

锚索设计和施工中的几个问题

刘玉堂 庞有超 沈贵松

(总参工程兵科研三所 洛阳 471023)

摘要: 针对几个在建国家重点工程中锚索设计与施工的几个问题进行了较详细的讨论, 提出我们的看法。重点讨论了非粘结型锚索的优缺点, 用作永久锚索时的合理结构以及适用条件。

关键词: 锚索 注浆 预应力受力筋

锚索作为一种岩土加固手段, 用于改善岩体的应力状态, 提高岩体强度, 控制岩体的变形, 促进岩体的稳定, 在各种岩土工程中应用越来越广泛。由于锚索与其它支护手段相比具有施工速度快、造价低、灵活等特点, 在各种工程建设中正发挥巨大作用。近期有机会去了几个锚索施工工地, 发现锚索施工措施有的地方存在不规范的作法, 个别加固工程的锚索设计选型缺乏充分论证, 本文提出我们的粗浅看法, 与同行探讨。

1. 关于锚索造孔

锚索的造孔是锚索施工的第一个步骤。合格的钻孔是孔位、孔深、倾角、方位角的误差均满足设计要求, 且不塌孔即可, 但是合格的钻孔不一定能当作锚索孔。有的工地钻孔后立即下索并注浆, 对于非粘结锚索有时就出现注浆注不满的现象; 对于粘结型锚索, 只注锚固段, 无论采用定量注浆或者采用浆位指示仪注浆, 只能控制注浆时的浆液位置, 无法控制注浆的实际效果, 锚索张拉时有时就出现锚索滑动现象。无论是锚索孔注浆不饱满, 或者是锚固段的滑移, 因为锚索已入孔, 给事后的处理带来麻烦。造成这种现象的根本原因是钻孔漏浆, 下索前缺少一个检查钻孔是否漏浆和漏浆处理的工艺。目前国内对锚索钻孔漏浆的处理有三种施工方法。

第一, 以压水试验为判据决定是否需要进行钻孔注浆。钻孔成孔后首先要进行压水试验, 并且分段进行。压水试验中有个专用名词—吕荣, 记作Lu, 量纲为升/米·分·兆

帕, 1Lu(吕荣)的定义是在1Mpa的压强下, 1m钻孔长度在1分钟内注入岩体的水为1升。河南小浪底水利枢纽和湖北水布垭水电站的锚索设计规定, 只有当压水试验 $\leq 5Lu$ 的钻孔段才算作锚索孔的成孔段, 不必再对钻孔注浆; 对于 $>5Lu$ 的试验段要进行压浆, 2天后扫孔, 重做压水试验, 直至满足设计要求为止。这种方法是执行的国外锚索施工规范。压水试验必将把水压入岩体, 岩体不稳定才用锚索进行加固, 加固前把水压入岩体必将增加不稳定岩体的不稳定因素。在边坡加固的施工作业中为了降低粉尘通常限制用水。有些岩体分类如果岩体中有水将把分类降一级。总之, 向岩体中压水总是不好的, 这种处理方法不宜推广。

第二种方法是钻孔成孔后对钻孔进行固结灌浆, 灌浆方法完全执行“水工建筑物水泥灌浆施工技术规范”SL62-93, 河北省石家庄黄碧庄水库及邯郸东风水库除险加固工程中的锚索孔都是这样处理的。这种方法有两个缺点, 一是固结灌浆的主要目的是提高岩体的整体性和改善围岩的力学性质, 把它用于锚索孔的处理不仅增加了锚索造价, 也增长了锚索的施工周期; 二是难度很大。固结灌浆一般是顶角为 0° 的铅直孔, 锚索孔多数是斜孔, 有时顶角可达 $70^\circ \sim 80^\circ$, 回灌管无法对中。最困难的是锚索孔径太大, 固结灌浆规范推荐的孔径不大于 $\phi 75$, 最小可到 $\phi 38$, 而锚索孔径一般都大于100mm, 3000kN级全长粘结锚索孔径为中165, 不仅回浆管很粗(规范要求回浆管外径与孔壁的间距为5mm), 而且封孔困难, 到目前为止还没有很

