

黄土高原多沙粗沙区农村聚落土壤侵蚀研究

王刚^{1,2}, 李小曼², 李锐³

(1. 陕西师范大学, 陕西 西安 710062; 2. 武警工程学院, 陕西 西安 710086;

3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 通过分析黄土高原土壤侵蚀人为因子体系, 发现黄土多沙粗沙区农村聚落土壤侵蚀研究是目前该区水土保持工作的薄弱环节。对多沙粗沙区农村聚落抽样调查统计并进行农村聚落土壤侵蚀量计算, 得知多沙粗沙区农村聚落常年土壤侵蚀量已占到区内年人为产沙量的 9.77%。在研究黄土高原农村聚落土壤侵蚀方式和特点的基础上, 提出了黄土高原农村聚落土壤侵蚀的 6 项基本防治措施。

关键词: 农村聚落; 土壤侵蚀; 时空特性

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2006)05—0010—05

中图分类号: S157.1

Research on Soil Erosion at Villages in Coarse Sediment Area of the Loess Plateau

WANG Gang^{1,2}, LI Xiao-man², LI Rui³

(1. Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi Province, China; 2. Arming Police

Engineering College, Xi'an 710086, Shaanxi Province, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: By analyzing the factor system of man-made soil erosion, research on soil erosion occurring at villages in the coarse sediment area of the Loess Plateau was found to be less conducted. The amount of soil erosion at villages in the area was thus calculated based on field investigation and statistic analysis. Soil erosion at villages was shown to account for 9.24% of man-made soil erosion. According to the characteristics of soil erosion, some basic measures are presented for the prevention and control of soil erosion at villages in the Loess Plateau.

Keywords: village; soil erosion; space-time characteristics

历史时期黄土高原土壤侵蚀虽严重, 但并非一直恶化, 近千年来由于人类活动的影响才使土壤侵蚀加重。据估算, 全新世中期黄土高原土壤侵蚀量年均约 9.75×10^8 t。近年测量数据显示, 黄土高原多年平均产沙量约 1.60×10^9 t^[1]。比较得出, 黄土高原的土壤侵蚀约有 40% 是人为产生, 因此对人为土壤侵蚀进行系统分析, 找出造成土壤侵蚀的主要因素和防治薄弱环节, 是做好水保工作的重要前提和基础。

1 聚落土壤侵蚀防治是水土保持工作的薄弱环节

人为土壤侵蚀顾名思义是指人类不合理活动造成的土壤物质破坏、移动和沉积过程^[3]。建立如图 1 所示的人为土壤侵蚀因子分析体系, 可见人类的各种生产、生活都会带来不同程度的土壤侵蚀。其中由生产因素如农业、水利、工矿、道路、管线等建设引起的土壤侵蚀目前已引起广泛关注, 一般在项目设计时都会进行相应的土壤侵蚀计算, 并在施工时采取相应水

土保持措施, 但对于人类生活, 即聚落发展引起的土壤侵蚀却很少引起关注。

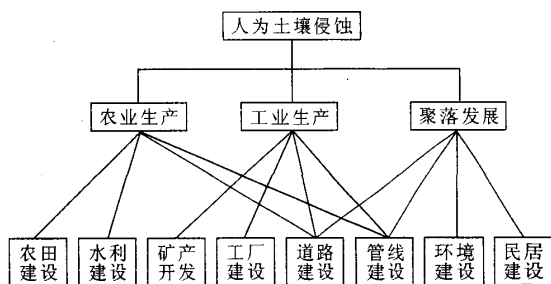


图 1 人为土壤侵蚀因子体系

由于黄土高原独特的土质, 黄土高原的劳动人民在长期生产实践中发展出窑洞、土坯房、土坯墙、土墙等特有的黄土高原聚落建筑。黄土聚落具有就地取材, 工艺简单, 成本低廉的特点, 是农村传统的聚落居住方式, 特别是窑洞, 由于土层深厚可以保温, 具有冬暖夏凉的特点, 更是黄土高原主要的聚落建筑形式。

