

文物遗址分块切割吊装施工技术

陈 军¹, 陈益炜¹, 丁南南²

(1. 杭州市市政工程集团有限公司, 浙江 杭州 310000; 2. 浙江大陆建筑特种工程有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘 要: 文物遗址分块吊装技术是通过在遗址底部 ≥ 0.5 m位置水平密排顶入的钢管和在钢管下设置的横向H型钢来重建遗址支撑体系,使遗址受力在由钢管和H型钢组成的受力体系上,保证在后期遗址顶升平移过程中提供可靠支承;同时在遗址四周 ≥ 0.5 m外焊接钢板和槽钢,组成遗址稳定可靠的保护体系,防止遗址在顶升和平移过程中二次破坏;在遗址H型钢下方施工轨道梁和轨道,采用PLC液压顶升系统将遗址同步整体顶升,通过千斤顶将遗址受力转换到以轨道梁+轨道+H型钢+钢管为支承的新体系上;通过微创型切割分离技术将遗址分块拆解,并利用起重机械将遗址吊装至运输车上运输至安置场地落架保护。

关键词: 文物遗址;分块切割;遗址支撑体系

中图分类号: TU744

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)12-0252-06

Construction Technology of Block Cutting and Hoisting for Cultural Relic Sites

CHEN Jun¹, CHEN Yiwei¹, DING Nannan²

(1. Hangzhou Municipal Engineering Group Co., Ltd., Hangzhou 310000, China; 2. Zhejiang Dalu Construction Special Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: The block hoisting technology for cultural relic sites is to reconstruct the site support system by horizontally and closely arranging steel pipes pushed in at a position ≥ 0.5 m from the bottom of the site and setting horizontal H-shaped steel below the steel pipes, which makes the site bear the force on the force-bearing system composed of the steel pipes and H-shaped steel, and ensures the reliable support during the subsequent jacking-up and moving process of the site. At the same time, steel plates and channel steels are welded outside the site at a distance of ≥ 0.5 m around it to form a stable and reliable protection system for the site, preventing secondary damage to the site during the jacking-up and moving processes. Track beams and tracks are constructed below the H-shaped steel of the site. The PLC hydraulic jacking system is used to synchronously jack up the entire site as a whole, and the force on the site is transferred to a new support system consisting of the track beams + tracks + H-shaped steel + steel pipes through jacks. The site is disassembled into blocks by the minimally invasive cutting and separation technology, and the site is hoisted onto a transport vehicle by using lifting machinery and transported to the resettlement site for dismantling and protection.

Keywords: cultural relic sites; block cutting; site support system

0 引 言

随着城市的不断发展,大片土地被重新规划和重新开发。随着土地的再次开发,很多埋于地下的文物古迹被发现。根据国家文物保护法规定,当建设工地发现文物古迹时应当立即停止施工,保护好现场,并上报当地文物主管部门,待文物部门现场查看处置后再做决定是否可以继续施工。文物处置的

过程往往花费时间较长,严重影响工程进度,尤其是重点工程,使工程交付时间滞后。如果有一种方法,在符合文物保护规定的前提下,在较短的时间内将文物移出场外安置,既不损坏文物,又可以不耽误工程继续施工,则必将有强大的应用价值和推广前景。本文结合某工程施工中所遇到的文物遗址,提出针对性的处理技术,以期类似工程项目施工提供技术借鉴。

1 施工技术原理

如图1所示,本施工技术原理是通过在遗址底部

收稿日期: 2025-03-12

作者简介: 陈军(1979—),男,硕士,正高级工程师,一级注册建造师,集团公司总工程师,从事市政道桥、特种加固工作。

超过 0.5 m 位置处,水平密排顶入钢管,并在钢管下设置横向 H 型钢来重建遗址支承体系,然后采用静力切割技术将遗址分块拆解,并在分块四周插入钢板支护,再与遗址下方钢管焊接成整体钢结构;在钢管排架下设置坑道及轨道梁,在轨道梁上安装顶升平移装置,利用 PLC 顶推系统将遗址分块分离,最后用起重机将遗址分块吊装上运输车,运至指定地方进行落架保护。

