

「探幽溯源」

沧海五亿年：漫话酸浆贝

辛本亮

烟台市蓬莱区第二实验小学
山东 烟台 265600

摘要：酸浆贝（*Terebartella coreanica* Adams et Reeve）隶属于腕足动物门（*Brachiopoda*），历经五亿多年演化，生存至今，在我国黄渤海的浅海岩礁区域有着典型分布。本文从酸浆贝的形态特征、生活习性与演化脉络入手，梳理这一古老物种从寒武纪至今的演化历程。结合宋代科学家沈括对海洋生物化石的考据、北宋末至南宋初杜绾对“石燕”的辨析，展现我国古代朴素的地质科学思想与自然观察智慧。并立足于烟台蓬莱等北方海域生态实际，阐释酸浆贝的海洋生态价值与地域文化内涵，为认识海洋古生物、理解海洋生物多样性与人文历史的交融提供科普视角。

关键词：酸浆贝；腕足动物；海洋活化石；演化起源；海洋文化

中图分类号：Q959.1；G122

一、引言

五亿年的潮起潮落漫过地质年轮，诸多远古海洋生物早已湮没在历史的长河之中，成为了岩层中沉默的时光印记，而隶属腕足动物门（*Brachiopoda*）的酸浆贝（*Terebartella coreanica* Adams et Reeve），却从远古海洋一路走来，至今仍在西北太平洋浅海的岩礁间，延续着远古生命的脉络。酸浆贝的演化轨迹最早可追溯至 5.42 亿年前的寒武纪早期，彼时腕足动物作为地球上最早的多细胞海洋底栖无脊椎动物之一，登上了生命舞台，历经亿万年的环境变迁与物种竞争，其所属

的穿孔贝目（*Terebratulida*）在 4.16 亿年前的泥盆纪早期正式成型，基本形态结构与生活习性延续至今。在古生代的奥陶纪、志留纪、泥盆纪，腕足动物曾是当时海洋的主导类群，迄今人类发现的腕足动物化石已逾三万种，它们见证了地球海洋生态的多次更迭。然而，沧海桑田，历经地质与生态的重重考验，现存的腕足动物仅存三百余种，酸浆贝便是其中兼具演化代表性

与地域独特性的种类之一^[1]。烟台蓬莱地处黄渤海交汇处，适宜的温度、盐度、广阔的岩礁性海岸，为酸浆贝营造了理想的栖息环境，使其成为这片海域底栖生物群落中，极

具辨识度的成员之一，也成为本土海洋文化中，联结远古海洋与现代科学的独特印记^[2]。目前学界对酸浆贝的研究，多聚焦于形态学描述、演化生物学分析与种群分布调查，鲜有将其五亿年的演化脉络，与中华优秀传统文化中的科学探索印记、地域海洋文化深度融合的研究，而这恰是科学与人文艺术交叉研究中，一处值得填补的重要空白。

本文以酸浆贝为研究核心，从分类学、形态学角度解析其区别于软体动物的腕足动物特质，梳理其从寒武纪起源起源，到泥盆纪类群成型，再到现代存续的完整演化历程，结合蓬莱等北方

通讯作者：辛本亮 邮箱：1724886042@qq.com

收稿日期：2026-03-29 录用日期：2026-06-17

DOI: <https://doi.org/10.58244/sha.263972>

海域的分布现状阐释其生态价值。同时挖掘“石燕”背后的古代考据史料,探析沈括、杜绾的科学探索逻辑,将酸浆贝的科学内涵与中华传统科学智慧、地域海洋文化相融合,以期揭开这一海洋“活化石”中蕴藏的中华文明密码,为中华海洋文化的创造性转化与创新性发展提供新的思路。

