

热轧 H 型钢性能优势再认识及若干问题探讨

范国利 刘小松
河北津西钢铁集团股份有限公司
DOI:10.12238/btr.v8i3.4705

[摘 要] 热轧H型钢是一种高效、经济断面型材,具有多方面的性能优势,是高品质钢结构的重要构件材料,本文结合热轧H型钢产品生产、工程应用问题分析,重点阐述了关键性能优势对高品质钢结构形成的重要性认识,对热轧H型钢如何更安全、更高效使用问题提出了建议,特别是连接和加工制作方式方面,观点鲜明,见解独到,同时也进一步明确了热轧H型钢未来创新发展方向。

[关键词] 热轧H型钢; 钢结构; 性能; 工程应用; 加工制作

中图分类号: TU391 文献标识码: A

Reconsideration of the performance advantages of hot rolled H-beam and discussion of some problems

Guoli Fan Xiaosong Liu
Hebei Jinxi Iron and Steel Group Co., LTD

[Abstract] Hot-rolled H-beams represent an efficient and economical section profile, offering multifaceted performance advantages as critical components in high-quality steel structures. This paper, based on analyses of production processes and engineering application issues associated with hot-rolled H-beams, highlights the significance of their key performance advantages in achieving high-quality steel structures. Recommendations are provided for enhancing the safety and efficiency of hot-rolled H-beam utilization, particularly concerning connection methods and fabrication techniques, offering distinctive insights. Furthermore, future directions for innovation and development of hot-rolled H-beams are outlined.

[Key words] hot rolled H-beam; steel structure; performance; engineering application; processing and manufacturing

引言

国内热轧H型钢产品经过二十多年的推广和开发应用,已进入相对成熟阶段,但实际应用中也存在一些影响科学使用的认识误区和习惯,为进一步发挥热轧H型钢性能优势,开发市场潜能,本研究从以下三方面对该产品应用技术创新开发若干问题做初浅分析。

1 高品质钢结构的特征和热轧H型钢的主要优势性能

钢结构因“高强度轻质”、“性能优越”、“制作安装快捷”三大优势而品质卓越,热轧H型钢在其中占据主导地位,尤其适用于大型、大跨、大高项目。其应用具有特定分工,不可随意替代。全面掌握材料特性是创造高品质钢结构的前提。热轧H型钢在结构安全与适用性方面的核心优势为:

(1)独特的强弱轴力学性能:是其广泛应用的本质,直接满足“高强度、重量轻”要求,为其他型材不可替代。(2)优化的截面与成型工艺:万能轧制成型的平行腿开放型对称截面,使受力合理、传力明确、节点连接便捷,是“性能优越”和“制作安

装快捷”的基础,利于防火防腐设计,并促进节点技术创新。(3)替代传统结构的潜力与创新实践:不仅是主材,更为替代钢筋混凝土结构创造条件。如图1原理所示,将引发技术变革。工程实践如津西钢铁专用H500*252*12*16型钢(高宽比2:1,跨度>10m),性能国内领先。

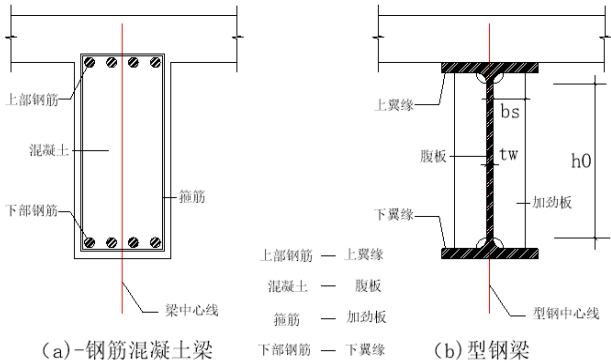


图1 型钢梁等效钢筋混凝土梁工作原理

热轧H型钢截面特性独特,若认识不足将制约其性能发挥。因此,需重点梳理其关键性能与质量指标,并在以下三个环节重点把握。

1.1 热轧H型钢翼缘宽厚比与腹板高厚比设计需依据规格对照规范验算。屈服强度 $>235\text{MPa}$ 时,需按 $\epsilon_k = \sqrt{235/F_{ay}}$ 系数折减,强度越高折减越大、限制越严。验算不满足时,应设置加劲肋(板)并验算局部稳定性。加劲肋设置需结合构件类型及热轧H型钢工艺特点,合理布置焊缝(如限制腹板区焊接长度)以避免应力集中。图2为《美国建筑钢结构设计规范》对腹板局部性能变化的相关规定。

