

某特种工程结构翻模施工技术研究

朱 亮

[上海奉贤建设发展(集团)有限公司,上海市 201400]

摘 要: 依托上海某再生能源综合利用中心建设工程,围绕特种工程结构施工技术优化,系统对比了爬模、滑模和翻模3种施工方法。在综合考虑造价、经济效益比和技术人员配置等因素后,研究表明翻模技术更具综合优势。结合工程特点,对翻模施工的钢制模板进行了规范化设计,施工过程中对结构垂直度、沉降位移等关键指标进行监测。结果表明,结构构件在60 d后,沉降位移控制在0.1 mm以内,累计平均沉降位移为0.525 mm;实测混凝土强度换算平均值为44.8 MPa,显著高于构件强度推定值38.6 MPa;中心垂直度偏差55 mm。分析结果表明,结构沉降量、垂直度和混凝土强度均符合规范要求,设计的翻模钢制模板安全可靠,为类似结构工程的施工提供了有益的参考和借鉴。

关键词: 特种结构;翻模;吊篮;施工工艺;沉降量;混凝土强度

中图分类号: TU359

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0357-06

Research on Turning Formwork in Chimney Construction

ZHU Liang

[Shanghai Fengxian Construction Development (Group) Co., Ltd., Shanghai 201400, China]

Abstract: The construction project of a renewable energy comprehensive utilization center in Shanghai is studied, focusing on the optimization of chimney construction techniques. A systematic comparison was conducted among three common methods—climbing formwork, slip formwork, and turning formwork, taking into account factors such as construction cost, cost-effectiveness, and personnel requirements. The results indicate that turning formwork offers the most balanced and comprehensive advantages. A standardized design was developed for the steel formwork used in the turning process. During construction, key parameters such as structural verticality and settlement displacement were closely monitored. After 60 d, the settlement displacement of the structural elements remained within 0.1 mm, with a cumulative average of 0.525 mm. The measured average concrete strength reached 44.8 MPa, which significantly exceeding the estimated design value of 38.6 MPa. The vertical deviation of the chimney's central axis was recorded at 55 mm. These findings show that the structural settlement, verticality, and concrete strength meet regulatory standards, confirming the safety and reliability. This study provides a useful reference for the construction of similar chimney projects.

Keywords: special structure; turning formwork; suspended platform; construction technology; settlement displacement; concrete strength

0 引 言

某高耸建筑混凝土工程结构施工的主要方式有爬模施工^[3]、滑模施工^[2]和翻模施工^[1]。其中爬模施工效率较低,耗材量大,且需借助电梯、塔吊等设备配合完成;滑模施工效率较高,但专业性较强,必须严格加强质量管控,否则极易诱发质量问题;翻模施工则兼具材料用量少、效率高、操作便捷等优势,在大型烟囱施工中得到了广泛应用^[4]。鉴于此,本文

将依托上海某再生能源综合利用中心建设工程对以上3种施工方法的经济性和技术特点作全面对比,并重点探讨翻模施工技术在实际工程中的应用。

1 工程概况

本文中的工程结构外筒为钢筋混凝土结构,筒壁顶部标高为75 m;内筒由两个钢烟囱组成,顶部标高为80.00 m。如图1所示,混凝土方形烟囱内尺寸为8.00 m×8.00 m,平面呈正方形,四角采用圆弧工艺处理。筒壁厚度自基础顶面起,从-8.50~8.50 m为500 mm,8.50~28.25 m为350 mm,28.25~68.25 m为300 mm,68.25~75.00 m为250 mm。筒壁内部配置竖

收稿日期: 1985-02-27

作者简介: 朱亮(1985—),男,本科,工程师,从事工程项目建设管理工作。

向钢筋和水平钢筋,首层采用C50混凝土,二层及以上采用C35混凝土。

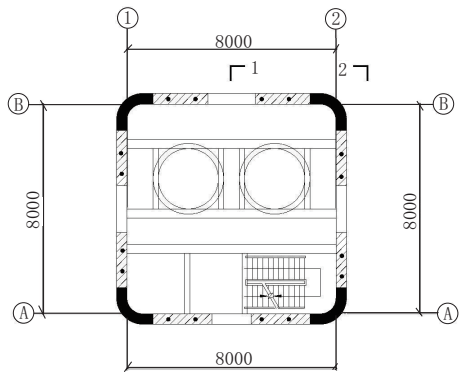


图1 结构平面图(单位:mm)

