

张延年 郑 怡
汪青杰 张瑞琴 著

生土建筑现场调查



科学出版社

生土建筑现场调查

张延年 郑 怡 汪青杰 张瑞琴 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一部关于生土建筑现场调查的专著,系统地阐述和总结了作者在生土建筑现场调查方面的主要研究成果。全书共 5 章,第 1 章论述了生土建筑国内外发展现状和存在的问题;第 2 章论述了窑洞建筑现场调查;第 3 章论述了土坯墙建筑现场调查;第 4 章论述了夯土墙建筑现场调查;第 5 章论述了草泥墙建筑现场调查。

本书可供从事土木工程、力学、建筑学等相关专业的广大科技人员以及设计院与施工企业人员参考,也可作为上述专业的研究生和高年级本科生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生土建筑现场调查/张延年等著. —北京:科学出版社,2014. 3

ISBN 978-7-03-040040-6

I. ①生… II. ①张… III. ①土结构-建筑结构-研究 IV. ①TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 042960 号

责任编辑:陈 婕 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 3 月第 一 版 开本:(720×1000) 1/16

2014 年 3 月第一次印刷 印张:17 1/4

字数:345 000

定价:85.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

当今世界各国对环境重视程度不断提高,人们环保意识不断增强,如何利用节能环保、能耗低的材料构筑舒适的居住环境已经成为当下最为关注的热点话题之一。社会倡导可持续发展观念,人们越来越重视居住环境的生态环保,因此人们开始重新审视生土建筑这种相对古老的建筑形式,历史也证明生土建筑仍然是目前最有发展前景的绿色建筑。生土建筑以其环保、节能、可持续发展和就地取材、造价低廉等优势,作为传统民居的一种主要形式在我国偏远山村大量存在。虽然生土建筑存在诸多建筑结构方面的病害,但很多生土建筑在多年地震灾害和风吹雨打之下,依旧保持较好的存在状态。当前结构工作者的研究目标就是利用传统生土建筑的优势,结合现代化的建筑科学技术发展新型居住空间。

因此,作者对我国生土建筑进行现场调查,对建筑构成、结构体系、构造措施、常见病害以及抗震性能等方面进行分析,并提出生土建筑在施工、防火、节能、采光、通风、防水、场地、病害和抗震及其防治等方面的建议。本书第1章论述了生土建筑国内外发展现状和存在的问题;第2章论述了窑洞建筑现场调查;第3章论述了土坯墙建筑现场调查;第4章论述了夯土墙建筑现场调查;第5章论述了草泥墙建筑现场调查。本书通过对我国窑洞建筑、土坯墙建筑、夯土墙建筑和草泥墙建筑的建造方法、防火、节能、采光、通风、防水、场地、病害与防治等多方面进行现场调查,分析上述建筑在设计、建造、使用与维护等方面的经验与问题。

与本书内容相关的研究得到了国家“十二五”科技支撑计划项目(批准号:2011BAJ08B04)、国家公益性行业科研专项经费项目(批准号:201410121-03)和辽宁省高等学校杰出青年学者成长计划(批准号:LJQ2011061)等大力资助,在此表示衷心的感谢!同时,感谢在攻读硕士学位期间参加本书相关内容课题研究的马建飞和张军等,他们为本书相关内容研究作出了贡献。

由于作者水平所限,书中不足之处在所难免,衷心希望读者批评指正。

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 土窑洞	2
1.2.1 国外发展与现状	2
1.2.2 国内发展与现状	7
1.3 土坯墙结构建筑	11
1.3.1 国外发展与现状	11
1.3.2 国内发展与现状	15
1.4 夯土墙结构建筑	20
1.4.1 国外发展与现状	20
1.4.2 国内发展与现状	22
1.5 草泥垛墙结构建筑	25
1.5.1 国外发展与现状	25
1.5.2 国内发展与现状	28
1.6 其他生土结构建筑	30
1.6.1 国外发展与现状	30
1.6.2 国内发展与现状	32
1.7 生土建筑调研的意义	33
第2章 窑洞建筑现场调查	36
2.1 引言	36
2.2 建筑概况	42
2.3 建筑施工	48
2.4 建筑防火	55
2.5 建筑节能	57
2.6 建筑采光	61
2.7 建筑通风	63
2.8 建筑防水	68
2.9 建筑场地	80
2.10 建筑病害与防治	81

