

拉力型锚索在江平河水电站 边坡支护工程中的应用

刘文华 梁 霆

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

摘要:江平河水电站边坡地质条件复杂,加上强降雨已造成多处大滑坡,为保证左右两岸高边坡的整体稳定及进场公路不被毁坏,两岸采用了拉力型锚索来对不稳定的边坡进行支护,以此来提高边坡的稳定性。

介绍了拉力型锚索的结构构造及施工工艺流程等。

关键词:拉力型锚索 支护 成孔 护坡

1 工程概况

江平河水电站位于□水上游河段,湖北省鹤峰县走马镇。坝址距走马镇19km,经走马镇向西至鹤峰县城84km,经走马镇向东至湖南省石门县城163km。江坪河水电站装机容量为 $2 \times 225\text{MW}$ 。本工程枢纽建筑属Ⅰ等工程大(1)型,面板堆石坝最大坝高219.00m,水库总库容13.66亿 m^3 ,多年平均发电量9.6亿 $\text{kw} \cdot \text{h}$ 。

江平河水电站进场公路左右两岸的高边坡地质条件复杂,边坡极度不稳定,多处已造成不同程度大的滑坡。谢家岭、瓦屋台、新屋场位于江坪河水电站坝址右岸下游约3km,其中谢家岭大滑坡滑方量约3万 m^3 ,为一堆积层滑坡,该滑坡体后缘边坡出现了较大裂缝,最宽达30cm,最大下沉量达50cm,发展至高程500m,已出现变形开裂的坡体宽约200m、面积达5万 m^2 ,估计方量达80万 m^3 ,存在发生大规模滑坡的危险。

为了两岸边坡的整体稳定及两岸进场公路免受破坏,对两岸不稳定的滑坡体采用以拉力型预应力锚固体系为主,锚杆、钢筋桩挡墙为附的支付方式。锚索等级采用1500kN、2000kN不等,锚索根数视不同的滑坡体而定。锚索之间通过框架梁连接,通过框架梁把锚索连成整体固定在坡面上,从而使整个破面稳定。

2 拉力型锚索的索体结构

2.1 钢绞线材料

预应力钢绞线宜选用符合美国ASTM-A416/A416M-98标准或者GB/T5224-2003(中国绞线)标准的钢绞线,采用270级,强度标准值 $1860\text{N}/\text{mm}^2$,公称直径 $\phi 15.24\text{mm}$,公称截面积 140mm^2 ,每股钢绞线由7 $\phi 5\text{mm}$ 的高强度低松弛钢丝组成。

