DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.05.006

紫色土丘陵区田间道基础及工程处理①

刘　波，　钟守琴，　魏朝富

西南大学 资源环境学院，重庆 400716

摘要：紫色土丘陵山区地形起伏不平，不同的地形部位形成不同的土地利用类型，具有不同路基基础. 本文针对紫色土丘陵山区冲田(冬水田)、塝田(水旱轮作田)和旱地路基基础，进行田间道路基分析及路基处理研究. 冲田粘粒含量最大，达到 41.35%；塝田次之，含量为 22.25%；旱地最小，含量只有 11.23%. 冲田的塑性指数最大，达到 21.47；塝田次之，为 16.98；旱地最小，只有 8.11. 田间道过冲田段主要为填方路段，淤泥较多，力学性质差，路基处理时先挖除 1 m 厚的淤泥，然后换填取自旱地的路基土，并分层碾压，压实度大于 90%，道路两侧设计条石挡土墙；塝田段先换填 0.5 m 厚的淤泥，同时增高路基以保证道路连续，然后碾压；旱地段只需清除表层腐殖土后铺设路面材料，不做特殊处理.

关　键　词：土地利用方式；田间道；路基土换填；挡土墙

中图分类号：S28；X144　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673－9868(2015)05－0038－07

紫色土丘陵区是长江中上游重要的农业耕作区，有着多种多样的土地利用类型，不同土地利用类型下的土壤有着不同的理化性质[1]. 目前，土壤侵蚀特征[2]、泥沙养分的流失状况[3]以及用地的类型与土壤的结构质量关系等方面[4－6]都得到了广泛关注，而对道路路基设计的研究主要集中于铁路、等级公路和高速公路[7]. 公路路基施工对于道路施工具有非常大的重要性[8]，影响农村道路路基稳定性的因素不仅有土壤条件、工程地质条件和水文地质条件[9]，地面坡度和填土内摩擦角也是影响填方边坡稳定性的主要因素[10]. 丘陵区山丘从丘顶到谷底的土地利用类型依次为旱地、塝田、冲田. 旱地主要种植玉米、红薯等作物；塝田即水旱轮作田，雨季种植水稻，土壤处于淹水条件，旱季种植油菜等旱作作物；冲田即冬水田，土壤全年处于淹水条件. 农村田间道路工程设计不同于其他道路设计，路面宽度一般在 3～6 m[11]，长度较短，弯道多而急，特别是在丘陵区和山区[12]. 农村田间道路的布设不可避免的会通过旱地、塝田和冲田，本文将以一条新建田间道为例，对旱地、塝田和冲田的土体性质的进行分析，从而提出不同土地利用类型下田间道路基的特殊处理方案.

1　研究区概况

本文研究区位于重庆市合川区官渡镇菊星村，介于 30°05′59″－30°07′46″N，106°23′18″－106°24′53″E 之间，海拔在 259～324 m 之间，属丘陵宽谷区. 研究区位于基本农田保护区范围内，区内土壤为侏罗系沙溪庙组发育形成的紫色土和紫色水稻土. 旱地种植模式为玉米—红薯—豆类；塝田种植模式为水稻—油菜；冲田主要种植水稻，水稻收割后蓄水. 研究区雨量充沛，年降水量 1 145 mm，年蒸发量 850 mm[13].

① 收稿日期：2014－01－02
基金项目：国家科技支撑计划项目(2013BAJ11B02).
作者简介：刘　波(1989－)，男，重庆垫江人，硕士研究生，主要从事土壤物理与工程方面的研究.
通信作者：魏朝富，研究员，博士研究生导师.

2 材料与方法

以重庆市合川区官渡镇菊星村土地整治项目为例，选取研究区中部菊星村三社四方井院子附近规划的新建田间道为研究对象. 该田间道将路边两个较大居民区与研究区西南部主干田间道以及东北部规划改建的公路相连，同时穿越冲田、塝田、旱地路段，其规划位置及周边地形如图1所示.