2.10.1 建筑病害	81
2.10.2 建筑防治	92
2.11 建筑抗震	95
2.11.1 布局	95
2.11.2 整体性	95
2.11.3 屋盖	96
2.11.4 局部构造	99
2.11.5 承重体系	99
2.11.6 抗震承载力	99
2.12 小结	100
第3章 土坯墙建筑现场调查	102
3.1 引言	102
3.2 建筑概况	106
3.3 建筑施工	109
3.4 建筑防火	112
3.5 建筑节能	115
3.6 建筑采光	116
3.7 建筑通风	117
3.8 建筑防水	123
3.9 建筑场地	127
3.10 建筑病害与防治	132
3.11 建筑抗震	137
3.11.1 布局	137
3.11.2 整体性	138
3.11.3 屋盖	142
3.11.4 局部构造	146
3.11.5 承重体系	150
3.11.6 抗震承载力	154
3.12 小结	159
第4章 夯土墙建筑现场调查	161
4.1 引言	161
4.2 建筑概况	163
4.3 建筑施工	164
4.4 建筑防火	172
4.5 建筑节能	174

4.6 建筑采光	177
4.7 建筑通风	179
4.8 建筑防水	183
4.9 建筑场地	187
4.10 建筑病害与防治	190
4.11 建筑抗震	195
4.11.1 布局	195
4.11.2 整体性	203
4.11.3 屋盖	203
4.11.4 局部构造	207
4.11.5 承重体系	207
4.11.6 抗震承载力	209
4.12 小结	219
第5章 草泥墙建筑现场调查	221
5.1 引言	221
5.2 建筑概况	223
5.3 建筑施工	224
5.4 建筑防火	225
5.5 建筑节能	228
5.6 建筑采光	230
5.7 建筑通风	231
5.8 建筑防水	234
5.9 建筑场地	237
5.10 建筑病害与防治	238
5.11 建筑抗震	244
5.11.1 布局	244
5.11.2 整体性	244
5.11.3 屋盖	247
5.11.4 局部构造	253
5.11.5 承重体系	255
5.11.6 抗震承载力	258
5.12 小结	262
参考文献	264

第1章 绪 论

1.1 引 言

生土建筑是用黄土、黏土等自然界存在的天然物质或简单加工的原状土作为主体材料,辅以木、石等天然材料形成营建主体结构的一种建筑形式^[1]。生土建筑作为一种古老的建筑形式,是人类早期长久使用的建筑形式之一,也一直是最主要的建筑形式。据统计,当今世界 30% 的人口仍居住在生土建筑中,在发展中国家这一比例可达 50%^[2~4],其分布范围之广可见一斑。

随着世界各国对环境重视程度的提高和人们环保意识的不断增强,如何利用低能耗、节能环保的建筑材料已成为热点话题^[5]。从生态文明的社会层面和居住环境的可持续发展观念重新审视生土这一古老的建筑材料,能清晰地认识到生土建筑仍是目前最有发展前景的绿色建筑形式。生土建筑以其环保、节能、可持续发展和就地取材、造价低廉等优势,作为传统民居的一种主要形式在我国偏远山村仍然大量存在^[6]。然而,生土材料的抗压、抗剪、抗弯强度都比较低,致使其抗震性能不良。相关调查显示,在地震多发地区,生土建筑遭遇地震破坏很严重。但并不是所有的生土建筑都呈现出脆弱的一面,也有一些生土建筑在数百年的风吹雨蚀和地震破坏作用下,依旧完好无损。这说明,建筑布局合理、结构计算规范、构造措施得当的生土建筑是能满足抗震要求的^[7]。当下如何利用现代建筑科学技术,结合生土这种环保节能的古老建筑材料,构筑安全舒适的居住环境,需要结构工作者重新进行探索和研究。本书通过对生土建筑开展实地走访取证,在考察调研的基础上提出目前在生土建筑的结构体系、生土材料自身强度、生土建筑抵御自然灾害能力以及生土建筑的产业化诸多方面的意见建议,目的是使生土建筑与现代人类居住观念同步发展,同时利用不断发展的科技手段使其走向现代化^[8]。

