

梁式转换层施工技术在高层建筑中的应用

贺琪

中国水利水电第八工程局有限公司

摘要：现代城市化进程中建筑不断朝着高层、多功能的方向发展，为满足功能需要、又保证结构安全，应合理设置转换结构。梁式转换层是现代高层建筑中的常用转换结构形式，本文详细分析了梁式转换层结构特点，探讨了高层建筑中梁式转换层类型与发展情况，明确了SRC梁式转换层的推广是一大重要趋势，并围绕工程案例具体阐述了SRC梁式转换层施工技术的应用情况，以期可提供有价值的参考。

关键词：高层建筑；梁式转换层；结构特点；施工技术

一、引言

转换结构在我国已有广泛的应用，目前常见的转换形式有梁式转换、桁架转换、厚板转换、箱型转换。梁式转换主要在转换层处设置大梁托上部的柱子或剪力墙，转换形式简单，传力清晰，施工简便，是目前最广泛，最常见的转换形式，也是本文研究的重点所在。

二、梁式转换层结构特点

20世纪七十年代，我国开始对转换结构的研究，并不断发展，理论逐步成熟。随着复杂高层建筑物逐渐多元化，所采用的转换层形式也是多种多样。根据人们对功能和空间上的不同要求，目前在高层建筑结构中常用的转换层形式主要有以下四类（见图1）。

在目前高层建筑内可实现竖向转换功能的结构层中，梁式转换层是应用最为广泛的转换形式。通过在转换层楼板平面处布置刚度较大的承重梁，使上部剪力墙的竖向荷载直接落在转换梁上，进而再传递到框支柱或落地剪力墙上。梁式转换层的

承载力设计和施工都较为简单，转换梁在受力方面可承担较大的内力，而且传力途径简单直接；但这类转换层形式也有其劣势，转换梁截面尺寸较大会影响结构的使用空间，而且地震时很容易受到破坏，因此在设计时要严格把控转换层跨度与梁高度之比，按图纸开展施工作业，保证建筑的安全性及可靠性。

三、高层建筑中梁式转换层类型与发展情况

（一）梁式转换层类型

梁式转换层由于其受力清晰、易于施工被广泛应用于高层建筑中。转换梁托柱转换和托墙转换是最常见的两种形式。

（1）托柱转换：在转换梁上承托框架柱，框架柱没有连续贯通达到下部结构，结构的侧向刚度会发生改变，由于转换层上部和下部结构刚度变化不大不会产生刚度的突变。在水平地震作用的时候，楼层的层间剪力也不会发生较大的改变。在转换梁上承托普通框架柱时，此时转换梁的受力同于框架梁内承受集中荷载。在转换梁上承托着上部楼层的全部荷载，由于转换梁的跨度大，其承受的弯矩和剪力也非常大，转换梁的尺寸就得足够大来承受内力，是受弯构件。

（2）托墙转换：在转换层的上部承托剪力墙，转换层就支撑在下部结构的框支柱上，转换层结构上部的抗侧刚度大于下部结构的抗侧刚度，结构的上下侧向刚度会引起突变。托墙转换的受力要复杂于托柱转换，在水平地震作用时，转换层上部的结构抵抗水平力的大小根据剪力墙的等效刚度比进行分配。剪力在转换层处进行重分配，在其自身的平面内受力较大，结构的侧移有较大的改变，此时在转换层的下部结构，框支柱要承受的剪力增大，变形也变大。

