

# 山西省输变电工程水土保持低扰动工程技术

王露露<sup>1</sup>, 孙中峰<sup>2</sup>, 朱清科<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水利部 水土保持植物开发管理中心, 北京 100038)

**摘 要:** 输变电工程跨度大, 自然、社会经济条件及水土流失来源复杂多变, 且临时占地多, 扰动范围大。为探索输变电工程水土保持低扰动工程技术, 为输变电主体工程及水土保持措施优化设计提供参考依据, 以山西省 18 项 500 kV 输变电工程为研究样本, 通过对比传统与低扰动的主体工程及水土保持工程实施的扰动程度和水土流失量, 发现长短腿配高低基础的塔基和塔型设计、索道运输、不落地放线技术等低扰动技术应用于主体工程中能够显著缩小扰动范围、减少水土流失量; 在水土保持措施设计中根据各防治分区的水土流失特点及土壤条件采用相应的表土剥离技术及在部分临时占地采用临时覆盖技术, 则能减小水土保持工程的二次扰动, 并且可以节省工程投资。建议在输变电主体工程及水土保持工程设计中, 根据实际情况尽量优先采用这类有利于水土保持的低扰动工程技术。

**关键词:** 500 kV 输变电工程; 生产建设项目水土保持; 低扰动; 山西省

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)03-0310-06

## Low Disturbance Engineering Technology of Soil and Water Conservation in Power Transfer and Transformation Construction Project in Shanxi Province

WANG Lu-lu<sup>1</sup>, SUN Zhong-feng<sup>2</sup>, ZHU Qing-ke<sup>1</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Plant Development Center for Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Power transfer and transformation projects have the large span. So their natural conditions, social conditions, economic conditions and the source of soil and water loss are complex. Moreover, the projects temporarily cover large area and disturb a wide range. To explore the low disturbance engineering technology in soil and water conservation of power transmission construction and to help optimize the design of both the main work and soil and water conservation measures, eighteen 500 kV power transfer and transformation projects in Shanxi Province were selected as research samples. By comprising the extent of disturbances and the amount of soil and water losses caused by the traditional main work and soil and water conservation engineering and the low disturbance ones, it was found that the low disturbance engineering technology, including unequal legs and basis transmission tower, haulage methods of aerial cableway and actinobacillus without touching the ground, can significantly reduce the ranges of disturbance and the amount of soil and water loss. In the design of soil and water conservation measures, if the suitable surface soil stripping technology can be used based on the feature of soil and water loss and the soil condition in different control areas and temporary covering technology can be used in some temporary land, the secondary disturbance as well as the investments of the soil and water conservation engineering can be reduced. It was suggested that the low disturbance engineering technology which can reduce soil and water loss should be given priority in the design of main works as well as soil and water conservation measures of power transfer and transformation projects.

**Key words:** 500 kV power transfer and transformation project; soil and water conservation of production and construction project; low disturbance; Shanxi Province

随着我国国民经济的发展,用电量持续增长,高压输变电工程项目持续增多,输变电工程所产生的水土流失日益受到重视,已往研究对项目建设中的水土流失来源及特点作了大量的总结,并提出了相应的防治措施<sup>[1-4]</sup>。输变电工程水土流失的“防治”,最先应该考虑、最重要的是“防”,即尽量减少施工对地表的扰动范围及强度,减少水土流失来源。输变电水土流失主要来源于线路区地基开挖及牵张场、地基施工区、施工道路等各类临时场地修建和施工期扰动<sup>[2-3]</sup>;同时水土保持措施实施时也会产生一定的扰动及水土流失,但却容易被忽略。这就要求在进行主体工程及水土保持措施设计时采用低扰动工程技术进行优化,在保证主体工程质量和水土保持措施实施效果的同时,最大限度地降低对地表的扰动和破坏,减少水土流失治理工程量,同时也可以节省水土保持投资。以山西省具有代表性的18项500 kV输变电工程为研究样本,通过总结工程建设中的扰动特点及水土流失来源,对比分析采用低扰动工程技术后的水土流失防治效果,提出工程中可应用的低扰动技术,为输变电工程主体工程及水土保持措施优化设计提供参考依据。

