

钢管混凝土柱与梁的连接节点技术综述

刘 康

(国家知识产权局专利局专利审查协作江苏中心, 江苏 苏州 215000)

摘 要 钢管混凝土结构是指向钢管内填充混凝土, 将钢管和混凝土这两种不同性质的材料组合以充分发挥各自的优势的一种复合型结构, 钢管混凝土柱与梁的连接节点是建筑框架结构中多个构件的力传递的交汇点, 是当前抗震工程结构和装配式建筑结构领域的研究热点, 钢管混凝土柱与梁的连接节点研究领域主要集中在强度、抗震性能、混凝土浇筑质量、安装便捷性以及造价这几个方面, 本文对钢管混凝土柱与梁的连接节点技术进行了综合叙述, 以期相关人员提供参考。

关键词 钢管混凝土柱; 梁; 节点; 刚接; 铰接

中图分类号: TU765

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)01-0124-03

自 20 世纪 70 年代钢管混凝土柱在建筑领域得到大力推广后, 关于钢管混凝土柱与梁的连接节点的专利的技术要点与该领域的整体技术要点是一致的, 钢管混凝土柱与梁的连接节点领域的重点研究解决的技术问题可以总结为以下几点: (1) 增加强度; (2) 提高抗震性能; (3) 提高混凝土浇筑质量; (4) 提高节点安装的便捷性; (5) 降低造价。通过对钢管混凝土柱与梁的连接节点的相关专利进行了分析研究, 归纳出了该领域为了解决前述五个技术问题而主要进行的四个改进方向, 由图 1 可以看出, 主要改进方向包括: (1) 钢管混凝土柱的截面形式; (2) 梁的材质与形状; (3) 连接件的结构; (4) 加工工艺。本文主要根据节点受力形式对钢管混凝土柱与梁的连接节点进行分类, 并分析其技术发展。

连接件的结构是解决相关问题的最主要的改进方向, 各改进方向彼此相互关联, 因此, 在对钢管混凝土柱与梁的连接节点技术分析时, 以连接件的结构的改进为技术主线, 同时结合钢管混凝土柱的截面形式、梁的材质与形状、加工工艺等方面进行分析。

1 钢管混凝土柱与梁的连接节点的技术发展

1.1 钢管混凝土柱与梁的铰接节点技术

铰接节点的受力与构造相对比较简单, 但只能传递较小的弯矩, 铰接节点主要应用于梁端剪力的传递, 因此, 针对铰接节点的研究较少, 且主要集中在钢管混凝土应用的早期, 铰接节点按梁的形式分为钢梁铰接节点和混凝土梁铰接节点, 最初典型的铰接节点就是将钢梁腹板与柱体螺栓相连。1975 年新日本制铁株式会社发明了一种方钢管混凝土柱与 I 型钢梁的铰接节点^[1], 但是该节点侧板的焊接要求较高且连接处抗

剪性能较差; 随后日本钢管株式会社发明了一种钢管混凝土柱与 I 型钢梁的铰接节点^[2], I 型钢梁仅通过一端的腹板与固定在柱体上下环板间的肋板用螺栓相连接, 该肋板三面焊接, 抗剪性能得到了加强, 同时由于设置了环板, 该形式的连接节点能够适应不同截面形状的钢管混凝土柱。

近年随着技术发展, 又衍生出了一种在两个同心设置的钢管之间灌注混凝土的新型钢管混凝土结构, 其与传统的钢管混凝土柱相比具有承载力高、自重小、防火性能好等优点, 因此, 适应复式中空钢管混凝土柱的铰接节点也应运而生^[3]; 此外, 各种型材在梁柱中的广泛应用, 也促进了节点结构的适应性发展, 如韩国 MYONG HWA ENG 公司发明了一种通过型材拼装而成的梁柱的铰接节点^[4], 该钢管混凝土柱的管体由 L 型钢和 Y 型钢拼装而成, 梁由 T 型钢组装而成。可以看出, 随着技术发展, 铰接节点本身的连接结构并未发生较大变化, 都是通过端板与梁腹板螺栓连接, 主要是适应日趋丰富的梁柱形式。

1.2 钢管混凝土柱与梁的半刚接节点技术

将受力状态下钢管混凝土柱的轴线与梁的轴线之间的夹角发生变化的梁柱节点称为半刚接节点, 会造成结构内力的重新分布, 结构的受力情形比较复杂, 且产生的变形较大, 针对半刚接节点的设计和应用需谨慎对待, 因此, 其发展时间相对铰接节点较晚, 应用较少。但半刚接节点的优点也很突出, 日本钢结构协会(2003)总结的半刚接节点的优点如下: (1) 因为允许节点处产生相对变形, 从而能缓和杆件内应力集中现象; (2) 半刚接节点在受地震荷载作用时, 能够通过变形耗能, 进而降低结构位移过大的风险; (3)

