

白马大厦钢管混凝土柱施工技术

姚梅红

(福建二建建设集团公司 350001)

摘要:本文结合白马大厦的工程实践,详细介绍了钢管混凝土柱的施工技术和质量控制方法,并对使用钢管混凝土柱的经济效益进行分析。

关键词:钢管混凝土柱 施工方法 质量控制 经济效益

中图分类号:TU761

文献标识码:A

文章编号:1004-6135(2006)03-0107-04

The Construction Technology of Concrete-filled Steel Tubular Column Used in Baima Hall

Yao mei-hong

(Fu jian No. 2 Construction Group Company 350003)

Abstract: Combining with the practical project of baima hall, the paper has introduced the construction technology and quality control method for concrete-filled steel tubular column in detail and analyzed the economic effect.

Keywords: concrete-filled steel tubular column; construction method; quality control; economic effect.

1 概述

钢管混凝土柱是由混凝土填充于钢管内而形成的一种新型组合构件,按照截面形式的不同可分成矩形钢管混凝土柱、圆形钢管混凝土柱、多边形钢管混凝土柱等,它可以与混凝土梁、钢梁、混凝土与钢的组合梁方便地连接形成承重结构,成为高层建筑主体结构的重要部分。由于混凝土与钢两种材料在性能上的互补性及钢管对其内部混凝土的有效约束作用,既大幅度地提高了混凝土的抗压强度,又有效地防止了钢管发生局部屈曲,使得这种新结构不但具有承载力高、延性好、抗震性能优越的特点,同时还具有施工方便、缩短工期、增加有效使用面积等优点,在我国高层建筑中的应用愈来愈广泛。

白马大厦位于福州市白马路与工业路交叉口,建筑高度89.3m,地下一层,地上21层,建筑面积32026 m²,主体为框架一剪力墙结构,目前工程即将竣工交付使用。其建筑外观如图一,标准层平面如图二。

主楼中部8根框架柱自下而上均采用圆形钢管混凝土柱,其中地下一层~八层钢管柱规格为 $\Phi 1000 \times 12$,九层~十四层为 $\Phi 1000 \times 10$,十五层~大屋面为 $\Phi 800 \times 10$;并通过H型钢牛腿与钢筋混凝土框架梁连接。一~二层中柱,九~十一层、十五~十七层、二十~二十一层的侧边柱均为跃层柱,设计计算长细比 l_0/d 高达18。钢管柱及钢牛腿的材质为Q345B优质低碳钢,所有焊缝均为等强熔透焊,焊缝等级一级。

2 钢管柱的加工制作

2.1 钢管柱加工工艺要求

钢管混凝土柱用的钢管焊接、制作要求较高,为减少现场工作量,保证质量,钢管及各部件制作、组焊集中在工厂完成,



图一

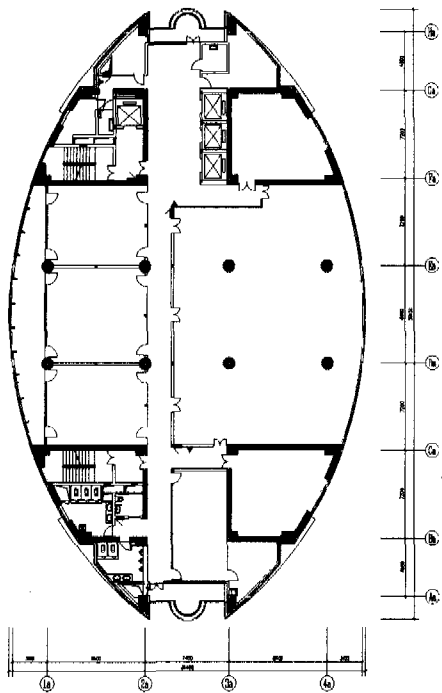
经检验合格后运至现场安装。在制作过程中,须特别注意以下几点:

1) 钢板下料尺寸必须精准,其切口应平滑,不得有夹渣、分层、裂纹及熔渣等缺陷,火焰切割产生的表面硬化层应磨除,对检查有质量问题的材料应进行隔离处理。

2) 卷制钢管的钢板必须平直,不得有翘曲、表面锈蚀和冲击痕迹,在卷圆过程中,钢板不得出现褶皱、起皮,卷管的方向应与钢板压延方向一致。

3) 焊接前,应根据焊缝的型式、部位及板材的厚度用刨边机对钢板边缘进行坡边,坡口必须符合焊接规程的要求。

4) 每段管柱上下筒节的竖向焊缝应相互错开至少30°,



图二

同时还应保证上下节管柱拼接处的竖向焊缝应相互错开至少 30° 。避免焊缝集中,影响钢管柱的受力性能及延性。

5)卷圆成管的焊缝、H型钢牛腿及管身其他配板的拼接,均采用自动埋弧焊,不得使用手工电弧焊;钢牛腿、节点区十字形加劲板与钢管柱的拼接可采用气体保护焊,焊条在使用前应在烘箱内烘焙,严禁使用湿焊条。焊接完成后应去除焊渣、飞溅等。

6)H型钢牛腿拼接后其翼缘应采用H型钢翼缘桥正机进行矫正,根据构件规格调整桥正机压轮间距和间隙,矫正后的钢材表面不应有明显的凹面或损伤,痕深度不得大于 0.5mm 。

7)结构要求焊后的管肢要平直,这就需要在焊接时采取相应的措施和特别注意焊接的顺序以及考虑到焊接变形的影响。管肢对接焊接前,应另用附加钢筋焊于钢管外壁作临时固定联焊,在钢管对接焊过程中,如发现点焊定位处的焊缝出现微裂缝,则该微裂缝部位必须全部铲除重焊;H型钢牛腿与管肢的拼接亦同样如此,同时还应特别注意其牛腿面标高。

8)钢管出厂前要进行预拼装,用油漆标写管柱编号,并在管身及牛腿上刻画与建筑图轴线一致的双向通长中心线,以保证上下两段管柱就位的准确性。

2.2 钢管柱的检查与检测

1)钢管柱的所有焊缝均应进行外观检查,表面应平整,不得有漏焊、偏焊、微裂纹、气孔、弧坑和夹渣等现象。钢管柱的壁厚、直径、管长、H型钢牛腿的水平及竖向位置,钢管端面与管轴线的垂直度等尺寸,其误差应在《钢结构工程施工及验收规范》规定的范围内,并需符合设计要求。

2)出厂前,必须委托具有计量认证合格证书和无损伤检

测资质的单位对焊缝质量做 100% 的超声波探伤试验,符合要求的,方可交付工地使用,不合格的应报废或按有关规定进行处理。

3 钢管柱的现场安装

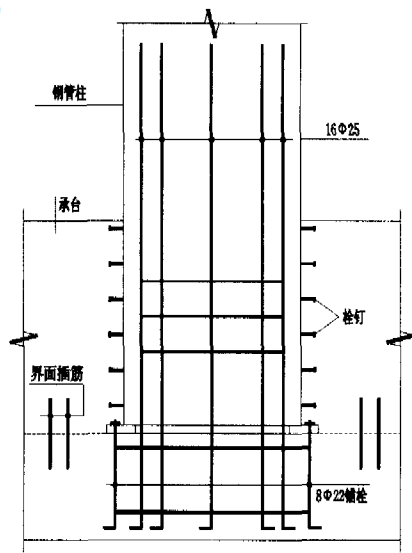
3.1 柱脚锚栓的预埋

钢管混凝土柱脚与基础承台的连接设计成半插入式柱脚构造,除常规锚栓外,另在基础承台中埋设 $16\Phi 25$ 纵筋伸入钢管内并在其外表面加焊栓钉以加强锚固作用,如图三。

