

# 压力分散型预应力锚索 高边坡滑坡处理施工技术

王清标 路林海 王立华  
(山东科技大学 青岛 266510)

**摘要:** 金丽温高速公路十七合同段K81+635~K82+000段高边坡滑坡的处理, 引进了台湾地区深基坑中常用的可回收性预应力锚索——压力分散型锚索, 该预应力锚索在高边坡的应用在国内尚属首次。本文针对压力分散型预应力锚索在施工中的造孔技术及其垫墩、地梁等在施工中的注意事项做一些介绍, 以供类似工程借鉴。

**关键词:** 压力分散型 预应力锚索 滑坡 施工

## 1. 工程概况

浙江省金(华)一丽(水)一温(州)高速公路项目十七合同段K81+635~K82+000, 路堑左侧为坡度陡峭的山峰, 自然坡度35-42度, 右侧为沟谷和山涧河流。该路段为半挖半填路段, 最高处边坡约为90m, 边坡地质情况十分复杂, 节理裂隙及小的断裂构造十分发育。高边坡锚索施工布孔成矩形4m×4m和6m×4m(纵×

横)两种间距进行布置, 锚索设计孔径130mm, 孔深有22m、23m、25m、26m, 26m以后每2m增一级直至40m, 共11个级别, 512根, 总锚固力422400kN。每孔锚索外设锚墩, 锚墩与锚墩之间由地形格梁连接, 以改善坡面的结构受力形式。

## 2. 施工工艺

### 2.1 工艺流程(见图1)

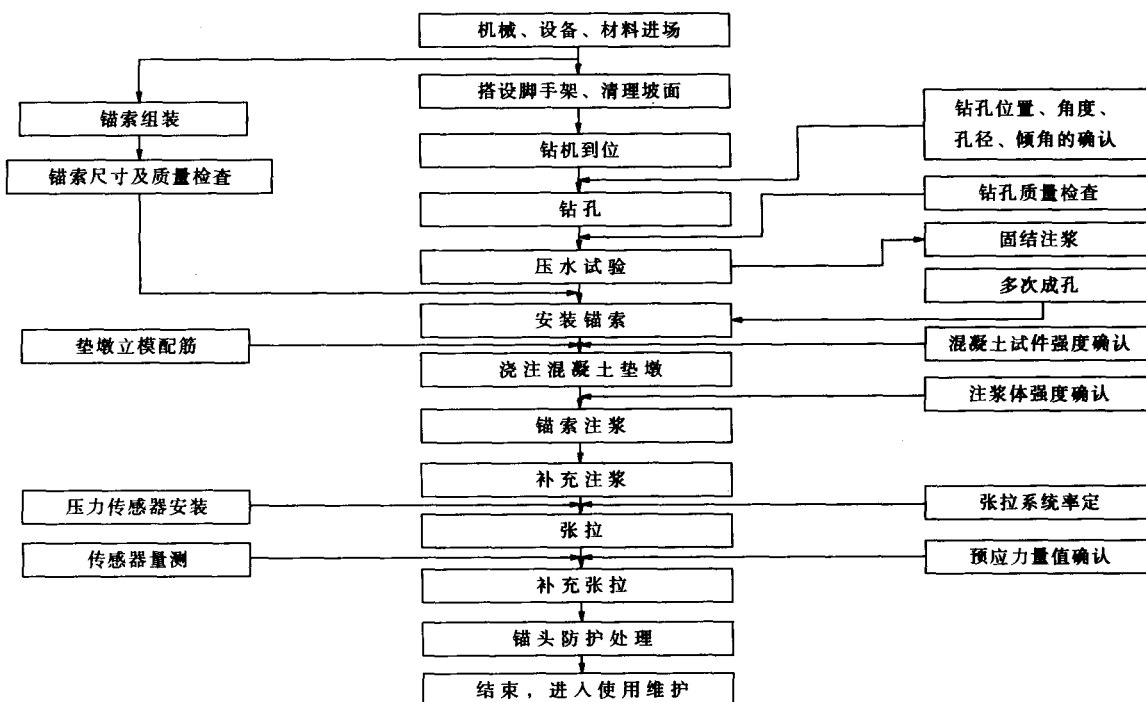


图1 锚索施工流程图

## 2.2 作业平台及风、电线路的布置

作业平台采用 $\phi 42$ ，壁厚3.5~4mm的无缝钢管搭设，搭设要稳，且每层脚手架护脚应固定在普通砂浆锚杆上，平台宽度要足够，并设置护栏和挂设安全网。电力线路要顺直，绝缘良好，并必须使用电缆线。高压风管路的布置要顺直，以减少风的损失。

