

永久性锚索的防护及选用

刘玉堂 白彦光 庞有超 徐国兴

(总参工程兵科研三所 河南洛阳 471023)

摘要: 简单回顾了我国锚索界对永久性锚索防护的认识, 针对锚索长期工作中可能遭到的危害, 详细阐述了永久性锚索的防护原理及防护方法, 指出某些工程设计、施工及某锚索规程不合理规定的同时, 给出了各种永久性锚索的规范做法。明确指出, 当锚索作为永久支护时应根据工程所处的具体环境合理选用锚索类型。

关键词: 预应力锚索 防护 岩土加固

1 前言

随着预应力锚索在各种岩土加固中的普及, 近期人们普遍关注的焦点是锚索的永久性问题, 它直接关系到用其加固的工程的安全。对锚索永久性的认识决定了对永久性锚索的合理选用以及应采取的防护措施和施工工艺。锚索的永久性与锚索结构、锚索所处环境和人为因素有关。在详细阐述永久性锚索防护原理的基础上, 指出应根据工程所处具体环境和设计要求恰当选择永久性锚索类型, 针对锚索界的某些偏见, 明确提出, 在无腐蚀性地层可将造价低、施工速度快、在我国应用最广、至今许多国家重点建设工程仍在成功应用的全长粘结预应力锚索用于永久工程的支护, 忽视工程环境一刀切的做法是失当的。近期岩土锚固工程中出现许多荷载分散型锚索, 由于人们关注的重点是锚固段注浆体受力的合理性, 忽略了整体锚索的受力合理性, 因自由段的长度不相等带来许多问题, 在使用年限不长的工程中应用无可非议, 但是不宜作永久支护使用。

2 对永久性锚索防护的认识

纵观自1964年梅山水库坝基加固至今40年的实践, 对锚索永久性的认识大致经历了三个阶段。

第一个阶段的认识来源于钢筋砼的永久性防护。众所周知, 钢筋砼和预应力钢筋砼中的钢筋都不做专门的防护, 直接浇筑在砼中, 甚至一度认为钢筋上的锈层都无需去除, 在砼的保护下, 可以安全使用几十年。水泥浆或水泥砂浆对锚索体也同样具有永久性防护的作用。锚索的注浆就

有双重作用, 一是作为把锚索体与岩体粘结为一体的中间介质, 二是锚索的永久性防护。于是一度有人对锚索的保护层厚度开展了一系列研究, 如保护层厚度多少更合适, 在施工措施和锚索结构上如何保证保护层厚度等。由于对水泥浆保护钢材的原理和适用环境没有认识, 错误地认为什么水泥浆都能保证锚索的永久性, 把碱度较低的火山灰水泥、硫铝酸盐水泥也用于永久性锚索; 对外加剂也没有选择, 无论是否会降低水泥浆的碱度, 只要能满足设计要求就无选择地采用。

第二个阶段受国外某些规范的影响, 主张永久锚索只能采用隔离防护, 认为全长粘结锚索没有防护, 只能用于临时支护。正是在“只有隔离防护才是永久防护”认识的影响下, 我国许多永久性工程, 甚至有些国家重点建设工程, 大量采用了单层隔离防护锚索作为永久性支护, 给工程的安全构成隐患。不可否认, 隔离防护是钢铁防护的一种方法, 正如镀锌、镀铬、渗铝一样, 依赖隔离层与外界有害气体和液体隔开, 保护钢材不受锈蚀。凡是采用隔离防护的结构都应特别注意隔离层的保护, 一旦局部破损, 钢材将在破损处首先锈蚀, 特别是作为受拉构件的索体后果是灾难性的。因此, 锚索规范规定, 采用隔离防护的锚索作为永久支护时, 必须保证锚索全长至少有两层完全封闭的隔离层。

第三个阶段对锚索的永久性防护有了更深的认识。锚索的防护除了隔离防护之外, 阴极防护、阳极防护以及 $\text{PH} \geq 11$ 的强碱环境等都能对钢材构成有效的防护, 其原理在下节中阐述。

