

高寒高海拔地区水电站施工扰动区生态修复技术及植物物种选择

应 丰, 李 健, 王 静, 林靛靛

(中国电建集团 华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310014)

[关键词] 水电站; 施工扰动区; 生态修复; 植物物种选择; 高寒高海拔地区; 西藏

[摘要] 以西藏雅鲁藏布江中游某在建水电站为例, 通过对水电站各施工扰动区的施工特点、扰动情况及其立地条件的分析, 进行扰动破坏面及其问题的归类梳理, 结合项目区环境特点和国内外水电站工程施工扰动区生态修复技术, 对岩质边坡、土(石)质边坡、弃土弃渣堆垫面、施工硬化地表和一般扰动面, 分类提出了相应的生态修复措施和植物配置方式, 并通过对项目区植被类型、物种的调查、研究, 筛选出了可能适宜各施工扰动区的植物物种。最后结合项目特点探讨了高寒高海拔地区水电站施工扰动区植被生态修复的研究思路。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2018)01-0036-04

随着国家对清洁、可再生能源的日益重视, 以及能源利用结构调整的持续深入, 水电开发建设一直在稳步推进。目前, 西藏雅鲁藏布江水电开发已初步启动, 但因位于高寒高海拔区域、空气稀薄、大气干燥、太阳辐射强烈、风力强劲、无(少)雨期较长、土壤贫瘠、生态脆弱等地域、气候的特殊性, 故其施工扰动区植被破坏后存在采用传统恢复技术难以恢复等难题。因此, 适用于该地区可行的水电站施工扰动区生态修复技术, 尤其是植物物种配置成为研究的热点和难点。

基于以上原因, 高寒高海拔地区水电站施工扰动区生态修复技术及其植被恢复与重建特别重要、意义重大^[1]。在高寒高海拔地区, 传统的植被生态修复技术大多具有短期效果好但长期效果差、成本高等不足, 为此, 本研究结合西藏雅鲁藏布江中游某水电站各类施工扰动区特点, 分类提出生态修复措施, 并按适地适树(草)、优先选择乡土物种的原则, 选出相应的植物物种, 旨在为后续水电站施工扰动区生态修复及深化研究提供参考。

1 项目概况及施工扰动特点

1.1 项目概况

位于西藏雅鲁藏布江中游的某水电站工程, 装机容量 600 MW, 等级为二等, 规模为大(二)型工程, 电站枢纽采用混凝土重力坝+右岸坝后式厂房布置格局。电站由枢纽建筑工程、施工辅助工程、水库淹没区和移民安置区等四部分组成。

项目区位于青藏高原中南部, 属高山峡谷地貌, 局部发育裂谷盆地。坝址两岸山体雄厚, 河谷狭窄, 呈 V

形, 两岸冲沟较发育, 阶地不发育。项目区属于高原温带季风半湿润气候区, 海拔 3 200~4 300 m, 多年平均气温 5.3 ℃, 极端最低气温为 -23 ℃, 具有高寒高海拔等特点。多年平均相对湿度为 51%, 多年平均降水量 527.4 mm, 多年平均地面蒸发量为 2 084.1 mm, 历年最大日降水量为 51.3 mm, 降水年内不均, 每年 11 月至次年 4 月为旱季, 降雨少且多风, 5—10 月为雨季, 降水量占全年降水量的 70% 以上。年日照时数 2 770 h, 无霜期 125~153 d, 多年平均风速为 1.6 m/s, 历年最大风速为 13.8 m/s。项目区历年最大冻土深度为 59.0 cm。

1.2 工程施工扰动区特点

工程施工扰动区主要包括枢纽区、交通设施区、弃渣场、表土堆存场、取料场、施工生产生活区、移民安置区和水库淹没区等。

枢纽工程主要涉及大坝开挖、地下厂房开挖, 一般会形成大量的高陡岩质或喷混边坡和大量弃渣。枢纽工程区开挖形成的边坡海拔在 3 500 m 以上, 岩性为喜山期黑云母花岗闪长岩。

交通设施区主要包括场内外永久道路和临时道路, 施工主要包括路基开挖回填, 多形成道路上下边坡、裸露面和弃渣。交通设施的海拔多在 3 400~3 600 m, 部分路段涉及冰堆积体等不良地质情况。