## 2.3 成孔工艺介绍

锚索施工的第一步就是按照施工图的要求钻孔。钻孔是锚固工程费用最高、控制工期最关键的作业，因而是影响锚固工程综合经济效益的主要因素。锚索钻孔应满足设计要求的孔径、长度和倾角，采用适宜的钻孔方法确保精度，要使后续的杆件插入和注浆作业能顺利地进行。钻孔深度应超过设计深度的0.5~1.0m，同时，钻孔锚固段必须进入中风化或坚硬的岩层，深度一般不小于5m。

(1) 不下导管直接成孔：主要针对土体紧密和不甚破碎的岩体；

(2) 跟管成孔：主要针对松散破碎的土体或岩体；

(3) 非跟管式下导管成孔：受钻孔设备限制，不能跟管，但地层破碎的土体或岩体；

(4) 多次成孔注浆法成孔钻进：受钻孔设备限制，导管不能下至岩体稳定界面，可以采用此方法，若注浆量太大时，应使用化学浆液来控制成本。

## 2.4 锚索加工

预应力锚索的下料长度应考虑到下列因素后确定：

- (1) 垫墩受坡率影响锚索的增长；
- (2) 定位板及锚具的厚度；
- (3) 应力测试仪的厚度；
- (4) 千斤顶长度；
- (5) 施工预留值。

预应力锚索应严格按照设计尺寸进行下料，对钢绞线进行校直、除锈处理，然后按照设计施工长度进行断料，每股长度误差不应大

于50mm，无粘结钢绞线在加工中不能损坏油脂导管，若不慎损坏应立即用塑胶带进行包裹。

预应力锚索在加工时应平直排列，沿轴线方向每隔1.0~1.5m设置一个隔离架，杆体的保护层的厚度不应小于2cm，隔离架应捆扎牢固，防止搬运时松散，并不得扭转杆体。承载体、隔离架、注浆管与索体的绑扎不应使用镀锌材料，锚索体在安装前应妥善保护，以免腐蚀和机械损伤。

预应力锚索为高压注浆时，应在加工杆体的同时加工好止浆密封装置，且在下杆体时一起下到设计的位置，全长无粘结型预应力锚索止浆密封装置应放在离孔口1.0~1.5m处，其它预应力锚索应放在锚固段与自由段的分界处。

## 2.5 锚索下锚

杆体放入钻孔前，应检查孔道是否堵塞，查看孔道是否清理干净，而且还应检查杆体的质量，确保杆体组装满足设计要求。安装杆体时，应防止杆体过大的扭曲变形，注浆管随杆体一并放入，注浆管头部应插入承载体内，注浆端部距管底宜为50~100mm，锚索放入角度与钻孔角度保持一致，在入孔过程中，注意避免移动对中器，避免自由长度段无粘结护套或防腐体系出现损失。在第一单元承载体尾部开一到两个小口，并用胶带封口，以防止有泥浆的孔内沉积物阻塞注浆管，对注浆构成隐患；且在注浆时应根据浆液上升的速度将注浆管徐徐拔出。杆体插入孔内深度不得小于设计尺寸的95%，杆体安放后，不得随意敲击或悬挂重物；杆体的入孔应比设计多进20cm左右，然后在注浆时拔出多入的长度，以保证第一个单元锚索锚头在注浆后能被水泥净浆包裹。锚索入孔后，应及时注浆，特别是存在坍孔隐患和钻孔时有泥水混合物的索孔，更应及时注浆，否则将影响锚索质量，甚至锚索破坏。锚索经多次入孔不成功，对锚头和承载体的损坏或遗失，应及时更换，对钢绞线外包层的破坏要在钢绞线上涂上润滑脂后用塑料管包裹，再用胶

