植草护坡在河道水土保持中的应用研究

魏志莉　李林峰
中水淮河规划设计研究有限公司　安徽　合肥　230000

摘　要：植草护坡由草冠层、根系层、枯落物层与土体构成根土复合体系，根系通过加筋锚固增强浅层抗剪强度，冠层与枯落物降低流速并促进下渗。河道边坡需按水位变动带和坡位配置耐淹、耐旱、抗冲刷草种，规范施工与养护，协同生态结构。当前存在草种适配不足、长期冲刷下根土复合层易流失、群落单一等问题。优化应依据水文梯度组合草种，强化长效养护，调整结构与水土条件适配，形成连续覆盖和稳定根系网络。

关键词：植草护坡；水土保持；河道边坡；植被配置；优化路径

引言：植草护坡是河道边坡水土保持的重要措施，通过草本植被与土体形成根土复合层，发挥根系固土和坡面阻水消能作用。河道水位涨落与径流冲刷对植被适配、施工质量和结构协同提出较高要求。应用中存在草种适配不足、长期冲刷下根土复合层易流失、群落单一导致覆盖断层等问题。因此需依据水文梯度优化草种组合，强化长效养护，调整护坡结构与河道水土条件适配，形成连续覆盖和稳定根系网络，从而提升河道边坡长期水土保持能力。

1 植草护坡的基础特性与水土保持原理

1.1 植草护坡的基本类型与结构特征

植草护坡按植物组合、建植方式和覆盖状态可以分成若干类型。单一草本覆盖型结构较简单，主要由草冠层、根系层和表层土壤构成。混合草本型依靠不同生活型草种搭配，使覆盖时间更长，根系分布层次更丰富。草灌结合型在草本层之下增加木本根系，但这里重点仍是草本部分。按建植方式可分为播种建植、喷播建植、草皮铺植和植生带建植，它们在坡面形成连续或斑块状覆盖。结构特征上，植草护坡通常包含坡面基础层、根土复合层、地表草本层和枯落物层。根土复合层是核心，根系与土颗粒相互穿插，形成加筋体。地表草本层降低雨滴直接冲击，枯落物层调节地表温度并减少水分快速散失。坡面粗糙度增加，径流路径变得曲折。整体结构具有浅层性、连续性和多孔性。浅层性决定其主要用于控制表层侵蚀，连续性决定覆盖均匀程度，多孔性影响入渗和通气。实际看，类型选择要匹配坡度和土壤条件，结构完整时护坡效果才稳定。植草护坡不是单纯种草，而是形成草、根、土、枯落物共同作用的坡面覆盖体系。

1.2 草本植物根系固土作用机制

草本根系在土体中穿插、分叉和交织，对浅层土壤产生机械约束。细根密集分布，把土颗粒和团聚体连接起来，限制颗粒移动。较粗根系具有较高抗拉能力，在土体出现剪切变形时承担部分拉力，使根土复合体抗剪强度提高。根系表面与土颗粒之间产生摩擦和黏结，分泌物中的多糖和有机胶体增强颗粒间连接。根系吸水降低土壤含水率，减少孔隙水压力，从而提高有效应力。根系生长过程中挤压周围土体，使局部密实度增加。根系死亡后分解为有机质，继续参与团聚体形成[1]。固土作用可分成加筋、锚固、支撑和牵拉4个方面。加筋提高浅层整体性，锚固把表层与较深土体连接，支撑限制土体下滑，牵拉分散局部应力。实际看，根系密度、分布深度、抗拉强度和根土界面性质共同决定固土效果。根系过浅或过少，作用有限。根系过多但土壤过湿，也可能因自重增加而降低稳定。根系固土是机械作用与生物化学作用叠加的结果，重点在浅层土体约束和抗蚀能力提升。

1.3 草本植被坡面阻水消能作用机制

草本植被通过冠层、茎秆、枯落物和根系共同改变坡面降雨与径流过程。降雨落到冠层后，部分被截留并蒸发，部分沿茎叶缓慢下滴，减弱雨滴对土壤表面的直接打击。茎秆增加地表粗糙度，使坡面流流速降低，径流路径延长。流速下降后，水流动能减小，对土颗粒的剥离和搬运能力减弱。枯落物层吸收和阻滞水分，分散径流，促进下渗。根系通道和土壤大孔隙提高入渗能力，使更多降水进入土体而不是形成地表径流。植被蒸腾消耗土壤水分，降低坡体浅层含水率。阻水消能可理解为截留、阻挡、分散、下渗和蒸腾5个环节。截留减少到达地面的雨量，阻挡降低流速，分散避免径流集中，下渗减少地表水量，蒸腾调节土壤水分。实际看，覆盖度和茎叶密度达到适宜范围时，消能作用更明显。坡面流从片流向细沟发展受到抑制。草本植被不是把水完全