生土建筑形式多样,熟知的建筑形式主要有以下几种:窑洞建筑、土坯建筑、夯土建筑、草泥墙建筑等。窑洞以延安的最为知名,在杨家岭、枣园等地随处可见,它是延安旅游的一大景观,也是国内外建筑结构工作者考察的重点对象。土坯建筑在陕西汉中地区大量存在,因而现阶段依然有必要去研究土坯建筑的相关性能。土坯建筑有其适用性的一面,在保温保湿方面,它有着比较良好的表现。总结近几年历次大地震中的土坯房震害发现,土坯建筑在地震中易受损,其原因大致有砌体强度不足、节点连接弱、结构稳定性差等。因此,目前亟须提出适合当下土坯建筑的加固方案和提高土坯建筑结构抗震能力的有效构造措施。陕西西南部还有一种

生土建筑形式——夯土建筑。夯土建筑墙体属于厚重型,热稳定性大,蓄热能力强,构成了室内冬暖夏凉的舒适居住空间。以山区为主的陕西西南部,受自然条件及经济水平的限制,夯土建筑大量存在^[9]。黑龙江七台河地区则存在一种名副其实的草泥墙建筑,它完全用稻草加泥浆编筑成草泥辫子墙体。这种建筑形式在当地已被大量遗弃,有即将退出建筑历史舞台的趋势。但草泥墙建筑有就地取材、建造简单、良好的热工性能及可塑性、独特的乡土气息等特点,是一种源于自然的建筑模式,若对其加以科学技术指导,这种传统生土建筑的低碳理念对当今建筑的节能改造具有一定的现实意义。

当下拯救处于衰落状态的生土建筑势在必行,生土建筑的生态环保优势也已显而易见,需要解决的主要问题就是关于生土建筑存在的一些天然缺陷^[10]。国内外对此已经作了很多研究,但是这些还远远不够,需要通过实地考察调研给出相关建议,以进一步改进并完善生土建筑的相关性能。首先,应依据当地的土质特征和气候特点以及材料添加剂的改性机理,对生土材料进行生态改性研究,提高其力学性能和耐久性能;其次,现存的生土建筑存在居住环境不良、结构安全性差、构造措施不完善等缺陷,只有利用现代建筑科学技术,通过建筑设计改进、建筑结构优化、抗震措施设防,才能够有效地保护现存的传统生土建筑并进行新型生土建筑的改良发展;最后,当前已进行的生土建筑模型振动试验的数量不多,论证生土材料及构件的本构关系的相关文献较少,结构工作者应结合地域特征进行充分的研究和探索,提高生土建筑从实践上升到理论的发展速度^[11]。国外已有利用生土材料建造新型优化建筑的诸多实例,这些新型生土建筑不仅具有降低原始造价、提高房屋的综合性能,还有效地减少了建筑垃圾对环境和自然资源的破坏。此外,世界上很多国家都对本国生土建筑的保护出台了具体的相关规定^[12],提出了针对生土建筑施工与维护古生土建筑的管理办法,所有这些都是值得我们借鉴与学习的。生土建筑对世界未来新型建筑的改良不容小窥,一定会以主流的角色提供广阔的发展空间。

1.2 土 窑 洞

1.2.1 国外发展与现状

从古至今,生土建筑任何方面的研究和发展都会引起全社会的广泛关注。包括欧美、澳大利亚和非洲在内的一些国家和地区,近年来在生土建筑的改良及使用方面进行了很多可贵的探索^[13]。目前,国外关于窑洞建筑的研究较少,他们致力于研究一种类似于生土窑洞的掩体建筑,这对我国黄土高原发展新型窑洞有很大的启示和借鉴作用。