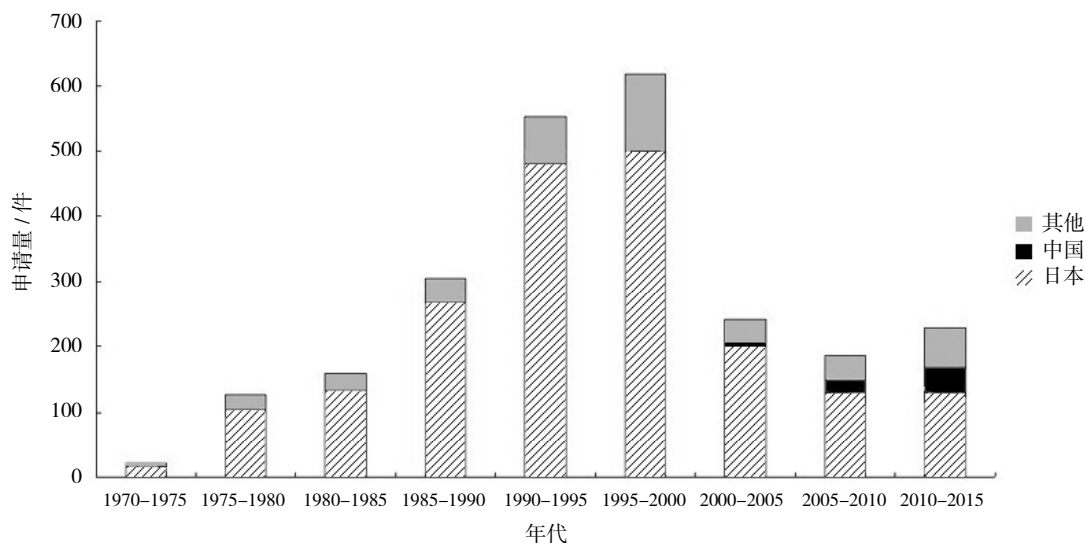


图 1 各国钢管混凝土柱与梁的连接节点技术专利申请量

更加便于灾后修复工作的实施；(4)与完全刚接节点或铰接节点相比，半刚接节点更接近结构的实际工况；

(5)施工和质量管理更易操作，随着受力分析手段先进化，近年来半刚接节点的研究有增多的趋势。传统的半刚接节点主要采用摩擦型高强螺栓和 / 或连接件实现连接，而连接件主要有端板、T 型钢和角钢。目前，国内外针对半刚接节点的研究方向大体一致，主要集中在如下几方面：(1)如何半刚接节点的装配更方便，受力性能更优异；(2)通过半刚接节点试验的力学实验结果，模拟分析实际工况下半刚接节点的工作性能；(3)研究从单独的构件向整个体系方向转变。

2006 年新日本制铁株式会社发明了一种螺杆半穿心方钢管混凝土柱与工字梁的连接节点^[5]，其通过并排的螺杆与连接板焊接，再通过连接板螺栓连接工字钢梁，实现了节点的弹性连接，由于该连接方式采用螺杆插入钢管混凝土柱中，既保证了连接刚度又减少了对钢管强度的削弱，同年清水建设株式会社发明了一种锚筋半穿心方钢管混凝土柱与型钢混凝土梁的连接节点^[6]，其梁端直接与半穿心的锚筋端部焊接。

2009 年清华大学发明了一种采用单向紧固螺栓进行紧固连接的中空夹层钢管混凝土柱 - 钢梁节点 (CN101624842A)，其在两个同心设置的钢管之间灌注混凝土形成钢管混凝土柱，钢梁通过端板组件与钢管混凝土柱固定连接，其中端板组件的一侧紧贴外钢管管壁，另一侧和钢梁相连，再利用单向紧固螺栓组件依次穿过端板组件、外钢管和内钢管，从而将钢梁螺栓连接到钢管混凝土柱上，该连接节点传力路径明确，可以有效承担弯矩、轴力和剪力，力学性能良好，

并且可以根据不同需要设计成刚接、半刚接或铰接节点，可以看出，该发明将同心钢管混凝土柱与钢梁的连接节点做了灵活设计，从而能够实现按需在刚接、半刚接或铰接节点三种不同形式下的切换；此外，夏磊研究团队还研究了采用钢管混凝土半刚性连接节点的框架结构的动力、静力性能，并通过分析水平及竖向荷载对框架结构的影响，得出随着钢管混凝土半刚性连接节点转动刚度的增大，钢管混凝土半刚接节点框架中的弯矩和挠度均减小，梁端弯矩增大，又对框架结构进行地震作用力分析，得出随着半刚接节点转动刚度的逐渐减小，框架结构底层所承受的最大剪力减小，框架结构整体的自振周期增大^[7]。

1.3 钢管混凝土柱与梁的刚接节点技术

刚接节点是目前研究最为成熟的钢管混凝土柱与梁的节点形式，主要包括外加强环节点、内加强环节点、环梁式节点、锚定式节点、十字板节点、钢筋贯通式刚接节点、钢牛腿节点等形式。