1)施工时,为保证柱锚栓预埋位置、标高的准确,在底板钢筋绑扎完后,按预埋板规格做一个稳定的支架,按垫层上放线位置直接落于垫层,用以支撑、固定整个锚栓预埋件及柱身钢筋笼。锚栓顶部柱脚处做一钢板环,按设计图纸上的锚栓位置进行放样、钻孔,锚栓穿过环板孔洞并调整标高及板面平整度后,进行塞缝焊接。支撑锚栓的支架、钢筋笼及钢板环相互间可利用短钢筋进行连接,以保证其相对位置,同时还必须与纵横向底板钢筋及工程桩锚固筋可靠连接,使其上下前后左右均不能自由移动。

2)预埋时,必须在两个相互垂直的轴线上架设经纬仪和水准仪调整整个锚栓预埋件和钢筋笼的水平位置、平整度或垂直度及标高,使其偏差在规范的允许范围内。

3)底板混凝土浇筑时,必须两侧对称浇筑,防止位移。



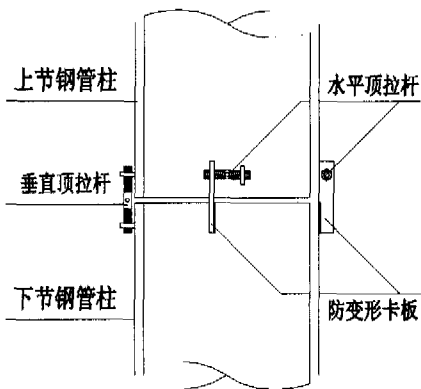
图三

3.2 钢管柱的吊装

钢管柱的现场吊装一般是利用现场的施工塔吊,因此制作时,必须考虑塔吊的起重量是否能满足要求,以钢管柱离塔吊的最大距离为起重半径来计算其最大起重量,确定钢管柱的每段加工长度。

1) 吊装前的准备工作

首节钢管柱的安装前先清理预埋钢板面及周边的混凝土面,并将柱脚处的混凝土面凿毛,清洗干净;然后在底板混凝土面上弹出柱的轴线位置,在线上标出柱半径、焊定位板。检



图四

查钢管柱四个方向是否作出标识,同一根柱的方向标识是否与牛腿及连接耳板的方向一致。

2) 钢管柱的吊装

首节钢管柱的吊装:利用塔吊扶正柱身,将柱脚对准定位板缓慢就位,调整柱体上的中心线与混凝土面上的轴线对齐,柱外皮与柱半径标点重合后,塞紧定位板。在柱身钢管相互垂直的方向上先焊两付水平顶拉杆,用于调整水平角度,顶拉杆一端焊于定位钢板上,另一端焊于柱身钢管上;水平角度调整好后,再在柱身钢管已事先刻划好的相互垂直的轴线方向上焊两付垂直顶拉杆,用于调整垂直度。垂直度调整好后,将柱脚与预埋的环形钢板焊牢。

钢管柱的现场对接:将吊起的上节柱按柱体上的中心线位置缓慢地插入下节柱内衬管上。起吊前,必须用手持电动砂轮对两断口进行除锈,钢管基本就位后,在保持吊钩一定吃力的条件下,初步调整其水平位置。在上节柱插入内衬管的过程中,由于内衬管与钢管内壁局部存在摩擦,导致就位困难,可在上下柱接口处相互垂直的方向上先焊两付水平顶拉杆,用于调整水平角度,顶拉杆一端焊于下柱防变形卡板上(用于固定水平顶拉杆的防变形卡板先与下柱身钢管焊接,与上柱身钢管不焊接,如图四),一端焊于上柱身钢管上;待水平顶拉到位后,再在柱身钢管已事先刻划好的相互垂直的轴线方向上焊两付垂直顶拉杆,用于调整垂直度。符合要求后,焊接防变形卡板,卡板沿圆周对称设8块,进行钢管对接焊施工。防变形卡板和顶拉杆在对接焊完成后拆除,并将其焊点打磨平整。

