

小湾电站引水沟堆积体锚索施工技术与改进设计的探讨

李海民¹ 钟瑞辉¹ 刘成²

(1.柳州欧维姆工程有限公司 545005 2.总参工程兵科研三所 471028)

摘要:小湾水电站工程地质情况之复杂、边坡防护施工难度之大、施工任务之艰巨可以说在同类工程建设中是绝无仅有的。本文主要通过引水沟堆积体2#山梁抢险边坡工程的施工和在施工中针对极其复杂的地质情况采用的特殊施工工艺进行介绍和剖析,重点介绍偏心钻跟管钻进、双管接力钻进等钻孔施工工艺和方法,以及作者在施工中为解决孔内多处不同深度的大裂缝不跑风、不漏浆的问题,采用的孔内摄像、封堵裂缝等措施而做出的尝试,同时对此抢险工程设计尚存在的不尽完善之处提出作者的一点改进意见,希望能为岩土工作的同行们能起到一点抛砖引玉的作用,促进我国岩土锚固工程技术的更快发展。

关键词:小湾水电站 堆积体边坡 锚固 偏心跟管技术 孔内摄像 堵漏 监测

1. 小湾电站场区简介

小湾水电站位于云南省西部南涧县与凤庆县交界的澜沧江中游河段上,黑惠江与澜沧江交汇点下游1.5km处,系澜沧江中下游河段规划的8个梯级电站中的第二级,总库容 $149.14 \times 108\text{m}^3$,电站总装机4200MW,是澜沧江中下游河段的“龙头水库”。枢纽区混凝土双曲拱坝,最大坝高292m。

枢纽区河段长2300m,枯水期988m,河流总体由北向南。河谷深切呈“V”形,岸坡因被多条冲沟切割,呈沟梁相间的地貌形态。该段分布岩石为致密的黑云母片岩和角闪斜长片麻岩,夹有少量片岩。枢纽区的地质构造为一横河走向,陡倾上游的单斜构造。除坝前分布有一条II级断层外,尚分布有20条III级断层,只有一条为NNE,其余均为NWW向,陡倾向上游,属层间挤压。IV级结构面多为走向近SN和NWW陡倾角的小断层挤压面。节理以走向近SN的陡倾角节理最为发育,其次为走向NWW的陡倾角节理。

2. 饮水沟堆积体边坡

2.1 工程地质条件

饮水沟崩塌堆积体边坡位于左岸坝前,其平面形态似舌形,上游侧边界部位地形为相对

凸起的2号山梁,基岩裸露;下游侧为冲沟(饮水沟)凹地。开挖边坡走向约N18.E,开挖坡度 45° ,根据钻孔资料,堆积体铅直厚度一般为33.37m,最大厚度70m。分布高程在1130~1600m,EW方向长度约700m,SN方向宽度约190m,最大高差约460m,总体积约 $4 \times 106\text{m}^3$ 。堆积体主要由块石、特大孤石夹碎石质粉土或碎石层组成,碎石土不成层,主要填塞在块石缝隙之间。碎块石成分为黑云母花岗片麻岩,碎、块石含量约70%。崩塌堆积体下部基岩为MV-1层黑云母花岗片麻岩夹角闪片岩,弱风化,岩体破碎。堆积体内发育裂隙潜水和脉状裂隙承压水,岩层透水性强,钻孔内涌水受季节性降水补给影响较大。

2.2 边坡锚索施工情况

2.2.1 边坡锚索布置情况(见图1)

2.2.2 抢险锚索设计工程量

表一:左岸抢险锚索设计工程量表(按部位、吨位分类)

部 位		1000KN级锚索	1800KN级锚索	备 注
2#山梁	EL1380以上	94	245	按后期锚
	EL1245~EL1380	46	981	
4#山梁	EL1380以上	0	0	索吨位调 整后统计
	EL1245~EL1380	57	21	
合 计		197	1247	