生土建筑在美洲大陆出现最早记载于公元前 2200 年,当地人用土和贝壳等本土材料修建了直径约为 300m 的圆形围场。在公元前 500~200 年,印第安人又用生土建造了大量的陵墓。生土建筑的发展在公元 700~1300 年达到顶峰,直到欧洲人登上美洲大陆时才趋于衰退。近些年,美国对生土建筑的研究进展很快,他们除了研究继承印第安人原始生土建筑的风格和传统经验外,还着力于运用现代技术开辟地下空间。美国制定的《地下空间规划技术指南》,对世界其他国家研究掩体建筑有很大启发作用。

北欧的瑞典,气候寒冷,地质特征多为坚硬的花岗岩,非常适合开发利用地下空间,具有研究和发​​展掩体建筑的天然条件。1980 年,联合国自然资源、能源和运输中心,瑞典政府和当地工程技术界以及国防学术团体,总共有四十多个国家及国际组织的官方代表团参加了关于地下空间的学术研讨会议。

法国人非常喜欢穴居住宅,早在 20 世纪初就有约两万法国人居住在穴居建筑中。法国的掩体建筑历史悠久,直到现在富人还用现代化的穴居式掩体建筑作为度假别墅。巴黎建筑学院的侯宾亲自带领学生到非洲建造了大量廉价的生土建筑,取得了许多实用效果,并进行了相当有价值的实验研究。

在欧美,穴居这种新的居住方式已经成为有钱有闲阶层的最爱。图 1.2.1 就是某国际知名建筑师设计修筑的穴居别墅。该建筑建在坡地上,空间向洞穴深处延

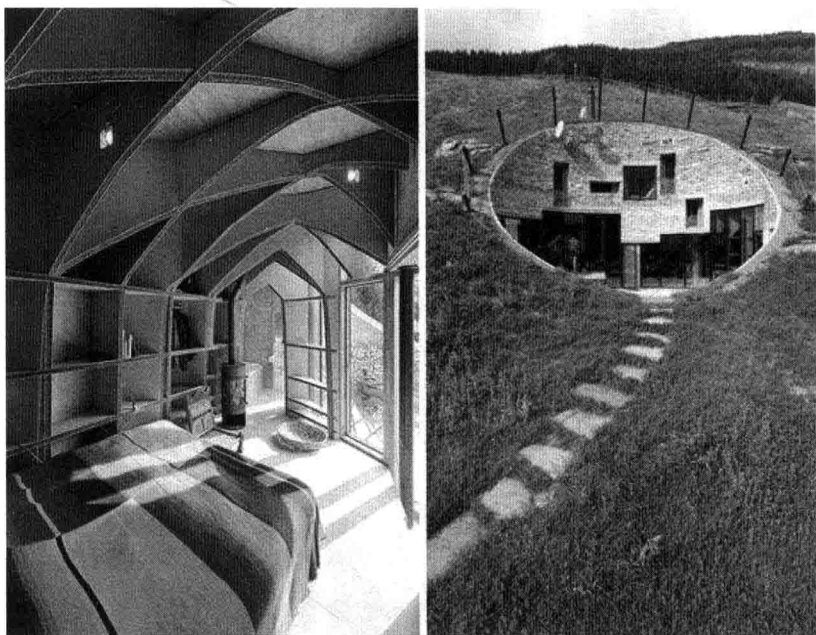


图 1.2.1 穴居别墅

伸,室内造型变化丝毫不受限制。穴居建筑一个很大的优势是可以根据主人的喜好扩展内部空间。有很多别具匠心的建筑设计,很好地利用了空间(图 1.2.2)。这座掩体别墅就设计了可同时容纳 10 人以上就餐的开放式厨房(图 1.2.3)。内部空间不会影响地上使用面积,不会破坏耕地和周围环境。居室藏于地面以下,有很好的储热性能,形成冬暖夏凉的内部环境。建筑斜向下凹部分成下沉式的庭院,居室所有房间的窗洞都面向庭院部分进行采光,落地式大门窗及天窗的设置提供了内部明朗的采光效果,即使是盥洗室这种比较隐蔽的空间,其基本采光也是可以满足的(图 1.2.4)。别墅的大门窗及高窗的设计也使室内的通风效果良好。屋外入口设计多变的造型和空间格局体现了居住者独特的个人风格(图 1.2.5)。夜幕降临的时候,“洞穴”住宅灯火通明,流光溢彩,别具特色(图 1.2.6)。如图 1.2.7 所示的包豪斯风格居所,简约而不简单,格调优雅。由此可见,生土建筑的魅力是很大的,在欧美地区受到了广泛重视。