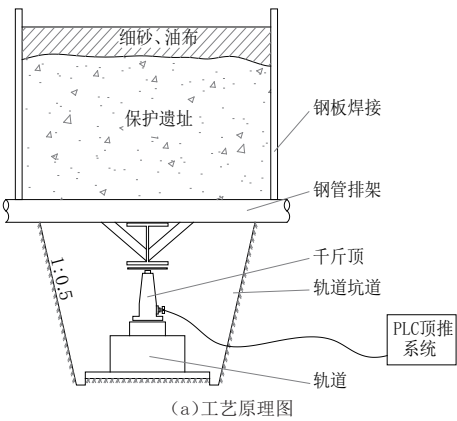


图 1 工艺原理示意图

2 施工工艺流程

文物遗址整体顶升平移保护施工工艺流程如图 2 所示。

3 施工操作要点

3.1 施工准备

(1)熟悉设计图纸及有关文件,编制遗址顶升平移专项施工方案。编制施工方案时遗址顶升及平移所需的千斤顶、遗址吊装所需的起重机等设备的选型应充分考虑遗址表面上盖的土层、遗址下卧层预留的土层重量及钢套箱的重量,计算公式:总重量=1.35×(遗址重量+遗址表层土重量+遗址下卧层预留土重量+钢套箱重量)+1.4×施工荷载。

施工方案需经公司、监理单位、建设单位等相关

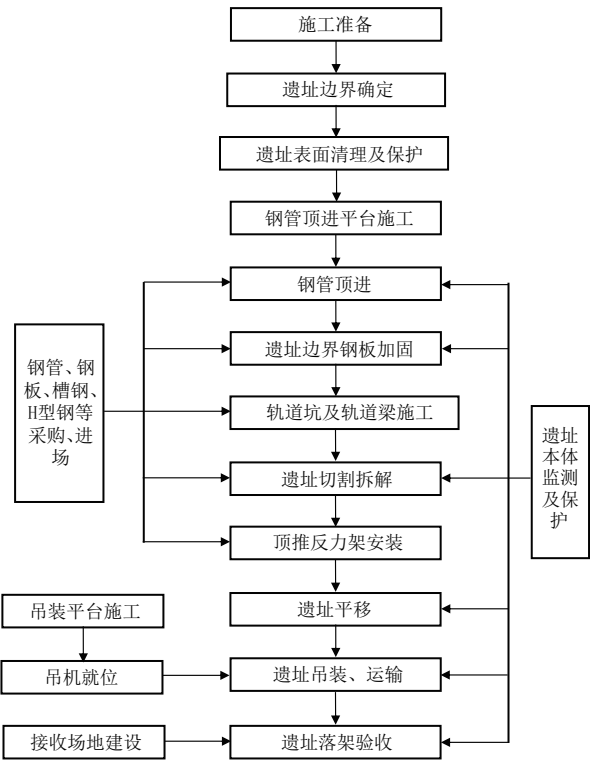


图 2 文物遗址分块拆解迁出保护施工工艺流程图

单位审批同意后方可实施,实施前需进行书面的安全技术交底。

(2)调查了解工程施工环境,对遗址表面杂草等杂物进行清理,对现场场地进行清理,硬化地面,实现现场的“三通一平”。

(3)确定钢管、钢板、H 型钢等材料的供应单位并按需供货,确定挖掘机、吊机、顶进设备、绳锯切割机、同步顶升设备等机械设备,及时进场完成设备调试,需检测单位标定的设备应提前进行标定。

3.2 遗址边界确定

采用网格法确定遗址边界和基本形状,即在遗址表面按 1.0 m×1.0 m 间距纵横向撒石灰线,然后沿石灰线向下人工挖 0.3 m 宽土沟至遗址顶面,以确定遗址边界及其表面的基本形状,测量遗址各折角处的绝对坐标,记录并绘制成遗址分布草图留档。注意挖土前必须充分了解图纸,对遗址分布有初步的了解,挖土时务必小心谨慎,防止造成遗址表面破坏。

3.3 遗址表面清理及保护

遗址边界现场确定并进行标识后,对遗址表层杂土进行人工清理,清理时务必小心谨慎,覆盖细砂进行回填,对遗址进行隔离保护。

在遗址间的缝隙间填充细砂并密实,采用低标号水泥浆对遗址表层裂缝进行加固,以确保遗址结构安全稳定。

遗址表面临时性覆盖钢管、木板、油布等材料,以确保遗址不被雨水淋到,同时保证表面积水顺利排出。

3.4 钢管、钢板、槽钢、H型钢等材料采购及进场验收

根据施工方案中确定的钢材型号进行钢管、钢板、槽钢、H型钢等材料采购,各类钢材进场后重点对钢材型号、尺寸、材质等进行验收,并送检测机构进行检测,合格后方可投入使用。

