

## 追凶之路上的怪客——硫化氢

廖星宇, 衣相铭, 陈建成\*

南京大学化学化工学院, 南京 210023

**摘要:** 作为纳米药物分子的甲和乙为了杀死一个特殊的酶进入了人体, 在寻找凶手的路上他俩遇见了硫化氢, 为了探究硫化氢是否会危害人体, 他俩沿着硫化氢的脚步, 探索了硫化氢的产生场所, 知晓了其产生机理, 并前往了硫化氢的目的地, 最终他俩发现硫化氢不仅不是毒气还是一种能保护心肌的气体信号分子。

**关键词:** 硫化氢; 气体信号分子; 心肌

**中图分类号:** G64; O6

## The Stranger on the Trail of the Criminal: Hydrogen Sulfide

Xingyu Liao, Xiangming Yi, Kin Shing Chan \*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

**Abstract:** As nanomedicine molecules, A and B enter the human body to neutralize a specific enzyme. During investigation, they encountered hydrogen sulfide whom they consider to be abnormal. Following the trail of hydrogen sulfide, they investigate its production sites, uncover the mechanisms behind its formation, and journey to its destination. Ultimately, they discover that hydrogen sulfide is not the toxic gas; rather, it serves as a kind of gas signaling molecule that can protect cardiac muscle.

**Key Words:** Hydrogen sulfide; Gas signaling molecules; Cardiac muscle

一天, 纳米药物分子甲和乙接到了一个特殊的任务: 杀死一个特殊的酶, 拯救这具身体。根据任务要求, 他俩迅速进入人体, 寻找凶手, 经过一番寻找, 他们遇见了一群特殊的分子——硫化氢, 当然此时这些硫化氢状态有些不正常。

甲: 乙, 你看前面那群奇怪的分子好像是硫化氢。

乙: 是吗? V型的结构, 比氧更大的原子, 符合硫化氢的特征, 但是还有一些是离子形态的, 我们靠近看看。

他俩靠近了这群奇怪的分子。

甲: 这些分子看上去确实是硫化氢, 但是他们的状态和最初我们在大气中见过的硫化氢好像有些差异。

乙: 相比较我们在大气中看见的硫化氢, 看上去有一种被约束的感觉。

甲: 没错, 在我看来, 大气中的硫化氢就像是山林中的野狗, 时时刻刻凶相毕露, 充满了攻击性。而现在我们面前的这一群分子就像是被驯服的猎犬, 失去了锋利的爪牙。

收稿: 2024-08-10; 录用: 2024-09-20; 网络发表: 2025-02-28

\*通讯作者, Email: kschan@nju.edu.cn

基金资助: 南京大学百位名师邀约项目; 南京大学国际化课程建设项目; 南京大学短期国外专家项目

乙：你这个比喻还挺恰当的，我刚才仔细观察了他们一番，简单来看，他们至少受到了三重束缚。首当其冲的就是他们的存在状态：真正可以自由穿行人体内磷脂膜的气体状态的硫化氢只占人体内硫化氢总量的三分之一，其余硫化氢都以离子态存在，在这种状态下，他们的脂溶性大大下降，迁移能力受到极大束缚。

甲：没错，而这还只是第一重的束缚，对于暂时聚集的过量的气态硫化氢，就像我们面前的这群，他们都处于一种被暂时性甲基化修饰的状态，难以自由行动。而对于最后剩余的一些游离的气态硫化氢，他们就更像被拴了链条的宠物了。你看，他们都被氧化血红素给锁住了，被含有血红素的蛋白质拉着朝着固定的方向运输，根本没有兴风作浪的能力(图1)。

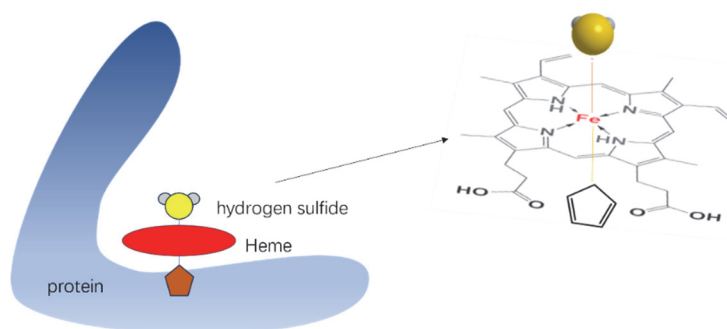


图1 与含氧化血红素的蛋白质结合的硫化氢

乙：照这么看，这些硫化氢倒真像是人体豢养的宠物了。

甲：从眼前的现象来看，确实可以得到这样的结论。可是硫化氢毕竟是很强的细胞毒性的坏分子，不如我们一起去追本溯源，看看他们到底是怎样进入人体的。在人体内存放着这样的“不定时炸弹”，我还真挺不放心。