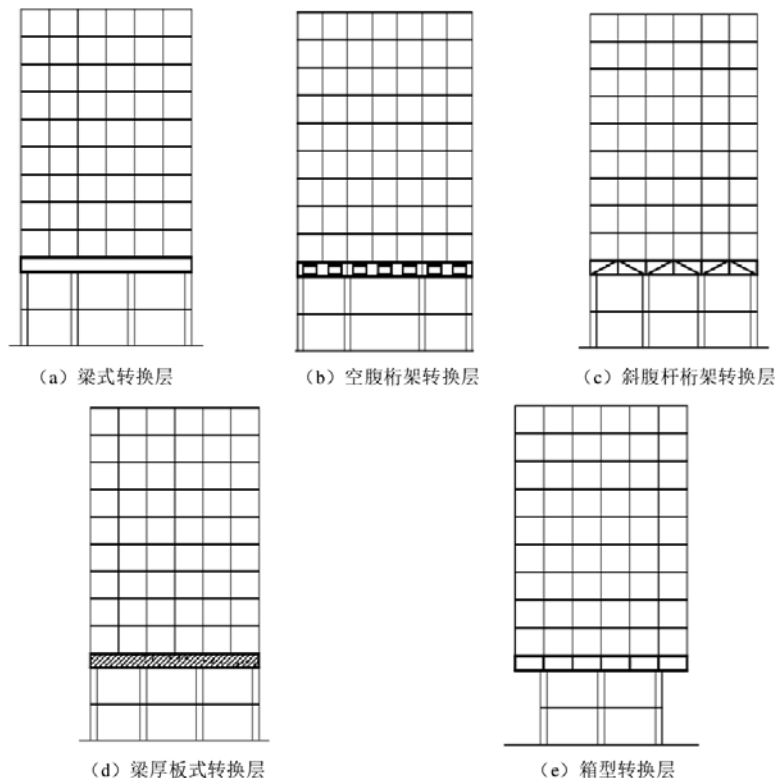


图1 常用的转换层形式

(二) 梁式转换层的发展

目前,随着建筑物朝着高层、超高层方向发展,转换层结构承托的楼层不断增多,基于建筑层高、使用空间诸多要求与限制,型钢混凝土转换层结构的运用推广将势在必行。型钢混凝土组合结构(Steel Reinforced Concrete,简称SRC),指的是在钢筋混凝土内置入型钢骨架,共同受力。SRC梁式转换层不仅承载力高、刚度适中,而且可以大大减小转换梁的截面尺寸,其塑性、抗震性能和耐久性都优于钢筋混凝土转换梁。在转换梁内设置型钢构件,由于上部荷载巨大,型钢的尺寸一般较大,在运输及施工过程中难免会遇到各类问题,下文围绕SRC梁式转换层施工方案展开详细探讨。

四、实例探析梁式转换层施工技术在高层建筑中的应用

(一) 工程概况

本工程为商业综合体,1~4层为商业,5~21层为公寓,为满足商业与公寓的功能要求,在4层设置SRC梁式转换层。框支柱最大截面尺寸为1200mm×2400mm,内包裹H型钢柱600mm×600mm×36mm×36mm;框支梁截面尺寸为800mm×1800mm,内包裹H型钢梁1400mm×400mm×36mm×36mm;钢板墙厚300mm,钢板厚10mm,栓钉HPB235级φ16@200,长度65mm,矩形布置。转换层框支梁、框支柱混凝土等级均为C60,主筋最大为HRB400级φ32钢筋。转换层结构剖面如图2所示。

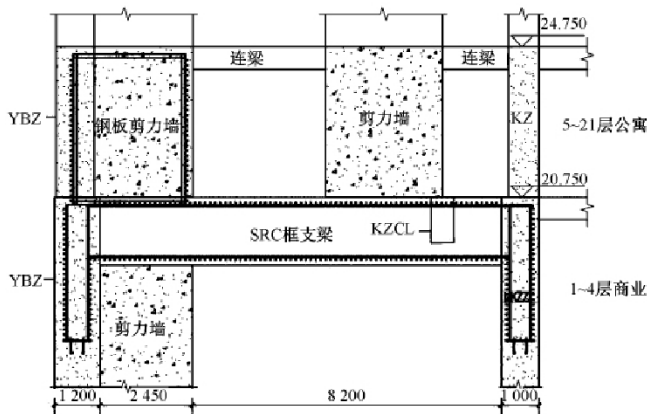


图2 转换层结构剖面

(二) 施工重难点分析

(1) 钢结构吊装:本工程塔式起重机型号为TC7022A,最大起质量为12t,钢柱质量约为2t,钢梁质量为6~7.5t,钢板墙质量约为1.3t。塔式起重机吊距范围为13~50m,钢梁不能进行整体吊装,因此,对钢梁进行深化、拆分设计是首要问题。