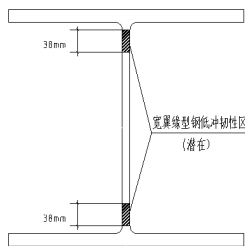


图2 宽翼缘热轧H型钢腹板潜在低冲韧性区示意

作为钢梁主材的热轧H型钢,除力学性能外,需重视整体刚度-塑性设计(含挠度、屈强比、延伸率等指标)与局部稳定性验算。钢梁按延性设计(正常使用极限状态控制),抗震韧性优于脆性破坏的钢筋混凝土梁。其优越性能的实现,离不开合理构造措施的保障。

1.2 热轧H型钢轴心受压屈曲稳定性控制,按图3公式进行屈曲稳定性验算,计算结果需要综合考虑项目实际工况采用。

欧拉公式为:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

图3 欧拉公式

其中:

P_{cr} -临界荷载

E -材料弹性模量

I -截面惯性矩(热轧H型钢按弱轴取值)

K -压杆有效长度系数(两端固结 $K=0.5$)

L -压杆长度

根据公式,热轧H型钢轴心受压临界荷载主要受截面最小惯性矩和杆件长度控制,实际应用过程中,应注意以下事项。

(1) 钢材弹性模量规范值 $E=2.06 \times 10^5 \text{MPa}$ 计算所得结果偏大,需结合实际附加安全系数;是否需提高材料强度/质量等级则应系统论证。(2) 热轧H型钢作压杆时,即使按弱轴惯性矩计算临界压力,当端部固结($K=0.5$)时临界荷载显著提升,使其特别适合作承重构件,优势显著。

1.3 热轧H型钢腹板偏心率(中心偏差 S)及平整度(弯曲、波

浪)需严格控制,因其对构件安全至关重要。中心偏差的影响尤为显著:

(1) 中心偏差增大削弱截面抗弯能力,降低结构承载力,在**高强度**钢结构中影响更甚。(2) 中心偏差降低结构稳定性;平面外作用下,偏差越大,截面屈曲承载力越低。

2 不同应用行业对热轧H型钢关键性能指标的要求

2.1 建筑钢结构框架。钢结构框架作为常用三维空间结构,抗震要求高,设计强调通过构件延性等级等性能化目标达标。同时,框架节点连接技术对结构性能与成本影响显著。热轧H型钢凭借平行翼缘和开放截面特性,有效满足上述建筑需求。相关研究在“复孔钢梁”、“组合断面”、“半刚性连接”等方面取得原创突破,兼具施工便利性与经济性潜力(见图4、5)。

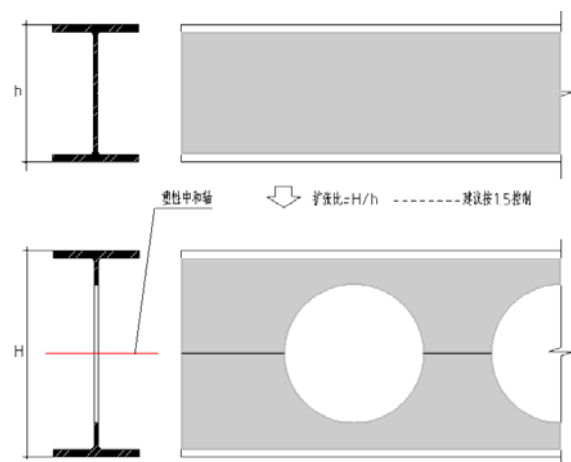


图4 复孔钢梁原理图

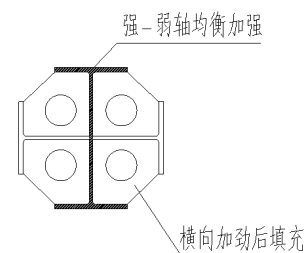


图5 为: 热轧H型钢组合断面

2.2 大跨、大高度结构主要由强轴弯压性能控制。热轧H型钢构成的大跨、大高结构本质属强轴弯压结构,翼缘厚度为最关键指标。其作为弯压构件优势突出,但需严格把握整体刚度与局部稳定性控制。

2.3 特殊环境使用的性能要求。

2.3.1 桥梁与车辆制造:核心要求为满足严苛服役条件的特殊化学成分、材质均匀性及耐疲劳性能。

2.3.2 潮湿及海洋环境:

- 潮湿环境:严控焊接影响(易锈蚀),推广科学连接方式。
- 海洋环境:必需采用重防腐涂层/复合包覆技术;开发耐蚀产品或主动防腐技术成本较高。

2.3.3超低温环境：关键控制指标为冲击韧性，亦是决定钢材质量等级的核心依据。

3 热轧H型钢工程应用中若干问题探讨

3.1热轧H型钢残余应力源于轧制工艺，正常使用中可工艺控制避免，对结构影响有限。如图6所示，翼缘-腹板交接区应力复杂(或超图7受压状态)，需专门分析；腹板区残余拉应力致加工易开裂。

