

# 对《岩土锚杆(索)技术规程》 几个技术问题的探讨

刘玉堂<sup>1</sup> 赵红玲<sup>2</sup> 张勇<sup>1</sup>

(1.总参工程兵科研三所 洛阳 471023 2.洛阳海虹公司基建处 洛阳 471023)

**摘要:** 锚固技术飞速发展并广泛使用于各个行业的工程加固。为了适应工程需要,目前水电、水利、国防、煤炭等系统都颁布了各自的锚杆、锚索规范。日前在锚固技术方面尚有不少争议和值得探讨的问题,本文对近期颁布的《岩土锚杆(索)技术规程》(CECS22:2005)中的部分技术条款提出了不同的看法,为了便于读者了解我们的观点,在指出规程的规定不妥之处的同时,详细阐述了理由,并提出了我们的观点。

**关键词:** 锚索 锚杆 规程

《岩土锚杆(索)技术规程》, (编号为CECS22:2005,以下简称规程)已于2005年8月1日经中国工程建设标准化协会批准执行。目前水电、水利、军工、煤炭等系统都有各自的锚杆、锚索规范,本规程是跨行业的,格外引起我们的注意。看后,对规程中的某些规定有不同的看法,其中有些意见在本规程的“征求意见稿”中已书面向编者提过,可能认识不一致,没有被采纳。现在规程已颁布执行,特将对规程的规定有不同看法的地方,整理成本文,以与编者和锚杆(索)设计、施工人员共同讨论,这对活跃学术气氛,使研究、设计、施工人员直接沟通,提高广大锚杆(索)爱好者的水平有益无害。

## 1. 关于锚杆(索)永久性和临时性划分问题

按规程2.1.12和2.1.13条的定义,“设计使用期超过24个月的锚杆”为永久性锚杆,“设计使用期不超过24个月的锚杆”为临时性锚杆。规程第四章4.8.4条无任何限制的规定缝管式锚杆和水胀式锚杆使用期为10年,按规程规定毫无疑问,这两种摩擦式锚杆都是属于永久性锚杆。众所周知,这两种锚杆的外表面是紧贴钻孔壁的,没有任何防护,在我们的概念中它们只能用于服务年限不长的结构加固,规程却把他们当成永久性锚杆。要强调的是我们并不怀疑摩擦型锚杆能服务10年,而是永久性锚杆和

临时性锚杆的划分以两年为界限的规定是否科学合理,从摩擦锚杆的例子可看出,编者自己也搞糊涂了。

西方某国的锚杆规范曾有过类似的划分,日本及中国的锚索规范都没有。其实规范只要把锚杆的构造及有关设计、施工的技术条文讲清楚就行了,至于锚杆能用多长时间,设计者会根据锚杆的作用、锚杆所处的环境等恰当选择的,不必在规程中加以具体的规定。

## 2. 关于锚杆的防护

锚杆(索)和锚具都是钢铁制品,锚杆的防护实质上是对钢铁的防护。钢铁的防护方法很多,有隔离防护,即采用各种化学性质稳定的材料覆盖在钢铁表面,与周围的有害物质隔绝,如涂油、镀铬、镀锌、渗铝及无粘结钢绞线套PE管等;有阴极防护、阳极防护,它们是利用电化学原理抑制钢铁的氧化、还原反应;全长粘结钢筋砼及预应力钢筋砼则是利用钢铁在强碱环境( $\text{PH} \geq 11$ )中表面可形成一层化学性质非常稳定的钝化膜来保护钢筋免受锈蚀。

从规程给出的标准图图A.0.1,图A.0.2,图A.0.3以及8.3.1条一般规定的第2款“自由段杆体上应设置有效的隔离层”可以看出规程推荐的锚杆防护全部是隔离防护,对于我国应用最多、应用范围最广、40年来积累了丰富的经

验,至今许多国家重点工程如漫湾水电站、李家峡水电站、三峡水电站等大型水电工程仍在采用的、结构简单、施工速度快、造价低的全长粘结预应力锚索只字不提。我们也注意到规程推荐的锚索结构图前都加了“永久性”,也许编者认为全长粘结锚索没有防护,不承认PH>11的碱性环境对钢铁的防护作用。我们曾在《岩土锚固工程》2004年第四期著文进行了论证:认为全长粘结锚索属于临时锚索的观点,既不符合我国应用锚索40年来的实践,也不符合钢铁防护的基本理论。

