

现阶段岩土锚固工程技术的发展 与常见问题探讨

刘文华 刘安金 熊佳雯 曾俊志 黄文涛

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

摘要:近年来,岩土锚固技术被广泛的运用在边坡加固和整治工程中。本文主要分析了当前阶段岩土锚固工程技术发展过程中遇到的问题,并论述了此技术的作用机理,实际应用范围以及发展方向。

关键词:岩土 锚固 技术 发展

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2014.05.005

当前,岩土锚固工程已经在近代岩土工程领域中占据了重要的地位。岩土锚固所研究的是在长期和复杂的地质条件下形成的地质体,这些地质体在地壳的内力和外力地质作用下,经历了一系列的发展变化。为了有效治理这种灾害,工程中会使用锚固技术,把拉杆件埋进岩体中,以便最大限度的发挥岩土自身的稳定性和强度,最大限度的减少结构物体积和自重,尽量减少变形。随着我国建筑工程技术的发展,岩土工程已经成为了建筑工程的重要分支,并且被广泛运用在水利工程和铁路隧道的岩土边坡、基坑支护、坝基稳定和结构抗浮等工程领域中。

1 岩土锚固的作用机理

岩土锚固技术的运用始于19世纪末,其发生作用的经历大致可以分为三个不同的阶段:

第一阶段:岩土锚固建立在结构理论上的作用机理。主要表现为“荷载—结构”的模式,将岩土体中会发生破坏的重量和外力发展为荷载转移给支护承担,主要涉及到的理论有悬吊理论、组合梁理论和承载拱理论等;

第二阶段:岩土锚固建立在岩土工程概念上的作用机理,主要强调加强岩土体的稳定性和强度,让锚杆支护变被动支撑为主动加固;

第三阶段:岩土锚固建立在地质工程概念上的作用机理,在很大程度上考虑了岩土体自稳能力以及外界环境因素等对工程的影响。

2 岩土锚固技术应用范围及材料应用

为了使锚杆能更好地使用于各种不同地质条件,近几年,岩土工程中的锚杆应用种类在逐渐增多,应用范围在拓展,工艺也在不断地更新。

2.1 应用领域

因为岩土锚固技术正处在不断发展变化中,这种技术当前被大量用于边坡加固工程中,并以其优越的性能,取代了以前的浆砌片石式挡墙和重力挡墙结构;在深基坑工程中能有效替代水平横撑式支挡结构;能在矿山法施工的地下工程中代替分步开挖木支撑式临时支护结构。并且,岩土锚固技术在深基坑工程、抗浮结构、桥梁改建工程以及水利水电建筑工程的建设中都发挥了无可替代的优势。

岩土锚固工程技术比以前的加固支护技术具有更多的优势:因为锚固作用机理是运用岩体本身的力学性能,把原来外荷的岩体转化成自承载体,就更加强化了工程的整体稳定和安全;节省了大量的工程材料,加快了工程进程。

2.2 锚固材料

为了让锚固材料更好的适应各种工作条件,锚材品种推陈出新,品种越来越多,工艺也改进的越来越先进。在实际的工程中常用到的锚杆主要有注浆型和机械型预应力锚杆等等。而最近几年,用途最为广泛的当属岩土预应力锚杆技术了,比方说为了稳定坝基所采用的预应力锚索长

