

贵州

廖义玲 朱立军 著

贵州人民出版社

Guizhou Tansuanyanyan Hongtu

碳酸盐岩红土

图书在版编目(CIP)数据
贵州碳酸盐岩红土/廖义玲,朱立军著. —贵阳:贵
州人民出版社,2004.7
ISBN 7-221-06492-X

I. 贵… II. ①廖…②朱… III. 碳酸盐岩—红壤
—研究—贵州省 IV. P588.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 067836 号

责任编辑:黄筑荣
装帧设计:周子鸿

贵州碳酸盐岩红土

廖义玲 朱立军 著

出版:贵州人民出版社
贵阳市中华北路 289 号
经销:新华书店
印刷:贵州兴隆印务有限责任公司
规格:787×1092mm
开本:16
印张:10.75
字数:199(千字)
2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷
书号:ISBN 7-221-06492-X/G·2305
定价:18.00 元

此书由以下基金项目资助出版

1. 国家自然科学基金项目“碳酸盐岩红土氧化铁矿物与微结构及其力学效应定量研究” 项目批准号(NO.49962002)
2. 贵州省科学技术基金项目“岩溶粘土中土—水—离子作用及力学效应研究” 项目批准号 计字(2001)3073号
3. 贵州工业大学重点课程建设项目“工程岩土学课程建设与教学改革” 项目批准号 2000—1号

内容简介

贵州省是中国典型的喀斯特地貌分布区,碳酸盐类岩石出露面积在全省占70%以上,不仅喀斯特地貌种类齐全,由碳酸盐岩风化形成的红土也分布广泛,性质典型,具有与其他母岩形成的红土不同的成因和一些不同的性质,还会产生一些相应的工程地质问题 and 环境问题。本书共八章,分别从碳酸盐岩红土的研究历史、地质特征、物质组成和结构、土与水的相互作用、物理力学性质,特殊的土性和土体特征及成因进行了系统的研究和论述,并分析了碳酸盐岩红土特殊性的本质与产生的工程和环境方面的问题。

本书吸收了作者近年来的最新科研成果,可作为相关专业研究生教材和本科生工程岩土学课程的补充教材,以及高等院校本科生的选修课教材,也可供相关专业人员参考。

前 言

碳酸盐岩红土在中国的分布面积达一百万余平方公里,是我国的主要土类之一。主要分布在我国北纬 33° 以南、西藏高原以东的广大地区,覆盖在碳酸盐岩系地层之上,是碳酸盐岩分布地区重要的建筑物地基土类,道路边坡土类,建筑材料和环境介质,同时也是土层贫乏的碳酸盐岩地区,尤其是碳酸盐岩山区宝贵的土地资源,对碳酸盐岩山区脆弱的喀斯特环境保护和可持续发展有着十分重要的意义。

贵州省是中国主要的喀斯特地貌分布区,碳酸盐类岩石的出露面积占全省岩石出露面积的70%以上,地表岩溶形态和地下岩溶形态都十分发育,不仅种类齐全,分布范围广,而且具有很多独特的特征,不但在全国范围内具有典型性,就是在世界范围内也是具有典型特征的,这引起了许多中外学者的重视,也在相关领域展开了不间断的研究,如对地表岩溶形态的研究,贵州岩溶地貌中夷平面的划分,岩溶景观旅游资源的评价与开发,岩溶的形成条件和形成机制,岩溶洞穴堆积物的形成演化,岩溶地区水库渗漏的评价与防治,岩溶地下水库的开发建设等方面进行了广泛深入的研究,发表了不少的专著和论文,取得了大量的研究成果。

作为碳酸盐岩风化后在地表形成的堆积物,在特殊的湿热交替气候条件下形成了碳酸盐岩红土,碳酸盐岩红土与岩溶洞穴堆积物一样,也是岩溶作用的产物。在整个岩溶作用过程、岩溶生态环境及岩溶地貌形态和洞穴及地表堆积物的体系中,各个环节相互联系并相互影响,因此,对碳酸盐岩红土的研究,也是研究岩溶体系的一个不可缺少的部分。但至今为止,将碳酸盐岩红土作为整个岩溶体系的一部分并将它的研究内容与岩溶作用过程有机地联系起来的成果并不多见,也还未见一本关于碳酸盐岩红土研究的专著。主要的研究成果多为专门性领域中对碳酸盐岩红土问题的研讨,发表的论文虽然涉及到碳酸盐岩红土的工程特性、物理力学性质、成因、特殊性、分类及地基承载力标准等方面,近年来也有不少关于碳酸盐岩红土成分和微结构研究的文章,但还是缺乏整体性,对各个方面之间的相互联系以及碳酸盐岩红土与其它母岩红土性质差异的原因研究、岩溶作用对碳酸盐岩红土特殊性的控制作用等研究尚显不足。作者在前人对碳酸盐岩红土力学特性研究及其它研究工作的基础上,承担了国家自然科学基金项目“碳酸盐岩红土氧化铁矿物与微结构及其力学效应定量研究”,贵州省科学技术基金项目“岩溶粘土中土—水—离子作用及力学效应研究”、中

