

# 高边坡压力分散型预应力锚索 施工工艺研究

王清标<sup>1</sup> 牛军<sup>2</sup> 王立华<sup>1</sup> 赵帅<sup>1</sup>

(1 山东科技大学 山东青岛 266510 2 泰安市城市设计院 山东泰安 271000)

**摘要:** 压力分散型预应力锚索由于具有较多优点而在复杂高边坡加固工程中应用越来越广泛, 施工中结合边坡岩体性质和设备条件科学合理的选择施工工艺是其取得理想效果的关键环节。本文结合金丽温高速公路17标段工程实例, 从施工组织、现场试验、钻孔、注浆、张拉、监测等方面对压力分散型预应力锚索施工工艺作了详细论述, 为类似工程提供一些借鉴经验。

**关键词:** 压力分散型 预应力锚索 施工

## 1 前言

近年来, 压力分散型预应力锚索由于其具备以下优点而在复杂高边坡加固工程中应用越来越广泛。(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。(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。(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。(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。(5) 压力分散型预应力锚索是由多个单元锚杆按一定技术要求组合而成的锚索实体, 具有将抗拉拔力按技术要求均衡准确地分散到各个不同地质地段以及局部岩体因变形引起的局部应力能分布到整个张拉段上。但是, 该类锚索施工时, 相对于拉力型锚索各锚索单元容易产生受力差异, 当差异较大时, 容易造成个别单元应力超限或破坏, 影响锚固效率, 因此施工中结合边坡岩体和设备条件探讨科学合理的施工工艺是压力分散型预应力锚索实施的重要环节。

## 2 工程概况

### 2.1 工程概况

浙江省金(华)---丽(水)---温(州)高速公路第十七合同段K81+635~K82+000路堑左侧为坡度陡倾的山体, 自然坡度以35~42度为主, 右侧为沟谷, 山间河流。该路段为半挖半填路段, 最高处边坡约90米, 边坡地质情况相当复杂, 节理裂隙及小的断裂构造十分发育。

预应力锚索在施工中, 发现地质严重破碎, 且埋深较厚, 无法满足锚索锚固段的技术要求, 设计变更后, 锚索深度增至40米, 总数达到512根, 总锚固力422400kN。然后通过施工中空锚杆、普通砂浆锚杆、预应力锚索、地格梁来改善坡面的结构受力形式。设置水平排水孔, 排除坡体水, 使坡面体消除渗水的不利影响。最后在坡脚设置重型片石混凝土挡墙加固。

### 2.2 滑坡体产生原因分析

滑坡的产生, 除了自然因素外, 还有诸多的人为工程因素, 导致K81+635~K82+000段高边坡坍塌的主要原因就是地质勘察不实, 导致设计不准, 加上工程施工后, 坡面排水未能及时跟上, 开挖土体长时间暴露, 受岩石构造挤压影响, 原斜坡的平衡状态被破坏, 使原来受空间力系作用的斜坡土体失去了边坡外侧力支撑而松弛变形, 使斜坡面上产生较多裂隙, 此后, 连降大雨, 雨水延裂隙渗入, 使土体的抗剪强度降低, 最终形成了滑坡。

### 3 施工组织

由于山体已经开挖过一次，又有坍塌体的存在，再次开挖的坡面厚度局部已不适宜挖机施工，且坡度较陡，在工期紧的情况下，只有大型机械设备，才能满足施工需要，对坡面较薄的高陡地带，为避免过大的超挖采取人机相结合的方法进行施工，对中低地带，采取蓄碴的方法进行施工。坡面岩石的爆破，采用光面爆破或松动爆破。

为保证施工安全，自坡顶外随开挖进度按一定刷坡长度设置位移观测桩，对坡面位移进行监测。施工锚索时应准确量测，特别是预应力锚索的点位更应准确，其它普通锚杆再根据预应力锚索的点位进行控制。这样对以后施工地梁及垫墩，是否美观、顺利、符合质量要求等提供了保障。