## 1 项目及项目区概况

山西省18个500 kV输变电工程项目既有新建项目也有扩建项目,长度从14.8~96.8 km不等,线路途径区域基本包括山西省所有典型地貌类型区,包含的水土流失类型全面。山西省地处中纬度内陆,属温带大陆性季风气候区,年降水量为400~650 mm,高度集中于6—8月,且多以暴雨形式出现,年平均温度3~14℃。境内地形复杂,有山地、丘陵、高原、平原、台地多种地貌类型,并以山地、丘陵为主,占总面积的80.4%。土壤类型主要为黄土或其他母质上发育的褐土、栗褐土等。植被覆盖度低,以天然次生林为主,主要分布在管涔、关帝、吕梁、黑茶山、五台、太岳、太行、中条8大林区。境内水土流失严重,且以水蚀为主,年土壤侵蚀模数介于500~20 000 t/km<sup>2</sup>,其中晋西黄土丘陵沟壑区及晋西南黄土残塬沟壑区年土壤侵蚀模数在8 000 t/km<sup>2</sup>以上,水土流失最严重;土石山区植被较好,年土壤侵蚀模数为500~2 000 t/km<sup>2</sup>,侵蚀强度相对较轻。

## 2 主体工程设计中的低扰动工程技术

### 2.1 低扰动地基及塔型设计

塔基区水土流失主要来源于:(1)在塔基保护范围对植被破坏后形成裸露面及基坑开挖面;特别是在

山区、丘陵区,塔基常位于相对高差、坡度都较大的斜坡或低山丘陵区的梯田上,在传统的塔基设计中常需要进行降基,形成一个工作平台,从而造成了较陡的开挖和堆填边坡,破坏了原坡面的稳定性。(2)基坑开挖及降基产生的土石方临时堆放在塔基附近坡面上,由于土体松散,降雨时极易产生严重的水土流失;并且堆土导致边坡附加压力增大,在水力和重力的双重作用下还可能导致边坡失稳。(3)施工结束后弃渣就地堆存于塔基占地范围内,渣体松散,具有一定坡度,在植被恢复前容易产生水土流失并且植被恢复难度相对较大;而在山丘区,由于降基及基础修建产生的弃渣过多及地形限制,弃渣无法全部堆存在塔基范围内,需另设弃渣点,造成新的水土流失。因此从减少水土流失的角度考虑,主体工程设计时应优化塔基型式,在保证塔基安全的前提下,减少对原地貌的破坏、土石方工程量及弃渣量。

塔基根据施工工艺可分为大板式、台阶式、掏挖式、岩石嵌固、岩石锚杆等基础形式,其中大板式和台阶式基础为大开挖施工形式,对土层扰动相对剧烈;掏挖式、岩石嵌固、岩石锚杆等为原状土基础,对土层扰动相对较小。大开挖基础由于回填土较原状土抗剪强度大为减弱,因此为保证基础稳定性往往需要底板尺寸较大;另外,在山丘区,由于其要求的基面、施工作业范围大,一般降基量也很大,所以这类基础修建产生的临时堆土和弃土量也大。而原状土基础由于其作业范围要求较小,单个塔基降基量一般很小,岩石锚杆基础甚至无降基<sup>[5]</sup>。有数据表明,在25°坡度、基础深度相同的情况下,非原状土基础的临时堆土量是原状土基础的7~100倍,弃渣量是原状土基础的3~40倍<sup>[6]</sup>。另外,在丘陵山区,由于对原地貌扰动最严重及土方工程最大的施工过程是降基,因此塔型设计上应尽量选用全方位长短腿并配合高低基础来适应塔位原地形的起伏,分四个塔腿分别降基,甚至不降基,保留基坑中间的土体,从而达到对原地貌的扰动最小、塔位处边坡的稳定性最大、土石方工程量和弃渣量最少的效果。研究表明,在一定坡度的坡面上、塔基基础类型相同的情况下,长短腿配高低基础的弃渣量及扰动面积均最少,分别为等长腿配等高基础、等长腿配高低基础和长短腿配等高基础弃渣量的6%,10%,8%,扰动面积的49%,70%,74%<sup>[7-8]</sup>。

