

提升高寒、高海拔地区边坡绿化效果施工技术研究

许泽¹, 董甜²

(1. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066; 2. 中国水利水电第十二工程局有限公司, 浙江 杭州 310004)

摘要: 两河口水电站位于高寒高海拔地区, 在自然条件下, 施工开采后的边坡不利于植物生长, 绿化植物的种子成活率和绿化覆盖率低, 绿化效果不理想。阐述了对提升高寒高海拔地区边坡绿化效果施工技术进行的研究, 通过采取切实有效的措施, 显著提高了边坡绿化植物的种子成活率和绿化覆盖率, 所取得的经验可为类似工程绿化施工提供借鉴。

关键词: 两河口水电站; 高寒; 高海拔; 边坡; 绿化; 施工技术

中图分类号: TV7; TV512; Q949; Q949.9

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)03-0067-05

Construction Technology for Improving Slope Greening Effect in Extremely Cold and High-altitude Areas

XU Ze¹, DONG Tian²

(1. Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066;

2. Sinohydro Bureau 12 Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310004)

Abstract: Lianghekou Hydropower Station is located in an extremely cold and high-altitude area. Under natural conditions, the slope after construction and excavation is not conducive to plant growth, the seed survival rate and green coverage rate of green plants are low, and the greening effect is not ideal. This paper introduces the research on the construction technology of excavated slope greening in extremely cold and high-altitude area. By taking effective measures, the seed survival rate and green coverage rate of slope green plants have been significantly improved. It can provide reference for the greening work of similar projects.

Key words: Lianghekou Hydropower Station; extremely cold; high altitude; slope; greening; construction technology

1 概述

两河口水电站位于四川省甘孜州雅江县境内的雅砻江干流上, 为雅砻江中下游梯级电站的控制性水库电站。采用砾石土心墙堆石坝, 最大坝高达 295 m, 位居世界同类坝型前列。电站的开发任务以发电为主, 兼顾防洪。水库正常蓄水位高程为 2 865 m, 水库总库容为 107.7 亿 m³, 调节库容为 65.6 亿 m³, 具有多年调节能力。电站装机容量为 3 000 MW, 多年平均发电量为 110.6 亿 kW·h。根据工程的规模、效益及重要性, 两河口水电站属 I 等大(1)型工程。

两河口水电站坝体土石料总填筑量约为 4 300 万 m³, 土石料场的开采呈现出点多面广、战线长的特点, 料场开采后的后缘坡均需进行水土保持绿化治理。该工程先后于 2018 年、2019 年采用常规方法对料场已开采区域进行临时绿化治理,

而其边坡绿化率仅为 30% 左右, 绿化效果不理想。鉴于提高边坡绿化效果直接关系到该工程能否通过环保验收和生态环境恢复、水土保持流失防治相结合, 工程技术人员对提升高寒高海拔地区边坡绿化效果施工技术进行了深入的研究。

2 现状调查与分析

2.1 极端气候环境工况

该工程各土料场分布高程范围为 2 680~2 950 m, 属川西高原气候区, 极端气候环境较为严重。根据对两河口专用气象站实测资料进行统计得知: 其多年平均降水量为 746.1 mm, 雨季(5~10 月)降水量为 694.2 mm, 占全年的 93%, 最大一日降水量为 45 mm。多年平均相对湿度为 55%, 最小为 0%。多年平均气温为 10.9℃, 极端最高气温为 35.9℃, 极端最低气温为 -15.9℃。雅江县多年平均蒸发量为 1 919.3 mm(20 cm 口径蒸发皿), 最大月蒸发量为 260.2 mm。

收稿日期: 2023-03-18

2.2 表层土壤水分含量低、蒸发量大

研究对各土料场表层 30 cm 的土壤进行了取样检测试验,测得土壤含水率最低值为 4.1%,最大值为 6.9%,平均值为 5.6%,表明土壤水分含量低。

根据对上一年 4 月份降雨后连续 5 d 上午(9:00)、下午(15:00)土料场终采面表层 30 cm 的土壤取样含水率检测试验数据进行分析得知:该地区长时间降雨后其表层土壤含水率可以达到 82.3%,但在降雨后 24 h 其含水率会迅速下降到 24.8%,48 h 后下降至 14.3%,且在其后续时间中还会持续降低,表层土壤水分蒸发严重。表层土壤含水率变化曲线见图 1。