现场焊接安装钢材时,采用电弧焊焊接连接各构件,对接焊缝等级要求为Ⅰ级,角焊缝或坡口焊要求为Ⅱ级。施工前应提前进行焊接工艺评定。其焊接工艺及相应参数应与工程实际制作中所采用的相同。焊接操作人员必须具备相应操作上岗资质,无上岗证者不得执行焊接施工。钢板现场焊接尽量在地面进行,尽量减少高空焊接的工作量,提高焊缝质量。钢板焊接结束后应,按规范要求对每一条焊缝进行检查,对不合格的焊缝必须重新焊接,全部合格后方可进入下道工序。

3.5 钢管顶进平台施工

3.5.1 工作平台土方开挖

根据遗址边界尺寸及钢管顶进工作空间确定土方开挖范围:开挖基坑宽度=遗址边界宽度+1.0 m,开挖基坑长度=单节钢管长度+顶进施工所需空间,基坑开挖深度=钢管底标高+顶进施工操作高度。根据工程地质条件及周围场地条件选择开挖及支护方式。

基坑开挖深度超过3.0 m、但小于5.0 m时应编制基坑开挖专项施工方案,并报公司审批;基坑开挖深度超过5.0 m时,还需组织专家进行方案论证,通过后方可指导施工。

土方开挖至基坑底0.3 m时采用人工开挖,严禁超挖,严禁扰动基坑底下土层。土方开挖时应及时做好地下水降水工作,可以在基坑四周设置排水沟,在基坑的四个角设置集水井进行降排水作业,同时做好地表水的截排施工,防止地表水流入基坑。当基坑挖至设计标高时及时施工基坑垫层,确保基坑稳定。

3.5.2 工作平台及后背挡墙施工

(1) 钢筋制作及绑扎

钢筋的制作加工要严格按照施工图纸的要求尺寸进行下料加工,在施工过程中要经常抽检钢筋尺寸是否符合要求,防止钢筋制作加工出错。钢筋安装按安装纵横向主筋、分布筋、架立筋的顺序进行,

形成钢筋网架,箍筋与主筋应绑扎牢固。

(2) 模板设计及安装

根据模板受力分析情况进行荷载组合,分别计算模板、主楞和对拉螺杆所承受的最大弯矩、剪力和挠度值,确定模板、主楞和对拉螺杆的型号、间距等。

模板在使用前应进行预拼装,着重检查模板平整度、拼缝、错台。模板安装前为防止模板拼缝部分漏浆,防止模板错台,在模板之间用泡沫双面胶带进行粘贴。

(3) 混凝土浇筑及试块留置

采用流动性能较好的混凝土,混凝土的配合比设计、拌和、运输、浇筑等方面均须满足设计及相关规范的要求。浇筑过程中按规范要求留置同条件试块及标准养护试块。混凝土强度达到设计要求后方可拆除侧模和端模。

3.6 钢管顶进

在遗址底部 ≥ 0.5 m位置水平密排顶入钢管排架(见图3)。考虑到工程属于文物保护,遗址不允许土体有较大变形,本工程采用螺旋式顶管机施工,适合小管径(0.3~0.5 m)、短距离施工,土体变形小。其工作步骤如下。

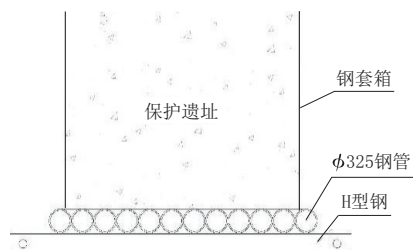


图3 遗址底部钢管支撑示意图

(1) 导轨铺设:顶进导轨是安装在工作平台上的一个为钢管顶进提供基准的设备(见图4)。导轨要求坚固、挺直、钢管压上去不变形等特征。顶进导轨铺设时应注意钢管轴线、导轨标高和导轨支撑稳定性等几个方面的问题。