好的大孔径封孔手段，因此，单纯把围岩固结灌浆用于锚索孔的处理是不恰当的。如果确实需要围岩固结灌浆，应分别进行，先进行固结灌浆，后施工锚索：如果为了节约钻孔费，利用锚索孔进行固结灌浆，一定要严格执行SL62-93规范，施工前要做试验，以确定可实施的封孔方法、注浆分段、注浆分级、注浆压力以及回浆管的布置方法。

第三种处理方法我们称为“固壁灌浆”，是专门用于保证锚索施工质量的一种注浆方法，要达到的目的是钻孔不漏浆、不塌孔。注浆方法比较灵活，完全根据岩体结构和钻孔过程中碰到的问题有针对性的处理。例如注浆分段，有时是全孔一次注，有时2~3m注一次；一般注浆不分级，水灰比和外加剂的类型和掺量由实际效果确定。钻孔过程中遇有特殊情况，比如碰到大的裂缝甚至溶洞，还要采用一些非常规方法处理，有些方法参考文献3中作了较详细阐述。我们认为，锚索钻孔的处理以第三种方法最好。

2. 关于非粘结锚索问题

非粘结锚索在锚索防护概念中属于隔离防护的范畴，采用的钢绞线也是非粘结型的，它是在普通钢绞线上涂一层防锈脂，外套一层厚约0.5mm的PE管。PE管是高分子聚合物，有一定的柔性，并且耐酸碱，抗老化，不导电，不导磁，但是，强度不高，遇有锐角的硬物（如石子）容易磨破。非粘结锚索特别适合于各种腐蚀性地层、环境复杂（化工厂、钢铁厂附近）及杂散电流密集地区的岩土加固工程。

不仅锚索，凡是采用隔离防护的结构，如镀锌、镀铬、渗铝等，对隔离防护层的保护要求都很严，因为一旦隔离层破损，结构将失去保护而锈蚀。非粘结锚索更是如此，因为钢绞线外有PE管隔离，与注浆体并不粘结，所有钢绞线都可在PE管内自由滑动，一旦某处PE管破损，钢绞线将失去防护，后果是灾难性的。锚索施工工序较多，从原材料的运输、储存，到锚索下料、组装等，稍有操作不当极易损伤PE管。因为PE管破损处向外渗油，只要认真检查并不难发现，一旦发现PE管破损，可以立即进行修补，但是当向锚索孔内下索时，看不到孔内情况，磨破了也得不到修补，因此，规范规定，凡是永久性隔离防护锚索必须是双层隔离防护层，如图1所示。小浪底水利枢纽厂房锚索、消力池边坡锚索、二滩水电站厂房锚索等都是采用这种结构。它是把用无粘结钢绞线组装成的锚索装在全长封闭的波纹管内，波纹管外侧有对中支架，保证波纹管与孔壁间充满厚度相对均匀的水泥浆；波纹管与锚索间也安装有对中支架，保证锚索与波纹管间也有相对厚度均匀的注浆。锚索张拉时，锚索锚固段的力可通过浆体传递给钻孔周围的岩体，钢绞线周围的浆体有可能受到拉力而开裂，由于整体锚索处在全长封闭的波纹管内，波纹管有较大的抗变形性质，这些裂缝不会与岩体中有害气体和液体沟通。这种结构具有双层防护—PE管和波纹管，即使破了一层还有一层。我国有些工程，特别是有的大型水电工程非粘结锚索没有安装波纹管，其永久性必将大减折扣。

