

空心锥形墩柱施工技术在西六环 跨永定河大桥工程中的应用

程海风

(北京翔鲲水务建设有限公司 100192)

摘 要 以北京市六环路(良乡—寨口段)公路工程 11 标永定河跨河桥(其下部结构为空心锥形墩柱,上部为现浇箱梁桥)为例,详细地介绍了将空心锥形墩柱结构分 2 期进行施工(一期进行空心部分施工,二期进行顶部实心部分施工)的特点和主要过程,总结出通过采用模板自行设计、内模控制外模等创新工艺,降低劳动强度、节能减耗、降本增效,为今后类似工程建设提供参考。

关键词 空心锥形墩柱;西六环;永定河大桥;施工方法

中图分类号 TV52 **文献标志码** B **文章编号** 1673-4637(2016)增刊 1-0041-06

Application of conical hollow pier construction technology in West of six ring across Yongding river bridge

CHENG Haifeng

(Beijing Xiangkun Waterworks Construction Co., LTD., Beijing, 100192, China)

Abstract Beijing six ring (award to village mouth section) 11 the highway engineering, Yongding river bridges is now open to traffic operation, its infrastructure is conical hollow pier column, the upper for cast-in-situ box girder bridge. After repeated calculation, according to the engineering characteristics of conical hollow pier structure is divided into two phases, a period in the hollow part of the construction, at the top of the solid part of the construction of phase ii. Through independent innovation, using the template design, internal model control mode, such as process innovation, not only reduces the labor intensity, and energy saving and consumption reduction, the authors advocate the purpose of efficiency.

Keywords conical hollow pier; West six ring; Yongding river bridge; construction experience

北京市六环路(良乡—寨口段)公路工程 11 合同段,标段起点接广宁路立交,跨过永定河、规划河滩路后,继续向北跨过永定河引水渠,与 109 国道分离式立交相接。本标段(11# 标段)起止桩号 K25+300~K27+446.254,路线长 2 146.254 m(其中桥长 1 943.034 m)。

永定河跨河桥锥形墩柱共 14 个,柱高分别为 12、14、16 和 17 m。

1 施工工艺

跨永定河锥形墩柱结构分 2 期进行施工,一期空心部分的施工,二期顶部实心部分的施工。由于结构形式特殊,一期混凝土施工时先进行内模安装,再进行钢筋绑扎,最后进行外模支护,即“内模控制外模”,此法要求承台表面必须水平。

收稿日期:2016-11-04

作者简介:程海风(1982—),男,工程师。

1.1 施工工序

承台凿毛、清理→测量放线→一期内模板安装→一期钢筋制安(钢筋的制作与安装)→一期外模板安装→一期混凝土浇筑→一期混凝土养护→一期内模板拆除→一期混凝土凿毛、清理→二期底模安装→二期钢筋制安→二期外模安装→二期混凝土浇筑→二期混凝土养护→二期模板拆除→成品保护

1.2 承台凿毛与清理

对承台混凝土表面进行凿毛, 凿毛深度不小于 2 ~ 3 cm, 且以露出新鲜骨料为标准; 凿毛部分清理干净, 无积水杂物, 保证承台表面与墩柱结合良好。

1.3 测量放样

利用审批后的导线点为基准点, 建立锥形墩柱位置轴线控制网。通过全站仪对锥形墩柱中心位置进行坐标放样, 并标出内模与外模的位置线。

2 一期模板制作和安装

2.1 模板的制作

2.1.1 模板高度确定

根据空心墩柱结构特点, 自行设计墩柱外部模板结构型式, 经过反复计算验证每节钢模板高度, 最后确定为 1.5 m。

2.1.2 钢模加工

(1)外模面板采用 6 mm 钢板, 水平边框、竖直边框采用 12 mm 扁钢; 纵肋采用 [] 型 10[#] 槽钢, 环肋采用 8 mm 扁钢, 环背肋采用面对面双 [] 型 10[#] 槽钢, 连接法兰采用 20 mm × 200 mm × 3 00 mm 钢板, 见图 1。

(2)内模板采用 5 mm 钢板, 边框采用 10 mm 扁钢, 背肋采用双 [] 型 10[#] 槽钢, 环肋采用 8 mm 扁钢, 竖肋采用 [] 型 8[#] 槽钢。