但是,这些聚落建筑会造成显著的土壤侵蚀,一个聚落由开始组成,开凿窑洞,建立村舍、道路、围墙、场院到逐步扩大,形成聚落、乡镇,建立公共、行政、娱乐场所,最后甚至发展为城市,会带来多大的土壤物质扰动,造成多少土壤侵蚀呢?毫无疑问,这是一个巨大的数字,但是这巨大的土壤侵蚀是怎么发生,如何发展,有何特点,如何防治,这些都是水土保持工作需要研究的新问题,是目前水土保持工作的薄弱环节。

2 农村聚落土壤侵蚀量计算

2.1 农村聚落建筑造成的土壤侵蚀量计算

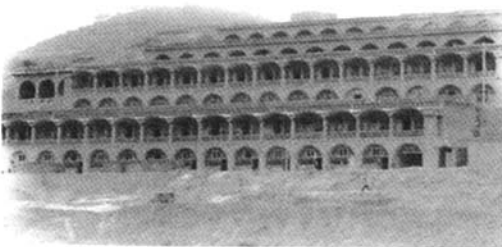
传统的农村聚落建筑构造非常简单(如图2),一般由窑洞和黄土构造为主的土坯房构成。



a 砖窑洞



b 地窑洞



c 坡面窑洞

图2 黄土高原的窑洞

窑洞主要有3种形式,即砖窑、崖窑或地窑。砖窑和崖窑即依托黄土崖壁纵向开凿的窑洞,其中砖窑在窑洞内壁和靠门的外墙砌砖加固,这2种窑洞是黄土多沙粗沙区农村聚落主要的建筑形式;地窑是从平缓黄土面向下开凿,在地平线下形成四面陡壁,然后在陡壁上开凿的窑洞。无论是开凿崖窑还是地窑,都会搬运大量土壤物质,造成严重土壤侵蚀。

根据对黄土高原4县20村农村聚落的调查,分析可知黄土高原多沙粗沙区的大部分农村,传统农村聚落建筑的使用率仍在80%左右,其中部分住人,部分用于圈养牲畜。调查区域内人均窑洞数0.301孔,取窑洞平均剖面面积为 15.09 m^2 ,纵深为 10.01 m (包括切平窑洞口安装门窗部分),即每开凿一孔窑洞平均取土 150.5 m^3 ,这部分土仅有极少量能够被重新利用,例如夯实作为院落,其余绝大部分被废弃,造成了水土流失面积增加。

建造窑洞产生的人均土壤侵蚀量约为 $45.27\text{ m}^3/\text{人}$,如果再加上每户在窑洞建设以外的土墙、土坯房、地窑院落等附属设施建设,黄土高原多沙粗沙区传统聚落建筑过程中产生人均土壤侵蚀量约为 $50\text{ m}^3/\text{人}$,以多沙粗沙区2004年农业总人口约 5.50×10^6 人计,建造传统农村聚落住房造成的土壤侵蚀量约为 $2.75 \times 10^8\text{ m}^3$ 。

2.2 农村聚落建筑维护造成的土壤侵蚀量计算

黄土高原农村聚落一方面由于建筑材料为黄土,在使用过程中易遭气候、动物和人类活动侵蚀破坏;另一方面聚落住房建筑很少使用构架支撑,容易损坏。例如陕西省澄城县95%农村住房都是窑洞,2003年的连绵秋雨使大批窑洞倒塌,未倒塌的几乎全部出现溜背、溜帮、裂缝、走形、渗水现象,全县有 1.9×10^5 名群众从窑洞撤离。黄陵县85%的农村住房因雨水浸泡出现险情,不断倒塌。据事后调查,共造成该县农村1756孔窑洞倒塌,2249孔窑洞成为危房。

损坏的农村聚落建筑主要有窑洞、土墙和土房,损坏的形式主要是溜背、溜帮、裂缝、走形、倒塌。对破损的聚落建筑一般采取修复或废弃重建方式,但无论农村聚落建筑的破坏、修复、废弃还是重建都是土壤物质的移动,会造成严重土壤侵蚀。