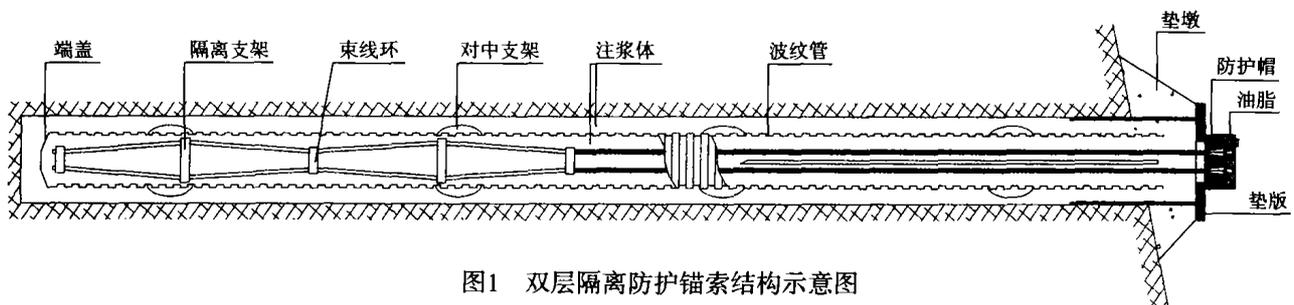


图1 双层隔离防护锚索结构示意图

近几年有些工程大量采用压力型或压力分散型锚索，以改善拉力型锚索锚固段注浆受力

不合理的弊端，然而忽略了张拉段全长都是单层隔离防护的非粘结钢绞线组成，锚索自然也

是单层隔离防护。为了宣传这种锚索也可作为永久锚索,有文章把注浆体也算作防护层^[1],指认它有双层甚至三层防护是不对的,混淆了隔离防护和碱性防护的概念,因为有PE管隔离,浆体不与钢绞线直接接触,钢线表面形不成钝化膜,构不成防护层。如果需要把这种锚索用于永久工程加固,或者把整个锚索放入全封闭的波纹管中,或者采用有环氧涂层的非粘结钢绞线做锚索体,后者PE管和环氧涂层可组成双层隔离防护。

3. 锚索选型

锚索在岩体加固中有它的共性,锚索类型不同又各有其独特的个性。锚索的共性是支护的灵活性(可随机补强)、主动性(加固效果与岩体或结构变形无关)、深层控制和超前支护,因而凡是锚索都可以改善岩体的受力状态和控制岩体的变形,但是,由于锚索的类型不同,其构造、施工工艺及受力特点又有其个性,各种锚索都有它的最佳适用条件。

某国家重点建设工程的高速公路边坡,绝大多数区段都处于严重风化或土夹石的岩土层中,选定的预应力锚索全部是非粘结压力分散型,由于岩土表面地基承载力低,为了平衡锚索拉力,采用钢筋砼格构以增大承压面积。单从锚索受力的合理性无可挑剔,针对这种具体地质环境对这种锚索的选型提出我们的看法。

3.1 受力均匀性问题

组成压力分散型锚索的钢绞线张拉段的长短是不一样的,施工时对于张拉段长的钢绞线都进行了预紧,以保证整体张拉时组成锚索的所有钢绞线拉力大致相等。锚具锚固后,如果锚索的拉力始终维持在设计承载力,各根钢绞线受力将大致相同,这是很难的。锚索锚固后一般情况下都要产生预应力损失,锚索的拉力将小于设计承载力,自由段短的钢绞线受力变小(相对平均拉力),反之,自由段长的钢绞线拉力变大:在大型边坡工程中往往是分台阶开挖,边开挖边施工锚索,由于应力解除效应,开挖下个台阶时,上台阶已施工的锚索拉

力就会增大,这时自由段短的钢绞线拉力将比自由段长的增大得多。这种结构的锚索由于构造特点造成锚索各受力筋受力不均匀是很难避免的。

3.2 支护效果

预应力锚索可在岩体表面形成约束,引起的 σ_3 提高了岩体强度并在岩体内部形成压缩区,对岩体稳定有利,这些支护效应属于预应力锚索的共性。无粘结锚索的结构特点是注浆体不与锚索体粘结,因而它在边坡加固中的作用只有锚索的预应力,该力平行于滑面的分力直接抵抗滑体的滑动,垂直于滑面的分力乘以滑面的摩擦系数构成阻止滑体滑动的阻力。全长粘结锚索除了具有以上支护效果之外,尤其在风化破碎岩体中,能把钻孔周围的碎块粘成大块并与锚索体粘结起来形成一个支挡结构,这就是砂浆锚杆的联结和串联作用,在滑移面处可作为“销钉”。有研究指出,有粘结受力筋的极限承载力比无粘结筋高达30%^[2],这是一个不容忽视的数值。

3.3 有粘结锚索受力的“局部性”

无粘结锚索的优点是预应力可调,但是一旦隔离层破损,后果是灾难性的,尤其是单层隔离防护。全长粘结锚索张拉段注完浆其受力特点突出表现为“局部性”,它有两个含义,一是当滑体沿滑移面滑动时,只能引起锚索局部应力提高,直至把设计中的安全储备用尽;二是不管什么原因引起锚索断裂,只对断面附近产生影响,并不影响锚索其余部分的加固作用。国际预应力协会调查了35个锚索破坏的实例,几乎全是非粘结锚索^[4]。这项调查结果不能证明全长粘结锚索的寿命就一定比非粘结锚索长,只能说明全长粘结锚索受力的“局部性”使我们无法进行判别锚索是否产生破坏,同时也说明非粘锚索任何部位的破坏具有“全局性”的特点,不管什么部位断裂必然造成整根锚索失效。