乙：你说得对，我们靠近去看看。

他俩沿着硫化氢流动方向的反方向追本溯源，很快一些正在卖力工作的细胞进入了他们的视野。

甲：奇怪，你看这里有些全新产生的硫化氢正从这群细胞的细胞膜里穿出来。

乙：难不成在这位患者体内还存在着很多单独产生毒气的黑心工厂，正是因为这些黑心工厂排出来很多像硫化氢这样的废气，才会导致患病？

带着疑惑，两个分子快速钻入了其中一个细胞，经过一番寻找，找到了“工厂原址”。

甲：快看，硫化氢就是在这里产生的。

乙：没错，这边有甲硫氨酸和半胱氨酸往里面去了，我们快一起进去探查一番。

两人进入“工厂原址”内部，进一步确认了这里就是产生硫化氢的黑心工厂。

甲：原来是一些酶在集体犯案，真是太可气了。让我们消灭这些酶，阻止他们的阴谋。

乙：稍安勿躁，这地方看着秩序井然，不像是由突变的酶创造的，反倒是给我了一种浑然天成的感觉，像是生命体自行演化的结果。我们不妨去问问那边过来的半胱氨酸大姐。

乙：半胱氨酸大姐，你们是被绑架过来生产硫化氢的吗？

半胱氨酸：绑架？不，我是来这儿找里面的酶大师帮忙的，我想让酶大师帮我把我的两个孩子从我身上分开<sup>[1]</sup>。事情是这样的，实际上，我有两个孩子氨基和巯基，以前他们羽翼未丰，所以一直和我住在一起。前些天我们居住的细胞接受到了上级的信号，开始招募合适年龄的巯基，我就带着我家的巯基来试试。至于我家另一个小子氨基，他觉得他自己也羽翼丰满了，就想乘着这个机会一块儿外出闯荡一番。所谓男儿有志在四方，我身为母体自然不能拦着，就陪他们来这儿找酶大师进行分离了(图2)<sup>[2]</sup>。有了酶大师的帮助，很快氨基和巯基就都能够脱离我，以氨气和硫化氢的形式自己出去闯荡一番了，到时候我也能功成身退。你看隔壁甲硫氨酸老哥也是陪他家的小伙子来分离的。

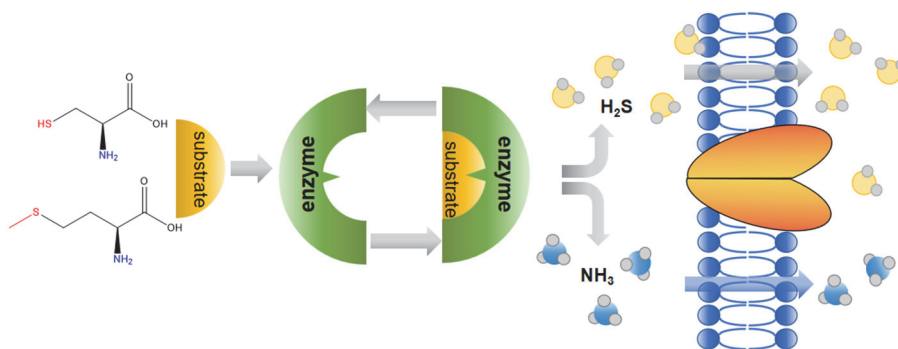


图2 硫化氢产生过程

甲：细胞招募巯基？转化成硫化氢？半胱氨酸大姐，据我所知硫化氢是一种毒气啊<sup>[3]</sup>，你这样岂不是让你家小孩误入歧途吗？

半胱氨酸：小兄弟看起来有点面生，应该不是在我们这块儿产生的吧？我确实听说硫化氢分子在外界是为祸一方的存在，不过在我们生物体内嘛，他们可不是毒气分子呢！相反，他们可是生命体必须的气体信号分子，是细胞间信号交流的大使，具体情况想必两位在接下来继续探索的时候可以明白了。