当采用钢梁时，为了保证节点工作的整体性和可靠性，可在梁的翼缘平面位置设置加强环，1994 年清水建设株式会社发明了一种钢管混凝土柱与 I 型钢梁的连接节点^[8]，柱体外围在钢梁上下翼缘处形成了向外延伸的上下环板，钢梁的上下翼板分别与上下环板相连接，钢梁腹板与上下环板间的肋板螺栓连接。Choi 等研究比较了“无加强环板”“无焊接 T 型外加强环板”和“环向锚筋外加强环板”等构造的工作性能，结果表明，具有外加强环板的节点比无加强环板的节点的刚度高，此外，焊接外加强环板和环向锚筋外加强环板等类型的节点都还表现出了良好的延性^[9]。

表1 中国与日本专利申请对比

中国		日本	
专利权人	专利数量(件)	专利权人	专利数量(件)
北京工业大学	43	鹿岛建设株式会社	48
沈阳建筑大学	35	清水建设株式会社	45
哈尔滨工业大学	21	新日本制铁株式会社	27
华南理工大学	18	日本钢管株式会社	18
清华大学	18	株式会社竹中工务店	18

户田建设株式会社(2006)发明了一种带逸气孔的内加强环^[10],设置在加强环四周的逸气孔减少了钢管混凝土柱内气体的积聚,从而防止了混凝土浇筑不密实现象;为了不缩减楼梯间的有效宽度以及不影响美观与视线,武钢技术中心科技大厦在管柱体直径只有500mm的情况下,仍然采用内加强环板,并且为了方便管内混凝土的浇筑,在内环上各开了四个 $\phi 25$ 透气孔^[11]。

此后,我国华东建筑设计研究院发明了一种分段式的内加强环^[12],在承力大的部位的内加强环选用较厚板材,在承力小部位采内加强环用厚度较薄的板材,通过这种厚度上差异化设置,加强环的宽度可以 <0.25 倍钢管混凝土柱直径,从而解决内加强环宽度过大影响向钢管柱内浇筑混凝土的问题,并且通过实验验证这种分段式内加强环节点形式具有安全、合理的受力性能,其经济性也得到显著提升。

2 钢管混凝土柱与梁的连接节点的专利分析

国内外专利申请情况:通过对相关专利文献进行分析发现,钢管混凝土与梁的连接节点的专利申请以日本居多,始于20世纪70年代,进入90年代专利申请量达到高峰,申请主体为日本的几大建筑公司,我国的相关专利申请自2000年以来逐渐增多,参见图1。

日本申请人中以几大建筑公司和钢铁公司为主,包括鹿岛建设株式会社、清水建设株式会社、株式会社竹中工务店、日本钢管株式会社和新日本制铁株式会社等,而我国申请人则以高校为主体。(两国专利对比如表1)

3 总结

本文对钢管混凝土柱与梁的连接节点技术进行了梳理,对三大类型——铰接节点、半刚接节点和刚接节点的技术发展历程进行了详尽的分析。

然后,对中日两国的专利布局特点及其原因进行了分析。从技术发展的角度来看,2007年之前,日本引领了钢管混凝土柱与梁的连接节点技术的发展,发

明了类型多变的节点形式,包括摩擦型高强螺栓半刚接节点、连接件半刚接节点、外加强环节点、内加强环节点、环梁节点、锚定式节点、十字板节点、钢筋贯通式节点及钢牛腿节点等类型;2007年之后,中国开始加大该领域的研究,对上述各类型节点进行了丰富和改进。

本文通过分析钢管混凝土柱与梁的连接节点技术演变发展过程,对于该技术的趋势进行了展望:(1)遵循“强柱弱梁,节点更强”的原则;(2)提高节点抗震性能;(3)提高混凝土浇筑质量;(4)提高安装的便捷性;(5)降低造价。

参考文献:

- [1] 新日本制铁株式会社.箱型断面铁骨柱与铁骨梁的连接[P].日本专利:昭和50-93911,1975-08-07.
- [2] 日本钢管株式会社.钢管柱与H型梁的连接[P].日本专利:昭和58-52042,1983-02-06.
- [3] 沈阳建筑大学.一种装配式框架结构节点[P].中国专利:201310146273.2,2013-07-24.
- [4] MYONG HWA ENG.型材钢管混凝土柱节点[P].韩国专利:20080019155,2009-09-02.
- [5] 新日本制铁株式会社.柱与梁的接合构造[P].日本专利:特开2006-188864,2006-07-20.
- [6] 清水建设株式会社.柱与梁的接合构造[P].日本专利:特开2006-144535,2006-06-08.
- [7] 韩林海.钢管混凝土结构[M].北京:科学出版社,2000.
- [8] 清水建设株式会社.充填钢管柱混凝土柱节点的构筑方法[P].日本专利:特公平6-54049,1994-07-20.
- [9] 韩林海,杨有福.现代钢管混凝土结构技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [10] 户田建设株式会社.钢管混凝土柱的内加强环形状[P].日本专利:特开2007224509,2007-09-06.
- [11] 王笑峰,顾敏.武钢技术中心科技大厦结构设计与研究[J].工业建筑,2008,20(S1):463-467.
- [12] 华东建筑设计研究院有限公司.一种方钢管混凝土柱与钢梁的刚性连接节点[P].中国专利:201210424983.2,2013-01-16.