达90m，一根锚索能承载6000kN的力。

2.3 锚固的工艺

锚固工艺跟锚杆种类息息相关，图1就是当前使用最多最广的4种锚杆。

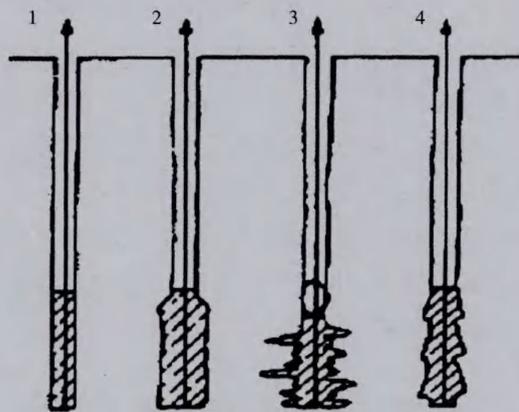


图1 锚杆的主要类型

第1种锚杆主要构成部分是圆柱形孔眼，孔眼使用灌浆的方式或者固定剂来充填，多见于岩石的锚固中。

第2种锚杆是圆柱体的扩大版。该圆柱体可以通过机械扩孔来获得，也可由高压灌浆而成，此类锚杆适宜用在粘性和非粘性土中。

此锚杆除了可以通过机械扩孔和压力灌浆扩孔获得，还可以使用爆破扩孔的方法获取。但是，因为爆破作用会破坏锚杆附近的地层和地表建筑物，在实际工程中运用的比较少。

第3种锚杆是通过运用注浆管和密封袋的高压作用，让首次灌浆过程中形成的灌浆体出现通透的裂缝，让浆液通过裂缝进入到土体，进而提高周围土体的抗剪强度，增加土体与锚固体的接触面积，真正增强锚固强度。

第4种锚杆是通过运用扩孔装置于锚杆的适当位置进行扩孔，在完成了灌浆后，形成如图2中所示的多铃锚固结构。效果最稳定、使用最多的其实是一种放在鱼雷装置中的扩张刀具装置。此类切削刀具以机械方法主要伴随鱼雷装置地旋转而发生作用，此类扩孔装置可以在同一时间钻出2个扩孔锥，甚至可以多达8个。在将扩孔装置

拆除后，方可进行锚孔冲洗——锚杆安装——灌浆等工序。



图2 双铃形锚固结构

上述4种锚杆都是先成孔，再进行锚杆和灌浆安装的，在实际施工操作中多数采用套管钻进。当前市面上使用的自钻式灌浆锚杆，可以当成钻杆和灌浆管使用，在进行钻进操作时就不需要套管，节约了时间，也大大简化了施工过程。

深层岩土锚固一般使用预应力锚索进行支护加固。预应力锚索的结构比较复杂多样，主要由：锚索束体（束体）、外锚头、锚固孔（锚孔）和锚索配件四个部分组成。实际工程中使用的锚杆结构有多种形式，主要可以分成以下几种形式。

2.3.1 拉力集中型锚索

拉力集中型锚索按束体在锚固孔中的固定方式可分为粘结式锚索和机械固定式锚索。因为机械固定式锚索张拉荷载小，施工工艺复杂，抗震性能不好，很少在实际工程中使用。拉力集中型粘结式锚索因为结构简单、施工方便、造价低廉，一般采用纯水泥浆就可将锚索体内锚段粘在被锚固体的稳定部位，运用比较广，其结构如图3所示。

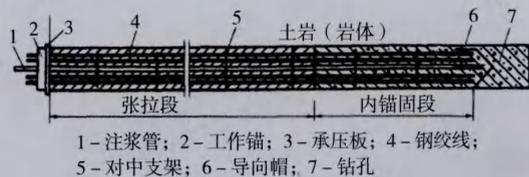
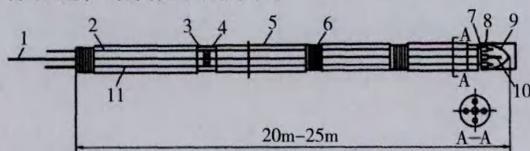


图3 拉力集中型锚索结构示意图

拉力型锚索的荷载是依靠内锚段束体与浆体相接触界面上的剪应力（粘结应力）由内锚段上部向其底部传递的。工作时在内锚段上部浆体中，拉应力集中并沿深度方向衰减。

2.3.2 压力集中型锚索

压力集中型锚索的荷载会由根部到孔口慢慢变小,可以在充分利用岩体的抗压强度的基础上,将不稳定体锚固在地层深处。因为其浆体受压,就更好地保护钢绞线不被腐蚀,如果使用无粘结钢绞线,多一层防护措施防护性能更好。所以,压力集中型锚索可作为永久性预应力锚索。压力型锚索的束体用无粘结预应力筋使之与内锚段浆体隔开,束体直接与安放在孔底的特制承载体相连,结构如图4所示。