### 3. 关于锚索的隔离防护问题

#### 3.1 保持隔离层完整性的重要性

凡是采用隔离防护的结构,对隔离层都要特别注意保护,哪怕局部破坏都将影响整个结构的使用寿命。对于采用隔离防护的锚索,保护隔离层的完整性尤为重要,这是因为:第一,锚索的隔离层都是强度不高的塑料制品,在原材料的吊装、运输、储存以及锚索下料、组装、向孔内送索等多道工艺中,稍不注意就会划破或磨破厚度不足1mm的塑料隔离层;第二,锚索是一项隐蔽性工程加固措施,隔离层破后很难发现,更难以修补,尤其是向孔内送索过程。国际预应力协会曾对工程锚索进行了调查,共发现35例锚索破坏的实例,几乎全部是采用隔离防护的锚索,破坏的原因或者是结构不合理,或者是施工不规范,没有保护好长期使用中的隔离层的完整性。在我国,深圳的不少边坡工程也出现了类似的锚索破坏的实例。

#### 3.2 永久性隔离防护锚索的规范作法

(1) 隔离层的原材料必须不导电、耐腐蚀、抗氧化、能有效隔绝任何气体和液体,并有一定的韧性。水泥浆不得作隔离层,它是渗透的,水泥浆对钢铁的保护作用是水泥浆的PH $\geq$ 11且直接接触才能在钢铁表面生成钝化膜,不是隔离防护的范畴;

(2) 整个锚索都必须至少有两层隔离层,包括锚固段、自由段和锚头。这项规定的原意

是保险系数是2,在施工中万一磨破一层还有第二层保护;

(3) 永久性隔离防护锚索的对中隔离支架必须设两列,波纹管外侧设一列对中支架,它有两个作用,一是保证整个索体在钻孔内大致居中,以保证索体周围有大致均厚的浆体;二是保护索体,向孔内推送时作为隔离层的波纹管不会直接与孔壁摩擦。在波纹管内侧设第二列对中隔离支架,顾名思义,其作用也有两个,一是保证索体在波纹管内大致居中,二是把各根钢绞线分隔开;

(4) 隔离防护锚索的捆扎尼龙绳,隔离支架用模压塑料,不得用各种金属制品。

#### 3.3 规程的规定

(1) 规程5.8.1条第1款规定“隔离架应采用钢、塑料或其他对杆体无害的材料制成”。第8.3.3条第二款规定“绑扎材料不宜采用镀锌材料。”我们在全长粘结锚索的组装中确实规定过捆扎材料不得用镀锌铁丝,因为光面钢绞线与其他金属直接接触将产生白电池效应,引起索体的电腐蚀,因此强调锚索组装时只能用纯铁丝。本规程涉及的锚索几乎全部是无粘结型锚索,不仅不能用镀锌铁丝绑扎锚索,任何金属丝均不得采用,也不能用钢制隔离支架,以免伤及隔离层;

(2) 规程附录A给出了三种永久性隔离防护锚索标准图,在波纹管外侧全部不设对中支架,在向孔内送索时,隔离层直接与粗糙的孔壁相摩擦,隔离层破损的机率很高;

(3) 规程附录A中图A.0.1和A.0.2的锚固段图中标明是“无包裹钢绞线”,其隔离防护层只有一层波纹管,是不能作为永久性锚索的。对于这类锚索,现行的英国规范是在锚固段采用双层波纹管,如图1所示。

(4) 规程附录A中的图A.0.3是把可拆除临时锚索作为“永久性压力分散型锚索”推荐的,它存在的问题有:整个锚索不设任何对中支架、只有钢绞线上的PE管一层隔离层、不适用由奇数钢绞线组成的锚索、承载体端部PE管