总之,在地质条件适宜的情况下,应优先考虑原状土基础,并且在山丘区应尽量选择长短腿配合主柱加高基础,降低输电线路工程水土流失量同时稳定塔基,减少征地和土石方工程量,降低工程造价和水土保持措施投资。

2.2 低扰动运输方式

在输电线路施工过程中主要采用传统的道路运输方式向塔基、牵张场、材料站运输材料、设备等,包括汽运道路和人抬道路。通过对研究对象工程数据的统计分析得出,施工道路一般占线路临时占地的30%~70%,产生水土流失量占总体水土流失量的40%~70%,比例很大,是工程的主要水土流失区<sup>[2]</sup>;施工道路长度与输电线路长度呈明显的线性相关关系,即线路越长,需要修建的汽运道路和人抬道路也就越长(图 1、图 2)。施工道路布设在不同地貌也有不同特点,其中在平原区运输系统发达,公路、机耕路密布,施工汽运道路可直接利用或拓宽原有道路,一般仅需要修建少量人抬道路;而山区、丘陵区,交通不便,原有可利用道路较少,需新修较长的施工道路,在地形条件限制的区域主要通过砍去荆棘,开辟人抬道路,采用人力和畜力运输,人抬道路占施工道路比例很大。临时施工道路的修建会破坏其范围内植被,损坏水土保持设施,造成地表裸露;另外汽运道路修建过程中还会产生一定的土石方开挖和临时堆存;在施工道路使用过程中汽车、人员和畜力频繁来回扰动地表,这些都加剧了水土流失。因此需要采用新的运输方式,以降低对地表植被和土体的扰动。

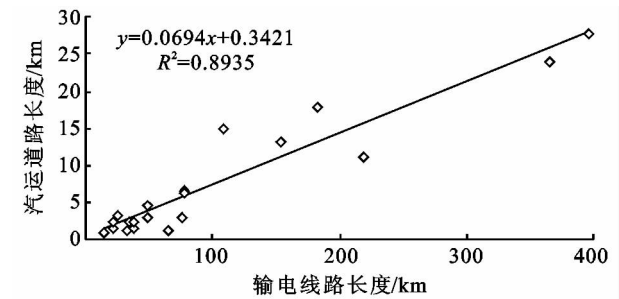


图 1 输电线路与汽运道路长度关系

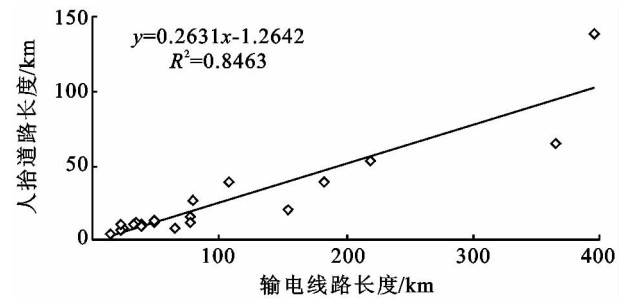


图 2 输电线路与人抬道路长度关系

在丘陵山区,向塔位运输材料如果采用索道这类低扰动运输方式,仅需修建通往牵张场、材料站和部分位于缓坡地的塔基的施工道路,能够极大减少施工道路的长度。根据统计结果,汽运便道长度可减少55%~95%,人抬道路长度减少70%~98%。并且由于索道运输是直线运输,路径可借用输电线路通