二、科学特征:区别于软体动物的结构特质

在海滨生态中,酸浆贝常因外壳形态与普通贝类相似而被混淆,实则二者分属不同的动物门类,存在本质的分类学差异,这一差异从寒武纪腕足动物诞生之初便已奠定,也决定了酸浆贝独有的形态结构、生存习性与栖息特征,使其成为腕足动物门在现代海洋中的典型代表。常见的贝类如扇贝、蛤蜊、牡蛎等,均属于软体动物门(Mollusca),它们身体柔软,大多拥有外套膜分泌的钙质贝壳,贝壳数量多为两片,运动器官则为斧足;而酸浆贝原隶属于腕足动物门(*Brachiopoda*)具铰纲(*Articulata*)终穴目(*Telotremata*)。本世纪初,现代无脊椎动物分类学整合了形态、壳质、发育、分子等多重证据,将其重新定位为:腕足动物门(*Brachiopoda*)小嘴贝型亚门(*Rhynchonelliformea*)小嘴贝纲(*Rhynchonellata*)穿孔贝目(*Terabratulida*)^[3],这是一类营固着生活的底栖海洋无脊椎动物,自泥盆纪类群成型后,其身体结构、贝壳特征与生

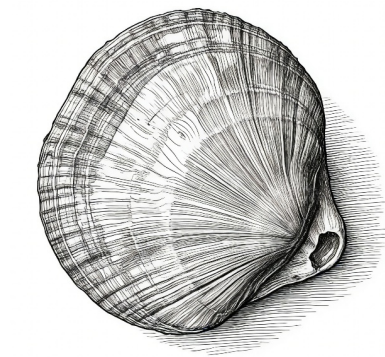


图1. 酸浆贝(辛本亮 绘)

活方式便形成稳定特质,与软体动物门类差异显著,是演化历程中独立发展的生物类群。(图1)

酸浆贝的钙质贝壳由腹壳与背壳组成,二者在大小、形态上差异显著,整体构造极具辨识度。酸浆贝壳长20-35mm,宽18-30mm,厚10-20mm。其腹壳大而凸起,整体略呈扇形,基部稍弯成鸟喙状且微微突出,正中央有一处圆形小孔,酸浆贝的肉质柄便由此孔伸出,穿孔贝由此得名。借助这一特殊结构,它能牢牢地附着在礁石或是栉孔扇贝等软体动物的贝壳上,形成稳定的栖息状态;与腹壳相对的背壳,小巧而扁平,亦略呈扇形,紧密贴合在腹壳之上,背壳内部生有纤细精巧的腕骨,这也是穿孔贝目腕足动物的核心特征之一,既能够支撑起酸浆贝的软体部分,又能辅助其滤食海水中的浮游生物与有机碎屑,保障生命活动的正常进行^[4]。酸浆贝的贝壳表面平滑细腻,布有细密的同心生长线,每一道纹路都记录着它个体生长发育的历程,贝壳边缘呈自然的波浪形,为其增添了几分形态的层次感;铰合部是连接腹壳与背壳的关键部位,

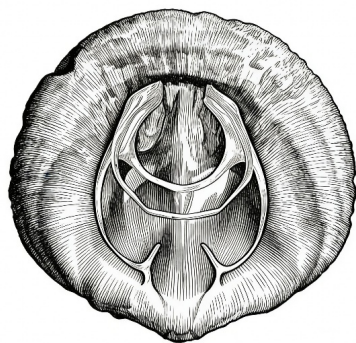


图2. 酸浆贝内部的腕骨(辛本亮 绘)

腹壳上的两个对称铰合齿,与背壳的铰合槽相互嵌合,让两片贝壳紧密连接,且无韧带结构,这与软体动物门贝类的铰合方式形成了鲜明对比。酸浆贝外壳色彩主体为橙红色、棕红色或紫红色,壳面上杂有深浅不一的放射条纹,从贝壳基部向边缘辐射^[5],在浅海的光影中形成醒目的视觉效果,也成为它在自然环境中的辨识标志。(图2)

酸浆贝是典型的海洋底栖生物,仅生活在低潮线以下至100米的近岸浅海区域^[5],对海水的温度、盐度与底质类型都有着严苛要求,偏爱北温带的冷水海域,且仅栖息于岩礁性海岸、有岩石露头的海底或硬质基底区域,泥沙质、淤泥质底质的海域中,均无酸浆贝的分布。酸浆贝通过肉质柄固着在硬质基底上,终生营固着生活,无法自主移动,这一生存模式从寒武纪的原始腕足动物便已形成,历经数亿年的环境变迁从未改变,其滤食与呼吸均通过贝壳间的缝隙完成:海水中的浮游生物、有机碎屑随水流进入贝壳内部,被腕骨上的纤毛捕获成为食物,过滤后的海水再从缝隙中