国科学院地质研究所工程地质力学开放研究实验室基金项目“红粘土的工程地质研究”、贵州工业大学科研项目“粘土的三相作用对物理力学指标的影响”等科研课题,对贵州的碳酸盐岩红土进行了全面的、系统的研究工作,书中的大部分内容分别是这些科研项目的阶段性研究成果。

本书的前言、绪论、第一章、第四、五、六、七、八章由廖义玲教授执笔,第二章及第三章由朱立军教授执笔,全书最后由廖义玲定稿。

由于作者水平所限,书中难免出现不足之处,恳请同行提出批评和建议,并共同研讨新的问题。

作者

2003年12月于贵阳

绪 论

第一节 碳酸盐岩红土的定义和归属

一、红土的定义和分类

红土因呈现红色而得名。按分布地域和气候等条件的不同,有砖红色、棕红色、褐黄色、褐红色等颜色的红土。国内外已有的大量研究资料表明,红土之所以呈现深浅程度不同的红色,是土中的氧化铁物质富集引起的,所以红土的形成都经历了富集氧化铁等物质的地球化学作用,称为红土化作用。

红土化作用是一种特殊的地球化学作用过程,是在适宜的气候、水文地质、地形、岩性等条件下才能进行的,其中气候条件起着决定性的作用。因此,红土的分布具有明显的地域性特点。适宜的温度和降水量以及蒸发和降雨的干湿季节交替明显,是形成红土的重要条件。图 0.1 反映了红土形成的温度和降水量范围。

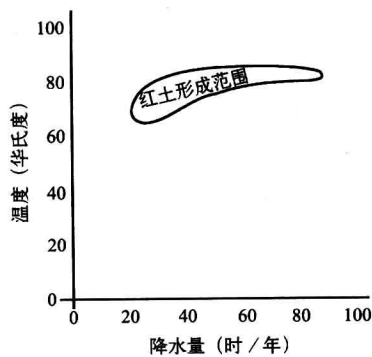


图 0.1 成土水热范围
(据 Voloboyev)

水文地质和地形条件对红土的形成也是重要的。在中度切割的低山丘陵区,利于风化作用和堆积作用进行,红土多发育在这种地形地貌单元上。

母岩的成分也对红土的形成和性质有很大的影响,尤其是对形成红土的初期阶段的风化作用影响很大,对后期的红土化作用程度也有影响。这使得不同母岩形成的红土虽然都具有红土化带来的共性,也具有明显不同的地质特征和一些特殊的性质。碳酸盐岩红土就因为母岩的可溶蚀性强,成土早期经历的风化作用中化学溶蚀与物理风化作用的比例远高于其它母岩,而具有与其它母岩形成的红土不相同的一些特殊性质。

母岩风化后经红土化作用而形成红土,包括了干季、湿季和过渡期铁的氧化、沉淀和结晶作用。氧化铁普遍存在于红土中,以不同的形态存在,并在土中起着不同的作用,在不同类型的红土中含量也不相同。但有一点是共同的,红土中的氧化铁都有一部分对土粒产生了胶结连结作用,这使得红土比与其物理性质相近而没有这种连结的一般粘性土的工程性质要好,这是红土化作用使红土具有的共性。所以可以按经历红土化作用来区分红土和其它土类。红土是经历过红土化作用而富含氧化铁的地域性特殊土。

环境条件及母岩岩性不同会使成土初期的风化类型和强度、后期的红土化作用程度都不相同,因而红土的物理力学性质及工程性质变化范围很大,有的还具有自身特有的一些性质。所以在认识了红土化作用形成红土的特性之后,有必要对红土再进行分类,进一步认识不同类型红土性质间的差异。

对红土进行进一步的分类以便更好地掌握不同红土的特性,正确地进行工程性能的评价,是国内外学者都十分关注的问题。地质学家、土壤学家和工程师们提出了许多方案并对分出的各类红土进行了定义,这中间也有许多争议。