(2) 焊缝控制:设计要求采用全熔透焊,焊缝质量等级为一级,100%超声波检验。现场施焊受高温、雨、风、空间狭小等因素制约,焊缝质量不易控制,保障拼装质量是难点。

(3) 模板支撑系统:框支梁截面面积为1.44m²,自重及施工荷载大于20kN/m,属于高支模。因此确定模板支撑系统设计方案与选型,满足框支梁施工的承载力与稳定性是重点。

(4) 钢筋连接与绑扎:框支梁与框支柱的钢筋量大,梁筋锚入边柱钢筋长,且梁筋、柱筋、墙筋均与钢结构焊接或穿孔。因此如何进行深化设计,保证钢筋工程施工符合图集、规范是重点。

(5) 混凝土浇筑控制:梁柱核心区钢筋与钢结构密集,浇筑中混凝土粗骨料容易与水泥浆分离,导致混凝土浇筑不密实,造成烂根、裂缝等质量问题。

(三) 施工方案选型

1. 深化设计

本项目采用Tekla软件进行深化设计。钢梁长约10.65m,塔式起重机半径50m内最大吊重为2.84t,将单跨内钢梁拆分为两段,即可满足吊装要求。建立钢筋模型时发现4层500mm剪力墙为3排筋,中间竖向筋受钢梁阻碍不能满足设计标高;5层300mm剪力墙从梁上起,受钢梁阻碍锚固有效长度不足。因此与设计沟通后在钢梁上、下翼缘设连接板,钢筋与连接板进行双面焊接,如图3所示。

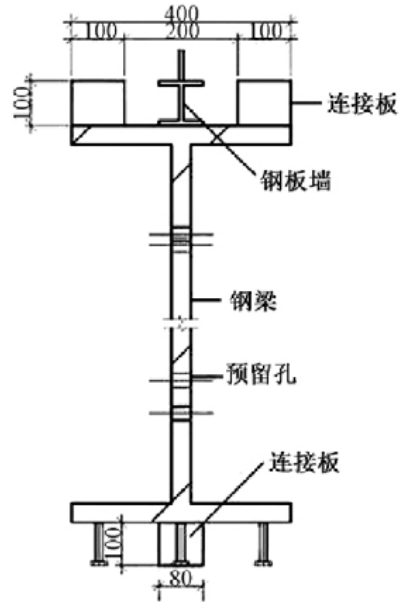


图3 钢筋连接板

对梁柱节点、梁与次梁进行优化设计,在梁、柱腹板上预留孔,保证梁的上部钢筋在支座处贯通,下部钢筋在支座1/4跨长范围内连接。另外建立对拉螺杆模型,避免与钢筋开孔重叠。

2. 支撑体系

本项目采用PKPM进行支撑体系设计。框支混凝土梁截面最大800mm×1800mm,框支梁自重荷载52.54kN/m,加上施工活荷载,总荷载54.11kN/m左右。考虑钢梁自重较大,需加设临时支撑。因此方案为用H型钢柱作为钢梁临时支撑,用钢管搭设模板支撑系统,两种体系相互独立,互不影响。

3. 施工工序

转换层含梁上托钢板墙、钢柱、钢梁,施工工序复杂。借助BIM技术进行工序模拟,选择最优施工方法,合理安排施工。施工工序:钢筋绑扎至型钢柱底-50mm,预埋钢柱地脚螺栓,浇筑混凝土至刚柱底-50mm→强度达到75%时安装钢柱→C60微膨胀灌浆料二次灌浆→安装钢梁临时固定→焊接、48h后探伤→柱筋绑扎、4层墙筋焊接、钢板墙吊装、加固→梁底模板搭设→梁底钢筋绑扎→梁侧钢筋绑扎→梁侧模板加固→梁顶钢筋绑扎→板筋绑扎、机电预埋→不同等级混凝土拦网→混凝土浇筑。