图4 顶进导轨

(2)设备组装就位后启动电动机,用电动机带动先导钻头在工作面进行切削钻进,主油缸同步顶进钢管,切削下来的土由螺旋钻杆排到初始工作平台。

(3)钻进过程中,激光制导仪将同步显示钻孔的偏斜情况;施工参数仪同步显示电流、转数、压力等参数,通过随步修正先导钻头的方向和参数控制钢管顶进状态。

(4)待首节钢管顶进后换接第二套钻具和钢管,现场焊接钢管接口。

(5)重复以上过程,直到先导钢管钻出遗址边界抵达另一侧工作平台。

(6)移位,重复(2)~(5),直至完成全部钢管顶进。

3.7 遗址边界钢板保护

沿遗址边界外 0.5 m 位置插入钢板,钢板厚 1.0 cm,钢板四周相互焊接牢固,底部与钢管进行焊接,局部有缝隙位置在外侧设置钢板进行补焊。沿钢板上下口位置一周水平焊接[10a 槽钢,沿钢板每隔 3.0 m 竖向焊接[10a 槽钢,并与水平向槽钢焊接,以此形成一个整体钢套箱。

3.8 轨道坑及轨道梁施工

为了遗址能同步顶升分离,在钢管下设置 H 型钢和轨道,通过同步顶升系统将遗址受力体系托换至以轨道梁+轨道+H 型钢+钢管为支承的新体系上,具体如图 5 所示。

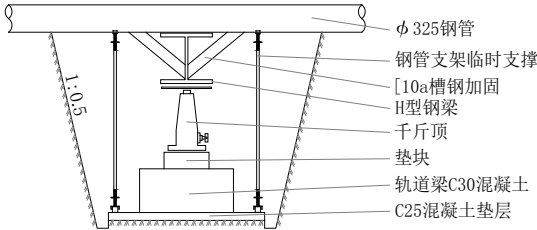


图 5 遗址受力体系托换示意图

轨道坑底宽 1.2 m,高 1.7 m,边坡按 1:0.5 进行修坡。轨道坑采用“跳一施一”法施工,先施工最外侧轨道坑,再施工内侧轨道坑。坑道土方采用人工开挖,先支护后开挖,同时对边坡喷射早强混凝土以确保边坡稳定。坑道开挖过程中应密切关注坑道内温度、湿度,防止工人中暑中毒,保持坑道内空气流通。

轨道垫层采用宽 1.2 m、厚 0.25 m C25 混凝土垫层,垫层内部设置一层钢筋网片,采用 φ12 钢筋,按 200 mm×200 mm 间距布置。轨道梁采用宽 0.8 m、高 0.5 m C30 混凝土浇筑,内部设置 φ16 主筋,间距 0.1 m,保护层厚 35 mm,箍筋采用 φ12 钢筋,布置间

距为 0.2 m。施工方法同基坑垫层及挡墙施工工艺。同时在轨道梁上预留顶推反力架插入孔,插入孔按 2 个一排进行设置,排间距按 2.0 m 设置。单孔直径为 50 mm,深为 0.3 m。

采用吊机下放 H 型钢至轨道梁上,然后用千斤顶将 H 型钢顶入坑道,并顶升至钢管下方。H 型钢顶升到位后及时垫入垫块,以便可以撤出千斤顶。H 型钢顶升到位后,应及时与钢管进行加固固定,H 型钢与钢管间的空隙采用钢板等进行填充。

3.9 遗址切割拆解

大型遗址受场地、机械设备及运输条件限制无法一次性顶升平移到位,也不适合长距离运输,需要对遗址进行分块切割拆解。

遗址分块切割采用微创型静力切割技术——金刚石绳锯进行切割。为保证切割面整齐平顺,在切割前采用液氮技术对遗址切割面两侧进行冷却冻结,即沿遗址切割面每隔 30 cm 钻一个直径 3 cm 的孔,然后灌入液氮。待遗址切割面冷却冻结后用金刚石绳锯进行切割,分割面形成后及时插入 2 块 10 mm 厚钢板对遗址进行分离,并对钢板上端用型钢与周边钢板进行固定。