是否会因挤压而破损等；

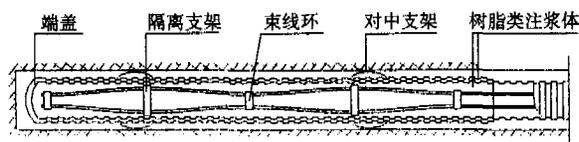
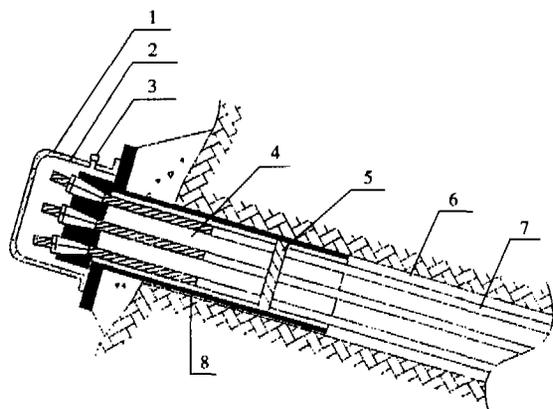


图1 锚固段双层波纹管

(5) 规程6.5.3条规定“不需调整拉力的永久性锚杆的锚具和承压板可埋入混凝土内”。我们知道，凡是采用隔离防护锚索的场合，或者是杂散电流区，或者是腐蚀性的地层，或者需要调整锚索拉力的情况，既然不需要调整锚索拉力，锚索多半处于腐蚀性地层中，锚头所处环境本来就不如地下，酸雨及空气中的 $\text{CO}_2$ 都会使砵碳化，降低砵的碱度，使锚头失去钝化膜而产生锈蚀，腐蚀性环境将加速锚头的锈蚀，何况处于腐蚀性地层中的锚索，根本不允许采用强碱环境保护。全长粘结锚索虽然也采用砵封堵锚头的做法，那是因为全长粘结锚索受力的“局部性”，即使锚头没有了也不会对锚索的整体受力状态有太大的影响，隔离防护锚索就不同了，锚头的失效就等于整个锚索的失效，失效后对岩体的加固作用连普通砂浆锚杆都不如。因此，凡是采用隔离防护的锚索，锚头的防护仍应采用如图2所示的防护，使整个锚索都处于隔离层的保护下。



1.防护帽 2.防腐油脂 3.油脂注入孔 4.防腐油脂  
5.密封环 6.注浆体 7.无粘结钢绞线 8.导向管

图2 非粘结型锚索外锚具的防护

#### 4. 关于过渡管问题

按规程2.1.7条的定义，过渡管是“在锚具

到自由段的过渡区段中起防腐作用的管子”。过渡管是壁厚5mm的钢管，钢管本身并不能起防腐作用，对锚索的防腐作用是靠注入的专用防腐油脂。规程提供的标准图，图6.2.1-1和图6.2.1-2与绝大多数已施工的和正在施工的锚索构造不同，传统锚索中没有过渡管，只有保证锚索轴线与承压垫板垂直的导向管，如图2所示。导向管是有一定长度（保证插入孔后的稳定）、壁厚不超过5mm、外径等于孔径的钢管，它的作用有三个：

第一，保证垫板与索体的垂直度，为此，导向管的一端与垫板垂直焊牢，垂直度误差 $\leq 0.5^\circ$ ，以保证锚索规范要求的锚具承压面与锚索受力轴线相垂直的要求；

第二，锚索入孔后将导向管的另一端插入钻孔，外露长度与垫墩设计高度相等，由于导向管外径与钻孔孔径相同，二者紧密接触，防止垫墩配筋及浇注注砵时杂物掉入孔内；

第三，与垫板、保护帽、密封环等一起组成一个封闭的、充满防锈油脂的空间，防止油脂外渗。

#### 5. 关于漏浆锚杆孔的处理问题

规程第8.1.3条规定“当0.2~0.4MPa压力作用10min后，锚固段周边渗水率超过 $0.01\text{m}^3/\text{min}$ 时，应采用固结注浆或其它方法进行处理。”对此条我有以下几点不同的看法。

(1) 规程规定注水压力0.2MPa至0.4MPa不严格。我们知道，渗水率与压强成正比，容易造成监理和施工的人为矛盾。例如试验压力0.4MPa时渗水率为 $0.02\text{m}^3/\text{min}$ ，监理判断需处理钻孔，施工则认为0.2MPa压强下不超过 $0.01\text{m}^3/\text{min}$ ，有理由认为无需处理；

(2) 规程没有限定注浆段的长短，因为钻孔渗水量与钻孔的长度关系很大；

(3) 规程规定压水试验只做锚固段不妥，整个锚索孔都必须做，直至全孔都符合压力试验的要求。一般情况下锚固段岩体较完整，自由段裂隙发育，更需要注浆固结处理。自由段不处理，必将造成下索后整个锚索孔注不满