筒体内部分别于标高-0.05、8.50、13.25、18.25、28.25、38.25、48.25、58.25、68.25 m处各设置一道平台,各层平台之间通过钢梯或爬梯连通。此外,混凝土筒壁顶部还安装有不锈钢避雷针。

2 施工方案比选

2.1 翻模造价低

根据《上海市建设工程项目施工工程量清单计价规范》和工程实际情况采用翻模施工^[10],工程总造价约为30万元。

若采用普通小钢模搭设该75 m高的结构主体,劳动强度将显著增加,且需采取特定的加固措施,施工所需工人数也会相应增多。此外,考虑到70 m高的构筑物需搭设满堂脚手架,模板组装需采用特定围圈结构,其施工总造价预计约为550万元。滑模施工的总造价约为普通小钢模搭设造价的3倍。因此采用翻模施工可以显著降低总造价。

以滑模施工^[9]与普通小钢模施工的工程造价计算为例,其他施工方法的造价计算可依此类推,具体见表1。

2.2 翻模经济效益比高

依据既有工程实际经验,根据该项目工程特点,实际测算3种施工方式所需施工时间以及经济效益比如表2所列。

其中经济效益比大于1表示加速施工有利可图;小于1表示加速施工得不偿失。因此在3种施工方式建设周期差别不大的情况下,采用翻模施工方式的经济效益最好。

2.3 翻模对高级技工的要求低

依据既有工程实际经验,实际测算3种施工方式所需人工如表3所列。

表1 滑模施工与小钢模施工工程造价计算表

项目	滑模系统/ m ³	普通小钢模 搭设/m ²
C30钢筋混凝土筒身	543.920	3 719.800
砌墙脚手架外架子双排 高20 m内	0	3 891.000
建筑物檐高在20~50 m 以内	0	104.800
C30钢筋混凝土筒身	1 243.92	43.37
砌墙脚手架外架子双排 高20 m内	0	19.39
建筑物檐高在20~50 m 以内	0	13.25
规费/元	25 642.87	9 026.21
工程排污费/元	676.59	238.16
建筑安全监督管理费/元	1 285.53	452.50
社会保障费/元	20 297.79	7 144.76
住房公积金/元	3 382.96	1 190.79
税金/元	24 192.02	8 515.52
工程造价/元	726 227.86	255 700.49

表2 3种施工方式施工周期及经济效益比

名称	安拆耗时天数/10 m ²	建设周期/d	经济效益比
爬模	2.3	62	<1
滑模	2.3	59	<1
翻模	2.1	63	>1

表3 3种施工方式人工对比表 单位:人

名称	普通工	高级技术工	合计
爬模	2	4	6
滑模	2	4	6
翻模	4	2	6

综合对比,3种施工方式总人工数相同,但翻模所需高级技术工人较少,结和现场实际人员配备情况,优先选择翻模。

3 翻模施工工艺与设计制作

3.1 工艺流程

翻模施工工艺流程如图2所示。

3.2 模板与吊篮设计与制作

3.2.1 模板设计与制作

(1)外侧定制钢模板

外模板立面图与组装图如图3所示。定制钢模板组装图从内往外依次编号为①~④。其中:①为4 mm钢板,焊接Φ18圆钢吊环;②为次龙骨,U型收边为L80×8,内次龙骨为40×40×3方钢,总高度1 440 mm,间距350 mm;③为主龙骨,6根60×40×4方管,双拼间距600 mm;④为Φ16对拉螺杆,垂直间距600计3道,水平间距350 mm,粗螺纹配套螺帽及山型卡;内膜对称镜像设置。

