4. 肽键是如何在核糖体内形成的？核糖体的哪个部分负责催化此反应？
5. 除了构成蛋白质，氨基酸在人体内还有哪些重要的非蛋白质功能？
6. 什么是翻译后修饰（PTM）？请举一个例子。
7. 支链氨基酸（BCAAs）是哪三种氨基酸？它们在运动营养学中有什么潜在益处？
8. 为什么甘氨酸在蛋白质结构中具有独特的灵活性？
9. 历史上最后发现的20种标准氨基酸是哪一种？
10. 什么是“限制性氨基酸”，它如何影响膳食蛋白质的营养价值？

2.2 答案解析 (Answer Key)

1. **两性离子**（zwitterion）是指分子同时带有正电荷和负电荷，但整体呈电中性的状态。在生理pH（约7.4）下，氨基酸的氨基被质子化（ $-\text{NH}_3^+$ ），而羧基去质子化（ $-\text{COO}^-$ ），因此它们通常以两性离子的形式存在。
2. 根本区别在于人体自身能否合成。**必需氨基酸**是人体无法合成、必须从饮食中获取的，例如亮氨酸（Leucine）。**非必需氨基酸**是人体可以自身合成的，例如丙氨酸（Alanine）。
3. 遗传密码的**简并性**（degeneracy）也称冗余性，指多种不同的密码子（三个核苷酸的组合）可以编码同一种氨基酸。例如，亮氨酸可由六种不同的密码子编码。
4. 肽键是在核糖体的肽酰转移酶中心通过缩合反应形成的，即一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基相连。催化此反应的部分是**核糖体RNA（rRNA）**，因此核糖体是一种核酶。



5. 氨基酸的非蛋白质功能包括作为**代谢前体合成神经递质**（如色氨酸合成血清素）、**激素和核苷酸**。此外，一些非蛋白源氨基酸（如GABA）**本身就是神经递质**。
6. ****翻译后修饰（PTM）**是指蛋白质在合成后，其氨基酸残基发生的化学修饰**。这种修饰可以改变蛋白质的功能和结构。例如，**磷酸化**，即将一个**磷酸基团**添加到丝氨酸、苏氨酸或酪氨酸残基上，是细胞信号转导中的关键步骤。
7. BCAAs是**亮氨酸（Leucine）、异亮氨酸（Isoleucine）缬氨酸（Valine）**。它们在运动营养学中的潜在益处包括促进肌肉生长、减少运动引起的肌肉损伤和缓解疲劳。
8. 甘氨酸的侧链（R基团）仅为一个氢原子，是所有氨基酸中最小的。这种极小的侧链使其在多肽骨架中能够实现比其他氨基酸更广泛的键角旋转，因此赋予了蛋白质结构独特的灵活性，使其在形成紧密转角和柔性铰链等结构中至关重要。
9. 最后发现的20种标准氨基酸是**苏氨酸（Threonine）**，由William Cumming Rose于1935年发现。
10. **限制性氨基酸是指某种膳食蛋白质来源中含量最低的必需氨基酸**。如果饮食中哪怕只缺乏一种必需氨基酸，就会限制身体合成蛋白质的能力，导致所有其他可用的氨基酸处于相对过剩状态，并随后被氧化以提供能量。

2.3 深度分析的论文问题 (Essay Questions for Deeper Analysis)

1. 论述用于确定人体氨基酸需求量的方法的演变，从氮平衡研究到指示氨基酸氧化（IAAO）技术，并解释这一演变对于研究儿童、孕妇和老年人等脆弱人群的意义。
2. 分析核糖体在蛋白质合成中的核心作用，特别关注肽键形成的机制以及23S rRNA作为核酶的证据。
3. 比较并对比氨基酸的营养学分类（必需、非必需）和物理化学分类（如疏水性、极性、电荷）。讨论这两种分类系统如何共同帮助我们理解蛋白质的结构和功能。
4. 探讨“标准”氨基酸和“非标准”氨基酸之间的区别。详细说明非蛋白源氨基酸和翻译后修饰在扩展蛋白质功能多样性方面的作用。
5. 评价支链氨基酸（BCAA）补充剂的科学依据。综合来源中的信息，讨论其潜在益处和相关风险。