国外的土壤学家 Martin 和 Doyme 首先对红土中大小不同的颗粒进行了化学分析,他们认为红土中粘粒的硅铝比能反映出土的红土化程度,提出了按粘粒的硅铝比进行分类;Jacques de Medina 采用了土中二氧化硅和倍半氧化物的比值来对红土进行分类(见表 0.1)。

表 0.1 红土的分类

分类 \ 指标	Kr	备注
红土	< 1.33	$Kr = \frac{\% SiO_2 / 60}{\% Al_2O_3 / 102 + \% Fe_2O_3 / 160}$
红土性土	1.33 ~ 2.00	
非红土性土	> 2.00	

我国也有很多学者对红土提出过分类和定义。卞富宗(1979年)曾经指出,

有根据铁衣的厚薄,把生成的土分为红土和红土性土的,并将其限制为岩浆岩经热带风化作用而形成的残积、坡积土,也有人建议凡“淋洗出二氧化硅、碱和碱土金属,浓集水化态的氧化铁、铝”的都定名为红土和红土性土;还有人认为由凡岩浆岩和沉积岩风化而成的各种红棕色、黄棕色和红色的粘土,无论是残积、坡积、甚至洪积,都可定名为红土或红土性土。

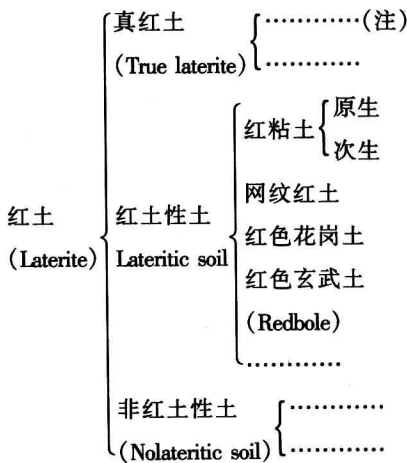
我国土质学专家高国瑞教授(1985年)从工程地质角度把中国红土分为三类并给出了三类红土的定义:

I类 红粘土,主要由碳酸盐类岩石(石灰岩、白云岩)风化残积坡积所形成。粘粒含量较高,颗粒很细,石英含量很低,孔隙度中等,含水量较高,强度比一般粘性土高,有着不同程度的胀缩性。

II类 大多由岩浆岩(花岗岩、玄武岩等)风化残坡积所形成。粘粒含量较低,含有残存的和再生的石英颗粒,高孔隙比,中等含水量,强度较高,胀缩性甚微;

III类 网纹红土,主要由冲洪积所形成。低孔隙比,含水量中等,强度高,有的有微弱的胀缩性。

我国学者屈儒敏等人(1987年)借鉴了国内外的有关资料,认为红土是一大类土,泛指在热带、亚热带各类岩石(岩浆岩、沉积岩和变质岩)在优越的水热条件下经风化、堆积(或沉积)和红土化形成的各种红色土(粗粒土或细粒土)。红土的分类可以根据化学成分分为三大类后,再根据母岩性质、成因和工程特性等,将其划分为若干个亚类,其分类模式如下:



注:……………表示仍可以继续划分亚类。

中国的红土大多数都属于红土性土。

对中国红土的分类,无论是高国瑞的分类方案,还是屈儒敏的分类方案,以及许多其它学者提出的分类方案,都主要考虑了土的工程性质的差异,考虑母

有根据铁衣的厚薄,把生成的土分为红土和红土性土的,并将其限制为岩浆岩经热带风化作用而形成的残积、坡积土,也有人建议凡“淋洗出二氧化硅、碱和碱土金属,浓集水化态的氧化铁、铝”的都定名为红土和红土性土;还有人认为由凡岩浆岩和沉积岩风化而成的各种红棕色、黄棕色和红色的粘土,无论是残积、坡积、甚至洪积,都可定名为红土或红土性土。

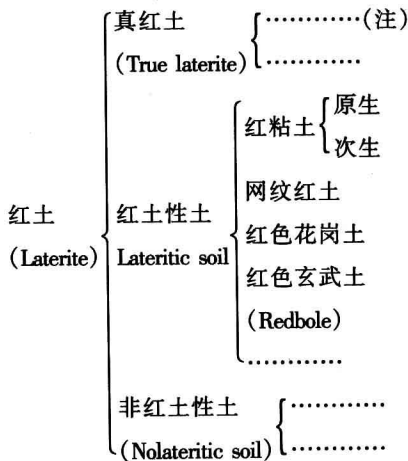
我国土质学专家高国瑞教授(1985年)从工程地质角度把中国红土分为三类并给出了三类红土的定义:

I类 红粘土,主要由碳酸盐类岩石(石灰岩、白云岩)风化残积坡积所形成。粘粒含量较高,颗粒很细,石英含量很低,孔隙度中等,含水量较高,强度比一般粘性土高,有着不同程度的胀缩性。

II类 大多由岩浆岩(花岗岩、玄武岩等)风化残坡积所形成。粘粒含量较低,含有残存的和再生的石英颗粒,高孔隙比,中等含水量,强度较高,胀缩性甚微;

III类 网纹红土,主要由冲洪积所形成。低孔隙比,含水量中等,强度高,有的有微弱的胀缩性。

我国学者屈儒敏等人(1987年)借鉴了国内外的有关资料,认为红土是一大类土,泛指在热带、亚热带各类岩石(岩浆岩、沉积岩和变质岩)在优越的水热条件下经风化、堆积(或沉积)和红土化形成的各种红色土(粗粒土或细粒土)。红土的分类可以根据化学成分分为三大类后,再根据母岩性质、成因和工程特性等,将其划分为若干个亚类,其分类模式如下:



注:……………表示仍可以继续划分亚类。

中国的红土大多数都属于红土性土。

对中国红土的分类,无论是高国瑞的分类方案,还是屈儒敏的分类方案,以及许多其它学者提出的分类方案,都主要考虑了土的工程性质的差异,考虑母

土。为避免引起混乱,建议在红土亚类的分类定名中,冠以能反映引起它的亚类特征的主要影响因素的名称,如风化残积或就近距离堆积的红土,其差异主要取决于母岩岩性,则在红土亚类前统一以母岩的名称冠名;而网纹红土的差异主要是由河流冲积形成的,则在亚类名称前冠以成因名。这样可将中国红土分为四类:

I类 碳酸盐岩红土(岩土勘察规范中指的红粘土),高粘粒含量,高孔隙比,高一较高含水量,强度比一般粘性土高,上硬下软,厚度受基岩面起伏影响变化大,有一定的胀缩性。

II类 花岗岩红土,较低粘粒含量,较高孔隙比,中等含水量,强度较高,胀缩性甚微。

III类 冲洪积网纹红土,较低~较高粘粒含量(变化范围大),低孔隙比,中等含水量,强度高,有微弱的胀缩性,具有颜色不同的网纹结构。

IV类 玄武岩红土,高一较高粘粒含量,高孔隙比,高一较高含水量,强度比一般粘性土高。

二、碳酸盐岩红土的定义和归属

碳酸盐岩红土发育在碳酸盐岩系地层之上,我国岩土工程界一直称其为“红粘土”。由于前述在红粘土的界定上存在着争论,也便于与花岗岩红土的定名相对应,将其定名为碳酸盐岩红土,这样也便于认识碳酸盐母岩的岩性对成土过程的特殊影响。

岩土工程界对碳酸盐岩红土的研究在贵州地区进行得比较深入,以“红粘土”对其命名并逐渐将其纳入岩土工程勘察规范也是在贵州工程界首先提出来和进行工作的。

贵州的碳酸盐岩系广布、气候潮湿温暖,降雨量充沛,降雨量略大于蒸发量,年均降雨量 1100~1200 毫米;岩溶中低山及缓丘等山地地形常见,碳酸盐岩系上的红土发育良好,分布较广,不仅是贵州工程建设中的主要土类,也是在中国具有典型性的碳酸盐岩红土。

我国是工程界在工程实践中首先从物理力学性质上认识碳酸盐岩红土的,这种土具有特殊性,不仅与一般粘性土的性质大不相同,而且与其它母岩形成的红土相比,也有不同的岩土工程性质和自身的特殊性,因而将其作为一种特殊土,在岩土工程勘察规范中制定了单独使用的地基承载力表,并对这种特殊土进行了专门的定义,客观地反映了这种土的特殊物理力学特征。

工业与民用建筑地基基础设计规范(TJ7-74)(试行)规范中,对红粘土的定义是:“碳酸盐类岩石经风化后残积、坡积形成的褐红色(亦有棕红、黄褐等色)

粘土。其天然孔隙比大于 1.0,在一般情况下天然含水量接近塑限 W_p ,饱和度 S_r 大于 85%。”对红粘土的容许承载力按含水比 u 来确定,并制定了用含水比 u 来确定容许承载力的承载力表。1985 年修订本征求意见稿中修改为:“北纬 33 度以南,碳酸盐岩系出露区的地层,经红土化作用形成的棕红、褐黄等色的高塑性粘土称为红粘土。其液限大于 50%,上硬下软,具明显收缩性,裂隙发育。经再搬运后仍保留红粘土基本特征,液限大于 45% 的土称为次生红粘土。”

