

装配式护坡在大型群体住宅工程中的应用

程雪纯 郭亮 高元仕 贾学敏 伍校材 李广大
中建一局集团建设发展有限公司 北京 100102

摘要：针对建设工程领域对环境的要求越来越高。新型可周转绿色装配式护坡施工技术一种依靠装配式面层、连接构件、紧固件等装配化构件组成的支护体系，其材料性质展现了非同寻常的效果，可在基坑支护工程中取代喷射混凝土，提供一种安全、快速、节约、可周转的基坑支护工艺，实现绿色环保与可持续发展。

关键词：装配式护坡；快捷；绿色环保

1 引言

绿色建筑技术现已成为建筑业的未来发展趋势。绿色装配式护坡施工技术是采用绿色环保标准构件，同时使用装配式施工工艺的创新性支护体系。目前的研究未将工艺原理及操作要点进行详细说明，此篇文章将详细阐述施工原理及工艺流程。

2 装配式护坡特点

2.1 装配化、施工快捷

此工艺省去了钢筋网片覆盖及固定、混凝土喷射等施工步骤，由工厂加工成品，现场装配，加快工期关键线路中的基坑支护施工，减少了基坑支护工程成型前下一施工步骤的等待时间，缩短工期，是一种高效的施工方式。尤其在大型群体住宅项目中应用，施工快捷，相较传统基坑支护工艺，更显优势。

2.2 安全适用

绿色装配式护坡施工工艺依靠土钉及面层形成的支护体系，传递局部单元土压力、防冲蚀、防渗透，保证基坑边坡安全。其中装配式面层由工厂标准化生产、装配施工，由加筋层、反滤层、防护层等部分构成，加筋层具有一定抗拉强度，满足承受坡面土压力的要求；反滤层具有防止土颗粒流失的作用；防护层具有防水、阻燃等功能。

2.3 降低能耗、经济效益好

绿色装配式护坡施工工艺，采用成品，不消耗其他资源，材料可周转，施工拆除后可重复利用；与传统基坑支护做法相比，减少了材料消耗、大型机械及人员投入，具有良好的经济效益。

2.4 绿色、环保

采用成品装配式材料，现场摊铺固定，无需进行大面积的混凝土施工作业，减少大气污染、美化环境，保护生态。

3 工艺原理

3.1 组成系统

新型可周转绿色装配式护坡是一种依靠装配式面层、连接构件、紧固件等装配化构件组成的支护体系。装配式护坡由锚固构件将装配式面层固定于基坑边坡土体；连接构件约束和固定装配式面层；紧固件将装配式面层、连接构件及锚固构件相互固定。