道,基本不新增占地,因此采用索道运输比道路运输可减少临时占地73%~92%。采用索道这类新的运输方式,可大大减少输电线路工程的扰动面积,同时提高施工效率,缩短扰动时间,显著减少线路施工造成的水土流失量。

2.3 不落地放线技术

传统人工肩扛牵引线的架线方式,其水土流失来源包括:(1) 由于牵引线贴地牵引,因此线下走廊内的地表及植被受到架线人员和牵引线的双重扰动,尤其在线路跨越林区时,当牵引场的钢绳卷车牵卷牵引线时,牵引线由贴地至腾空拉紧,林木还易遭牵引线割伤,对植被破坏较为严重;(2) 当输电线路与河流或各种工程设施有交叉跨越时,采用传统架线方式,需临时占地设置跨越区,修建跨越架等临时设施,对地表产生扰动。(3) 由于架线施工还会产生一定面积的拆迁区,拆迁及架线过程均会对地表产生严重扰动,并且拆迁还会产生大量弃渣。

目前先进的低扰动放线技术为不落地放线,应用直升机、遥控飞艇、动力伞及绕牵法技术从而真正实现初导绳、导引绳、牵引绳、导地线的完全不落地展放。对研究对象的统计结果显示,不落地放线技术的运用总体可以比常规放线技术减少56%~67%地表扰动面积,其中线下走廊扰动面积减少60%~80%,跨越区占地减少20%~60%,拆迁面积减少6%~33%。总之,不落地放线技术的实施,大大减少了送电线路施工中青苗、果树、植被等地面附着物及水土保持设施的损坏,减少地面扰动。并且与常规放线方法相比,不落地放线技术减少了导引绳分散运输、人力展放、放线通道内地表附着物损坏及跨越架搭建的工作量及损坏赔偿,工程施工质量及架线施工效率大幅提高,节约工程投资。

3 低扰动水土保持技术

除了主体工程施工会扰动地表,产生水土流失,一些水土保持措施在实施时也会对地表产生一定的扰动,如表土剥离、土地整治等。因此在设计水土保持措施时,应注意分析论证水土保持措施采取的必要性,在水保措施选择上应考虑以对地表扰动小的措施替代扰动强度较大的措施,尽量减少对地表的二次扰动。

3.1 表土剥离技术

表土层包括自然土壤中的腐殖质层、枯枝落叶层以及耕作土壤中的耕作层。表土剥离范围需根据输变电工程各水土流失防治分区土地扰动特征及土壤类型、表层土壤状况具体进行确定,对扰动较轻、以占

压为主或表层土壤肥力、理化性质一般的区域,可不进行剥离,避免多余的扰动及表土临时堆存防护措施的布设。表土剥离厚度根据原土层厚度、复垦土地利用方向及覆土土方需求量等确定。

3.1.1 输变电工程各分区土地扰动特征与表土剥离的可行性 输变电工程对土地的扰动方式包括挖损和占压,不同的施工区域扰动方式及强度差异很大,对于扰动方式以挖损为主、扰动面积及强度大、土石方工程量大的区域应在施工前剥离表土;而扰动方式以占压为主、土石方工程量较小、扰动强度较弱的区域可不剥离表土(表 1)。

(1) 变电站工程区。站区扰动面积大,500 kV 输变电工程变电站占地约 5~10 hm<sup>2</sup>,土建施工期开挖建筑及各类配电装置基础、电缆沟等,土石方工程量大,约 5 000~100 000 m<sup>3</sup>,施工对地表的扰动以挖损为主,对土体结构破坏强度大,并且场地回填标高时会严重破坏土体层次,因此需要剥离表土,用于后期站区绿化覆土。施工区一般位于站区永久占地区内,面积约 0.5~1 hm<sup>2</sup>,主要用于材料加工、堆放,基础开挖、回填土方堆放,场地回填标高时会破坏土体层次,因此需要剥离表土;少部分将施工生活区设置在站外临时占地的,不需要剥离。进站道路为永久占地,路基处理过程会严重破坏土壤结构层次,扰动强度大,施工前应剥离表土,用于后期道路绿化。进站管线主要扰动过程为管沟土体的开挖、回填,只要严格按照开挖土方分层分别堆放,再顺序回填的方法施工,对表土基本不产生破坏,因此不需要单独剥离。