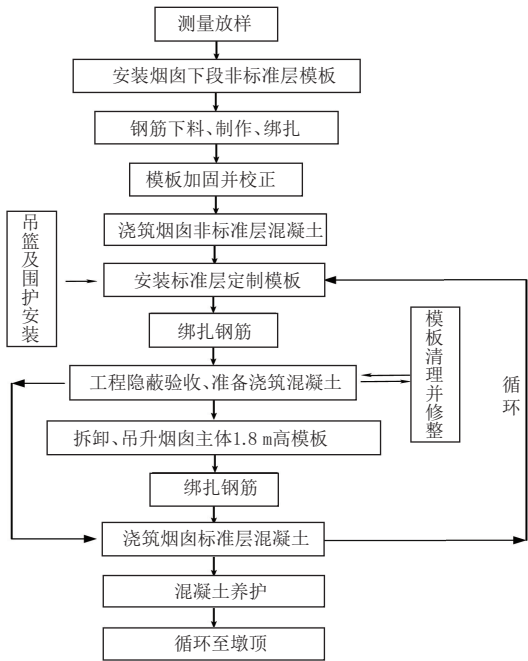


图2 翻模施工工艺流程示意图

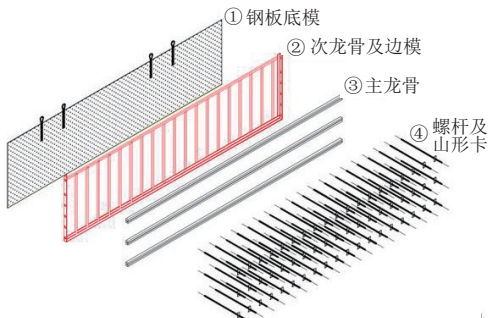


图3 定制钢模板立面与组装图

(2)转角处定制钢模板

转角处定制钢模板立面图与组装图如图4所示：其中组装图中关键控制点编号为①~③。①为4 mm 钢板，焊接 $\Phi 18$ 圆钢吊环；②为L80×8 收边，设置配套6个钢模板专用卡孔与平直段相连；③为8 mm 加劲板间距 350 mm。

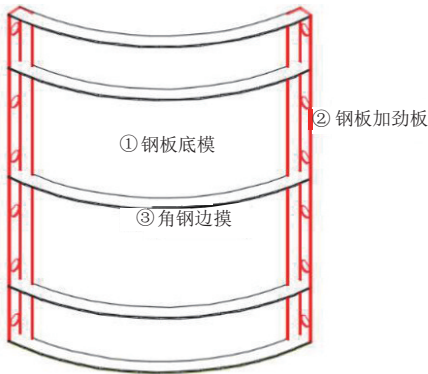


图4 转角处定制钢模板立面图与组装图

(3)外模板组装

外模板组装先安装直边后安装圆弧边。组合后

示意图如图5所示。

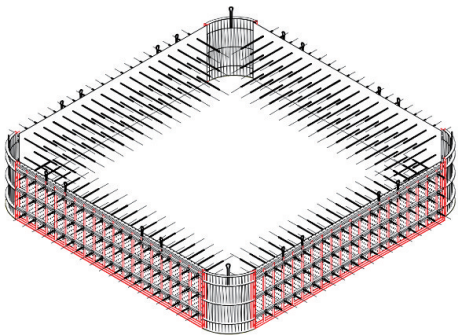


图5 外模板组合示意图

3.2.2 吊篮设计与制作

为配合定制钢模施工,在该结构的外侧采用定制吊篮施工,吊篮主要由 $\Phi 18$ 圆钢、钢脚手片和安安全密目网制作,如图6所示。图中①为上层防护仅为施工期间防护围栏,不上人。只有在拆卸螺帽时候,有1人在底层防护围栏里面作业,其余所有人员施工作业均在建筑物内侧。②为下层的防护为7根 $\Phi 18$ 钢筋整体挂钩围护。



图6 定制吊篮实况图

(1)不上人吊篮-上层制作

如图7所示,人孔平时关闭,仅作为下层作业通道时通道打开,平时关闭。做法同底板钢筋+钢脚手片网。上层围栏采用60×40×4 方管做成三脚架焊接在钢模板上。

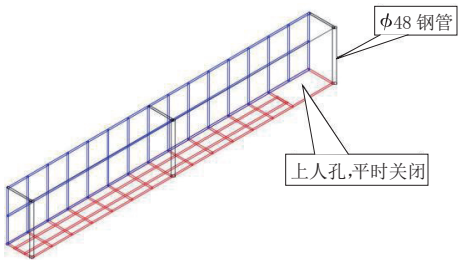


图7 上层不上人围栏

转角上层不上人围栏采用外侧、底部采用 $\Phi 18$ 圆钢,内侧立杆为 $\Phi 48$ 建筑钢管。外侧及底部采用建筑钢脚手片结合安全密目网围护。上层围栏采用

