

# 论工业建筑结构防腐设计问题探讨

马凯

中煤科工集团北京华宇工程有限公司西北设计研究院, 陕西 西安 710000

**[摘要]**相较于民用或商业建筑,工业建筑环境更为严苛,其不仅要承受重载、震动等物理作用,还长期处于含有酸碱盐等腐蚀性物质的环境中,这种特点也对建筑结构材料的选择及防腐设计提出了更高要求。腐蚀不仅会导致工业建筑材料出现强度减弱或韧性降低等性能下降的情况,还会引发结构裂缝、变形或坍塌等严重后果,而对腐蚀进行预防与处理也会增加整体维护成本,因此防腐设计与措施对于工业建筑结构而言具有较高的实际价值。基于此,笔者结合自身工作经验与研究实践,对工业建筑结构防腐设计问题进行深度剖析与讨论,希望能够对相关企业及个人有所帮助和启发。

**[关键词]**工业建筑;防腐设计;腐蚀机理

DOI: 10.33142/ec.v8i1.14990

中图分类号: TU352.3

文献标识码: A

## Discussion on the Anti-corrosion Design of Industrial Building Structures

MA Kai

Northwest Design and Research Institute of CCTEG Beijing Huayu Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

**Abstract:** Compared to civil or commercial buildings, industrial buildings have a more demanding environment. They not only have to withstand physical effects such as heavy loads and vibrations, but also are exposed to corrosive substances such as acid, alkali, and salt for a long time. This characteristic also puts higher demands on the selection of building structural materials and anti-corrosion design. Corrosion not only leads to a decrease in strength or toughness of industrial building materials, but also causes serious consequences such as structural cracks, deformation, or collapse. Preventing and treating corrosion also increases overall maintenance costs. Therefore, anti-corrosion design and measures have high practical value for industrial building structures. Based on this, the author combines their own work experience and research practice to conduct in-depth analysis and discussion on the anti-corrosion design issues of industrial building structures, hoping to provide help and inspiration to relevant enterprises and individuals.

**Keywords:** industrial architecture; anti-corrosion design; corrosion mechanism

工业建筑因其特殊性往往面临高温、高湿、强腐蚀性介质等环境条件,这些因素极易导致建筑结构材料的腐蚀老化而影响建筑的整体安全和使用寿命。因此,本文首先分析了工业建筑结构的腐蚀机理,随后阐述了工业建筑结构对防腐设计的要求,最后对工业建筑结构防腐设计的策略进行深入分析,以期提高工业建筑结构的耐腐蚀性能,延长使用寿命并降低维护成本,同时促进资源节约型和环境友好型社会的建设。

### 1 工业建筑结构腐蚀机理分析

#### 1.1 大气腐蚀机理

工业建筑作为生产与存储等活动的重要载体长期置身于复杂多变的大自然环境中,大气中不仅弥漫着氮气、氧气等气体还包含着一定量的水分,这些化学成分在特定的条件下会与建筑结构发生相互作用。当空气中的水分与建筑结构的表面接触时,极易因电化学作用或直接的化学反应而形成电解液,而其中溶解的氧气会扮演阴极去极剂的角色与建筑结构中的金属成分相互作用,进而在工业建筑的结构表面引发腐蚀现象。随着腐蚀作用的持续进行,一个类似于原电池的腐蚀体系便逐渐在建筑结构中形成并不断地侵蚀着结构的金属成分,导致锈迹的产生,随着时间的推移,这种腐蚀

作用会愈发严重,不仅会影响建筑的外观更会对结构的稳定性和安全性构成威胁,从而缩短建筑的使用寿命<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 局部腐蚀机理

局部腐蚀现象在工业建筑领域中颇为常见且其带来的危害不容小觑,目前,大量的研究成果表明,当工业建筑结构遭受局部腐蚀时通常其结构形态也会发生一定程度的损伤。局部腐蚀主要可以分为电偶腐蚀和缝隙腐蚀两大类,其中,电偶腐蚀多发生在结构连接处或组合结构部位,由于不同部位之间存在电位差异而形成腐蚀原电池效应,在这个过程中,正电位结构的腐蚀速度相对较慢而负电位结构则更容易受到腐蚀的侵袭,二者相互作用以加速整体结构的破坏。而缝隙腐蚀则多发生在工业建筑结构表层的缝隙处或构件之间,当这些缝隙的宽度足够容纳液体悬流时就会为腐蚀反应提供理想的条件,一般来说,敏感宽度范围在0.025~0.1mm之间的缝隙最容易受到腐蚀的影响,导致结构裂缝的产生进而影响建筑的整体性能。