(2) 输电线路工程区。铁塔架立作为输电线路工程的主体,塔基区占地是永久性的,工程完工后塔基区占地将变为公共设施用地,其原有土地利用功能将不可恢复。塔基区占地面积约 200~400 m<sup>2</sup>,施工

扰动方式以挖损为主,基础施工前先开挖基坑土方,待灌浆后再回填,土石方工程量根据塔型及基础型式不同从 50 m<sup>3</sup> 到 2 000 m<sup>3</sup> 不等。区域内土层结构遭到彻底破坏,对土地扰动程度剧烈,因此塔基区需剥离表土、集中堆放并布设临时防护措施,施工结束后回覆地表,以利于后期植被恢复或复耕。

在修建铁塔和线路过程中,沿线需要设置大量的施工生产区,包括铁塔四周的塔基施工区、牵张场地,及当线路与河流或各种工程设施有交叉跨越时设置的跨越区等。其中塔基施工区主要用于施工材料及开挖土方的堆放、加工,同时亦是施工人员主要的活动场所,面积一般为 300~1 000 m<sup>2</sup>。对土地的破坏形式主要为压占,无挖损破坏,仅在丘陵山区需要对场地进行粗平整时会产生少量的土石方,对地表土壤的影响主要表现在土壤紧实度提高、物理性质恶化方面。牵张场地占地面积一般为 2 800~3 200 m<sup>2</sup>,主要停放各种牵引机械。施工人员来回走动及牵引机械会扰动和压占土地,同时为方便牵引,在牵张场地四周开挖地锚坑,以固定牵引装置。因此牵张场地对土地的破坏形式主要为压占,会严重影响区域内土壤紧实度,并伴随少量挖损,土石方量较小,约 50~500 m<sup>3</sup>,扰动强度相对较弱。跨越区占地一般 600~1 000 m<sup>2</sup>,在区域内架设跨越架施工,扰动方式与塔基施工区相似,以占压为主,主要影响土壤物理性质。总体来说,输电线路施工生产区施工过程中土石方工程较少,主要对表土产生占压破坏,扰动强度不大,因此可不剥离表土,在施工结束后进行场地平整,翻松表层土壤,也可根据土地恢复方向采取不同的方式改良土壤。比如,若土地恢复方向为林草地,则可种植有根瘤菌或其他固氮菌的绿肥植物;复耕的土地可通过施有机肥、无机肥和种植绿色植物等措施实现土壤培肥<sup>[9]</sup>。

表 1 输变电各水土流失防治分区表土剥离可行性分析

	分区	占地类型	扰动强度	扰动面积	扰动土石方数量	剥离可行性
变电站	站区	永久占地	强	5~10 hm <sup>2</sup>	5000~100000 m <sup>3</sup>	可行
	施工区	永久/临时占地	强	0.5~1 hm <sup>2</sup>	1000~3000 m <sup>3</sup>	可行/不可行
	进站道路	永久占地	强	实际情况	实际情况	可行
	进站管线	临时占地	弱	实际情况	实际情况	不可行
输电线路	塔基区	永久占地	强	200~400 m <sup>2</sup>	50~2 000 m <sup>3</sup>	可行
	施工汽运道路	临时/永久占地	强	5 m 宽占地	实际情况	可行
	人抬道路	临时占地	弱	2~3 m 宽占地	无	不可行
	牵张场地	临时占地	弱	2 m <sup>2</sup>	50~500 m <sup>3</sup>	不可行
	塔基施工区	临时占地	弱	300~1000 m <sup>2</sup>	50~300 m <sup>3</sup>	不可行
	跨越施工区	临时占地	弱	600~1000 m <sup>2</sup>	50 m <sup>3</sup> 以下	不可行