带缠好,经检查确认后方可再次入孔。

## 2.6 锚索注浆

注浆是锚索施工过程中的一个重要环节。注浆质量的好坏直接影响锚索的承载能力。锚孔一般采用水泥浆或水泥砂浆灌注,浆液的拌合成分、质量和灌注方式在很大程度上决定了锚索的粘结强度和防腐效果,因此,锚索注浆施工应当严格把握浆材质量、浆液性能、注浆工艺和注浆质量。

压力分散型锚索因使用无粘结钢绞线做为预应力筋,所以各单元锚索全段均能自由伸长,对于锚固段,仅仅是一个相对的概念,因此,在注浆时,应全段一次到位。水泥浆液宜采用普通硅酸盐水泥,不得使用高铝水泥。选用水泥标号应为灌浆液标号的1.5~2倍,且不宜低于425#的新鲜普通硅酸盐水泥。有细骨料要求时应选用粒径小于2mm的中细砂,含泥量及其它(云母、有机质、硫化物及硫酸盐等)有害物质的含量不得超过重量比的4%。拌合用水不应含有影响水泥浆正常凝结与硬化的有害物质,不得使用污水。浆液宜选用灰砂比为1:1~1:2、水灰比0.38~0.45的水泥砂浆或水灰比为0.4~0.45的纯水泥浆进行灌注,有较高强度要求时,一般不掺合外加剂。注浆浆液应搅拌均匀,随搅随用,浆液应在初凝前用完,并严防石块,泥土等杂物混入浆液。对于高陡坡体在注浆时不可能将注浆机移到注浆孔的附近,往往是采用高压注浆泵安置在有较好施工环境的地方进行,这样对于有严格压力要求的注浆作业就无法按规范进行,有效的方法是在注浆孔外口不远处设置压力表,进行读数控制;再就是通过计算求出注浆压力,试验证实后,在注浆机处远程控制。实际注浆量不得少于设计锚索的理论计算量,即注浆充盈系数不得小于1.0。注浆结束后,孔内段注浆管应拔出,再将外注浆管、注浆头和注浆机清洗干净。

## 2.7 锚索张拉、锁定与监测

锚索的张拉,其目的就是要通过张拉设备使锚索自由段产生弹性变形,从而对锚固结构施加所需求的预应力值。在张拉过程中应注重张拉设备选择、标定、安装、张拉荷载分级、锁定荷载以及量测精度方面的质量控制。

张拉设备要根据锚索的材料和索定力的大小进行选择,选择时要考虑其通用性能。锚索张拉前应对张拉设备进行标定,得出相应的曲线参数,并对张拉设备分别进行标识,避免混用。在张拉时,垫墩砼强度一般应小于C40(设计强度),锚固段注浆体的强度应大于30MPa(设计强度)。复合锚的张拉应按一定的程序进行,一般先取0.1~0.2Nt(设计轴向拉力值)对索体进行1~2次预张拉,使索体各部位都接触紧密,索体完全平直后,再分别进行补偿张拉和整体张拉到设计锁定值,在每一级张拉后都应根据地层或张拉级别的高低情况持荷一段时间,一般地质差持荷时间就长一些,级别低持荷就短一点;持荷主要是为了观察锚索在应力作用下,千斤顶油缸的行程变化和压力表的读数变化,以便更直接的评估锚索质量。锚索在锁定后,应对应力变化观察一段时间,对有明显应力损失的,要进行补偿张拉,然后在离锚具7~10cm处用切割机切除外露的多余杆体,再涂上油脂和封混凝土或加密封盖。预应力锚索应力监测宜采用钢弦式压力盒、应变式压力盒、液压式压力盒进行监测。