由于插入遗址内部的钢板下端无法进行固定,需要将遗址块体外移一段距离,保证有操作空间后才可以将钢板与四周钢板进行固定,此时遗址块的移动需要额外小心,保证匀速、平顺,以防移动时侧壁坍塌;同时,对留在原地的遗址块体,需要做好侧壁围护。

3.10 顶推反力架安装

在遗址切割面两侧下方的 H 型钢上焊接钢牛腿反力架,牛腿反力架采用 10 mm 厚钢板组成,设置的节点和位置如图 6 所示。通过设置牛腿反力架提供反力,促使遗址分块相互分开。



图 6 顶推用牛腿反力架

3.11 遗址顶升平移

推力通过反力装置提供,从而推动遗址。平移

过程中主要以千斤顶的行程协调来控制千斤顶的压力。

为减少下轨道不均匀沉降及不平整对上部结构的影响,滑脚宜采用悬浮千斤顶。用悬浮千斤顶替代传统的固定式滑脚,还可以减少平移过程中的振动对遗址的影响。但在实际工程中,由于千斤顶检查维护及到位后拆卸困难,计划在遗址在轨道斜坡爬坡过程时采用悬浮式千斤顶,平面顶进时仅在遗址四周采用内部悬浮式千斤顶采用传统滑脚。

3.11.1 平移前的施工准备

平移前的施工准备工作主要包括:对平移的技术人员及工人进行书面安全技术交底;对拟平移的遗址分块、钢套箱状态进行确认;对轨道梁结构砼强度进行确认;对平移用机械设备进行维护、调试等。

3.11.2 布置千斤顶和监控设备

布置竖直千斤顶:综合考虑轨道梁顶面面积、遗址下部位置、千斤顶布置位置等条件,在顶升前应对遗址进行检查,如有裂缝等损害则需要先进行加固处理。千斤顶采用小吨位、多顶点、对称性布置。同时,为了保证所有千斤顶能够同步顶升,顶升前对所安装的千斤顶进行分组及逐个安装位移传感器,终端接入PLC同步顶升系统,通过PLC同步顶升系统监控所有千斤顶状态。

3.11.3 安装调试PLC同步顶升系统

PLC同步顶推系统由液压系统(油泵、油缸等)、检测传感器、计算机控制系统等几个部分组成。调试的主要步骤包括:控制系统检查、液压系统检查、监测系统检查、初值的设定与读取、千斤顶试顶升等。

3.11.4 试移

在正式平移之前为检验反力装置的工作性能、检查千斤顶的工做性能、确定每级平移完成的距离和所需时间、熟悉平移千斤顶的同步操作、协调各个操作小组的统一行动等操作细节,确保平移万无一失,必须要先进行试移。

3.11.5 正式平移

(1)正式平移前根据试移的监测结果重新确定每级平移的距离、平移时间及各下轨道的千斤顶压力等平移参数。

(2)整体顶升遗址,安装移动支座,调整可动反力支座位置。

(3)在可动反力支座前端设置顶推、牵引转换装置。安装千斤顶,每条轴线设置1台50 t千斤顶,试

牵引。

(4)启动千斤顶,进行第一行程顶推,反复操作直至移至目的地。

在整个平移过程中要对遗址进行全方位的监测,并通过信息化施工手段,改进平移工艺,确保平移安全。遗址平移千斤顶如图7所示。



图7 遗址平移千斤顶

3.12 吊装平台施工

吊装平台需满足遗址吊装需要具备足够的承载力,吊装平台所需承载力应综合考虑遗址分块重量、钢套箱重量、起重机械重量、吊装过程中用到的吊具重量及吊装过程中的施工荷载,对平台承载力进行复核,当承载力不足时对吊装平台进行处理。

3.13 吊机就位

根据遗址分块重量、分块与吊装平台间距离及吊装平台与运输车之间的距离选择合适的起重设备。起重机进场后应对起重机及其配套设备进行系统检查和维护,使其操作性能满足吊装作业要求。

3.14 遗址吊装、运输

遗址吊装遵循“十不吊”原则,吊装时应先进行试吊,在遗址吊离地面10 cm时对遗址进行检查,确保遗址安全。遗址吊装过程中应确保遗址侧面不受挤压,当钢套箱侧面承载力不足时需考虑采取悬吊辅助装置等措施确保遗址安全。

