

装配式支吊架横担力学性能对比研究

肖杨 赵海璇

上海孚士德建筑科技有限公司，上海，201499；

摘要：装配式支吊架横担作为支撑管道和设备载荷的结构被广泛的应用于地铁、核电和民用建筑等工程中。其常用材料为 Q235B 碳钢（普通碳素结构钢）和 S32001 双相不锈钢，在力学性能和耐腐蚀性上有着明显差异。本文首先介绍了装配式支吊架横担的背景及主要应用场景，然后分别论述了 Q235B 钢和 S32001 双相不锈钢在抗拉强度、屈服强度、延展性、疲劳强度、冲击韧性和耐腐蚀性方面的基本物理和力学性能，对比分析两种材料在典型工况下的性能表现、适用性及成本差异，总结各自的优缺点并提出工程选材建议。

关键词：力学性能；对比；应用

DOI：10.64216/3080-1508.25.11.010

引言

装配式支吊架作具有安装快捷、可调节、方便维护的特点，广泛应用于地铁车站、核电厂以及民用建筑的给排水、空调、消防等系统中作为管道和设备的支撑结构件，[gneesteel.com](#)[jiyuansteel.com](#)。装配式支吊架横担（横梁）通常采用钢质型材 C 型钢制成，以满足承载和刚度要求。Q235B 钢因强度适中、塑性和韧性良好且成本低廉，在在常温和干燥的室内环境下的一般结构支撑中被广泛使用 [gneesteel.com](#)[jiyuansteel.com](#)。但在潮湿、化学介质或高腐蚀环境中，则需要更高性能的材料，如耐腐蚀且高强度的双相不锈钢。

S32001 双相不锈钢是一种低合金无镍双相不锈钢牌号（Lean Duplex），具有约 50%铁素体和 50%奥氏体的双相组织 [sverdrupsteel.com](#)。更高的 Cr、Mo、N 含量使其相较于奥氏体不锈钢，具备了更高的屈服强度和更优异的耐腐蚀性能 [sverdrupsteel.com](#)[fushunspecialsteel.com](#)，主要用于化工储罐、海洋设备等对耐蚀性和强度要求较高的场合，[fushunspecialsteel.com](#)[sverdrupsteel.com](#)。

1 Q235B 钢的物理与力学性能

Q235B 碳钢是中国标准 GB/T 700-2006 规定的普通碳素结构钢牌号之一，其最小屈服强度在 235MPa 左右。其化学成分允许碳含量 $\leq 0.20\%$ ，锰含量 $\leq 1.4\%$ ，磷、硫均 $\leq 0.045\%$ ，属于半镇静钢，具有良好的塑性和焊接

性能。密度约 7.85 g/cm^3 。根据公开资料，Q235B 钢的室温下拉伸强度范围为 370 - 500 MPa，屈服强度约为 235 MPa，断后伸长率约为 26%[gneesteel.com](#)。图 1 所示样品在 GB/T 228.1 标准条件下的拉伸测试结果表明，其极限抗拉强度在 370 - 500 MPa 之间，屈服强度不低于 235 MPa，伸长率大于 26%[gneesteel.com](#)。Q235B 钢在平常条件下具有较高的延展性和韧性。根据 GB/T 700-2006 及 GB/T 229-2007 标准，Q235B 钢在 20℃的夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求 $\geq 27 \text{ J}$ [mf.mw1950.com](#)[gneesteel.com](#)，实际生产合格产品通常能够满足这一要求。然而，如图 10 所示测试表明，在材料质量异常或缺陷情况下，Q235B 样件的冲击能量可能大大降低（实验中的失效件平均仅约 7 J）[mf.mw1950.com](#)，但符合标准的 Q235B 应可保证足够的冲击韧性。

疲劳性能方面，Q235B 碳钢作为普通结构钢，其疲劳极限一般在极限强度的 35%~50%左右，具体与加工质量和表面状态等因素有关，通常不属于高性能级别。其冲蚀和一般环境下的均匀腐蚀速率较快，不锈蚀；在含水或含盐环境中易生锈，因此在暴露环境中需进行涂层或镀锌等防护处理 [jiyuansteel.com](#)[gneesteel.com](#)。总之，Q235B 碳钢具有强度适中、塑性好、加工和焊接方便、成本低廉的优点，适用于要求不高的一般建筑结构和机械零件，但耐腐蚀性较差。