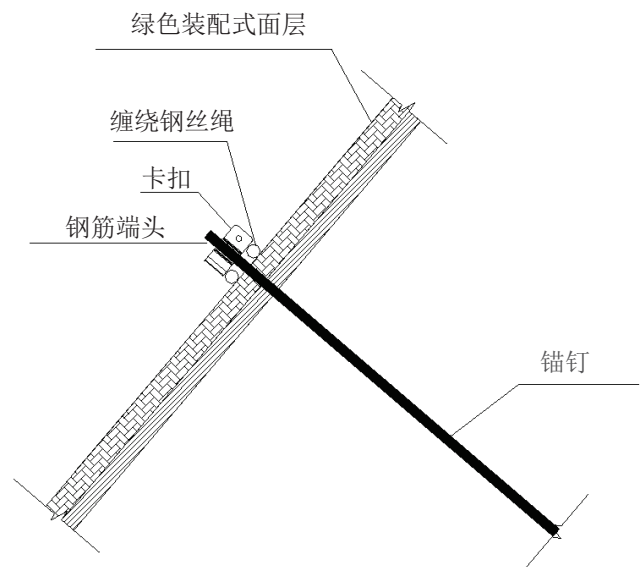


图1 装配式护坡组成示意图

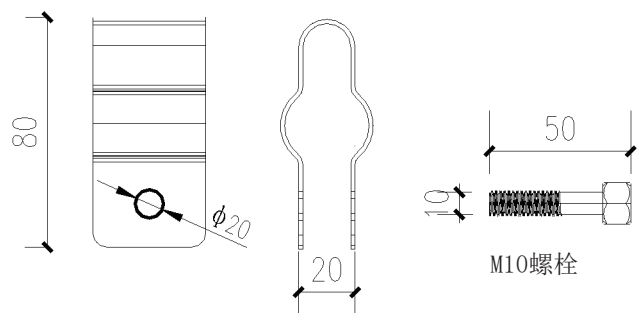


图2 土钉端头构造示意图

3.2 施工工艺流程

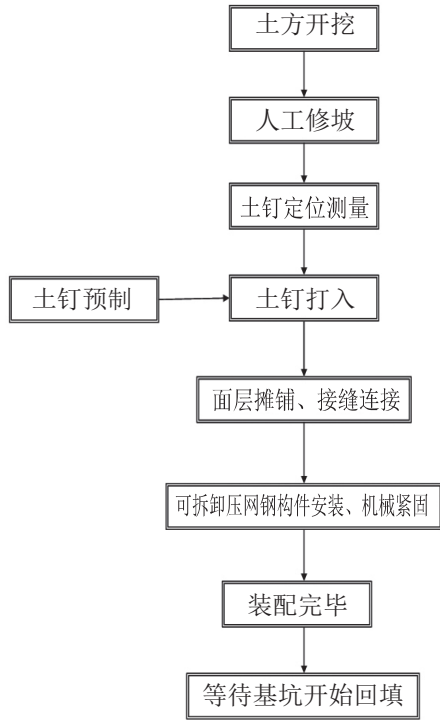


图3 工艺流程图

4 装配式护坡施工关键技术

4.1 深化设计

装配式护坡成品使用时，应结合项目工程建筑图与结构图纸对装配式构件进行深化设计，进行土钉墙稳定性分析。土钉墙边坡的稳定要素：坡率、土钉构造、荷载、面层构造。其中坡率、土钉构造、荷载参与整体稳定性计算。面层构造为计算前提。