2.2 设计提供了两种结构的拉力型预应力锚索图

一种是有粘结预应力锚索如图1,一种为无粘结预应力锚索如图2。

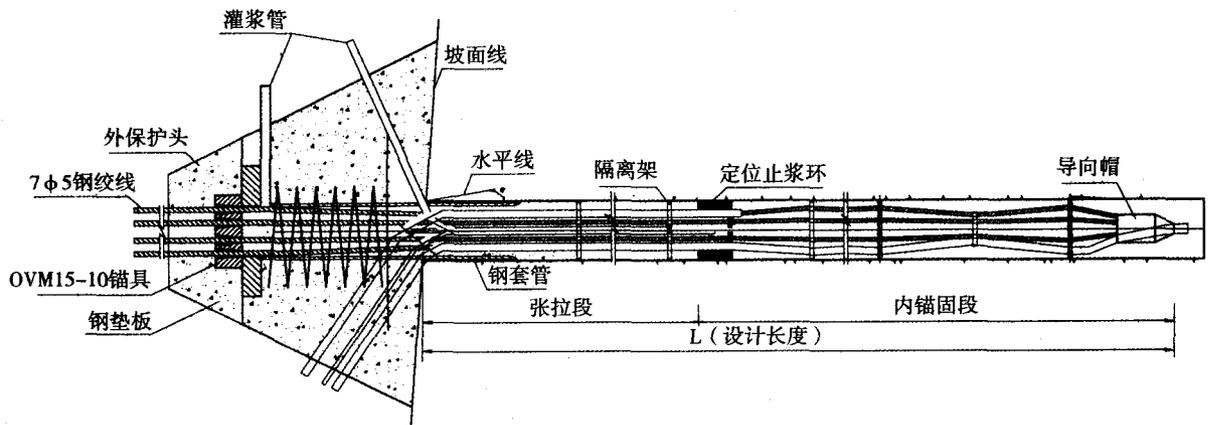


图1 有粘结锚索结构图

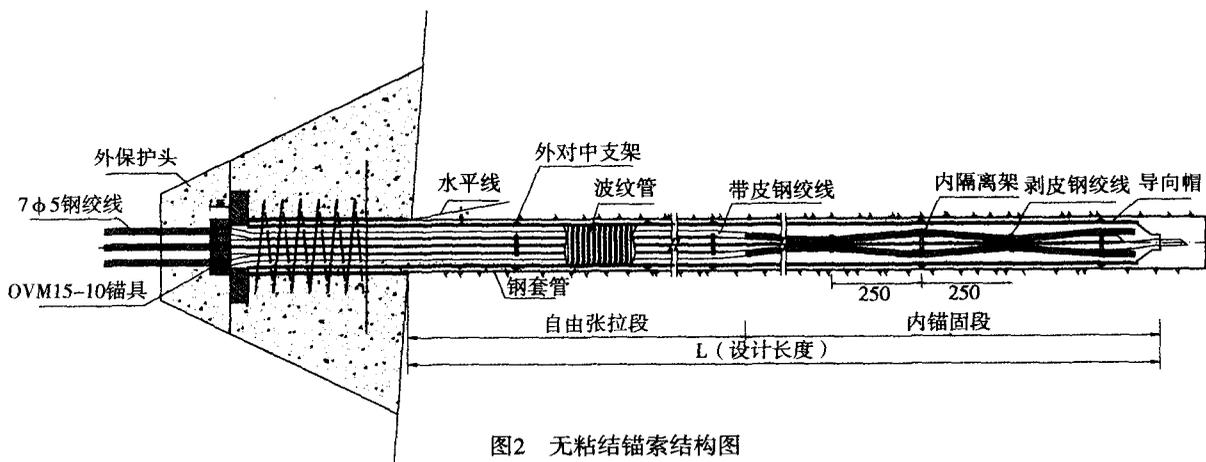


图2 无粘结锚索结构图

2.3 有粘结预应力锚索和无粘结预应力锚索的区别

2.3.1 两种锚索的相同点

① 拉力型锚索的锚固段采用纯水泥浆或水泥砂浆将锚固段部分锚固在被锚固岩层的稳定部位。浆液作为中间介质把锚索体跟岩层粘结起来，靠钢绞线的高强度来控制岩层的变形。

② 拉力型锚索的索体与浆液的剪应力主要集中在拉力端附近，并随深度衰竭。

③ 拉力型锚索结构简单，施工方便，造价较低。

2.3.2 两种锚索的不相同点

(1) 有粘结预应力锚索

① 有粘结拉力型锚索采用二次注浆，第一次先注锚固段，等张拉完后再对自由段注浆及封锚。锚索体通过浆液与岩层全粘结，同时通过注浆液对锚索体进行防护，所以一旦锚索体某处应力失效其他段仍然保持应力。

② 锚固端注浆采用止浆袋（或止浆环）和理论控制注浆法。这对止浆效果和岩层的完整性要求比较高。如止浆效果不好而岩层比较破碎或有岩洞及地下水等情况，将导致锚固端注浆失效，很难保证后续的张拉成功。

③ 防腐性能相对较差，只能靠浆液对锚索体进行防护。

(2) 无粘结预应力锚索

① 无粘结预应力锚索孔道内采用一次注浆，等张拉后再对锚墩段进行注浆及锚头封锚。

② 无粘结钢绞线采用防腐油渍及PE保护层，防腐性能好。

③ 注浆采用一次注浆，注浆易于控制，锚固效果好。

3 预应力锚索现场试验及锚索结构的选用

为了能取得第一手的现场资料和数据，根据现场实际资料和数据来确定岩层的极限承载力，从而确定预应力锚索锚固段的实际长度和合理的结构布置。锚固工程正式开工前宜进行现场试验。按规定：

① 任何一种新型锚索或者锚索应用于未曾应用过的土层时，必须进行基本试验，且基本试验锚索数不得少于3根。

② 基本试验锚索的结构参数，材料及施工工艺和工程施工的锚索相同。

③ 最大试验荷载不超过预应力材料强度标准值的0.8倍。

3.1 试验内容

钻孔、预应力锚索制作安装、灌浆、混凝土锚索墩的制作、抗拔试验。

3.2 现场试验结果

① 地层结构复杂，岩层破碎、风化严重，部分孔道还断层，地下水丰富。

② 钻孔困难，需要跟管钻进，部分地段需要60米的全程跟管，施工难度大。

③ 试验采用的是有粘结预应力锚索结构，注浆时止浆效果不理想，回浆管不回浆。

④ 拉拔试验不能满足试验的要求，注浆体被

拉裂, 锚索体被拉出。

⑤ 注浆管放在锚索体的外面, 下索时容易刮破、弯折, 对注浆不利。

3.3 锚索结构的选择

根据以上的试验结果, 我方建议采用无粘结预应力锚索结构; 锚索的锚固段由原来的7米增加到12米; 隔离架中的注浆管应放在钢绞线的中间; 考虑到施工的难度, 取消锚孔内的波纹管。经过协商, 业主、设计、监理同意了我方的建议。