## 2.8 监测步骤

锚索施工完毕后,为了了解锚索预应力损失情况和锚索的位移变化规律以便确认锚索的工作能力,需要对锚索进行长期观测。锚索长期观测中应当选择精度高、稳定性好的锚索测力计,测力计应安装在传力板和锚具之间并始终保持中心受荷。由于锚索张拉锁定后的头几个月内预应力损失较大,一年后逐渐递减,两年后预应力损失基本终止,趋于稳定状态,故张拉锁定后的长期监控时间一般不得少于一年。但遇自然环境恶劣并对边坡稳定性有较严

重影响时,监测时间应适当延长,且每个工点不少于3~5个观测点。同时,在混凝土浇筑过程中应有专人对观测设备进行监护。

(1) 按工程监测要求选择好要监测的锚索。

(2) 按测力计的安装要求,将每个测力计安装于所选定的锚索。

(3) 按锚索工作锁定荷载将锚索进行张拉锁定。

(4) 观测记录应力值的变化,在最初10d每天记录一次,第11d至30d每10d记录一次,第31d至12个月每30d记录一次,以后每两月一次。

(5) 施工期内,长期监测工作由施工单位负责监测,预应力锚固工程竣工后,移交运行单位继续观测。

(6) 若监测过程中,发现锚索预应力变化值异常或超过锚索设计轴向拉力值的10%,应及时汇报,分析原因,采取补救措施,排除危险隐患;必要时可采用重复张拉或适当放松以控制应力变化。

### 3. 施工中容易出现的问题及解决办法

#### 3.1 钻孔

经常出现的问题有:布孔未能满足设计要求、开孔偏差太大、卡钻、埋钻、掉钻、掉钻头、掉冲击器、掉块、坍孔、漏风及机械故障待等。

解决办法:确定孔位后根据实际地层及钻孔方向选取适当的钻孔机具并确定机座水平定位和立轴倾角(钻孔倾角),钻机立轴的倾角与钻孔的倾角应尽量相吻合。开孔后应尽量保持良好的钻进导向。在钻进过程中根据实际地层变化情况随时调整钻进参数以防止造成孔斜偏差。

#### 3.2 下锚

经常出现的问题有:卡索、掉锚头或承载体、索体损坏等。

解决办法:锚索放入前应先检查孔道是否堵塞。安装锚束时,注浆管宜随锚体一同放入钻孔内,注浆管端部距底宜为50~100mm,放入

角度应与钻孔一致,放入过程中不要移动对中器。

#### 3.3 注浆

经常出现的问题有:孔内出水、注浆管被堵、漏浆、窜浆等。

解决办法:按规定选择水泥浆体材料,控制浆液的质量,可采用外加剂提高其均匀性、稳定性、扩散能力。在注浆过程中,边灌边提注浆管,保证管头插入液面50~80cm。

#### 3.4 张拉

经常出现的问题有:张拉速度不易控制、单元杆不受力、注浆体强度不足破坏、浆体与孔壁粘结面破坏等。

解决办法:选择好的数字式压力表控制张拉速度和分级张拉。张拉前必须等到锚固端、承压台等构件的混凝土强度达到设计强度方能进行张拉,同时,必须把承压支撑构件的面整平,将台座、锚具安装好,并保证和锚索轴线方向垂直(误差 $<5^{\circ}$ )。

#### 3.5 锁定

经常出现的问题有:应力损失、锚具夹片质量不合格、张拉设备标定不准或仪表损坏等。

解决办法:张拉前对张拉设备进行标定,标定根据与理论出力误差小于2%。安装锚具前进行逐个严格检查,锚具安装必须与孔道对中,夹片安装要整齐,依次套入锚垫板、工作锚、限位板,然后再依次套入千斤顶、工具锚、工具夹片等。测量仪表应选用全钢数字化的振弦式数字压力表。

### 4. 结束语

4.1 压力分散型预应力锚索结构合理,锚固端压力分散合理。由于受力更加均衡,避免了由于应力集中导致的锚索失效,增强了锚固效果和减缓锚索应力损失时间,从而延长了锚固寿命,达到长期稳固边坡的目的。

