

无粘结锚索的应用和对其永久性的担忧

刘玉堂

(总参工程兵科研三所 洛阳 471023)

摘要:上世纪80年代初,锚索加固工程要求安装观测锚索,大变形岩体的加固要用无粘结锚索,工程需要催生了国内的无粘结锚索。当时还没有无粘结钢绞线,只能用光面钢绞线自制,因此,无粘结锚索很不规范。90年代初国内水电建设引进了无粘结锚索的规范结构和施工工艺,并迅速得到推广。然而,在工程应用中过于简化,把双层隔离层改为单层,把充满并可随时补充防锈油脂的防护帽用混凝土或水泥砂浆替代,永久性难以保证,给工程的安全埋下隐患。无粘结锚索的钢绞线不与岩体粘结,锚索对岩体的加固完全依赖其拉力,锚索的拉力又仅仅依靠夹片对钢绞线的夹持力,在上百年的高应力作用下,夹片及其夹持的那段钢绞线产生了徐变和锈蚀,必将减小锚索对岩体的支护力。在用无粘结锚索加固的公路边坡中,因雨水冲蚀格构下的风化石和泥土,锚索失去了拉力,边坡缺少支护力而失事的工程已不止一例。

关键词: 锚索 无粘结锚索 边坡加固 岩土加固

1 前言

1989年漫湾水电站左岸发生了大滑坡,锚固桩和锚固洞都被剪断。引进锚索后,工程进展顺利,不仅把滑坡耽误的工期抢回来,还提前半年建成。漫湾的经验被三峡、大朝山、李家峡、小湾等一大批水电站建设工程所接受,无论边坡或者大跨度地下厂房的支护,都大量采用锚索,锚索已经逐渐成为岩土加固的主要手段。从上世纪中期开始,新的锚索类型不断出现,应用范围几乎扩展到所有岩土工程。用得多、范围广、施工队伍杂,有些锚索工程就出了事。有好心人担心:如果水电工程出了事将是很大的灾难,这种担心也有一定的道理。无粘结锚索是采用的隔离防护,凡是采用隔离防护的任何结构,保护隔离层完整性的重要性在于,一处破损将危及整个结构的安全,作为隐蔽性支护措施的锚索更是这样。令人担忧的是大多数采用无粘结锚索的工程忽视隔离层的保护。有的工程把两层隔离层减为一层;有的工程仅依赖无粘结钢绞线上的PE管,不安装对中支架;甚至有的工程为了降低工程成本不用正规的无粘结钢绞线,采用现场自制。锚索的类型有10余种,各种锚索都有自己的特性,不根据工程的特性恰当的选择锚索类型也要出事。例如,黄河上游一个水电站,边坡很高,选用的锚索是全长粘结锚索,施工采用分层开挖分

层支护的工序,当开挖到第三层时,第一个马道上的锚索就发生了断裂。这是因为开挖下层岩体时,上层边坡要产生向外的位移,已完工的锚索的拉力就要增大,而全长粘结锚索是不能调整预应力的。无粘结锚索有很多优点,也有不少缺点,不完全了解无粘结锚索的受力特性,任何地质条件、任何环境都采用无粘结锚索,有时也达不到岩体加固的预期效果。

2 无粘结锚索的产生与发展

我国无粘结锚索的产生源于工程的实际需要。1980年,武汉龟山修建了一个净跨17m的地下大礼堂,设计采用预应力锚索进行加固。为了监测锚索的受力状态和工程的加固效果,设计要求安装观测锚索和位移计。由于当时还没有无粘结钢绞线,只能采用钢绞线上涂黄油再套塑料管的办法自制,用它组装的无粘结锚索虽然很不规范,却是我国无粘结锚索的雏形。1984年,河南鹤壁矿务局四矿的地下泵站需要加固,由于岩体变形大,选用了无粘结锚索,无粘结钢绞线的制作虽然仍然采用武汉龟山办法,由于施工前作了大量的试验研究工作,无论无粘结钢绞线的制作工艺或是锚索的结构都作了很大的改进。当时锚索的应用尚不普遍,无粘结锚索算是一个新品种,地下泵站加固的成功,就把它作为一个科研项目,由鹤壁矿务局和总参工程兵科研三所共同署名报