### 4 现场试验

#### 4.1 按设计要求进行现场基本试验

为了取得现场实际资料与数据，确定土体的极限承载力，从而最终确定预应力锚索锚固段的实际长度和结构分布，在锚固工程正式开始前进行预应力锚索现场基本试验。

(1) 任何一种新型锚索和已有锚索用于未曾应用过的土层时，必须进行基本试验，且基本试验锚索数不得少于3根。

(2) 基本试验锚索的结构参数、材料及施工工艺和工程施工的锚索相同。

(3) 最大试验荷载不超过预应力材料强度标准值的0.8倍。

#### 4.2 现场基本试验内容

试验准备、造孔、编束、穿束、灌浆、混凝土承载墩制作、试验拉拔。

### 5 施工工艺

#### 5.1 钻孔

(1) 锚索施工前应取两根以上锚索进行钻孔、注浆、张拉与锁定的试验作业，以便对施工工艺和施工设备的适应性进行评定和比选。

(2) 钻孔在锚索施工中占据较大比重的工程量，是影响工程费用和工期的关键性因素。在钻孔时，应根据设计要求的钻孔参数和地层类型，确定适用的钻孔设备和工艺。

(3) 钻机的振动会使钻机发生移动而造成大的钻孔误差，应将钻机固定在坚固的基础或脚手架上。

(4) 钻孔施工应注意下列事项：

1) 钻孔前，根据设计要求和土层条件，定出孔位，做出标记。

2) 钻孔水平方向的误差不应大于50mm，垂直方向误差不应大于100mm。

3) 钻孔开孔误差不得超过 $\pm 2.5^\circ$ ，钻孔底部的偏斜尺寸不应大于锚索长度的1/30。

4) 锚索孔深不应小于设计长度，但也不宜过大，一般根据地质情况和钻孔角度以及锚索类型而定，当钻孔地质较好，角度较缓超深以20~40cm为宜，地质较差时，也不宜大于80cm。

5) 锚索成孔后应及时清孔，湿式造孔应注水冲洗，直至孔口流出清水为止。干式造孔应用高压风将孔内粉碴吹出孔外，以确保浆体与孔壁的粘结强度。清孔完成后及时进行锚索安装和注浆。

6) 在钻孔过程中有地下水从孔口溢出时，应采用固结注浆，以免锚固段注浆体流失或强度降低。

#### 5.2 钻孔机械

(1) 在选择钻孔机械时，可能会受到钻孔所通过地层的类型、钻孔几何尺寸、设计要求的钻孔精度、工程规模、工期和现有设备情况等多种因素的影响。一般来说在岩石中应优先选用潜孔钻机，这不仅是由于经济方面的原因，更重要的是潜孔冲击类钻面所凿钻孔的孔壁粗糙而对锚索的锚固十分有利；在松散的岩体中，一般使用旋转钻和带导管的钻机，在这类岩体中的钻孔多数需要多次钻孔注浆循环才能成孔；在粘性土中使用带麻花钻杆的钻机比较适宜。

(2) 潜孔类钻机所使用的冲击器（又称潜孔锤）按配气类型分为有阀式和无阀式两大类，国内使用较多的是J系列和CIR系列有阀式潜孔器，这类潜孔器对气压的要求较高，个别零件的使用寿命较短，柱销容易破坏使钻头掉入孔内；而无阀式冲击器较好的克服了有阀式冲击器存在的问题，且适应性强，在不同气压下（0.7~5.0MPa）

均可正常工作。在金丽温17标高边坡所使用的潜孔器,全是有阀式(J系列)的,在施工中,经常掉钻头,而不得不从重新再次开孔,结果成本大幅提高。

(3)对于导管跟进钻孔,必须使用专用钻机、偏心钻头和配套冲击器才能进行。导管应根据工期、业主要求、钻孔单价进行选择,一般用普通钢即可,壁厚 $\geq 6\text{mm}$ 。

### 5.3 锚索加工

(1)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。

(2)预应力锚索应严格按照设计尺寸进行下料,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。

(3)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。

(4)隔离架是使锚索体各钢绞线相互分离,以保证锚索体周围均有一定厚度的浆体覆盖,同时也起到锚索体居中的作用,隔离架应由钢、塑料或其它对杆体无害的材料组成,不得使用木质材料。