3 永久性锚索的防护原理

3.1 锚索的锈蚀与防护

锈蚀就是通常说的生锈或氧化,由于氧的普遍存在又是良好的还原剂,不少研究腐蚀的专著都把金属的锈蚀单列。

铁在大气中的氧化速度取决于大气的湿度和成份。在大气中钢铁表面常覆盖一层很薄的湿气,当相对湿度为60%时,可形成一个分子厚度的水膜,当相对湿度为90%时,水膜的厚度可达到2个分子厚,如果钢铁表面有灰尘等吸湿性物质,水膜还将更厚。氧是溶于水的,于是发生了氧化反应 $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$,在该反应中,铁失去电子被氧化,氧获得电子被还原。铁是多价元素,依氧化条件的不同可生成三种氧化物:FeO(魏氏体)、 Fe_3O_4 (磁铁矿)和 Fe_2O_3 (赤铁矿)。氧化铁和其它氧化物一样,导电率都比金属低,化学性质相对稳定,如果均匀而连续,对钢铁还是有一定保护作用的。然而,一般情况下钢铁表面的氧化速度是不均匀的,形成的氧化铁厚薄不一,锈层中会产生自应力,有压应力,也有拉应力,压应力过大可使氧化铁与母材剥离而鼓起,拉应力过大又会使氧化铁断裂,裸露的钢铁将继续氧化。

前面已提到,氧化铁如果均匀而连续,对钢铁将起一定的保护作用。研究指出^[1],在 $\text{PH} \geq 11$ 的碱性环境中钢铁氧化后将在表面形成均匀而连续的 Fe_2O_3 薄膜,它的厚度大约是100纳米,结晶形式是 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$,属于尖晶石结构,就是我们常说的钝化膜,只要钝化膜不被破坏,钢铁就不会锈蚀。这就是为什么很多钢筋砼中的钢筋几十年后仍保持新鲜的金属光泽而不被锈蚀的道理。其实,只要满足一定条件,很多金属都可以在表面形成钝化膜,比如铝是一种多见而且比较活泼的金属,生活中常见的纯铝或合金铝用品都非常耐用,就是因为钝化膜的保护作用。铝只要暴露在空气中,表面可以立即氧化一层 Al_2O_3 , Al_2O_3 就是铝的钝化膜。“不锈钢在空气中不会生锈”的说法也不够严格。当钢中加入的铬不小于12%时,不锈钢的表面可以形成 Cr_2O_3 钝化膜,是钝化膜保护了钢材不锈蚀。这种钝化膜与 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 钝化

膜不同, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 钝化膜破坏后钢铁就失去了保护层,仍然会生锈,而 Cr_2O_3 钝化膜有“自愈性”,一旦不锈钢受到机械擦伤,甚至机加工削去了 Cr_2O_3 ,不锈钢会立即在表面生成新的钝化膜。

锚索防锈蚀完全可以利用钝化膜,但是必须满足两个条件,第一,锚索所处环境能生成钝化膜。用硅酸盐水泥拌制的砼和浆液 $\text{PH} \geq 11$,恰巧满足 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 的生成条件;第二,保护钝化膜长期不被破坏。研究指出,氯离子和硫酸根离子能浸入钝化膜,造成晶格缺陷,这些缺陷逐步扩大连成一片形成锈斑。依据条件的不同,一个氯离子或一个硫酸根离子可以引起15~40个锈分子的形成,因此,锚索规范都限定了氯离子和硫酸根离子在锚索工程材料中的含量。破坏 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 钝化膜的另一个因素是酸性地层中的酸性物质,它们能中和锚索的碱性环境,逐渐使已形成的钝化膜消失而失去保护。

3.2 锚索的腐蚀及防护

金属的腐蚀是一种电化学反应。金属元素失去电子变成金属离子(被氧化),它失去的电子被另一种元素俘获(被还原),变成阴离子,金属离子便溶解并游向阴离子,与阴离子结合成为中性化合物。所以金属的腐蚀过程在电化学上叫做阳极溶解。在腐蚀动力学中有一个重要的结论:

(阳极)总的氧化速度=(阴极)总的还原速度

欲防止金属的腐蚀,不是抑制氧化反应,就是抑制还原反应,于是在电化学中产生了两种金属防腐方法:阴极防护和阳极防护。工程中常用的是阴极防护,如结构的基础、地下自来水管、煤气管道、桥墩、码头、船舰等;阳极防护主要用于工厂的设备。

阴极防护的原理很简单,通俗地讲就是给被保护的金属提供足够的电子,使被保护金属的自由电子无出路,不失去电子就不会腐蚀。于是也有两种阴极防护方法,一种是外加电流(直流)法,利用废旧钢铁接阳极,被保护的金属接阴极,阳极(废钢铁)源源不断地向阴极(被保护

的金属)输送电子,最终废钢铁被耗尽,重新更换。也有用惰性阳极的,如铂、不锈钢、碳等,阳极不损耗,但供电不能停。另一种方法不用电源,是利用金属原电池原理的“牺牲阳极”法,即用更活泼的金属贴在被保护的金属上。镁作为一种牺牲阳极在全世界广泛使用。通常在镁中还加入6%的铝、3%的锌和0.2%的锰组成合金形式。我国在船舰上常用锌铝镉合金做牺牲阳极,称为三元锌阳极。不管用什么金属做阳极都要考虑以下条件:(1)电位要相对负,以提供给被保护的金属充足的电子;(2)阳极极块的表面要均匀溶解,不会在表面结成高电阻硬壳,直到完全耗尽;(3)阳极单位重量的电容要大,电流效率要高;(4)价格便宜,货源充足,易于加工。阳极腐蚀完要及时更换。锚索阴极防护方法详见文献[2]。

3.3 锚索的电腐蚀及防护

两种不同的金属相接触引起的电化学腐蚀称为原电池腐蚀。这两种金属之间的电位差以一定速度引起金属腐蚀,腐蚀的快慢取决于两种金属的表面反应及它们的电化学次序。例如铝和锌相接触,由于铝的电化学次序低于锌,铝对锌是阳极,铝将被腐蚀。锚索施工规范规定组装锚索时不得用镀锌铁丝,就是为了防止不同金属相接触产生原电池腐蚀。因此,有专家进一步提出组装锚索时不要用任何金属材料,对中支架、隔离支架、捆扎索全部用塑料产品。

还有一种电腐蚀是由于地下杂散电流或电气设备漏电引起的电化学反应,这类电腐蚀比较普遍,如地下电话电缆、煤气管道、自来水管道路等,这些杂散电流可在金属与金属之间及金属与非金属之间产生电位差,使金属腐蚀。这类腐蚀的最大特点是它的“内部性”。例如有轨电车的轨道就是一个电极,轨道与大地一般绝缘不好,一部分电流泄漏给了大地和轨枕。某地下铁道^[3],使用5~7年后对轨枕进行检查,表面看没有任何损伤。敲开砵保护层后发现位于紧固件附近的钢筋已全部腐蚀断裂。轨枕的砵保护层中总是存在很多细小孔隙,铁的溶解物可以顺利

排出,砵保护层并不开裂,只在轨枕表面留下红色铁锈。在干燥的环境中铁锈不能顺利排出,沉积在钢筋表面。如兰州某电解车间的钢筋砵梁、柱中的钢筋受到电腐蚀后的铁锈附着在钢筋表面,但体积增大2.0~2.5倍,保护层被铁锈胀裂,不得不进行厂房的大修。

边坡锚索一般远离工业区,只要注意施工作业时不把锚索作地线,组装锚索时不使用与锚索体不同成份的金属做组件,无须作更多的防护;水力发电站地下厂房及变电室的锚索处于杂散电流密集区,有可能受到电腐蚀的威胁,其防护可采用电化学中的阴极防护,也可安装“排流器”,把杂散电流定向排出。最好采用各种隔离防护型锚索。