1-注浆管; 2-无粘钢筋; 3-外支撑; 4-内支撑;
5-孔壁; 6-对中支架; 7-承压板; 8-P锚;
9-导向帽; 10-注浆管; 11-M30水泥砂浆

图4 压力集中型锚索结构示意图

2.3.3 拉力分散型锚索

拉力分散型锚索可以把拉力型锚索内锚固段上部集中的拉应力较均匀地分散在整个锚固段内。拉力分散型锚索可以分成多次成型法锚索和分层固结法锚索。多次成型法锚索一般分为两次成型,第一次只固结内锚段总长度的一部分,待凝结张拉后,再进行剩余部分的成型。此类锚索内锚段拉应力被分散到多处,峰值也被显著削减。其结构如图5所示。

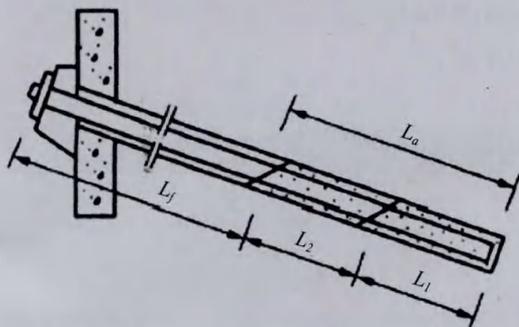


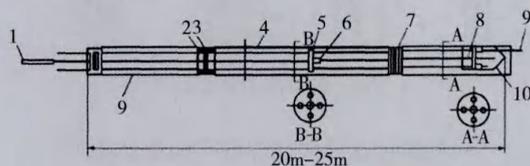
图5 内锚段多次成型法锚索结构示意图

L_f —自由段; L_a —内锚段; L_1 —首次成型段; L_2 —第二次成型段,一般而言,分层固结法锚索束体多采用无粘结预应力筋。

2.3.4 压力分散型锚索

压力分散型锚索的锚索体采用无粘结钢绞线,其结构形式是在不同长度的无粘接钢绞线末端套以承压板和挤压套,当锚索体被浆体固结后,以一定荷载张拉对应于承载体的钢绞线时,设在不同深度部位的数个承载体将压应力通过浆体传递给被加固体,这样对在内锚固段范围内的被加固体提供被分散的锚固力,因而即使在复杂地基中也可提供较大而可靠的锚固力。

压力分散型锚索结构形式多样,我国主要用到的有多级承载板式(如图6)和多级环绕式(如图7)两种。



1-注浆管; 2-外支撑; 3-内支撑; 4-孔壁;
5-承压板; 6-P锚; 7-对中支架; 8-承压板
9-M30水泥砂浆; 10-导向帽

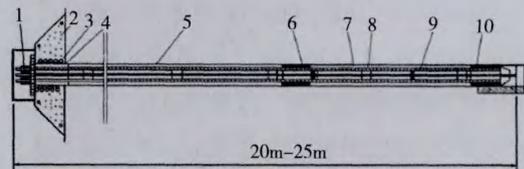
图6 多级承载板式锚索结构



图7 多级环绕式锚索结构

2.3.5 拉压分散型锚索

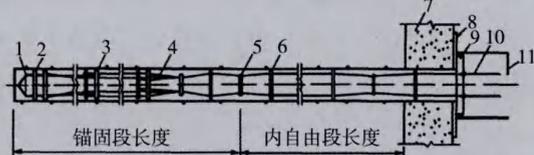
拉压分散型锚索主要分两类,第一类由柳州欧维姆机械股份有限公司开发研制的。这一类拉应力与压应力在内锚段相互叠加,使得锚固体内应力及锚固体与周边土体间的粘结摩擦阻力较均匀分布,大幅度降低应力峰值。其结构形式如图8所示。