(5)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。

(6)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。

### 5.4 锚索下锚

(1)杆体放入钻孔前,应检查杆体的质量,确保杆体组装满足设计要求。

(2)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,且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。

(3)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。

(4)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。

(5)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。

### 5.5 锚索注浆

(1)压力分散型锚索因使用无粘结钢绞线作为预应力筋,所以各单元锚杆全段均能自由伸长,因此,在注浆时应全段一次到位。

(2)水泥浆液宜采用普通硅酸盐水泥,不得使用高铝水泥。

(3)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。

(4)注浆浆液应搅拌均匀,浆液应在初凝前用完,并严防石块、泥土等杂物混入浆液。

(5)注浆作业开始或中途停止较长时间再作业时,宜用水或稀水泥浆润滑注浆泵及注浆管路。

(6)高压注浆当孔口溢出浆液或排气管停止排气时,应立即封堵孔口或排气管,不得让水泥浆溢出,直到压力满足设计要求后,方可停止注浆。

### 5.6 锚索张拉、锁定

(1)张拉的目的是通过对锚索加载,进一步证实锚固段承载力和锚索的各种力学性能是否达到设计加固效果。

(2)考虑到张拉时应力向远端分布的时效性,以及施工的安全性,加载速率不宜太快,一般取设计应力值的0.1/min,卸载速率宜控制在设计应力值的0.2/min。

(3) 垫墩的锚垫板与承压面应平整, 锚垫板应保证足够的刚度, 并与锚索的轴线方向垂直。

(4) 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。

(5) 垫墩砼强度达设计强度的70%时即可进行张拉, 但锚固段注浆体的强度须大于设计强度。

(6) 复合锚的张拉应按一定的程序进行, 一般先取 $0.1\sim 0.2N_t$  (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, 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。

(7) 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。

### 5.7 锚索监测

(1) 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) 压力盒对锚垫板的几何尺寸、有关技术参数和现场安装, 有十分严格的要求: 1) 锚垫板中心孔径, 必须小于锚力计底部内环直径; 锚垫板外端有效直径, 必须略大于压力盒底部外环直径。2) 锚垫板必须有足够的厚度(刚度)以避免锚索张拉时, 锚垫板中部位置受力后产生挠曲变形。3) 锚垫板外表面必须平整、洁净。4) 造孔后, 孔口构筑混凝土墩台, 锚垫板就位于墩台上如图1。要求锚垫板的外平面必须与穿索孔轴线垂直, 其不垂直度要小于5度。5) 锚索在整体超张拉时, 最大压力应控制在压力盒满量程的80%。6) 保护好信号传输电缆要贯穿安装到监测的全过程。7) 压力盒电缆插头的防水保护十分重要。

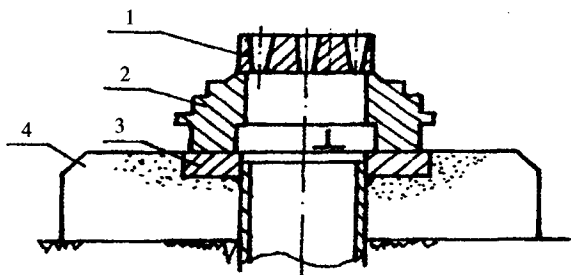


图1 锚索测力计位置示意图

1.工作锚板 2.压力盒(锚索测力计) 3.锚垫板 4.混凝土墩台

### (3) 监测步骤

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31d至12个月每30d记录一次。

5) 施工期内, 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。

7) 当锚索钻孔位置在土层区域时, 锚索在张拉过程中, 垫墩由于土体承压不足, 地层沉降, 周边土体开裂、隆起, 土体开裂、隆起现象越大, 则应力损失越大。

## 6 结束语

随着锚固技术的不断完善和发展, 锚索的应用越来越广泛, 对于不同的岩体, 正确选择合适的锚索类型是非常关键的, 特别是在一些软岩地层、土质边坡中, 压力分散型锚索的锚固效果尤为突出, 能够提供比拉力型锚索更加可靠的锚固力, 锚固荷载更大, 相对寿命更长。科学合理的施工工艺是保证其锚固效果的关键因素。

### 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.