了奖,题目是“预应力自由锚索的设计和施工工艺的研究”。无粘结锚索在长期工作中张拉段可以自由伸缩,就把它命名为“自由锚索”。鉴于该项目通过了鉴定,得了奖,又有工程成功的应用,遂被有些煤矿所接受,如河北省的峰峰矿务局、江苏省的徐州矿务局等,他们都在岩体变形大的地下洞室加固中取得了满意的支护效果。1987年,广西天生桥二级水电站厂房边坡施工中观测到不稳的征兆,高大的边坡沿着缓倾角构造面产生微小的蠕动。此前,厂房的位置已做过两次变动,除了加固已无退路。由于工程紧急,边坡治理采用了多种加固措施:截头、压脚、排水、注浆、锚桩、预应力锚索等,而锚索必须是可调预应力的无粘结锚索,否则,边坡的蠕动将会把锚索拉断。所用的无粘结钢绞线是在钢绞线上涂沥青,再裹两层塑料带。这种处理方法与日本同时代的做法大同小异。当然,这种无粘结锚索的结构仍然是不规范的。

上世纪90年代,四川二滩水电站和河南小浪底水利枢纽工程的建设,引进了国外无粘结锚索的规范结构和施工工艺。这种锚索的结构是复杂些,但是,无论在施工中或是在地下的长期工作中,锚索的各组成部分可能遭到的各种侵害都有严格的防范措施,能确保锚索的永久性。鉴于无粘结锚索具有很多无可争辩的优点,迅速在我国各种边坡加固中推广,其中包裹一些国家重点建设工程,如京福高速公路福

建段的边坡、云南小湾水电站以及在建的四川锦屏水电站的高边坡等。然而,由于把规范的无粘结锚索结构简化,省落了一些重要的、自认为没有必要的组件,其永久性便难以保证。

3 无粘结锚索的规范结构

规范的永久性无粘结锚索结构如图1所示,四川省二滩水电站、河南省小浪底水利枢纽的边坡和地下厂房的支护都是采用这种锚索结构。无粘结锚索是采用隔离防护,依赖隔离层把钢绞线与外界隔开,免受有害介质的侵蚀。隔离层的材料必须化学性质稳定、耐腐蚀、抗老化、不导电、不透水、不漏气。水泥注浆体既渗水又透气,不能作为隔离层。锚索的隔离层都是塑料制品,强度很低,在运输、下料、组装、向锚孔内送索等所有工序都有可能损伤隔离层,损坏后难于发现和修复,因此,锚索规范要求,整个锚索的所有钢绞线都必须至少有两层隔离防护层:在张拉段由波纹管和钢绞线上的PE套管组成;在锚固段,钢绞线上的PE管已剥去,组成锚固段的隔离防护层由外面的波纹管及钢绞线上的环氧树脂涂层组成。如果锚固段钢绞线上不涂环氧层,则锚索的锚固段必须再加一层波纹管,两层波纹管组成锚固段双层隔离防护层,如图2所示。在波纹管的外侧设一列对中支架,它有两个功能:一是保证注浆后锚索周围有大致均厚的浆体,二是当向锚孔内推送锚索时,防止波纹管与粗糙的孔壁直接接触,避免磨破波纹管。在波纹

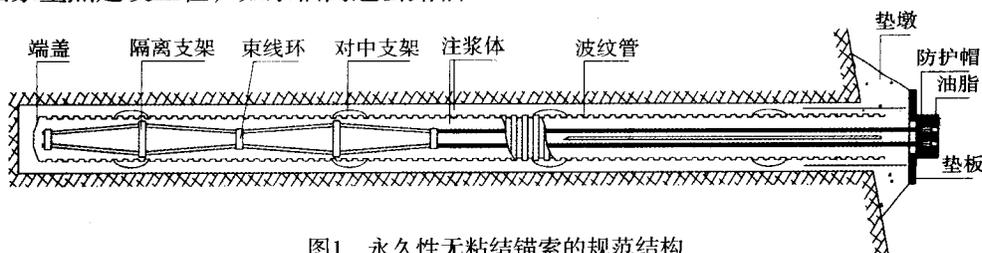


图1 永久性无粘结锚索的规范结构

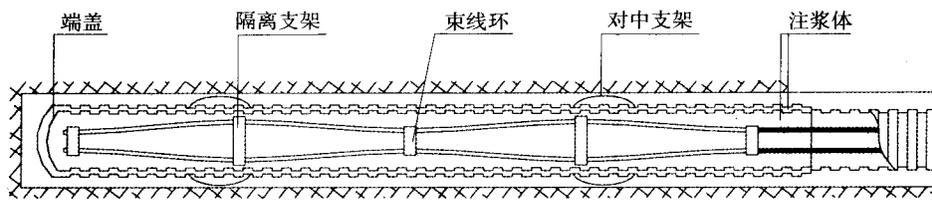
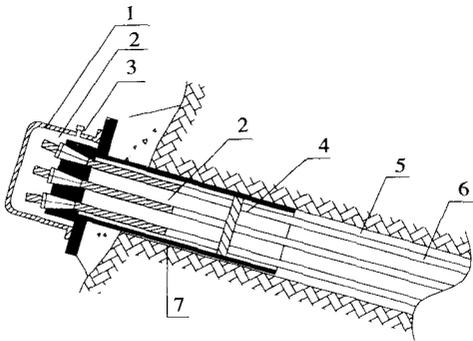


