

新型快速锚固锚索的研发及应用

和曙泉, 徐国民

(西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司, 云南 昆明 650051)

摘要:介绍了直立高填方区边坡治理工程中应用的一种新型的快速锚固技术——预应力混凝土管水平向快速锚固锚索的研发过程,阐述了其力学原理及其构造、特性,并结合工程实例,介绍了新型快速锚固锚索的实施过程及技术要点。

关键词:高填方;边坡治理;新型锚索;快速锚固;预应力混凝土管

中图分类号:TU757 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)07-0071-06

Development of New Rapid Anchoring Cable and the Application/HE Shu-quan, XU Guo-min (Southwest Non-ferrous Kunming Investigation and Design (Institute) Ltd., Co., Kunming Yunnan 650051, China)

Abstract: The development process of a new rapid anchoring technology applied in vertical high fill slope control project is introduced, that is horizontal direction rapid anchoring cable by pre-stressed concrete tube. The mechanical principles, the structure and the features were described, and the construction process and the technical points of the new rapid anchoring cable were introduced with engineering case.

Key words: high fill; slope control; new anchoring cable; rapid anchoring; pre-stressed concrete tube

0 引言

在广大山区,建设用地紧张这一矛盾日益凸显,利用荒山、坡地进行工程建设成为缓解用地矛盾的一种选择。山地工程建设中,常常会涉及挖方边坡和填方边坡的治理问题,经过若干年的工程实践,人们探索和总结出了多种行之有效的边坡治理方法,但在特殊情况下,也会出现现有方法不能满足特殊需求的情况。

边坡治理工程设计与工程实施中,常常会遇到一些特殊情况,这些特殊问题的解决,常常需要一些特别的工程技术手段。因此,解决问题过程的本身就意味着必须去思考一种新型的工艺技术方法。非常规手段往往又是不成熟的,或者是没有类似经验可以借鉴,但其在理论上又是成立的或者是可以诠释的。

本文所涉及的项目中,采用了抗滑桩板墙与新型快速锚固技术的组合,以解决直立高填方边坡的快速治理问题,其中,抗滑桩板墙是成熟可靠的工艺技术,快速锚固技术则是国内外尚无先例的、需要本项目解决的关键技术问题。

1 研发背景及技术思路

1.1 研发背景

收稿日期:2012-02-28

作者简介:和曙泉(1969-),男(纳西族),云南人,西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司高级工程师、注册一级建造师,地质学专业,从事岩土工程勘察、设计、施工技术与管理,云南省昆明市东风东路东风巷29号,hsqcmh@163.com。

在较大范围的高填方区,常常会遇到这样的情况:一是用地紧张,没有分台放坡填筑的条件,需直立或近乎直立填土;二是填方高度大,边坡安全等级高,对支护结构要求高,挡墙等常用支挡方法满足不了填方边坡稳定要求,需实施锚固支护结构;三是填土范围较宽,不具备使锚索锚入填土后侧稳定地层的条件;四是工期紧,实施常规锚索无法满足工期要求。

在上述情况下,对锚索性能提出了如下要求:(1)锚索起始工作时间必须与填土施工同步,快速张拉锁定,即作即用;(2)锚固段需置于填土中,且需提供较大吨位的锚固力;(3)锚索在填土中是近水平向分布的。

在这样的背景条件下,常规锚索不能满足上述需求,因此需要考虑一种新型锚索,以满足锚固力、施工速度等方面的要求。

1.2 技术思路

根据以上情况,笔者构思出了一种能实现快速锚固的新型锚索。即预应力钢筋混凝土管式荷载转换分散型锚索,这种锚索完全位于填土中,利用生产周期很短的预应力钢筋混凝土管作为锚固段,制作成压力型锚索,埋入填土层中即可张拉锁定,实现快速锚固。荷载分散型锚索有压力分散型和拉力分散