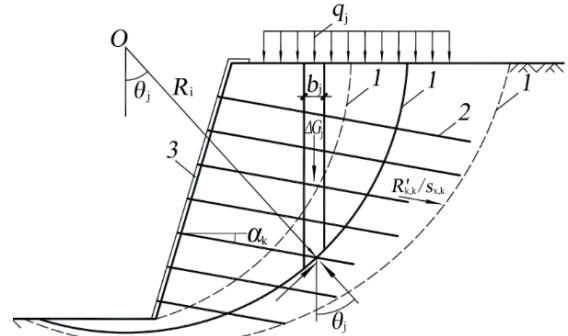


图4 边坡土体稳定性分析

面层承担土压力计算方法需考虑坡度因素、土拱因素、分配系数。

以此项目为例进行整体稳定性分析：

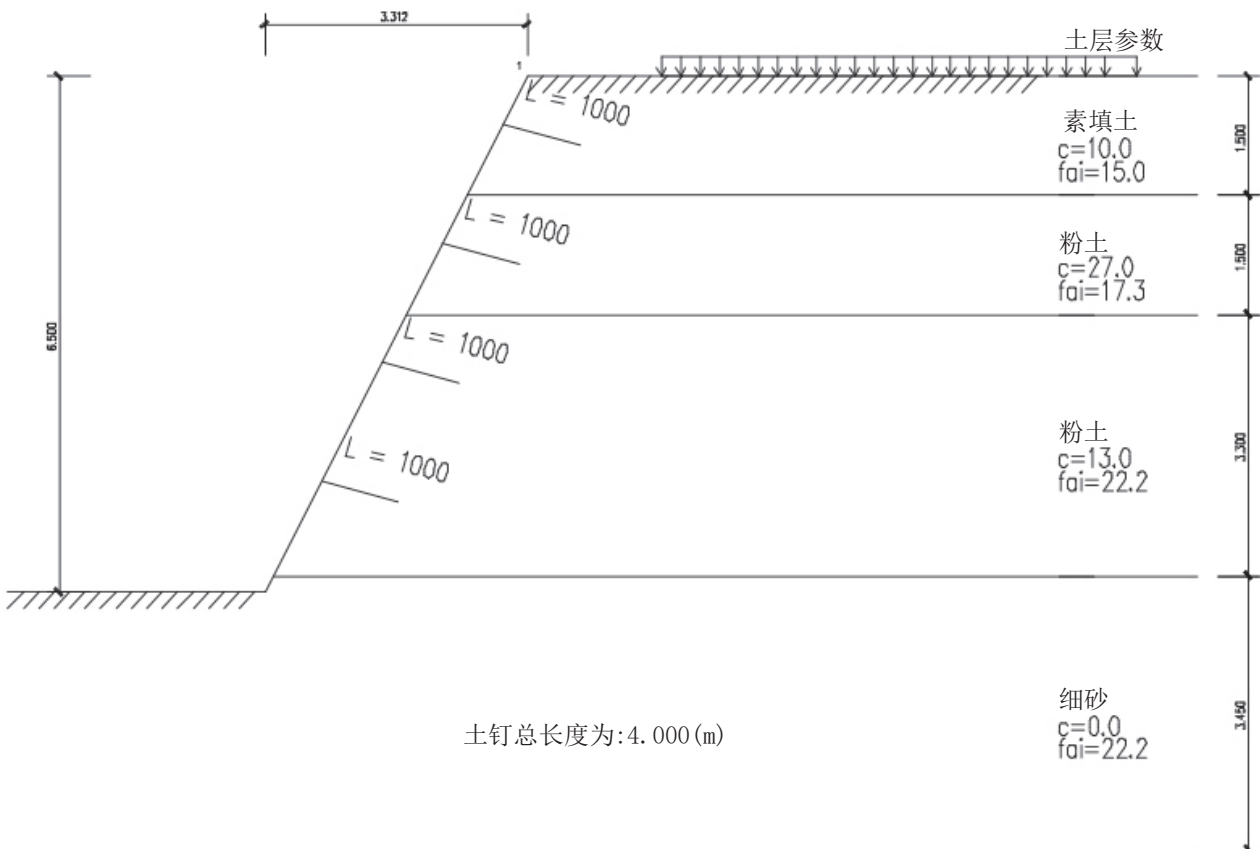


图5 验算简图

[基本参数]

支护结构重要性系数	1.0
基坑深度	6.5
基坑内地下水深度	25.0
基坑外地下水深度	25.0

[坡线参数]

水平投影	竖向投影	倾角
3.312	6.500	63.0

[土层参数]

粉质黏土	c = 27	φ = 17.3	γ = 19.5
粉土	c = 13	φ = 22.7	γ = 19.2

[防护面层材料参数]

面层伸长率	2%
面层综合抗拉强度	≥ 10KN/m

[抗拔承载力计算条件]

轴向拉力标准值计算中土压力取法	分布力
抗拔承载力计算锚杆是否分担土压力	是
施工期局部抗拉安全系数折减	1.0
土钉荷载分项系数	1.25
土钉抗拔安全系数	1.6
土钉墙底面支锚轴向拉力经验系数	0.6

[整体稳定计算条件]

整体稳定计算方法：瑞典条分法
计算公式为：

$$K_{sl} = \frac{\sum [c_j l_j + (q_j b_j + \Delta G_j) \cos \theta_j \tan \phi_j] + \sum R_{k,k} [\cos(\theta_k + \alpha_k) + \psi_v] / s_{v,k}}{\sum (q_j l_j + \Delta G_j) \sin \theta_j}$$

考虑地下水作用的计算方法	总应力法
条分法中的土条宽度	0.5m
基坑底面以下的截止计算深度	0.0m
基坑底面以下滑裂面是否考虑加筋	是
施工期整体稳定安全系数折减	1.0
整体滑动稳定安全系数	1.2

经计算整体稳定性满足要求，在开挖接近坑底时必须采取必要加强措施。同时边坡坡面应及时快速防护，做好装配化施工。

通过计算，控制坡顶荷载，能提高有效边坡的安全性。但开挖至坑底，结构施工阶段，必须监测位移变化，防止边坡坍塌事故。

4.2 操作要点

4.2.1 土方开挖及坡面修整

按照设计要求开挖，挖至土钉施工面下0.5米（满足土钉施工高度），待土钉施工完毕方可进行下步开挖，开挖遵循一步一开挖。

机械修坡：根据相应工程的设计坡度要求先用挖掘机修整；

人工修坡：根据设计坡面要求对局部坡面进行开挖或回填，从而达到设计要求的坡度及平整度，一般平整度要求偏差±3cm。



图6 边坡修整照片

4.2.2 地锚施工

1、每级坡面的坡顶及坡脚采用螺杆地锚锚固，地锚采用通长螺杆，土钉制作时应比设计长出50~80mm（外露长度须保持一致），以满足锁定需要，地锚打入土层深度0.9m，采用φ16w螺杆，间距与土钉水平间距相同，水平布置须在一条直线上。