排出^[2]，形成一套简单又高效的物质循环系统。(图3-5)

在我国北方海域，酸浆贝常与海豆芽(*Lingula anatine Lamarck*)、墨氏海豆芽(*Lingula murphiana*)相伴

而生，共同构成了腕足动物小型群落，这三者也是我国北方海域仅存的腕足动物，它们有着相似的演化特质，但是在栖息环境上存在细微差异：酸浆贝更偏向于低潮线以下较深的岩礁区

域，而海豆芽则栖息于潮间带的泥沙区。这样的差异分布有效减少了相近物种间的生存竞争，也生动反映了腕足动物在进化史中，对现代海洋生态的适应与分化。(图6)

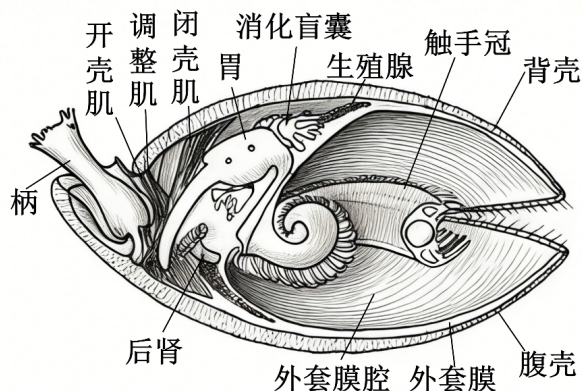


图3. 酸浆贝内部解剖(仿 杨德渐)

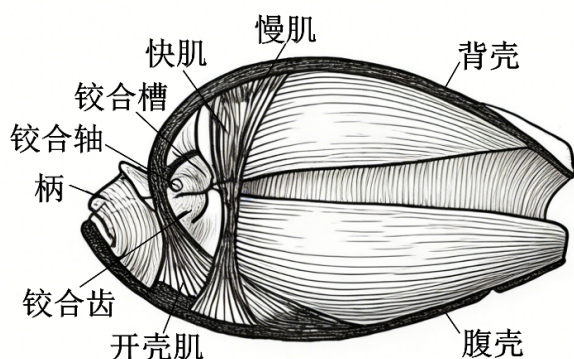


图4. 酸浆贝肌肉系统(仿 杨德渐)

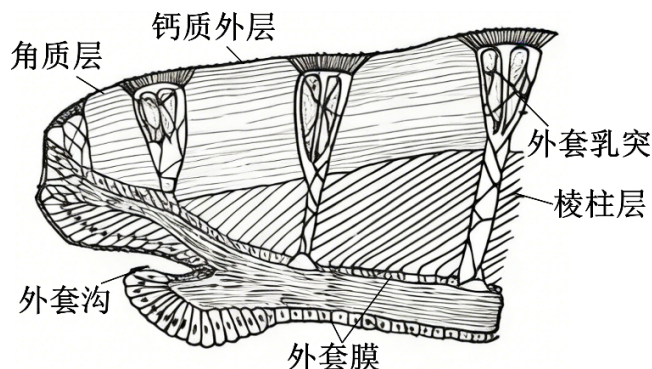


图5. 酸浆贝壳与外套缘的组织学(仿 杨德渐)

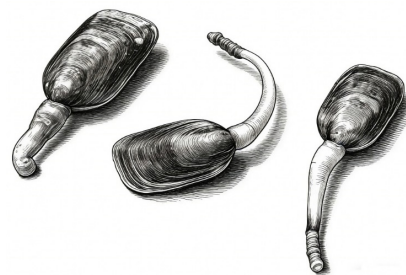


图6. 墨氏海豆芽(*Lingula murphiana*) (辛本亮绘)