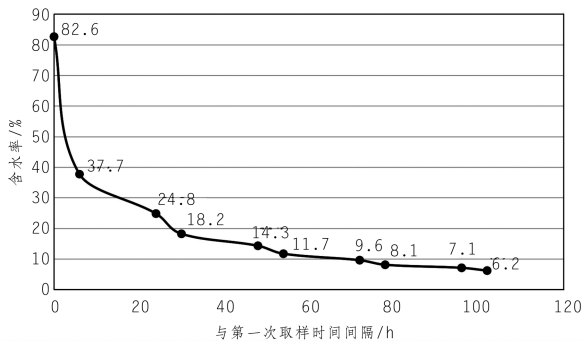


图 1 表层土壤含水率变化曲线图

表 1 土料场终采面表层土壤检测、调研情况一览表

项目	全氮 /g·kg ⁻¹	全磷 /g·kg ⁻¹	全钾 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	平均 含水 率/%	有机 质含 量/%	易溶 盐含 量/%	pH	P5 含 量均 值/%	腐殖 质含 量	微生 物数 量	团聚 体
数值	0.19	0.08	1.88	13	1.5	11.5	5.6	0.15 ~ 0.37	0.06 ~ 0.08	6.2 ~ 6.9	46.3	极低	很少	较多

该工程最终确定将亚中土料场作为绿化治理试验土料场。

鉴于该土料场开挖后形成的土质边坡稳定性较差,需要进行防护处理。项目部根据设计要求对边坡按照 1:1.75 的坡比进行了削坡处理,每 10 m 形成一级马道,马道宽 2 m。削坡完成后分别在坡顶、各级马道内侧和坡脚各设置了一道横向排水沟,该排水沟以满足土料场区域出现最大降雨量时的最大排水量为准,排水沟与原有排水设施相连组成排水系统,共同将雨水排出料场以防止雨水汇集成流对边坡形成直接冲刷,进而增强边坡的稳定性。

3.2 边坡土质的改良

因土料场开挖后边坡土壤相对贫瘠,需要进

2.3 表层土壤贫瘠

该工程土料场的土料主要为冲洪积、坡积土料,成土母岩为变质砂板岩,矿物成分以蒙脱石为主,含伊利石,有机质含量为 0.15%~0.37%,易溶盐含量为 0.06%~0.08%,土壤的 pH 值平均为 6.2~6.9。根据全国土壤养分含量分级标准,该土料场土壤养分等级为 6 级,土壤肥力极低。加之开挖前对表层无用料(耕植土)进行了剥离转存,其终采面为较深层土壤,腐殖质含量和微生物分布相对较少。经现场调研发现:终采面的土壤为土黄色,几乎不含黑褐色腐殖质及动植物残体。对终采面表层土壤进行的抽检结果表明:P5 含量平均值为 46.3%,且粒径大于 2 cm 的土壤团聚体较多,土壤相对贫瘠。土料场终采面表层土壤检测、调研情况一览表见表 1。

2.4 雨季雨水对边坡冲刷严重

两河口水电站每年 5~10 月为雨季,期间降雨频繁、降雨量较大,雨水易形成汇流对边坡造成冲刷。经现场勘察得知:局部边坡的表层土因雨水冲刷形成的细小沟壑较多,冲刷明显且沟壑区域植物生长量很少。

3 边坡绿化施工技术的研究

3.1 边坡的防护

行处理以提升土壤肥力。改良土壤性质主要以采用覆盖含腐殖质的耕植土方式为主,其耕植土的来源为原土料场开挖前剥离转存的表层无用料(耕植土)。边坡覆土由自卸车运输至坡顶平台,铺土前在底部铺盖一层保水层材料,然后采用反铲从平台处沿坡面往下甩土,采用人工沿坡面摊铺整平的方式将平均覆土厚度控制在 30~40 cm。摊铺整平过程中,及时对较大的土壤团聚体进行打碎,对较大的石块杂物等进行清除以控制覆土内任何方向上粒径大于 2 cm 的杂物石块少于 5%。摊铺整平后,采用人工对边坡绿化区域均匀施加有机肥与保水剂,进而进一步改良和增强土壤肥力。