型两种,所谓荷载转换分散型锚索就是压力分散型转换为拉力分散型的荷载分散型锚索。

2 快速锚固锚索的工作原理及结构构造

通常意义上讲,锚索(锚杆)是通过外端固定于坡面,另一端锚固在滑动面以内的稳定岩土体中,穿过边坡滑动面的预应力钢绞线(钢筋),直接在滑面上产生抗滑阻力,增大抗滑摩擦阻力,使不利结构面处于压紧状态,以提高边坡岩土体的整体性,从而

根本上改善边坡的力学状态,有效地控制岩土体的变形和位移,达到使边坡稳定的目的,简言之,就是利用抗拔力所发挥出的作用来抵抗滑坡(边坡)下滑力,属于主动防护体系。快速锚固锚索的工作原理和一般锚索大致相同。

快速锚索由钢绞线、锚头、自由段钢套管、预应力钢筋混凝土管、承压板、基槽及填筑混凝土、灌注水泥浆硬化体等组成,如图1所示。

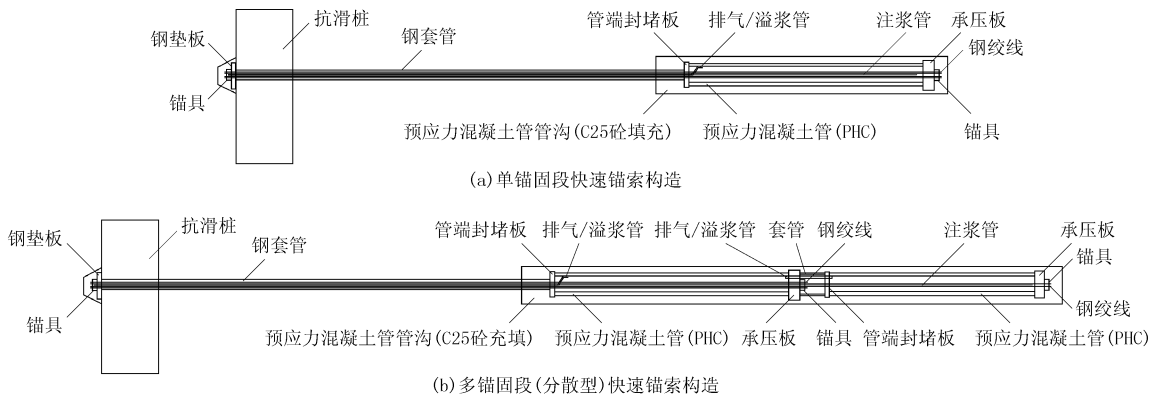


图1 快速锚固锚索构造示意图

3 快速锚固锚索的制作方法

常规锚索的工艺流程是:钻孔→锚索制作与锚索安装→锚固孔注浆→锚墩制作→锚索张拉锁定→封孔注浆及外部保护。

快速锚固锚索的工艺流程是:填土至第一排锚索设计标高→开挖基槽→安装锚索结构→继续填土至下一设计控制标高→张拉锁定→注浆→补浆→封锚→填土至下一排锚索制作标高→循环施工下一排锚索。

4 快速锚固锚索的理论支撑

4.1 理论支撑

(1)土力学理论:边坡稳定性分析计算采用常用的土力学理论计算模型,很容易计算。

(2)支护结构力学计算:桩锚支护体系、锚固体体系等已有成熟的理论计算模型,结构内力、锚固力、整体稳定性等容易计算。

(3)锚固段可靠性:通过边坡力学分析,可以将锚固段设置于危险滑移(破裂)面以外的稳定的填土区域,理论上是可行的。

4.2 锚索抗拔力计算

可以采用如下几种方法进行计算,并对比选择符合实际者。

4.2.1 摩擦法

将锚固段视为一段桩体,按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)计算桩的抗拔极限承载力标准值,并将其看作是锚索抗拔力:

$$U_k = \sum \lambda_i q_{sik} u_i l_i$$

式中: U_k ——抗拔极限承载力标准值; u_i ——破坏表面周长,对于等径圆形截面 $u = \pi d$; q_{sik} ——第*i*层土体的抗压极限侧阻力标准值; λ_i ——抗拔系数。