三、演化印记：五亿年以来的生命脉络

作为腕足动物门穿孔贝目的现存代表，酸浆贝以其五亿年的演化轨迹，成为了地球海洋生命演化的见证者，它们将腕足动物从诞生、繁盛到衰落的全过程串联起来。酸浆贝的演化起点可追溯至5.42亿年前的寒武纪早期，那时候地球正经历着著名的“寒武纪生命大爆发”，腕足动物与三叶虫、古海绵等生物共同构成了原始海洋生物群落。之后历经了1.26亿年的演化分化，酸浆贝所在的穿孔贝目在4.16亿年前的泥盆纪早期正式定型，此后虽然经历了多次生物大灭绝与环境巨变，但其身体结构、生存模式仍保留着远古腕足动物的基本特征，也正因如此，酸浆贝被学界冠以海洋“活化石”的称号，成为研究地球海洋生物演化史、古海洋生态环境的重要活体样本^[6]。

在寒武纪早期,腕足动物开始繁盛起来,这是古生代海洋最显著的生态特征之一。腕足动物凭借对原始海洋环境的高度适应,在奥陶纪至泥盆纪期间达到繁盛的顶峰,成为海洋底栖生物群落的主导类群^[7]。那时的全球海洋中,腕足动物种类繁多、数量众多,分布非常广泛,从浅海至深海、从热带至温带,都能见到它们的踪迹,它们的贝壳形态多样、大小各异,能适应各种不同的海洋栖息环境,与三叶虫、海绵、珊瑚等远古生物共同构成了繁荣的古海洋世界。迄今全球已发现的腕足动物化石逾三万种,这些嵌在不同地质年代岩层中的化石,成为记录古海洋环境变迁、地质运动的“鲜活文字”,为科学家还原古生代海洋生态、研究地球地质演化提供了丰富的实物证据。而酸浆贝所属的具铰纲穿孔贝目,正是腕足动物门中演化历史最悠久、化石记录最丰富的类群之一,自4.16亿年前泥盆纪早期成型后,便成为腕足动物演化历程的核心传承者。

自从泥盆纪末期的生物大灭绝开始,受全球气候突变、海洋酸化、地壳运动等多重因素影响,腕足动物的物种数量大幅锐减,诸多类群在演化的长河中逐渐消亡。进入中生代后,随着软体动物门双壳纲、腹足纲等类群的崛起,海洋底栖生物的竞争愈发激烈,腕足动物因结构简单,营固着生活而无自主移动能力等特征,在竞争中逐渐处于劣势,适宜的栖息环境不断收缩,物种多样性持续下降。时

至今日,全球现存的腕足动物仅余三百余种,且多分布在温带、寒带的海域,成为海洋中相对珍稀的生物类群。尽管历经亿万年的演化,酸浆贝仍保留着远古腕足动物的核心特质:两片分异的腹壳与背壳、内部精巧的螺旋腕骨、营固着生活的肉质柄,这些特征与寒武纪、奥陶纪的腕足动物化石高度相似,与泥盆纪穿孔贝目类群的特征几乎一致,仿佛是被时光定格的远古生命,对于研究腕足动物的演化适应、古海洋生态与现代海洋生态的关联,具有不可替代的科研价值。

酸浆贝的现存种群,呈现出明显的西北太平洋北温带浅海区域性分布特征,在我国境内,酸浆贝的分布严格限定在渤海、黄海北部的岩性海岸区域,核心栖息点主要集中在三处:一是辽东半岛南部黄海海域,以大连近岸岩礁区为核心,是我国酸浆贝种群密度相对较高的区域^[8];二是山东半岛沿岸,涵盖蓬莱、烟台、威海等北岸海域与青岛南岸海域,蓬莱地处黄渤两海交汇处,独特的岩礁底质、适宜的海水温度与盐度,为酸浆贝提供了理想的栖息条件,使其成为本土海洋生物中极具辨识度的珍稀种类^[2];三是渤海湾部分岩性海岸,如秦皇岛、营口等近岸浅海,虽有酸浆贝分布,但受海岸开发、底质变化等因素影响,种群分布较为零散。