边坡土壤改良处理完成后对土壤再次进行

了检测、调研,得知土壤肥力明显得到改善,土壤养分等级提升至 4 级,土壤肥力较好。改

良处理后表层土壤检测、调研情况一览表见表 2。

表 2 改良处理后表层土壤检测、调研情况一览表

项目	全氮 /g·kg ⁻¹	全磷 /g·kg ⁻¹	全钾 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	平均 含水 率/%	有机 质含 量/%	易溶 盐含 量/%	pH	P5 含 量均 值/%	腐殖 质含 量	微生 物数 量	团聚 体/%
数值	0.87	0.51	13.11	13	7.5	64.5	15.02	1.21 ~ 2.13	0.06 ~ 0.08	6.2 ~ 6.8	34.31	较多	较多	<5

3.3 种子的挑选与处理

根据该工程地理和气候环境特征,从经济性、合理性、施工便利性等方面进行综合考虑后,对边坡采用播撒种子的方式进行绿化治理。按照不同植物的生长特性和环境适应性,挑选适宜此地生长环境、生长能力较强的高羊茅、多花木兰、刺槐、胡枝子、曼陀罗等植物。所挑选的种子均为厂家出厂质量检验净度大于 90%和芽率大于 80%的

合格种子,所选种子相关信息一览表见表 3。根据两河口工程前期生态恢复经验,结合设计文件以及土料场以往绿化施工经验,最终选用高羊茅、多花木兰、刺槐、胡枝子、曼陀罗种子分别进行组合。播种前按照不同种子的种植方法说明用水对种子进行浸种,让种子吸收足够的水分,以便更有利于种子萌发;同时,对浸泡后漂浮的干瘪、空壳等不能萌发的劣质种子进行清除。

表 3 所选种子相关信息一览表

项目	种子类型				
	高羊茅	多花木兰	刺槐	胡枝子	曼陀罗
净度/%	90	91	95	92	91
芽率/%	84	80	80	80	83
千粒重/g	9	7.03	22.2	9.8	24.3
浸种水温/℃	40	30	70	60	60
浸种时间	24 h	12 h	48 h	24 h	15 min

3.4 种子的播撒与种植

该工程土料场的绿化是以生态环境恢复和水土防治为目的,主要采取草、木相结合的方式,其既能护表土,又能固深土。考虑到土工格室种植主要适用于草本植物种植,且其成本投入较高、施工相对繁琐、大范围使用工期相对较长,同时因土料场削坡后边坡坡度较缓且坡顶坡脚均设置了排水沟,在综合考虑后最终决定采用边坡直接播撒种子的方式。为了尽量减少试验对比的条件误差,在同一区域选取了 4 个 10 m×10 m 的相邻试验区 A、B、C、D。

经查阅,高羊茅种子在 12℃~28℃温度条件下均能萌芽,且其发芽的最适宜温度为 20℃^[1]。曼陀罗种子在 13℃~29℃温度条件下均能萌芽,且其最适宜的萌发温度为 20℃~27℃^[2]。胡枝子种子在 13℃~29℃温度条件下均能萌芽,最适宜的萌发温度为 15℃~25℃^[3]。刺槐种子在 11℃~26℃温度条件下均能萌芽,最适宜的萌发温度为 20℃^[4]。多花木兰种子在 7℃~26℃温度

条件下均能萌芽,最适宜的萌发温度为 20℃~24℃。根据两河口工区的气候特征,大约在 3 月下旬天气回暖,不再出现 0℃及以下温度,平均气温在 20℃左右,4 月上旬开始偶有小雨,故该工程选择在 3 月底、4 月初播撒种子。因边坡覆土刚刚完成,无需再进行土壤翻松,可以直接进行种子播撒。所播撒的种子均为经处理后的种子,在试验区内按照相应的组合进行播撒。种子播撒完成后及时施肥,施肥量按 20 g/m² 左右控制并采用人工对播种的种子进行盖土,按照植物种子的种植技术要求,平均盖土厚度为 2~3 cm。

试验区种子播种情况见表 4。

3.5 覆盖草帘

为防止直接暴晒造成表层土壤温度过高,降低表层土壤水分的蒸发,增强土壤的保湿能力,同时为防止降雨在边坡汇流对土壤形成的直接冲刷,该工程采用草帘对边坡绿化种植试验区域进行了覆盖。草帘在完成种子播撒并盖土后由人工从上往下进行设置,相邻两幅草帘之间的搭接宽