挡住，而是让水走得慢、散得开、渗得多，从而降低冲刷能量。

1.4 植被覆盖对边坡土壤结构的改良机制

植被覆盖通过根系活动、枯落物分解和微生物作用改善边坡土壤结构。根系在生长中穿插挤压土体，形成孔隙和通道，改善通气与透水条件。根系分泌物和微生物代谢产物作为胶结物质，促进土颗粒凝聚，形成较稳定的团聚体。枯落物分解后补充有机质，有机质与矿物颗粒结合，提高团聚体水稳性。植被覆盖减少雨滴击溅和径流冲刷，保护表层结构不被破坏。根系吸水与蒸腾引起土壤干湿变化，促使颗粒重新排列，形成较稳定的孔隙网络。土壤容重降低，总孔隙度和毛管孔隙增加，入渗性能和保水能力提高。微生物活动增强，养分循环加快，进一步支持植被生长[2]。改良作用表现在物理结构、化学性质和生物活性3个方面。物理结构上孔隙增加，化学性质上有机质提高，生物活性上微生物数量与酶活性增强。实际看，这种改良是渐进过程，需要持续覆盖和根系更新。植被覆盖让土壤从松散易蚀状态转向团聚稳定状态，增强边坡表层抗蚀能力。

2 植草护坡在河道水土保持中的应用技术

2.1 河道边坡植草护坡的植被配置技术

河道边坡受水位涨落和径流冲刷影响，植被配置要同时考虑耐淹、耐旱、抗冲刷和根系固土能力。草种选择以适应当地气候的草本为主，搭配不同生活型，让生长旺盛期和休眠期错开，保持较长时间的地表覆盖。深根型与浅根型组合，可在浅层和较深层形成根系分布。高水位以上区域可选用覆盖能力强的草种，水位变动带选用耐水淹草种，坡脚选用抗冲刷能力强的草种。播种密度按坡度、土壤肥力和侵蚀程度调整，陡坡适当增加。多种草混播比单一种更稳定，但比例要控制，避免种间竞争过强。实际看，配置不是种类越多越好，而是让草种在空间和时间上互补。土壤贫瘠时先选用耐瘠薄草种，后期再调整群落结构。整体目标是在河道边坡形成连续覆盖、根系发达、抗逆性强的草本群落。

2.2 河道坡面植草施工的核心技术要点

河道坡面植草施工先要处理坡面，清除松散石块和杂物，使坡面平顺并保留一定粗糙度。整地深度根据土层厚度确定，土层薄时补充种植土。种子要检验发芽率和纯度，播前可做浸种或消毒处理。播种方式包括撒播、沟播和喷播，陡坡和远距离坡面多用喷播，使种子、肥料和覆盖材料均匀附着。施工季节避开洪水期和极端干旱期，选择温度与水分适宜时段。播后覆盖无纺布或秸秆，减少雨水冲刷和水分蒸发。养护前期保持表面湿润，出苗后逐步减少浇水次数，促进根系下扎。发现缺苗及时补播。坡脚和坡顶设置缓冲带，减少径流集中。施工质量重点看覆盖均匀度、种子附着率和初期成活率。施工要把坡面、种子、水分和防护几个环节配合好。

2.3 植草护坡与河道边坡生态结构的协同技术

植草护坡要与河道边坡原有生态结构协同，不能只追求快速覆盖。坡面草本层、根系层和土壤层之间要形成连续过渡，使水分和养分能够正常交换。水位变动带植被配置需与坡面微地形配合，低洼处增强耐淹性，凸起处增强耐旱性。草本群落与周边原有植被保持连通，便于种子传播和动物活动[3]。护坡结构上，植草与生态袋、格宾、生态混凝土等措施结合时，要为根系留出生长空间，避免硬质结构阻断水分和养分通道。养护管理应减少过度修剪和清除枯落物，保留地表覆盖。监测覆盖度、根系密度和土壤侵蚀状况，根据变化调整草种比例。整体协同目标是维持边坡稳定、增强生态连通性并提高长期自我维持能力。

3 当前河道植草护坡应用中的问题

3.1 植被适配性与存活率相关问题

河道边坡水情变化明显，不同高程和坡位的土壤水分、淹水时长和冲刷强度差异较大。草种选择若只考虑生长速度或覆盖效果，忽略耐淹、耐旱和抗冲刷能力，就容易出现出苗不齐和后期死亡。土壤贫瘠、板结或酸碱不适也会限制根系发育，使幼苗难以扎根。施工季节安排不当，播后水分管理不足，都会降低种子发芽率和幼苗存活率。实际看，适配性不足往往表现为覆盖断断续续，坡面裸露斑块增多，护坡功能难以稳定发挥。

3.2 长期水文冲刷下护坡结构稳定性问题

河道水位涨落和持续径流会对坡面产生反复冲刷。草本根系主要分布在浅层，根土复合层厚度有限，在长期水流作用下容易发生表层土体流失。流速增大时，坡面细沟和冲沟逐步发展，根系裸露，固土能力下降。土壤含水率反复变化会引起孔隙水压力波动，削弱颗粒间连接。枯落物层被冲走后，雨滴击溅和径流侵蚀直接作用于土壤。实际看，短期稳定的护坡在多年水文作用下可能出现局部滑移和结构松散，稳定性需要长期观察。