2、坡顶采用地锚及混凝土压顶处理，坡度按2%内放坡，厚度不小于80mm；坡底采用混凝土压脚处理，厚度不小于80mm，以上均采用C20混凝土。



图7 混凝土压顶节点

4.2.3 土钉（锚杆）施工

1) 测量放线：测量组需对边坡按设计坡度进行放样，并用纵横交叉线拉直以便确定边坡修整的情况，且测量组需做好书面和现场的技术交底工作。

2) 土钉角度垂直于坡面，土钉水平方向、垂直方向钉距误差不得大于100mm，外露长度须保持一致，土钉偏斜尺寸不得大于长度的3%，土钉施工允许偏差见下表：

土钉允许偏差表

序号	项目	允许偏差值
1	长度	±50mm
2	间距	±100mm
3	倾角	±3%

3) 土钉安置

土钉杆体材料采用 $\phi 16$ 通长螺杆，设计长度0.9m，纵横向间距1.5 m*1.5m，双向布置，杆体制作时应比设计长度长出30-50mm，以满足锁定需要。沙质粉土、粉质黏土段螺杆土钉可采用人工锤击直接打入土体。



图8 坡面土钉施工

4.2.4 装配式面层铺设

根据现场情况，确定卷材尺寸，裁剪后予以试铺，裁剪尺寸要准确。

检查搭接宽度是否合适，搭接处应平整，松紧适度。装配式面层用人工滚铺，坡面要平整，面层应与边坡土体贴合紧密，不得出现空鼓，翘边等现象，并适当留有变形余量，装配式面层的搭接采用不锈钢拉扣或扎丝绑扎的方法，缝合（绑扎）的宽度为0.3m，扁卡（绑扎）间距400mm。