乙：没想到硫化氢分子在人体内有这样的独特地位，甲，等一会儿我们就去看看硫化氢是怎么从毒气变成信号分子的吧！

甲：好啊，但是我这还有一个疑惑，为什么甲硫氨酸大哥也来这里了呢？甲硫氨酸大哥应该没有巯基这个孩子吧？

半胱氨酸：哈哈，甲硫氨酸其实也有巯基这个孩子，只是平时他性格比较腼腆，所以带着个甲基面具，但是面对像现在这种细胞征集巯基的情况，那小伙子也是不会推辞的，立刻就拉着甲硫氨酸来这儿了。一会儿有一位酶大师就会把甲基面具从巯基脸上拿下来，到时候他也会和我们家那小子一样，变成硫化氢，响应细胞的征召。

乙：原来如此，看来是我错怪你们了，把你们这当成了产生废气的无良工厂。既然误会解除，那我和甲也就告辞了。我们打算先去看看你们孩子未来工作的地方，也好满足一下我们的好奇心，看看硫化氢是怎么变成气体信号分子的。

半胱氨酸：好啊，那我不送二位了，祝两位一路顺风。

乙点点头：是这样的，我们跟着这些硫化氢看看他们要去哪吧。

甲和乙跟随硫化氢一起穿过细胞膜，进入血管，借助血液穿行于人体内，他们路上也碰见了不少老熟人，你看他俩这就和在血液中运输的蛋白质聊起天来了。

甲问其中一个蛋白质：蛋白质同志，你们每天在血管中跑来跑去，见过这些硫化氢分子吗？

蛋白质回答道：当然啦，从我第一次进入血管，我就见过他们，怎么了？

甲：没事没事，我们想知道他们到底是干什么的。

蛋白质回答道：那我也不知道，我每次“下车”都比他们早，不知道他们到哪去。

和其他朋友寒暄两句后，甲和乙到达了硫化氢的最终目的地——心脏。

甲和乙迅速跟上其中一个硫化氢的脚步，发现他来到了一扇紧闭的大门前。还没等他俩看清，硫化氢突然消失，他们立马靠近大门。没等他们搞清楚到底发生了什么情况，紧闭的大门突然开启，一群钾离子二话不说从中突然冲了出来。站在门前的甲和乙被这些横冲直撞的钾离子冲走了。

等到他俩稳下阵脚，却发现几乎所有的心肌细胞的收缩都被抑制了，而且自己也没有被前往心肌的血液迅速带回心肌细胞。他们刚想仔细梳理一下刚刚发生的一连串怪事，突然血液涌了过来将甲和乙裹挟着带到了心肌细胞前。甲和乙好不容易找到了一块平静的地方开始梳理刚刚发生的事。

甲冷静下来：不对不对，太奇怪了，我们从头开始梳理一下。

乙回答道：行，这一系列事儿实在是太奇怪了。我记得一开始我们跟随硫化氢来到了心脏，然后其中一个硫化氢分子跑到了一个心肌细胞的一扇紧闭的大门前，然后还没等我们反应过来他就消失了，然后我们靠近他消失的地方，此时那扇紧闭的大门就突然打开，出来了一群横冲直撞的带电的家伙把我们冲走了。

甲补充道：这样看来，硫化氢应该是能打开那扇紧闭的大门，毕竟甲硫氨酸大姐说了硫化氢是气体信号分子。刚刚被冲走的时候我躲在你后面仔细看了一下，出来的好像是一群钾离子，那扇门应该是钾离子通道<sup>[4]</sup>的大门。

乙继续说：那等会儿我们再去那里一探究竟。我们刚才被冲远之后，我看见几乎所有心肌细胞的收缩都被抑制了，这应该是那群钾离子冲出来导致的。

甲回答道：是的，心肌的兴奋收缩与钾离子有关，钾离子大量外流肯定会抑制心肌收缩。然后我们没有立刻被血液带回心肌细胞，而是过了一会突然有大量血液把我们带过来，刚刚应该是发生心肌缺血了。

乙点点头：是的，你看现在流向心肌的血液也很少。我们再去那扇门看看吧，问题的关键就在那。

甲和乙又到了那扇紧闭的大门前(图3a)，这次他们站在了大门的旁边，然后发现了神奇的一幕：一个硫化氢分子和大门旁的蛋白质的一部分结合了，然后一切就像刚才一样：那扇紧闭的大门开启，一群钾离子立马冲了出来(图3b)。