2.4 关键术语词汇表 (Glossary of Key Terms)

- **氨基酸 (Amino Acid)**：含有氨基和羧基官能团的有机化合物，是构成蛋白质的基本单位。



- **肽键 (Peptide Bond)** : 一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基通过缩合反应形成的酰胺键，是连接氨基酸形成多肽链的化学键。
- **蛋白质源氨基酸 (Proteinogenic Amino Acid)** : 指被生物体的遗传密码直接编码，能在翻译过程中被整合进蛋白质的氨基酸，通常指22种（标准20种加上硒代半胱氨酸和吡咯赖氨酸）。
- **非蛋白源氨基酸 (Non-proteinogenic Amino Acid)** : 在自然界存在但通常不通过翻译过程直接整合进蛋白质的氨基酸，例如神经递质GABA或代谢中间体鸟氨酸。
- **必需氨基酸 (Essential Amino Acid)** : 人体无法自身合成，必须从饮食中获取的氨基酸，共有九种。
- **两性离子 (Zwitterion)** : 一个分子上同时带有正电荷和负电荷，但总电荷为零的偶极离子。氨基酸在生理pH下通常以此形式存在。
- **R基团/侧链 (R-group/Side Chain)** : 氨基酸结构中连接到 α -碳上的可变基团，其化学性质决定了氨基酸的独特性质和分类。
- **遗传密码 (Genetic Code)** : 储存在DNA或RNA中的一套规则，定义了核苷酸三联体（密码子）如何被翻译成蛋白质中的特定氨基酸。
- **密码子 (Codon)** : mRNA上由三个连续核苷酸组成的序列，它指定了在蛋白质合成过程中要添加的特定氨基酸或发出终止信号。
- **简并性 (Degeneracy)** : 遗传密码的冗余性，即多个不同的密码子可以编码同一种氨基酸。
- **核酶 (Ribozyme)** : 具有催化活性的RNA分子。核糖体催化肽键形成的活性中心由rRNA构成，因此是一个核酶。
- **翻译后修饰 (Post-Translational Modification - PTM)** : 蛋白质在核糖体上合成后，其氨基酸残基发生的化学修饰。这是调节蛋白质功能、定位和稳定性的重要机制。
- **支链氨基酸 (Branched-Chain Amino Acid - BCAA)** : 侧链具有分支结构的必需氨基酸，包括亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸。
- **指示氨基酸氧化法 (Indicator Amino Acid Oxidation - IAAO)** : 一种利用稳定同位素标记的微创技术，通过测量一种指示氨基酸的氧化率来精确确定另一种待测必需氨基酸的人体需求量。



- **密码子使用偏好 (Codon Usage Bias)**：指在编码同一种氨基酸的多个同义密码子中，不同物种或基因倾向于使用某些特定密码子的现象。
-

第3章：常见问题解答 (Frequently Asked Questions)

引言段

本节将针对关于氨基酸的十个最常见和重要的问题，提供基于前述分析的清晰、直接的解答。

1. 到底有多少种氨基酸？为什么我们只关注20种？

自然界中已发现的氨基酸超过500种。然而，我们通常只关注20种，因为这20种是“标准氨基酸”，它们被人类遗传密码直接编码，作为构建体内所有蛋白质的基本单位。其他氨基酸虽然也发挥着重要作用，但不直接参与核糖体上的蛋白质合成过程。

2. 是什么让一种氨基酸成为“必需”的？

一种氨基酸之所以被称为“必需氨基酸”，是因为人体无法自行合成，或者合成的速度不足以满足正常的生长、发育和生理功能需求，因此必须通过饮食来获取。对人类而言，共有九种必需氨基酸：组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸。