弃渣场和表土堆存场, 主要堆存弃土弃渣、表土, 多为松散体, 遇水易产生水土流失, 影响周边环境。由于高山峡谷地区堆渣(土)场地选择有限, 弃渣场和表土堆存场布设在坝址上下游雅鲁藏布江两岸缓坡地或荒沟、支沟中。

取料场, 主要包括取土场、采石场, 开采形成了开

挖平台和边坡、大量裸露面,海拔在 3 500~3 600 m,岩体中局部夹黑云母角闪石英闪长岩条带状岩脉。

施工生产生活区,包括施工场地和营地,主要进行场地堆填、碾压利用、表层硬化,形成硬化地表、开挖边坡等,多在雅鲁藏布江河谷两岸平台或缓坡地布设,场地大多由小型滑坡体堆积而成,局部为冰堆积体挖除后堆填形成。

移民安置区,包括农村安置点、集镇安置、专线设施复建改建等。施工扰动形成大的挖填场地、边坡等。

水库淹没区,主要施工扰动影响包括库区清理、水库消落影响等,形成水库消落带、库区裸地等,海拔为 3 200~3 400 m,局部区域为潜在的地质灾害消除过程中形成的岩质、土质边坡。

2 项目区植被调查、评价

根据以上施工扰动区特点,需进行整治、生态修复。而在此之前,需进行项目区植被调查、评价,以选择适宜的物种进行配置,尽量做到适地适树(草)。

植被调查范围:工程施工占地区及邻近区域。工程施工占地区主要包括坝址区、厂房区、施工场地、渣场区等,以及电站水库库尾至坝址区间河道两岸水库正常蓄水位淹没线以下至河流现状水面线的区域。

调查内容及方法、评价:植被调查内容主要包括植被类型、植物区系、分布规律(水平与垂直)、覆盖度和演替规律等。主要通过现状调查法(GPS 地面类型取样、群落调查、植物调查等),采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的空间信息技术^[2],以卫星影像和 1:50 000 的地形图为基础数据进行地面类型的遥感解译。编制项目区植被图和土地利用类型图,并进行相关的评价。

依据《中国植被》和《西藏植被》等分类系统,遵循“外貌—生态学法”的植被分类原则进行分类。项目区为高原温带季风半湿润气候区,水热是制约森林植被分布的主导因子。河谷下部 3 500 m 以下多干温性灌丛,优势种多落叶,且有耐寒耐旱特征。项目区 3 200~3 700 m 高程之间的植物物种主要为干温性灌丛、落叶阔叶林、寒温性灌草等,3 800 m 高程以上主要

为高寒草甸。主要植物物种或群落包括高山松林、藏青杨、高山栎、水曲柳、杜鹃灌丛、砂生槐、固沙草、野丁香、毛莲蒿、皱叶香茶菜灌丛、胡枝子灌丛等。通过调查、评价,基本摸清了当地植物种的分布、生物学习性等规律,为施工扰动区的植物配置提供了依据。

3 施工扰动区立地条件及归类特点

将雅鲁藏布江水电站工程各施工扰动区按立地条件进行归类,可分为岩质边坡、土(石)质边坡、弃土弃渣堆垫面、施工硬化地表和一般施工占压及扰动面等。

岩质边坡主要涉及枢纽工程区、石料场等开挖或开采坡面。一般坡比为 1:0.3~1:1.0,局部陡于 1:0.3,海拔多在 3 300~3 600 m。该扰动面基质条件为岩质,水文循环完全改变,基本无水分留蓄能力,自我恢复能力差。

土质边坡或土石混合边坡主要涉及部分施工场地及道路挖填边坡等,主要坡比为 1:1.5~1:4.0,海拔多在 3 200~3 400 m,基质条件为土质或土石混合,水文循环发生较大改变,原土壤表层丧失,具一定自我恢复能力。

弃土弃渣堆垫面,主要涉及弃渣顶面、堆渣坡面,一般顶部平台平缓,堆渣坡面坡比 1:1.5~1:2.0,堆渣高程为 3 400~3 600 m,布设于岸边缓坡地或荒沟、支沟。基质条件为土石混合,土石比 1:1,原有场地的水文条件基本破坏,自我恢复能力差。