4.2.2 粘结强度法

据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002),按照地层与锚固体粘结强度特征值计算锚杆轴向拉力标准值和设计值:

$$N_{ak} = \xi_1 \pi D l_a f_{tb}$$

$$N_a = r_Q N_{ak}$$

式中: N_{ak} ——锚杆轴向拉力标准值; ξ_1 ——锚固体与地层粘结工作条件系数,永久性锚杆取1.0; D ——锚固体直径; l_a ——锚固段长度; f_{tb} ——地层与锚固体粘结强度特征值; N_a ——锚杆轴向拉力设计值; r_Q ——荷载分项系数,可取1.3。

4.2.3 抗剪强度法

林宗元提出的计算公式,即按照土的物理力学性质及埋杆埋深与注浆工艺等计算锚杆轴向抗拉力:

$$P = \pi DL_m (k_c \gamma h \tan \varphi + c)$$

式中: P ——锚杆设计拉力; D ——锚固段直径; L_m ——锚固段总长度; γ ——锚固段上覆土体的平均重度; h ——锚固段中点埋深; k_c ——土压力系数, 一次注浆 $k_c = 0.5$, 二次注浆 $k_c = 1.0$; φ 、 c ——锚固区土体的内摩擦角和粘聚力。

或者按照土层的抗剪强度计算锚杆的极限抗拔力:

$$T_u = \pi DL_c \tau$$

$$\tau = c + k_0 \gamma h \tan \varphi$$

式中: T_u ——极限抗拔力; L_c ——锚固段长度; τ ——锚固段土体的抗剪强度; k_0 ——锚固段孔壁的土压力系数, 一般取 1.0。

4.2.4 《岩土锚杆(索)技术规程》(CECS 22: 2005)法

按下式计算锚固力设计值:

$$N_i = \pi D L_a f_{mg} \Psi / K$$

式中: N_i ——锚杆或单元锚杆的轴向拉力设计值; D ——锚杆锚固段的钻孔直径; L_a ——锚杆锚固段长度; f_{mg} ——锚固段注浆体与地层间的粘结强度标准值; Ψ ——锚固长度对粘结强度的影响系数; K ——锚杆锚固体的抗拔系数。

对于压力分散型锚杆锚固段注浆体的承压面积按下式验算:

$$K_p N_i \leq 1.35 A_p (A_m / A_p)^{0.5} \eta f_c$$

式中: K_p ——单元锚杆锚固段注浆体的局部抗压安全系数, 取 2.0; N_i ——单元锚杆的轴向拉力设计值; A_p ——单元锚杆承载体与锚固段注浆体横截面的净接触面积, 即毛受压面积扣除孔道面积; A_m ——锚固段注浆体的横截面面积; η ——有侧限锚固段注浆体的强度增大系数, 由试验确定; f_c ——锚固段注浆体的轴心抗压强度标准值。

5 快速锚固锚索的技术要点

(1) 注浆问题: 必须采取特殊手段(注浆管、排气管、封堵等), 使预应力混凝土管内的水泥浆充填饱满。

(2) 防腐问题: 包括承压板、自由段、锚头等必须做好防腐措施。

(3) 应力损失问题: 必须确保锚固段和自由段在一条直线上, 张拉锁定最好在锚固段沟槽回填水泥砂浆初凝后进行。

(4) 承压板的强度、预应力混凝土管的强度必须满足应力计算要求, 承压板上的锁定装置必须牢

靠。

(5) 前、后锚固段的连接部位应有措施, 确保从底部返回的浆液和空气畅通进入到前端。

(6) 严格控制填土质量, 确保填土的抗剪强度, 控制填土变形和不均匀变形, 防止因填土变形给锚索带来的损伤和应力损失。

(7) 在锚索构造上, 需采取技术措施, 使之在快速张拉锁定后, 通过注浆由压力分散型锚索转换成拉力分散型锚索。

6 快速锚固锚索的优点与应用前景

6.1 优点

(1) 工期很短。一根常规锚索从开始到张拉锁定封锚需要一个月左右的时间, 而这种新型锚索可以即做即用, 安装完成后, 有一定厚度上覆填土即可张拉锁定, 从制作安装到锁定封锚只要 3 天左右时间, 可以大大缩短工期。