#### 1.3 应力腐蚀机理

工业建筑结构在日常运营中若并未受到应力作用则通常不会遭遇应力腐蚀的困扰,然而,一旦在特定的介质环境中引入应力因素就可能触发腐蚀甚至断裂的风险,从

腐蚀的深层机制来看,在应力或腐蚀介质的双重夹击下工业建筑结构表面的氧化保护膜会遭到破坏,进而形成阳极与阴极,这一过程中,阳极区域的金属离子会溶解并以电流的形式向阴极迁移。由于阳极的面积相对较小,导致该区域的电流密度显著增大,这种高强度的电流作用会对工业建筑结构造成严重的破坏,值得警惕的是,应力腐蚀常在无明显预兆的情况下突然发生且引发的后果极其严重,极易导致结构倒塌、管线泄漏等重大安全事故,对人员和财产造成巨大的威胁<sup>[2]</sup>。

## 2 工业建筑结构对防腐设计的要求

### 2.1 安全性要求

由于工业建筑通常处于高温、重载、腐蚀或振动等不利条件,这些外界因素对于建筑结构的安全性和稳定性会构成严峻挑战,因此其结构设计对于安全性的要求极高。具体而言,工业建筑应根据具体使用环境选择钢筋、钢板及玻璃钢等抗腐蚀性能较强的材料,且所有用于防腐设计的材料必须经过严格筛选并符合相关标准和规范。结构设计要求户外钢结构要避免存在积水区域,比如在H型钢截面墙轴沿水平向放置时要防止形成积水区域而加速腐蚀速度。同时,尽量确保不同的金属不出现直接接触现象,如铁管和铜连接器等存在一定的电位差而加速腐蚀。此外,防护层的使用年限应符合相关标准和规范的要求,在使用过程中预估使用年限并定期对防护层进行评估与维护,并结合工业建筑的具体使用环境和腐蚀程度选择合适的防护层类型<sup>[3]</sup>。

### 2.2 适用性要求

由于工业建筑的类型较为多样,因此《工业建筑防腐设计标准》GB/T 50046—2018 对其腐蚀性等级进行评估时,通常将其分为四个等级:微腐蚀、弱腐蚀、中腐蚀和强腐蚀。因此,相关团队在制定防腐措施时要综合考虑腐蚀性介质的类别、性质与形式,更要结合其所在的环境温湿度来采取契合性更好的方法。例如:对于H<sub>2</sub>S、HF、SO<sub>2</sub>等气态介质均会对工业建筑产生腐蚀作用,并且因自身浓度的差异而对工业建筑中的混凝土、钢材和水泥砂浆等材料造成不同等级的腐蚀效果。因此,设计人员在进行防腐设计时必须严格按照适用性要求,深入分析工业建筑结构及其所用材料的腐蚀性等级,从而筛选出更具针对性的防腐设计方案。表1为工业建筑对结构混凝土材料的基本要求。

表1 工业建筑对结构混凝土材料的基本要求

要求	最低混凝土强度等级	最小胶凝材料用量 (kg/m <sup>3</sup> )	最大化胶比	最大氯离子质量比 (%)	最大碱含量 (kg/m <sup>3</sup> )	
腐蚀等级	强	C40	340	0.40	0.08	3.0
	中	C35	320	0.45	0.10	3.0
	弱	C30	300	0.50	0.10	3.5