施工硬化地表,主要涉及部分施工场地、营地等,主要在道路一侧、沿河相对平坦的缓坡地布设,场地相对平坦,海拔为 3 200~3 400 m,场地地表被硬化,其水文条件完全被破坏,无水分滞蓄能力,也无自我恢复能力。

一般施工占压及扰动面,主要涉及施工便道、部分施工场地(多为机械停放场、材料堆放场)和移民安置区部分占压设施占地区等,场地相对平缓,海拔为 3 200~3 400 m,场地地表为土质,少量占压扰动,基本不破坏原有的水文条件,具有较强的自我恢复能力。

各类施工扰动面立地条件见表 1。

表 1 各类施工扰动面立地条件

序号	扰动区类别	涉及工程区域	坡比	海拔(m)	基质条件
1	岩质边坡	枢纽工程区、石料场等开挖坡面	1:0.3~1:1,局部陡于 1:0.3	3 300~3 600	岩质
2	土质边坡或土石混合边坡	部分施工场地及道路挖填边坡等	1:1.5~1:4	3 200~3 400	土质或土石混合
3	弃土弃渣堆垫面	弃渣场(顶面及坡面)	坡面(1:1.5~1:2)+平台	3 400~3 600	土石混合,土石比 1:1
4	施工硬化地表	部分施工场地、营地等	场地相对平缓	3 200~3 400	土质,地表已硬化
5	一般施工占压及扰动面	施工便道、部分施工场地、移民安置区施工占压区域	场地相对平缓	3 200~3 400	土质,有占压

综上,工程各施工扰动区主要特点为:原有地貌和水文特点被改变,原有植被和土壤基质完全或局部被破坏,植被与生物多样性完全或局部丧失,土壤基质局部丧失,水文循环完全或局部改变,丧失或基本丧失自我恢复能力。这些导致坡地稳定性下降,植被和景观整体性破坏,水土流失加剧,可能产生水力、风力及冻融侵蚀,乃至局部的滑坡等重力侵蚀等。

4 施工扰动区生态修复措施、植物物种配置初探

根据各施工扰动面的扰动特点、立地条件,进行相应的生态修复技术研究,并配置相应的植物类型和物种。根据周边类似工程案例,在保证边坡稳定安全基础上,结合目前国内外生态修复技术研究成果,对雅鲁藏布江中游高寒高海拔地区水电站各施工扰动区初拟的生态修复技术和植物配置如下。

岩质边坡,边坡立地条件较差,对于坡比 1 : 0.5 ~ 1 : 1.0 的陡边坡,因其本身坡面无土壤,基本无保土保水条件,加之区域高寒高海拔、干旱少雨等独特的自然条件,故采用传统的客土植生、液力喷播、三维网护坡等技术均不适宜,因此初拟采用新型 JYC 生态基材护坡技术^[3]。该技术是针对高寒高海拔地区的气候特征和生态环境,使用混凝土喷射机将 JYC 生态基材和植被种子的混合物,按设计厚度均匀喷射至岩质陡边坡的一种绿色防护技术,生态基材中配置适应区域气候特点的保水保土、耐寒抗旱的特种基材。对于边坡陡于 1 : 0.5,局部边坡过陡甚至倒坡区域,采用在边坡坡脚或马道内侧设置种植槽的方式予以绿化。高陡边坡植物物种配置以当地适生草本为主,辅以少量灌木种。植物物种主要选择砂生槐、固沙草、丛生禾草、短花针毛、蒿草、莎草等。

土质边坡或土石混合边坡,坡比 1 : 1.5 ~ 1 : 4,边坡立地条件相对较好,但因地域和气候条件特殊,对于土壤条件贫瘠、坡比陡于 1 : 2 的边坡区域,考虑采用

生态袋技术护坡。生态袋技术是采用土工无纺布袋装填基质及种子后,利用排水联结扣堆叠至坡面,形成柔性支护种床,恢复坡面植被的一种技术。生态袋^[4]具有耐候性好、透水不透土、适宜植物生长等优点。对于局部视觉敏感区域,为加强或加速绿化效果,考虑采用液力喷播恢复植被。液力喷播技术适用于边坡坡比缓于 1 : 1 的土质或土石质区域,通过喷射含养分、保水抗旱抗寒剂的混合基质及植物种子,对工程边坡区域予以生态修复。对于其他坡比缓于 1 : 2 的一般土质、土石边坡,采用客土植生、植灌草方式恢复生态。植物配置以灌草为主,植物物种主要选择砂生槐、紫穗槐、云南沙棘、固沙草、蒿草、紫花苜蓿等。

