

金刚石钻切技术在超高层建筑拆除工程中的应用

杨光值, 张璐琳

(北京发研工程技术有限公司, 北京 100102)

摘要:随着我国建筑业的飞速发展,一些存在安全隐患或不满足功能要求的超高层建筑需要拆除,如果项目位于城市中心地带,目前传统的拆除施工方法(如:机械拆除、爆破拆除)很难满足绿色环保及对保留结构保护性拆除施工的要求。天津某项目4栋>100 m的超高层建筑需拆除重建,采用金刚石工具(绳锯和薄壁钻)钻切技术方法进行拆除,完全克服了传统拆除方法存在的诸多弊端,充分展现了金刚石钻切技术高效、安全、环保、节能、无损性方面的优势,圆满完成施工任务,得到了业主及外界一致认可,其中相关的关键技术成果可为类似超高层建筑拆除施工提供参考依据。

关键词:超高层建筑拆除;金刚石钻切技术;无损性拆除;金刚石绳锯;薄壁钻

中图分类号:TU746;P634 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2025)06-0136-06

Application of diamond drilling and cutting technology in super high-rise building demolition projects

YANG Guangzhi, ZHANG Lulin

(Beijing Fayan Engineering Technology Co., Ltd., Beijing 100102, China)

Abstract: With the rapid development of China's construction industry, some super high-rise buildings with potential safety hazards or failure to meet functional requirements need to be demolished. If such projects are located in urban central areas, traditional demolition methods (such as mechanical demolition and blasting demolition) can hardly meet the requirements of green environmental protection and protective demolition of retained structures. A project in Tianjin involves the demolition and reconstruction of 4 super high-rise buildings over 100 meters in height. The diamond tool (wire saw and thin-walled drill) drilling and cutting technology was adopted for the demolition, which completely overcame the drawbacks of traditional demolition methods. It fully demonstrated the advantages of diamond drilling and cutting technology in terms of high efficiency, safety, environmental protection, energy saving, and non-destructiveness, successfully completing the construction task and gaining unanimous recognition from the owner and the public. The relevant key technical achievements can provide a reference for similar super high-rise building demolition projects.

Key words: super high-rise building demolition; diamond drilling and cutting technology; non-destructive demolition; diamond wire saw; thin-walled drill

0 引言

随着我国建筑业的飞速发展,一些存在安全隐患或不满足功能要求的超高层建筑拆除势在必行。目前国内外拆除超高层建筑主要有机械破碎拆除法、液压钳剪切拆除法、爆破拆除法等,但以上这几种常规施工方法由于施工工艺的限制均无法做到

无粉尘、无噪声、无振动施工。天津某项目4栋>100 m的超高层建筑需拆除重建,项目难点是需保留基础底板及侧墙,对其不能产生任何扰动及损伤;同时项目处于城市繁华地段,不能影响周边居民正常生活。在国外,金刚石钻切技术^[1]已经被广泛应用,金刚石工具钻切施工方法具有无损性、安

收稿日期:2025-07-07; 修回日期:2025-09-15 DOI:10.12143/j.ztgc.2025.06.018

第一作者:杨光值,男,汉族,1978年生,高级工程师,勘察工程专业,从事结构改造加固工作,北京市朝阳区利泽中1路1号,164767880@qq.com。

引用格式:杨光值,张璐琳. 金刚石钻切技术在超高层建筑拆除工程中的应用[J]. 钻探工程, 2025, 52(6): 136-141.

YANG Guangzhi, ZHANG Lulin. Application of diamond drilling and cutting technology in super high-rise building demolition projects [J]. Drilling Engineering, 2025, 52(6): 136-141.