3.4 锚索的永久加固作用

这里讨论的内容不涉及锚索因各种腐蚀引

起的寿命缩短问题,它将在另文中探讨。非粘结锚索的锚具是一个非常关键的部件,从张拉锚固开始至它所加固的工程寿命终结的全过程都必须保持良好工作状态,锚具因锈蚀或其它外界因素造成损坏,都将直接影响锚索拉力的减小或失效,对锚固工程构成威胁。风化岩层中的永久边坡,常年遭受风刮雨冲,格构梁下的破碎岩层一旦流失,锚索将失去支护作用,锚索将变成与任何介质都不联接的“光棍”,对边坡的加固作用连普通砂浆锚杆都不如。全长粘结锚索则不然,即使把锚具拿掉,也只影响岩面附近2m左右的深度,对整个锚索的支护作用并无削弱。

我们认为,如果公路附近没有化工厂、电厂或变电站,锚索不会遭受有害物质的侵蚀,采用全长粘结预应力锚索加固边坡会取得更好的支护效果,并取得一定的经济效益。

4. 锚索的受力观测

为了观测锚索在工程加固中长期受力状态,规范规定,在有代表性的工程部位布置观测锚索,数量不少于锚索总量的5%,且不少于3根,观测仪器通常是机测或电测压力传感器,安装方法是把测力计串联在锚索上,一般是放在工作锚板之下,垫板之上。测力计的工程应用中主要存在以下问题。

4.1 把测力计安装在全长粘结锚索上

全长粘结锚索的各受力筋都通过注浆体与围岩粘结为一体,锚索的拉力变化受围岩的约束传递长度有限,锚索深部以及整体拉力有变化无法反映到测力计,所以,要了解锚索长期受力状态,必须采用各种无粘结锚索。当然,在张拉段注浆之前,其受力状态与无粘结锚索一样,但是,测力计安装在这种锚索上只能作短期观测,最好不超过一个月。欲做较长期(非永久)观测,有的工程曾采用过下述两种办法之一,一是钢绞线采用有静电环氧喷层的。有的工程在现场涂刷环氧层,实践证明,很难涂刷均匀和完全覆盖,不宜采用,最好采用工厂生产的正规产品;二是向张拉段钻孔注

满 $\text{PH} \geq 12$ 的水,因为钢材在 $\text{PU} \geq 12$ 的环境中可在表面形成一层钝化膜,也可以保护锚索不生锈。后一种方法简单,但是水要流失或淡化,要经常检查水位和水的碱度。永久观测应当选用无粘结锚索。

4.2 测力计与千斤顶出力不一致

张拉锚索时通常测力计显示的力要比千斤顶出力小,这是长期没有解决的问题。目前工程中用得更多的是钢弦式测力计,它适应环境能力强,长期工作稳定(与应变式相比),灵敏度高(与机械式相比),结构简单,倘能解决与千斤顶出力一致是锚索测力的最佳选择。三峡工程曾把千斤顶和测力计与压力机配套标定,结果千斤顶与压力机出力一致,测力计读数仍偏小。这项试验只证明千斤顶出力正确和三峡工程的锚索锚固力达到了设计要求,并没有找到测力计读数偏小的原因。我们曾在两个工地做过现场试验,测力计安装前模拟锚索实际工作状态,预先作出千斤顶与测力计出力曲线,以与安装后的实际读数相比较,结果二者相当,测力计读数都偏小,而且比较稳定。云南小湾水电站的锚索测力计是选用的美国吉列公司的产品,大致情况也是如此。我们分析是锚索的实际受力环境与测力计标定时不相同造成的,主要是支撑刚度。两个解决办法,一是测力计现场标定,二是订货时向厂家提出测力计的标定要求,使其标定时的受力边界条件大致与工程相似。