修建施工汽运道路时部分路段需要进行开挖平整以满足运输要求,破坏了土壤结构,彻底改变了土壤养分的初始条件,同时施工车辆来回运输,碾压地

表。对土地的破坏形式是压占和挖损,扰动强度较大,需剥离表土,施工结束后进行土地整治,覆表土恢复植被或复耕。人抬道路修建时需砍伐沿线植被,破

坏水土保持设施,同时施工人员背扛施工材料来回走动,碾压地表,但一般扰动持续时间较短且路面较窄,对地表的破坏较小,因此可不剥离表土,施工结束后平整、翻松地表。

**3.1.2 山西省各区域土壤类型分布及土壤表层剥离适宜性** 山西省主要的土壤类型有棕壤、褐土、栗钙土、栗褐土、初育土、草甸土、潮土、沼泽土、盐土、水稻土十大类<sup>[10]</sup>。由于成土母质、自然环境、人为干扰强度的不同,各类型土壤表层理化性质差异显著,因此需根据地表是否有明显腐殖质层或经过长期耕作熟化后产生的明显耕作层、表土有机质含量、保水保肥能力等土壤综合特征,具体分析每类土壤表土剥离适宜性。山西省按水土流失特征可分为晋西黄土丘陵沟壑区、晋西南黄土残塬沟壑区、晋西北黄土丘陵缓坡风沙区、土石山区、冲积平原区、黄土丘陵阶地区6个区,每个区域主要分布的土壤类型都不同,因此每个分区的可剥离表土分布范围及位置也不同。

晋西黄土丘陵沟壑区主要土地利用类型为在梁峁坡上大片开垦的旱地和其间断分布的退耕或人为破坏后形成的荒草地;其下的土壤主要是黄绵土和栗褐土,在少部分地区还分布有由于侵蚀切割作用强烈导致下伏红色风化壳裸露后形成的红黏土及在河流冲积扇上的粗骨土。其中黄绵土、红黏土、粗骨土等初育土由于侵蚀强烈,土壤处于初步发育阶段,母质特征明显,土壤分层不明显<sup>[10]</sup>;栗褐土理化性质虽略优于初育土,但表层也无明显熟化层或腐殖质层,表土有机质含量平均0.8%左右<sup>[11]</sup>,因此这一区域通常不需要剥离表土。但在沿河流一级阶地的狭长地带分布的小面积耕地,土壤类型一般为潮土,表层有20~25 cm的耕作熟化层,有机质含量1.2%左右<sup>[12]</sup>,适宜剥离。

晋西南黄土残塬沟壑区土地利用类型主要为旱地、林地和荒草地,土壤类型以褐土类为主。林地内土壤以褐土性土为主,零散分布有小面积的淋溶褐土,土壤表层有20 cm左右的腐殖质层和4 cm左右的枯枝落叶层,土壤有机质含量在1%以上<sup>[13]</sup>,其中淋溶褐土有机质含量较高,适宜剥离,因此工程施工扰动前应剥离表层枯枝落叶层及腐殖质层。旱地和荒草地土壤类型主要为褐土性土和石灰性褐土(有机质含量1%左右<sup>[14]</sup>),表层有20 cm左右腐殖质层或耕作熟化层,适宜剥离表土。北部靠近黄土丘陵沟壑区的永和县等地区分布有小面积的黄绵土,不需要剥离表土。

晋西北黄土丘陵缓坡风沙区内主要的土地利用类型为旱地及其中零散分布的荒草地和小片疏林地,

在西北角临近内蒙的地区有小块零星分布的沙地。土壤类型中面积最大的为淡栗褐土,这类土常年处于风、水侵蚀之下,土壤腐殖化过程与土壤侵蚀同时进行,成土过程微弱,母质特征较明显,土壤有机质含量0.5%左右<sup>[10]</sup>,不适宜剥离;其间分布有栗褐土,及小面积粗骨土、红黏土、风沙土,均不适宜剥离。仅在一些河流沿岸狭长地带分布的林地、草地、耕地分布有潮土,扰动前需要剥离20 cm左右表土。