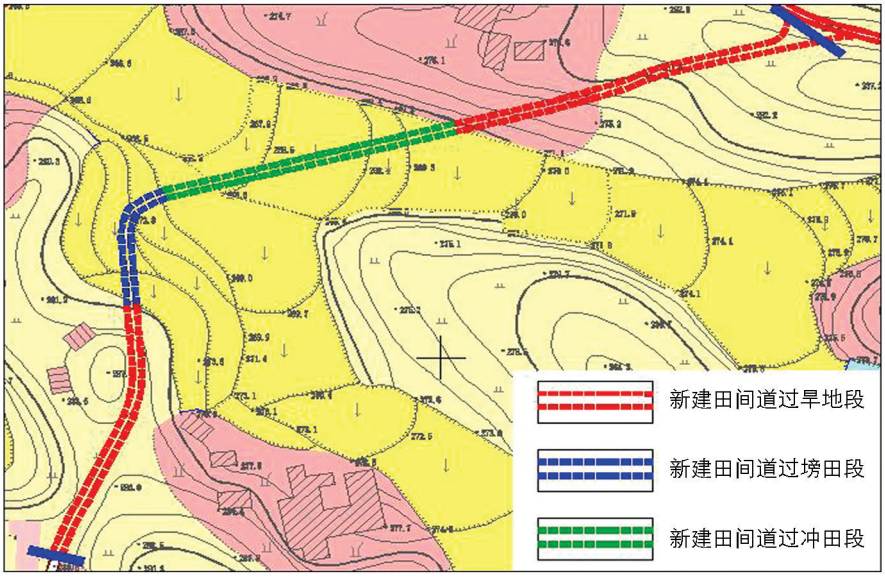


图1 田间道区位图

取不同路段的路基土样进行分析，具体试验方法如下：

1) 选取不同路段(旱地、冲田和塝田)的典型断面，并挖取土壤剖面，描述土壤剖面特征.

2) 对土壤剖面进行取样分析，每个断面取3个平行土样. 土样取得后，用液塑限联合测定仪测定液限、塑限，然后计算得到塑性指数，用烘箱法测定土壤含水率，用筛洗法和吸管法测土的粒径级配. 各试验做3次重复.

3) 利用纬地道路设计软件(HintCAD5.88)提取道路纵断面图(图2)，根据挖填方平衡及田间道路设计坡度要求确定路基高程线，并结合测得的土样数据找出不同路段的路基特殊处理方案.