图 1 墩柱模板

(3)墩柱模板采用体内对拉的形式, 内模采用钩栓、木方加固, 见图 2。

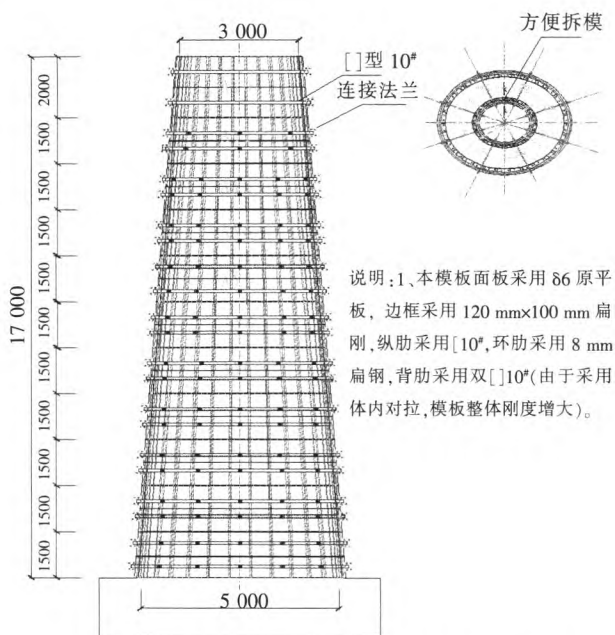


图 2 17 m 锥形墩柱(16:1) mm

采用自主创新设计加工标准化的钢模板结构型式。
(4)模板质量允许偏差及检验方法见表 1^[1]。

表 1 模板质量允许偏差及检验方法

序号	名称	允许偏差/mm	检验方法
1	模板高度	±2	钢卷尺
2	模板宽度	±2	钢卷尺
3	直径	≤3	钢卷尺
4	板面平整度	2	2 m 靠尺、塞尺
5	邻接面板拼缝高低差	≤0.5	2 m 靠尺、
6	相邻面板拼缝间隙	≤0.8	塞尺
7	边框平直度	2	5 m 靠尺、塞尺
8	模板翘曲度	L/1 000	在平台上拉对角线
9	连接孔中心距	±1	钢尺
10	油漆	无漏余、无流点	目测

注: L 代表: 模板高度

2.2 内模板支架搭设

根据墩柱的中心线搭设模板内支架, 支架随墩柱形状变化而变化, 故搭成塔式支架, 每层支架高 1.5 m, 沿墩柱中心线搭设间距为 0.6 m × 0.6 m 的支架, 支架底部在原 0.6 m × 0.6 m 基础上向四周扩大支架面积, 然后随墩柱变化而向内收缩支架, 且保证正常施工使用, 支架搭设随模板安装同时进行, 每搭设一步支架, 随后支护一层模板, 反复循环, 直到图纸规定高度为止, 且保证支架垂直度, 支架具体见图 3。

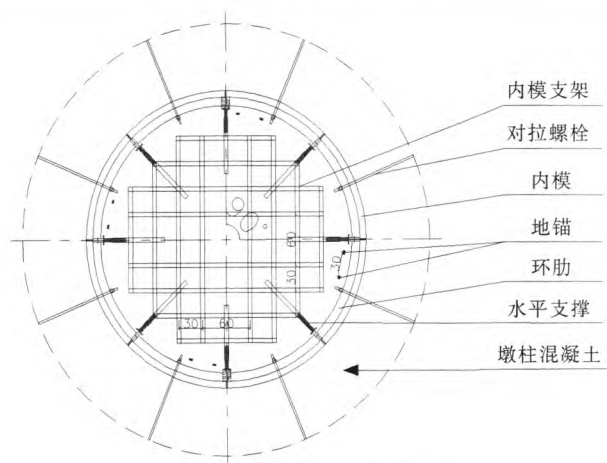


图 3 内模板支护示意

2.3 内模板的安装

2.3.1 安装前准备

内模板安装前必须按墩柱中心线确定模板位置线；浇筑承台时，在内模板位置内预埋直径不小于 25 mm 钢筋地锚，间距 700 mm，用来固定模板底脚。钢模板底脚和地锚之间用方木固定，木楔进行紧固，防止模板移动。