1-夹片; 2-钢筋混凝土; 3-螺旋筋; 4-钢筋;
5-孔壁; 6-外支撑; 7-钢绞线; 8-内支撑;
9-挤压套; 10-牵引套

图8 拉压分散型防护锚杆

第二类主要组成为：高强无粘结钢绞线、挤压头、锚板等，束体由拉力型钢绞线与压力型钢绞线复合编制而成。其结构如图9所示。



1-导向帽；2-托板；3-锚板；4-钢绞线；5-约束圈；
6-隔离架；7-钢筋混凝土锚墩；8-垫板；9-锚具；
10-钢绞线套；11-钢护套

图9 自由式拉压复合防腐型预应力锚索结构

2.3.6 对穿式预应力锚索

对穿锚索锚固孔是通透孔，施工人员在锚孔两边均可施工，这种锚索没有内锚段，两端均安设外锚头，简化了锚索结构，省掉了约占锚索长度 $1/3 - 1/4$ 的内锚段，降低了工程造价。同时可以建立双向预应力，加固效果要比端头锚好。其结构如图10所示。

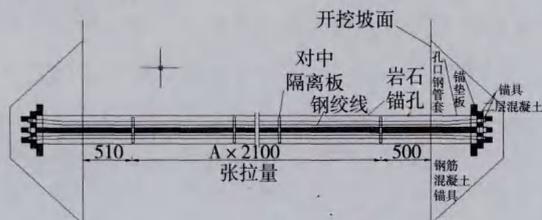


图10 对穿式锚索结构示意图

岩土锚固工艺的作用机理比较复杂，存在很多影响锚固效果的因素，锚固力的损失会与锚索的材料、锚索结构、锚固体系以及施工工艺等因素有关，并且各个因素之间又相互起耦合作用，所以，必须深入研究锚索的相关理论，才能更好的指导锚索的合理化施工。但是当前，国内的岩土锚固技术还存在一些常见的问题，有待继续深入探讨。

3 当前岩土锚固技术的常见问题

3.1 锚固相关机理的认识不高

岩土锚固技术更好更快的发展，离不开完善的锚固机理，但是当前在这方面还比较薄弱。锚固机理主要涉及到：首先是锚固对岩土体的加固作用和单根锚杆本身的受力问题。尽管现在有许多

对锚固作用的解释，但这些解释多半是表面的和牵强的，或者只适用于一些特殊条件。其二，目前的技术标准主要是经验性的，设计和施工中还有许多盲目性；应该说，这是妨碍锚固技术向科学化发展的主要原因，也是锚固技术需要解决的重要问题。

3.2 锚固理论与实践的脱节

就当前的实际情况而言，岩土锚固工程在具体中很少真正做到理论与实际的结合，在很大程度上制约了岩土锚固技术的发展。所以，还需要更好的发展锚固理论与实践的结合，更好的促进岩土锚固技术的发展。

3.3 确保施工质量意识淡薄

因为锚固工程隐蔽性比较强，一旦出现质量问题，很难快速找到问题的根源，难以确定问题到底是由什么原因所导致。这就导致了建筑工程中岩土锚固技术出现多种问题，所以，为了确保锚杆更好的发挥作用，一定要确保施工的质量。而在实际的施工过程中，要控制好人为操作环节，还要注意所提供的机械设备必须配套性能良好，并使用机械化施工手段，再配以科学的验收和试验方法，才能真正有效确保施工质量。但是，当前在施工质量的控制上还不够重视。

3.4 监测反馈技术不完善

岩土工程因为施工前存在很多未知因素，再加之岩土材料的破坏性比较隐蔽，这就决定了它的不确定性，所以必须做好监测反馈工作，一者通过监测来确定“黑箱”的内在状况，二者通过监测可以预测后续情况。虽说当前的监测工作已经有了很大的发展，但是还是不能有效的发挥应有的反馈和指导作用。究其根本原因，是因为施工、管理人员的理论水平不高，对监测的认识不够所致。

4 岩土锚固技术的发展方向

国内的岩土锚固技术还处于初级阶段，关于岩土锚固技术的相关理论方法还不成熟，针对上述国内岩土锚固技术存在的常见问题，提出有效

的发展措施相当有必要。

4.1 发展国内的配套锚固施工机具

不管是对于地下的岩土锚固还是地面的工程,钻孔都会花费很大一笔开支,并且会在很大程度上影响工程进度,要进一步完善当前的隧洞锚杆钻孔,只有按照完整先进的施工机具,才能提高施工效率。还应积极发展深钻孔的机具,以便更好的满足大跨度隧洞工程围岩的加固需要。