建设部批准颁发的中华人民共和国国家标准 GB50021-94 岩土工程勘察规范第 5.2.1 条规定:“颜色为棕红、褐黄,覆盖在碳酸盐岩系之上,其液限等于或大于 50% 的高塑性粘土,应判定为红粘土。红粘土经搬运、沉积后仍保留其基本特征,且液限大于 45% 的土,应判定为次生红粘土。红粘土应具有表面收缩、上硬下软、裂隙发育的特征。”

国标 GB50021-2001 岩土工程勘察规范第 6.2.1 条规定:“颜色为棕红或褐黄,覆盖于碳酸盐岩系之上,其液限大于或等于 50% 的高塑性粘土,应判定为原生红粘土。原生红粘土经搬运、沉积后仍保留其基本特征,且液限大于 45% 的粘土,可判定为次生红粘土。”

对比以上规范可看到,随着对红粘土的认识逐渐加深,相应地对红粘土的定义作了一些修改,主要在两个方面:其一是将母岩由“碳酸盐类岩石经风化”改为“碳酸盐岩系出露区的地层,经红土化作用”再改为“覆盖于碳酸盐岩系之上”,这个过程中将红粘土由碳酸盐类岩石风化改为覆盖于碳酸盐岩系之上,岩石的范围从碳酸盐类岩石扩展到了碳酸盐岩系,前者仅指碳酸盐岩,而后者指以碳酸盐岩为主,可以夹有其它岩类的整个岩石体系;其二是去掉了“残积、残坡积形成”这个关于成因的界定,85 年的修定本征求意见稿中将其改为“经红土化作用形成的”,后来的规范中则相应去掉了红粘土成因的界定,因为对红粘土的成因一直是有争议的。此外,也去掉了原来定义中“一般情况下天然含水量接近塑限 W_p ,饱和度 S_r 大于 85%”的界定。

碳酸盐岩红土属于红土中的一个亚类。碳酸盐岩系与其它火成岩的成分相差甚远,这使得它的上覆红土盖层的性质也与其它火成岩红土的性质不尽相同,相似的气候条件使其具有一些与其它红土类似的共同特征,也存在母岩成分不同引起的不同亚类红土的特殊性。近年来各界学者在逐渐掌握碳酸盐岩系上红土特殊工程性能的基础上,大量开展了对它的特殊性本质的分析和研究,包括系统地对土的物质组成、微观结构、宏观结构(土体构造)、成土过程即土的成因等方面的研究,取得了有理论意义的研究成果。

研究成果表明,碳酸盐岩系上的红土有比较特殊的物质组成和微观结构特征,导致了土的特殊性;而物质组成和微观结构特征是源于碳酸盐岩系上的红土有特殊的成因;母岩岩系的溶蚀性强于机械破碎性质,可溶性与成土过程中

的各种作用相互影响,其成因是复杂的,但溶蚀作用在成土过程中起着重要的作用,并在土中留下了相应的痕迹。因此,从成因控制论的观点来看,将碳酸盐岩红土单独分作红土的一个亚类,并以其母岩岩性的显著特性作分类定名的名称,既可以体现碳酸盐岩红土与其它红土的区别,也不难理解由碳酸盐岩岩性引起的特殊成土过程,定名是合理的,可行的。

第二节 碳酸盐岩红土的研究简况

根据已有的文献资料,红土研究在世界上已有 200 余年的历史(屈儒敏, 1987)。从 1800 年在印度德干高原发现红土以来,各国的研究者们就带着不同的目的对红土进行研究。

从工程地质的观点研究碳酸盐岩红土并将其命名为区域性的特殊土“红粘土”,是在 20 世纪 60 年代初期。“红粘土”是在 1958 年由我国的工程地质学家在云贵高原上发现的,指的就是碳酸盐岩系上分布的红土。经过地质工作者的研究和工程实践,认识到碳酸盐岩红土的工程性质既不同于一般粘性土,也不同于真红土和其它红土类土,而是一种区域性分布的具有独特工程性质的特殊土类,最突出的地质特征是土的界限含水量、孔隙性、天然含水量、饱和度等物理性指标很高,但同时碳酸盐岩红土又具有较好的力学性质和建筑性能。