3.4 锚索的应力腐蚀与防护

许多合金受到外力作用或机加工(如冷轧、铆接、焊接等)的残余应力作用,与某些腐蚀性介质相接触,在远小于抗拉强度的情况下就产生裂纹,裂纹既可以以晶间形式扩散,也可以以穿晶形式扩散,这种现象就叫做应力腐蚀。应力腐蚀的发展是微观的,破坏形式是无先兆的突然断裂,破坏前没有体积变化,也没有变形特征。应力腐蚀在化学工业、石油勘探、冶金、炼油、煤气和液化气生产、储存和运输等领域是重点研究对象,是各种设备破坏的主要原因。例如,液化石油气罐壁厚都很大,根据容积的大小一般厚度为22~40mm,仅1981年~1982年两年开罐检查就发现了26个属于应力腐蚀而报废。应力腐蚀涉及到力学、电化学、冶金学等众多学科,长期以来人们一直试图了解和控制应力腐蚀开裂的过程,找出防止应力腐蚀的措施,虽然作出了巨大的努力,到目前为止,仍未找到彻底解决办法。一般认为,任何材料对活性物质都有吸附性,吸附有内吸附和外吸附,外吸附是指材料表面吸附了活性物质,降低了物质的表面能,使表面的分子结构产生位错而降低了强度;内吸附是物质内部的微裂隙吸附了活性物质,并沿晶界面或其它组织缺陷扩散,进入受拉材料裂隙的尖端,使原子键结合力显著削弱,促使材料脆化。已经证

明, 应力腐蚀产生的条件有三个: 第一, 应力腐蚀开裂的主体是拉应力, 拉应力可以是外加应力, 也可以是机加工的残余应力, 去掉应力即使已产生的裂纹也会终止扩散。研究指出^[4], 存在一个最低应力值, 称为“阈值应力”, 只要拉应力小于该值就不会发生应力腐蚀; 第二, 一般只有在合金中才发现有应力腐蚀, 即使纯金属含有很少的杂质也同样会在晶界处引起晶界裂纹; 第三, 在特定的腐蚀介质中才会产生应力腐蚀, 例如黄铜在氨中, 高强度钢在醇中, 低碳钢在硝酸盐溶液中, 奥氏体不锈钢在氢氧化物溶液中等。

如果在裂纹的尖端浸入的腐蚀性物质是氢原子, 引起晶键力的削弱而突然断裂, 这一种应力腐蚀称为氢脆或氢脆裂。碳钢在加工或长期使用中接触了某些化学物质产生的氢原子(不是分子)渗入碳钢, 与碳化铁反应生成甲烷, 产生了双重破坏作用, 一是使钢脱碳, 降低了钢的强度, 二是甲烷在晶格间形成的膨胀力, 与原有结构中的拉力叠加使钢材突然断裂。严重时能使钢的抗拉强度降低60%。

虽然锚索体是拉力状态下的合金, 其所处环境远没有化学工业那么复杂, 因此还没看到过锚索因应力腐蚀而破坏的报道, 但是, 应当引起重视, 如果锚索所处地质环境复杂, 如化工厂附近或污水浸蚀区, 应当采用双层隔离防护锚索。拉应力是应力腐蚀开裂的主因, 虽然存在“阈值应力”, 然而目前还不知道钢绞线的、哪怕是不太精确的“阈值应力”, 因此, 设计锚索时使用应力不要太高, 以不超过抗拉强度的60%为宜。

4 永久性预应力锚索的结构

4.1 全长粘结预应力锚索

4.1.1 结构

全长粘结预应力锚索施工时先对锚固段进行注浆, 张拉后再对张拉段注浆, 因此也称为二次注浆预应力锚索。受力筋采用无任何涂层的光面钢丝或光面钢绞线。

4.1.2 特点

4.1.2.1 长期使用中不能调整锚索的拉力

锚索张拉锚固后, 张拉段注浆前, 张拉段的

锚索体仍处于自由状态, 锚索的拉力是可调的, 由于没有任何防护, 无特殊要求应尽快回填灌浆。有时设计要求调整锚索预应力的时间较长, 如群锚效应及岩体变形等, 应对张拉段采取临时防护。一旦回填灌浆结束, 锚索体、注浆体及围岩将结合为一体, 锚索体的伸缩受围岩的制约, 不仅锚索的预应力无法调整, 锚索应力的自调能力也很差。