3) 垂直度的观测与控制

垂直度控制用2台经纬仪在相互垂直的两个方向观测,观测时,经纬仪对中于柱轴线,十字竖丝对准柱脚处柱外边线点,观测者由柱脚从下向上观测柱身及牛腿中心线,同时指挥安装人员调整顶拉杆,直至柱顶及牛腿中心线与经纬竖丝重合。

4) 钢管柱的对接焊

施工现场对接焊采用手工气体保护焊,接口焊缝为熔透一级焊缝,分次焊满。雨天或大风时禁止焊接作业,焊接过程

中,易产生较大的焊接残余变形,导致垂直度偏差。因此,应采取如下措施:

- ①每根柱从下至上固定焊工,以明确责任。
- ②对称施焊,即由两名焊工分段对称顺序施焊。
- ③严格控制同类型焊机及焊接电流等参数。
- ④对接前根据上节柱安装偏差值,计算后在管口实行机械打磨,保持焊缝间隙基本一致。
- ⑤增设防变形卡板。

3.3 钢管柱安装质量控制

1)按设计图样绘出柱位图,并按顺序编号,核对图样,确定每根柱的节点标高和节点做法,制订工艺方案及焊接工艺流程,指导施工。

2)加工好的钢管柱运达现场后,进行尺寸、外观的二次检验,符合要求方可安装。

3)现场焊接必须满足焊接工艺要求,焊条在使用前应在烘箱内焙烘,严禁使用湿焊条。

4)焊接完成后应去除焊渣、飞溅等,同时进行外观检查,表面应平整,不得有漏焊、偏焊、微裂纹、气孔、弧坑和夹渣等现象。并按规范要求对焊缝进行超声波无损探伤检测,不符合要求的需进行返修,同一部位返修不得超过3次。

5)在焊接过程中全程用经纬仪监测,及时调整焊接部位,以调整柱身垂直度。对接环缝焊接好后,应对柱身垂直度及标高进行复核,并做好偏差值记录,以便下次安装调整,防止出现累积误差。

6)焊工必须有岗位操作证并具有丰富的钢结构焊接施工经验,施工中建立焊接记录卡,焊接柱与焊工编号相对应。

7)按设计需焊在钢管外壁上的零部件,包括墙体拉结筋,均应在管内混凝土浇灌前焊好,避免在浇灌之后施焊,更不得在已浇好混凝土的管壁上用气割开洞。

4 管内混凝土的浇筑

钢管混凝土的浇筑,采用立式手工浇捣法,振捣采用插入式加长振捣棒。混凝土强度等级设计为-1~8层C40,9~14层C35,15层以上C30。

4.1 钢管混凝土施工缝处理

施工缝设置在距钢管上端口30cm处,以免焊接高温影响混凝土质量。浇灌时,混凝土浇至管顶30cm处,清除浮浆层至坚硬混凝土面后加盖养护。

4.2 钢管混凝土泌水与空鼓现象的处理

钢管的密闭性使混凝土中水分无法析出,加上振捣棒在狭小管内振捣,粗骨料相对下沉,砂浆上浮,使混凝土中多余水分上浮至管顶,在管顶形成砂浆层和泌水层。混凝土在硬化过程中的收缩,也易导致管壁与混凝土粘结不紧密,造成空鼓现象。针对以上问题,经对钢管混凝土施工的各个环节进行分析,采取如下措施:

- 1)严格控制碎石级配,钢管混凝土所有碎石必须是0.5~4cm连续级配。

2)严格控水灰比:结合现场实际情况,决定混凝土的浇捣方案采用塔吊吊运浇捣,而不采用泵运混凝土。为尽量减少混凝土用水量,改善混凝土的粘聚性与和易性,在混凝土里掺入水泥用量2%的TW—3系列高效减水剂。根据试验室试配结果,水灰比控制在0.40时,坍落度可达15cm,完全满足施工需要。