全、高效、节能、环保等技术特点及优势,可很好解决常规施工方法无法解决的难题。然而在国内该技术主要应用于建筑物的局部结构改造拆除施工^[2-4],针对超高层建筑拆除还没有相应的管理规范 and 标准,该领域很多关键技术和基础问题都需要进一步研究。

1 工程概况

本项目由4栋超高层、3栋小高层、12栋洋房及整体地下1层无梁楼盖车库组成,总建筑面积20多万m²,其中1、18、19号楼结构形式为剪力墙结构,单层建

筑面积678 m²,2号楼结构形式为框筒结构,单层建筑面积1200 m²,基础为桩基筏板,1号楼高102 m,18号楼高110 m,19号高112 m,2号楼高120 m。项目完工于2017年,因施工质量问题需整体拆除重建(只保留底板及侧墙)。

2 施工方案确定

2.1 施工方案的比选

对不同拆除方法进行了大量调研和比选,对比情况见表1。

表1 金刚石钻切技术与常规施工技术方法对比				
Table 1 Comparison of the diamond drilling and cutting technology and conventional construction techniques				
拆除方法	原 理	优 点	缺 点	应用范围
机械、人工破碎拆除法	通过泵站输出高压油或气体驱动缸体产生冲击力,经机械装置对混凝土构件产生冲击,从而实现破碎拆除	造价较低,作业简单	粉尘、噪声、振动污染严重,对保留结构扰动及损伤严重	施工环境要求不高,破坏性拆除
液压钳剪切拆除法	经机械装置使液压钳的可动颚和固定颚一张一合,夹住拟拆除混凝土构件进行反复挤压,以达到剪切破碎混凝土	对保留结构扰动及损伤相对较小,噪音、粉尘污染较小	需机械、人工破碎拆除配合,粉尘、噪声、振动污染严重,对保留结构扰动及损伤严重	施工环境要求不高,破坏性拆除
爆破拆除法	通过钻凿爆破孔,埋设炸药等产生瞬间膨胀力对混凝土构筑物进行整体破坏性拆除	施工速度快	粉尘、噪声、振动污染严重,需机械、人工破碎拆除配合,对地下管网破坏无法评估	特定施工环境,整体破坏性拆除
金刚石钻切拆除法	采用金刚石系列工具在设备驱动下对钢筋混凝土进行磨削,对建筑物保留结构进行无损性的切割分离,结合回顶支撑与吊装实现混凝土构件分段(块)拆除	无粉尘、无噪声、无振动,对保留结构无任何扰动及损伤,施工速度快(采用分段整体拆除)	施工组织要求高,相对机械破碎拆除成本较高	施工环境要求较高,结构改造加固工程需保留部分结构的拆除
高压水力破除拆除法	混凝土为多孔材料,高压水射流穿透混凝土孔隙产生内压,当内压超过混凝土的抗拉力时混凝土即被破除,混凝土内钢筋原样完好保留	无粉尘、无振动,对保留结构无任何扰动及损伤,钢筋原样完好保留	水射流破除噪声较大,成本较高	施工环境要求较高,要求保留被拆除混凝土构件内原钢筋或混凝土表面凿毛

由表1可以看出,机械、人工破碎及液压钳剪切拆除法适用于施工环境要求不高、整体破坏性拆除,无法实现保护性拆除;爆破拆除法适用于特定施工环境,整体破坏性拆除;且以上3种拆除方法均很难满足绿色环保施工的要求。高压水力破除拆除法近几年由国外引入,施工成本高,效率也远远无法满足项目要求。金刚石钻切拆除施工方法具有无损性、安全、高效、节能、环保等技术特点及优

势,满足了本项目的既定目标需求,因此本项目最终选用金刚石钻切拆除施工方法对超高层建筑拆除,可以保证基础底板及侧墙保留结构不受到任何扰动及损伤,确保后续新建结构安全。

2.2 金刚石钻切拆除法的技术特点^[1]

2.2.1 无损性

通过金刚石薄壁钻钻头、锯片、绳索等系列金刚石工具在设备驱动下对钢筋混凝土进行磨削切

割,最终达到静态分割后形成分离,所以在拆除的过程中对需要保留的钢筋混凝土结构不会产生任何扰动及损伤,从而实现无损性拆除的目的,这是其它拆除方法无法实现的。

2.2.2 安全、高效

根据现场环境和吊装能力,可以对混凝土按不同体积和质量进行任意的静态切割分离,而不受钢筋混凝土强度和钢筋含量的限制,选择合适配方的金刚石工具可以实现快速的钻切施工,施工效率高。同时该施工方法以轻型机械化、自动化遥控操作作业为主,并且避免了其它拆除方法施工过程中所带来的振动、噪声、粉尘和碎块渣土脱落等引起的不安全因素,安全系数相对更高。