4.1.2.2 限制岩体变形能力大

粗看起来注浆体只能把锚索周围的岩块粘结起来, 然而岩块之间有一种互相咬合的镶嵌作用, 著名的“冠石理论”就是以此为基础。互相咬合的岩块以与其粘结为一体的锚索体作坚强的支撑, 共同形成有一定支护作用的“结构”, 最大限度地调动了围岩的自承能力。

4.1.2.3 全长粘结锚索有受力的局部性

无论什么原因若造成锚索某处断裂, 由于锚索与围岩被注浆粘结为一体, 锚索对围岩的加固作用仅影响断裂面附近的有限距离, 岩体强度越大, 影响距离越小, 其余的锚索仍正常工作, 并不受锚索断裂的影响。由此可以推断全长粘结预应力锚索的外锚具可以在注浆体的强度达到设计值后去掉(土和风化岩层除外)。实际上, 工业与民用建筑中许多先张法预应力钢筋砼根本就不用外锚具, 例如预应力砼屋面板等。

4.1.2.4 锚索的极限承载力高

有研究指出, 用粘结筋加固的结构极限承载力比用无粘结筋加固的同种结构高30%^[8]。这是一个不容忽视的数据。这项研究成果同样可以推论到全长粘结锚索。

4.1.2.5 张拉时锚固段注浆体易开裂

水泥浆与钢材的变形特性极不匹配, 张拉锚索时锚固段注浆体的自由面及其附近将被拉裂, 特别是锚索设计拉力较大时。张拉段回填灌浆的浆液也不可能渗入所有裂缝, 这将对锚索的永久性构成威胁。为了保证锚索的永久性, 可采用分次注浆分次张拉锚固施工工艺, 每级张拉力取锚固段注浆体不开裂的最大值。随着水泥外加剂的迅速发展, 在浆体中添加超早强外加剂1~2天即

可达到设计强度,因采用分次注浆分次张拉锚固工艺对施工进度的影响已很小。我国已有不少工程采用了这种施工工艺,如云南漫湾水电站、河北潘家口水库、石家庄黄壁庄水库等。

4.1.3 用于永久支护时应注意的问题

4.1.3.1 营造锚索表面形成钝化膜的环境

硅酸盐水泥拌制的水泥浆或水泥砂浆 $\text{PH} \geq 11$,与钢绞线接触能生成钝化膜,因此,锚索工程中锚孔注浆、垫墩的浇筑及锚头的封堵应全部采用硅酸盐水泥。为了改善浆体的性质,施工中常掺加一些外加剂,如早强剂、减水剂、助流剂、膨胀剂、抗冻剂等,这些外加剂以及拌合水都不得降低浆体的碱度,也不得含有妨碍钝化膜形成的有害成份。

4.1.3.2 长期使用中不得破坏已形成的钝化膜

很多化学物质都能破坏已形成的钝化膜,如地下水中的酸性物质能降低浆体的碱度而碳化,锚索表面的钝化膜会逐渐消失而失去保护。有些化学物质还会直接破坏钝化膜,特别是 SO^{-2} 和 Cl^{-} 的含量应严格控制在锚索规范限定的范围内。

4.2 拉力型非粘结锚索

4.2.1 结构

典型结构如图1所示,四川省二滩水电站、河南省小浪底水利枢纽等工程都是采用这种锚索结构。锚索的受力筋采用无粘结钢绞线,由于这种锚索是隔离防护,所以整个锚索都有至少两层隔离防护层,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,隔离层由波纹管和钢绞线上的环氧树脂涂层组成。如果锚固段钢绞线无环氧树脂涂层,必须在锚固段再增加一层波纹管,两层波纹管构成锚固段的防护层,如图2所示。锚索的对中隔离支架不得用金属制品,也不得用金属丝捆扎,以防隔离层破裂。整个锚索安装两列对中支架,波纹管的外侧设一列,它有两个作用:一是保证索体在钻孔中大致居中,保证注浆后锚索与孔壁间有均厚的浆体,二是索体向孔内推送时防止波纹管与孔壁直接接触。在波纹管的内侧设对中隔离支架,把各受力筋均匀隔开,保证各根受力筋周围有大致均厚的浆体。