4 预应力锚索施工工艺流程

4.1 预应力孔道钻孔

钻孔需采用与边坡岩土体相适应的专用锚孔钻机, 按设计和相关技术规范要求进行钻孔。专用锚孔钻机采用MD-60型和MD-70钻机。

① 锚索钻孔要求干钻, 禁止开水钻, 以确保锚索施工不致于恶化边坡岩土体的工程地质条件和保证孔壁的粘结性能。

② 锚孔钻孔按设计要求进行钻机的定位。锚孔孔径150mm, 倾角为 15° , 允许误差 $\pm 1^\circ$, 钻孔定位误差 $\pm 10\text{cm}$, 为确保锚孔深度, 实际钻孔深度宜大于设计深度20-40cm, 但也不宜超过设计深度的1%。

③ 钻进过程中应对每个孔的地层变化, 钻进状态(钻压、钻速), 地下水及一些特殊情况作现场记录, 如遇地层松散, 破碎时, 应采用跟管钻进技术。若遇坍孔难以钻进, 则应进行固壁灌浆处理。

④ 钻孔完成后使用高压空气将孔中岩粉及水全部清除出孔外, 以免降低水泥砂浆与孔壁岩体的粘结强度。

⑤ 孔造好后, 须经有关质检部门检查后, 方可进行下一步工序。

⑥ 钻孔时, 须做好记录, 若地形条件与设计不符或有异常情况时, 应及时通报有关单位, 以便及时处理。

⑦ 至孔深底后, 用高压风来回吹孔进行清孔, 直到孔道干净为止。

预应力锚索钻孔在锚索施工中占据大量的工程量, 是影响整个施工过程的关键工序, 需投入

大量的人力和物力。应根据设计要求的钻孔参数和低层条件, 选择适合本工程的的钻具和施工工艺。在岩石中一般使用潜孔钻机, 这种潜孔冲击类钻机钻出的孔孔壁粗糙对锚索体的锚固非常有利。冲击器及钻头的选用对成孔有很大的影响, 开始在江平河边坡支护中按常规选择普通的冲击器及钻头, 钻孔效果很不理想, 孔道内有水, 冲击器经常容易堵塞, 钻进速度慢, 钻头容易磨损, 施工成本高。后面采用了长沙天和钻具机械有限公司生产的高风压冲击器及配套使用的钻具, 这种钻具结构合理, 钻进速度快且泥砂不容易堵塞, 在施工中取得了满意的效果。这种冲击器特别适用有水坚硬的岩层。

4.2 预应力锚索制作安装

按设计所采用的锚索结构和制作技术要求编索。锚索制作应按相应锚索结构长度严格根据设计图进行。

锚索材料选用高强度、低松弛环氧喷涂钢绞线, 其直径 $\phi 15.24\text{mm}$, 长度为相应的锚索设计长度加1.5m, 极限强度为1860MPa。

4.2.1 编索制作工艺

编束通知单→下料、清洗→编束→隔离架→安装注浆管→验收→库存。

① 在预先指定的下料场地上按下料长度进行下料, 每根绞线长度误差控制在10cm以内。

② 锚固段的锚索应剥皮并清洗干净表面的防腐油渍, 宜每股打散清洗, 清洗干净后再拧好。

③ 锚索编束前, 要确保每根钢绞线顺直, 不扭不叉, 排列均匀, 除锈、除油污, 对有死弯, 机械损伤处应剔出。无粘结钢绞线外套PE管不得有破损, 如不慎损坏应用塑料胶带包裹好。

④ 隔离架的作用是使钢绞线相互分离, 以保证锚索体周围均有一定厚度的浆液覆盖, 并使钢绞线保持居中。隔离架应由对钢绞线无害的材料组成, 宜用塑料的, 不得用木质材料。隔离架应绑扎牢固, 防止搬运时松散。