3.3 植被群落单一导致的水土保持短板问题

植被群落单一会使地表覆盖时间缩短，根系分布层次减少。单一草种在休眠期或遭受病虫害后，坡面容易形成大面积裸露。枯落物输入不足，土壤有机质补充有限，团聚体稳定性难以持续提高。根系类型相近时，浅层加筋和深层锚固作用不完整，阻水消能效果也会下降。群落结构简单导致抗逆性差，一旦环境条件变化，

恢复速度慢。实际看，这种短板会削弱长期水土保持能力，使护坡效果随季节和年份波动。

4 河道植草护坡水土保持应用的优化路径

4.1 草本植被组合配置优化方案

草本植被组合配置要从河道边坡的水文梯度出发，按坡位和高程划分不同水分与冲刷条件，再选择对应草种。水位变动带优先选用耐淹时间长、根系抗拉强度高的草种，坡面中上部选用耐旱和覆盖能力强的草种，坡脚选用抗流速冲刷的草种。生活型搭配上，丛生型与匍匐型结合，深根型与浅根型结合，使根系在浅层和较深层都有分布。生长节律上，早春返青型与夏季旺盛型搭配，延长地表覆盖时间。播种密度按坡度、土壤肥力和侵蚀程度调整，陡坡和贫瘠地段适当增加[4]。混播比例要控制，避免竞争能力过强的草种压制其他草种。实际看，组合配置不是固定模式，需要根据成活率、覆盖度和根系发育情况逐年调整。监测数据表明，群落结构越接近当地自然草本组合，长期稳定性越好。配置优化就是让草种在空间、时间和功能上相互补充，形成连续覆盖和完整根系网络。

4.2 护坡植被养护与长效稳定优化方式

养护管理要贯穿植草护坡的全过程，不能只在施工初期浇水施肥。水分管理上，出苗期保持表面湿润，成苗后逐步减少浇水频率，促进根系下扎。养分管理以有机质补充为主，避免过量施用速效肥导致地上部分徒长而根系浅化。修剪要控制高度和频率，保留一定枯落物覆盖地表，减少雨滴击溅和水分蒸发。发现缺苗断垄及时补播，补播草种与原有群落保持一致。病虫害防控以监测为主，优先采用生物和物理措施。冬季和休眠期减少人为干扰，保留枯落物层。长期监测覆盖度、根系密度、土壤容重和侵蚀状况，根据变化调整养护措施。实际看，养护不到位是护坡功能退化的主要原因之一。要我说，养护不是额外负担，而是维持根土复合层稳定的必要环节。

4.3 植被护坡结构与河道水土适配优化策略

护坡结构要与河道水文过程适配，不能只按陆域边坡思路设计。坡面微地形应适当起伏，减缓径流集中，为不同草种创造水分差异。根系层与土体结构要协同，种植土厚度满足根系伸展需要，下层土体保持足够透水性。水位变动带可采用分层结构，下层增强抗冲刷能力，上层为根系提供生长空间。植草与生态袋、格宾或生态混凝土结合时，要为根系预留通道，避免硬质材料阻断水分和养分交换[5]。坡脚设置缓冲区域，降低流速对坡面的直接冲击。坡顶设置截水措施，减少外来径流进入坡面。实际看，结构与水文条件匹配程度决定护坡的长期稳定性。适配策略还要考虑河道横向和纵向变化，使植被护坡与河道整体生态结构协调。

结束语：植草护坡依托根土复合层发挥固土与阻水消能作用，在河道边坡水土保持中应用广泛。河道水文条件复杂，草种适配、长期冲刷稳定和群落结构仍存在短板。按水文梯度优化草种组合，强化全过程养护，调整护坡结构与河道水土条件适配，可形成连续覆盖和稳定根系网络。持续监测与动态调整有助于增强边坡抗蚀能力，维持河道生态协调，实现长期稳定的水土保持效果。

参考文献

[1]陈泽仪.水土保持措施技术在小隐涌河道整治工程中的应用研究[J].水上安全,2026,(4):85-87.

[2]胡卫敏.三维土工网植草护坡施工技术在河道整治工程中的应用[J].四川水泥,2026,(4):141-143.

[3]陈斯宇.生态护坡技术在河道治理与水土保持中的实践分析[J/OL].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学,2026,(3):179-182.

[4]吴琼.格宾-植草混凝土复合护坡在毕节市河道治理中的应用[J].水利科技与经济,2026,32(8):75-80.

[5]谢欣倩.植被护坡技术在丘陵坡面水土保持中的应用与效益分析[J/OL].中文科技期刊数据库（全文版）自然科学,2026,(7):058-061.