富水挡土墙型钢锚索加固工程免放张施工技术研究

周嘉浩

中冶天工集团有限公司 天津 300308

【摘　要】：山区富水地层填方挡土墙受雨水长期入渗、土体蠕变、原有排水系统破坏的影响，容易产生墙体倾斜、坡面开裂、土体滑移等病害，常规锚索张拉加固工艺存在放张扰动锚固面、预应力衰减、不能满足应急抢险施工等缺点。依托核桃峪煤矿王开加筋土挡土墙紧急加固工程，提出富水挡土墙型钢锚索免放张二次加固施工技术。实践证明，该工艺兼顾了应急抢险的效率和长期加固的稳定性，施工适应性强，可以给同类矿区富水边坡、挡土墙紧急加固工程提供可靠的技术借鉴。

【关键词】：富水挡土墙；锚索加固；免放张张拉；二次张拉技术；型钢支护

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.081

引言

山区煤矿填方挡土墙大多依附于原有的地形地貌而建，本文以核桃峪煤矿加筋土挡土墙紧急加固工程为依托，针对紧急加固工程工期短、边坡稳定性差、常规工艺扰动大等痛点，提出富水挡土墙型钢锚索免放张二次加固施工技术。采用双槽钢临时支护体系和免放张二次张拉工艺相结合的方式，改善富水地层锚索加固施工过程中的结构扰动以及预应力衰减状况，提高挡土墙边坡加固的总体稳定程度，给同类富水岩土体边坡紧急加固工程给予技术参照。

1 工程概况与病害成因分析

1.1 场地原始地貌与排水条件

核桃峪煤矿主井场地原始地貌有侧向冲沟，区域雨水可以依靠冲沟自然排向泾河。矿山开发期间场地实施半挖半填作业，截断了北侧冲沟原有的自然排水系统，改变了该区域的地表水径流规律。历次暴雨天气中，北侧冲沟没有规整的排水通道，雨水带着泥沙顺着坡面向下冲刷，有些雨水沿着路面漫流到主井场地，还有一些雨水集中冲刷场地形成落水洞，即使场外落水洞已经填埋处理，入渗雨水仍然可以通过填土孔隙缓慢渗流。长期雨水入渗造成挡墙边坡土体和结构层一直处在浸泡饱和状态，土体物理力学指标急剧下降，抗剪强度、固结稳定性明显降低，给边坡变形、墙体破损埋下了隐患。

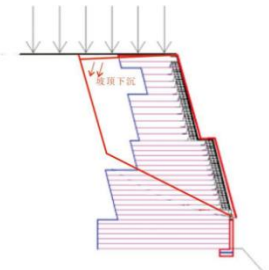

图 1 加筋土挡墙旋转滑移破坏模式图

1.2 挡墙病害现状及风险分析

由于富水渗流、土体劣化、排水系统破坏等众多原因，该矿主井加筋土挡土墙一直存在持续的变形病害。边坡底部钢筋混凝土竖直面板向临空面倾斜变形，原有垂直墙体变形角度为 94°～99°，变形趋势不断增大。边坡中上部土体向外鼓出，临空面整体倾斜，坡面喷射混凝土面层大面积起鼓、开裂、下沉等病害，坡面破损情况十分严重。本次紧急加固工程为临时性应急处理措施，可以暂时抑制边坡快速变形的问题，但是不能从根本上消除挡墙土体沉降、结构位移和深层滑移的隐患，边坡整体失稳的风险仍然存在。

相比传统的加固工艺，全断面免放张型钢锚索加固施工技术抛弃了传统工艺的不足，不用预应力放张工序，可以简化施工流程、缩短施工工期，还可以实现全断面均匀受力，避免应力集中、应力损耗等现象的发生，加固后的结构整体性、稳定性更好，可以有效防止挡墙土体沉降、结构位移和深层滑移问题，达到挡墙永久性稳固治理的效果。因此，对于该矿区挡墙病害问题展开全断面免放张型钢锚索加固施工技术研究，对保证矿区长久安全生产，削减工程运行成本，改善挡墙结构使用年限有着十分重要的工程应用价值和现实意义。



图 2 部分挡墙病害现况

2 免放张锚索二次加固技术原理与体系优势

2.1 核心技术原理

免放张锚索二次加固技术冲破传统锚索张拉放张调整的工艺束缚，依靠改良型二次张拉锚具系统，达成锚索全程锁定，无放张施工。技术核心是在传统的夹片锚具外侧增加支承螺母和外攻丝结构，改变锚索受力传递路径，使预应力钢绞线拉力依次通过锚具、支承螺母传递到垫板上，达到受力均匀传递的目的。对于富水地层岩土体受力后产生的弹塑性变形、蠕变和预应力衰减问题，该技术采取临时张拉定型、混凝土结构成型、二次张拉方式。前期用型钢和临时锚索张拉快速形成边坡支撑体系，限制土体即时变形；中期施工混凝土肋柱和喷射面层，形成钢混整体受力结构；后期混凝土达到设计强度后，不放张直接进行二次补偿张拉，消除锚具、垫板间隙，补偿预应力损失，使加固体系达到设计受力状态。