2.3.2 模板固定

为了防止模板因混凝土的浮力较大而浮动，在承台内预埋 8 个 25 mm 钢筋弯成 U 字型地锚，地锚间按“十”字型布置(两两相邻)，模板安装完成后在模板上口呈“十”字型放置 2 根 12# 工字钢压梁(位于结构上方，用于增强整体稳定性的混凝土或钢筋混凝土浇筑梁)，然后用吊链将压梁与地锚相连(每个压梁与 4 个地锚相连)。

2.3.3 内模安装

(1)模板安装采用人工配合吊车进行，模板安装前先将模板底部用海绵条封密实，防止漏浆。

(2)模板自下向上进行安装，在安装过程中，每搭设一步塔架随后支护一层模板，且每拼装 2 层模板后，用垂球、十字线和经纬仪交会控制模板的垂直度，并及时用螺栓将模板连接牢固，反复循环，直至安装完毕。

(3)为保证混凝土的外观质量，模板拼装前要均匀涂刷脱模剂。重复使用模板时，表面要清理干净后再使用。

(4)为了保证施工安全，在墩柱模板的 2/3 处设置 4 根临时缆风绳(又称拖拉绳或缆绳。连接桅杆顶部支承件与拖拉坑间的拉索，用以保持桅杆的直立和稳定)，呈“十”字型布置。

(5)在每一层模板的接缝处用钢管和顶托做水平支撑，每层平均放置 8 个支撑。

2.3.4 模板加固

为了防止模板因混凝土的浮力较大而浮动，模板安装完成后在模板上口呈“十”字型放置 2 根 12# 工字钢压梁，然后用吊链将压梁与地锚相连，见图 4。



图 4 墩柱内模吊装及内部支撑体系搭设

2.4 钢筋加工

钢筋绑扎前，先将预埋钢筋表面的水泥浆清除干净，严格按照设计图纸进行；并搭设施工脚手架，施工脚手架分 2 期搭设，一期搭设 10 m，二期搭设 8.5 m。一期支架施工完毕后进行部分钢筋绑扎，钢筋绑扎时由吊车吊起成品钢筋，放置支架内进行施工，待钢筋绑扎到与一期支架等高时进行二期支架施工，待二期支架施工完毕后进行剩余钢筋绑扎，且在墩柱顶处设置工作平台，并做 1.5 m 高防护栏。由于墩柱为锥形，脚手架水平杆靠近墩柱一侧用焊接钢筋头插入内模对拉螺栓孔内的方法进行固定，见图 5。

2.4.1 焊接准备

钢筋的种类、型号和直径等要符合设计文件的规定。每批进场钢筋必须进行严格的材质检查，使用前按规定做拉力、延伸率、冷弯试验以及焊接工艺性能试验。

2.4.2 钢筋绑扎

将预埋在承台内的钢筋按测量放线位置对中调直，然后先连接纵向受力钢筋，之后再绑扎好全部箍筋。

按设计位置布好箍筋，并绑扎于主筋上，与主筋



图 5 墩柱外模吊装

贴紧, 注意位置要精确, 间距符合设计要求。

箍筋搭接长度按图纸要求采用单面焊, 焊接长度不小于 10 倍钢筋直径, 焊缝要饱满, 无咬肉 (母材部分没焊满) 现象。

墩柱钢筋主筋保护层厚度采用 5 cm 塑料垫块控制, 垫块呈梅花型绑扎, 其沿柱高的间距不超过 1.0 m, 横向间距不得超过 1.0 m。

2.4.3 安装偏差

钢筋加工及安装允许偏差: ①受力钢筋间距 2 排以上排距 ± 5 mm, 同排 ± 20 mm; ②箍筋 ± 10 mm; ③钢筋骨架尺寸: 长 ± 10 mm, 直径 ± 5 mm; ④保护层厚度 ± 5 mm^[2]。

3 外模板安装

3.1 外支架搭设

模板外支架搭设呈“口”字型, 支架步距为 1.2 m \times 1.0 m, 每层高度 1.5 m 的双排脚手架^[3]。在墩柱顶处搭设施工平台, 支架高出施工平台 1.5 m 的防护栏, 并挂防护网, 在施工平台下方设安全网, 防止施工人员或施工物料坠落。

