

11-14

# 预应力锚索在滑坡治理中的应用

中国地质大学(北京) 谢建清 刘昭明

p 642.22

**提 要** 介绍了国内外用于边坡、滑坡加固的预应力锚索的主要类型及结构,并例举了锚索在滑坡治理中的实际应用。

**关键词** 预应力锚索, 滑坡治理, 锚具

## 1 概 况

锚索是继锚杆之后又一种把受拉体埋入地层的技術。锚索锚固是一种充分利用岩土自身强度来加固不稳定岩土体的措施,据记载,早在 1918 年,西利西安矿山开采时就使用锚索进行支护,但预应力锚索真正得到应用始于 30 年代。1934 年,法国在阿尔及利亚舍尔法斯(Cheurfas)混凝土坝的加高和缺陷处理中,首次使用了 37 根 10000kN 级的预应力锚索。在我国,1964 年在梅山水库连拱坝左、右坝基加固中,首次使用预应力锚索。

近几十年来,由于预应力锚索技术不断完善,以及它所具有的突出优点,如受力可靠,施工灵活、快速,施工作业对岩土体干扰小,影响小,地面作业安全,主动受力,见效快等,使得预应力锚索得到广泛应用。例如深基坑支挡、地下洞室加固,边坡加固、滑坡防治、结构抗倾、坝基加固,桥基加固等工程常常采用预应力锚索。预应力锚索还常与其它结构物联合使用来稳定不

稳定岩土体,如与挡墙组成锚拉墙,与抗滑桩组成预应力锚索桩,这样可以大大减轻结构物自重,节约工程材料,具有显著的经济效益和社会效益。

目前,国外单根锚索预应力最高达到 16000kN(用于德国 Schwarzenbach 坝加固),我国单根锚索预应力最高达到 6000kN(丰满水电站、漫湾水电站坝基加固),采用锚索最长的是摩洛哥拉拉·塔克尔考斯特(Lalla Takerkoust)坝加固用锚索,其长度为 70~114m,我国漫湾水电站所用锚索孔深最长,为 74.6m。采用锚索根数最多的工程是印度的坦萨(Tasa)坝,为 2400 根(单根预应力 700kN),我国采用锚索最多的工程是漫湾水电站边坡加固,共用 2271 根。

## 2 预应力锚索结构及类型

预应力锚索一般分 3 部分,外锚固段、自由段和内锚固段(见图 1),锚索体贯穿于全长。锚索体是由高强度钢绞线组成,钢绞线是用多根冷拉钢丝在绞线机上

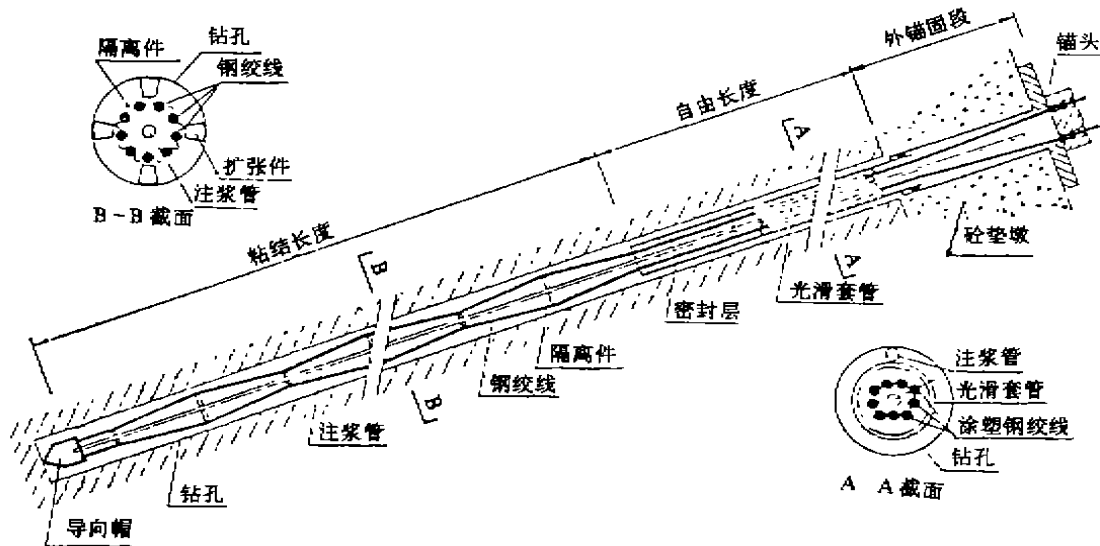


图 1 预应力锚索结构

成螺旋形绞合,并经回火处理而成。常用的钢绞线有 GB5224 和 ASTM 两种标准。钢绞线的构造有多种,一般都采用 1×7 型,钢绞线公称直径有 9.0、12.0、15.0mm,一般采用直径 15.0mm(GB5224),ASTM 标准的钢绞线公称直径为 15.24mm。