3)在混凝土中掺入水泥用量12%的HEA高效膨胀剂,补偿混凝土收缩。

4)一次投料振捣高度不超过1.5m,用混凝土体积控制高度,振捣时间以混凝土表面无气泡泛出为准,设专人监控。

5 节点区钢筋混凝土的施工

5.1 节点区钢筋的绑扎

在节点区H型钢牛腿处有梁主筋、腰筋、箍筋等钢筋,虽然设计上并没要求纵筋贯穿钢管柱,但要求所有纵筋应尽伸至钢管柱壁。由于两柱间间距已固定,为方便梁钢筋的安装绑扎,支模时只能先支梁底模,待梁筋安装绑扎清楚后再支梁侧模。

5.2 节点区混凝土的浇筑

在梁两端H型钢牛腿有1.05m长,其上翼缘距梁旁模板只有5cm,混凝土浇捣难度大,如果施工不到位,会严重削弱节点强度,给工程留下隐患。为保证节点区混凝土的密实性,经设计单位同意,在每个牛腿上下翼缘板上等间距地开4个 $\phi 30$ 的圆孔泌水排气洞,泌水排气洞的位置应与梁纵筋错开,浇捣钢牛腿处混凝土时,从牛腿外端向内进料,在牛腿翼缘两侧用小直径振动棒振捣密实。

6 钢管混凝土柱的经济效益分析

6.1 节省材料,方便施工,缩短工期

采用钢管混凝土柱时,由于钢管对其内部混凝土的有效约束作用,可以仅控制长细比而不必限制轴压比,柱截面尺寸仅受强度条件控制。据不完全统计,在高层建筑设计中,同等条件下,与钢筋混凝土柱相比,可节约混凝土50~60%,若与全钢结构的钢柱相比,则可节约钢材50%左右。钢管混凝土

结构施工时,不需要模板,既节省了支模、拆模的材料和人工费用,也节省了时间。

由于钢管混凝土柱的外皮钢管具有钢筋的功能,兼有纵向钢筋和横向箍筋的作用,所以管内没钢筋,省了钢筋下料和绑扎钢筋等一系列工艺,也便于混凝土的浇注和捣实;钢管本身可以做为劲性骨架承担施工阶段的施工荷载和结构重量,施工不受混凝土养护时间的影响;在混凝土浇筑后,钢管内处于相当稳定的湿度条件,水分不易蒸发,又省去浇水养护工序,简化了混凝土的养护工艺。

6.2 避免不必要地提高楼板的混凝土强度等级

设计上,高层建筑框架柱的混凝土强度等级往往要比梁板的高得多;而施工中,梁柱节点区的混凝土与楼层梁板混凝土处于同一施工环节,为了保证节点的受力性能,就需要为这些节点特别开“小灶”,如此一来,给施工增加了工序,造成不便。因此在实际工程中,为方便施工,对于柱混凝土强度等级不超过C40的,往往通过提高梁板混凝土强度等级来解决这一矛盾,通常的做法是梁板的混凝土强度等级仅比柱的低一级,有的工程甚至干脆将梁板柱统一采用较高的混凝土强度等级,这无形中就增加了梁板的造价。若采用钢管混凝土柱,由于钢管壁把柱核心混凝土与楼层梁板混凝土完全隔离,梁板可根据受力要求确定其所需要的混凝土强度等级,而不受柱混凝土强度等级的影响。

6.3 减少柱截面,增加有效使用面积

同等条件下,钢管混凝土柱截面比钢筋混凝土柱可减少50%以上,轮廓尺寸也比钢柱小,从而节省了结构占用面积,扩大了建筑物的使用空间和有效使用面积。

7 结束语

钢管混凝土柱结构应用在高层建筑结构中有很多优越性,正在得到越来越多的重视和越来越广泛的应用。本文作者从白马大厦这一实际工程实践出发,探讨了钢管混凝土柱的施工技术和质量控制,供同行们共同切磋和研究。