

不锈钢在卫生应用中的使用





目录

- 背景
- 活性抗菌解决方案
 - 概述
 - 含银涂料
 - 铜及其合金
 - 二次污染
 - 生物膜形成
- 为什么说应使用怀疑论审视抗菌作用
- 为什么不锈钢是最佳方案
- 结论
- 参考文献





1 背景

专家和消费者已经就材料的抗菌特性展开了讨论。我们早就知道铜^[1]和银都是可以抑制细菌、病毒和真菌生长的金属。相比之下，不锈钢是一种惰性材料，尽管由于不锈钢便于清洁，因此在卫生处理比较重要时，不锈钢就成了不错的解决方案，但不锈钢自身没有生物活性。

在一些应用中（例如：医院的接触表面），已经提议使用活性抗菌材料来替代不锈钢^[2]。大家还讨论了将这个想法延伸到专业厨房以及公共交通设施的扶手中。本文的目的就是讨论对活性抗菌材料的看法。文中对需要最高卫生水平或无菌表面时，不锈钢通常是唯一可行的解决方案的原因进行了总结。



活性抗菌表面与标准不锈钢：论点总结

各个国家之间的对比表明，通过接触表面材料选择以外的要素，测定医疗保健相关的多重抗药性微生物感染的出现。

- 已经与细菌抗药性（例如大肠杆菌）建立了联系
- 与不锈钢相比可能更加柔软，耐磨性较低
- 昂贵

活性抗菌表面通常

- 不能有效抑制所有微生物。有许多病原性微生物，其中一些病原性微生物比其他病原性微生物对活性表面的敏感性低。只有适当清洁和消毒才能清除所有相关细菌。
- 由于现在的一些评估方法不能识别休眠细胞，通常在抗菌效果方面获得的评估过高

含银涂料在下列方面特别突出

- 容易磨损
- 不能提供抑菌作用何时开始衰退的明显指示
- 昂贵

铜及其合金

- 自身具有抗菌作用，释放金属离子；但证明铜对环境可产生有害影响

不锈钢

- 很久以前就在要求最高的医疗应用中得到了成功使用，例如埋植剂和外科器械，这些应用需要无菌条件
- 不存在微生物形成新类型抗药性的风险
- 经过一段时间后不会发生变化；可保持相同的清洁和消毒效果多年
- 比许多其他金属合金表面更硬，使设备不易出现表面损坏（例如刮伤和凹痕），表面损害处可以堆积生物物质。
- 抗腐蚀和高温。可以通过热过程和（液体或气体）化学剂进行消毒，不会发生腐蚀或损失机械或物理性能
- 惰性金属，几乎不会与环境发生离子交换
- 是一种性价比高的高性能材料



2 活性抗菌解决方案

2.1 概述

特定金属具有微动力效应：它们向环境中释放离子，从而损害细胞壁和细胞膜。一些研究还提出DNA也会受到损害且复制受阻[3]。

细菌受微动力效应影响，但病毒通常对此不敏感。

为达到卫生目的，使用银和铜。银和铜的作用为人所知已有几个世纪之久，甚至在发现微生物很久以前就知道了。不足之处在于银和铜的表面如不进行保护容易生锈，需要劳动密集型定期抛光。这就是当不锈钢在20世纪早期盛行时，餐具中的银和五金件中的黄铜大量被不锈钢代替的原因。

最近，我们重新思考了银和铜在卫生领域关键应用中的微动力效应：

- 在美国，开发了含银涂料作为工业解决方案[4]。含银涂料可以应用于金属和其他表面——其中也包括不锈钢。例如，在通风管和冰箱中使用。
- 铜工业推出了“抗菌铜”活动[5]。该活动坚持认为铜和铜合金（例如青铜、黄铜、白铜和铜镍锌合金）可以作为医疗机构其中一个最严重问题的解决方案：医院（或者更普遍来讲，医疗保健机构）获得性（医院内）感染。一些细菌已经对常用抗生素产生了抵抗力。大家最熟悉的此类细菌就是耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）。专家认为医院内“超级病菌”（例如：耐甲氧西林金黄色葡萄球菌）引起的感染致命性远超交通事故。





2.2 含银涂料

含银涂料已经在多种材料中得到应用。包括含银/锌沸石基质，应用于不锈钢和其他材料。据称这种沸石基质4小时后可减少细菌落达85.5-99.9%，24小时后几乎达到100%。含银涂料应用还可见于通风系统，涂料的作用是减少细菌和真菌繁殖[6]。