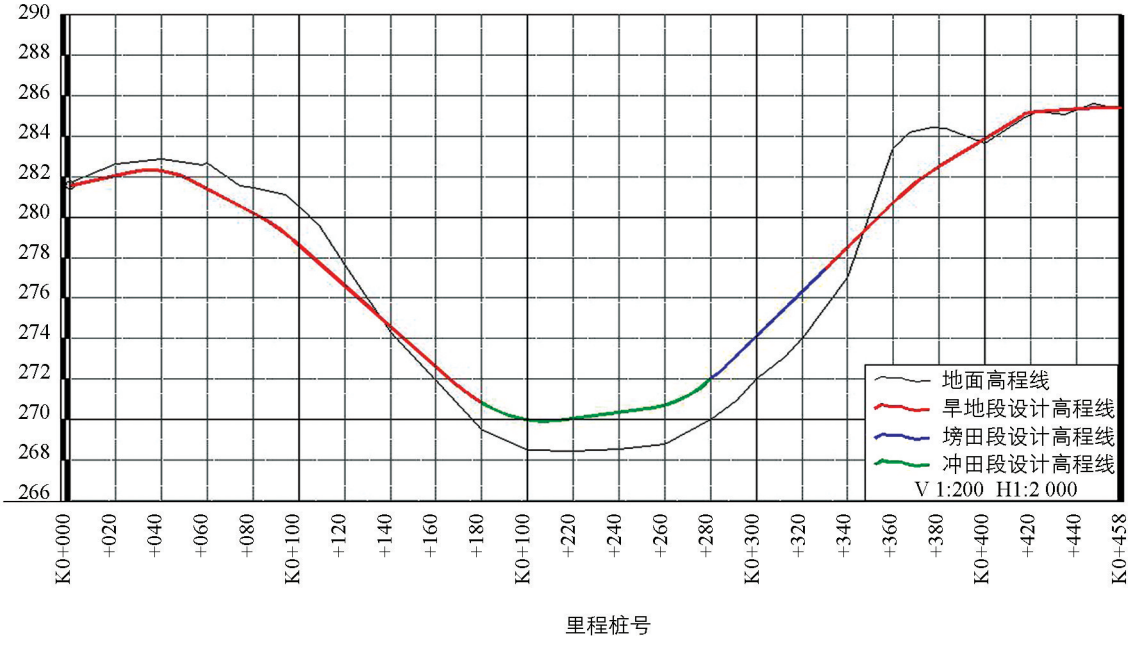


图2 田间道纵断面图

3　结果与分析

3.1　冲田土体性质及路基处理

3.1.1　冲田土体性质

冲田地段地势低洼，地下水或地表水丰富，长期受水浸泡，造成土质软化及有机物淤积，力学性质普遍低，含水量高，抗剪强度弱、易触变，为高液限土. 根据实验测定，该段田间道路基土天然含水量可以达到 100%，土壤空隙比较接近 1. 液限＞50，塑性指数在 20～23 之间，其中粘粒(＜0.002 mm)含量大于 40%. 土体的内摩擦角小，粘结力较大，保水性好，并有较大的可塑性. 土的强度与含水量的关系密切，含水量高时，土体强度很低，含水量低时，土体强度则强度较高. 土在击实状态下，结构较紧密. 反映在工程上，天然土体含水量高，不易蒸发，即使晾晒也难以达到最佳含水量，往往上干下潮，碾压时易产生“弹簧”，干燥时出现较大收缩裂缝. 反之，含水量较低时，土块强度很高，土体很难粉碎.

研究区冲田段土壤剖面如表 1 所示，其主要物理性质如表 2 所示.

表 1　冲田段土壤剖面特征

剖面图	深度/cm	层次	质地	结构	颜色	坚实度
	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	A 淹育层(0～25 cm) P 初期潴育层(25～50 cm) W 潴育层(50～90 cm) G 潜育层(＞90 cm)	重壤 轻粘 中粘 重粘	粒状 棱柱状 小块状 无	灰棕色 灰棕色 灰棕色 青灰色	较疏松 较紧实 紧实 紧实

表 2　冲田段土壤的主要物理性质

土地利用类型	2～0.05 mm/%	0.05～0.002 mm/%	＜0.002 mm/%	液限/%	塑限/%	塑性指数
冲田	15.31	43.34	41.35	50.23	28.76	21.47

3.1.2　冲田段路基处理

冲田(冬水田)地段的土质适合施工的含水量控制幅度较小，路基受天然降水影响大，对田间道的路基稳定和沉降会产生不利影响. 因此，需对其进行特殊处理，提高地基强度，满足路基的稳定和施工后的沉降要求. 根据冲田地段土性及地形条件，本研究对该地段的路基采取换填法. 换填土源可以从研究区的新修道路附近旱坡地以及荒地上选取工程性质较好但是土壤肥力较差的土，这样最为方便，而且土方运距短，花费低.

采用换填法对冲田地段的路基进行处理时需注意以下几点：首先，挖除冲田的软弱土层，直至挖至紧实的硬土层为止；然后，换填工程性质较好的土，换填土源可以从研究区的新修道路附近旱坡地以及荒地上，取工程性质较好但是土壤肥力较差的土，换填的新路基土应分层压实，每铺 0.25 m 厚应压实 1 次，压实度控制在 90%以上. 冲田段多数常年积水，因此换填的土石方压实后应该高于冲田的田面 1 m 以上.

该田间道冲田段地面线以下需要挖 1 m 才能达到硬质基层，因此需要换土的深度为 1 m. 另外考虑道路纵坡应符合要求，因此该段田间道设计路基标高高于原田面线 1.5 m，在开挖淤泥后需要填土的高度为 1.9 m. 另在路基两边设计挡土墙以保持路基足够的稳定性，具体设计如图 3 所示.