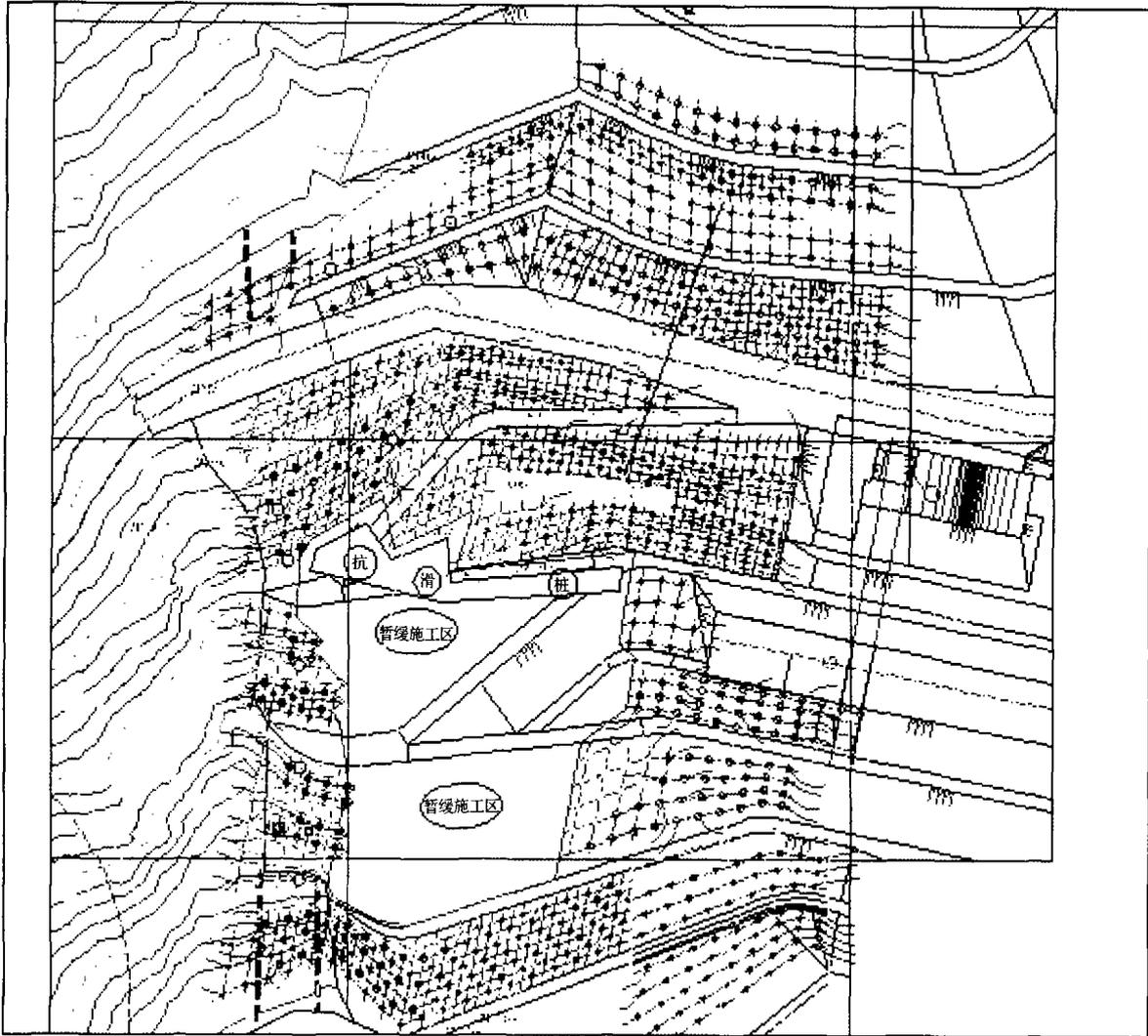


图1 2#山梁饮水沟积体锚索布置

2.2.3 抢险锚索结构与排布

该边坡锚索结构为双层土工布防护拉力集中型无粘结锚索，分为1000kN与1800kN两种，孔深40-75m，孔径150mm，严格要求锚固段处于较完整的弱风化基岩内。锚索间距纵向横向分为2m×5m、4m×5m两种。

3 堆积体边坡中的钻孔技术

3.1 偏心套管直接跟进技术

对于堆积体厚度较小，破碎带埋深较浅且孤石分布较少的地层段，主要采用168偏心跟管跟进（见图2），穿过破碎岩层，然后更换直钎钻头继续钻进。采用套管护壁的方式防止因孔壁坍塌造成的埋钻、卡钻事故，同时确保锚索安装到位。目前，在小湾工地中与之配合使用较多的是成都产低风压两件套偏心跟管钻具，