3.2 外模板的安装

3.2.1 外模板固定

外模板安装前必须按墩柱中心线确定模板位置线;

浇筑承台时, 在外模板位置外预埋直径不小于 25 mm 钢筋地锚, 间距 700 mm, 用来固定模板底脚。钢模板底脚和地锚之间用方木固定, 木楔进行紧固, 防止模板移动。

为了防止模板漂模, 在承台内预埋 8 个 25 mm 钢筋弯成 U 字型地锚, 地锚间按“十”字型布置 (两两相邻), 模板安装完成后在模板上口呈“十”字型放置 2 根 12# 工字钢压梁 (与内模板压梁重叠), 然后用吊链将压梁与地锚相连。

3.2.2 模板的安装

(1) 模板安装采用人工配合吊车进行, 模板安装前先将模板底部用海绵条封密实, 防止漏浆。外模每层分 2 块, 分块进行安装。

(2) 模板自下向上随支架搭设进行安装, 每搭设一步支架随后支护一层模板, 由于墩柱为锥形, 支架为“口”字型, 因此墩柱与支架的距离会随墩柱的高度变化而增加, 故设置临时脚手板, 脚手板支撑采用 12# 槽钢和 40 cm 长 $\Phi 18$ mm 螺纹钢筋焊接而成, 槽钢与钢筋焊接 20 cm, 剩余 20 cm 插入模板孔内, 另一端搭在支架上, 槽钢上铺 5 cm 厚木板。每拼装两层模板后, 用垂球、十字线和经纬仪交会控制模板的垂直度, 并及时用螺栓将模板连接牢固。板块与板块之间安装密封条, 防止浇筑过程中跑浆。

(3) 为保证混凝土的外观质量, 模板拼装前要均匀涂刷脱模剂。重复使用模板时, 表面要清理干净后再使用。

(4) 为了保证安装过程中操作人员的安全, 墩柱模板周围用架子管搭设闭合脚手架, 并悬挂安全网。

3.3 模板连接

3.3.1 墩柱内、外模板连接

墩柱内、外模板使用对拉螺栓连接, 由于墩柱较高, 混凝土方量较大, 采用 M20 对拉螺栓, 螺母采用双螺母。

3.3.2 墩柱的外观质量

为了保证墩柱的外观质量, 外露面采用潜头对拉螺栓, 待拆模后将螺栓头拧出, 螺栓孔用 CU 乳液水泥砂浆按一定比例调成合适颜色, 将孔洞补平。潜头螺栓的缝隙处用胶皮垫封堵严密, 防止混凝土将潜头螺栓筑死; 如有拧不出的潜头螺栓就将其沿孔壁折断; 内模加蹄形橡胶垫圈, 待拆模后将橡胶垫圈剔除, 螺栓沿孔内壁折断, 用水泥砂浆将孔洞补平, 见图 6。