### 2.3 经济性要求

设计人员在工业建筑结构的防腐设计工作初期扮演着至关重要的角色,需要对建筑结构的用途、结构特性、所处环境的特点以及可能遇到的主要腐蚀介质进行全面且深入的分析,以此为制定合理有效的防腐设计方案夯实基础。然而,在实际操作中,部分工业企业出于控制成本的考虑通常会倾向于选择成本最低的防腐设计方案,面对这样的经济压力,设计人员需要更加灵活地应对,应以勘察报告、环境影响评价报告以及初步设计方案等关键文件作为参考依据并辅以BIM技术对结构设计进行进一步优化与完善,在此基础上,设计人员还应设计不少于三套的防腐方案,从成本、技术可行性以及后期的可维护性等多个维度入手对不同方案进行全面评估与比较,确保可以更加清晰地看到各个方案的优势与不足,从而在满足防腐要求的前提下选择出既经济又合理且能够被工业企业所接受的最佳设计方案。

## 3 工业建筑结构防腐设计的策略分析

### 3.1 控制腐蚀介质

在工业建筑工程的实践中,提升整体建筑结构防腐能力的一个行之有效的策略便是严格控制气态、固态和液态这三种形态的腐蚀介质,在设计初期,设计人员需要针对这些介质进行深入的考量。详细来说,设计人员必须深入掌握各种腐蚀介质对不同建筑材料的侵蚀影响程度,在此基础上,通过对腐蚀介质的科学管理和控制,设计人员能在后续的设计及施工阶段实施更加精确有效的防腐策略,例如,针对气态腐蚀介质,设计人员需要选用具有抗气体腐蚀性能的材料;而对于液态或固态腐蚀介质,需要设计特殊的隔离层或保护层,这样能够有效减轻建筑材料遭受腐蚀的可能性并确保建筑结构的长久安全。建筑结构遭受腐蚀的缘由多种多样,但归根结底环境因素起着决定性的作用,尤其是在湿度较高的环境中,酸碱盐等腐蚀性物质对建筑物的侵害尤为严重,常常导致建筑结构的局部出现腐蚀,因此,在工业建筑结构的防腐设计中,必须对环境因素予以充分的关注并进行深入的研究。为有效控制腐蚀介质降低结构腐蚀的发生概率,首先需要从源头上进行把控,这意味着必须采取积极的措施对那些容易引发腐蚀的氯气等气体进行控制,比如可以安装高效的空气净化装置,通过过滤和净化有效降低环境中的腐蚀气体浓度。这样一来,就能从根源上控制腐蚀介质并减少其对建筑结构的侵蚀和破坏,同时,还需要结合建筑结构的特点和使用环境来选择更加耐久、抗腐蚀的建筑材料,以进一步提升建筑的抗腐蚀能力<sup>[4]</sup>。

### 3.2 合理调整结构布局

在工业建筑防腐设计中,合理的布局与设计能够将产生或释放侵蚀性介质的区域控制在最小范围内,以减少对周围环境和设备的腐蚀影响,在建筑布置、结构选型、节

点构造和材料选择等方面要通过综合性结构布局理念与防护手段来提升建筑的整体防腐能力。具体而言,对于腐蚀性介质含量较大的厂房和仓库等工业建筑应尽量集中布置于常年主导风向的下风侧和地下水流向的下游,当遇到工业废水中腐蚀性介质含量较高的情况下要对室外排水坡度进行重点设计,尽可能避免因排水不畅或积水问题而引发的腐蚀问题。

在结构选型方面要结合工业生产工艺要求、施工条件和材料类型选择适宜的结构体系,比如钢筋混凝土结构因其材料易得、施工方便与耐火耐蚀等优点,常被用于单层或多层工业厂房建筑中;而钢结构则多用于大跨度、大空间或振动较大的生产车间,并且要做好防火与防腐措施。一般而言,防腐剂建筑采用钢筋混凝土结构效果更为明显,对于其中梁、板、柱和屋架等承重构件,因其长期与强腐蚀性气体接触且处于高湿度环境下,所以可以采取提高混凝土标号、密实度或加大钢筋保护层等方式,并涂以耐腐蚀涂料来实现多层防腐效果。

