



Transforming **U**nsustainable
management of soils in key
agricultural systems in EU and China

Developing an **i**ntegrated platform of
alternatives to reverse soil degradation

水土流失防治的技术措施



This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation action under grant agreement No 101000224.

土壤退化问题及保护/恢复策略的简要介绍

农田水力侵蚀的原因是众多而复杂的。最重要的因素，包括土壤覆盖不足、高强度降雨、地块有明显坡度，以及不当的耕作方式。清理植被，或缺乏足够的覆盖，降低土壤稳定性，增加地表产流，增加了土壤对侵蚀的敏感性。农田坡度和耕作强度（或顺坡耕作）也促进地表产流增加侵蚀风险。

技术措施有助于减少土壤对水力侵蚀的敏感性。它们可以通过几方面作用达到目的。坡长截断可减少径流泥沙含量，防止形成切沟。稳定股流路径可减少泥沙连通性。修建梯田降低坡度，降低了径流速度。最后，截留措施截断边坡，促进等高耕作，增加水分入渗。

目标区域

根据地区的不同，在暴雨期间保持适当的土壤覆盖极其重要，因为在播种期和苗期，土壤最容易遭受侵蚀。当其他防治水力侵蚀的耕作和农艺措施不能达到必要的保护效果，通常会提出工程措施。在许多情况下，工程措施与其他类型的措施（种草、覆盖、少耕）要结合使用。在侵蚀极敏感区，其效益最大。侵蚀敏感性的确定，通过判断坡度、坡长、



土壤类型及气候条件来实现。工程措施，可减少侵蚀对农业用地的破坏，保护城市区域和基础设施免受泥沙和洪水的冲毁影响。

问题识别

TUdi土壤侵蚀决策支持系统应用app，可以帮助评估某地区的侵蚀风险。该工具还有助于识别、绘制和测量严重侵蚀的形式

（细沟和切沟）。特别是在这些侵蚀形式频繁出现的地方，应设计工程措施。

保护/恢复策略的详细描述

技术性侵蚀控制措施的基本原理如下：

- 截断坡的长度，中断地表径流，增强地表径流入渗，拦截侵蚀泥沙，使股流（用沟渠、草水路）可以安全出流
- 拦截地表径流、蓄存和安全排放（通过水库和沟渠）
- 减缓坡度以降低流速（通过梯田）。

与其他土壤侵蚀控制措施不同，它们应基于水力学和坡面产流评估结果设计。它们被永久修建，作为一种建筑，可以提供多种功能（防控洪害、生态系统服务、防止耕地破碎化、连接用于娱乐和旅游的土地等）。

技术性土壤保护措施的例子如：绿篱、蓄水沟、沉淀池、小水坝、鱼鳞坑、草坡水道和梯田。

保护农田最常用的技术性侵蚀控制措施如：

- 沟渠;
- 草坡水道;
- 梯田。

沟渠是建造在坡长需要中断点上的线性结构。它们可以与其他如绿篱、道路等建筑结合使用。沟渠通常是等高的。根据修筑沟渠的目的，纵向坡度从零到轻微的坡度（约1-2%）。通常为梯形剖面，底部宽度0.3-0.6 m，深度0.6-1.2 m之间，坡度为1:1.5 –

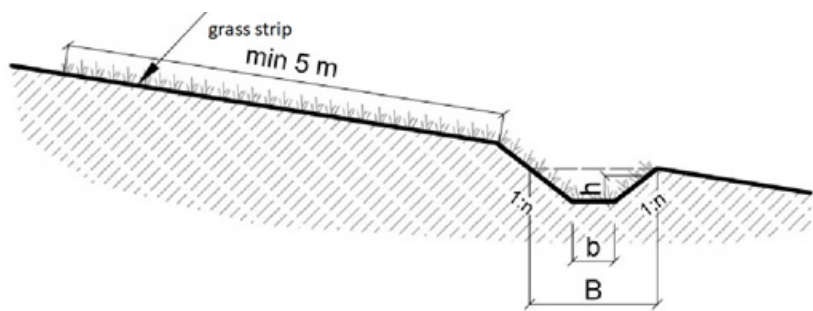


图1：截留沟横断面

1:10。此外，用于沟渠设计的降雨标准因沟渠用途而不同。如果沟渠用于保护耕地，则采用5年一遇标准设计降雨。如果建造沟渠目的是保护城区或其他基础设施，那么保护水平就会更高（可以使用100年一遇的设计降雨量标准）。随后应对沟渠进行底部和边坡的稳定性评估，必要时进行加固处理。

如果沟渠的坡度较陡，则必须修建暗渠或其他合适的设施，以便

农用机械可以穿越。坡度为1:10的缓坡沟渠无需修建暗渠进行管理和穿越，但在地块内占用空间较大。应在沟渠上方建一条至少5米宽的永久草带，以减少地表径流和拦截泥沙。这条草带应定期切割以保持最大的粗糙度。在沟渠的空间布局和功能方面，可以区分出径流截留沟、排水沟和集水沟。