2.2.3 节能、环保

采用金刚石工具钻切分离下来的钢筋混凝土块体不需再进行破碎,可以直接大块体运输清运,并且还可以二次翻新重复利用,大大节约了人力、物力资源。钻切施工中采用可循环利用的水作为冷却冲洗润滑介质,不但把钻切施工过程中磨削下来的钢筋混凝土粉屑带走,避免了粉尘污染,而且施工的机械设备全部为液压驱动,施工中无振动、无噪声,和传统的人工、机械、爆破等方法相比,在节能减排与环保方面其特点和优势十分突出。

3 工程难点及关键技术措施

3.1 绿色环保要求

项目处于繁华地段,拆除过程中不能影响周边居民正常生活,拆除过程中需要做到无粉尘、无噪声污染,绿色环保施工。金刚石钻切拆除法的节能、环保特性充分契合了项目的需求,但金刚石钻切拆除法钻切产生的泥浆水收集及处理需满足环保要求。

施工过程中,切割产生的泥浆水在地下一层车库设置围堰进行收集,经三级沉淀后进行二次利用及采用排污车进行消纳排放。

3.2 拆除渣土垂直运输

超高层建筑拆除的大量渣土需要垂直运输至地面,运输过程中需防止碎块渣土脱落造成伤害。结合现场吊车站位及需拆除楼高度,1、18、19号楼选用400 t履带吊定点吊装,2号楼选用FZQ1380型压重式动臂塔吊吊装,拆除楼外立面搭设临边防护。

3.3 快速高效拆除

为保交房期限,项目需要高效、快速的拆除重建,要求最大限度的降低舆情影响。合理分块尺寸及钻切速度是决定因素,钻切速度快慢取决于金刚石系列工具的选择,为了实现快速钻切混凝土,针对本项目钢筋混凝土标号及钢筋含量,通过本公司大量实际工程应用案例,最终选择中等强度的胎体配方、高品级中粒度的金刚石孕镶金刚石绳索及钻头^[5-9]。

按照吊装设备的吊装能力以及现场最不利吊装工况进行金刚石钻切分块,结合需拆除超高层结构形式,2号楼每切割块体质量控制在20 t以内(图1),1、18、19号楼每切割块体控制在15 t以内(图2)。

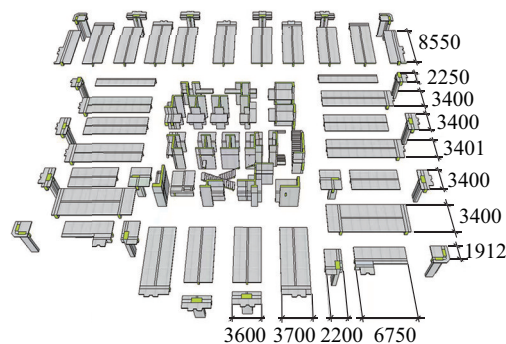


图1 2号楼分块示意

Fig.1 Block diagram of Building 2#

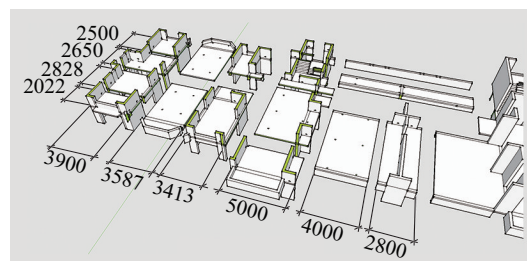


图2 1、18、19号楼分块示意

Fig.2 Block diagram of Building 1#, 18# and 19#

3.4 无损性拆除

需要保留底板及侧墙进行重建,拆除过程中确保对保留结构底板及侧墙不造成任何扰动及损伤,金刚石钻切拆除法的无损性满足了对保留结构保护性拆除的需求。同时为了确保保留的基础底板不因吊装设备碾压而产生扰动及损伤,400 t履带吊位于相邻拆后的洋房楼座上方,将楼座剪力墙拆除至底板以上1000 mm,利用剪力墙作为竖向支撑,

在剪力墙上做 400 mm 厚混凝土板, 混凝土强度为 C35^[10]。作为 400 t 履带吊吊装作业的活动区域, 计算时仅考虑竖向剪力墙受力, 为确保安全, 楼座剪力墙室内回填拆除后的二次结构土石料并夯实(图 3)。