(2) 这种锚索操作直观、简单, 全部在肉眼可控的地面完成操作。作为锚固段使用的预应力混凝土管(PHC)可以在预制管厂定制且从生产到投入使用周期很短, 从开挖沟槽、预应力混凝土管吊装、管周水泥砂浆充填、承压板及拉筋安装、注浆设施安装到张拉锁定等工艺操作都很便捷。

(3) 可以实现大吨位锚固力的需求。锚固体直径及锚固段长度可以根据需要灵活掌握, 就锚固段直径而言, 可以做到常规工艺所不及的大直径, 也很容易制作多段锚的荷载分散型锚索。

(4) 可以让锚固段置于填土区域, 不必将锚固段设置于填土后的良好地层中, 大大减少了自由段长度, 从而可以在大面积填方中使用锚索。

(5) 这种锚索提供的锚固力大, 从而使大面积直立高填方边坡的治理及其稳定性要求容易满足, 满足了建设用地的需求。

6.2 应用前景

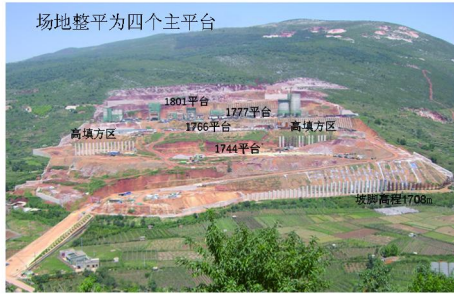
基于以上特点, 快速锚固锚索为直立高填方边坡治理提供了一种新型、实用的快速锚固方法, 在工期紧、用地紧、填方面积大、填方高度大、设计锚固力大的直立边坡、特别是需要快速锚固的高填方边坡中具有应用优势。

7 快速锚固锚索的工程应用

7.1 工程应用之一

7.1.1 工程概况及场地条件(见图2)

某水泥厂工程建设于由斜坡经挖填整平而成的



总降系统建设平台: 锚索桩板墙出露高度18m, 墙后填土高度>22m.



图2 工程场地图片

台阶状场地上,其中电力设施——总降系统位于1766 m 建筑平台上,其下为1744 m 建筑平台。总降系统前沿边坡所在地段填土前斜坡原始标高为1740 m 左右。

斜坡场地原始坡度 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 不等,1744 平台至1766 平台间高差22 m。1766 平台西段边坡全由填方组成,累计填土厚度最大达26 m。由于用地原因,填方边坡以直立坡为主。填土料为来自挖方区的全~强风化玄武岩、石灰岩碎块石及其残、坡积土。

7.1.2 原设计与工期

最先拟采用斜锚式锚索桩板墙,但要锚固到稳固地层中难以实现,故原设计采用的支护结构形式为墩式锚拉桩板墙;由于桩板墙后为大范围的厚大填土,要采用斜锚将锚索置于稳定地层中的难度较大,故原设计采用了墩式水平拉锚,将锚墩置于稳定区域的填土中,利用填土的强度提供锚固力(见图3)。

支挡桩施工完成后,由于总降系统建设工期要提前完成,建设方要求22 m 高的场地填方必须在一个月左右时间以内完成。如是,仅4 排拉锚之锚墩龄期一项就不可能满足工期要求(需4 个月左右),因此,必须想出一种即做即用不误填土施工、满足工期和锚固力要求的快速锚固方法。