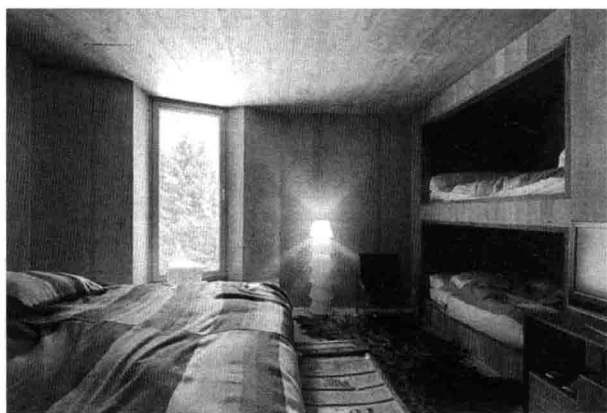


图 1.2.2 空间利用较好

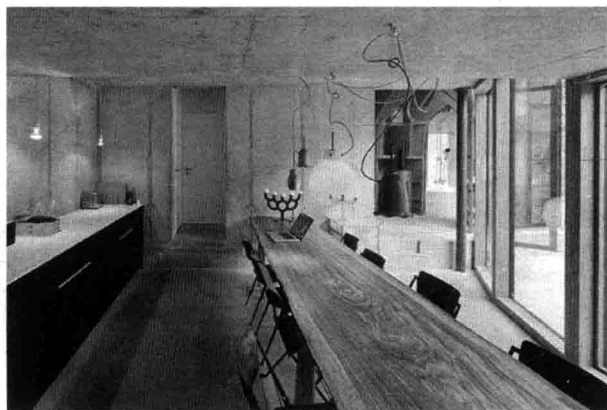


图 1.2.3 开放式厨房

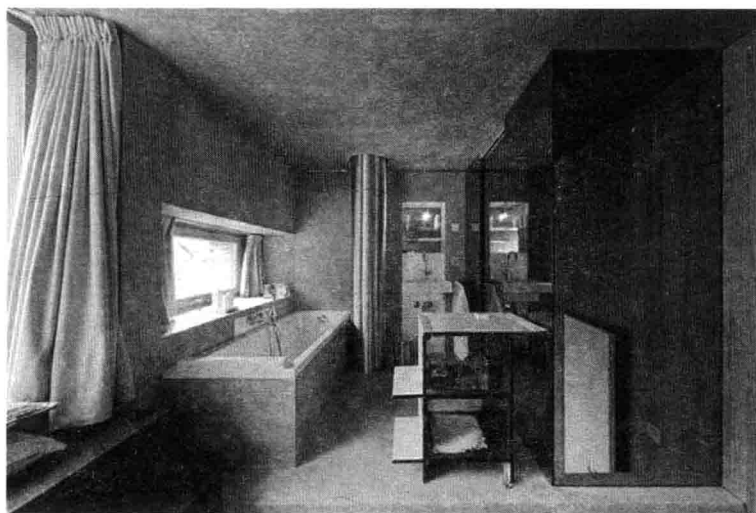


图 1.2.4 采光效果好

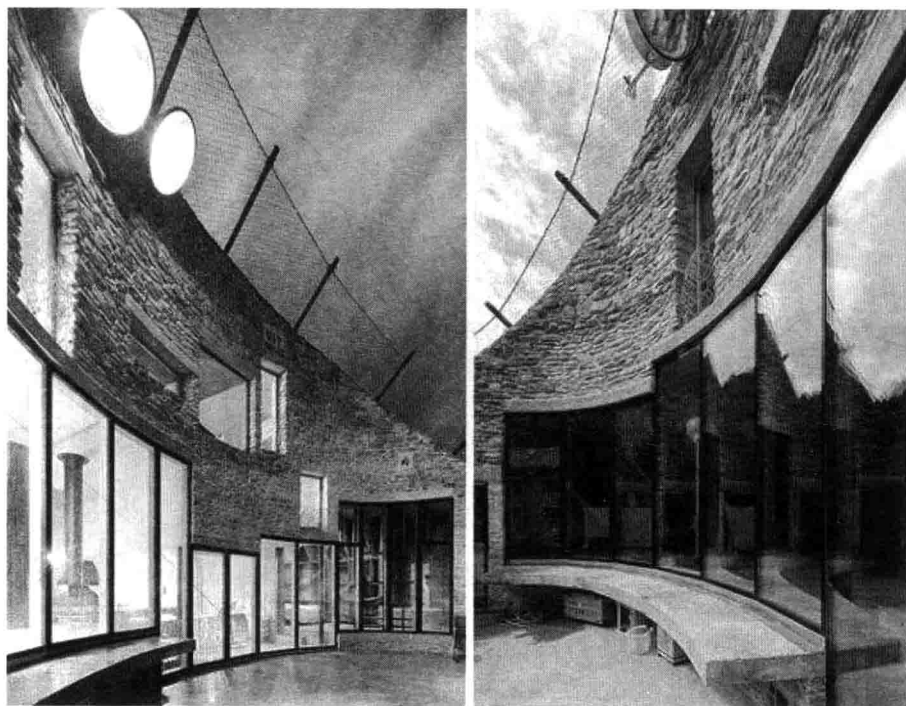


图 1.2.5 屋顶造型别致

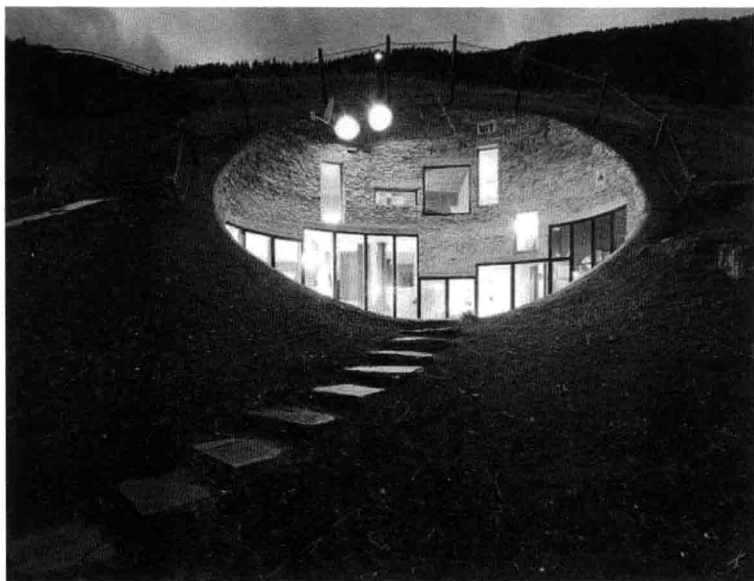


图 1.2.6 夜晚景观

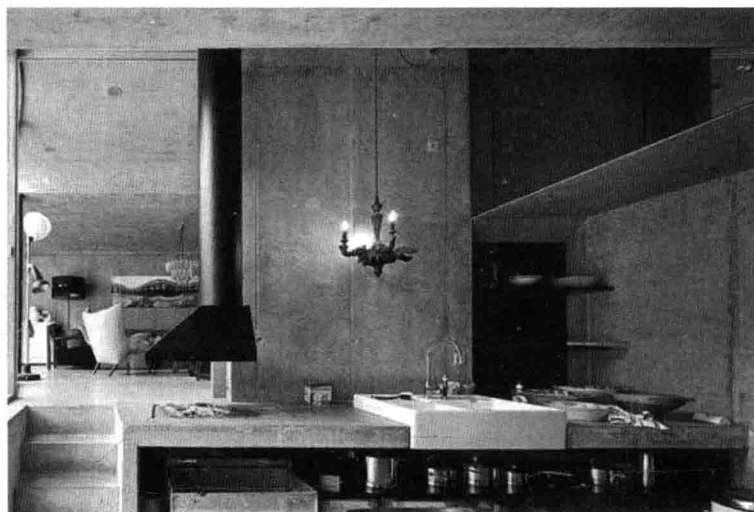


图 1.2.7 包豪斯风格

澳大利亚也非常重视生土建筑的研究与发展,早在 1983 年,当地政府就组织召开关于“生土建筑与自建住宅”的国际会议,会上提出了生土建筑独有的环保节能优势以及作为生态建筑对当地自建住宅的发展产生的重大影响。他们还研究如何利用废旧矿井洞穴来改建地下掩体建筑。澳大利亚新南威尔白崖山区的居民沿

用传统的营造方法,修建了许多现代化的新型岩洞住宅,这种住宅因其良好的居住效果受到当地居民的广泛欢迎。