统计发现,农村聚落建筑多年平均翻修率约10%,利用多沙粗沙区农村聚落建造的计算结果,可得出多沙粗沙区农村聚落建筑维护造成年均土壤侵蚀量约为:

$$2.75 \times 10^8 \times 10\% = 2.75 \times 10^7\text{ m}^3/\text{a}$$

表 1 黄土高原农村聚落调查结果

调查区域	行政村数	调查人口	窑洞/孔	平均剖面/m ²	平均纵深/m	人均窑洞/孔	窑洞比例/%
米脂县	5	2 587	969	14.91	10.24	0.375	87.7
绥德县	5	3 188	870	15.16	10.04	0.273	73.3
澄城县	5	2 378	863	15.12	9.86	0.363	94.8
黄陵县	5	2 689	648	15.15	9.95	0.241	67.3
合计	20	10 842	3 350	15.09	10.04	0.301	80.1

2.3 农村聚落环境造成的土壤侵蚀量计算

完整的农村聚落其中还包括出入的道路体系、晾晒作物的场院、公共场所、墓葬区等。农村聚落一般会建造在丘陵坡面的土崖或坡顶的塬面上,主要因为这样的地形不易水淹,但是受地形限制,依土崖而建的窑洞大多临沟,对出入道路影响较大。多沙粗沙区出入聚落修建的土路往往连绵数十里,再加上在这些坡面平整场院建造公共场所和墓葬,也会造成相应的土壤侵蚀。

对聚落环境造成的土壤侵蚀量统计比较困难。据对米脂等 5 县 20 村调查统计,农村聚落环境建设的土壤侵蚀量约为聚落建筑土壤侵蚀量的 20%,聚落环境维护(主要是道路)多年平均土壤侵蚀量约为环境建设土壤侵蚀量的 20%。利用前面的计算结果,多沙粗沙区农村聚落环境建设土壤侵蚀量约为:

$$2.75 \times 10^8 \times 20\% = 5.50 \times 10^7 \text{ m}^3$$

多沙粗沙区农村聚落环境维护多年平均土壤侵蚀量约为:

$$5.50 \times 10^7 \times 20\% = 1.10 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{a}$$

2.4 多沙粗沙区农村聚落总体土壤侵蚀量计算

取黄土平均密度 1.2 t/m^3 ^[5],计算多沙粗沙区农村聚落土壤侵蚀量。

多沙粗沙区农村聚落初次建设土壤侵蚀量:

$$(2.75 \times 10^8 + 5.50 \times 10^7) \times 1.2 = 3.96 \times 10^8 \text{ t}$$

多沙粗沙区农村聚落维护多年平均土壤侵蚀量:

$$(2.75 \times 10^7 + 1.10 \times 10^7) \times 1.2 = 4.60 \times 10^7 \text{ t/a}$$

多沙粗沙区年侵蚀量 $1.18 \times 10^9 \text{ t}$ ^[5],若以人为侵蚀量 40% 计算,则多沙粗沙区年均人为产沙:

$$1.18 \times 10^9 \times 40\% = 4.73 \times 10^8 \text{ t}$$

多沙粗沙区农村聚落年均产沙占多沙粗沙区人为年产沙比例:

$$4.62 \times 10^7 / 4.73 \times 10^8 = 9.77\%$$

从计算结果可知,多沙粗沙区农村聚落正常维护产生的土壤侵蚀量已占到区内年人为产沙量的 9.77%,这还不包括传统农村聚落初次建设产生的土壤侵蚀量。从水土保持方面考虑,这个土壤侵蚀量已相当严重,应引起水保部门的足够重视。

3 黄土高原农村聚落土壤侵蚀的方式与特点

3.1 黄土高原农村聚落土壤侵蚀的方式

依据侵蚀营力及侵蚀发展过程,黄土高原农村聚落主要有 6 种侵蚀方式,即水力侵蚀、重力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀、动物侵蚀和人为侵蚀^[4]。

(1) 聚落水力侵蚀。指聚落建筑在降雨以及径流的机械冲击、破坏、搬运等作用所形成的侵蚀。它是黄土高原地区分布最广且最重要的聚落侵蚀方式。只要是质地为黄土的聚落,都会受水力侵蚀的严重影响。

(2) 聚落重力侵蚀。指建筑物的风化碎屑或不稳定的土石结构,在重力为主的作用下,分散的或整块的,急速的或缓慢地向下移动的现象。重力侵蚀和其它侵蚀方式通常会综合作用,在缺少稳定支撑的黄土建筑中重力侵蚀作用十分明显,并且是引起窑洞和墙体突然崩塌,造成伤亡的主要原因。