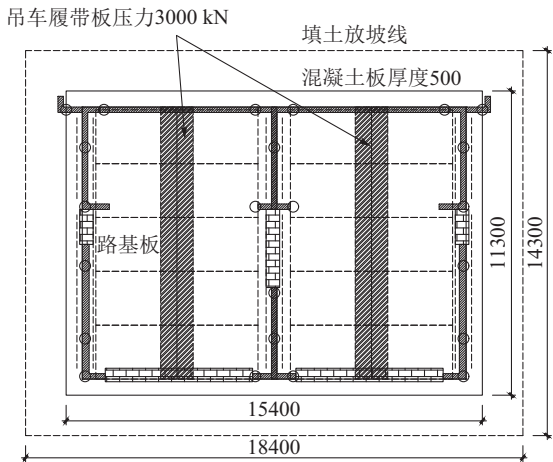


图 3 履带吊基础平面示意

Fig.3 Plan view of crawler crane foundation

FZQ1380 型压重式动臂塔吊基础利用原 2 号楼西边裙房 7 个桩承台作为基础, 在承台上架 2 根大梁作为塔吊基础底座^[11](图 4)。

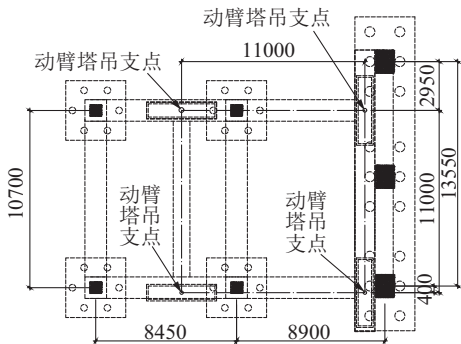


图 4 FZQ1380 塔吊基础平面示意

Fig.4 Plan view of FZQ1380 foundation

3.5 基础底板抗浮及侧墙土压力防护

因原有基坑支护体系已拆除, 在上部建筑拆除过程中底板不能因为受水浮力、侧墙受回填土压力而造成破坏受损。拆除全程对水位进行监测并实施降水, 确保拆除过程中水位低于基础底板底 1 m 以下^[12]; 车库顶板拆除时防止侧压力对侧墙造成破坏, 将基坑外土方开挖并进行护坡处理。

3.6 基础底板回弹预警值确定

拆除过程中为了确保底板及工程桩的安全, 必须准确确定基础底板回弹预警值并进行监测。相关规范一直未有明确的预警值规定, 这给底板监测增加了非常大的难度, 最终经过多次与设计院沟通及组织专家论证, 确定洋楼及小高层建筑拆除至底板后最大回弹预警值为 10 mm, 4 栋超高层建筑拆除至底板后回弹预警值为 15 mm。

4 施工过程

4.1 吊装设备安设

现场投入 3 台 400 t 履带吊、1 台 FZQ1380 型压重式动臂塔吊。吊装设备安设情况见图 5。



图 5 吊装设备安设

4.2 搭设临边防护

主体外侧防护架采用悬挑式双排脚手架^[13], 考虑到结构外立面造型复杂, 局部不具备布置钢梁搭设悬挑脚手架的条件, 尤其阳角处及钢梁布置遇框柱、暗柱等构件时, 在柱两侧布置悬挑主钢梁, 再横向布置次钢梁。

2 号楼悬挑脚手架从 18 层楼板开始搭设, 最大悬挑高度为 20 m, 立杆距墙中 500 mm, 立杆纵距 1500 mm, 步距 1800 mm, 外侧加腰杆, 腰杆间距 600 mm, 悬挑水平钢梁采用 16 号工字钢, 其中建筑物外悬挑段长度为 1.3 m, 建筑物内锚固段长度 2.3 m。1、19 号楼悬挑脚手架从 25 层楼板、18 号楼从 19 层楼板开始搭设, 最大悬挑高度为 20 m, 立杆距墙中 300 mm, 立杆纵距 1500 mm, 步距 1800 mm, 外侧加腰杆, 腰杆间距 60 mm, 悬挑水平钢梁采用 16 号工字钢, 其中建筑物外悬挑段长度为 1.3 m, 建筑物内锚固段长度 2.3 m。每个作业层铺设脚手板, 本工程外脚