### 2.1 外锚固段

外锚固段主要由砼垫墩和外锚具组成。外锚具的形式较多,我国采用的锚具有锥形(Z 型)、JM、BM、XM、QM 和 OVM 等型。其中最常用的是 QM 和 OVM 锚具,见图 2。国外采用的锚具有瑞士 BBRV、VSL、Freyssinet 公司的 K 体系、Monogroup 体系、CCL 锚头、KA 锚头、Stress Block 锚头、BBB 以及 SEEE 系统等锚头,但最著名的是 BBRV 和 VSL 两种

锚头,见图 3。

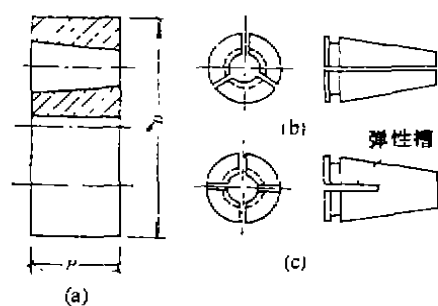


图 2 QM 与 OVM 型锚具

(a)一锚板;(b)一三片式夹片;(c)一三片式夹片

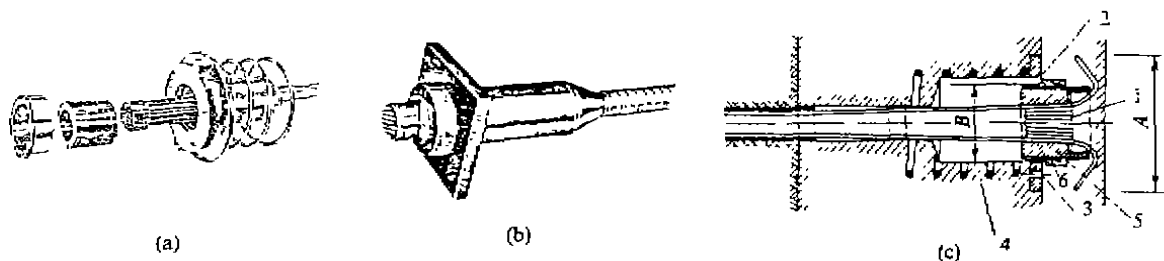


图 3 国外锚头结构示意图

(a)、(b)一BBRV 锚头;(c)一VSL 锚头;1—锚塞;2—灌浆口;3—装配孔;4—垫墩;5—锚环;6—保护层

### 2.2 内锚固段

内锚固段指锚索体在稳定岩土层内联结的方式,主要有机械胀壳式和粘结式两种。实际应用中以粘结式为主。所谓粘结式就是利用纯水泥浆或水泥砂浆将锚索与孔壁连成一体以承受张拉力的一种方式,其构造如图 1 中 BB 断面所示。值得一提的是当用锚索加固松散风化岩层或土层时,一般采用扩孔方式进行锚固,即在锚固段加大一部分孔的直径,或在锚固段全长加宽,以增大锚固力。有时扩孔呈锯齿锥状分布。目前我国用于滑坡治理的预应力锚索内锚固段几乎都是粘结式。在日本,粘结式和机械胀壳式都用。图 4 即为日本 SSL 地锚用于加固土层及风化岩层和岩层的两种内锚头形式。

### 2.3 自由锚固段

自由锚固段指外锚头与内锚头之间的自由张拉段。这一段锚索体允许在施加预应力时自由伸长。自由张拉段锚索一般都要求有防腐层,其构造如图 5 所示。作为永久性锚固一般都要求二次灌浆,即内锚固段灌浆达到设计强度后(一般为 15 天),再对自由张拉段进行灌浆。防腐层的涂料有沥青、851 焦油聚氨酯等。

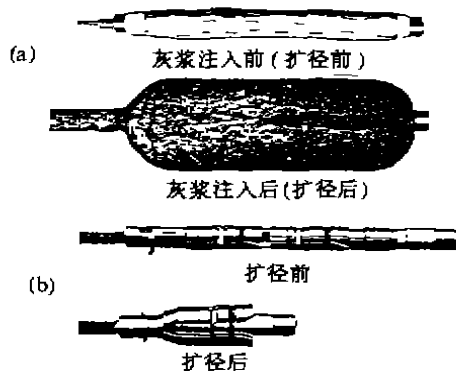


图 4 日本 SSL 地锚头

(a)一SSL-P 型,适用于土层及风化岩层, $P \geq 300\text{kN}$ ;(b)一SSL-M 型,适用于软岩~硬岩, $P = 350, 700, 1300\text{kN}$