(3) 聚落风力侵蚀。黄土高原北部干旱、半干旱地区少雨干燥多风,风力侵蚀成为黄土聚落最重要的侵蚀方式。风蚀与其它侵蚀方式综合作用时以吹蚀为主,另外在一些迎风建筑,因建筑面有凹坑、裂隙及洞穴存在,含有沙粒的气流伸入其中,因受阻力反射形成旋转流对壁面进行磨蚀,使洞穴、凹坑、裂隙扩大。风蚀以春季最为严重。

(4) 聚落冻融侵蚀。黄土质聚落建筑吸收雨雪水分,在冬季冻结,春季表层首先融化,使土体软化、饱和,而下层仍然冻结,形成隔水层,上部被水浸润的土体成流塑状态,顺建筑墙体向下滑落或滑塌。黄土质聚落的松散层在冻融、冷热温差变化影响下,由于体积热胀冷缩的变化及重力的影响,也可发生滑落或滑塌。另外,受冻融后变松散的聚落外层也更容易受到水力和风的侵蚀。

(5) 动物侵蚀。黄土高原野鼠类较多,分布广泛。其中中华鼯鼠、子午沙鼠、大仓鼠等善于挖穴打洞。同时由于黄土质聚落建筑与地面浑然一体,在鼠害严重地区,窑洞内和墙面的洞穴往往星罗棋布,洞

道纵横交错,使窑背、窑壁和墙体的土层发生松动、位移、坍塌,形成明显的侵蚀损坏。

(6) 人为侵蚀。是指人们在改造利用自然、发展经济过程中,移动了大量土体,又不注意水土保持,直接或间接地促进了聚落侵蚀产生。如有的人在窑背开荒,或在窑背、窑基、墙根取土,使建筑物根基变薄、松动,支撑力减小,甚至由于挖土直接导致窑洞坍塌。

3.2 黄土高原农村聚落土壤侵蚀的特点

形成聚落侵蚀的各种外营力,如水力、风力、冻融、动物活动,甚至重力作用及人为活动的分布与组合,都受到气候因素制约。气候除地区差异外,随着四季更迭,气候状况也在有规律地变化。可以说,黄土高原农村聚落侵蚀存在着明显的时空特性。

3.2.1 侵蚀的空间特征 黄土高原面积辽阔,跨越不同的气候带,水热条件、下垫面性质及地表形态结构等自然环境存在着明显的地带性规律,使聚落侵蚀方式也具有明显的地带性分布规律^[6]。自西北向东南可分为4个带^[3]:(1) 中温带干旱荒漠草原,暖温带半干旱草原强烈风蚀带。该带大体处于靖远—同心一定边—榆林以北,即陕西黄土高原区的西北部。年均降雨量西部小于300 mm,东部基本上在400 mm以下,年蒸发量在2000 mm以上,干燥度 >2 ,全年多风,年均大风日数10 d以上。(2) 暖温带半干旱草原风蚀、水力侵蚀带。处于上带以南,定边—吴旗—绥德以北。年均降雨量西部小于400 mm,东部陕蒙晋一带400~450 mm,年蒸发量1600~2000 mm,干燥度为1.5~2,年均大风日数5~10 d。(3) 暖温带半干旱森林草原水力侵蚀带。处于第二带以南,延安以北。年降雨量400~500 mm,干燥度为1.5~1.2。(4) 暖温带亚湿润落叶阔叶林水力、重力侵蚀带。处于第三带以南,年降雨量500~800 mm,干燥度小于1.2。该带内年降水量较多,水力侵蚀成为主要的侵蚀方式。同时在这一区域,由重力侵蚀引起的崩塌、滑坡、坍塌等聚落侵蚀也比较普遍。

3.2.2 侵蚀的时间特征

(1) 干旱荒漠草原、半干旱草原强烈风蚀带及风蚀—水蚀过渡带。每年3—4月份,大部分地区气温逐渐回升,黄土质建筑表层土开始解冻,水分不断蒸发,表土层也愈来愈干燥,加之冷热变化,窑壁或墙体土层受到热力风化影响,不断剥落。5月开始降水增多,水力侵蚀逐渐增强,特别是7—9月份进入汛期,是水力、重力溶蚀的活跃期。11月开始,西北风逐渐增强,风蚀严重。特别是3—4月多大风、沙暴。仅10月份风力不很强大,降水减少,气温不是很低,各种侵蚀处于低潮。