其特点是产品较为稳定，钻进事故率小；缺点为钻进速度较慢、导向性差。

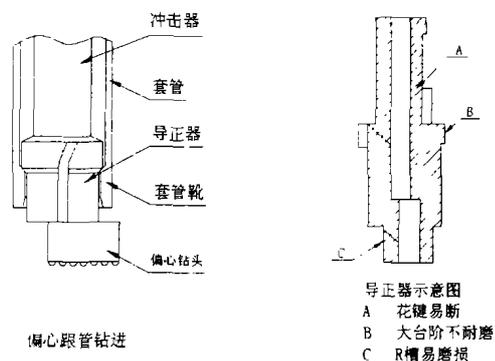


图2 偏心钻示意图

3.2 固壁注浆后跟管钻进技术

对于堆积体厚度较大，破碎带埋深较大且孔底涌水较大的地层段，由于直接跟进套管的难度较大，埋钻现象较为普遍，往往采用固壁

注浆的方法进行处理。即通过钻杆向孔内注入水泥浆液, 封闭孔壁漏风裂隙, 同时将孔底内淤泥质粉砂层或流砂地层渗透搅拌凝固成可钻进的水泥质土层。固壁注浆后钻孔难度相对降低, 成孔效率增大, 对改善锚固段地层性质, 提高锚固力大有裨益。但水泥浆液受初凝时间控制, 凝结速度较为缓慢, 因此成孔周期较长。同时, 由于堆积体地层裂隙众多且贯通性强, 注浆效果因地层破碎程度、地层含水量及注浆压力的不同差异很大, 要求反复间歇性注浆, 注浆量无法控制, 耗工耗料, 造成钻孔成本提高。受边坡抢险任务紧迫性的影响, 综合考虑经济因素, 固壁注浆未能成为主流的钻孔技术。

3.3 “以退为进”的双管接力钻进技术

对于堆积体厚度较大, 破碎带埋深大且多分布巨型孤石地层, 由于国产套管受材质和热处理工艺的局限性影响不能满足跟管的极限深度(通常为35-60m)需要, 直接跟管和固壁注浆等技术的缺陷就表露无遗, 钻孔难度加大。但堆积体破碎地层与普通淤泥质地层或风化细岩粉破碎地层的根本区别是其钻进过程中缩孔现象少, 由于堆积体内的孤石以骨架形式分布, 在短时间内具有一定的内拱自承性, 因此“以退为进”的双管钻进技术应运而生。其具体做法为: 先用大型直钎钻头(钻头直径大于190mm)开孔, 然后采用178套管直接跟进20-25m扩孔后拔出, 利用该地层的自承性, 再采用套管沿前段重新跟进直至封闭住破碎岩层。此种技术避开了前20-25m孤石地层对套管的阻力, 减少了其对168套管的损伤, 同时降低了因孤石挤压造成弯管断管接箍脱落等事故发生的概率, 较大地提高了成孔的效率。

4. 堆积体边坡锚索施工中跟管钻进施工工艺和事故的处理措施

4.1 偏心钻跟管钻进工艺流程

接好钻机风管、保证钻机用电正常、操作控制油箱油位符合标准→用CIR150冲击器配180直钎开孔→上168套管(配套使用168的管靴)

→换偏心钻具跟管钻进→跟管钻进到一定深度后提钻检查偏心钻的使用情况→继续钻进到一定深度后重复提钻检查偏心钻、冲击器的使用情况→跟管到稳定岩土体或基岩中后提钻换135~138的直钎钻进→直钎钻进到一定深度后提钻检查直钎的安全性(检查直钎的外径是否满足不低于135的要求、检查CIR110冲击器的横销的是否可以继续钻进)→直钻→提钻检查→重复直钻、提钻检查直至钻进到设计深度→提钻、扫孔→探孔、验孔→终孔。

4.2 偏心钻跟管钻进中事故的避免与处理

4.2.1 偏心钻跟管钻进中应尽量避免孔内事故的发生, 避免的措施就是严格按照偏心钻跟管钻进的工艺流程和工艺操作安全技术规程, 在实际施工中去认真执行, 用心去体会, 认真地对待和处理施工中出现的实际问题, 相互间多交流经验。不要疏忽大意, 工作中积极主动的去预知、预见可能出现的问题, 尽量避免孔内事故的发生。

4.2.2 事故的处理: 就施工所发生的事故情况看, 事故主要有以下几种: ①冲击器横销出问题, 偏心钻整套掉入孔中。处理方法: 将孔内套管全部拔出取出偏心钻后再重新跟管钻进; ②偏心钻横销出问题偏心块掉入孔中。处理方法: 将孔内套管全部拔出, 若未塌孔可加工专用的器具进行打捞, 成功则重新跟管钻进; 或进行孔内微型爆破将偏心块埋入钻孔底后通过注浆再成孔的方式解决; 若两种方法均不成功则此孔只有报废; ③管靴被打断: 若被判断是管靴被打断的情况时, 首先不能使偏心钻反转收钻, 而应该采取将孔内套管和钻杆一起拔出, 试着将被打断的管靴随偏心钻给带出来, 之后再重新跟管钻进。如不成功, 若能采取直钎钻进并且成功的情况下可以终孔; 否则只有报废; ④套管被打断: 若为岩土体的话, 情况相对较好, 能采取直打方式终孔则采取提钻后直打; 若需要再跟管则也可采取继续跟管钻进一定深度后提钻, 再在孔口用偏心钻捣振器直接锤打孔口套管直进的方式处理; 若