表4 试验区种子播种情况一览表

试验区	组合类型			重量掺配比	平均有效种子量 /g · m ⁻²	平均有效种子量 /粒 · m ⁻²	
A	组一	高羊茅	多花木兰	刺槐	2 000 : 7 : 12	20;0.07;0.12	1 680;8;5
B	组二	高羊茅	胡枝子	刺槐	2 000 : 9 : 12	20;0.09;0.12	1 680;7;5
C	组三	曼陀罗	多花木兰	刺槐	24 : 7 : 12	0.24;0.07;0.12	8;8;5
D	组四	曼陀罗	胡枝子	刺槐	8 : 3 : 4	0.24;0.09;0.12	8;7;5

度为 20 cm,并由人工每间隔 5 m 钉入一根 L 型 Φ12 mm 插筋(L=1 m,入岩 0.5 m,外露 0.2 m,弯曲 0.3 m)进行固定。相邻插筋之间采用铁丝连接,对草帘进一步进行固定。草帘覆盖完成后洒水养护,绿化养护用水采用水管从就近供水点引接的方式。在其后期加强日常管理,定期进行洒水,对破损草帘及时进行补盖。

覆盖草帘后连续 5 d 的早上(8:00~8:10)、中午(13:30~13:40)、晚上(19:50~20:00)分别对土壤的表面温度进行测量后得知:太阳照射期间土表温度较未覆盖草帘前显著降低,早晚土表温度高于未覆盖草帘前,昼夜温差明显减小。覆盖草帘后抽检土表温度的情况见表 5。

覆盖草帘后连续 5 d,每天在两个相同抽检点

表5 覆盖草帘后抽检土表温度情况一览表

项目	第一天			第二天			第三天			第四天			第五天		
	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚
覆盖点平均温度 /℃	6.9	22.2	16.1	8.2	29.8	17.0	9.0	29.4	15.4	6.5	26.3	13.2	6.8	29.0	15.2
未覆盖点平均温度 /℃	5.0	24.8	14.9	7.0	33.2	15.9	7.9	32.0	13.9	5.6	29.0	11.3	5.4	31.7	13.9
平均温差 /℃	1.9	-2.6	1.2	1.2	-3.4	1.1	1.1	-2.6	1.5	0.9	-2.7	1.9	1.4	-2.7	1.3

取表层土样 2 次进行含水率检测,第一次取样为洒水养护结束后 30 min 时,第二次取样为洒水养护结束后 24 h 时且在下一洒水养护前。经检测得知:土壤平均含水率保持在 15.01%~19.62%,24 h 内的含水率最大降低 5.36%,平均下降 4.44%。在对土壤进行改良处理和覆盖草帘后,与未采取措施前相对比,土壤含水率明显提高,土壤水分蒸发程度显著降低。

3.6 设置围挡

为防止当地牲畜进入绿化区域造成破坏,该工程对现场绿化区域设置了防护围栏网,围栏网高 1.2 m。围栏采用 10 cm×10 cm 的铁丝网,每间隔 2.5 m 设置一根 Φ28 mm 插筋,插筋长 1.8 m(入地面 0.5 m,外露 1.3 m)。

3.7 养护

定期对播撒种子的绿化区域进行追肥及洒水养护。因尿素是由碳、氢、氧、氮组成的有机化合物,为中性速效肥,是含氮量最高的氮肥;对土壤破坏小,对土壤的理化性质和生物活性改善效果不明显;尿素(氮肥)能促进细胞的分裂和生长,使枝叶长得繁茂^[5],宜做基肥和追肥,故追肥以尿素为主,间隔 2 个月追肥一次,追肥量以 20 g/m² 左

右为宜。洒水以表层土壤浸透且不形成细小水流为宜。安排专人对进入绿化区域的牲畜进行驱赶并定期检查草帘有无破损或被风吹开,及时进行补盖。

4 效果检验

该工程于 2020 年 7 月底对亚中土料场边坡绿化效果进行了验收检查:试验区绿化覆盖率均在 90%以上,其中试验区 A 的平均绿化覆盖率为 91.7%;试验区 B 的平均绿化覆盖率为 93.5%;试验区 C 的平均绿化覆盖率为 90.2%;试验区 D 的平均绿化覆盖率为 91%。对试验区种子成活率亦进行了抽检:高羊茅种子为 82.3%,多花木兰种子为 53.6%,刺槐种子为 87.4%,胡枝子种子为 80.4%,曼陀罗种子为 78.2%。2020 年 10 月底,对绿化植物根系进行了调查,其结果为:高羊茅根系密集,深度为 9~16 cm,多花木兰根系较发达,深度为 28~44 cm,刺槐根系发达,深度为 53~75 cm,胡枝子根系较发达,深度为 31~47 cm,曼陀罗根系较发达,深度为 32~48 cm,均满足生产建设项目水土流失防治要求^[6]。2020 年 11 月中旬,项目部对试验区绿化植物存活情况进行了检查,其结果表明:高羊茅枯黄、未完全死亡;