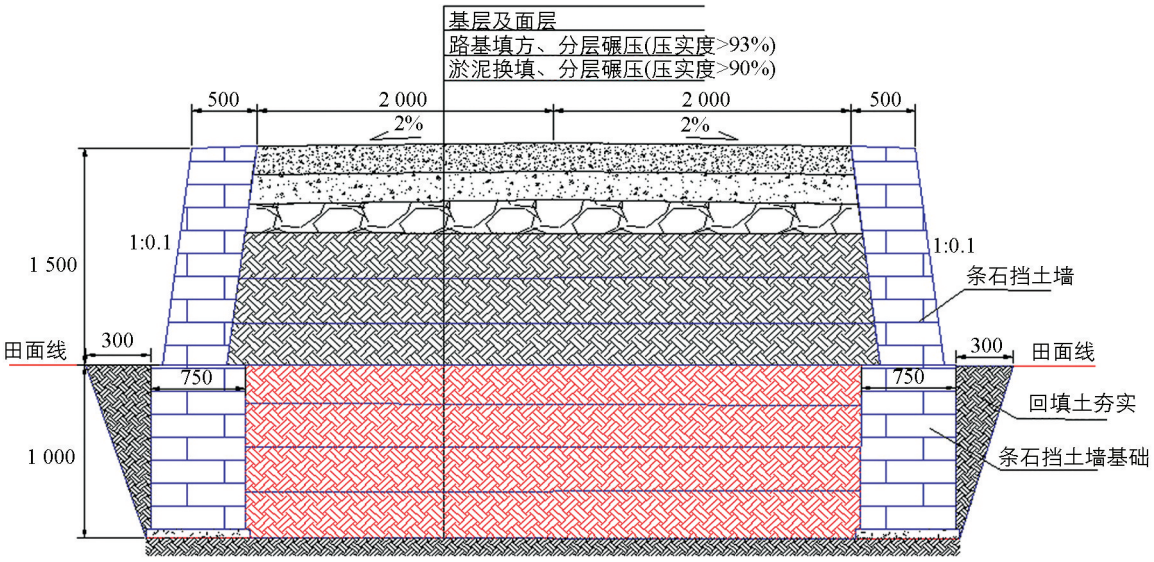


图3 过冲田段田间道横断面图

3.2 塝田土体性质及路基处理

3.2.1 塝田土体性质

紫色土丘陵区塝田(水旱轮作田)占着水田的绝大部分，分布范围较冲田更广，也是新建田间道时经常要穿过的区域. 塝田的地势较冲田高，土质软化程度较冲田低，有机物淤积较少，力学性质不高，含水量较高，抗剪强度较小，天然含水量在50%左右，土壤空隙比较接近1. 液限>40，塑性指数在15～25之间，其中粘粒(<0.002 mm)含量小于30%. 土体的内摩擦角小，粘结力不大，保水性好，并有一定的可塑性. 土的强度与含水量的关系密切，含水量高时，土体强度很低，含水量低时，土体强度较高. 塝田段土壤剖面特征如表3所示，其主要物理性质如表4所示.

表3 塝田段土壤剖面特征

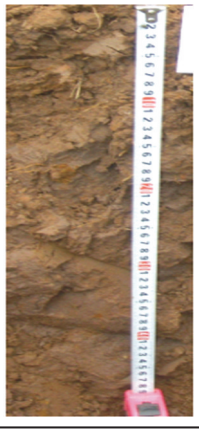
剖面图	深度/cm	层次	质地	结构	颜色	坚实度
	0 10 20 30 40	A淹育层 (0～20 cm) P初期潴育层 (20～40 cm) W潴育层 (>40 cm)	中壤 中壤 重壤	粒状 小棱柱状 块状	灰棕色 灰棕色 (少量胶膜) 灰棕色 (少量胶膜)	较疏松 较紧实 紧实

表4 塝田土壤的主要物理性质

土地利用类型	2～0.05 mm/%	0.05～0.002 mm/%	<0.002 mm/%	液限 w_1/%	塑限 w_p/%	塑性指数 I_P
塝田	33.86	43.89	22.25	44.35	27.37	16.98

3.2.2 塝田段路基处理

在塝田地段新建田间道时，同样用换填法对路基土进行特殊处理，换填的深度为0.5 m. 同时考虑道路

纵坡及道路连续性要求，换填后应继续填方使道路前后连续. 换填及填方路基土应每 0.25 m 厚碾压 1 次，压实度应高于 93%，同时考虑路基边坡稳定，然后铺设路面. 塝田段田间道横断面如图 4 所示.