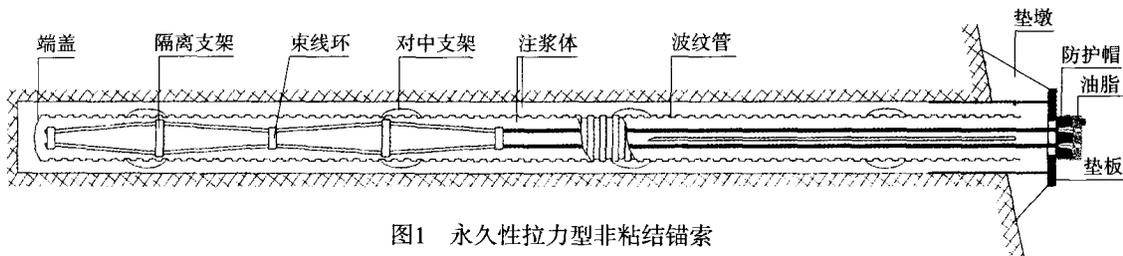


图1 永久性拉力型非粘结锚索

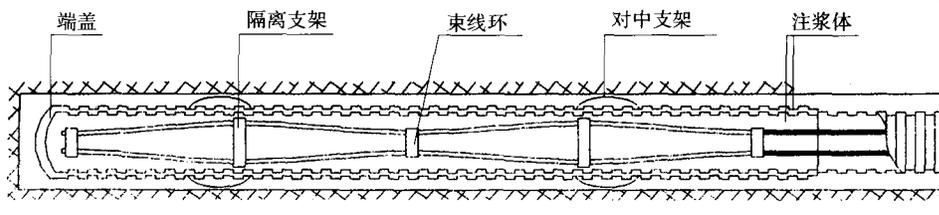


图2 锚固段双层波纹管

4.2.2 特点

4.2.2.1 锚索外锚具的有效服务期与锚索相同

锚具与钢绞线间是高应力状态下的机械咬合,长期使用中应具备良好的抗震动、抗疲劳和防松动性能,在使用期内应有可靠的保护措施。

4.2.2.2 可根据需要随时调整锚索拉力

由于岩体的变形、群锚效应或其它原因造成锚索的拉力超过或达不到设计值时,可根据需要

调整拉力的大小。调整锚索拉力,可采用垫片法,也可采用螺纹法,无须改变锚片在钢绞线上的咬合位置,不会对钢绞线造成附加损伤。

4.2.2.3 具有抗腐蚀性

波纹管、PE套管及环氧树脂具有不导电、抗老化、耐腐蚀性能,整个锚索都被密封在由这些材料组成的封闭空间内,完全与外界的各种有害介质隔绝,因而能有效地防止各种腐蚀。

4.2.2.4 抗冲击荷载性能好

在PE套管和钢绞线间涂满了防锈油脂，张拉段的钢绞线可在PE套管内无阻碍的自由滑动，犹如一根弹簧，在冲击荷载作用下可在张拉段全长调整锚索的拉力，不至于局部拉力过大而断裂。

由于拉力型非粘结锚索的注浆是全孔一次注满，锚固段注浆体没有自由面，虽然受拉也不会产生裂缝，即使产生裂缝也无碍，有两层变形性能很好的隔离层隔离，岩体中的有害气体和液体不会与锚索体相接触。

4.3 压力型无粘结锚索

这种锚索具有无粘结锚索的一切共性：锚索的拉力可根据需要随时调整其大小、抗动载性好以及锚具要长期受力等，所不同的是锚索全部拉力经孔底的承载体转换为对注浆体的压力。注浆体的承压面积和强度决定了压力型锚索的最大设计拉力。经济性限定了锚索孔的孔径不可能太大，可操作性限定了注浆体的强度也不能太高，当锚索的拉力超过注浆体的允许压力时，有可能压碎注浆体。我所近年研究成功集中压力型永久性无粘结锚索并取得专利，目前单根锚索的最大设计预应力已达3000kN。