(四) 4SRC梁式转换层施工技术

1. 钢筋工程施工

(1) 八边形箍筋绑扎:本工程框支柱内含H型钢柱,箍筋设计为八边形,由于框支柱截面面积较大,箍筋施工质量不易控制。按照《型钢混凝土组合结构构造》进行优化,改为2个V形箍筋,如图4所示。

(2) 穿腹板箍筋绑扎:受钢梁、钢板限制,柱、梁封闭箍筋不能施工。改为2个U形开口箍筋进行绑扎连接,相邻箍筋搭接位置错开,满足规范要求。

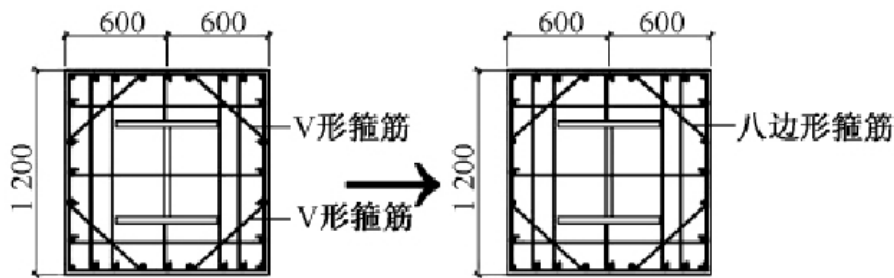


图4 箍筋优化

(3) 钢筋连接与锚固：①考虑框支梁钢筋数量多，空间排布较密，梁中所有受力钢筋均采用直螺纹套筒连接，并做好标记，以防钢筋接头漏拧。②框支梁上层钢筋有2排，上排钢筋锚入边柱对边纵筋内侧，伸至梁底，锚固长度达3.5m。上排钢筋施工完成后，再加固边柱外侧的模板，防止锚固钢筋过长，绑扎过程中不能伸至设计标高。③框支梁下层两排钢筋均与H型钢柱连接板焊接，施焊前用石笔标记等分排布，并且钢筋之间净间距不应小于25mm，由内向外依次单面施焊。上下排钢筋对齐绑扎，不得错缝放置，避免钢梁下方混凝土浇筑不密实。④转换层柱、梁钢筋量较大，为保证保护层厚度，柱主筋垫块采用成品混凝土垫块，沿柱角部≤600mm设置一个，梁纵横间距≤600mm，梁底部每500mm布置2个放置在角筋位置。⑤由于钢筋不能贯通，主梁、次梁下层钢筋的锚固方式存在较多搭接焊，为保证焊接质量，要求雨天、夜间禁止作业，并要求表面平整、光滑。⑥核心区钢筋层数多、钢筋密，排布时尽量上下层钢筋位置一致，并保证振捣棒在柱四角处能够振捣，确保混凝土浇筑密实。

2. 模板加固及支撑体系

(1) 模板加固体系：本项目剪力墙厚度500mm，层高5.08m，为保证垂直度和平整度，沿墙高度方向设3道斜撑，水平间距250mm。穿墙螺杆第1道距地距离均为250mm，以上间距均为457mm。框支柱尺寸大，穿墙螺杆施工困难，采用较方便的方圆扣加固体系。次龙骨为40mm×80mm木方，间距150mm；主龙骨为定型化型钢为I10加固，第1道距地距离均为150mm，以上间距均为400mm。

(2) 模板支撑体系：本项目使用48mm×2.8mm钢管搭设支撑体系，由于梁混凝土自重较大，经验算施工层以下2层架体禁止拆除，对混凝土自重及施工荷载进行分层传递、卸载。梁底加设3根立杆支撑，立杆支撑纵向间距为450mm，梁底支撑横向钢管和立杆采用双扣件连接。M14对拉螺杆水平、竖向间距450mm。为抵抗浇筑时对竖向模板的侧压力，布置斜撑（竖向间距1000mm、水平间距3600mm）2道与满堂架体相连，施工过程中布设2道安全兜网。