手架采用大横杆在下、小横杆在上的形式,脚手板采用木跳板,脚手架搭设高度高出作业面 1.5 m(图6)。



图6 高层建筑搭设悬挑临边防护效果

Fig.6 Effect of cantilevered edge protection erection in high-rise buildings

4.3 钻切施工

4.3.1 工艺流程

钻切施工工艺流程为:确定切割位置→安装导向轮→安装绳锯机→连接相关操作系统→设置防护挡板→钻切。

4.3.2 施工步骤

4.3.2.1 固定绳锯机及导向轮

用专用锚栓固定绳锯主脚架及辅助脚架,导向轮安装稳定,且轮的边缘和穿绳孔的中心线对准,以确保切割面的有效切割速度,严格执行安装精度要求。

4.3.2.2 安装绳索

根据已确定的切割形式将金刚石绳索按一定的顺序缠绕在主动轮及辅助轮上,绳索的方向和主动轮驱动方向一致。

4.3.2.3 相关操作系统的连接及安全防护技术措施

根据现场情况,水、电、机械设备等相关管路的连接应正确规范、相对集中,走线摆放严格执行安全操作规程,以防机多、人多,辅助设备、材料乱摆、乱放,造成事故隐患。绳索切割过程中,绳索运动方向的前面用安全防护拦挡板,并在一定区域内设安全标志,提示行人不要进入施工作业区域。

4.3.2.4 钻切

启动电动马达,通过控制盘调整主动轮提升张力,保证金刚石绳索适当绷紧,供应循环冷却水,再启动另一个电动马达,驱动主动轮带动金刚石绳索回转切割。切割过程中密切观察机座的稳定性,随时调整

导向轮的偏移,以确保切割绳索在同一个平面内。

4.3.2.5 钻切参数选择

钻切过程中通过操作控制盘调整切割参数,确保金刚石绳索运转线速度在 18~20 m/s 左右,另一方面切割过程中应保证足够的冲洗液量,以保证对金刚石绳索的冷却,并把磨削下来的粉屑带走。切割操作做到速度稳定、参数稳定、设备稳定。

4.4 切割块体吊装

为了实现切割块体快速吊装,避免采用普通钢丝绳穿入钢丝绳时需要更大孔径的吊装孔,吊具选用 30×90 mm 起重圆环链条^[14],采用金刚石薄壁钻钻 $\varnothing 108$ mm 吊装孔,从而实现快速挂拆吊具(图7)。



图7 起重圆环链条吊装

Fig.7 Hoisting with lifting ring chain

5 取得的工程成果

本次4栋超高层建筑同时进行拆除施工,采用金刚石钻切拆除方法,未产生粉尘、噪声污染,项目共投入28台金刚石绳锯机、46台金刚石薄壁钻钻机,金刚石工具选择中等强度的胎体配方、高品级中粒度的金刚石孕镶金刚石绳索及钻头,施工效率达到了钻孔 1.5 m/h、切割 1.5 m²/h。其中1、18、19号楼每栋楼均布设6台金刚石绳锯机及10台金刚石薄壁钻钻机,平均3 d拆除一层,每层钻孔量约为300 m,切割面积约为250 m²,30层拆除工期为90 d;2号楼布设10台金刚石绳锯机及16台金刚石薄壁钻钻机,平均5 d拆除一层,每层钻孔量约为650 m,切割面积约为580 m²,21层拆除工期为105 d;在甲方要求的总工期目标内提前完成施工任务。基础底板最大回弹值因无相关规范及数据可查,经过多轮专家论证最终确定超高层拆除至底板后回弹预警值为15 mm,项目拆除最终底板最大回弹值仅为5 mm,充分体现了金刚石钻切拆除施工方法保护性拆除的无损性。