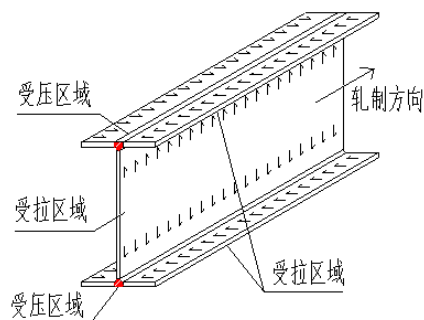


图6 热轧H型钢残余应力示意

3.2局局部冲击韧性影响：热轧H型钢水平辊矫直会在局部产生残余应力，影响性能。但合理设置加劲肋可有效避免(见图7)，关键要求焊缝距轧制圆弧段保持安全距离L(按(2-3)R控制)。

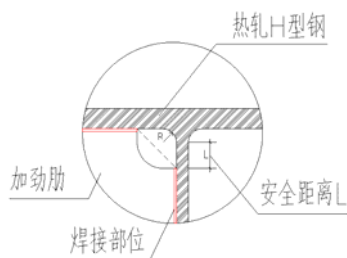


图7 热轧H型钢加劲肋构造

3.3最优连接方式选择。

3.3.1需要最大限度规避的连接方式主要包括以下可能对安全、耐久性产生影响的方式。

(1)对接对焊：对焊要求高、制作成本高，不适合使用在“受拉”部位，因此实际应用过程中，需要尽力避免对接对焊。(2)梁柱连接贴角对焊：现场施工时，容易忽略梁柱熔透焊接，实际应用工程中，应尽可能采用牛腿梁方式，将梁柱连接节点加工放在工厂内进行，现场仅安装梁构件。(3)与其它空腹截面型材对焊：空腹截面型材因内部无法进行横隔板加劲，截面抗剪性能差，当需要与热轧H型钢连接时，应采取构造措施，明确传力路径。

3.3.2连接方式对比分析。推动热轧H型钢广泛应用，需避免在大型重要工程中过度使用焊接H型钢及工艺。因焊接区锈蚀速度显著快于基材，构成安全隐患，制约钢结构品质。焊接加速锈蚀主因：

(1)材料结构劣化：

• 金属纯净度下降：焊材与基材成分差异致焊缝纯净度降低，形成电化学反应活性点；

• 晶格结构破坏：焊接高温及快冷改变微观结构，更易与环境反应。

(2)表面保护失效：

• 钝化膜破坏：高温分解表面氧化膜，冷却难再生；

• 表面粗糙缺陷：凹陷、气孔等缺陷吸附水分与腐蚀介质。

(3)工艺影响：

• 高温氧化：焊接促使金属直接氧化；

• 残余应力腐蚀：残余应力加速晶格界面腐蚀，诱发裂纹；

• 焊渣残留：未清除杂质引发局部电化学反应。

3.3.3最热轧H型钢腹板通过可靠连接与双加劲板配合可实现完整传力，具体方式有三种：

(1)螺栓连接：腹板采用双连接板与高强螺栓，适用于铰接或半刚性连接；(2)铆栓连接：抗循环荷载性能优异，国内应用虽少但需技术创新以发挥其优势；(3)栓焊组合连接：需配套计算与规范，是高强钢连接的重要发展方向。

3.4加工制作方式的选用

(1)推广冷加工方式(锯切与钻孔)，避免手工作业及火焰切割。(2)热轧H型钢加工制作应事先制定加工方案，采用科学方法制作，比如切割前，事先采用“应力释放孔”释放残余应力等，并严格按照加工方案规定的程序进行。

4 结语

本文系统剖析了热轧H型钢在高品质钢结构应用中的关键问题，推动其广泛应用，并归纳出未来发展的三个核心方向。

(1)推动钢结构全面替代传统结构，特别是替代目前国内使用面广、量大的砖混结构、钢筋混凝土结构。(2)推广热轧H型钢直接使用：热轧H型钢替代利用板材二次加工成型的型材，在力学性能、成本上具有优势，作为高品质钢结构的主要构件材料，将发挥主力建材的作用。(3)推进高性能型钢应用：高性能不仅要求高强度，更需提升综合性能(塑性、冲击韧性、耐疲劳性等，如耐低温韧性)。这驱动产品质量提升，国内企业通过新产品开发已取得显著效益，有力促进推广应用。

[参考文献]

[1]美国钢结构协会(AISC).美国钢结构设计规范[M].美国钢结构协会,2016,412-420.

[2][英]戴维森(Davison,B.),[英]欧文斯(Owens,G.W.).欧标钢结构设计手册[M].冶金工业出版社,2014,683-771.

[3]中冶建筑研究总院有限公司等《热轧H型钢设计应用手册》[M].中国建筑工业出版社,2020,318-386.

作者简介：

范国利(1963--),男,汉族,安徽黄山人,本科,高级工程师,研究方向：热轧H型钢应用。