## 3 预应力锚索应用实例

预应力锚索的应用已渗透到岩土工程的各个领域,并获得了显著的经济效益和社会效益。这里仅介绍预应力锚索在滑坡治理中应用的一些实例。

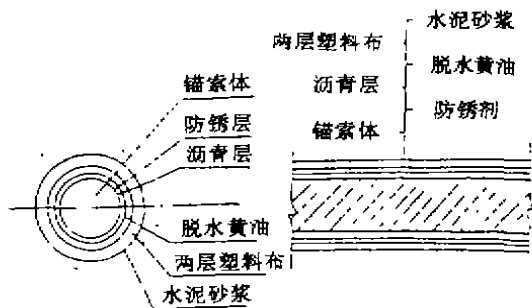


图5 自由锚固段结构

### 3.1 漫湾水电站左岸岩质边坡治理

漫湾水电站左岸边坡为流纹岩组成,在开挖过程中于1989年1月7日发生大规模坍滑,总体积为10.6万 $m^3$ ,1989年9月19日又发生了5万 $m^3$ 的坍滑,造成坝基建造停止。在抢险整治中,采用了预应力锚索,先后布置了1000、1600和3000kN级的锚索。每根钢绞线由7根直径为5mm的高强钢丝组成。各级锚索的参数见表1。锚索的外锚头采用QM和OVM,内锚固段采用粘结式,锚墩采用钢筋混凝土结构。

### 3.2 四川阿坝州草坡水电厂马岭山隧洞滑坡治理

该水电厂于1988年建成,1989年9月发现引水渠道最后一段马岭山隧洞发生变形,错断、压碎等现象,经勘察认为是古滑坡复活引起,滑坡为纵长式,上宽下窄,主轴长约310m,宽120~180m,在设置锚索处厚度为35m左右,滑坡体约117万 $m^3$ 。工程治理采用5排72根预应力锚索(见图6)。滑坡主轴断面下滑力为1300kN,锚索可布置宽度为82m,预应力锚索选用国标公称直径15mm的钢绞线,每根锚索由4股钢绞

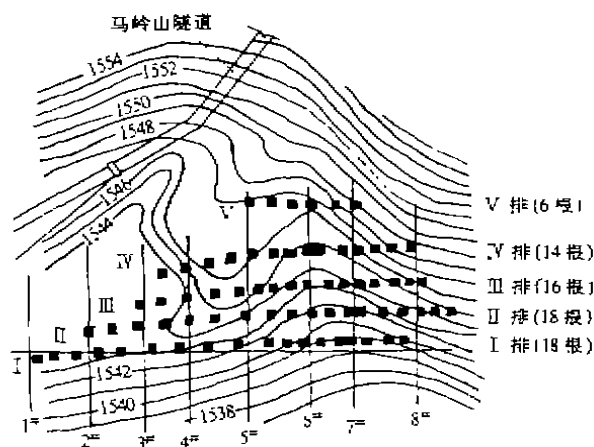


图6 锚索平面布置图

线组成,内锚固段采用粘结式,锚固段长度由孔壁与水泥砂浆锚索体的抗剪强度确定,安全系数 $K_s \geq 2.5$ ,锚固段平均长度为10.48m,锚索长度为36.2~53.0m,平均孔深48.61m。锚索外锚固段采用4孔直径118mm的圆盘锚具固定锚楔卡紧后,用混凝土封闭。垫墩由200号钢筋混凝土组成,尺寸为1.5m·1.5m·0.55m。锚索倾角为与水平面成30°,锚索水平间距取1.5~4.5m,垂直间距取2.0~3.0m。

### 3.3 长江三峡链子崖危岩体整治工程

链子崖危岩体北端危岩高耸百米以上,俯视长江,其 $T_4 \sim T_{12}$ 缝段200余万 $m^3$ 危岩,在地震、暴雨、久雨等因素作用下,将产生崩塌滑坡。一旦发生,将会造成碍航,甚至堵江断航的严重后果,因此必须整治。在链子崖危岩整治中重点是水马门5万 $m^3$ 危岩体治理,其整治设计就是采用预应力锚索,锚索的布置见图7。设