以上方法不能终孔则只能报废；⑤钻孔中不小心反转使钻杆脱扣，处理方法为提钻拔管后重新钻进。

5. 堆积体边坡锚索施工中的孔内摄像和封堵技术

2#山梁岩土体的内部结构是极其复杂和难于预料的，我们在施工1416标高的锚索孔时遇到了很大的困难：基本上不能跟进管，且岩层在孔深方向上存在不同深度的各种大裂缝和大断层，孤石多、岩土体又十分破碎，不返风、无排渣、卡钻。为了较清楚的了解孔内的情况，我们进行了孔内摄像。通过摄像很清楚的看到1416-1、2、3等孔存在很多不同深度的大裂缝（见图3），从而我们认为，想通过传统的固壁灌浆、混凝土封闭等手段很难封堵孔内的各大裂缝。于是我们与总参工程兵的工程师一起研究试验了一种新的方法，即采用两种膨胀发胀材料混合瞬间膨胀凝结进行封堵的办法，虽然在实际施工中对这种深孔封堵存在较大的难度，但对裂缝小于30cm、孔深小于40-50m的情况其效果还是理想的，试验封堵后的裂缝孔返风、返渣情况较好。

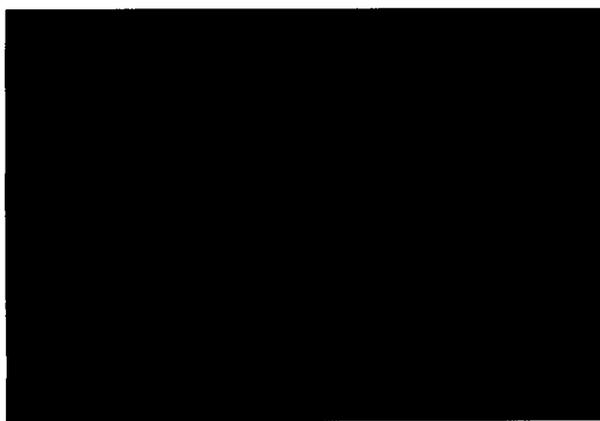


图3 孔内的裂缝

6. 抢险锚索加固效果和边坡监测情况

在业主、八七联营体以及主要参战的近20家全国锚索施工专业队伍的艰苦奋战下，2#山梁抢险工程于2004年11月底基本告一段落。从边坡位移的监测情况来看，整个坡体基本趋于稳定和收敛状态；从加固锚索的应力变化情况

看，虽然力的总的趋势是在不断增加，但也基本趋于平稳（见图4）。总的说来基本完成了抢险任务，边坡的整个加固效果还是比较明显的。随着1245部位的抗滑桩及其回填反压的施工完毕边坡将会更加的趋向稳定。

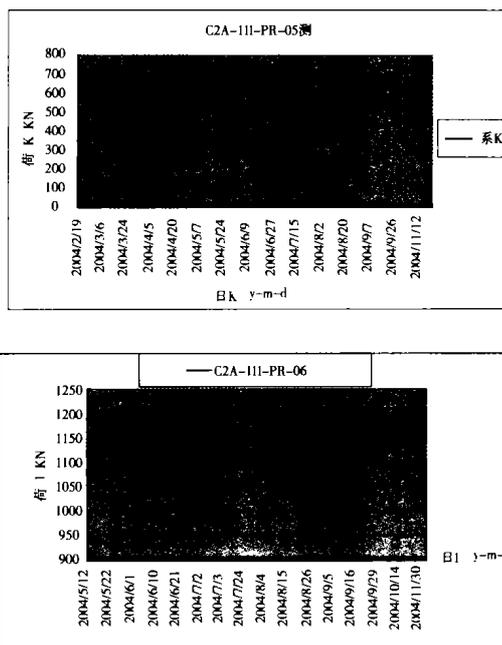


图4 观测曲线

7. 施工中存在的问题及设计尚需改进的措施

小湾电站2#山梁堆积体抢险工程的难度很大，设计和施工不可避免地存在不足，总的来讲施工中暴露出了以下一些问题。

7.1 钻孔效率低，偏心跟管钻具消耗大、质量很不稳定，钻孔施工成本很高。

7.2 近80m长的锚索其自由段采用两层土工布对下索造成非常大的困难。

7.3 锚固段间隔1.5m、自由段间隔2m设置对中的隔离塑料板，不允许对锚索进行加固绑扎，使得锚索十分松散，同样造成了下索的很大困难。

7.4 由于岩土体十分破碎，下完锚索拔管后进行锚固段的注浆，张拉完后再进行自由段的注浆，锚索所包的两层土工布在下索的过程中是很难保证不破损的，这样在塌孔情况下自由段是很难被浆体充满，从而对锚索的防腐带来很大的后患。