弃土弃渣堆垫面,以土石混合为主,立地条件一般,考虑其场地的立地条件和气候等特殊情况,堆渣坡面若直接覆土绿化,坡面保土保水性能差,因此对堆渣坡面拟实施框格护坡后植灌草绿化。框格护坡可分散坡面径流,提高边坡的粗糙系数,降低坡面径流流速,减轻径流对坡面的冲刷程度,同时可提高框格内所覆表土的稳定性,利于边坡植物措施的实施。堆渣顶面栽植乔灌草绿化。植物种主要选择银白杨、深山柏、高山栎、砂生槐、固沙草、蒿草等。

施工硬化地表,立地条件差,首要工作为破碎硬化地表,改良土壤基层,进行土地整治,之后考虑覆土,栽植乔灌木绿化。植物物种主要选择藏青杨、沙棘、水曲柳、深山柏、杜鹃、高山栎、固沙草、蒿草等。

一般施工占压及扰动面,场地立地条件相对较好,简单进行场地整治后即可予以恢复,主要采用栽植乔灌草的方式予以直接绿化。植物物种主要选择藏青杨、沙棘、水曲柳、深山柏、杜鹃、高山栎、固沙草、蒿草等。

各类施工扰动区生态修复措施及植物配置^[5]初拟情况见表 2。

表 2 各类施工扰动区生态修复措施及植物配置情况

序号	扰动区类别	生态修复技术或措施	植物配置类型	可选择物种
1	岩质边坡	新型 JYC 生态基材护坡技术、种植槽	草本为主,少量灌木种、攀援物种	砂生槐、固沙草、丛生禾草、短花针茅、蒿草、莎草、三叶爬山虎等
2	土质边坡或土石混合边坡	液力喷播或生态袋技术、植灌草直接绿化	灌草为主	砂生槐、紫穗槐、云南沙棘、固沙草、蒿草、紫花苜蓿
3	弃土弃渣堆垫面	改善立地条件、框格植灌草护坡、平台植乔灌草直接绿化	顶面乔灌、坡面灌草	银白杨、深山柏、高山栎、砂生槐、固沙草、蒿草
4	施工硬化地表	破碎硬化地表、土地整治、直接绿化	乔灌草	藏青杨、沙棘、水曲柳、深山柏、杜鹃、高山栎、固沙草、蒿草
5	一般施工占压及扰动面	土地整治、直接绿化	乔灌草	藏青杨、沙棘、水曲柳、深山柏、杜鹃、高山栎、固沙草、蒿草

施工扰动区可选择的主要植物物种的生物学特性

详见表 3。

表3 主要植物种生物学特性

序号	中文名	拉丁名	种类	生物学特性
1	银白杨	<i>Populus alba</i>	乔木	高15~30 m,树冠宽阔;花期4~5月,果期5~6月;喜光,不耐阴;耐寒,~-40℃条件下无冻害;耐贫瘠的轻碱土,耐盐量在0.4%以下的土壤,但在黏重的土壤中生长不良;深根性,根系发达,固土能力强,根蘖强;抗风、抗病虫害能力强。我国新疆有野生天然林分布,西北及西藏等地广有栽植,寿命达90年以上
2	高山栎	<i>Quercus semecarpifolia</i> Smith	乔木	栎属,为常绿乔木,高达30 m;叶片椭圆形或长椭圆形;坚果近球形,无毛或近顶部微有毛。分布于西藏等地,生于海拔2 600~4 000 m的山坡
3	砂生槐	<i>Sophora mocroftiana</i>	灌木	落叶多枝灌木,树冠高不及50 cm;小枝密被柔毛,顶端硬刺状;花期5~6月。产于喜马拉雅山北侧和雅鲁藏布江中游一带、云南西南部,生于海拔3 000~4 200 m的河谷、阶地、沙丘、鹅卵石河床、干燥石壁上
4	云南沙棘	<i>Hippophae rhamnoides</i> Linn. subsp. <i>Yunnanensis</i> Rousi	小乔木或灌木	高1~5 m,在高山沟谷可达18 m;果期8~9月。产于四川宝兴、康定以南和云南西北部、西藏拉萨以东地区,常见于海拔2 200~3 700 m的干涸河谷沙地、石砾地
5	固沙草	<i>Orinus thoroldii</i>	多年生草本	适应于温暖较干旱的砂质土壤生境,为典型的喜暖旱生植物,多分布于热量充足的河谷沙质地及阳坡砾石地上。产于我国西藏,在克什米尔地区也有分布,生于高海拔(3 300~4 300 m)干燥沙地或沙丘及低矮山坡上,在西藏的大片沙丘上形成特殊植物群落,是良好的固沙植物
6	蒿草	<i>Kobresia myosuroides</i>	多年生草本	多年生草本,株高30 cm;根黑褐色须状,入土不深;秆细单生,圆柱状,直径1.5 mm左右,有钝棱,基部入土部分成黑褐色。产于甘肃、青海、新疆、四川、云南、西藏,生于海拔2 600~4 800 m的河漫滩、湿润草地、林下、沼泽草甸和灌丛草甸