土石山区,在海拔1 900 m以上的山顶平台、缓坡处分布着高山草甸,土壤类型为亚高山草甸土和山地草甸土,由于气候湿冷、植被良好,土壤表层积累了大量的有机质,含量约7%~9%,形成了4~11 cm左右的毡状草皮层及其下20 cm左右腐殖质层<sup>[15-16]</sup>,扰动前应将毡状草皮层及腐殖质层分层剥离。高中山区主要为覆盖度高的次生林或残存林,土壤类型主要为棕壤和淋溶褐土,土壤表层均有较厚的枯枝落叶层和腐殖质层,水、养分条件好,其中棕壤有机质含量高达6%~10%,土壤呈团粒结构,因此需剥离枯枝落叶层(厚度3~15 cm)及其下的腐殖质层(40 cm以上)<sup>[15-16]</sup>;淋溶褐土有机质含量3%~6%,腐殖质层厚度20~40 cm,均适宜剥离<sup>[16]</sup>。中低山区主要为疏林、灌丛、天然草地,土壤类型以褐土性土为主,需剥离表层约20 cm左右的腐殖质层。低山区土地利用类型有疏林、灌丛、荒草地及零散分布的旱地,主要为褐土性土或水养分条件较差的栗褐土,其下腐殖质层一般较薄,可根据实际情况确定剥离厚度,腐殖质层不明显可不剥离。如遇植被稀疏、土层极薄(石质土)的地区或山坡中下部植被长势差、土壤砾石含量高(粗骨土)的地区<sup>[16]</sup>,则不需要剥离表土。

冲积平原及阶地区的主要土地利用类型为耕地及荒草地。山西北部大同盆地内桑干河以北发育着大面积的栗钙土,由于土壤干旱,腐殖质累计不高,在1%以下<sup>[17]</sup>,土壤分层不明显,不适宜剥离;而桑干河以南主要分布着栗褐土,也不适宜剥离;盆地内各大河流的一级阶地主要分布着盐化潮土,表层含盐量高,不适宜剥离;仅在沿河分布的小面积耕地土壤为潮土,需剥离20~25 cm左右的耕作层土壤。其他盆地在大河流冲积平原及一级阶地大面积分布着潮土和褐土类,二级及高阶地、平缓的洪积扇下部主要分布着褐土类,这几类土壤经过常年的耕作、熟化,表层20~25 cm的耕作层土壤肥沃疏松,适宜剥离;而在一些河流一级阶地、冲积平原低洼处及高河漫滩、一级阶地上分别分布有一定面积的盐渍化土壤和沙砾含量高的河流冲积土,其表层土壤理化性质恶劣,土壤发育程度低,不适宜剥离表土。

### 3.2 临时占地覆盖技术

在输电线路工程的塔基施工区、牵张场、施工临时道路等区域施工期间由于场地平整、材料堆放、设备安装、汽车运输等活动,对地表土体造成破坏,在没有防护措施的情况下易产生水土流失;施工结束后又要进行大量的土地整治工作,再次扰动地表,产生新的水土流失。而如果对这类施工临时占地用土工布或钢板等材料进行临时覆盖,可以避免地表裸露,不仅可以显著降低施工活动对地表的扰动强度,特别是对表土的破坏程度,还可以阻断降雨、径流与土体的接触,使区域内水土流失强度显著降低。另外,由于降低了施工期对地表的破坏程度,因此施工结束后的土地整治工程量会显著减少,二次扰动造成的水土流失也会减少。统计结果表明,采用临时覆盖技术平均可减少水土流失量 1 534 t,每 1 hm<sup>2</sup> 减少 22 t,占项目区水土流失总量的 21%。采用临时覆盖措施后减少了临时堆土防护措施、土地整治等水保措施的工程量,同时降低了植被恢复难度,也减少了相应的投资,每公顷可节约 19 000 元左右,占水土保持措施总投资的 8%左右。