⑤ 灌浆管应绑在锚索体内, 灌浆管头部距孔底5~10cm, 灌浆管使用前, 要检查有无破裂、堵塞。

⑥ 锚索头部应安装导向帽，以利穿索入孔，导向帽要绑扎牢固，防止脱落。导向帽如图3所示。

⑦ 检查合格后的锚索标识分区存放，同时做好防雨、防晒工作。

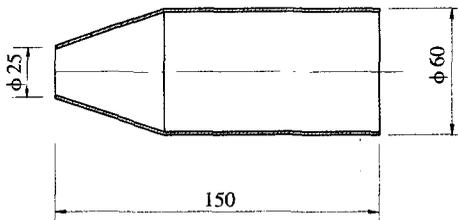


图3 导向帽

4.2.2 锚索体安装

① 锚索体采用人工下索，送锚索应保证送索过程协调一致，索体平顺，不扭转。

② 安装前对钻孔重新进行通孔检查，对塌孔、掉块要清理干净或处理，对孔内积水用高压风吹干净。

③ 下索前对锚索体进行详细检查，检查排气管位置及注浆管的通畅情况，并核对锚索编号与钻孔孔号，对损坏的配件进行修复或更换。

④ 下索前，对注浆管进行一次复查，确保畅通；锚索往孔内穿时，避免损伤PE管及导向架脱落，锚索安放要平顺，保证安放质量，外露长度应满足设计和工作要求。

⑤ 索入孔时索体的弯曲半径要大于5m。

4.3 预应力锚索的注浆

4.3.1 注浆材料

① 采用设计标号的新鲜普通硅酸盐水泥。水泥必须具有抵制水和土的稳定性。浆体中氯盐的总含量不应超过0.1%。必要时可采有抗硫酸盐水泥。不宜采用干缩性大的火山灰水泥和泌水性高的矿渣水泥。

② 水中硫酸盐含量不能大于0.1%，氯盐含量不能大于0.5%。水中不能含有糖分或悬浮的有机质。

③ 水灰比与配合比：水灰比0.38~0.45，浆体强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

④ 为改善浆体在施工中和硬化后的性能，可根据实际情况的需要加入适量的外加剂，如早强

剂、缓凝剂、膨胀剂、抗泌剂、减水剂等，但外加剂中氯离子含量不得大于水泥重量的0.02%。

4.3.2 水泥浆拌制

① 水泥纯浆必须按重量比进行配制；

② 浆液应搅拌均匀，应避免用人工搅拌；

③ 灰浆搅拌后应存放于特别的容器内，并使其缓慢拌动。

4.3.3 注浆工艺

水泥浆用泵（如3SNS砂浆泵）注入锚孔里。搅拌采用灰浆搅拌机进行，浆液应搅拌均匀，随搅随用，并在初凝前用完。泵的操作压力范围是0.1~12.0MPa。在全段锚孔里，浆体通过内径为20~30mm的注浆管。

注浆采用一次连续从孔底往孔口返浆技术，直至出现浓浆时为止，浆体强度应达到设计规定的标准。注浆过程中如实做好有关记录，按要求做好试块。

4.4 钢筋混凝土锚墩、框架梁的制作

(1) 锚墩、框架梁的钢筋和水泥标号必须按照设计要求，其浇筑尺寸不得与设计值偏差过大（5~10cm），其强度必须达到70%以上方可使用。

(2) 钢垫板的制作：制作钢垫板所用的材料为普通钢板，必须严格按照设计要求其尺寸误差为： $\pm 1\text{cm} \sim 2\text{cm}$ 。如图4。

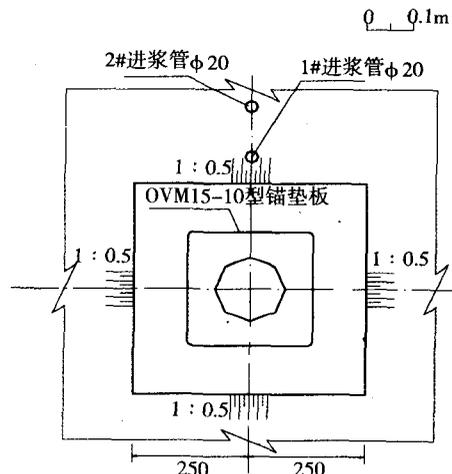


图4 混凝土垫座立视图

(3) 锚墩、框架梁要求下卧持力层地基承载力0.3MPa以上，如遇到锚墩、框架梁持力层地质条件不好，不能达到承载力要求的可以采用回填浆砌片石或人工夯实进行处理。

(4) 如果锚索倾角与锚墩、框架梁配筋不能协调时,可以适当调整钢筋间距,或者将配筋截面由矩形改为平行四边形,或者绕顺路线的中心轴线旋转适当角度以适应锚索倾角。

(5) 锚具、垫板应与锚索体同轴安装,锚索体锁定后其偏差应不超过 $\pm 5^\circ$ 。锚垫板应与锚墩共同浇注,确保锚墩、框架梁与垫板接触面无任何空隙。在张拉完成以后应及时对钢垫板进行防腐处理。