碳酸盐岩红土作为一种区域性特殊土并以“红粘土”命名,对其进行专门的研究,至今只有四十多年的历史,是我国工程技术工作者开辟的研究新领域。经过四十多年的努力,从主要由生产单位对土的宏观工程性质进行研究到生产、科研、高校等部门共同参与,协作研究,取得了令人瞩目的成就,研究的领域不断拓宽,涉及到了土的物质成分、微观结构、宏观结构、地质成因及成土的地球化学过程、物理力学性质、特殊的胀缩性和水理性质、特殊的工程问题及环境工程问题、环境条件对土性的影响以及水土保持等方面的内容,研究的深度也在不断地发展,研究工作大体可分为三个阶段。

第一阶段(1958~1977)。研究工作主要由勘察部门的工程地质人员进行。工作重点是对碳酸盐岩红土的基本工程地质特征进行规纳总结,研究碳酸盐岩红土物理力学指标的统计规律和相关关系,建立碳酸盐岩红土地基的勘察评价体系 and 行业规范。《工业与民用建筑地基基础设计规范》(TJ7-74)和《工业与民用建筑地基基础工程地质勘察规范》(TJ21-77)两个全国通用规范的颁布施行,标志着这一阶段基本结束。

在这个阶段中,基本工作基于碳酸盐岩红土的物理力学性质,为了解碳酸盐岩红土物理力学性质相关性特殊的原因,高岱等(1964)也对碳酸盐岩红土的

颗粒级配、化学成分和矿物成分进行了研究,指出“粘土的工程地质特性同它的成分有密切的关系。粘粒含量的多少、粘土矿物的种类、吸附容量、交换阳离子的成分以及有机胶体的含量等,对粘土的工程性能有着最根本的影响。”并通过研究得出碳酸盐岩红土是高粘粒含量($<0.005\text{mm}$ 含量占60%)的高分散性土,较粗的颗粒主要由石英组成的结论。对细颗粒的矿物种类和粘土矿物种类,由于受研究手段和资料数量的限制,未作出确定的评价。但这些研究不仅为后期的工作打下了基础,也摸索出一些研究的方向。

第二阶段(20世纪70年代末~80年代初)。这一阶段除生产单位勘察部门以外,高等院校和科研部门也加入到对碳酸盐岩红土的研究工作中,主要开展了对碳酸盐岩红土特殊的胀缩性能的调查、实验试验和科研工作,同时接着第一阶段研究工作的方向,开展了对碳酸盐岩红土矿物成分的研究工作,也认识到除了土的物质组成以外,土的结构尤其是微观结构是影响其工程性质的重要因素,开展了对碳酸盐岩红土微观结构的研究工作。

屈儒敏(1981)在这一时期对碳酸盐岩红土的矿物成分进行了进一步的研究工作,委托中国科学院地球化学研究所采用多种手段进行综合分析,认为碳酸盐岩红土的矿物成分是以高岭石、伊利石和绿泥石为主,含多水高岭石、三水铝矿、云母、蛭石、蒙脱石、游离 Fe_2O_3 及少量针铁矿等。此外,还对碳酸盐岩红土的成因进行了大量的调查、研究和分析,提出了碳酸盐岩红土不是像第一阶段研究成果中认为的那样是残、坡积成因,而是“岩溶堆积”成因,指出这种成因的依据有四点(1982):

- (1)不依附于岩石发育、集中分布在负岩面上;
- (2)岩土之间呈岩溶不整合接触;
- (3)高岭石晶体有缺损现象;
- (4)不具备残积层的一般特征。

屈儒敏提出碳酸盐岩红土是“岩溶堆积”成因的论文“论红粘土”在国际第四届工程地质大会上交流。除了提出成因新观点以外,该文还对碳酸盐类岩石风化形成红土的地球化学过程提出了简化的化学表达式,并观察了土的显微结构,指出碳酸盐岩红土中高岭石和伊利石含量在80%以上,并呈鳞片状集结体的形式构成土的主要骨架和基底。

在这一阶段,贵州省建筑设计院(1980)在工程实践工作的基础上,还专门开展了对贵州地区碳酸盐岩红土胀缩特性的研究工作,认识到它具有高收缩、低膨胀的特征,是具有胀缩性的土类,但与典型膨胀土有明显的区别。

第三阶段(20世纪80年代中期至今)。这一阶段对碳酸盐岩红土的工程地质研究无论在广度和深度方面都有新的发展,主要体现在从实用性的研究为主向实用与理论相结合,向地质成因、成分结构和工程性质相结合的深入研究方