浆、对锚索的长期使用造成隐患；

(4) 规程在对该款的条文说明中说这样规定是参考了国外的规范，其实对于锚索孔的压水试验，我国《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》及我国水电工程，如河南小浪底水利枢纽、湖北水布垭水电站等都有具体的规定可供借鉴。他们的规定是：锚索钻孔必须全孔分段进行压水试验，凡 $>5L_u$ （ $L_u$ 为吕荣）的区段必须注浆堵漏，直至 $\leq 5L_u$ 。 $1L_u$ 的含义是1m长的钻孔，在1MPa的压力下每分钟失水量为1.0升。我们认为，这种规定比较科学、合理，凡是我国已有的成熟做法可吸收到规程中，用以推广和指导其他工程施工，不必一定要照搬外国的规定。

## 6. 关于锚索的锁定拉力

规程7.9.2条规定“对地层和被锚固结构位移控制要求较低的工程，预应力锚杆的初始应力（锁定拉力）值宜为锚杆设计拉力值的0.75-0.90倍。”条文说明引用天津一个基坑的例子解释这条规定的根据。其实不仅基坑工程，边坡工程也同样会出现，因为基坑和边坡都是一层一层从上往下挖，锚索也是随着开挖逐排施工。开挖，在力学上就是对边坡的应力解除，下排开挖引起上部已施工锚索的边坡的位移，使锚索拉力增大是正常现象，只不过随地层性质的差异，位移有大有小。规程对产生大位移边坡的处理方法是不可取的，属于无控制的任其自由发展，无论对工程或是对锚索都不利，对工程，失去了早期至少10-25%的设计支护力，对锚索，长期工作状态严重超载，降低了锚索的安全系数，甚至会过于超载而拉断，黄河上游某水电工程就曾出现过锚索拉断的工程实例。

对于边坡或基坑的开挖可能引起边坡较大位移的工程，正确的处理方法：

(1) 选用可调整锚索拉力大小的无粘结锚索作支护手段，锚索施工时的锁定力为设计值；

(2) 在有代表性的位置每20根工程锚索设

1根装有测力计的观测锚索；

(3) 下层边坡开挖过程中随时观测锚索拉力的变化，当观测锚索的拉力超过设计拉力的20%时，将该组观测锚索和工程锚索一起调整到设计拉力，如工程继续开挖，仍不断观测；

(4) 工程结束后，已停止开挖，边坡停止变形，将所有锚索的拉力都调整到设计值，再做孔口防护。

我所1988年在广西天生桥二级水电站首次采用这种方法处理厂房大变形边坡，随后推广到了其他工程。它的可取之处在于既对所有锚索的受力状态做到心中有数，又保证了设计意图，因而也保证了加固工程的安全。

## 7. 有些规定执行难度大且没有必要

(1) 规程5.3.4条第2款规定“外加剂……应通过实验验证方可使用，”这种试验应由专业人员在专门实验室内进行，它比钢材的检验还要麻烦，工程现场是无法进行实验的。正常情况能提供有资质的权威单位，如国家建筑工程质量监督检验测试中心等提供的检验报告即可判定是否能用。

(2) 规程6.2节“防护等级和要求”，编者说在总结了国内外近20年来锚杆防腐保护的实践经验提出了表6.2.1锚杆I、II级防腐保护要求，表中针对锚杆类型规定了具体防护要求。实际上，锚杆（索）的类型与防护措施没有任何必然的联系，当工程决定采用某种锚索后，设计者是根据工程的要求、岩土的特性和服务年限设计锚索的防护，我们可以给出任何锚索作为永久支护时的结构，例如，图3就是压力分散型锚索永久防护结构示意图。不仅我们作为读者对表6.2.1不好理解，连编者自己恐怕也糊涂了，例如II级防护对自由段防护的要求是采用无粘结钢绞线，规程6.4.2条规定“临时性锚杆的自由段可采用II级防护构造”，就是说，只有1层隔离层的无粘结钢绞线组成的锚杆是临时锚杆，而附录A图A.0.3中自由段就是无粘结钢绞线，却命名为“永久性压力分散型锚杆”。