7.1.3 设计变更

预应力混凝土管可厂内快速生产,从生产到使用只需3~5 天时间。将锚索用承载板与预应力混凝土管连接在一起制作成锚固系统埋在压实填土

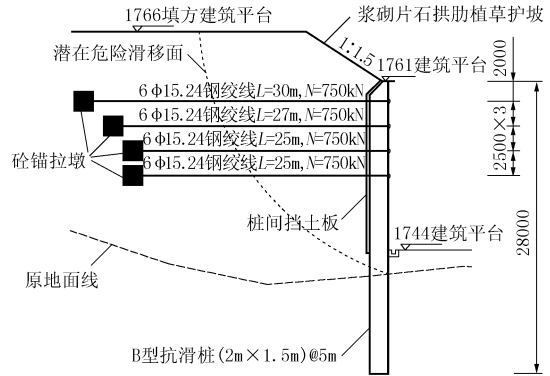


图3 填方区水平墩式锚拉抗滑桩板墙支护剖面

中,即可成为压力型锚索,这种锚索结构施工安装方便快捷,可以实现快速锁定,几乎不影响填土施工进度。基于上述思考,决定将原设计的墩式拉锚改为预应力混凝土管式锚索,待填土填到设计标高时进行锚索安装。

7.1.4 新型锚索的构造

本工程原设计锚墩抗力为750 kN,经计算,改为预置管锚索后,若采用 $\text{O}50$ mm 预应力混凝土管替代原锚固体,锚固段长度需要20 m,可用两节10 m 长的预置管制作成压力分散型锚索(见图4)。

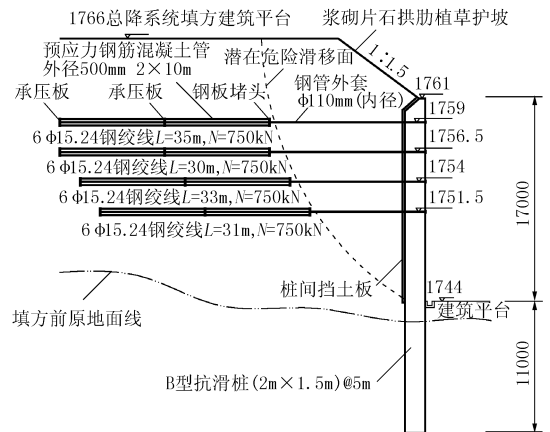


图4 填方区新型锚索抗滑桩板墙支护剖面

锚固段设于经计算的最危险潜在滑移面之后1.5 m 之外,钢绞线自管内穿过,两个承载板分别与两节预置管的尾部相连。为便于填土碾压,自由段设钢管外套并预置注浆管。为便于注浆及防腐,承载板及预置管端头均用快速凝结混凝土封包。

之所以先做成压力分散型锚索,是为了解决工期问题,即先安装好预置管锚索,当填土填到下一排锚索安装标高时即可锁定本排锚索。在完成压力分散型锚索的锁定后,通过预置注浆管注浆,注浆后即可形成对土层适应性更好的拉力分散型锚索,也使锚索的防腐更可靠。为了便于浆液充填饱满,锚索

安装时,做成内倾 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 的倾角。

7.1.5 锚固力的计算

采用不同方法计算所得锚固力如表1所示。

表1 锚固力计算结果

计算方法	抗拔极限承载力 标准值/kN	轴向拉力 标准值/kN	轴向拉力 设计值/kN
桩基规范法		704	
粘结强度法		785	
抗剪强度法		801	
技术规程法	1570		785

7.1.6 预制管锚索抗拔力的取舍

从计算结果可以看出,采用桩的极限抗拔力计算所得的值最小,而采用粘结强度和抗剪强度计算所得的锚固力要大一些。

根据预制管预应力锚索的实际工作情况,认为采用以抗剪强度计算所得的锚固力作为抗拔力设计值是有一定可靠度的。本工程锚固力设计计算取 $\Psi = 12^{\circ}$, $c = 15$ kPa,有可以借鉴的经验数据为依据。本工程取锚索拉力设计值为750 kN。