但是含银涂料要想达到高效，沸石中的银离子浓度要求较高，需要达到39 - 78 $\mu\text{g/ml}$ 。不过，含银涂料会发生磨损，尤其是在采用湿铺（即通过喷涂）的情况下。粉末涂料形成的涂层更耐用一些。

涂料磨损或损坏后，会对材料表面形貌产生不利影响。涂料会形成裂纹和裂缝，从而使材料更容易粘附和保留有机物。对于易磨损表面的局限性显而易见[7]。随着时间推移，银就贫化了。在含硫和氯离子的环境中，银离子释放也会受到抑制[6]。由于银的价格不稳定，这种材料处理方式可能花费巨大。

总结：含银涂料

- 昂贵
- 容易磨损
- 抑菌效果开始衰退时无明显迹象



2.3 铜及其合金

大家都知道铜有抑菌作用。铜离子可以穿透细胞壁，阻碍细胞代谢[8]。研究表明，如果接触板、灯开关、门把手、水龙头和其他医院触摸表面使用铜或含铜合金，则细菌定植将会减少。在其中一些研究中，发现即使环境中只有有限的含铜材料，也会大大减少医院获得性感染次数[9]。

但是，这些结果需要仔细思量。与接触设备和配件相比，直接接触病患或常用材料（例如纺织品、塑料制品、陶瓷或玻璃）更容易造成微生物转移。在实验环境中模拟可以解释为什么有时会出现出乎意料的强大作用：当医疗和清洁人员意识到他们在实验环境中时，他们会发现清洁和消毒制度比他们日常工作中的清洁和消毒制度更加严格。因此，报告中的医院内感染减少在一定程度上是因为人类行为发生了变化，而不是表面接触材料变化。

材料的表面形貌对其清洁性有很大影响。坚硬表面不易出现刮伤和凹陷，这些地方可形成微观隐秘处，沉积物可能在此积聚，不易擦掉。1.4301 (304)号不锈钢的标准硬度为88 (B分度洛氏硬度)，换算值为冷轧铜10 (1/8硬度)、工业青铜42 (1/4硬度)，其他不同类型的铜在55和65之间[10]。与水接触时，铜可以释放离子。铜的抗菌效果取决于湿度。但频繁触摸表面上自然形成的生物膜可以充当铜和微生物之间的屏障，大大减少离子迁移。有迹象表明，不论是否定期清洁，铜表面都容易生成生物物质层，时间久了将显著减少铜离子释放[11]。

还应记住铜有不利作用。长期低水平接触铜离子可导致微生物对铜产生抵抗力，如大肠杆菌[12]、[13]、肠球菌和沙门氏菌[13]、[14]案例所示。根据引用[14]，自20世纪80年代以来，已经多次检测到抗铜细菌性病原体。由于抗生素和重金属抗性基因都位于相同的可动遗传因子上，重金属造成的自然选择压力间接性造成了抗生素抗性选择[15]。

在医疗机构之外的应用中，由于铜的重金属环境效应，铜释放通常是有害的[16]。屋顶产生的铜释放就是一个很好的例子。研究发现，铜的释放率为每年1.3到2.0 g/m²[17]、[18]：

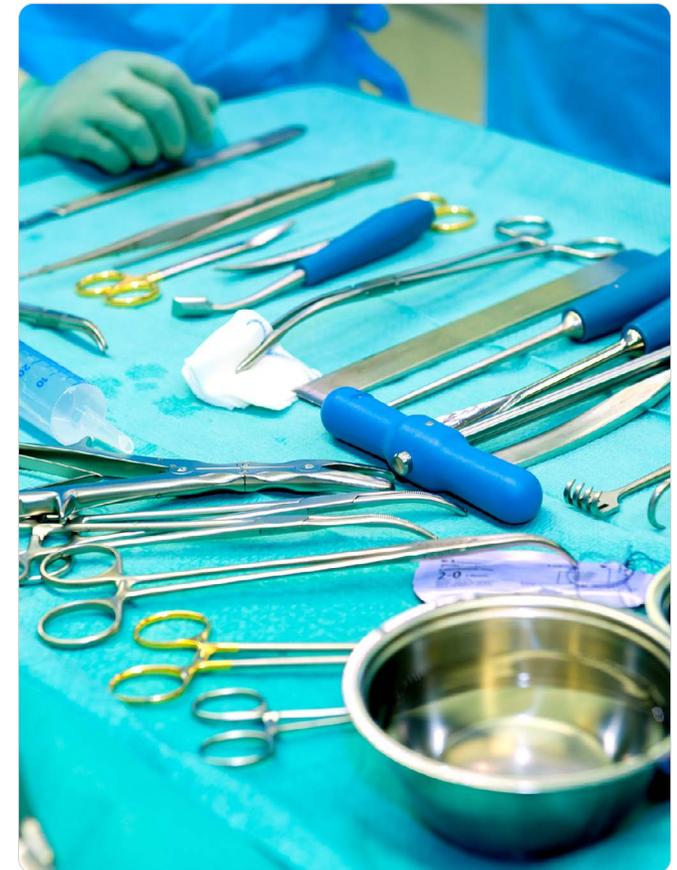
- 在荷兰，铜在屋顶和雨水系统中的使用会受到当地限制，或者需要采取措施减少铜排放物。地表水中的铜最大容许风险水平为3.8 μg/l，新装置不得使现有水平增加超过该水平的10%[19]。
- 在瑞典，斯德哥尔摩2012-2015年环境规划提到如有适当的替代方案，则应避免使用（聚氯乙烯和）铜管。在屋顶和外立面中，除非进行径流水处理，否则应避免使用铜、锌及其合金[20]。