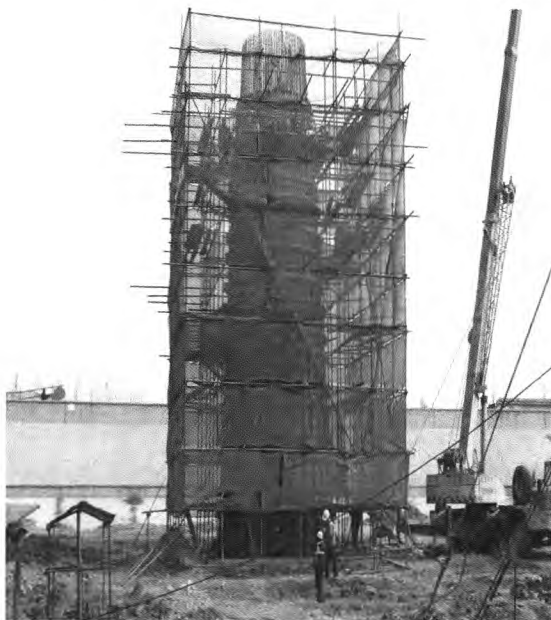


图 6 空心锥形墩柱模板安装完后整体外观

3.3.3 混凝土保护层

混凝土的保护层厚度用塑料垫块控制，垫块呈梅花型绑扎，其沿柱高的间距不超过 1.0 m，横向间距不得超过 1.0 m，浇筑混凝土前要将模板内清理干净。

3.3.4 模板固定

模板要固定稳定、坚固，且能抵抗在施工过程中可能发生的偶然冲撞；为了防止浇筑过程中墩柱发生偏移，在模板 1/3 处、2/3 处和顶部用钢丝绳做拉纤，用吊链拉紧，地锚固定。第一排地锚与地面成 45°角，第二、三排与地面成 60°角；每层拉纤布置 4 根，成 90°交角，为起到更佳的效果，每层拉纤交错布置；因施工现场在永定河道内，西北方向为“风口”，在墩柱顶部、1/3 处西北方向各增加 1 条风缆，避免风荷载对模板破坏。安装完成的模板必须保证完成浇注混凝土后不发生超过规范要求的变化量。

3.3.5 安装验收

模板安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高进行验收，合格后方可浇筑混凝土。

4 一期混凝土浇筑

4.1 混凝土浇筑

4.1.1 清仓

全面清理模板底部的杂物，清除尘土、水泥渣、焊渣、木片、绑丝及其他杂物，不得在仓内角落有聚集现象，保证模板表面清洁。

4.1.2 混凝土浇筑

清仓完毕后进行墩柱混凝土浇筑，混凝土浇筑采用混凝土输送泵车进行，混凝土标号为 C40W6，采用商品混凝土，根据天气状况，塌落度应控制在 14~16 cm，混凝土罐车运输，混凝土供应保证连续不能间断。混凝土浇筑采用泵车分层一次性浇筑完成，每层厚度不超过 30 cm^[4]。为了保证模板的稳定性，混凝土的浇筑速度不能超过 1.0 m/h。14 个墩柱全部混凝土用量为 2 265 m³。

混凝土入仓采用串筒配合泵车进行，全段面布置 4 个下料口，成 90°布置。为了防止混凝土浆溅到模板上，串筒下口距混凝土浇筑面不得超过 1.0 m，由于串筒斜挂，因此特别注意防止混凝土产生离析现象。

4.1.3 混凝土振捣

混凝土采用 50 型振捣棒进行振捣，混凝土振捣插点要按照先振靠外模的一侧，再振靠内模的一侧，然后振捣中间。插点要均匀排列、逐点移动、顺序进行，避免漏振与过振。振捣棒在每一插点上的振捣延续时间，以混凝土不显著沉落、不出现气泡和表面泛浆并不产生离析时为宜，振捣控制时间约为 25 s^[5]，要快插慢拔。人工剔除面筋与模板间所夹较大粒径石子，防止出现麻面。混凝土振捣分区由专人负责，建立个人责任制。

因墩柱较高，浇筑混凝土时选用有经验的振捣工人入模振捣，技术、质检人员监督。在接近顶部时，振捣人员站在模板顶部的工作台上，用振捣棒插入到模内振捣混凝土。振捣时保证质量，防止混凝土面出现气泡，防止漏振，同时避免过振出现花纹。

4.1.4 过程控制

浇筑过程中对模板位移由专人进行监测控制，采用挂垂球和经纬仪交会 2 种方式来控制模板在浇筑过程中的垂直度，以便在模板发生变形时及时处理。

混凝土浇筑到夜间时，在拉纤上安装警示灯，防止混凝土运输车等车辆刮蹭到拉纤，造成模板偏移。

4.2 一期混凝土养护及拆模

4.2.1 温度控制

在每个墩柱顶部布置 2 个测温孔，孔深 60~80 cm，内置机油，采用留置在孔内的玻璃温度计测温，观察墩柱升温情况。各测温孔每 2 h 测 1 次，根据温度测出的温度采取相应温控措施。温度开始降低后，每 4 h 观测 1 次，直至拆模前停止观测，由于测温孔在墩柱顶部，测温人员每次观察温度时通过折叠马道上下墩柱，马道设置在墩柱的一侧，宽 90 cm，用架子管搭设，下铺 5 cm 木板，在木板上钉小木条防滑，两侧安