7.1.7 内锚段的基本受力状态的转换

本工程对锚索的要求是即做即用,没有注浆凝结的时间,根据锚索通过传力板与预制管连接后即可受力的特性,将锚索做成压力型,即内锚段的基本受力形式为压力型。

根据计算,提供设计锚固力的锚固段总长度需要20 m,根据相关规定,将锚固段分为10 m长的两段形成压力分散型锚索。

最初形成的压力分散型锚索的内锚段是无粘结式的,通常认为,粘结式内锚段工作可靠,耐久性好,因此,在安装锚索时,将锚索按拉力分散型锚索预置,待锚索处于工作状态后进行注浆,这样,压力分散型锚索就转为拉力分散型锚索。

7.1.8 工程实施

7.1.8.1 工艺流程

分层填土至设计标高→开挖沟槽→铺垫 C20 水泥砂浆→安装预制管→安装锚索及注浆系统→管周充填 C20 水泥砂浆→分层填土至一定高度张拉锁定→锚索注浆及封锚头等→分层填土至下一设计标高并重复以上步骤实施下一排锚索。

7.1.8.2 实施效果

本工程采用了4排即做即用型水平向预制管预应力锚索,实现了锚索的快速工作,经过张拉,锚固力均超过设计要求,22 m的高填方,总工期用了35天,达到了预期目的。经张拉,锚索承载力全部满足

设计要求。

7.1.9 需要注意的几个问题

(1)压实度与锚固力。一般情况下,对于作为地基土使用的压实填土,根据拟建场地的特性不同,压实系数的要求不同,但一般要求其压实系数 ≥ 0.94 ,以使填土达到足够的强度,确保填土层中锚索的锚固力,同时防止填土变形给锚索造成的损伤。

(2)锚索注浆与防腐。注浆的效果影响锚固力与防腐,因此注浆也是锚固工程至关重要的环节。设计为 3° 左右倾斜并设排气管。此外,锚索底部、两节管桩接头部位、锚固段与自由段交替部位、锚索与挡土桩的衔接部位,必须采取辅助措施,确保不漏浆和最终使钢绞线都在浆体的握裹之中。

7.2 工程实例二

某水泥厂工程堆场平台建于大面积的直立高填方区,该处原始地形为一冲沟,填方高度22 m,填方后的坡面形态与图5相似,采用锚索桩板墙支护。本工程锚索同样采用新型快速锚固锚索,锚索设计锚固力为750 kN,如图6所示。

通过工程实例一的锚索实施,取得了成功经验,为了提高效率,节约材料和成本,本工程的设计与实施中,对锚索进行了改进,主要是锚固段长度由工程实例一的20 m改为10 m,而埋设预应力混凝土管的管沟截面由工程实例一的高 \times 宽=70 cm \times 60 cm改为90 cm \times 80 cm,管周用C25砼充填。其施工方



图5 填方后的坡面形态

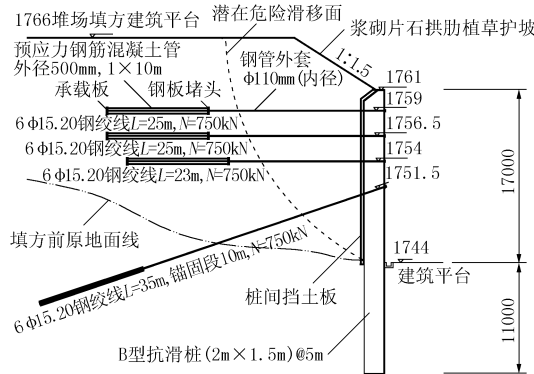


图6 锚索抗滑桩板墙支护示意

法与工程实例一相同。

改进理由是:预制管和水泥砂浆之间的握裹力是没有问题的,充分发挥管周砟和填土之间的粘结强度(抗剪强度)就能得到需要的锚固力。

经工程实施与张拉结果表明,改进型快速锚索的锚固力满足设计要求。

8 结语

(1) 预制预应力管锚索这种新型的锚索结构可以解决大范围的厚大、直立高填方边坡的抗滑桩板墙的快速锚固问题,可以实现常规锚索无法实现的锚固问题。

(2) 预应力管锚索在解决快速填土与锚固之间在工期上的矛盾方面具有明显优势。

(3) 由于是新型锚索,尚无成功经验可以借鉴,这就是最大的风险所在。如锚固力计算模式,应该采用何种最切合实际的工作状态?在压力分散型向拉力分散型转换过程中,出现的“先张法”预应力锚索对锚索的工作性能有什么样的改变?还有其它哪些没有预料到的问题?如此等等都需在实践中不断地探索总结。但其理论和实践依据是可靠的。