3. 混凝土工程

本项目转换层涉及3类混凝土：框支柱/梁混凝土为C60、墙混凝土为C50、梁板混凝土为C30。由于不同等级施工缝多、构件截面大、钢筋密集且在7月中旬施工、受扬尘管控影响混凝土分时段供应，规范落实浇筑作业。

(1) 混凝土配制：①混凝土浇筑采用地泵方式，钢筋密集浇筑速度慢，混凝土塌落度控制在（180±20）mm范围内；②选用较低水化热的42.5R级普通硅酸盐水泥，掺入适量I级粉煤灰；③细骨料为细度模数2.7~2.8中砂，含泥量≤2%，粗骨料为连续级配碎石，粒径5~31.5mm，含泥量≤1%；④掺入RW-3高效减水剂，缓凝时间超过5h。

(2) 混凝土浇筑：①采用输送泵进行浇筑，但钢板墙高4m，大于布料机高度，因此对布料机的站位产生影响。根据钢

板墙划分为若干区段，按分区浇筑。个别死角部位采用接长软管和溜槽的方法进行浇筑。②浇筑顺序为框支柱、剪力墙、框支梁、板。由于框支梁与墙柱相连，中间不做拦网，将框支梁高度内墙柱混凝土等级提高为C60。③为保证混凝土密实度，墙体、梁混凝土垂直分层浇筑，每层厚度控制在400mm。尺杆上按每隔40cm划厚度控制线并钉上小钉，用以控制下料高度。④与设计确定梁与板、墙与板、柱与板混凝土分界位置，采用快易收口网进行拦网。

(3) 混凝土振捣：①钢筋稠密区域采用φ30mm振捣棒，插点间距≤300mm。振捣棒上采用红色胶带标记高度，分层浇筑，并做到“快插慢拔，直上直下”，按梅花点位置布置。②梁柱核心区浇筑时采用两个振捣棒同时对称振捣，四个角部必须振捣，振捣点不少于4个。

(4) 混凝土温度控制及养护：转换层截面大于1m，属于大体积混凝土浇筑，需及时养护。①加强混凝土浇筑后覆膜保温和保湿养护。板面混凝土浇筑8~12h后洒水养护，墙梁侧面采用带模板洒水养护。②采用JDC-2建筑电子测温仪监控大体积混凝土。SRC框支梁平面共布置4个测量点，每个测点布置3个测温传感器和测温探头。混凝土升温阶段每2h测1次，降温阶段每4h测1次；后期6~8h测1次，同时测混凝土表面大气温度。经测量，本工程实测中心最高温度65.6℃，此时板底49.1℃，板面50.6℃，混凝土内外温差满足规范要求。

五、结语

综上所述，梁式转换层是目前高层建筑使用最广泛的结构形式之一，传力途径简单、施工相对成熟。近年来，基于对梁式转换层承载力要求的进一步提升，型钢混凝土逐渐得到了推广，并在实践中获得了较好的运用效果。高层建筑工程项目实施中，必须要根据实际项目特点、施工技术条件等，合理确定转换层结构形式，完善施工方案、制定施工计划，有序开展钢筋、模板以及混凝土浇筑等各道工序，不断摸索、总结经验，解决实际项目中的各种技术难题，打造优质、安全的现代高层建筑项目。

参考文献

[1] 张敏. 高层建筑梁式转换层结构的设计分析[J]. 住宅与房地产, 2017 (18).
 [2] 王文林, 李约汉. 梁式转换层建筑施工技术浅探[J]. 建材与装饰, 2018 (41).
 [3] 鲍广洲, 林雷, 穆瑞宝, 叶春达. 梁式转换层施工技术在高层建筑中的应用[J]. 施工技术, 2014, 43 (09): 19-22.
 [4] 陈颖. 某高层建筑梁式转换层施工技术探讨[J]. 山西建筑, 2013, 39 (24): 94-95.
 [5] 张明星, 姜华, 李海洋. 型钢混凝土转换结构模板支撑体系研究[J]. 建筑安全, 2011, 26 (01): 49-51.

作者简介:

贺琪(1989-), 女, 湖南岳阳人, 工程师, 本科, 工作方向: 土建工程施工管理。