因此，我们就有充足的理由来对通过向环境（也包括医疗环境中）谨慎释放铜离子来发挥作用的解决方案提出质疑。

除了人类和环境是否应该接触高浓度金属离子这个问题外，还有其他因素可能限制了铜在医院环境中的实际用途。

总结:

- 铜离子释放可以使病原性微生物对铜产生抵抗力
- 对特定细胞的毒性甚至是致命效应不仅限于病原体细菌，也会影响其他有益微生物





2.3.1 二次污染

数据显示，目测评估并不能很好地指示医院环境中清洁效率[21]。虽然清洁方法可以有效清除表面上的病原体，但研究表明一半以上的表面未得到充分清洁，可能在几分钟内受到二次污染。在几个比较研究中，铜被认为是性能非常好的，因为与塑料、木制品或复合材料相比，塑料、木制品或复合材料的表面更可能粗糙和多孔[22]。

总结：

即使细菌两个小时内铜表面上死亡，在相同时间范围内通常将会有很多人的手接触该表面，造成表面再次受到细菌污染。



2.3. 生物膜形成

大家都知道几乎任何表面上都可以形成生物膜，包括玻璃、钢、纤维板和硅胶，这些都是生产医疗器材使用的主要材料。一些最新结果显示，铜的抗菌活性取决于细菌和铜之间十分紧密的接触、有水，以及向周围介质中释放高浓度铜离子。溶液中存在有机物也会影响铜的抗菌效果[7]、[23]。

总结：

- 杀灭微生物的速度不足以应对繁忙医院环境中的二次污染水平。
- 实际上，生物膜累积并大大减弱了铜的释放效应。
- 经过一段时间后，铜及其合金逐渐变得更加不容易清洁，而不锈钢在其寿命周期内可以保持相同情节性。

3 为什么说应使用怀疑论审视抗菌作用

通常被忽视的不同“抗菌”效果差异是下列方面之间的差别

- 微生物消灭，定义见EN 14885[24]；
- 微生物减少；或者
- 微生物增殖抑制（抑菌效果），描述见日本标准JIS Z2801:2000，最常见在[25]中引用。

已经证明不同菌株之间的抑菌效果可能千差万别。一些菌株可能对铜更加敏感，而另外一些菌株可能对银更加敏感。此外，不同的检测方法也可以导致不同结果，通过其中一些结果将出现对抑菌效果系统评价过高。

依据欧洲抗生素耐药性监测系统（EARSS）提供的数据，不同国家之间的院内感染率也极为不同。据称，感染耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）的患病率（总医院人口中的出现率）在荷兰、丹麦和其他斯堪的纳维亚国家中约为1%，而在其他国家为接近50%[27]。

尚未发现这些国家之间在医院设备使用的材料组合方面有什么显著不同。具体来讲，我们还不知道荷兰和斯堪的纳维亚是否比欧洲其他国家使用的铜合金更多。因此，接触表面中的使用的材料选择应该不是决定性因素。相反，在耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）患病率方面的惊人差异显然与卫生管理有关。在一些国家中，

- 最新收入医院的风险患者都经过了耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）和其他多种耐药致病菌系统筛查，并进行隔离，直到这些患者的检查呈阴性；
- 当出现耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）感染情况时，医院病房可以全部临时关闭；
- 很久以前就采取持久稳固的卫生措施并严格实施，通常隐含全职卫生学家；
- 自20世纪90年代以来，奉行在整个医疗保健体系和社会尽量缩减抗生素使用的政策；