3. 身体能储存氨基酸以备后用吗？

不能。与脂肪和糖原（淀粉）不同，人体没有储存氨基酸的机制。因此，为了保证持续的蛋白质合成和修复，我们需要通过日常饮食来稳定地摄入氨基酸，尤其是必需氨基酸。当摄入的氨基酸超过即时需求时，它们会被分解代谢。

4. 什么是BCAAs？补充剂有益吗？

BCAAs是指支链氨基酸，包括亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸。它们是三种必需氨基酸。一些研究表明，补充BCAAs可能有助于促进肌肉生长、减少运动损伤和缓解疲劳。然而，科学界的证据并不完全一致，也有研究指出长期高水平的BCAAs可能与糖尿病、肝病等健康风险有关。因此，BCAAs补充剂的益处存在争议，应谨慎使用。

5. 遗传密码是如何被翻译成蛋白质的？

这是一个简化的过程：首先，DNA上的遗传信息被转录成信使RNA（mRNA）。然后，mRNA携带遗传密码离开细胞核，到达细胞质中的核糖体。转运RNA（tRNA）分子作为“适配器”，一端识别mRNA上的密码子，另一端携带与之对应的特定氨基酸。核糖体沿着mRNA



移动，读取密码子，并将tRNA带来的氨基酸通过肽键连接起来，形成一条氨基酸链，最终折叠成有功能的蛋白质。

6. 如果缺乏必需氨基酸会发生什么？

如果饮食中哪怕只缺乏一种必需氨基酸，身体的蛋白质合成就会受到抑制甚至停止。这是因为蛋白质的合成需要所有必需氨基酸同时足量存在。当一种氨基酸不足时，其他过量的氨基酸无法被用于合成蛋白质，只能被氧化分解，这可能导致一系列负面的健康后果。

7. 除了20种标准氨基酸，还有其他氨基酸吗？它们有什么作用？

是的。除了20种标准氨基酸，还有其他重要的氨基酸。例如，硒代半胱氨酸被称为第21种蛋白源氨基酸，它通过特殊的机制被整合进蛋白质。此外，还有数百种非蛋白源氨基酸，如 γ -氨基丁酸（GABA）是一种重要的神经递质。同时，蛋白质合成后，其内部的标准氨基酸残基可以通过“翻译后修饰”（如磷酸化）转变为非标准形式，以执行新的功能。

8. 氨基酸需求量在人的一生中会如何变化？

氨基酸需求量在人的一生中会发生显著变化。在快速生长和组织构建的时期，如婴儿期、儿童期和孕期，对蛋白质和特定氨基酸的需求量会更高。例如，研究表明孕妇在孕晚期的蛋白质和赖氨酸需求量显著增加。进入老年期后，为了维持肌肉质量、对抗肌肉衰减症，对某些氨基酸（如亮氨酸）的需求也会增加。

9. 什么是翻译后修饰（PTM）？

翻译后修饰（PTM）是指在蛋白质由核糖体合成之后，其内部的氨基酸残基发生的化学变化。这是一种至关重要的细胞调控机制，它可以通过添加化学基团（如磷酸基、乙酰基）来改变蛋白质的结构、功能、在细胞内的定位或与其他分子的相互作用。例如，磷酸化是激活或抑制许多酶活性的常见方式。

10. 氨基酸有哪些工业用途？

氨基酸在工业上有广泛的应用。主要用途包括：

- **动物饲料：**在动物饲料中添加赖氨酸、甲硫氨酸等必需氨基酸，以提高饲料的营养价值和促进牲畜生长。
- **食品工业：**谷氨酸（以味精形式）被广泛用作风味增强剂。由天冬氨酸和苯丙氨酸合成的阿斯巴甜是一种常用的人工甜味剂。
- **化学合成：**氨基酸作为手性纯的构建模块，被用于不对称合成和药物化学中。