中东地区的很多国家设法利用掩体或半掩体建筑作为储存粮食、淡水和石油的仓库。埃及的古船博物馆就是一座大型的掩体地下窟穴,这种做法在保护古迹的同时又不会破坏环境,一举两得,是值得推崇的建筑理念。1985年,埃及召开第15届国际建筑师协会(简称国际建协)会议,组委会将金质大奖颁发给毕生从事生土建筑研究的90岁高龄的著名建筑师哈桑·佛赛,可见当地政府对于生土建筑的研究极为重视。

日本地少人多的特殊国情使得地下生土建筑发展迅猛,但其建造经验很多来自我国黄土窑洞。日本研究我国黄土窑洞比较早,在1877年就有日本学者撰写关于窑洞的文章。1989年10月,在兰州召开的中国建筑学会第四次学术会议上,日本列席大会的第五次窑洞考察团茶谷正洋团长说,日本非常有必要借鉴中国窑洞民居的经验,向日本政府提出允许开发浅层地下空间的建议,他本人已建造了一个三角形地下庭院(下沉式窑洞)作为自居住宅,率先示范体验掩体建筑的优越性。东京工业大学的青木、宫野、茶谷与中国建筑学会交往密切,曾为北京国际生土建筑研究会议提供了很多赞助服务,会后还刊印了《报告书》并发表了论文“关于既往研究生土民居的文献考”。