遗址运输前应对运输线路进行提前考察,对沿线经过的桥梁、道路、隧道等进行复核,确保安全。

3.15 接收场地建设

接收场地需具备安放及保存遗址所要求的条件,不仅需要有足够的空间、承载力,还要有适合的温度、湿度,以方便日后遗址保护工作的开展。

3.16 落架验收

当遗址运输至指定位置后即可进行落架。落架是遗址吊装的逆过程,先在接收场地轨道梁上放上垫块,然后采用起重机械将遗址抬高,将遗址从运输

车上吊至轨道梁上方,再缓慢放下遗址分块并撤回吊装钢丝索具。

3.17 遗址本体监测及保护

对遗址的监测及保护贯穿遗址迁出施工全过程,确保遗址的安全性,即:在遗址迁出全过程中遗址不得整体或局部坍塌、散架、脱落;不得开裂、挤压等变形;不得扰动遗址,包括人为和自然,包括块石开挖、搬离、踩压、开槽口、淤化等;不得污染遗址。

在确定遗址边界后及时绘制遗址草图,采集定位坐标,每个转角位置必须有一个坐标测点,坐标测点不得扰动,不得脱落、移位等。遗址边界现场确定并进行标识后对遗址表层杂土进行人工清理,并覆盖细砂对遗址进行隔离保护。遗址间的缝隙填充细砂并密实,遗址表层裂缝采用低标号水泥浆进行表层加固,以确保遗址结构安全稳定。

遗址分块确定后对每一块分块进行编号并记录分块摆放位置和方位,绘制草图。遗址切割、顶推、吊装运输过程中应对本体时刻进行监测,若出现遗址本体损坏现象应立即停止施工,查明原因,消除隐患后方可继续施工,同时及时对遗址本体进行修复。

遗址迁移至固定区域后,应清除遗址表面的覆土及薄膜,并放至一段时间,待其含水率达到较低水

平并保持稳定后方可进行保护施工,遗址保护施工包括遗址的揭露及清理、遗址周边凹槽的填充加固、脱盐处理、松动砌体的加固处理、松散土体的加固处理、遗址裂缝的修补灌浆、生物治理等。

4 结 语

遗址分块分离、吊装不仅是为了保护和传承文化遗产,还具有显著的社会效益和可持续利用价值。文物遗迹保护吊装后,可以利用遗址进行文化旅游、学术研究等活动,实现文化遗产的可持续发展。同时,也给后期类似文物遗址保护项目提供了技术应用借鉴,具有强大的推广前景。

参考文献:

[1] 陈益炜,陈军,耿兴汉,等.一种建筑遗址迁出保护的施工方法:中国,CN201910605741.5[P].2019-07-03.
[2] 陈军,陈益炜,耿兴汉,等.一种大型钢箱梁悬吊辅助装置:中国,ZL201921045173.X[P].2019-07-05.
[3] 姜福国,高林渊,吴宁,等.SH-308型螺旋式小口径顶管机的应用[J].西部探矿工程,2001,13(增刊1):262-266.
[4] 李国雄.某古建筑物旧址整体移位保护施工技术[C]//广东省第五次土木工程施工技术交流会论文集.广州:广东省土木建筑学会,2013:320-325.
[5] 陈军,周松国,周永福.水下钻孔桩增大截面加固施工技术[J].城市道桥与防洪,2016(7):199-201;215.

(上接第 247 页)

[9] 李辉.沥青混凝土道路施工技术研究[J].散装水泥,2024(3):139-141.
[10] 张峰江.市政公用工程道路路基施工技术研究[J].运输经理世界,2023(32):34-36.
[11] 苏明星,周传宁.沥青路面就地热再生技术在道路施工中的应用研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(10):27-29.
[12] 张瑾,任遵义,潘冬,等.高速公路设计施工质量监管存在的问题及对策[J].山东国资,2024(11):97-99.
[13] 薛会根.公路工程养护质量管理措施的探究[J].中华建设,2024(10):34-36.
[14] 陈剑锋.公路养护工程中的施工管理:以甘肃省天水S306线公路为例[J].运输经理世界,2024(22):125-127.
[15] 吴澄.高速公路日常养护工程施工及质量控制[J].工程建设与设计,2024(20):223-225.
[16] 白浩.探讨公路养护工程施工中的质量管理措施[J].城市建设理论(电子版),2024(30):61-63.