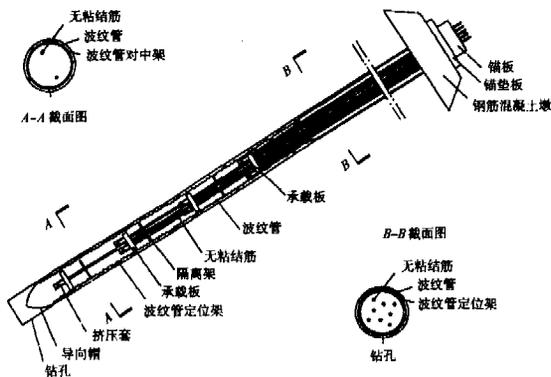


图3 永久性压力分散型锚索结构

(3) 规程7.3.1条锚固段的安全系数是“根据锚杆破坏的危害程度和使用年限”确定的，取值的大小完全由对公共安全的影响程度确定，显然主要取决于人为因素，没有一个科学的客观标准，比如，滑坡未造成公共安全和人员伤亡，造成的工期延长、投资增加怎么取？

(4) 规程8.3.3条第1款规定“钢绞线……严格按设计尺寸下料，每根钢绞线的下料长度误差不应大于50mm。”搞过锚索施工的人都知道，这样的下料精度不是做不到，而是很难，如果一根锚索的所有钢绞线真的都一样长，又将给锚具的安装带来困难，尤其是设计拉力较大的锚索。条文说明解释说“钢绞线长度应尽量相同，以满足杆体中每根钢丝、钢绞线受力均匀的要求。”众所周知，一根锚索各根钢绞线长短不一，与其受力的均匀性无任何关系。

(5) 规程8.3.6条第3款“当存放环境相对湿度超过85%时，杆体外露部分应进行防潮处理。”室内除潮可以开空调，施工现场如何除潮？

(6) 规程10.4.2条规定“应重点对锚头和邻近锚头自由段的锚杆腐蚀状况进行检查。可拆除保护钢罩、混凝土保护层以及距锚头1.0m范围的自由段注浆体进行外观检查，……”拆除保护罩和砼保护层容易，要拆除自由段的注浆体，还必须彻底放松锚索，取下锚具，破除钢筋砼垫墩并挖开岩体，这样的检查方法是不可取的。

其他还有8.3.2条第3款钢筋锚杆：每1.5~2.0m设一个对中支架，8.3.7条第4款锚杆入孔深度的百分比等都值得讨论，不再赘述。

## 8. 结束语

本规程的制定是很有创意的，把岩锚、土锚、锚杆、锚索以及锚杆的设计与施工等统一为一个标准，甚至把目前岩土工程界已习惯称为锚索或预应力锚索的也统一为锚杆。为了追求全面，规程把目前工程界已很少使用的水胀锚杆和缝管锚杆也收入规程。客观地说，编写起来难度很大。第一，锚杆与预应力锚索不仅结构不同，施工工艺不同，技术要求也不同，尽管有些地方标明了钢筋锚杆和钢绞线锚杆，由于两者差别太大，弄混的地方还是存在，比如规程7.2.2条锚杆的间距1.5m甚至更小的处理方法，显然不适用于锚索；第二，科学技术在发展，求全也不现实，比如玻璃纤维锚杆、加强碳纤维锚杆已有不少工厂在生产，它有许多优良特性，很有使用前景，规程就没有收录；每一个水电站都有闸墩锚固问题，规程也漏掉了；第三，规程是岩土加固工程的法规，技术人员要经常翻看，用起来一定要方便，水利系统的锚索规范用了10多年，是专讲锚索，而且设计与施工分两本，由于用起来比较方便，因此，2004年电力系统也仿照水利的做法根据本行业的特殊要求分别编制了锚索设计规范和锚索施工规范，同行业的成功经验值得借鉴。俗语说得好：当局者迷，旁观者清。我们抱着对规程负责的精神，把不同的看法提出来，不一定全部正确，仅供编者修编和读者应用时参考。

## 参考文献

1. T.H Hanna. 锚固技术在岩土工程中的应用. 北京: 中国建筑工业出版社. 1987.
2. 闫莫明, 徐祯祥, 苏自约. 岩土锚固技术手册. 北京: 人民教育出版社. 2004.
3. 梁炯盛. 锚固与注浆技术手册. 北京: 中国电力出版社. 1999.