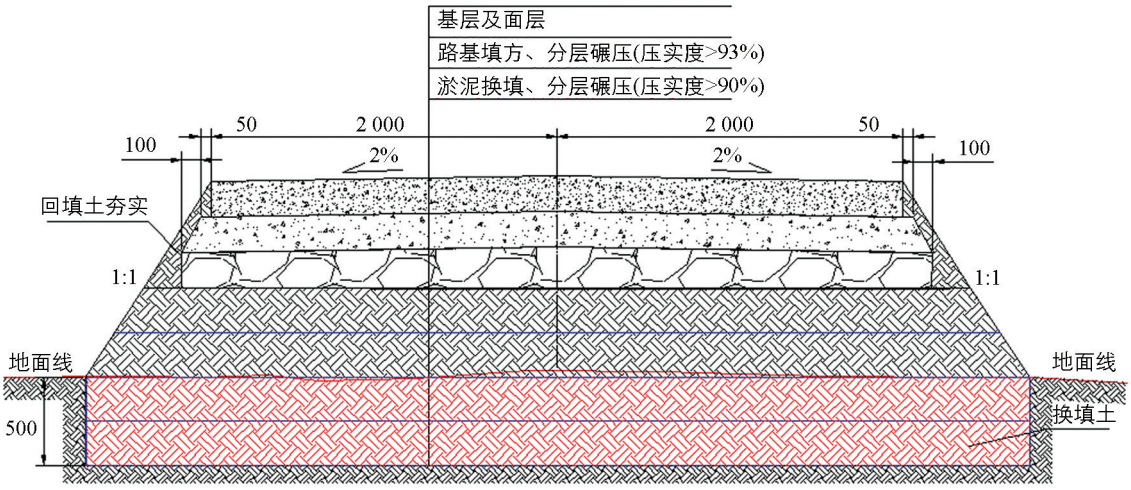


图 4　过塝田段田间道横断面图

3.3　旱地土体性质及路基处理

3.3.1　旱地土体性质

紫色土丘陵山区旱地多分布在丘顶或丘坡上，分布范围较水田更广，也是新建田间道时常穿过的耕地类型. 根据测得的剖面数据可知，旱地土质地以中、砂壤为主，机械组成以大粒为主，粘粒含量为 11.23%. 塑性指数较低，力学性质较好，抗剪强度较高. 旱地段土壤剖面特征如表 5 所示，其主要物理性质如表 6 所示.

表 5　旱地段土壤剖面特征

剖面图	深度/cm	层次	质地	结构	颜色	坚实度
	0 10 20 30 40	A 耕作层 (0～25 cm)	中壤	砾状	红棕色	疏松
		B 心土层 (25～40 cm)	砂壤	小块状	红棕色	疏松
		C 底土层 (>40 cm)	砂壤	块状	红棕色	疏松

表 6　旱地段土壤的主要物理性质

土地利用类型	2～0.05 mm/%	0.05～0.002 mm/%	<0.002 mm/%	液限 w_1/%	塑限 w_p/%	塑性指数 I_P
旱地	57.68	31.09	11.23	33.58	25.47	8.11

3.3.2　旱地段路基处理

新建田间道旱地段路基设计不需进行换填处理，只需掘除地表的腐殖土层，挖松、整平，然后对路床进行碾压，使其压实度达到 93%以上，最后铺设路面基层及面层即可，设计横断面如图 5 所示.