截留沟截留地表径流，并使得水分就地水渗。它的坡度为零或很



图2：捷克共和国内草坡铺设的截留沟（Dzurakova et al. · 2017）



图3：作为部分排水系统的小型排水沟（捷克共和国）

小，通常在底部铺设有排水管。

这种排水沟具有非常重要的生态意义。它截获留存局地径流，因此也帮助维持地块的土壤质量。由于植被发育和泥沙沉积，土壤的水力传导性能会随时间推移而发生变化。

另一方面，当达到沟渠蓄水容量时，会存在溢流和产生股流的风险。因此，建议沟渠在设计上始终是通过一个小的纵向比降来将收集的水排出，并配备可溢流的

小型滞留屏障。或采用零比降，但配备应急溢流口，将多余径流安全地引入汇水区。

截留沟应布置在比降小于6%的地块内。

排水沟，直接修建在受保护的农田内，减少地表径流流路长度，从而使水土流失不超过土壤允许流失量。纵坡比降和横截剖面决定了沟渠的容量多少和流速大小，因此必须评估底部和斜坡的稳定性。



图4：捷克共和国境内农业地块中的草水路

排水沟拦截地表径流，让水安全地排出地块。它通常被设计成纵向比降1-3%。排水沟一般布置在坡度6%以上的地块。随着地块斜率的增加，要素的截留能力降低。除截留沟外，排水沟通常还有其他植被屏障和草带。

集水沟，是接收或截留沟。这些工程的坡度最小，旨在截获和分流来自地块的水。然后，集水沟须将截获的水安全地输送到下级汇水水道。一个集水沟可能承接

几个排水沟或截留沟的水量，所以它的尺寸通常更大。

草水路：是地表径流通道，径流在此汇聚。草水路可以汇聚或分流邻近地块的地表径流，也可以成为用于控制侵蚀沟渠的汇入沟。草水路的风险点在于地块和草坡水道间的连接点。如果沟谷的界限不清晰，它可以被局部整修为所需的横截面。定期维护是水道正常运行所必需的。

梯田是农田中防护侵蚀的最重要形式，适用于坡度较陡（ $>20\%$, 11.3° ）和对侵蚀敏感的土地。就稳固性而言，梯田可以分为田坎稳固的石坎梯田（石头或混凝土砌成的田坎）或田坎不够稳固的土坎梯田。在这种情况下，田坎只有通过植被才能稳固下来。

梯田可以修建在具有深厚土层的地面，并且由于赋予了景观梯田特别性，或种植了高收入作物（葡萄园、果园等）其经济上都是可行的。在欧洲，由于梯田的经济成本极高，如今只有在特殊情况下才考虑使用梯田。



图5：中国榆林地区横山县境内的梯田（谷歌地球）



图6：中国宁夏彭阳金鸡岭梯田（喻权刚摄·2022）

技术的利弊与实施的障碍

防治土壤侵蚀的田间工程措施，对农业经营过程的保护和可持续性至关重要。这些措施提供了一系列的效益，包括保护土壤免受侵蚀、改善水资源管理，和促进生物多样性。然而，它的实施可能会出现财政困难，也需要耗费时间。它们还可以限制农业生产

用地。然而，从长远来看，它们可以降低土地维护成本，提高作物产量，从而带来经济效益。它们在确保土地可持续管理和保持自然资源方面发挥着重要作用。正确使用各种技术措施，并将其与生态农业实践相结合，可以全面提高农业生产率。