(2) 半干旱森林草原水力侵蚀带及亚湿润落叶阔叶林水力、重力侵蚀带。每年3月开始进入春季,气温逐渐增高,黄土质建筑表层土开始解冻。同时蒸发也逐渐增强,建筑表层土愈来愈干燥,热力风化反复进行,建筑表面土石岩屑不断剥落,泻溜普遍发生。冻融滑塌也开始发展。此时,春耕生产开始繁忙,人为活动影响及动物侵蚀增强。5月开始降水明显增多,直至10月份,水力侵蚀活跃,特别是6—9月份进入汛期,是一年降水量最多,降水强度最大的时段,各种水力侵蚀及潜蚀溶蚀作用强烈。因降水增多,黄土质建筑被水浸透,支撑力严重减弱,溜背、溜帮、滑坡、崩塌时有发生,重力侵蚀活跃。11月至翌年2月,各种侵蚀相对处于低潮。

由于侵蚀方式随季节变化而变化,黄土高原北部农村聚落一年形成2个聚落侵蚀高峰,即春季(3—5月)强烈风蚀和汛期(7—9月)强烈水蚀2个活跃期。在关中北部台塬地区,形成一个侵蚀高峰,但时段较长,即5—10月的水力、重力侵蚀活跃期,特别是7—9月是侵蚀的高峰期^[2]。

4 农村聚落土壤侵蚀的防治

黄土高原农村聚落产生的土壤侵蚀会对当地和下游群众生命财产会造成巨大的损失。研究农村聚落土壤侵蚀的防治方法,具有很高的实用价值。针对农村聚落土壤侵蚀的方式和特点,提出以下6个方面的防治措施。

(1) 规划措施。根据地域分异特点,分析当地聚落侵蚀的主要影响因素,在聚落规划时应尽量避免或减少主要侵蚀作用对建筑的影响。近几十年来人口增加,陕西黄土高原聚落扩张迅速,自然村落的面积和数量在不断增加,增加的聚落,大都缺少合理规划,在设计上缺乏科学性和合理性。如风蚀区有的聚落就规划在风口,水区有的聚落就建在洼地,另外有不少建筑位于河流的一二级阶地或崖畔、谷地等易遭洪水、泥石流、滑坡、崖崩危害区域。缺少合理规划,不但会加剧聚落土壤侵蚀,同时也会造成重大灾害。如1983年甘肃东乡,1993年云南昭通,1994年重庆武隆,1997年贵州盘县都发生过滑坡体埋压村庄的惨剧。如果在聚落规划时对民居侵蚀的地域分异规律有充分认识,在设计上考虑到自然灾害影响,会有效减少聚落土壤侵蚀量。

(2) 信息措施。所谓信息措施包括2个方面。一方面指有关部门应适时提供有关聚落侵蚀的信息。除了天气预报和区域灾害预报外,在每年的聚落侵蚀发生高峰期,还应该对聚落侵蚀的程度专门监测和通

报,对可能发生的聚落侵蚀灾害进行预报。另一方面指群众应适时了解和报告有关聚落侵蚀信息。做到这一点,主要是要做好平时的宣传工作,让广大群众对聚落侵蚀的特点、规律和危害充分了解,在灾害性气候期及时向主管部门报告。信息措施可保证把既定发生的聚落侵蚀灾害程度减少到最低,同时也防止了大量土壤侵蚀的发生。

(3) 生物措施。主要是防治各种动物对聚落的侵蚀。一是禁止在窑背或崖壁上放牧牛羊,除了减少牛羊大面积啃食草皮加剧聚落附近的水土流失外,也防止了用蹄子刨挖地面啃食草根使侵蚀情况进一步恶化的情况;二是捕杀各种鼠类等,采用有效的灭鼠措施,如养猫、放灭鼠药、堵洞等方法,不但可减少鼠类对粮食、家具等的危害,也可大大减少鼠洞对聚落的侵蚀。