向发展。中心问题是探索碳酸盐岩红土特殊工程性质的本质原因。关于游离氧化铁在碳酸盐岩红土中的作用的研究以及碳酸盐岩红土微观结构特征对物理力学性质的影响是研究工作取得的重要进展,对微观结构的要素及结构模式的研究取得了比第二阶段更深入的研究成果。

碳酸盐岩红土的工程地质研究,在中国 20 世纪 50 年代大规模经济建设的初步时期,就为碳酸盐岩红土的地基勘察评价方法奠定了科学基础,为我国碳酸盐岩红土地区的建设事业做出了重大贡献,同时也带动了其它类型红土的工程地质研究工作。1986 年 8 月在长春召开了首届全国红土工程地质研究座谈会,会议共收到有关红土的研究论文 27 篇,其中大部分论文涉及的是碳酸盐岩红土的研究内容,涉及到红土的形成时代、成土气候条件、化学成分、矿物成分、红土的分布和土中游离氧化物的研究等方面,也对会后红土研究方向提出了建议,强调对红土工程特性、形成机理、测试技术、宏观地质条件与土的微观成分及结构的结合等方面应更深入地研究下去。

1991 年 9 月,在贵州贵阳召开了第二届全国红土工程地质研讨会。会议交流的主要内容是各类红土特性的研究,研究的红土分布范围遍及南方 10 个省区,也有对北方部分地区红土的研究。研究的课题除阐述红土的基本性质外,较深入研究了红土的力学特性和胀缩性。其中涉及碳酸盐岩红土的研究资料最多,不少论文对碳酸盐岩红土的工程特性作了阐述,涉及的碳酸盐岩红土分布地区有贵州、广西、四川、广东、江西和湖北。贵州工学院廖义玲、余培厚、郭沛等人对西南碳酸盐岩红土研究的总结资料最为系统完整,研究成果详细阐述了碳酸盐岩红土的物理力学性质,包括胀缩特征与胀缩机理、压缩特征和前期固结压力,抗剪强度特征,强度破坏模式,不同应力状态下的力学特征等,指出碳酸盐岩红土的工程地质特征表现在高孔隙性和高饱和度,而又具有较好的力学性能,其原因在于它具有特殊的物质成分和结构。王毓华指出碳酸盐岩红土是分散度最高,液限高,饱和度较高的特殊土类,具有裂隙性和收缩性。

会议出版了“第二届全国红土工程地质研讨会论文集”。涉及碳酸盐岩红土的研究论文还对土中的游离氧化铁、土粒的团聚性和“假粉性”、孔隙特征、水分特征进行了研究。之后,各界学者为把对红土的工程地质研究推进到更高的层次,一直在不断地对上述研究进行更进一步的工作,大力开展了对碳酸盐岩红土的矿物成分及地球演化过程的研究,土的成因的研究,游离氧化物的胶结形式的研究,土的微观结构模式及颗粒连结特征的研究以及碳酸盐岩红土特殊的水理性质和环境工程地质问题等方面的研究工作,力图搞清碳酸盐岩红土特殊性的本质,进一步将微观的理论研究与土的宏观工程性质的研究紧密结合起来,取得了相应的、有意义的研究成果。

第三节 碳酸盐岩红土的研究意义和研究内容

在土壤学中,将影响土壤形成的各种自然条件,归纳为地形、气候、成土母质、植被、成土年龄等五大因素,称为土壤形成因素,简称成土因素。地球陆地表面的任何一种土壤,都是在这五种因素的共同作用下形成的。但是,在不同地区,各因素的具体内容和特点不同,各因素还以不同的作用强度相配合,从而形成各种各样的土壤。

成土母质是土壤形成的物质基础。母质因素在土壤形成过程中具有极重要的作用,它直接影响土壤的矿物组成和颗粒级配,并在很大程度上支配着土壤的物理、化学性质和其它性质;气候因素在土壤形成过程中的作用,则主要表现为水热条件对土壤形成的方向、强度所产生的影响,地形因素对土壤形成的作用则明显表现在影响太阳辐射量、热量和水分在地表的分布,水的补给和排泄条件的差异等;植被与土壤类型间有着相互的影响关系;成土年龄则影响着土的发育程度和性质变化。