60×40×4 方管做成三脚架焊接在钢模板上,如图 8 所示。

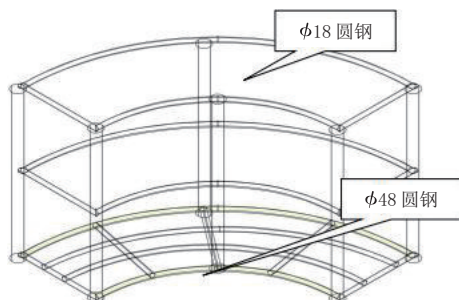


图8 转角不上人围栏

(2)不上人吊篮-底层制作

定制吊篮支座立面图以及拆分图如图 9 和图 10 所示。

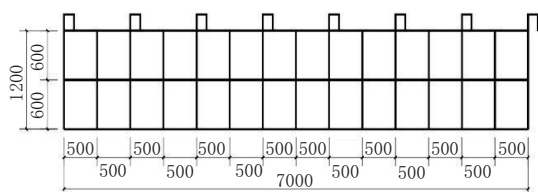


图9 定制吊篮支座立面图(单位:mm)

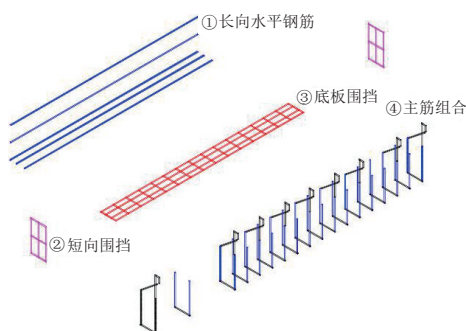


图10 定制吊篮底座拆分图

其中图 10 拆分图中:①为 $\Phi 18$ 长向水平钢筋,长度 7 000 mm,垂直间距 600 mm;②为 $\Phi 18$ 短向围挡钢筋,600×1 200;③为 $\Phi 18$ 底板围挡,长向间距 200 mm,短向间距 500 mm;④为 $\Phi 18$ 主筋分为 2 种,间距 500 mm。

吊篮的 5 个面均采用钢脚手片结合安全密目网围护,如图 11 所示。其中①为不上人围护栏杆;②为 $\Phi 18$ 垂直通道爬梯;③为底层上人防护吊篮,仅上 1 人。作业平台需设有人员上下登高通道、临边孔洞防护和防坠设施,有动火作业的应配置足够的消防器材,作业暗区应设有照明。在垂直通道边设置 L 形转角上下保护爬梯,同时设置防坠落溜绳,无动火作业,单在每个作业面配置 2 只 5 L 干粉灭火器,在吊篮上配置 2 只 1 000 W 照明灯作业。

3.2.3 外侧钢模与吊篮组合

烟囱筒身剪力墙脱模强度不得低于设计要求,

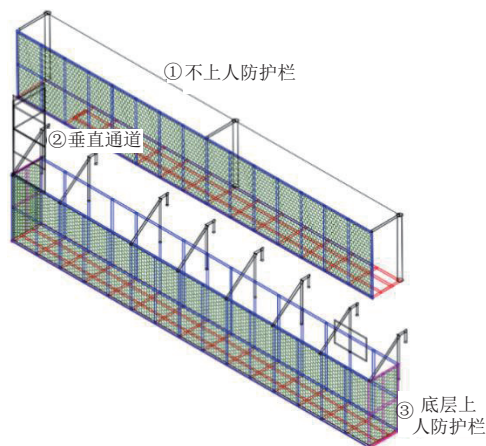


图11 上、下层围栏及垂直通道组合关系

并以同条件试块抗压检测报告为依据。每次翻模施工前应检查混凝土养护已达到设计要求,翻模过程中配备专人监测各手动葫芦的同步情况。外侧钢模与吊篮组合并与烟囱连接和爬升如图 12 和图 13 所示。