4.2 压力分散型预应力锚索依靠承载板传递锚固力,对钢绞线与浆体的粘结力没有很高的要

求,降低了不可靠因素,可以提供更大的锚固力。

4.3 压力分散型锚索采用了涂有建筑油脂的钢绞线,外面敷裹着高密度聚乙烯(PE)防护套,这种无粘结钢绞线具有很好的防腐性能。

4.4 压力分散型锚索可以缩短锚索长度,节省工程材料。注浆工序一次完成,不需要区分锚固端和张拉自由段,减少了施工工序,大大缩短施工工期,降低工程造价。

4.5 随着锚固技术的不断完善和发展,在复杂边

坡特别是在一些软岩地层加固中,压力分散型预应力锚索将越来越广泛。

#### 参考文献

- [1] 赵明阶等. 边坡工程处治技术[M]. 北京,人民交通出版社,2003.
- [2] 顾金才等. 预应力锚索内锚固段受力特点现场试验研究[J]. 岩土锚固新技术 北京 人民交通出版社,2000.
- [3] 段振西. 锚杆支护技术新发展[J]. 岩土锚固新技术 北京 人民交通出版社,2000.
- [4] 程良奎编著. 岩土加固适用技术[M]. 北京 地震出版社,1995
- [5] 中华人民共和国国家标准,锚杆喷射混凝土支护技术规范 (GBJ86-85)[S].北京 中国建筑工业出版社

(上接第14页)

保险腿滑道,浇注牵引反力座、千斤顶底座等;现场拼装钢管拱桁。

(2) 安装上球铰,并做转动试验;在砂箱上立模施工上盘,注意在上盘尾部纵向1 m范围设硬支承,但在背索锚固区不能设硬支承。

(3) 张拉上盘全部横向、竖向预应力钢束。张拉第一批纵向预应力钢束,此时上盘中央向上微拱,上盘自重大部分转移到尾部的硬支承和球铰上面,上盘纵向呈简支状态。

(4) 在上盘上修建交界墩,修建交界墩过程中上盘不再施加预应力。

(5) 张拉上盘第二批纵向预应力钢束。

(6) 根据平衡的需要,在上盘堆放平衡重物。

(7) 拆除上盘模板及砂箱,为张拉背索提供操作空间。

(8) 按设计步骤,交替、分级张拉扣索、背索和上盘纵向预应力束。此阶段须监测上盘、交界墩、球铰、扣索及背索等重要部位的应力状况,监测交界墩顶的位移及上盘的变形情况等。

(9) 在钢管拱桁脱架之前,再一次核实平衡重的重量和位置;拱圈脱架,此时全部的转体重心应转移到球铰上面。

(10) 拆除上盘尾部的硬支承,清理场地,清除转体障碍物。

(11) 实施转体。

(12) 调整拱肋线形,合龙拱肋。

(13) 连接上下盘间的钢筋,混凝土封闭上下盘间的空隙,采用混凝土回填上盘周围的基坑,注意回填的混凝土不能妨碍上盘纵向预应力的拆除。

(14) 混凝土封闭拱脚临时转动铰。

(15) 交替、分级拆除扣索、背索和大部分上盘纵向预应力。

(16) 按下述顺序并按两岸对称及上下游对称的原则分段压注拱肋混凝土:上外侧钢管—上内侧钢管—下外侧钢管—下内侧钢管—上盖板—下盖板—外侧腹板—内侧腹板。

(17) 施工拱上墩柱和拱顶T形结构。

(18) 采用缆索吊架设16m梁,施工主桥检查设备。

#### 5. 结语

水柏铁路北盘江大桥为中国第一座铁路钢管混凝土拱桥,也是目前世界上最大跨度的上承式铁路钢管混凝土拱桥。桥面距江面高差达280m,为目前中国最高铁路桥梁;拱圈施工采用两岸半拱平转法合龙,其单铰平面转体重量达104000kN。该桥结构新颖,施工难度极大。经大桥设计、施工、制造、监理、监测和科研人员卓有成效的辛勤劳动,主拱肋于2001年1月20日顺利转体合龙,拱肋混凝土于4月灌注完毕,拱上结构于2001年7月完成,全桥8月铺轨通过。