多花木兰掉叶、未死亡;刺槐掉叶、未死亡;胡枝子掉叶、未死亡;曼陀罗干枯、已死亡。边坡绿化试

验区域抽检种子成活率调查统计情况见表 6。土料场边坡绿化区的实际情况见图 2。

表 6 边坡绿化试验区抽检种子成活率调查统计表

检查区域	检查对象	抽检面积 /m ²	抽检区发芽株数 /株				平均发芽株数 /株	平均应发芽株数 /株	平均成活率 /%
			区 1	区 2	区 3	区 4			
试验区 ABCD	高羊茅	0.25	693	680	698	693	691	840	82.3
	多花木兰	4	34	33	37	33	34.3	64	53.6
	刺槐	4	73	66	63	77	69.8	80	87.3
	胡枝子	4	47	43	45	45	45	56	80.4
	曼陀罗	1	13	12	14	11	12.5	16	78.1



图 2 土料场边坡绿化区实景

5 结 语

通过对亚中土料场土壤条件、环境等各种因素进行分析后采取合理的方法对边坡进行了处理,最终选用适宜的草种、种植方法、防护措施进行绿化施工,有效地提高了边坡绿化种子的成活率和绿化覆盖面积。其中高羊茅、刺槐、胡枝子种子的成活率均在 80% 以上,成活率高。通过对绿化植物根系调查得知:高羊茅根系较浅且分布密集,能够保护表土;胡枝子、刺槐根系较深且发达,能够加固深层土壤,水土防治能力较好,水土保持、固土防流失效效果较为显著;曼陀罗种子成活率较高,但其植株叶片宽大,大面积生长会遮蔽阳光而影响到其他低矮草本植物的生长,且其生长期

较短,进入冬季后即会死亡,故该工程最终选用高羊茅、刺槐、胡枝子种子组合的方式进行边坡绿化治理取得的效果更佳。

该工程其它土料场、弃渣场后续多次采用高羊茅、刺槐、胡枝子种子组合形式,参照以上方法进行边坡绿化治理施工,种子的成活率和边坡绿化覆盖率高,绿化效果显著提高,均达到了生产建设项目水土流失防治要求^[6]。由此可见,该工程所采取的各项绿化治理施工措施可行有效。

参考文献:

- [1] 朱旺生,常秀,陈双敏.几种化学物质和温度处理对高羊茅种子发芽的影响[J].种子,2005,24(12):12-15.
- [2] 王金淑.环境因素对曼陀罗种子萌发特性的影响[J].北方园艺,2012,36(4):72-74.
- [3] 柏明娥,朱汤军,洪利兴.美丽胡枝子种子发芽特性研究[J].种子,2008,27(11):69-71.
- [4] 王慧慧,王普超,赵刚,等.温度和 PEG 胁迫对刺槐种子萌发的影响[J].种子,2014,33(6):1-4,9.
- [5] 张明森,等.精细有机化工中间体全书[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [6] 生产建设项目水土流失防治标准,GB/T5043-2018[S].

作者简介:

许 泽(1993-),男,重庆酉阳人,助理工程师,学士,从事水电工程安全环保技术与管理工;

董 甜(1995-),女,重庆梁平人,助理经济师,学士,从事水电工程人力资源管理工。

(责任编辑:李燕辉)

龙溪口航电枢纽工程左岸 13 孔泄洪闸全部浇筑到顶

2023 年 3 月 16 日,由水电五局承建的龙溪口航电枢纽工程左岸 13 孔泄洪闸全部浇筑到顶。龙溪口航电枢纽左岸 13 孔泄洪闸于 2022 年 11 月 24 日开始进行首仓混凝土浇筑,历时 112 天从底板高程浇筑到顶,累计浇筑混凝土 68707 立方米。施工期间,项目部克服新冠疫情、土建金结交叉作业较多、地质条件不良等客观不利因素影响,超前规划施工方案,精心组织资源设备,周密部署施工工期,挂图作战、倒排工期,确保工程顺利完成了既定节点目标。

(中水五局 供稿)