图2 锚固段双层波纹管

管内部安设一列对隔离支架,它也有两个作用:一是使锚索体在波纹管内居中,二是把各根钢绞线隔开,注浆后使各根钢绞线周围都有一定厚度保护浆体。对中支架和对中隔离支架都采用模注塑料,捆扎用尼龙绳,不能用钢铁和其他金属制品代替,防止组装锚索时擦破隔离层。

无粘结锚索外锚头的规范防护如图3所示。当需要调整锚索的拉力时,取下防护帽,安装张拉装置,拉动锚板,旋转锚板上的螺帽即可把拉力调到需要的值。调整完拉力、戴上防护帽后,还要通过防护帽上的注油孔注满防锈脂。虽然防锈脂空腔周围可能渗油的地方都安装有橡胶密封环,长期使用中油脂仍然会不断渗出而流失,特别是边坡上的锚索。因此,即使不调整锚索的拉力,也要不定期给防护帽补充防锈油。



1 防护帽 2 防腐油脂 3 油脂注入孔 4 密封环
5 注浆体 6 无粘结钢绞线 7 导向管

图3 无粘结锚索外锚头的防护

4 无粘结锚索的永久性令人担忧

4.1 担心锚索的拉力不能持久

无粘结锚索对岩体的加固仅仅依赖锚索的拉力,丧失了拉力就失去了对边坡的支护力。公路边坡都不大开挖,修整整齐便进行锚索及其它支护的施工。边坡的表面往往是风化岩体,有些甚至是全风化的土层,地耐力很小,为了抵御锚索的拉力,通常边坡表面做成格子梁(格构),锚索位于格子梁的交叉点。南方多雨,有时是瞬间的大雨,格子梁下面风化的岩块会逐渐被水冲走甚至冲走,减小了锚索的拉力或完全丧失。滑动面上的抗滑力不足或没有,边坡必定失稳。这是南方很多公路边坡出事的主要原因。遗憾的是有关单位并

没有认识到产生滑坡的真正原因,重新加固时仍然选用无粘结锚索。

4.2 担心锚具在长时间、高应力作用下产生徐变,减小锚索的拉力

无粘结锚索的拉力完全依赖锚具的夹片对钢绞线的咬合力,这种工作状态的维持时间与工程同龄,水电工程都属于百年大计;夹片与钢绞线咬合的局部应力远大于钢绞线工作状态的拉应力,这么长时间在这么高的应力作用下,夹片及其咬合的那段钢绞线会产生怎样的徐变,对锚索的预应力有多大影响,并没有得到应用实践的证实。观测锚索全部是无粘结锚索,测得的力也有增大的,绝大多数是逐渐减小。使锚索拉力减小的因素不光是锚具和它咬合的那段钢绞线的徐变,还有锚索的拉力压缩岩体的压缩变形、钢绞线的松弛等。使锚索拉力增大的因素是岩体的松弛。观测的时间短,各种因素混杂在一起问题不突出,50年以后将发生什么情况,如何把各种影响因素分开,将是一个复杂的课题。

4.3 担心锚具锈蚀减小锚索的拉力

我国对无粘结锚索外锚具的防护方法绝大多数都是沿用全长粘结锚索的做法,锚索施工完仅仅用混凝土或水泥砂浆覆盖。去年,水科院曾在云南漫湾水电站实地挖出了一根已服务20年的全长粘结锚索,检查发现,凡是在孔内有水泥浆包裹的钢绞线都比较完好,强度也没有降低;外锚具虽然也有水泥浆包裹,却发生了严重的锈蚀。这是因为大气环境要比钻孔内复杂的多,CO₂等酸性物质会降低水泥浆的碱度使水泥浆碳化,锚具失去钝化膜的保护必然生锈。全长粘结锚索有“受力的局部性”,锚具锈蚀甚至去掉都不会影响锚索对岩体的加固作用;无粘结锚索则不同,锚具的锈蚀必将大大降低其锚固性能,从而减小了锚索的抗滑力。

4.4 担心隔离层起不到对钢绞线的有效防护

绝大多数工程的无粘结锚索都是采用单层隔离防护,有不少工程锚索上根本不安装对中支架,甚至有的锚索规程也这样认定。规范要求双层隔离层、设两列对中支架是保证锚索在施工过程中和长期工作中都万无一失,简