2.2 改良锚具系统结构优势

二次张拉专用锚具与普通锚具的主要不同点是增加外置支承螺母结构，用锚具外攻丝工艺使螺母可以调节式贴合安装。传统锚具张拉锁定之后，由于钢绞线松弛、岩土体蠕变、锚具回缩等缘故，必然会产生预应力损失，并且放张调整还会破坏锚固面的稳定。改良型锚具系统可以在锚索全程锁定的状态下，通过拧紧支承螺母消除构件间隙，实现锚索零预应力损失，彻底解决富水地层锚索加固应力衰减难题。

2.3 型钢锚索组合临时支护优势

本工程用双槽钢垂直布置和预应力锚索配合支护代替传统的临时模板和钢筋支撑。双槽钢根据混凝土面层和肋柱厚度选择，垂直交叉布置后稳定，既满足锚索临时张拉工作面的支撑要求，又可以约束边坡土体初期变形，为混凝土结构施工提供稳定的基面，满足紧急加固工程快速施工、快速控形的要求。

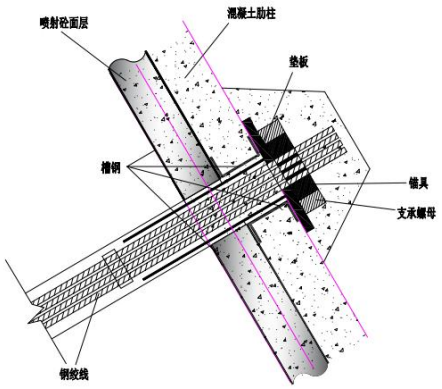

图 3 锚索张拉界面及张拉锚具系统

3 免放张二次加固施工关键工艺

3.1 前期临时张拉支护施工

根据现场边坡破损情况及设计厚度参数，选择合适的规格槽钢，用两根槽钢垂直交叉的方式布置坡面临时支撑结构。完成型钢定位安装后，用传统夹片锚张拉工艺对钢绞线锚索进行第一次临时张拉，分层加载预紧，稳定后锁紧。该工序主要目的就是利用锚具夹片将钢绞线夹紧，固定坡面型钢支撑体系，迅速形成坡面受力支撑结构，限制富水边坡土体继续变形、起鼓、开裂，为混凝土结构施工创造安全条件。

3.2 混凝土结构同步施工

临时张拉支护成型及边坡变形稳定之后，立即进行坡面喷射混凝土面层和混凝土肋柱的浇筑施工。利用前期布置好的型钢结构作为临时支撑和定型骨架，改善混凝土浇筑及喷射工艺，保证混凝土面层密实度、肋柱结构尺寸满足设计要求。施工过程中一直保持锚索锁定状态，不进行任何放张工作，防止扰动锚固体系和边坡土体结构。混凝土施工完毕后自然养护至结构强度达到设计要求。

3.3 免放张二次补偿张拉施工

待混凝土结构强度达到设计要求后，进行免放张二次补偿张拉。富水复杂地层长时间受力之后，锚固段岩土体容易发生蠕变变形，导致锚索预应力逐渐降低，锚具与垫板之间的缝隙会变得很小。施工时不需对锚索进行放张卸力，直接将支承螺母拧紧到垫板侧，消除构件间隙，补偿预应力损失。间隙消除并完成预应力微调之后，控制张拉千斤顶慢慢回油，锚具在原位锁定，完成二次张拉施工。全程保证锚索受力稳定，无锚固面扰动，准确调整整体加固体系的预应力值，使钢混组合结构和锚索支护体系共同受力，达到设计受力标准。

3.4 应用效果评价

从监测数据可知，相比于传统的放张张拉工艺，免放张二次加固技术的优势明显。加固后边坡最大变形量明显减小，变形速率趋于稳定，有效地遏制了边坡不断起鼓、倾斜、开裂的病害发展。锚索预应力留存率提高 15%以上，很好地解决了富水地层岩土体蠕变、钢绞线松弛造成的预应力衰减问题，锚固体系的稳定性大大提高。该技术可以适应紧急加固工程施工进度，先施作型钢锚索临时张拉快速控险，再进行混凝土结构成型和二次张拉精准稳压，既满足应急抢险的安全要求，又实现挡墙结构的长效稳定，彻底解决了传统工艺放张扰动、预应力损失大、加固效果差的

技术难题。

5 结论

综上所述，富水地层挡土墙边坡受到雨水渗流、土体蠕变、结构劣化等多重因素的影响，常规锚索放张加固工艺容易引起锚固扰动、预应力衰减，不能满足紧急加固和长效治理的双重要求。工程实践证明，该技术能迅速控制边坡变形，大大提高锚索预应力留存率，完全避免了放张施工造成的结构扰动问题，明显改善了富水挡土墙加固工程的施工质量及安全性。同时该施工工艺工序灵活、适用性好，不需要复杂的施工设备，可以广泛应用于矿区、山区各种富水岩土体边坡紧急加固工程，具有较好的推广应用前景。

参考文献：

[1] 袁坤,张玉芳,雷鸣,等.多次分段控制注浆斜向预应力钢锚管锚索组合结构加固技术现场试验[J].科学技术与工程,2020,20(25):10504-10510.

[2] 杨勇,周文皎,徐勇,等.预应力锚索钢锚管劈裂注浆加固技术试验研究[J].铁道建筑,2026,66(2):106-111.