加强工业建筑节点构造设计也是防止腐蚀介质侵蚀的关键布局,楼面与地面等防腐设计关键区域应采用耐酸、耐碱的地坪材料,并在找平层与地坪面层中通过设置隔离层的方式来阻止侵蚀性介质渗透与扩散。另外,地沟、地漏、踢脚线、变形缝和设备等与侵蚀性介质发生直接接触的建筑部位都要使用耐腐蚀性材料及相应的构造措施。此外,对于腐蚀性气体和粉尘含量较高的工业生产空间可以采取开放式、半开放式结构设计形式,设计好通风口以降低腐蚀影响并避免粉尘浓度过高引发爆炸事故<sup>[5]</sup>。

### 3.3 优化工程设计

随着社会的迅猛进步与科技的日新月异,工业建筑结构在防护工程方面的质量要求日益提升,为了满足这些要求必须对当前的工程设计进行优化,特别是从防腐工程的设计入手对施工材料的选型以及施工设计指标进行持续的调整和完善。在这一复杂而关键的工程中,施工单位与设计单位之间需要紧密合作,共同探索和实践并进行技术协调,以确保设计方案既科学又实用,这意味着不仅要重视理论知识的指导作用更要密切关注实际操作中的各种问题,实现理论与实践的有机结合。在选择防腐材料时,必须采取全面而细致的考量方式,既要材料防腐性能进行评估,也要对其物理力学性能以及实际应用位置进行深入考虑,例如,应当了解材料在不同环境下的耐久性、稳定性以及其对各种腐蚀因素的抵抗能力,同时,还需要考虑材料在施工过程中的可操作性、与其他材料的相容性以及其对环境的影响等。更为关键的是,在选定防腐材料之前至关重要的一环是要开展一系列精密的实验分析,通过

对比和验证实验所得的数据来更为确切地评估该材料是否符合既定的应用标准,这一举措不仅能够筛选出最适合的防腐材料,还可以为后续的施工工作提供有力的技术支持和数据保障。

### 3.4 优化技术流程

在制定并确立防腐技术操作的详细方案后,便要严格按照既定方案的要求和步骤付诸实施,这一过程的高标准执行不仅能显著增强建筑结构的整体防腐性能,还能促使技术流程在多维度上得到优化,确保防腐工作更加紧密地贴合社会发展的实际需求。随着我国科学技术的日新月异,环保企业应积极投身于防腐涂料技术的创新研发,不断提升自身的科技创新能力与研发实力,这不但能够满足日益提高的市场需求和行业标准,更可以在新时代的浪潮中抢占先机并引领行业发展,为工业建筑结构的长期稳定运行提供更加坚实的保障<sup>[6]</sup>。在这个过程中,选择更加专业、先进的施工设备同样至关重要,能够显著增强工业建筑结构防腐设计工作的效率与品质,为未来应对各种复杂情况提供坚实的信心保障,从而确保整体防腐工程能够完全符合并超越当前的高标准目标要求。

## 4 结语

综上所述,本文从工业建筑环境分析角度入手,逐一探讨腐蚀机理、防腐要求与防腐设计策略,随着工业技术的不断进步和环境保护意识的增强,新材料、新工艺的不断涌现也为防腐设计提供了更多可能性和选择。笔者在此也希望相关专家和学者对现有防腐设计进行不断完善与创新,为该领域实践提供更为新颖的视角与思路。

### [参考文献]

- [1] 李忠良. 工业建筑结构防腐设计问题探讨[J]. 居业, 2024(11): 91-93.
  - [2] 孟祥凯, 张盈. 防腐设计在工业建筑结构中的应用分析[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(5): 124-126.
  - [3] 胡登先, 唐昊. 工业建筑结构中的防腐设计探析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(31): 181-183.
  - [4] 郭永杰. 工业建筑结构防腐设计问题探讨[J]. 居业, 2022(7): 106-108.
  - [5] 曹志杰, 徐震, 徐春蕾. 城市污水处理厂混凝土结构防腐要点与设计实例[J]. 城市道桥与防洪, 2022(1): 234-236.
  - [6] 苏丽丽. 防腐设计在工业建筑结构中的应用解析[J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(6): 73-74.
- 作者简介: 马凯(1987. 11—), 男, 毕业于防灾科技学院, 土木工程专业, 现就职于中煤科工集团北京华宇工程有限公司, 高级工程师, 主要从事工业建筑结构设计工作。