4.5 预应力锚索的张拉

待锚孔注浆体的强度达到80%以上后,方可进行预应力张拉。正式张拉必须采用分级张拉的方式进行。各级张拉完成后的应稳压2分钟,如压力没有明显衰减现象,方可进行下一级张拉,不得进行连续张拉。各部位张拉时应紧密接触,索体完全平直,然后再张拉至设计规定值,误差不得超过 $\pm 0.1\text{kN}$,并持压10~15分钟,如压力没有明显衰减现象,方可进行锁定。张拉时,加载速率要平缓,速率应控制在设计预应力值的0.1/分钟左右,卸荷速率应控制在设计预应力值的0.2/分钟。张拉注意事项:

① 锚索在张拉前必须把承压支撑物件的面整平,将垫墩、锚墩、锚具安装好,并和锚索轴线方向垂直,安装千斤顶时注意千斤顶轴线应与锚索轴线在一条直线上,而且不可压弯锚头部分。

② 安装前应对千斤顶和电动油泵进行标定,按标定的数据进行张拉,在张拉时,事前检查油泵各阀门的工作情况、油管的畅通情况,以免在张拉时油泵工作不正常而造成张拉失败。

③ 锚索张拉应按一定的程序进行,锚索张拉顺序应考虑邻近锚索的相互影响。在现浇混凝土框架梁锚索工程中,应分级对互相联系的框架梁锚索进行张拉,不得对单一锚索一次张拉到位,避免框架梁在张拉时变形对其它框架梁的不利影响。

④ 锚索张拉荷载要分段逐步施加,并作好加荷和观测变形记录,严禁一次加至锁定荷载。

4.6 预应力锚索封锚

钢绞线张拉完成后,按钢绞线外露出锚板3~5cm切除多余钢绞线,按图纸要求进行封锚。如图5。

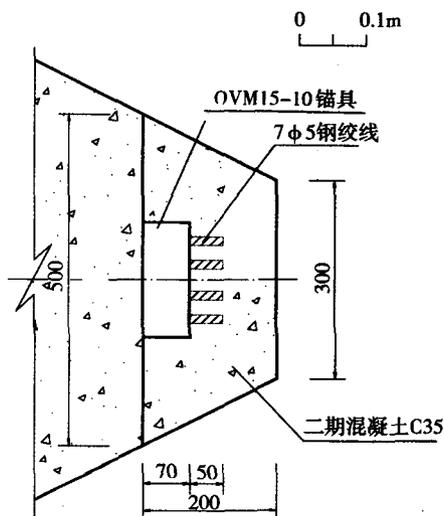


图5 锚索外锚头保护大样

5 总结

(1) 预应力锚索在施工前应进行现场试验,了解和熟悉现场的底地层条件对后续的施工有很好的指导意义。

(2) 根据不同的地层合理的选择锚索结构,提高锚固效果和控制施工成本。

(3) 采用合理的施工工艺,在施工中不断地改进和完善。比如在江平河边坡支护中采用高风压冲击器及钻头代替低风压冲击器钻头,成孔速度比原来快了两倍。提高了效率,节约了成本。

(4) 钻机操作手必须由有丰富钻孔经验的人员当任,特别是复杂地层需跟管深的尤为重要,生手很容易卡钻,别钻。冲击器、钻头很容易脱落而取不出。

6 结束语

随着锚固技术的不断完善和发展,预应力锚索的应用越来越普遍,不同的锚索类型不断地发展和完善,在不同的岩层中应选用合适的锚索结构,拉力型锚索在江平河水电站边坡支护工程中的应用,既节约了成本又起到了理想的锚固效果。

参考文献

- [1] DL/T 5083-2004 《水利水电工程预应力锚索施工规范》[S]. 北京:中国电力出版社
- [2] 董金玉等. 龙滩水电站工程高边坡处理中预应力锚索设计[J]. 预应力技术, 2008.2
- [3] 刘玉堂等. 锚索的选择和应用[J]. 预应力技术, 2007
- [4] 高大水. 岩土预应力锚索腐蚀与防腐[J]. 岩土锚固, 2003