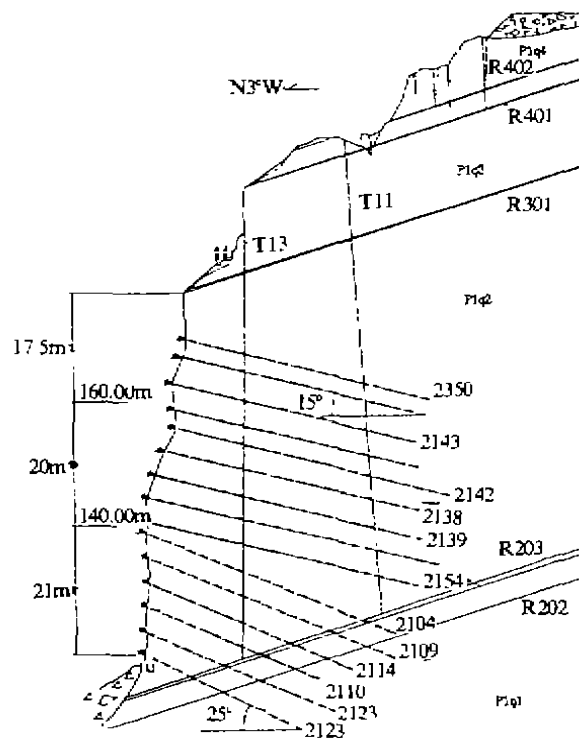


图7 锚索布置图

计中采用了1000、2000和3000kN级3种锚索。锚索体采用标准为ASTM A416-87A 270级的钢绞线组成,各级锚索的设计参数见表2。其中3000kN级锚索分布在高程150m以下,集中总锚固力的近1/2;2000kN级锚索分布在高程160m以下,约点总锚固力的1/3;1000kN级分布在最上部。采用的外锚具为

表 1 预应力锚索参数

设计承载力 /kN	钢绞线数 /根	钢绞线使用 标准	锚索根数 /根	钻孔直径 /mm	孔深 /mm	锚索间距 /m × m	设计强度 /材料强度
1000	7	GB5224-85	1371	115	13~41.5	(3~5) × (3~4.5)	0.65
1600	12	GB5224-85	20	150	30	(4~5) × (3~5)	0.60
3000	19	ASTM	817	165	18.5~74.6	(4~5) × (3~5)	0.55

表 2 治理水马门 5 万 m<sup>2</sup> 危岩锚索设计参数

设计承载力 /kN	钢绞线数 /根	钻孔直径 /mm	锚索数量 /根	内锚固段长度 /m	锚索倾角 /(°)	锚索间距 /m × m	张拉力/ 设计强度	材料强度 /设计强度
1000	7	115	90	7~8	15	5 × 5	1	1.6
2000	12	150	60	7~8	15~20	4.5 × 4.5	0.9	1.6
3000	19	175	50	8~10	25	4 × 4	0.7~0.8	1.6

OVM, 垫墩为 300 号钢筋混凝土, 内锚固段为粘结式, 以纯水泥浆或水泥砂浆胶结, 水泥为 525 号普通硅酸盐水泥, 水灰比 0.4~0.5, 灰砂比 3:1, 浆液中掺加 0.5% (占水泥质量) 的早强剂, 要求  $R_7 \geq 30\text{MPa}$ ,  $R_{28} \geq 50\text{MPa}$ , 锚索平均孔深为 35m。

#### 4 参考文献

- [1] 滑坡文集编委会. 滑坡文集(十一). 铁道出版社, 1994.
- [2] 地质灾害研究会. 中国地质灾害与防治学报(增刊), 1994.

## Application of Pre-stressed Cable in Landslide Treatment

Xie Jianqing Lau Zhaoming

China University of Geosciences

**Abstract** The main types and structures of the pre-stressed cable used in slope and landslide stabilization both nationally and internationally are described with field application of the cable in landslide treatment listed.

**Key words** pre-stressed cable, landslide treatment, anchor

## 基桩孔埋钻事故的处理

河南煤田地质四队 刘克林 荣智新

近几年我们在基桩工程施工中, 多次发生钻具折断及埋钻事故。我们在处理中有些体会简介如下。

### 1 事故发生的原因

施工中, 因折断钻具造成埋钻事故是较常见的, 其原因有:

(1) 地质因素。多在第四系地层施工, 孔壁易坍塌掉块, 导致折断钻具后埋钻。

(2) 泥浆因素。泥浆质量差, 孔内岩粉及砂砾不能及时排出, 越集越多的砂砾沉淀下去可导致埋钻事故。

(3) 机械因素。如砂石泵漏气等故障影响上水量, 使孔内岩粉不能及时排出。

(4) 工艺技术因素。由于技术参数不合理、操作不当或是回次钻进时间过长, 因钻具的震动使连接螺栓松动或脱落, 使钻具断脱。

### 2 事故的处理方法

(1) 勾取法。采用制作好的特殊勾子下入所需深度勾住钻杆的接箍(先套勾钻杆)或钻头, 提上即可。孔内较干净时用此法。

(2) 正吹反吸法。钻头被沉渣埋死时用正吹反吸法进行处理, 可取得显著的效果。用正循环钻具向孔底高速喷射冲洗液, 同时用泵吸反循环法将砂砾抽出孔外, 待孔内干净后, 用勾取法将钻具打捞上来。郑州市紫荆山立交桥施工中, 于桩孔深 29.73m 时, 折断钻具, 钻头被埋 5m, 采用此法仅用了 16h 就提上事故钻具。