综上所述,由窑居类洞穴式生土建筑在全球范围内的研究发展现状可知,目前全世界几乎都在开展地下掩体建筑和地上窑洞建筑的研究。国际上研究未来建筑的建筑师们,也正在通过相关探索和研究,努力发掘窑洞建筑的潜在价值。窑洞建筑作为人类回归自然的建筑形式之一,是未来可以改良继续使用的建筑形式。由此可见,窑洞类掩体建筑必将在未来世界的建筑发展中受到广泛推崇。

1.2.2 国内发展与现状

我国是黄土窑洞的发源地,黄土高原以其独特的地理环境和丰富的黄土资源孕育了窑洞这种极具生态节能的建筑形式。生土窑洞以陕西北部延安市的最为出名,延安位于黄土高原的丘陵沟壑区(图1.2.8)。特殊的地理环境为窑居提供了先决条件,窑洞成为当地最普遍的居住形式(图1.2.9)。

我国开展窑居类洞穴式建筑的研究始于新中国成立前,老一辈建筑学家实地调查和测绘我国古建筑,生土窑洞在传统民居建筑形式中扮演了重要角色。新中国成立后,建筑界继续对传统建筑进行调查、考据,相关学者还出版了《窑洞民居》、《中国建筑类型及结构》、《西北黄土建筑》等多部专著^[14]。20世纪末期,任震英组织成立了中国建筑学会窑洞及生土建筑分会,该分会于1981年6月在延安召开了第一次生土建筑讨论会。其后近十年,社会各界对中国窑洞这一类节能环保型生态建筑都给予了极大的关注,《国际生土建筑学术会议论文集》、《中国生土建筑》、