根据这些调查结果，我们认为接触表面使用抗菌材料对院内感染概率产生的实际影响微不足道（如有影响）。患者、医院工作人员和来访者不要依赖抗菌材料的“自我消毒”特性。因此，合理选择医院接触表面使用材料的方法应取决于下列标准

- 表面形貌方便彻底清洁，不会在经过一段时间后发生退化；
- 耐磨性；
- 以及，寿命周期成本（如卫生性能好）。





4 为什么不锈钢是最佳方案

不锈钢虽然没有活性抑菌作用，却是医疗和其他卫生关键应用[28]中使用的主要材料，原因如下：

- 不锈钢便于清洁消毒——即使是在使用几十年后。相反，含铜合金和含银涂料的性能经过一段时间后会发生变化。
- 不锈钢是惰性金属，不会导致微生物抗药性。相反，活性表面会向环境中释放大量金属离子，这些金属离子的作用我们尚未完全了解。
- 不锈钢可通过多种方式进行消毒（机械方法、热力方法）。对于含铜和含银涂料来讲，表面的反应性限制了方案选择。

总结：

- “抗菌”并不一定意味着“杀灭微生物”——通常只是抑制微生物的生长。
- 不活跃的微生物可以存活下来，当条件有利时将会再次传播和繁殖。
- 有许多危险微生物。促销内容上刊登的研究通常只包括其中的一些危险微生物，通常都是些容易证明对其有显著效果的微生物。只有彻底清除微生物和隐匿它们的生物膜才能确保所需安全水平。
- 抗菌表面不能取代周密有效的清洁程序。
- 国际比较表明，院内感染患病率主要取决于卫生管理，而与接触表面使用的材料关系不大。