7.5 从现场抽取的C2A-1 || -PR-05和C2A-1 || -PR-06测点的两组锚索应力观测情况看, 两组锚索截止至观测时的实际应力均超过设计值的约19%。而现场并未对这些情况进行相应的处理, 比如对锚索进行应力的适当释放等。这样的后果是锚索的安全性降低, 安全储备减少, 进而影响边坡的稳定与安全。随着坡体的逐渐形变, 锚索的实际应力将会继续增大, 这是比较危险的。

笔者认为对此边坡防护设计方面应该要改进的地方有以下几点:

7.6 从安全和防护的角度考虑, 锚索的结构可考虑采用防护好耐腐蚀的成品锚索, 此种锚索刚度相对大得多好下索, 再者其全长全封闭防护, 即使自由段有部分空隙未被浆体充填, 锚索也很安全。

7.7 从施工和整个锚孔不塌孔、浆体能充填整个孔道考虑可采取一次跟管不拔管的方式。

7.8 根据此坡体的实际情况, 对如此高(约400米)的整体滑移的大滑坡体, 可以在不同标高的位置上另设置大直径的抗滑桩, 以抵抗下滑的强大剪力, 桩径方向应与设置的锚索加固

方向一致, 笔者认为这样会更加有效的起到稳定整体边坡的作用。

7.9 鉴于锚索的实际应力值大于设计值太多, 应在外锚头封闭前先进行应力的一定释放, 以使锚索的受力处于安全范围之内。

8. 结束语

小湾工程规模宏大, 是目前世界上已建电站工程中最高的双曲拱坝, 坝址位于高地震烈度区, 坝区峡谷深高, 岸坡陡峻, 坝前分布规模较大的崩塌堆积体, 且地形狭窄, 开挖后将形成近700m的高边坡, 因此边坡开挖及永久支护的安全稳定成为小湾电站施工成败的关键。虽然经过会战山体是暂时保住了, 但边坡永久稳定和安全方面存在的不足始终是对电站安全的一种威胁, 也始终是我们最为担忧的地方。

参考文献

1. 佟强.《小湾电站引水沟堆积体边坡钻孔技术探讨》.人民交通出版社, 2004
2. 高申友等.《偏心跟管钻具的配套及其在使用中的改进》.《OVM通讯》, 2003年第2期

(上接第21页)

梁转载, 以利于顶推梁可以一次性顶落到位。

6. 结语

东海大桥近岛段在复杂的地形条件下选择顶推梁的施工方案是切合实际的, 结构设计合理。施工中对滑板的寿命低问题进行了专门的攻关, 提出的新型滑板结构具有很好的推广价值。建议主梁牵引锚点在以后的设计中采用梁内锚块和转向器的形式, 这样可以减轻现场的劳动强度和降低施工钢结构的用量。穿心水平连续千斤顶多点液压顶推系统大大减轻了顶推时千斤顶的起步和停止的频率, 提高了工作效率。建议在控制上, 能够开发出智能的管理控制系统, 各墩的牵引力, 摩阻力、桥墩受力能

够自动测量显示, 对千斤顶的供压能够自动调整, 提高施工技术的信息化程度。

参考文献

1. 中铁大桥勘测设计院, 东海大桥近岛段顶推连续梁施工图设计 2003 6
2. 陈湘林、刘乐辉, 《柔性墩多点顶推施工技术》, 中国公路学会桥梁和结构工程学会, 2002年全国桥梁学术会议论文集, 2002.10
3. 范立础, 《桥梁工程》, 人民交通出版社, 2002年。
4. 皇甫熹、徐强、俞海勇、王琼, 《高性能海工混凝土在东海大桥工程中的应用》, 世界桥梁2004年增刊, 2004.11
5. 毛建林, 顶推法施工PC连续梁的一种新型制梁台座系统, 世界桥梁, 2002年第3期
6. 刘晓霞、张建红、邱琼海, 顶推箱梁施工作业指导书, 中铁大桥局集团第二工程有限公司施工作业技术标准, 2004年