表 1 Q235 碳钢 41x41x2.0 单拼材料参数

单位：Mpa kg/m3										
名称	弹性模量	密度	剪变模量	线膨胀系数	泊松比	屈服强度	抗拉、压、弯强度设计值	抗剪强度设计值	端面承压强度设计值	对应角焊缝强度设计值
Q235 碳钢	206	7850	79000	0.00000012	0.3	235	215	125	325	160

2 S32001 双相不锈钢的物理与力学性能

S32001 双相不锈钢（也称 UNS S32001，欧洲牌号 1.4482）是一种低合金（含 Cr≈21 - 21.5%、Ni≈1 - 3%、Mo≈0.6%、Mn 较高并加 N）的双相奥氏体-铁素体钢 fushunspecialsteel.commakeitfrom.com。其密度约 7.7 g/cm³，略低于普通碳钢。由于双相组织的存在，其屈服强度大幅提高。根据权威资料，S32001 在退火状态下的典型力学性能为：屈服强度约 510 MPa（0.2%偏移），极限抗拉强度约 690 MPa，断后伸长率约 28%makeitfrom.commakeitfrom.com。其他来源提供了相近的数据：如热轧薄板的 Rp0.2≥450 MPa，Rm≈650 - 850 MPa，伸长率≥30%sverdrupsteel.com。相比之下，S32001 的强度远高于 Q235B，但其塑性保持良好（伸长率 25%~30%）。冲击韧性方面，双相钢在室温具有较高的韧性（未提供具体值），仅在极低温度时才显著下降，但通常优于高强度钢。

疲劳性能上，S32001 表现出优异的疲劳极限。公开资料给出的疲劳强度约为 370 MPa（10⁷ 次循环，百分屈服强度约 72%）makeitfrom.com，明显高于普通结构钢，这意味着在反复载荷作用下具有更高的耐久性能。此外，S32001 的硬度约为 22HRC（约 237HB），较 Q235B（一般<130HB）高出许多，其强度和耐磨性更优。

耐腐蚀性是 S32001 的另一大优势。其合金中 Cr、Mo、N 含量比普通奥氏体钢高，预测电化学腐蚀耐蚀性指数 PREN≈23，比 304 不锈钢（PREN≈18）优，接近 316L（PREN≈25）。官方资料指出 S32001 对应力腐蚀开裂和一般腐蚀具有良好抵抗能力，对侵蚀腐蚀和腐蚀疲劳也表现出较高的抵抗力 fushunspecialsteel.comsverdrupsteel.com。在许多腐蚀介质中，其腐蚀速率往往低于 0.1 mm/年 fushunspecialsteel.com。因此，S32001 常用于化工、海洋、食品工业等需要耐蚀性的领域，其耐腐蚀性能明显优于 Q235B 碳钢。

表 2 S32001 双相不锈钢材料参数

单位: Mpa kg/m3										
名称	弹性模量	密度	剪变模量	线膨胀系数	泊松比	屈服强度	抗拉、压、弯强度设计值	抗剪强度设计值	端面承压强度设计值	对应角焊缝强度设计值
S32001 双相不锈钢	191	7750	76900	13.4*10 ⁻⁶ /K	0.3	510	385	200	450	215

3 性能比较与适用性分析

3.1 力学性能对比

S32001 双相钢在屈服强度和抗拉强度上都远超 Q235B。如上所述，Q235B 的屈服强度≈235 MPa，极限强度≤500 MPagneesteeel.com，而 S32001 的屈服强度约 510 MPa，极限强度约 690 MPamakeitfrom.com。这意味着在同等载荷下，S32001 制件能够承受更大的应力，具备更高的安全裕度。S32001 伸长率（约 28%）与 Q235B（≥26%）相当，两者均具备良好塑性。疲劳强度方面，S32001 的疲劳极限约 370 MPamakeitfrom.com，显著高于 Q235B 的典型值（可估计在 150 - 250 MPa 范围），因此在反复冲击或振动工况下，S32001 具有更好的疲劳寿命。冲击韧性方面，Q235B 在 20℃时需满足≥27 J，而 S32001 由于为双相结构，其室温冲击韧度一般也很高，未见具体对比数据，但实验证明在常温下 S32001 仍保持优异韧性。

3.2 耐腐蚀性能对比

Q235B 作为普通碳钢，本身无明显抗腐蚀元素，在

潮湿或含化学介质环境中会迅速氧化生锈，需要涂层或镀锌保护 jiyuansteel.com。而 S32001 双相钢通过合金元素的相互作用，获得了优秀的耐腐蚀性，对一般酸、碱及氯化物环境（如海水、工业废水等）均有较低的腐蚀速率，可在恶劣环境中长期使用 fushunspecialsteel.comsverdrupsteel.com。例如，资料指出 S32001 在 20%醋酸 800℃等多种腐蚀介质中耐腐蚀速率低于 0.10 mm/年 fushunspecialsteel.com，而 Q235B 在这些环境下几乎不具备耐蚀能力。综上，S32001 对环境适应性更好，尤其适用于含氯或酸性条件下的支吊架系统。