从全球分布来看,酸浆贝仅自然分布于日本列岛、朝鲜半岛的近岸浅海,以及我国渤海、黄海北部,形成了西北太平洋特有的腕足动物分布

带,在其他海域均无自然分布记录,是典型的北温带浅海特有物种,这一分布特征,正是它在长期演化中,对水温、盐度、底质等环境因素高度适应的结果。

四、沈括与杜绾:古代人文考据与科学探索

腕足动物虽然在后世已经成为子遗动物,现存种类稀少,但其化石“石燕”的广泛分布,早已引起先民的关注,成为古人观察自然、探索天地奥秘的重要素材。

“石燕”之名,最早可追溯至东晋罗含撰写的《湘州记》(又名《湘中记》)中,书中写道“零陵山有石燕,遇风雨则飞,止还为石。”^[9]《太平御览》引《湘州记》:“零陵有石燕,形似燕,得雷雨则群飞。”^[10]明朝医药学家李时珍在《本草纲目》中写道:“李绩曰:石燕出零陵。”“恭曰:永州祁阳县西北一十五里土冈上,掘深丈余取之。形似蚶而小,坚重如石也。俗云:因雷雨则自石穴中出,随雨飞堕者,妄也。”“宗奭曰:石燕如蚬蛤之状,色如土,坚重如石。既无羽翼,焉能飞出?其言近妄。”“时珍曰:石燕有二,一种是此,乃石类也,状类燕而有纹,圆大者为雄,长小者为雌。”^[11]

其实,所谓的“石燕”,正是以弓石燕(*Cyrtospirifer*)等为主的远古海洋动物遗留的化石,这些动物壳顶凸起,很像鸟类的头部、喙部,外壳上有羽毛状放射纹,酷似鸟类的翅膀,

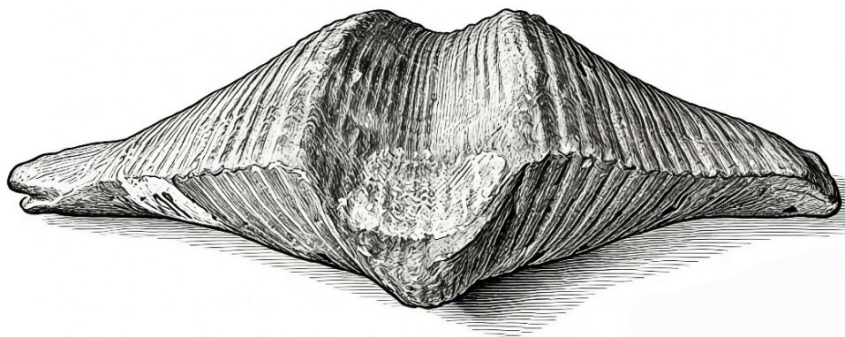


图7. 弓石燕 (*Cyrtospirifer*) (辛本亮 绘)

但它们并非鸟类，而是与酸浆贝同源的古腕足动物门动物，大多属于小嘴贝纲石燕目。因为壳体呈双凸型，轮廓类似飞燕，因此被古人命名为“石燕”，它们从奥陶纪晚期开始出现，繁盛于晚古生代，二叠纪末大灭绝后逐渐衰弱，最终在侏罗纪早期全部灭绝。(图7)

这些海洋动物化石历经数亿年的地质运动，随海底抬升成为陆地岩层的一部分，是远古时期腕足动物繁衍昌盛的直接证据。但在漫长的古代社会，“石燕”的科学价值最初未被发现，仅仅被归于药用，民间认为其性凉、味甘，可利水通淋、清热解毒，《唐本草》《本草纲目》等经典医药典籍，均对其药用功效有详细记载。在地理分布上，“石燕”多发现于我国南方的山地岩层中，永州便是其核心发现地之一，这种“藏于陆地岩石、形似海洋生物”的奇特特征，曾让古人产生诸多遐想，却鲜有人从科学角度探究其起源与成因，直至北宋时期，经过沈括、杜绾等人的研究，才逐渐揭开了“石燕”的神秘面纱。

北宋嘉祐年间，沈括奉命出使河

北，途经太行山的时候，在悬崖峭壁间发现了大量远古时期的螺蚌化石，这些化石或嵌于岩层、或散落于崖底，形态与海洋中的螺蚌类并无二致。而在当时，太行山远离大海，千里之内皆为陆地，为何海洋生物的化石，会出现在高山悬崖之上？这一奇特现象引发了沈括的深度思考。他并未囿于当时民间对海洋生物化石的神秘化解读，而是以实地观察为基础，结合自身对自然规律的认知，做出了大胆的科学推断：“此乃昔之海滨，今东距海已近千里。所谓大陆者，皆淤泥所湮耳。”^[12]在《梦溪笔谈》中，沈括详细记录了这一发现与推断，他认为，太行山地区在远古时期本是一片海洋，这些螺蚌化石正是远古海洋中螺蚌类生物的遗骸，后来经过地质运动，海底的泥沙不断淤积成陆，海洋逐渐抬升为山地，螺蚌类生物的遗骸便被掩埋在岩层中，形成了如今所见的化石，而千里平原的形成，也正是泥沙长期淤积的结果。沈括的这一推断，充分解释了海洋生物化石的形成与分布原因，符合现代地质学对于海陆变迁的科学观点。