5 永久支护锚索的选用

5.1 无腐蚀性岩土体的加固

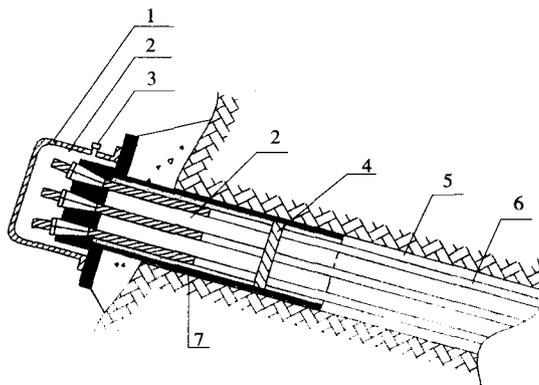
应优先选用全长粘结预应力锚索。国际预应力协会曾对锚索工程进行了调查^[5]，发现35例锚索在不同的部位产生了破坏，却无一例是全长粘结锚索。40多年来我国用全长粘结锚索加固了无数个岩土工程和结构，也从未见到全长粘结锚索破坏的报道，相反，有几个锚索破坏的例子也是属于无粘结锚索。

全长粘结预应力锚索在我国应用最早，岩土加固工程应用最多，应用范围最广，至今许多国家重点工程如云南漫湾水电站、黄河李家峡水电站以及长江三峡水电站等都在采用，它具有结构简单、施工速度快、造价低、长期工作中无须特殊维护等优点，在无腐蚀性地层岩土加固中应当首先选用，切勿受某些商业性宣传的影响。所谓无腐蚀性地层，就是 $\text{PH} \geq 6$ 、地层中无腐蚀性成

份的地层。其实，除了某些矿山、近海地区、附近有化工厂和污水处理厂的地区之外，绝大部分地层都属于无腐蚀性地层。

5.2 腐蚀性地层的加固

所谓腐蚀性地层是指 $\text{PH} < 5$ 的酸性地层、杂散电流密集区以及有海水或腐蚀性废水浸入的地区，对这些地层的加固，应当选用拉力型无粘结锚索或者压力型无粘结锚索。要强调的是对外锚具的防护不能简单地采用水泥浆或砼封堵，因为腐蚀性地层的环境不适于强碱防护，大气中的二氧化碳及酸雨会使封堵的砼碳化，降低其碱度，长期使用中会使外锚具失去钝化膜而锈蚀。全长粘结锚索作永久支护时外锚具允许用砼封堵是因为它具有“受力局部性”的特点。无粘结锚索则不同，整个锚索有隔离层与注浆隔绝，外锚具的失效就等同整个锚索失效。因此凡是采用隔离防护的永久性锚索，外锚具防护的规范结构如图3所示。边坡上的锚索环境恶劣，高温时防锈油脂易渗漏，应当不定期地通过补油孔补充防锈油脂。



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 非粘结型锚索外锚具的防护

5.3 量测锚索及需要调整锚索拉力的锚索

这两种永久性锚索都应当选用拉力型无粘结锚索或压力型无粘结锚索，外锚具的防护如图3所示，当需要调整锚索拉力时，取掉防护罩，用垫片法或螺纹法改变锚索自由段的长度，达到调整锚索拉力的目的。

5.4 不推荐各种荷载分散型锚索作永久支护

尽管荷载分散型也有许多优点，如减小了锚
(下转第34页)

58t, 最低54t, 充分发挥了材料的性能。

通过该项目的研究和在李家峡工程上的大面积应用, 目前该项技术已完全成熟, 整体效果十分理想, 且具有施工工期短, 使用机具简便, 受环境因素、生产条件影响小等特点。1997年获青海省科委科技成果证书。

4 小结

根据我国经济发展的需要, 在今后的若干年中基础设施建设必将起到举足轻重的作用, 在许多工程建设中都会涉及到预应力锚固, 而总结预应力锚固技术, 必将提高工程质量, 缩短工期, 节约投资, 产生良好的经济效益和社会效益。