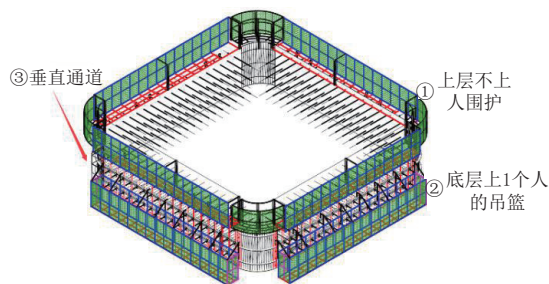


图12 定制组合钢模板与吊篮组合图

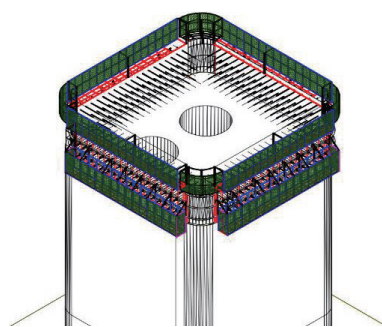


图13 钢模作用烟囱示意图

4 监测点布置

4.1 沉降监测点布置

本工程烟囱混凝土筒壁 0~8 m 层采用外架支模浇筑,完成结构后,在四周混凝土筒壁上各设置 2 个点监测点,共计设置 8 个监测点。

4.2 垂直度监测点布置

该工程为高耸建筑物,垂直度尤为重要。该工程采用混凝土外壁,内径变化外径保持垂直不变。因采用高 1.8 m 的定制钢模,翻模次数较多,每次翻

模对模板的定位监测尤为重要。允许偏差值如表 4 所列。监测点布置在每块钢模的水平中心线,布置两处,粘贴反光片,平面布置如图 14 所示。

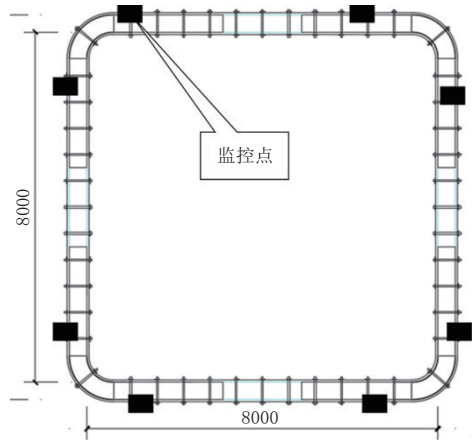


图 14 监测点平面布置示意图(单位:mm)

观测时采用两台全站仪^[5],在两个方位进行观测。将读取的数据与上一次的数据进行对比,求出偏差值。然后按照偏差值对外模进行调整。

表 4 钢筋混凝土烟囱筒壁允许偏差一览			
检测项目	高度/ m	允许偏差/ mm	检测工具
筒身中心线的垂直度偏差	80	55	全站仪/经纬仪

4.3 混凝土强度检测布置

- (1)测区划分:根据标准将混凝土结构划分为若干测区,每个测区面积通常为 0.04 m²。
- (2)测点布置:设置 10 个检测区,每个测区布置 16 个测点,测点间距不小于 20 mm,距边缘不小于 30 mm。
- (3)环境要求:测试时,环境温度应在 5 ~ 35 ℃ 之间,避免极端天气条件。操作规范:严格按照操作标准操作,确保数据的准确性和可靠性。

5 结果分析

5.1 沉降实测

依据实际布置点位监测记录如表 5 所列,沉降量随时间变化曲线如图 15 所示。

表 5 沉降位移汇总表

观测点	沉降量/mm											
	第 1 次		第 2 次		第 3 次		第 4 次		第 5 次		第 6 次	
	本次	累计	本次	累计	本次	累计	本次	累计	本次	累计	本次	累计
Q1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.5	0.0	0.5
Q2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.2	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
Q3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.1	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5
Q4	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.4	0.1	0.5	0.0	0.5	0.1	0.6
Q5	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.5
Q6	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
Q7	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.2	0.5	0.0	0.5	0.1	0.6
Q8	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.5	0.0	0.5

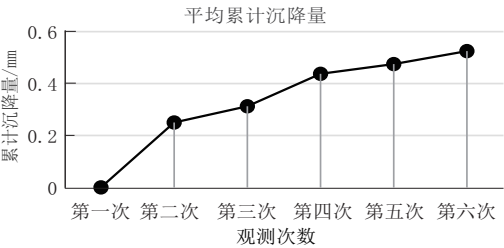


图 15 沉降量随时间变化曲线

通过对图 15 沉降量随时间变化曲线的分析可知,整体曲线变化趋势呈现先上升后趋于平缓的特征。在试验初期,沉降量随时间呈正比例上升,表现出较为明显的增长趋势;进入试验后期,曲线逐渐趋于平稳,沉降量稳定在约 0.1 mm。整体累计沉降量约为 0.5 mm。由此可见,实际结构施工质量处于允许偏差范围内,结构安全性较高。

5.2 垂直度实测

采用免棱镜全站仪无接触快速检测法^[6],在结构周边建立精密控制点,然后通过采用全站仪自由设站后方交会测量法快速采集该结构底部和上部的各 3 各点的坐标,利用 cass 绘图软件计算出结构体中心坐标,最终垂直度偏差为 37 mm,满足规范要求。