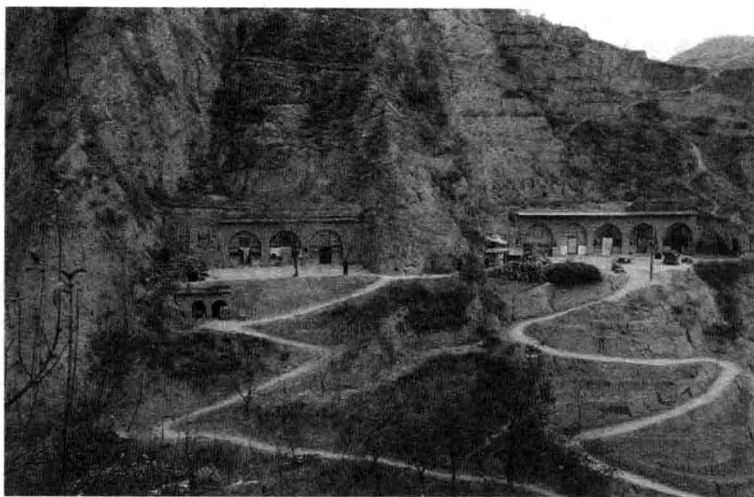


图 1.2.8 丘陵地势



图 1.2.9 窑居村落

《中国名族建筑》、《民用房屋抗震》等著作相继发表。

关于生土窑洞建筑改革发展的实例有任震英在兰州主持修建的 43 孔科学实验窑洞,其独特的建筑风貌和实用价值受到了各界好评。通过相关资料可以获知,这些窑洞的窑尾设置了垂直通风孔,分组穿通,洞顶大面积采光,有效地解决了阴暗潮湿及通风不畅等病害;同时用窑顶拱壳上覆土的方式缓解了采暖、滑坡、抗震等问题;规划设计上将生土窑洞建筑融于自然,做到建筑与环境协调一致,被誉为真正的生态建筑。

河南省部分地区的窑洞民居也对窑洞进行了改造工程,扩充了特别封闭的窑脸,运用太阳能采热器通风、天棚开孔采光通风和竖直管道通风等几种方案,有效地解决了采光通风不良的现状。

陕西延安大学的窑洞建筑群始建于20世纪70年代,由6排200多孔窑洞组成,是世界上最大的窑居建筑群(图1.2.10)。21世纪初,相关部门运用新材料、新技术对这声势浩大、沿山势而上的多层靠崖窑洞进行了翻新,窑洞群依然采用陕北传统建窑工艺,配备了水、暖、电、通信等现代化设施,除门窗更换为铝合金材质外,其余仍保留其原有建筑风貌。窑洞室内采用现代化陈设和布局(图1.2.11),开设较大的门窗洞口保证采光,设置防水防潮等构造措施,同时保留窑居冬暖夏凉的优势,形成舒适的生活环境和现代化的居住模式,赢得社会各界人士的高度评价,独特坡地窑洞群的建筑形式也形成了当地一道亮丽的风景线。



图 1.2.10 延安大学的新型窑洞



图 1.2.11 室内布局

延安城镇历史文化积淀深厚,地理特色明显。生土窑洞是当地极具特色的一种建筑形式。延安枣园是我国西北地区生土窑洞的示范地,位于延安城西北 8km 处,曾是抗战时期中共中央书记处所在地,内部保留有大量的革命者旧居(图 1.2.12)。



图 1.2.12 革命者旧居

20 世纪 90 年代,以刘加平为代表的建筑学者,将黄土窑居的研究上升到了更高的层次。在实践项目中,他们在枣园中建造了多座新型窑居建筑作为示范基地。这些新建筑采用不同的建筑形式,构筑开敞的公共空间,既保留了窑洞冬暖夏凉的优势,又改善了其阴暗潮湿等不良特点,符合当代人的生活水准,堪称新型窑洞的典范(图 1.2.13~图 1.2.15)。



图 1.2.13 坡屋顶窑洞