接缝须与坡面线相交；在坡面上，对面层的一端进行锚固，然后从坡面放下以保证面层保持拉紧的状态，避免出现褶皱现象。

装配式面层相邻两幅安装采用扎丝或不锈钢扁卡连接的方法，搭接宽度不小于300mm。

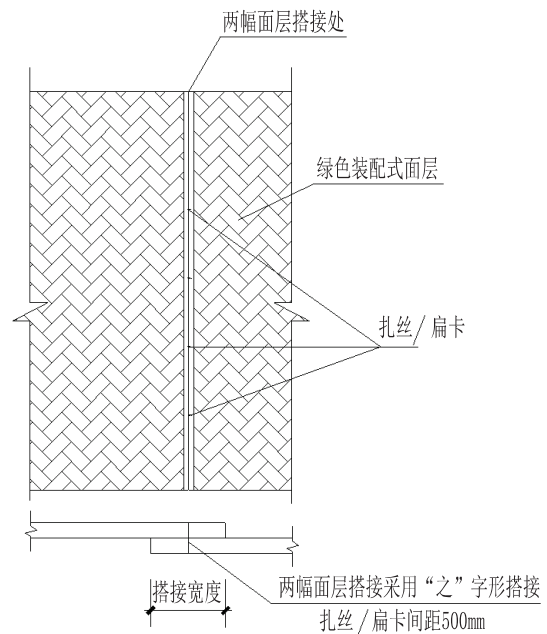


图9 装配式面层搭接示意图

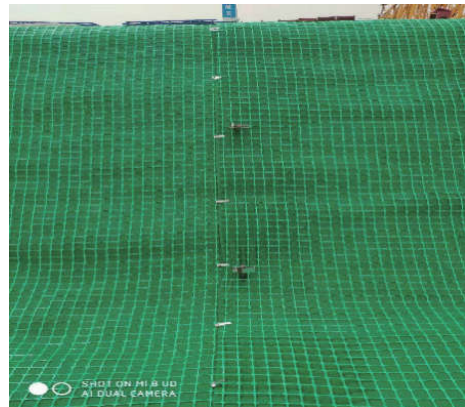


图10 两幅搭接处连接处理

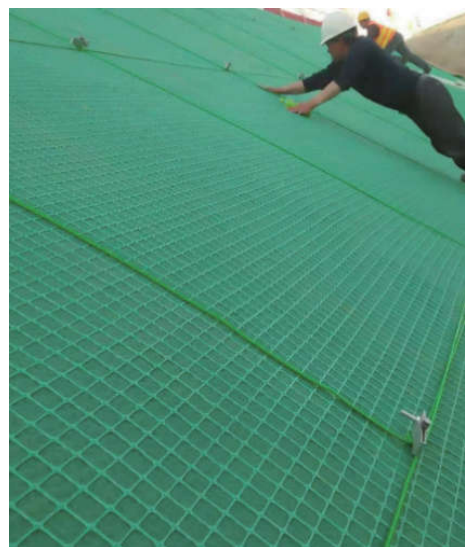


图11 装配式面层铺装

4.2.5 相关配件安装

外露土钉根部采用专用卡扣锁死，卡扣一般水平放置。卡扣下方通过连接构件（ $\phi 6$ 普通钢丝绳）在每个外露土钉根部缠绕一圈，缠绕方向保持一致，可先完成安装区域纵向连接，然后再完成横向连接（反之亦可），最终形成“口”字形连接方式，且保证坡面钢丝绳的连续，钢丝绳端部采用钢丝绳卡头固定，钢丝绳应拉紧，与面层保持密贴。

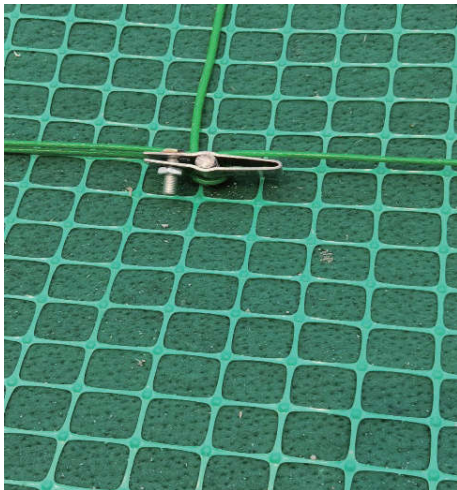


图12 钢丝绳钢卡扣节点

4.2.6 坡顶、坡底翻边

坡顶宽度应保持一致，在施做完装配式面层、土钉、钢丝绳后在面层翻边部位均浇筑混凝土，浇筑混凝土前先按照项目部工程部测量定出的混凝土顶面标高、支模板，然后浇筑混凝土，最后进行混凝土的抹平及养护。

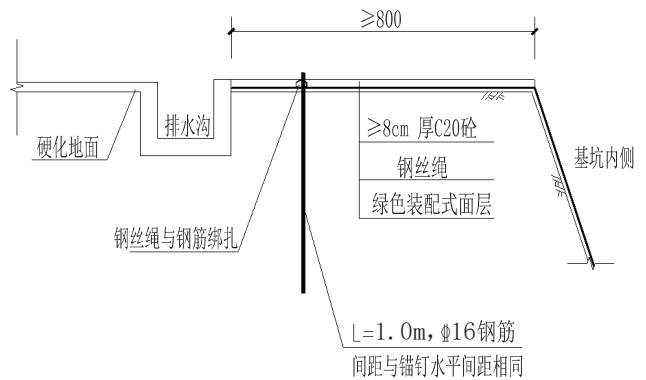
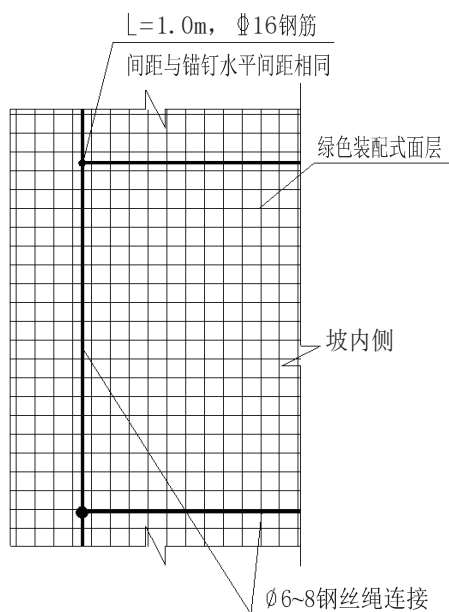