南宋初年，著名的矿物岩石学家杜绾，在其创作的《云林石谱》中，专门对永州石燕进行了辨析，彻底破除了相关迷信说法。杜绾指出，民间所谓的石燕“遇雨则飞”全是无稽之谈，这种现象的根本原因就是岩石热胀冷缩，是岩石在烈日暴晒下体积膨胀，再突遇降雨，导致温度骤降，岩石冷热不均而崩裂坠落，镶嵌其中的“石燕”也随之坠下，形成如同鸟类飞翔的效果。

沈括、杜绾二人对古海洋生物化石的研究，极具科学前瞻性。他们摆脱了传统观念的束缚，以自然现象为依据，推导出符合自然规律的科学结论，与现代科学研究逻辑高度契合。尽管当时科技水平相对落后，缺乏先进的仪器辅助，但他们仍能通过细致观察、严密推理，揭示出海陆变迁的地质规律和石燕的本质，难能可贵。

五、双重价值：生态价值与地域文化内涵

蓬莱地处黄渤海交汇处，岩礁岸线曲折绵长，低潮线以下的浅海区域形成了相对稳定的底栖生物群落。酸浆贝以肉质柄固着于岩石或贝壳之上，与密鳞牡蛎 (*Ostrea denselamellosa* Lischke)、布氏蚶 (*Arca boucardi* Jousseaume)、紫贻贝 (*Mytilus galloprovincialis* Lamark)、栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 等共同构成岩礁区生物群落。酸浆贝在滤食浮游生物与有机碎屑的过程中，实现了调节局部水域环境、

促进海水物质流转等作用。同时,酸浆贝本身对于栖息环境要求较高,仅生存于清洁的礁岩硬质基底,对于海水的温度、盐度、污染程度与酸化情况都非常敏感,其种群的分布与密度变化,能够直观反映该海域的生态质量,为海岸带保护与海洋环境监测提供了天然的参考依据。

蓬莱沿海地区自新石器时代已有人类居住,先民们依海而生,在长期的生产生活中形成了实用质朴而又鲜活独特的海洋文化。酸浆贝作为本地的典型海洋生物,因其外壳色彩艳丽、造型古朴,经常被沿海民众用作特色工艺品素材。尽管酸浆贝个体较小,没有食用及捕捞价值,但因为色彩鲜艳、聚集形态独特,成为浅海岩礁区最具辨识度的生物。渔民们在捕捞作业时,经常以其分布情况,来判断地质类型与海域环境优劣。

近年来,酸浆贝的资源与栖息地保护日益引起人们重视,随着山东、辽宁等地的海洋生态保护区建设与海岸带管控不断加强,其核心栖息环境得到一定程度保护。2025年山东省自然资源厅、山东省农业农村厅联合制定了《山东省重点保护野生动物名录(征求意见稿)》将酸浆贝纳入了省级保护名录之中,这是首次将腕足动物纳入保护范围,填补了国内珍稀海洋无脊椎动物保护的空白^[13]。但因为酸浆贝栖息地较深、种群分布分散,系统性调查与长期监测仍较为薄弱,加之全球气候变暖、海水酸化加剧、局部海域人类活动干扰等因素,酸浆贝

的自然种群仍面临潜在威胁。(图8)

鉴于现状,对于酸浆贝的研究与保护可采取科学守护与文化传播相结合的策略。一是,持续开展黄渤海海域酸浆贝样方调查,充分掌握其分布范围和种群密度,建立常态化监测机制,严控无序开发对岩礁生态环境的破坏;另一方面,将这一古老而又宝贵的科普素材纳入地方海洋科普与学校校本课程,借助海洋馆、科普基地等平台,向公众普及腕足动物演化与海洋生物多样性知识,实现生物保护、科学普及与文化遗产的协同推进,使这一远古遗产成为联结古海洋生态与现代海洋文明的有效载体。