4.3 关于千斤顶与压力表配套标定问题

锚索施工规范规定标定曲线使用期为6个月,当千斤顶和压力表发生意外摔、碰等剧烈震动时要随时进行标定。目前我国有5000kN以上计量标定资质的单位多集中在几个大城市,锚索工程又多在偏远的山区,标定一次往往要几天的时间,耗费不少人力、物力。凡是锚索工程都要安装测力计,而测力计的精度要比压力表和千斤顶的精度高一级,因为标定压力表和千斤顶一般是用压力机,压力机的精度是 $\pm 3\%$,其精度与测力计相同。用测力计标定千斤顶可

行的话,可以给施工单位带来很大方便。现场标定条件都是具备的,安装方法如图2所示。图中放两块工程用垫板,一块是实际存在的,另一块模拟砧垫墩的刚度,千斤顶与测力计之间放一块锚板也是为了与现场传力情况一致。

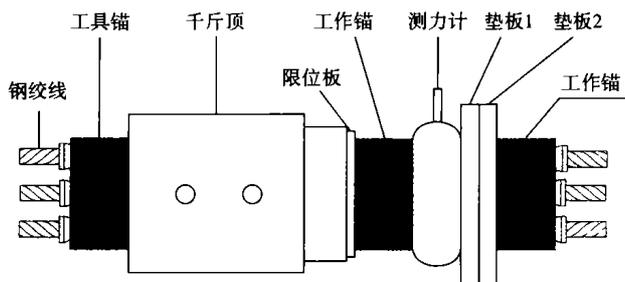


图2 用测力计现场标定千斤顶示意图

随着锚索在岩土加固工程中的广泛应用,施工队伍不断增多,同时也出现了不少新的锚索类型,岩土锚固事业呈现了前所未有的兴旺,无疑,这必将大大促进我国锚索技术的发展。然而,受市场经济的影响,有些宣传有时就有点偏激,要推荐某种锚索只谈优点,不谈缺点,甚至用推荐锚索的优点与其它锚索的缺点相对比以证明推荐的正确性。浙江某公路边坡甚至选用了仅用于城市基坑临时支护的可回收锚索作永久支护,在某种程度上就是受到这种宣传的误导。设计单位多偏重于应用,对锚

索的共性了解的多,对各类锚索的特性掌握的少,在选用锚索时,特别是对于一些大型永久性工程,要根据工程所处地质环境和人文环境进行必要的论证,免受一些商业性宣传的影响。锚索是一项专业性很强的隐蔽性支护手段,这本身就给监理的质检和验收带来一些难度,施工时遇到问题要及时与监理沟通,施工单位切不可自作主张进行非规范处理。本文提到的一些问题只是丰富实践中的一小部分,旨在提醒各方注意,只要设计、科研、监理和施工能把认识统一到工程质量上,我国的锚索技术才会健康发展。

参考文献

- [1] 燕立群等 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《岩土锚固技术与西部开发》人民交通出版社 2002. 9.
- [2] 章建庆等 缓粘结预应力筋的研究与应用《海威姆预应力技术》2003年第1期.
- [3] 牛仁杰等 小湾水电站不良地质条件下的预应力锚索施工《岩土锚固工程》2003年第3期.
- [4] 高大水 岩土预应力锚索腐蚀与防腐《岩土锚固工程》2003年第1期.

我公司首批通过区专利工作试点 企业验收考核

柳州市六家企业近日接受了由广西壮族自治区知识产权局、柳州市知识产权局、柳州市经委等相关单位组成的专利试点企业验收组验收。这6家列入“第一批区专利工作试点企业”是柳州欧维姆机械股份有限公司、广西柳工集团有限公司、柳州两面针股份有限公司、广西钢铁(集团)公司、柳州华锡集团有限责任公司、柳州华力实业有限责任公司。经过考核组的认真评审,排名前三的是柳州欧维姆机械股份有限公司、广西柳工集团有限公司、柳州两面针股份有限公司。

我公司自确定为国家和自治区第一批专利工作试点

企业后,围绕产品开发、生产经营及生产管理,积极开展专利管理工作,建立了专利产权管理及保护体系,研究制定了专利战略,促进科技成果的生产力转化,在提高专利管理及保护水平、完善组织机构、人员培训等方面完成了大量工作并取得了显著成效。截止到日前,我公司累计申报专利346项,其中发明专利34项。企业技术中心连年获“全国专利系统先进集体”称号;“夹片式群锚拉索及安装方法”荣获《第七届中国专利奖》金奖。

(谭柳芳)