5.3 混凝土强度实测

依据实际布置测区,利用回弹仪测试记录^[8]160 个点位数据计算,强度换算标准差为 3.75 MPa,混凝土实测强度的换算平均值为 44.8 MPa,高于构件强度的推定值 38.6 MPa。这一结果表明,翻模施工的构件强度符合设计要求,具有较高的可靠性。

6 结 语

依托上海某再生能源综合利用中心特种工程结

构,通过对比分析爬模、滑模与翻模3种工艺的经济性、技术特点及人工需求,得出翻模施工在降低造价、提高经济效益比和降低高级技术工依赖等方面具有显著优势。基于对翻模施工钢制模板规范化设计的应用,系统探讨了翻模施工技术的设计与实施并监测施工质量。工程实践表明,定制化钢模板与吊篮组合设计有效保障了施工安全与效率,监测数据显示结构沉降量累计平均值为0.525 mm,中心垂直度偏差55 mm,混凝土强度推定值达38.6 MPa,均满足规范要求,验证了翻模工艺的可靠性与适用性。

翻模施工技术在高耸混凝土烟囱工程中具有广阔的推广应用潜力。后续可以进一步优化模板模块化设计,结合BIM技术实现施工过程可视化控制;推广智能化监测系统以提升垂直度与沉降量实时反馈;探索绿色施工工艺,减少材料浪费与碳排放。此外,该技术可拓展至其他异形高耸结构工程,如冷却塔、风电塔筒等,为复杂环境下高效施工提供技术支撑。未来研究可聚焦于翻模工艺在超高层建筑中的适应性改进,以及与其他工业化施工技术的协同创

新,推动行业技术进步与可持续发展。

参考文献:

- [1] 张保龙,刘佳,赵鹤,等.高耸烟囱筒体液压翻模施工技术[J].安装,2020(8):80-82.
- [2] 曾华溢.烟囱内楼板钢筋混凝土筒体滑模施工技术[J].中国水泥,2024(9):118-120.
- [3] 管洪斌.爬模施工技术在筒式结构建筑中的应用[J].中国科技信息,2011(7):61;52.
- [4] 马寄博,赵润泽,张轩,等.具有观光功能带耳室烟囱筒体翻模施工技术[J].四川建材,2023,49(12):121-123.
- [5] 姚德龙.大型烟囱垂直度无接触快速检测方法[J/OL].城市建设理论(电子版),2020(5):40-41.
- [6] 廖勇元,吴善能.大型烟囱垂直度偏差的测量方法[J].技术与市场,2010(2):10-11.
- [7] 林先环.带内楼板钢筋混凝土烟囱筒体滑模施工技术[J].广东土木与建筑,2022(1):75-77.
- [8] JGJ/T 23—2011,回弹法检测混凝土抗压强度技术规程[S].
- [9] 宋文青.生活垃圾焚烧发电项目方形烟囱滑模施工技术[J].建筑工程技术与设计,2016(13):443.
- [10] 李伟玲,黄志堂,刘根深,等.垃圾焚烧电厂大尺寸烟囱翻模施工技术应用[J].建设科技,2021(24):47-49.

(上接第334页)

用于跨海大桥冲刷桩防护工程。

参考文献:

- [1] 杨佐磊.恒定流作用下桥墩周围流场及局部冲刷数值模拟研究[D].北京:北京交通大学,2022.
- [2] 吴继熠,郭健,翁博文.跨海桥梁圆柱墩局部冲刷动态演变试验[J].中国公路学报,2023,36(11):407-418.
- [3] 易仁彦,周瑞峰,黄茜.近15年国内桥梁坍塌事故的原因和风险分析[J].交通科技,2015(5):61-64.

- [4] 郭佳欣,拾兵.桥墩冲刷及其防护技术的研究综述[J].海洋湖沼通报,2021,43(4):84-92.
- [5] 何超.苏通大桥桥墩冲刷防护工程研究[J].现代交通技术,2020,17(3):46-49;59.
- [6] 丁雪.预拌流态固化土肥槽回填施工技术[J].建筑技术开发,2023,50(7):28-31.
- [7] 江苏坤泽科技股份有限公司.坤泽固化土海上风电单桩抗冲刷防护工程[EB/OL].(2023-6-29)[2002-04-15]. <http://www.natureway.cn/products/19489/19967/>.