六、结论

酸浆贝是腕足动物门穿孔贝目现存的代表性物种,与软体贝类在分类、结构、习性上差异显著。自寒武纪早期起源、泥盆纪早期类群定型以来,完整保留了远古腕足动物形态特征与生理特性,是见证海洋生态五亿年更迭的重要活体样本。沈括对太行螺蚌化石的考据与推理、杜绾在《云林石谱》中对石燕的辨伪,体现了古代学者重观察实证的科学精神,也让酸浆贝成为古代自然认知与现代科学研究的时空纽带,彰显了中华文明“究天之际”^[14]的优秀传统。

酸浆贝具有科研、生态、科普文化多重价值,目前其研究与保护仍有提升空间,需推进多学科融合,梳理演化脉络与适应机制,结合科普教育



图8. 酸浆贝活体(辛本亮摄)

与文化遗产,让更多人理解其科学与人文价值,让远古生命印记在当代生态文明建设中发挥价值,为中华海洋文化创新发展提供新视角与素材。

参考文献

- [1] 杨德渐,孙世春.海洋无脊椎动物学[M].青岛:中国海洋大学出版社,2006:534-541.
- [2] 姜在阶,刘凌云.烟台海滨无脊椎动物实习手册[M].北京:北京师范大学出版社,1986:403-406.
- [3] WILLIAMS A, BRUNTON C H C, CARLSON S J, et al. Treatise on invertebrate paleontology: Part H, *Brachiopoda*(revised)[M]. Lawrence: The Paleontological Institute, University of Kansas, 2000.
- [4] 张汉光.山东海滨无脊椎动物实习指导[M].北京:学术期刊出版社,1989:162-163.
- [5] 曹善茂,等.大连近海无脊椎动物[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2017:295-298.

[6] 王晓安,等.烟台海滨习见无脊椎动物原色图谱[M].北京:科学出版社,2011:156.

[7] 江静波,等.无脊椎动物学[M].北京:高等教育出版社,1965:312-313.

[8] 范学铭.大连海滨无脊椎动物实习指导[M].哈尔滨:黑龙江人民出版社,2005:57-58.

[9] (东晋)罗含.湘州记(湘中记)[O].(原书已佚,后世辑本).

[10] (宋)李昉,等.太平御览[M].北京:中华书局,1960:4087.

[11] (明)李时珍.本草纲目(点校本)[M].北京:人民卫生出版社,1982:417.

[12] (宋)沈括.梦溪笔谈[M].杭州:浙江古籍出版社,2011:186-188.

[13] 山东省自然资源厅,山东省农业农村厅.山东省重点保护野生动物名录(征求意见稿)[S].济南:山东省自然资源厅,2025.

[14] (西汉)司马迁.史记(点校本修订本)[M].北京:中华书局,2013:3983.

作者简介:

辛本亮 烟台市蓬莱区第二实验小学科学教师、高级教师。山东省科普志愿者协会会员、山东省人工智能教育专家、烟台市心理学会理事。曾获评全国实验教学能手、烟台名师、烟台市教学能手等称号。

Five Hundred Million Years of the Vast Ocean: A Popular Account of Terebratella Coreanica

Xin Benliang

(No.2 Experimental Primary School of Penglai District, Yantai City 265600, China)

Abstract: Terebratella coreanica Adams et Reeve belongs to the phylum Brachiopoda. Having undergone more than 500 million years of evolution, it still survives to this day and is typically distributed in the shallow rocky areas of the Bohai Sea and Yellow Sea in northern China. Starting from the morphological characteristics, living habits and evolutionary context of Terebratella coreanica, this paper sorts out its evolutionary trajectory and ecological status, explores its ecological value and regional cultural connotation, and combines the research on ancient scholars’ investigation of marine organisms, so as to provide a popular science perspective for the protection and rational utilization of this ancient relict species.

Keywords: Terebratella coreanica; Brachiopoda; Marine living fossil; Evolutionary origin; Marine culture