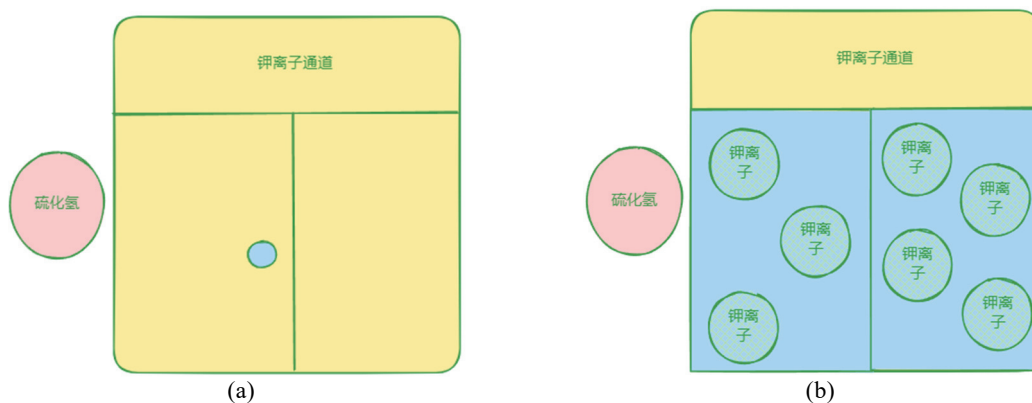


图3 关闭和开启的钾离子通道

甲立马对乙说：我知道了，硫化氢就是这扇大门的钥匙！硫化氢可以与这个钾离子通道结合使其开放从而使钾离子外流，抑制心肌收缩！

乙补充道：而此时的心肌处于缺血状态，抑制心肌收缩是为了保护心肌！

甲和乙异口同声：原来硫化氢是在保护心肌！

乙：硫化氢作为气体信号分子，在发生心肌缺血的情况下，作为“钥匙”与钾离子通道结合，打开那扇“大门”，钾离子通过通道从细胞内流向细胞外，从而抑制心肌收缩<sup>[5]</sup>。

甲愧疚地低下头：原来我真地错怪了他们。我刚刚还说要消灭那些酶。

乙安慰甲说：没事的，大家都会犯错误，你不是也没真地消灭那些酶吗？别自责了，快看看心肌现在怎么样了。

甲立马仔细观察起来：血流量恢复正常，但已经没有硫化氢再来了，大门一直紧闭，心肌也开始正常收缩。好耶，一切都正常起来了！

乙点点头：好啦，别忘了我们的任务，该出发了。

### 参 考 文 献

- [1] 赵方诺. 现代医学与健康研究电子杂志, 2019, 3 (9), 14.
- [2] 徐文静. 生命的化学, 2020, 40 (8), 1289.
- [3] 王希晶. 吉林劳动保护, 2021, No. 3, 24.
- [4] 武圳. ATP敏感性钾离子通道在外源性H<sub>2</sub>S保护烧伤血清干预表皮细胞内质网应激中的作用[硕士学位论文]. 西宁: 青海大学, 2022.
- [5] 肖鹏, 高洪, 严玉霖, 周铭涛, 周辉, 刘雷. 动物医学进展, 2009, 30 (5), 94.

## 2025年全国高等学校结构化学教学研究会在湖南长沙成功举办

2025年5月23日至26日, 全国高等学校结构化学教学研究会在湖南长沙成功举办。来自全国30余所院校的60余名专家学者、高等教育出版社代表和湖南省部分中学化学教师齐聚长沙, 共同研究结构化学学术问题和教学改革。

湖南师范大学教务处负责人出席会议开幕式, 化学化工学院院长杨荣华教授在致辞中介绍了学校和学院基本情况, 并对与会嘉宾表示热烈欢迎。会议发起人、北京大学段连运教授介绍了会议的历史、目的和意义, 以及近年来结构化学中的一些热点学术问题。

会议聚焦结构化学教学的前沿领域, 围绕晶体结构、分子结构和教学改革3个核心议题展开深入讨论。与会教师通过案例分享与互动交流, 提出了不少新观点和教学改革新建议, 为厘清部分学术问题、优化课程教学提供了新思路。

本次会议务实高效, 成果丰硕, 进一步促进了全国高校结构化学学术交流。参会教师对湖南师范大学承办此次会议表示感谢, 并期待2026年相聚内蒙古呼和浩特市, 共续学术和教学研究新篇章。



(张恩薇、荣春英 供稿)