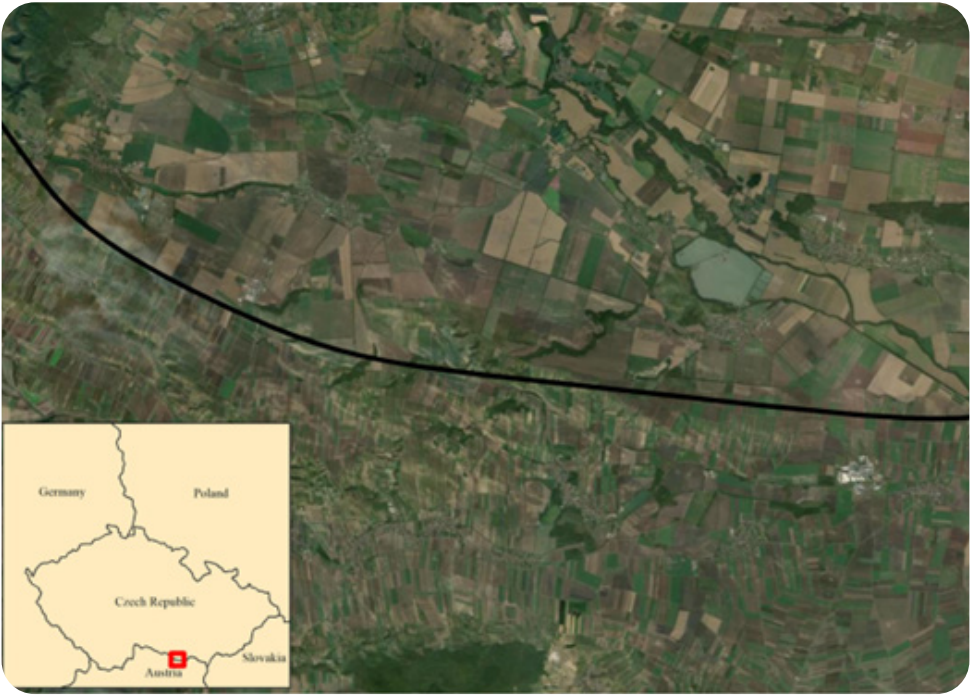


图7：捷克共和国和奥地利两国国界内外的地块大小差异

影响/结果/案例研究

每一种措施都有其自己的特点和尺寸要求，在工程设计和具体实施时必须考虑到。主要目的是保护土壤免受侵蚀，维持农业经营的可持续性，同时保护下方区域，减少异地影响。

例如，捷克共和国的土地在20世纪经历了农业集体化。平均而言，在欧洲波状起伏的地形景观捷克的田块最大（图6）。在这里，工程措施不仅可以减少局地土壤侵蚀，还可以恢复理想的景观多样性，促进许多其他生态系

统服务，包括生物多样性以及土地对旅游和可持续生活方式的吸引力。许多工程措施都可以从土地经营的历史中得到启发（最初的草水路、古老的小路和被移除的树篱）。

在捷克共和国的布兰尼斯流域，评价了土壤侵蚀防控技术措施对输沙量的影响。在减少泥沙进入流域水系方面，其效率为36% - 69%。

更多文献见下面链接

<https://doi.org/10.3390/w15061247>

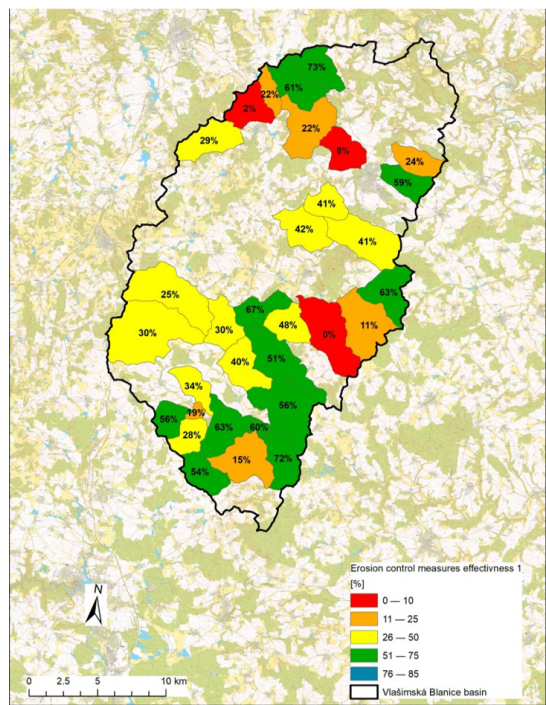


图8：捷克共和国布兰尼斯盆地输沙量评价

摘要文本

当其他水土流失保护措施达到极限时，经常提出控制侵蚀的田间工程措施作为最后选择。主要原则是中断斜坡长度，以截获和减缓地表径流，并减缓地块的坡度。例子包括沟渠、草坡路和梯田。这些措施通过考虑坡度、坡长、土壤类型和气候条件等因素

进行设计，从而最大程度地减少对农业用地的危害，并保护乡村居落、线性结构和邻近土地免受侵蚀。在减少泥沙输移方面也有积极影响，工程措施显著降低了泥沙输移，有助于土、水的保持及改善质量。



汇总表

	评级	评论
土壤总体健康	**	
水分平衡	*	
土壤结构		
侵蚀性	***	
营养平衡	*	
土壤生物	**	
实用性		
经济		



Consortium

Agrisat; Beijing Forestry University; Beijing Normal University; Centre for Agricultural Research; China Agricultural University; Czech Technical University in Prague; Lincoln University; New Bulgarian University; Northwest A&F University; Northwest UNIVERSITY; Pensoft Publishers; Spanish National Research Council; University of Lancaster; BOKU University, Vienna; University of Turin; Federal Agency for Water Management, Austria

Project coordinator

José A. Gómez

Institute of Sustainable Agriculture of the Spanish Council for Scientific Research
joseagomez@ias.csic.es

Duration

July 2021 – June 2025

Follow TUdi

✕ [@Project_TUdi](#)

f [TUdi Project](#)

▶ [TUdi Horizon 2020](#)

📍 tudi-project.org