图13 坡顶翻边平面图及剖面图

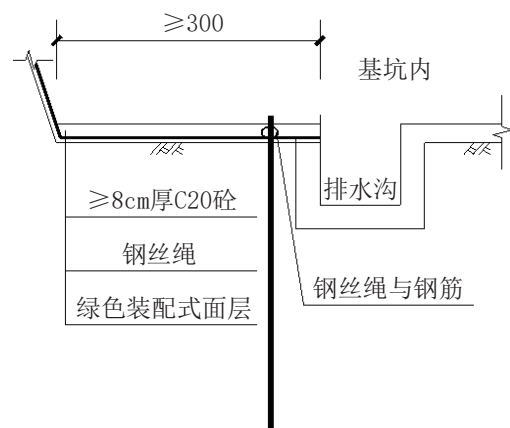
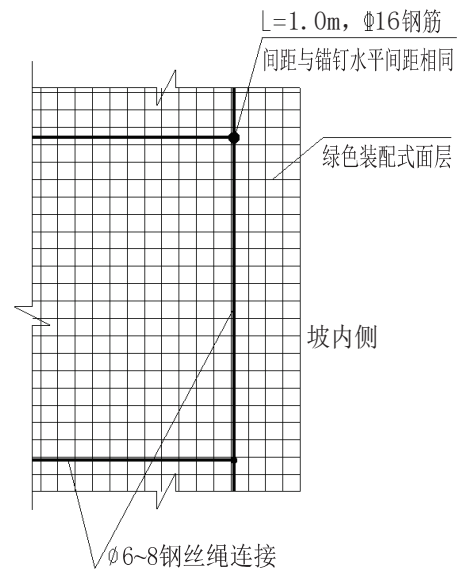


图14 坡底翻边平面图及剖面图

4.2.7 泄水孔的设置

若工程基坑边坡顶部硬化处理后，不存在滞水层或渗水现场的区域，则无需设置泄水孔；

若在施工中发现硬化出现裂缝渗水导致的边坡荷载加大，在相应位置距坡脚 300mm 处设置泄水孔，间距 3m，泄水管采用 $\phi 50$ PVC 管，深入土层不少 300mm。

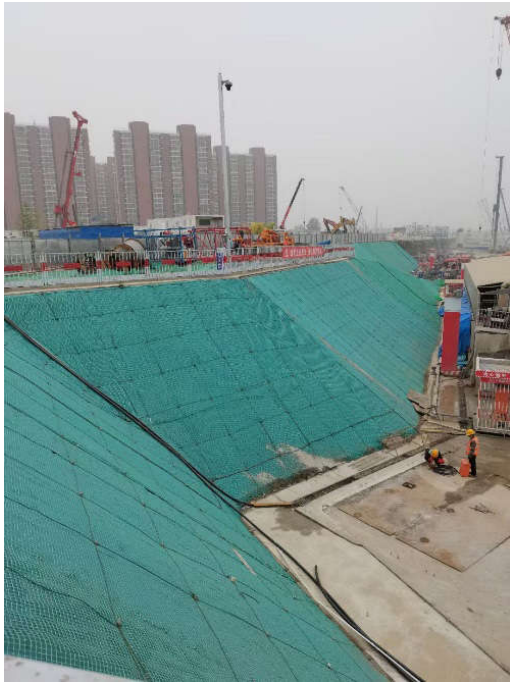


图15 铺装完毕

5 总结

本文结合某工程装配式护坡施工技术，对深化设计

及土方开挖、土钉打入、面层摊铺、装配等工艺进行细致的分析及研究，给出了装配式护坡原理及施工过程中的具体操作要点，解决了传统基坑支护结构施工速度慢、环境影响大的问题。本技术适用于放坡开挖的基坑支护工程，特别适用于开挖深度3~5m且土质为粉土、黏土，地下水位位于基坑以下的基坑边坡。其他土质的边坡支护还需要进一步深入研究。

参考文献

- [1]T/CECS 812-2021,绿色装配式边坡防护技术规程.
- [2]曾庆活,许明智.GRF绿色装配式边坡支护施工应用探讨
- [3]张乐,任焯炜,李鹏,王康,刘雨涵,高保转.一种绿色装配式边坡支护结构及其施工方法
- [4]王俊.新型材料的绿色装配式边坡支护形式及施工技术研究
- [5]赵书东.绿色可回收装配式(GRF)支护在超长线性结构中的应用研究
- [6]张颖钧.装配式锚杆框架护坡的研究和设计
- [7]刘俊良.绿色装配式护坡在基坑围护中的施工技术应用