化后整个锚索只有无粘结钢绞线上一层PE管,锚索作业中,特别是向锚索孔内推送时磨破隔离层的机率是很大的,磨破的地方就失去了对钢绞线的防护;根据河南小浪底水利枢纽冲沙洞环锚的实践,PE管中的防锈油脂肯定会流失,流失了又没有补充的措施,也会影响锚索的永久性。凡是我們想到的锚索的任何部位可能遭到的任何伤害,都应该采取严格的措施加以防范,自以为是的想当然是非常危险和不负责任的。

4.5 压力分散型锚索用于永久性高大边坡的支护是不恰当的

压力分散型锚索是无粘结锚索的一种,由于他有锚固段注浆体受力合理、应力分布均匀、单束锚索的承载力可以很大等优点,在各种岩土边坡加固中被广泛应用。但是,压力分散型锚索张拉段钢绞线的长度不等,不宜用作工程加固锚索。

大型边坡的治理是分层开挖、分层支护,当上层锚索及其他支护完成后再挖下一层。开挖在力学上就是应力解除,必然引起上层已施工完锚索的边坡向外位移。锚索的锚固段是处于稳定岩体中,不会产生位移,开挖引起的位移全部发生在张拉段,锚索的拉力必然增大,但是,各根钢绞线增加的拉力是不等的。因为边坡的位移量对同根锚索中所有的钢绞线都相等,钢绞线的长度不等,长的增加得少,短的增加的多,于是,同一根锚索各根钢绞线的拉力都不相等。再向下挖一层,上述差别加大,锚索中最短的钢绞线总有机会最先拉断,形成各个击破的恶性结果。当然,正如一位锚索专家说的,边坡的位移小或张拉段特别长并不一定会拉断。但是,锚索受力的不均匀性总是存在的,同一个结构中各构件不是等应力工作,总不能算是成功的设计。

压力分散型锚索也不宜用作观测锚索。观测锚索的作用是用于大致掌握工程锚索长期工作中的受力状态,用以判断是否需要调整锚索的拉力。观测锚索的拉力是靠安装在工作锚板下的压力传感器来指示,压力传感器显示的力是锚索中所有钢绞线拉力的总和。对于压力分

散型锚索,边坡的位移使得锚索中各根钢绞线的拉力不等,如果按照各根钢绞线平均受力计算,锚索的总拉力可能是安全的,我们最关心的、受力最大的、最短的那根钢绞线即使已临近强度极限,压力传感器也显示不出来。

同样的道理,凡是张拉段长度不等的各种荷载分散型锚索,如拉力分散型锚索、拉压分散复合型锚索、单孔复合锚等,均不宜用于永久性高大边坡的支护。

5 结束语

5.1 对无粘结锚索的担心不是凭空想象

国际预应力协会曾调查了35个工程,有100多根锚索产生了锈蚀,90%以上属于无粘结锚索。我的同行曾向我提供过云南、深圳、福建等地几个边坡失事的信息,这些边坡的加固也都是采用的无粘结锚索。由此可见,无粘结锚索加固的工程出事并不是个案。产生事故的原因是多样的,有的是锚索的类型选择不当,有的是施工质量不好,有的是忽视了保护隔离层的完整性。

5.2 以科学的态度对待锚索技术

我国目前的现状是对锚索研究的人少,使用锚索的人多,研究人员对锚索的认识更全面些,在宣传和推广某种锚索时要用科学的、实事求是的、认真负责的态度。有位锚索专家在推荐压力分散型锚索时罗列了13条“优点”,对它的缺点和工程应用中要注意的问题却只字不提。如果工程出了事也不要捂着盖着、不进行交流。大家都不希望工程出事,看到工程出了事故人人都痛心。如果能从事故中总结出真实的、有用的经验和教训,对自己、对同行、对锚固技术的提高和完善都有好处。

参考文献

- [1] 中国工程建设标准化协会标准. CECS 22: 2005 岩土锚杆(索)技术规程[S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.8
- [2] 田裕甲等. 压力分散型锚索与拉力型锚索的比较—再论新型锚索结构系列及工程应用[C]. 岩土锚固新技术及实践. 北京: 中国建材工业出版社, 2006.7
- [3] 刘玉堂等. 常用预应力锚索的结构和特点[J]. 预应力技术, 2005.4、5
- [4] 刘玉堂等. 锚索设计施工中的几个问题[J]. 预应力技术, 2005.3
- [5] 闫莫名等. 岩土锚固技术手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.5
- [6] 刘玉堂等. 压力分散型锚索不宜作为永久性锚索[M]. 岩土锚固技术的新发展与工程实践: 人民交通出版社, 2008.10