红土是特定的气候条件的产物。湿热的气候条件,充沛的降雨量、季节性明显的冷暖及干湿交替是生成红土的气候条件,在这特定的气候条件下,母岩形成土的过程中就产生了特殊的地球化学作用,一般称其为红土化作用。岩石经过前期的各种风化作用破碎分散后,在适宜的水热条件下,风化物中的物质发生迁移、溶解、淋滤、淀积、重结晶等地球化学作用,以三氧化二铝、三氧化二铁的富集及盐基的淋失为主要特征。正是三氧化二铝、三氧化二铁这样一些物质在土中的富集,赋予了红土与其它土类不同的一些特殊性质。总的来说,红土比一般粘性土的力学性质要好,在相同的物理性质时,如孔隙性、含水性相同时,强度比一般粘性土要高,压缩性则相对要低,这种特征在宏观上是明显的。要掌握红土的特性,就需要研究红土中的三氧化二铝、三氧化二铁等物质;而这些物质的富集源自成土过程,因而又必须研究红土的形成演化过程。

三氧化二铝、三氧化二铁等倍半氧化物在土中富集是红土物质组成的一个显著特征,但就物质组成来说,倍半氧化物在红土中并不占有绝对优势,占红土物质组成的百分比比例最大的还是其它类矿物,如花岗岩红土中有大量的石英和粘土矿物、碳酸盐岩红土中最大量的还是粘土矿物。为什么含量并不占优势的倍半氧化物会决定着红土的特殊性?要掌握红土的特点,除了必须研究倍半氧化物的含量、来源及形成过程、在土的性质中所起的作用外,还应该搞清楚倍半氧化物为什么会引起红土的特殊性?它是如何影响土的性质?这就需要研究倍半氧化物在土中的存在形式,它与土的结构形式的关系,尤其是对红土

结构连结的影响。

因此,对红土的工程地质研究,应抓住使土经受红土化作用这个特殊的成因过程,分析特殊气候及其它条件对成土过程的影响,从红土的物质组成、微观结构研究入手,掌握气候条件、土的成因及土中特征物质倍半氧化物之间的关系,在土中的作用;红土特殊性产生的原因,了解和掌握红土特殊性的本质。

碳酸盐岩红土作为红土的一个亚类,既然属于红土的大类中,也就具有了红土的一般典型特征:经历过红土化作用过程;物质组成中有倍半氧化物的富集;倍半氧化物影响了土的微观结构并参与了土粒间的连结;土具有好于一般粘性土的力学性质等。

但是,由于碳酸盐岩红土的成土母质是碳酸盐岩系,与其它类型红土的成土母岩有着明显的区别。前面已经提到,在影响土壤形成的五大因素中,成土母质的影响是很重要的一个因素,它既是土壤形成的物质基础,又对土壤的形成过程起着极重要的影响作用。

碳酸盐岩系的物质组成与花岗岩、玄武岩、砂岩、页岩都有着非常显著的差别,这直接影响到它们各自生成的红土在矿物组成和土的颗粒级配组成上有较大的差异,也就是红土形成的物质基础不同对红土种类的影响。花岗岩、砂岩等岩石的风化物含石英多,质地粗、透水性较好,土的颗粒级配较粗大;玄武岩、页岩等岩石的风化物,含石英颗粒少,粘细物质含量高,且富含铁、镁的基性矿物,透水性较差,矿质养分含量较丰富;碳酸盐岩系的风化产物则质地粘重,碳酸钙含量不等,土的颗粒级配细小而均匀,极少含有大于0.1mm以上的颗粒,土的透水性差。

碳酸盐岩系的物质组成与其它母岩红土母质物质组成上的差异,还导致了成土过程中的重大差别,并在很大程度上支配着碳酸盐岩红土的独特性质,这就是所说的成土母质在土的形成过程所起到的极其重要的作用。

碳酸盐岩的矿物成分以方解石和白云石为主,这与花岗岩所含的主要矿物石英、钾长石及玄武岩的主要矿物——含铁、镁的基性矿物等矿物的性质有很大区别。方解石和白云石的化学成分为碳酸钙、碳酸镁,这决定了碳酸盐类岩石的可溶解性。在潮湿温暖的气候条件下,碳酸盐岩系是以溶蚀性的化学风化为主而以花岗岩母岩、砂岩及玄武岩的物理风化作用为主相区别。

成土母质的物质组成以碳酸盐类矿物为主,成土过程中经受大量的化学溶解过程,是碳酸盐岩红土与其它母岩类型红土的主要区别,这两个主要因素导致了碳酸盐岩红土有着与其它母岩红土不同的特征和特殊性质。专门研究碳酸盐岩红土的意义,就在于在了解和掌握碳酸盐岩红土特殊工程性能的同时,研究它的特殊性质产生的原因、形成和控制因素,与其它母岩红土性质的异同,更好地利用和掌握各类红土的特征和特殊性质。因此,对碳酸盐岩红土进行专