总之,对施工生产区及临时道路采取临时覆盖措施,可使由主体工程施工及水土保持实施过程中对该区域地表的扰动降到最低,水土流失防治效果显著,且降低了水土流失防治成本。

## 4 结论与建议

(1) 输变电工程主体设计及施工中通过采用原状土基础及在山丘区选用长短腿配高低基础等低扰动的塔基和塔型设计,能够减少扰动面积及强度,显著降低临时堆土和弃渣量,从而减少水土流失;通过采用索道这类低扰动运输方式及不落地放线技术,减少水土保持设施破坏面积及扰动时间,从而减少水土流失。因此应优化主体工程设计,采用这类低扰动施工方式,从根源上控制水土流失。

(2) 水土保持措施设计中应秉承水保措施的实施所产生的扰动最小的原则。设计表土剥离范围及厚度时应针对各水土流失防治分区及区域内表土特性进行具体分析,避免多余的扰动及表土临时堆存防护措施的布设。推荐在施工场地采用临时覆盖措施,因为其不仅对防止主体工程施工过程中的水土流失

具有良好的效果,还可以减少施工结束后土地整治这类地表扰动较强的水保措施的工程量。

### 参考文献:

- [1] 杨文姬,孙中峰,乔锋.对华北地区 500 kV 输变电工程水土保持的认识与建议[J].中国水土保持科学,2011,9(6):79-82.
- [2] 孙中峰,蔡建勤,王愿昌,等.山西省输电线路工程水土保持方案相关问题探讨[J].水土保持通报,2008,28(5):21-24.
- [3] 刘卉芳,徐永年,池春青,等.云南省输变电工程水土流失特点浅析[J].水土保持研究,2008,15(2):133-135,138.
- [4] 许佩瑶,楚秀杰,张凡,等.华北南部山丘区和平原区某 500 kV 输变电工程水土流失防治措施[J].亚热带水土保持,2012,24(1):56-58,64.
- [5] 郑卫锋,杨建,鲁先龙,等.750 kV 同塔双回紧凑型输电线路杆塔基础的选型研究[J].电力建设,2009,30(6):22-24.
- [6] 杨家旺.输变电工程水土流失规律研究及防治对策[D].武汉:华中农业大学,2010.
- [7] 王卫.输电线路杆塔及基础设计中的环境保护措施[J].西北水力发电,2005(21):25-26.
- [8] 贺亮,李光伟,刘国东,等.500 kV 输变电工程水土流失及综合防治[J].亚热带水土保持,2007,19(4):48-51.
- [9] 中国水土保持学会水土保持规划设计专业委员会.生产建设项目水土保持设计指南[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [10] 刘耀宗,张经元.山西土壤[M].北京:科学出版社,1992.
- [11] 张毓庄,张赓,郑家焯.山西栗褐土[J].山西农业大学学报,1987,7(2):237-247.
- [12] 孙树荣,雷秋良,李桂花,等.山西省忻府区土壤养分特征[J].中国农学通报,2012,28(12):72-77.
- [13] 郑国宏.晋中市土壤养分动态变化长期定位研究[J].山西农业科学,2010,38(7):66-69.
- [14] 林成谷,李中平,张毓庄,等.山西石灰性褐土地带提高磷肥肥效的研究[J].土壤通报,1964(1):4-12.
- [15] 陆欣,王申贵,王海洪.山西五台山垂直带谱土壤磷酸酶活性与有机磷含量关系研究[J].土壤通报,1995,26(4):159-161.
- [16] 赵淑娟,蒋世泽.五台山森林植被及土壤资源[J].五台山研究,1988(4):42-46.
- [17] 林大仪,王志亚.对山西雁北地区栗钙土分类命名的商榷[J].土壤通报,1991,22(6):241-244.