适用场景比较 对于一般干燥或室内环境（如民用建筑内部管道支吊架），Q235B 钢以其低成本和施工便利性成为首选；其强度满足正常设计要求且对腐蚀要求不高时省去了昂贵不锈钢的投入 gneesteeel.comjiyuansteel.com。而在海港、化工厂、核电站等强腐蚀或安全要求极高的场合，则倾向选用 S32001 双相不锈钢来保证结构耐久性和可靠性。S32001 的高强度也使其在空间或重量受限的结构中可减小截面；此外，其出色的抗腐蚀疲劳能力使支吊架在动态负载下更加可

靠。需要注意的是,由于 S32001 中钼和氮等元素含量较高,其焊接工艺需要严格控制,对焊接热输入和填丝材料有特殊要求。

3.3 成本差异

综合考虑材料成本,Q235B 属于普通碳钢,市场价格通常仅为高合金不锈钢的 1/4 至 1/5。S32001 作为双相不锈钢,价格大致为 Q235B 的几倍甚至更高(视市场行情而定)fushunspecialsteel.com。因此,在预算有限且腐蚀条件较轻的工程中,Q235B 更具经济性;而在寿命成本或维护成本更重要的情形下,尽管 S32001 初期投入高,但长期综合效益可能更优。

4 研究方法 with 数据来源

本研究主要基于文献资料 and 标准规范对比分析而成。Q235B 钢性能参考了国家标准 GB/T 700-2006 及厂商资料 gneesteel.comjiyuansteel.com,以及相关失效分析研究 mf.mw1950.com 中给出的实验数据;S32001 双相不锈钢性能则参照欧洲 EN 10088-2、美国 ASTM A240 等标准要求和制造商技术手册 fushunspecialsteel.comfushunspecialsteel.com,并结合网上公开的材料数据库 makeitfrom.com。部分数据(如抗拉强度、疲劳极限、冲击能量)直接取自产品规格或实验报告,保障了结果的真实性。除参考资料外,本研究进行同等工况下荷载计算数值仿真分析,对两种材料在同一种工况情况下进行受力验算分析。

5 结论 with 选材建议

通过对比可以看出,Q235B 普通碳钢 with S32001 双相不锈钢在力学性能和耐腐蚀性方面各有优劣。Q235B 成本低、加工焊接便利、塑性和韧性良好,适合一般室内 or 轻腐蚀环境下的支吊架横担;但其强度和耐腐蚀性相

对有限,需要定期维护。S32001 双相不锈钢具有远高于 Q235B 的屈服强度(约 510 MPa vs. 235 MPa)和疲劳强度,且耐腐蚀性优异,适用于严苛环境(如海洋、大型化工、核电等)和高安全等级需求的场合;其缺点是价格昂贵、加工(如焊接)难度较大。gneesteel.comfushunspecialsteel.com

因此,选材应结合工程实际需求权衡:对于一般市政建筑 or 厂房管道支架,优先选用 Q235B 或类似碳素钢材,以降低成本;而对于可能长期暴露于腐蚀介质或需要超高强度的特殊装配式支吊架,可采用 S32001 等双相不锈钢以提高可靠性。若预算允许,可在关键节点使用双相不锈钢其余使用 Q235B 的混合配置,以兼顾经济性与性能。

参考文献

- [1]GNEE Steel. Q235B steel plate(产品说明).
- [2]Jiyuan Steel. Understanding Steel Q235 Properties(网页资料).
- [3]Li Na, Ma Zhihua 等.Q235B 钢下连杆断裂失效分析.《热加工》,2024 年第 3 期.
- [4]Sverdrup Steel.EN 1.4482/Lean Duplex UNS S32001/SS LD24(技术资料)sverdrupsteel.comsverdrupsteel.com.
- [5]Fushun Special Steel. UNS S32001 / EN 1.448 2 Lean Duplex Stainless Steel (技术资料)fushunspecialsteel.comfushunspecialsteel.com.
- [6]MakeItFrom.com. UNS S32001 Stainless Steel (材料数据库)makeitfrom.commakeitfrom.com.
- [7]Shanghai Nonferrous Metals Exchange. Q235 钢材百科(网络百科,2019).