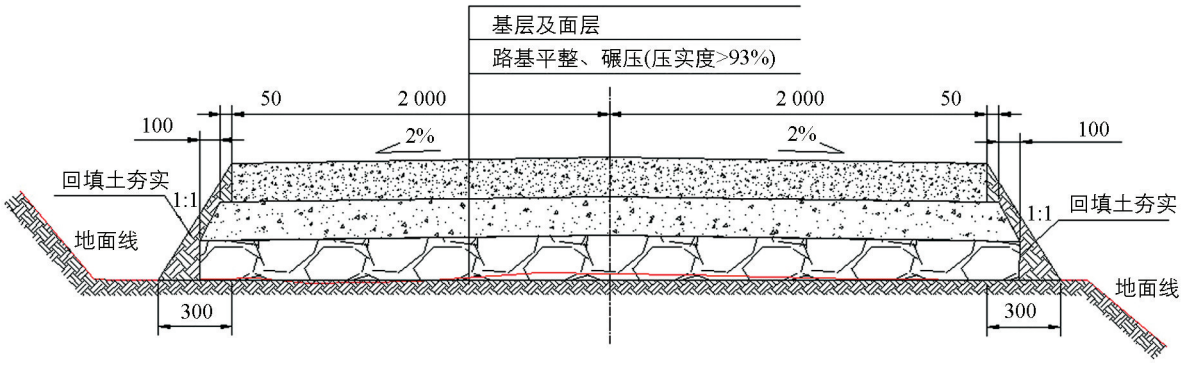


图5 过旱地段田间道横断面图

4 结论与讨论

紫色土丘陵区不同的土地利用方式下的路基土有不同的性质，各路段的路基应区别处理. 冲田段土壤粘粒含量较大，抗剪强度低、易触变，为高液限土，力学性质普遍低，新建田间道时路基应进行换土处理，换填厚度应根据土壤剖面特征确定，同时，道路两侧应设置挡土墙以保证路基稳定性不受水侵蚀. 塝田的地势较冲田稍高，新修路基时，根据土壤力学特征确定是否换填土及换填深度. 旱地段则只需挖除地表腐殖土，挖松、整平，然后对其进行碾压并铺设路面即可. 压实填土的内摩擦角随压实度的增大而增大，路基的稳定性很大程度上决定于道路的压实度. 因此对田间道换填土基础和填方土路基应分层碾压，分层厚度应小于0.3 m，下路基的压实度应严格控制在90%以上，上路基的压实度应控制在93%以上.

道路施工具有诸多风险因素[14]，因此，国内路基的换填技术得到了前所未有的发展，曾帆[15]等研究了绥满国道主干线博克图—牙克石高速公路的路基换填碾压技术，换填深度在1～3 m；得出连霍国道主干线果子沟—霍尔果斯口岸段高速公路换填深度为0.75 m. 为保证道路稳定性，不仅要进行路基换填，并且在换填后要碾压，使压实度达到要求，否则会产生远大于预计的工后沉降. 例如日本建于黏土上的一高速公路，运行5a后发生2 m的沉降量[17]，远超设计预期；日本一机场高速公路建成正式运行后，因行车动荷载引起的工后沉降量约占总沉降量的30%[18].

因此，影响道路路基稳定性的因素不仅有路基土特性，还有压实度、放坡系数等施工条件，除此之外还有排水情况等外部条件. 本文仅从路基土特性和工程处理两个方面研究了紫色土丘陵区田间道的特殊设计，更深入的研究还待进一步进行.

参考文献：

[1] 谢均强，史东梅，张 兵，等. 紫色丘陵坡地不同用地类型土壤理化特征分析[J]. 西南大学学报：自然科学版，2008，30(9)：108－112.

[2] 韩建刚，李占斌. 紫色土小流域土壤流失对不同土地利用类型的响应[J]. 中国水土保持科学，2005，3(4)：37－41.

[3] 刘刚才，高美荣，张建辉，等. 川中丘陵区典型耕作制下紫色土坡耕地的土壤侵蚀特征[J]. 山地学报，2001(Z1)：65－70.

[4] 何毓蓉，廖超林，张保华. 长江上游人工林与天然林土壤结构质量及保水抗蚀性研究[J]. 水土保持学报，2005，19(5)：1－4.