6 结语

号称“天津第一拆”的本项目拆除工程采用金刚石钻切拆除法实现了超高层建筑的分块切割和快速吊运,并解决了整体拆除重建需对保留结构底板及侧墙的完好保护,切割块体直接吊运至板车、外运至场外临时堆场、进行二次破碎消纳,施工现场无噪声、无粉尘、无振动污染,不但施工效率高、安全性能好,而且真正实现了环保型施工,得到了多个相关监管部门、业主及外界的高度认可,这是采用传统的施工方法根本无法实现的。金刚石钻切拆除法作为一种新型拆除超高层建筑的施工技术,具有良好的社会效益和经济效益,在今后的超高层建筑拆除或改造施工中应大力推广,不断促进此项施工技术水平的提高。

参考文献(References):

- [1] 中国工程建设标准化协会.既有混凝土结构钻切技术规程:T/CECS 472—2017[S].北京:中国计划出版社,2017.
China Engineering Construction Standardization Association. Technical specification for drilling and cutting of existing concrete structures: T/CECS 472—2017[S]. Beijing: China Planning Press, 2017.
- [2] 房江锋,严树,刘国栋,等.深基坑工程支护桩侵限切除及加固处理研究[J].钻探工程,2024,51(1):147-153.
FANG Jiangfeng, YAN Shu, LIU Guodong, et al. Study on the invasion limit excision and support piles reinforcement in deep foundation pit [J]. Drilling Engineering, 2024, 51(1): 147-153.
- [3] 段隆臣,谭松成.金刚石工具在钢筋混凝土结构修复改造中的应用与研究现状[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(6):34-38.
DUAN Longchen, TAN Songcheng. Application and research status of diamond tools on the repair and Reconstruction of reinforced concrete structure [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(6): 34-38.
- [4] 曹友权,潘鸿宝.无损钻切技术在宝钢二号高炉快速大修改造工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):54-57.
CAO Youquan, PAN Hongbao. Application of undamaged drilling and cutting technology in rapid renewal and reformation project for baosteel No.2 blast furnace [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011, 38(12): 54-57.
- [5] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
LIU Guangzhi. Diamond Drilling Handbook [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [6] 胡立,李俊萍,唐治建.水平定向钻进坚硬地层孕镶金刚石钻头的研究与应用[J].钻探工程,2024,51(6):85-90.
HU Li, LI Junping, TANG Zhijian. Development and application of impregnated diamond bit for horizontal directional drilling in hard formation [J]. Drilling Engineering, 2024, 51(6): 85-90.
- [7] 王英,李禹霄,张凯,等.深部硬岩钻探中孕镶金刚石钻头碎岩单元强化研究进展及建议[J].钻探工程,2024,51(5):1-11.
WANG Ying, LI Yuxiao, ZHANG Kai, et al. Research progress and suggestions on strengthening fragmented rock units of diamond bit in deep hard rock drilling [J]. Drilling Engineering, 2024, 51(5): 1-11.
- [8] 宋月清,刘一波.人造金刚石工具手册[M].北京:冶金工业出版社,2014.
SONG Yueqing, LIU Yibo. Handbook of Synthetic Diamond Tools [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2014.
- [9] 段隆臣.金刚石工具的设计与制造[M].武汉:中国地质大学出版社,2023.
DUAN Longchen. Design and Manufacture of Diamond Tools [M]. Wuhan: The Press of the China University of Geosciences, 2023.
- [10] 中国国家标准化管理委员会.塔式起重机安全规程:GB 5144—2006[S].北京:中国标准出版社,2007.
China National Standardization Administration. Safety code for tower cranes: GB 5144—2006 [S]. Beijing: China Standard Press, 2007.
- [11] 国家市场监督管理总局.起重机械安全技术规程:SG 51—2023[S].2023.
State Administration for Market Regulation. Regulation on safety technology for lifting appliances: SG 51—2023 [S]. 2023.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑工程抗浮技术标准:GJ 476—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China. Technical standard for building engineering against uplift: GJ 476—2019 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press.
- [13] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范:GJ 130—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China. Technical code for safety of steel tubular scaffold with couplers in construction: GJ 130—2011 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011.
- [14] 中国国家标准化管理委员会.起重机和葫芦 钢丝绳、卷筒和滑轮的选择:GB/T 34529—2017 [S].北京:中国标准出版社,2017.
China National Standardization Administration. Cranes and hoists-selection of wire ropes, drums and sheaves: GB/T 34529—2017 [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.

(编辑 王文)