5 结论

优良清洁消毒惯例是防止院内感染的关键因素。活性表面无法取代适当的卫生处理。如按照通用标准进行消毒，活性表面最多只能提供边际效益。活性表面的劣势通常包括下列方面：

- 经过一段时间后效果削弱；
- 机械耐磨损性较低；
- 投资成本较高。

了解接触表面有一定程度的“自我消毒”性也会诱使人们相信这些表面在清洁和人工消毒方面可以更加宽松。

如果考虑上述所有因素，不锈钢仍然是医院和公共部门，尤其是养老院、学校和公共交通中接触表面的最佳选择。





6 参考文献

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Antimicrobial_properties_of_copper (2011年12月12日)
- [2] 法国第一家医院安装抗菌铜接触表面抗击卫生保健相关感染 (HCAI)。抗菌铜。 <http://www.antimicrobialcopper.com/media/210388/pr818-french-hospital-installs-copper-surfaces-to-combat-hcais.pdf> (2011年12月12日)
- [3] 微动力效应。维基百科。 http://en.wikipedia.org/wiki/Oligodynamic_effect as of 12-12-2011
- [4] Sciessent公司。Sciessent如何运作。 Aglon。 <http://www.agion-tech.com/> (2011年12月12日)
- [5] 国际铜业协会。抗菌铜。 <http://www.antimicrobialcopper.com> (2011年12月12日)
- [6] Cowan, M.M., Abshire, K.Z., Houk, S.L., Evans S.N. 《银沸石基质涂层对不锈钢的抗菌效果》。纽约锡拉库扎：携带者，2003
- [7] Gebel, J. Einfluss von metallischen Oberflächenmaterialien auf die mikrobielle Besiedlung sowie der Einfluss von Reinigung und Desinfektion. Bonn: Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, 2009
- [8] Childs, D. 《抗菌铜背后的科学》。抗菌铜。 www.antimicrobialcopper.com_uk_scientific_proof/how_it_works as of 4-11-2011
- [9] 铜临床试验。铜业发展协会。 www.copperinfo.co.uk_antimicrobial_clinical-trial.pdf (2011年11月4日)
- [10] Zahner, L., 《建筑金属：选择、规范和性能指导》纽约：John Wiley, 1995年，第14-15页
- [11] Airey, P., Verran, J. 《铜作为卫生表面的潜在应用；累积弄脏和清洁的相关问题》，2007年，第67卷。
- [12] Cooksey, D. A., 《铜摄取和抗菌性》分子微生物学 (1993年) 7 (1), 第1-5页
- [13] Aarestrup, F. M., Hasman, H., 《与实用动物隔离的不同细菌种类对消毒用硫酸铜、氯化锌和抗菌物质的敏感性》，兽医微生物学100 (2004), 83-89
- [14] Williams, J. R., Morgan, A. G., Rouch, D. A., Brown, N. L., Lee, B. T. O., 《来自英国和澳大利亚养猪场的抗铜肠原杆菌》，应用和环境微生物学, 1993年8月, 第2531-2537页
- [15] Amachawadi, R. G., Shelton, N. W., Shi, X., Vinasco, J., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Nelssen, J. L., Scott, H. M., Nagaraja, T. G., 《通过在猪饲料中补充铜，选择展示tcrB制药抗铜性的粪便肠球菌》，应用和环境微生物学, 2011年8月, 第5597-5603页
- [16] Hilleband, T., Toussaint, D., Böhm, E., Fuchs, S., Scherer, U., Rudolphi, A., Hoffmann, M., Einträge von Kupfer, Zink, und Blei in Gewässer und Böden. Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen, Dessau: Umweltbundesamt 2005 (Texte, 19/05)
- [17] Odnevall Wallinder, I., Verbiest, P., He, W., Leygraf, C. 《暴露方向和倾斜对锌和铜屋顶径流量的影响》，腐蚀科学42 (2000)
- [18] Hullmann, H. (ed.). Natürliche oxidierende Metalloberflächen. Umweltauswirkungen beim Einsatz von Kupfer und Zink in Gebäuden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- [19] Laurissen, F., Milieuaspecten van koperen daken en gevels.奈梅亨：铜比荷兰经济联盟，2007年
- [20] Stockholms miljöprogram 2012-2015, Stockholm Stad, 未标注日期
- [21] Malik, R. E., Cooper, R. A., Griffith, C. J., 《使用审计工具评估医院清洁系统的效率》，美国感染控制杂志 (2003年), 第181-187页
- [22] Moran, W. R., Attaway, H. H., Schmidt, M. G., John, J. F., Salgado, C. D., Sepkowitz, K. A., Cantey, R. J., Steed, L. L., Michels, H. T., 《通过使用抗菌铜表面削减医院获得性感染的风险》，2011年美国医院协会和卫生论坛领导人峰会海报, 2011年7月17-19日, 加利福尼亚州圣地亚哥 <http://www.antimicrobialcopper.com/media/149621/aha-health-forum-copper-reduces-infection-risk-2011.pdf> as of 2-2-2012
- [23] Robine, E., Boulangère-Peterman, L., Derangère, D., 《评估材料的菌种特性：接触空气的金属表面案例》，《微生物学方法杂志》第49期



(2002年) , 第225-234页

- [24] EN 14885:2007: 《化学消毒剂和防腐剂——医用消毒剂和防腐剂用欧洲标准》 (2007年)
- [25] JIS Z 2801:2000 《抗菌产品——抗菌活性和效果试验》
- [26] Allion, A., Van Hecke, B., Boubetra, A., Lenestour, F. 《抗菌表面特征描述方法》, 2011年9月21-23日在意大利科摩举办的第七届欧洲不锈钢大会科学和市场会议记录。罗马: Associazione Italiana di Metallurgia, 2011
- [27] Antimikrobielle Kupferlegierungen - Neue Lösungen für Gesundheit und Hygiene, Düsseldorf: Deutsches Kupfer-Institut, 2010年第2版
- [28] Heubner, U., 《不锈钢——当健康最重要》。布鲁塞尔: Euro Inox, 2009年 (环境与人类健康系列, 第2卷)。



帮助

目录页

上一页

下一页

返回

关于国际不锈钢论坛 (ISSF)

国际不锈钢论坛 (ISSF) 是非营利研究与开发机构，1996年成立，是国际不锈钢行业的联络处。

成员有哪些？

国际不锈钢论坛 (ISSF) 有两类成员：公司成员和附属成员。公司成员是指不锈钢生产商（全能工厂和单轧厂）。附属成员是指国家或地区不锈钢工业协会。国际不锈钢论坛 (ISSF) 现在有65名成员，分布在25个国家。这些成员的不锈钢生产量占总产品量的80%。

发展前景

不锈钢为日常生活提供可持续性解决方案。

更多信息

如需了解关于国际不锈钢论坛 (ISSF) 的更多信息，请访问我们的网站worldstainless.org。

鸣谢

本手册改编自《惰性与抗菌性——关于在卫生关键应用中使用不锈钢和竞争材料的意见书》，该文献未出版，Euro Inox 2013。

声明

国际不锈钢论坛相信本文中的信息在技术上是正确的。但对于因使用本手册所含信息导致的损失、损害或人身损伤，国际不锈钢论坛、其成员、员工和顾问明确拒绝承担全部或任何责任。

worldstainless.org