第4章：发现与研究时间线

引言段

本时间线概述了氨基酸和遗传密码发现与理解过程中的关键里程碑。它追溯了从分离出第一个氨基酸化合物，到最终破译生命遗传语言的科学探索之旅，展现了科学家们如何逐步揭示这些微小分子在生命宏伟蓝图中的核心地位。

氨基酸研究的关键里程碑 (Key Milestones in Amino Acid Research)

- **1806年**：法国化学家Louis-Nicolas Vauquelin和Pierre Jean Robiquet从芦笋中发现了**天冬酰胺 (Asparagine)**，这是第一个被分离出来的氨基酸。
- **1810年**：**胱氨酸 (Cystine)** 被发现。
- **1820年**：**甘氨酸 (Glycine)** 和**亮氨酸 (Leucine)** 被发现。
- **1898年**：“amino acid”一词首次在英语中被使用。
- **1902年**：Emil Fischer和Franz Hofmeister各自独立提出，蛋白质是由氨基酸通过Fischer所称的“**肽键 (peptide bonds)**”连接而成的。
- **1935年**：William Cumming Rose发现了**苏氨酸 (Threonine)**，这是20种常见蛋白源氨基酸中最后一种被发现的。他还确定了必需氨基酸的概念。
- **1953年**：DNA双螺旋结构的发现为理解蛋白质如何被编码奠定了基础。
- **1955年**：Francis Crick提出“**适配器假说 (adaptor hypothesis)**”，预测存在一种分子（后被证实为tRNA）能够读取遗传密码并携带氨基酸。
- **1961年**：Marshall Nirenberg和Heinrich Matthaei破译了第一个密码子，证明mRNA序列UUU编码**苯丙氨酸 (Phenylalanine)**。
- **1968年**：Nirenberg、Har Gobind Khorana和Robert W. Holley因其在破译遗传密码及其在蛋白质合成中功能的工作而被授予诺贝尔奖。
- **1979年**：在人类线粒体基因中发现了“**通用**”遗传密码的第一个变异。
- **21世纪 (21st Century)**：微创的**指示氨基酸氧化 (IAAO)** 方法被开发并广泛应用，使得对孕妇和老年人等先前研究不足人群的氨基酸需求量进行精确测定成为可能。**硒代半胱氨酸 (Selenocysteine)**（第21种）和**吡咯赖氨酸 (Pyrrolysine)**（第22种）作为遗传编码氨基酸的作用被确立。



第5章：参考文献

引言段

以下列表包含了编写本报告所依据的源材料，并已按照科学引文风格进行格式化。

参考文献列表 (Reference List)

1. Brunning, A. (2014). *A Brief Guide to the Twenty Common Amino Acids*. Compound Interest.
2. Wikipedia. (n.d.). *Amino acid*.
3. Stinson, A. (2023). *BCAAs: Benefits of branched-chain amino acids*. MedicalNewsToday.
4. Paoletti, A., Courtney-Martin, G., & Elango, R. (2024). *Determining amino acid requirements in humans*. *Frontiers in Nutrition*.
5. Steward, K. (2025). *Essential Amino Acids: Chart, Abbreviations and Structure*. Technology Networks.
6. Wikipedia. (n.d.). *Genetic code*.
7. Wikipedia. (n.d.). *Non-proteinogenic amino acids*.
8. Rodnina, M. V., & Wintermeyer, W. (2003). *Peptide bond formation on the ribosome: structure and mechanism*. *Current Opinion in Structural Biology*, 13, 334–340.
9. Ramazi, S., & Zahiri, J. (2021). *Post-translational modifications in proteins: resources, tools and prediction methods*. Database, 2021, baab012.
10. Compound Interest. (n.d.). *A GUIDE TO THE TWENTY COMMON AMINO ACIDS*. [Infographic].

本文件可能包含不准确的信息；请认真核实其内容。更多信息请访问 PowerBroadcasts.com。