[5] 王子芳，屈双容，李阳兵，等. 重庆岩溶地区不同土壤类型的土地利用多样性分析[J]. 水土保持学报，2006，20(2)：153－156，196.

[6] 李阳兵，高 明，魏朝富，等. 土地利用对岩溶山地土壤质量性状的影响[J]. 山地学报，2003，21(1)：41－49.

[7] 修维宁. 紫色土丘陵山区田间道路基工程设计[D]. 重庆：西南大学，2011.

[8] 魏牧林. 浅论公路路基施工重要性及其关键环节[J]. 城市道桥与防洪，2013(1)：100－101，104.

[9] 修维宁，魏朝富，张仕超，等. 丘陵山区农村道路路基稳定性及影响因素研究 [J]. 长江科学院院报，2010，27(11)：33－39.

[10] 汪自书，高启辉，刘语凡，等. 快速城市化地区道路对两侧土地利用影响模式研究 [J]. 中国环境科学，2009，29(4)：437－442.

[11] 中华人民共和国国土资源部. TD/T 1033-2012 高标准基本农田建设标准 [S]. 北京：2012.

[12] 严　飞，张仕超，魏朝富，等. 长江上游地区经济腹地农村道路体系的优化与网络分析 [J]. 西南大学学报：自然科学版，2013，35(1)：128－137.

[13] 蔡建华，华荣强，李俊英，等. 重庆合川近 28a 蒸发特征分析 [J]. 气象科学，2008，28(增刊)：115－118.

[14] 李婷婷，沙爱民，卢正宇，等. 山区公路施工安全评价中聚类分析的应用研究 [J]. 西南师范大学学报：自然科学版，2013，38(6)：47－53.

[15] 曾　帆，张　鑫. 软土路基换填冲击碾压技术及相关工程实践分析 [J]. 黑龙江交通科技，2012，(12)：31，33.

[16] 毛爱民. 路基换填深度的计算与探讨 [J]. 山西建筑，2009，35(7)：273－274，294.

[17] SAKAI A，SAMANG L，MIURA N. Partially-Drained Cyclic Behavior and Application to the Settlement of a Low Embankment Road on Silty-Clay [J]. Soils and Foundations，2003，43(1)：33－46.

[18] YASUHARA，KHIRAO K，HYODO M. Partial-Drained Behavior of Clay Under Cyclic Loading [C] //Proceedings of the 6th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics. Rotterdam：Balkema A A，1988：659－664.

The Subgrade of Field Roads and Their Engineering Treatment in Hilly Areas of Purple Soil

LIU　Bo，　ZHONG Shou-qin，　WEI Chao-fu

School of Resources and Environment，Southwest University，Chongqing 400716，China

Abstract：In the hilly areas of purple soil，where the terrain is uneven，there are different cultivated land types and diverse subgrade foundations in different geographical locations. In a study reported in this paper，the subgrade foundations of field roads in valley paddy fields (winter paddy fields)，slope paddy fields (paddy rice-upland crop rotation fields) and dry land in the hilly areas of purple soil were investigated，and their engineering treatments were studied. The valley paddy fields contained the greatest amount of clay (41.35%) and plasticity index (21.47)，followed by the slope paddy fields (22.25% and 16.98) and dry land (11.23% and 8.11). The section of a field road through the valley paddy field is normally characterized by much silt and poor mechanical property. It is recommended，therefore，that in the treatment of its subgrade，excavation of the silt be made with a depth of 1 m at first，followed by its replacement with the subgrade soil from dry land and roller compaction layer by layer to achieve a compactness of >90%，with retaining walls on both sides of the road. For the section a field road through the slope field，it is advisable to replace the silt 0.5 in depth with the soil from dry land and raise the subgrade so as to ensure a continuous road before roller compaction. For the section a field road through dry land，no special treatment is needed. However，the surface humus soil should be cleared before the pavement materials are laid.

Key words：land use type；field road；replacement of subgrade soil；retaining wall

责任编辑　陈绍兰