(4) 生态措施。主要是采取生态恢复的办法改善影响聚落侵蚀的区域环境。聚落侵蚀方式主要与聚落所处的气候、地质和地貌条件有关,黄土高原愈演愈烈的聚落侵蚀与该地区数千年来大规模农垦造成原始生态毁灭有直接的关系。采用植树种草等生态恢复措施,逐渐恢复该区植被,是改变黄土高原区严重土壤侵蚀状况的基本对策,也只有这样才能从根本上扭转农村聚落侵蚀所处的恶劣区域环境。

(5) 技术措施。所谓技术措施是指根据聚落侵蚀方式及特点,采取与之对应的建筑技术手段,尽量减轻各种聚落侵蚀方式的危害。在黄土质聚落数千年来发展演变过程中,劳动人民发展了许多防止聚落侵蚀的技术手段。如黄土中混合麦草,在夯筑中可增加韧性;在窑基或墙基加砌砖石质立角(护墙),以增加基部抗侵蚀能力和整体支撑力;在窑壁或墙壁的迎风(雨)面加抹护层以抗风雨;在窑顶或墙头加顶盖和水檐以防水蚀;窑基和墙基修成坡形以利于排水;

修墙时加宽墙体以提高支撑力等等。当然,这些技术的采用有其明显的时空特性,如陕北强烈风蚀带农村聚落常见的墙壁护层都在冬春季迎风雨,而关中台塬水蚀带聚落建筑不但墙体护层都朝向秋夏季的迎雨面,聚落建筑中用于防水蚀的立角、顶盖、坡底也比风蚀带建筑更常见。

(6) 改造措施。由于黄土高原多沙粗沙区传统农村聚落在质地和建筑构造上的缺陷,要彻底摆脱农村聚落侵蚀的困扰,只有放弃使用传统农村聚落,推广砖石结构的农村聚落或小区式的新型农村,把聚落间的土路改造成沙石柏油等硬化路面,这样做不但能解决长期困扰传统农村发展的交通、水电等社会经济问题,还可一劳永逸地解决传统农村聚落带来的严重土壤侵蚀问题。但由于多沙粗沙区农村经济发展严重滞后,传统农村聚落的改造举步维艰,要在全区完全摒弃传统农村聚落还需要相当长的过程。

[参 考 文 献]

- [1] 黄秉维. 现代自然地理学[M]. 北京: 自然科学出版社, 2001. 279—280.
- [2] 孟庆枚. 黄土高原水土保持[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1999. 67—68.
- [3] 甘枝茂. 黄土高原地貌与土壤侵蚀研究[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1991. 23—24.
- [4] 齐矗华. 黄土高原侵蚀地貌与水土流失关系研究[M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1991. 17—19.
- [5] 黄河上中游管理局. 黄河流域水土保持基本资料[Z]. 2002. 301—304.
- [6] 伍光和, 王文瑞. 地域分异规律与北方农牧交错带的退耕还林还草[J]. 中国沙漠, 2002, 22(5): 439—442.
- [7] 陈勇, 陈国阶, 等. 山区人口与环境互动关系的初步研究[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 282—287.
- [8] 郝高建. 黄土高原沟壑区村级单元生态建设与可持续农业发展模式[J]. 干旱区资源与环境, 2004(6): 116—119.

欢迎订阅 2007 年《亚热带水土保持》

《亚热带水土保持》为水土保持生态建设的综合性科技期刊, 由福建省水土保持委员会和福建省水土保持学会联合主办, 季刊。国内统一刊号: CN35—1283/TV, 国际标准刊号: ISSN1002—1651。每册定价 6.00 元, 全年 24.00 元。主要报道我国亚热带地区开展水土保持工作的论坛、水土流失地区的治理与开发、试验研究、预防监督、监测、简讯及综述等方面的文章。欢迎从事水土保持生态建设和相关学科如农业、林业、水利、地理、环保等的广大管理、科研、教学人员以及基层工作者订阅。本刊为自办发行(不通过邮局发行), 订户可直接将款汇至《亚热带水土保持》编辑部。汇款时请注明订阅份数。

地址 福建省福州市铜盘路 6 号 邮编 350003 传真 0591—87812785

电话 0591—87812785

E-mail: yrdstbc@fjstbc.gov.cn