预应力锚固的施工工艺含有较高专业性和技术含量, 而且具有一定的隐蔽性。要在地质条件复杂的高海拔、高寒地区实施该项技术, 从机理研究、试验、观测、施工等都是有一定难度的, 同时也是一次对新技术应用的大胆尝试。该技术

在青海的大型水电工程建设中广泛应用, 尤其是李家峡10000kN特大吨位预应力锚固的应用在国内尚属首例, 不但填补了我国在这方面的空白, 而且为我国在高坝高边坡锚固施工中积累了宝贵的施工经验。另外, 在开发应用预应力锚固技术中, 对各种锚具及其它附件的引进、研究与制造等方面也进行了大量的工作, 特别是与国内最知名的锚具开发生产厂——原柳州市建筑机械总厂(现为柳州欧维姆机械股份有限公司)进行了多次合作。2001年4月欧维姆公司的技术人员, 在青海省多家科研和施工单位进行技术交流活动, 对国内外预应力锚固技术的现状和发展、新型锚具的开发生产及前景进行了广泛交流与探讨。双方均有意向, 表示要加强在高海拔、高寒地区环境下预应力锚具的开发研究与应用等方面进行交流与合作, 共同来提高和完善我国预应力锚固技术。

(上接第30页)

固段注浆体的应力集中, 由于各受力筋自由段的长度不等, 引出了许多固有缺点:

(1) 长期工作状态下同根锚索各受力筋拉应力不相等, 当岩体位移较大时, 自由段短的钢绞线将首先断裂, 形成受力筋各个击破的恶性结果;

(2) 调整锚索的拉力时钢绞线受伤加重。要调整锚索的拉力不能用垫片法或螺纹法整体调整自由段的长度, 只能把钢绞线一根一根从锚板中拔出, 更换夹片夹持钢绞线的位置, 必然使钢绞线重复咬合, 加深刻痕;

(3) 施工操作繁琐。同根锚索钢绞线长度不等, 锚索组装完, 张拉端的每根钢绞线还必须要有表示长短的牢固标记, 张拉时还必须按照钢绞线的长短依照预先设计的张拉顺序和张拉力进行张拉。

6 结语

所谓锚索的永久性只能是一个相对概念, 不能理解为永远不坏。按哲学观点, 任何事物都有一个产生、发展和消亡的过程, 不可能存在永远不坏的东西。作为岩土加固手段的锚索, 没有理由要求它永远不坏, 要求了也做不到, 何况任何建筑物也都存在有效使用年限的限制。究竟锚索

的有效使用期多少年才是永久性锚索, 我们既不同意永远不坏, 也不同意某锚索规程^[6]简单地以两年为界“设计使用期超过24个月的就是永久性锚索”的观点。我们认为, 只要锚索与用其加固的结构物同龄就是永久性锚索。实事求是地讲, 锚索毕竟是一项才出现几十年的年轻技术, 对它的认识也在不断深化, 目前只能根据我们的认识, 把锚索可能遭到的危害加以防范, 尽量做到在它的有效服务期内不坏。

参考文献

- [1] J·C库斯里. 腐蚀原理[M]. 李启中. 第二版. 北京: 水利电力出版社, 1984
- [2] 梁炯莹. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999 68-71
- [3] A·A·斯塔谢尔斯基. 钢筋砼的电腐蚀[M]. 北京: 冶金建筑研究总院情报室, 1983
- [4] N·N瓦西连科. 钢的应力腐蚀开裂[M]. 陈石卿. 北京: 国防工业出版社, 1983
- [5] 高大水. 岩土预应力锚索腐蚀与防腐[J]. 岩土锚固工程, 2003(1)
- [6] 中冶集团建筑研究总院. 岩土锚杆(索)技术规程[M]. 北京: 中国计划出版社, 2005
- [7] 刘玉堂, 翟金明. 常用预应力锚索的结构和特点[J]. 防护工程, 2005, 27(3): 47-57
- [8] 章建庆. 缓粘结预应力筋的研制和应用[J]. 欧维姆预应力技术, 2003(1)