(4) 实践证明,通过对锚固段构造形式的改进,还可大大缩短锚固段的长度来获得相同锚固力,但必须合理选择管沟的尺寸及其填筑材料。解决了预制管和管周砟的握裹力问题,管径还可以缩小。

(5) 由于填土工期短、速度快,填方压实度控制不好,势必会产生较大工后沉降,为了控制沉降和不均匀变形,可在填土中设置土工格栅。

(6) 工程检验证明,这种新型的快速锚固锚索是可靠的,对边坡安全是有保障的。

参考文献:

- [1] GBJ 10-89, 混凝土结构设计规范[S].
- [2] GB 50330-2002, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [3] 林宗元,等. 岩土工程治理手册[M]. 辽宁沈阳: 辽宁科技出版社, 1993.
- [4] CECS 22:2005, 岩土锚杆(索)技术规程[S].
- [5] CECS 22:90, 土层锚杆设计与施工规程[S].

注:本文撰写过程中参考了《富民水泥厂边坡治理施工图设计》(徐国民,李四全,等.西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司,2007)。

汪民强调:要落实地质找矿新机制,提高整装勘查投入水平,全方位服务整装勘查

国土资源部网站消息(2012-07-20) 7月19日,2012年全国新设整装勘查区论证会在京举行。国土资源部党组成员、副部长、中国地质调查局局长汪民在会上强调,要落实地质找矿新机制,提高整装勘查投入水平,全方位服务整装勘查。

汪民指出,整装勘查是找矿突破战略行动中龙头性的工作,是重中之重。地质找矿新机制是整装勘查的核心,要落实到位,加大社会资金投入是关键。社会资金具有很强的灵活性,初级勘探中充分发挥社会资金作用,有利于提高勘探效率,尽快扩大战果。目前,47片整装勘查区的社会资金投入还比较低,要转变观念,开放市场,大胆引入社会投入,把整装勘查尤其是风险勘查的投资拉上去。

汪民提出,要从资源配置、项目设置、专家指导、科技攻关等方面加大对整装勘查的支持。要研究公益性地质工作如何主动为商业性地质工作服务,实现点面结合,构建空地一体化、物化探扫面联动快速反应的工作机制。要深入研究,完善制度,为整装勘查提供全方位、高质量的地质资料服务。要学习危机矿山专项的管理模式和经验,积极发挥专家作用。目前正在筹备建立全国找矿突破战略行动专家组,全

国专家按片划分,每个整装勘查区都要责任到人,任务到片。专家要全方位跟踪整装勘查区工作方案、工作部署等,政府部门要给予强有力的行政支持。年轻人要跟上,依靠专家的“传帮带”培养一批人才。要在矿业权管理方面加强对整装勘查区的服务,保证整装勘查区矿业权设置合理布局。引入大投入时新矿业权的设置应不受影响。矿业权应整尽整。在出让矿业权时,高风险勘查、资本技术结合、探采一体化三种类型要优先。要构建整装勘查区的评估退出机制,包括经过勘查工作发现资源不理想和工作推进不力两种情况,要评估退出。对于工作推进不力的,要向省级人民政府通报。

汪民强调,整装勘查要抓住重点。要认真研究勘查区的成矿规律、控矿构造等,通过比照国内外的重大发现获得启示。就全国看,尽管中西部地区找矿突破还有很多,但东部地区找矿突破的意义也很重大,找到大矿对产业的支撑作用巨大。在东北,尤其是大小兴安岭,要侧重研究合适的方式方法,尤其要加快引进先进物化探手段。此外,全国勘查工作要以整装勘查区为龙头全面部署,关注远景勘查区、重点勘查区,对在这些地区进行勘探的企业大力支持。