5 专项课题研究思路

考虑到高寒高海拔地区生态脆弱,气候条件特殊,生态修复较为困难,加之水电站建设周期长,因此可根据施工扰动区的生态修复思路,进行高寒高海拔地区水电站工程施工扰动区植被生态修复课题研究。可按5种扰动面情况,配置相应的现场试验,主要研究内容包括扰动类型划分及植被恢复生态主导因子研究,植被恢复先锋物种、优势物种筛选,植被恢复乡土物种快繁技术研究,保水保肥技术研究等,现场试验包括边坡(岩质、土石质)植被恢复小区、弃渣场(弃土弃渣堆垫面)植被恢复试验小区、施工生产生活区(施工硬化地表、一般施工扰动面)植被恢复小区等。

课题初拟研究时间为3年,拟通过对工程建设区特有气候条件、植被特征及开发建设扰动区特征的研究,开发出技术可行、成本相对较低的水电站工程施工扰动破坏区植被恢复技术体系,探索区域社会经济与环境建设协调发展的途径,达到工程建设与生态环境的和谐统一,以有效节省工程投资,缓解高寒高海拔地区水电开发与生态环境保护之间的矛盾,实现经济建设与生态保护的协调统一。

6 结论

目前我国雅鲁藏布江的水电开发已逐步开展,如何在高寒高海拔地区水电站施工扰动区做好开发中的保护和恢复工作,是一个技术难题。

本研究通过对水电站各施工扰动区的施工特点、

扰动情况及其立地条件的分析,进行了扰动破坏面及其问题处理的归类,结合区域环境特点和当地的植物物种调查,提出了各扰动破坏区相应的恢复技术及其物种选择。另外,提出了各施工扰动区的恢复思路、物种选择等想法,初拟进行课题研究。拟通过现场的小区试验,提取相关参数,开发出技术可行、成本相对较低的水电工程施工扰动破坏区植被恢复技术体系,对更深入的课题研究也提出了相应思路。

[参考文献]

- [1] 张自和.青藏铁路建设沿线的草地植被恢复与重建[J].草地学报,2003,11(3):246-250.
- [2] 梁四海,陈江,金晓媚,等.近21年青藏高原植被覆盖变化规律[J].地球科学进展,2007,22(1):33-40.
- [3] 李天斌,徐华,周雄华,等.高寒高海拔地区岩质陡边坡JYC生态基材护坡技术[J].岩石力学与工程学报,2008,27(11):2332-2339.
- [4] 邢建龙,张慧兴.生态袋在边坡防护工程中的应用[J].四川建材,2012,38(4):87-88.
- [5] 沈渭寿,李海东,林乃峰,等.雅鲁藏布江高寒河谷流动沙地适生植物种筛选和恢复效果[J].生态学报,2012,32(17):5609-5618.

[作者简介] 应丰(1980—),男,浙江杭州市人,高级工程师,硕士,主要从事水土保持及生态治理咨询、设计工作。

[收稿日期] 2017-04-16

(责任编辑 徐素霞)