在地面的锚固机具上,要争取尽早研制出全液压、多功能和全方位的土层锚杆钻机和扩孔机。预应力锚索应该向多功能发展,不仅可以用来调直、装配、钻孔,最好还能集注浆和张拉于一身,并逐步朝着高效与轻型化的方向发展,并发展高空作业钻孔设备,更好的满足当前岩石边坡锚固的需求。

4.2 锚杆结构和锚固工艺的简单化、多样化

胀管锚杆和缝管锚杆等锚杆的结构变得越来越简单,安装起来更方便,能在短时间里发挥作用,更好的被应用在水利、隧道、边坡等岩土加固中。由于自钻锚杆与压锚杆的独特功能,可以运用于松散地层等特殊的地质条件中,应用前景非常广。端部扩大型锚杆、二次高压灌浆锚杆和多铃形锚杆因为承载能力强,在基坑支挡、结构抗浮抗倾和坝基加固中的运用将越来越广。

岩土锚固是通过埋设在地层中的锚索(杆)(以下统称锚索),将结构物与地层紧紧地结合在一起,借此有效的增强底层及建筑结构的强度和稳定性,并且有效改善岩土的应力状态,增强建筑的稳定性。

锚索一般是以群组形式出现的。为了达到预定加固效果,实际工程中的锚索数量多则上千,少也会有数根,以便锚索安装能提供足够的抗力。预应力锚索可主动调整预应力场与天然力场的叠加范围和叠加程度,有效降低或消除工程地质体中的拉应力和剪应力,使应力集中现象得到缓释,提高了工程结构的稳定与安全。工程结构受力合理。锚索结构是与地层紧密相连的,它将充分利用和改造工程地质体,利用岩土体的抗剪

强度平衡结构物的拉力,积极调用岩土体的自身强度和自稳能力,大大节省了建筑材料和投资。

锚索是一种高效、经济的加固技术。能够在减少扰动被锚固体的情况下,达到加固、增稳的目的,减少了工程量,给机械化施工创造了良好条件。随着各种新型锚杆(索)的推广使用,锚固工艺得到了不断的完善,功能也大大的增强。

4.3 强化施工质量控制和工程可靠性检测的研究工作

长期以来,我国矿山井巷地下工程中大量使用全长砂浆锚杆,但对最能反映其施工质量水平的灌浆密实度一直缺乏必要而有效的检测方法,这种状态要集中力量重点研究解决。此外,对于岩土预应力锚杆长期稳定性,也缺乏严格的监测,其中一个重要原因是检测仪表落后,应当积极发展包括机械式、液压式、光弹式、电阻式、钢弦式等各种精度高、体积小、重量轻的测力传感器,并由专门厂家生产。

4.4 降低预应力锚索的应力损失,做好防腐工作

为了确保锚杆在岩土中长期保持稳定的力学和化学性能,必须深入研究地层蠕变、钢材松弛、温度及冲击荷载、变异荷载状态下的预应力锚杆应力变化规律及保持允许应力值的方法,还要改进现有的锚杆(索)防腐技术,并根据不同服务年限,不同腐蚀程度,提出不同防腐标准,做到既稳妥可靠,又宽严适度,简便可行。

5 结语

总之,岩土锚固技术已经广泛的运用在水利水电工程、核电、交通工程和矿山工程中,甚至在城市大型地下工程、基础工程和大型军用工程中都得到了普遍推广,并且在这些以岩土体为基本载体的工程中,岩土锚固工程技术的应用都在发挥着稳定结构和保证安全的关键作用。

参考文献

- [1] 张乐文,汪沧. 岩土锚固理论研究之现状[J]. 岩土力学, 2000, 23(5): 627~631.
- [2] 程良奎. 我国岩土锚固技术的现状与发展[J]. 岩土钻凿工程, 1993(4): 1~6.
- [3] 徐祚祥. 岩土锚固工程技术发展的回顾[C]. 岩土锚固技术与西部开发. 北京: 人民交通出版社, 2002: 1~18.