置 1.2 m 高栏杆。

4.2.2 混凝土养护

混凝土浇筑完成后,应在收浆后尽快予以覆盖和洒水养护,防止墩顶开裂。覆盖时不得损伤或污染混凝土表面。

为了防止混凝土顶部开裂,墩顶采取洒水养护,不得低于 7 d,且注意温差不得超过 20℃。

4.2.3 模板拆除

内模板拆除时,遵循“先搭后拆”的顺序从上至下拆除,先进行内塔架拆除,首先将水平支撑卸载,然后进行第一层塔架拆除,随后拆除第一层模板,反复循环此工序,直到全部拆除完毕,施工人员拆完内模并清理干净后通过软梯出孔。

在进行内膜拆除时要先对孔内进行通风,确认孔内空气清新后方可进入孔内施工。

4.3 二期混凝土施工

4.3.1 钢筋绑扎

钢筋绑扎间距、保护层厚度要符合设计要求,其余与一期要求相同。

4.3.2 模板支护

(1)一期混凝土到达养护期后,将模板拆除,开始进行柱顶模板支护。模板从上至下分块拆除,内支架同模板一起拆除,施工时注意安全,拆模时要加强对成品混凝土的保护。

(2)模板拆除完成后,将孔内杂物清理干净;待二期模板的预埋件焊接完成后即可进行模板支护,埋件采用 2 cm 厚钢板。二期模板底部用 2 道 16# 工字钢做底部支撑,16# 工字钢上部为 10 cm × 10 cm 方木,间距 40 cm。方木上部铺 5 cm 厚的木板,上贴一层多层板。模板与一期混凝土要密贴,用海绵条密封牢固,防止漏浆。

(3)外模材质与一期相同,用模板箍和对拉螺栓进行连接。

4.3.3 混凝土浇筑

混凝土浇筑采用混凝土输送泵车进行,为保证模板均匀受力,浇筑速度不宜过快,必须控制在 1.0 m/h 以内。二期混凝土采用一次性浇筑完成,每层浇筑厚度不得高于 30 cm^[4]。采用 50 型振捣棒,振捣要密实,不得漏振或过振。要求与一期相同。

4.3.4 模板拆除

模板拆除时必须从上至下进行,且不得交叉作业,模板随拆随运,采用吊车运输至地面。为使混凝土保持湿润状态,拆除模板后立即用塑料薄膜将墩柱

包裹,见图 7。

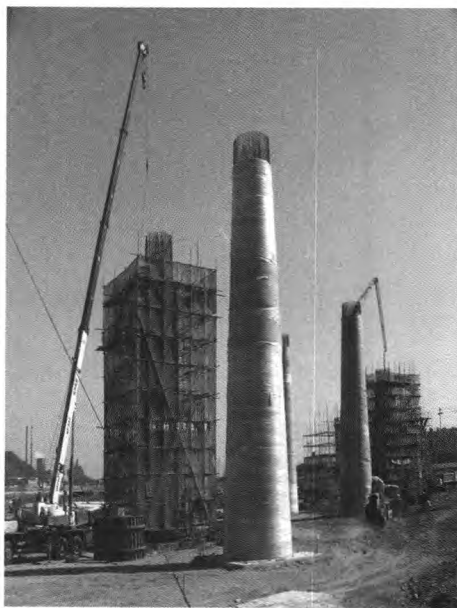


图 7 空心锥形墩柱

5 结束语

此工艺经专家组多次会议论证,并且从工程实践出发,最终取得了工程内在质量、外观、工期等几个目标的统一,达到优质效果。

结果证明,运用上述工艺后,特别是创新设计的锥形墩柱钢模板,其制作及安装比使用一般常用的建筑模板费用低很多,创新施工工艺更为便捷,单根墩柱施工工期缩短了 7 d,而且模板可以周转,节约成本 20 万元,其外观质量各项强度指标均满足设计及规范要求,获得业主等有关领导单位的一致好评,最终达到了提高劳动效率、节能减排和降本增效的目的。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.组合钢模板技术规范:GB/T 50214-2013[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [2] 中华人民共和国交通部.公路工程质量检验评定标准:JTG F80/1-2004[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [3] 中华人民共和国建设部.建筑施工扣件式脚手架安全技术规范:JGJ 130-2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [4] 中华人民共和国交通部.公路桥涵施工技术规范:JTG/T F50-2011[S].北京:人民交通出版社,2001.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土质量控制标准:GB 50164-2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

(责任编辑:张少文)