

改革中的央地关系与国家能力形成

——基于改土归流与滇黔驿道的识别策略

张潇杨 罗挺威 林建浩*

摘 要：本文以明清时期的贵州改土归流变革为例，探讨改革中的资源投入强度和央地关系对于改革长期效应的影响。首先，利用各县到滇黔驿道的距离作为资源投入强度的代理变量，本文发现，离驿道越近的地区，其当代发展水平越高；其次，相比于抵抗中央，采取与中央合作妥协的应对策略会使地方获得更高的长期改革效益；最后，本文从基础设施建设和文化传播两个维度论证了国家能力是制度变革产生长期影响的作用机制。

关键词：制度变革；央地关系；经济发展

DOI：10.13821/j.cnki.ceq.2025.06.02

一、引 言

实行何种制度更有利于促进国家和地区经济发展，是经济学家持续关注的话题 (Acemoglu et al., 2001、2002; Iyer, 2010; Fenske and Kala, 2017; Dell et al., 2018; Palsson, 2021)。现有文献的基本共识是制度差异是导致长期发展水平差异的重要原因，有效的制度安排能够促进长期经济发展。然而，在现实中，相比于选择何种制度，如何实施制度改革有时候更为重要，这是因为改革的方式在很大程度上决定了制度的有效性。改革方式的复杂性体现在资源分配结构、选择渐进或暴力改革，以及利益相关者的合作模式等，这些差异可能会导致相反的结果。例如，Acemoglu et al. (2008) 发现，央行改革的成效与政府对官员行为的限制相关；Bhalotra et al. (2018) 认为，改革过程如果不伴随其他方面的改善，可能会收到反面的效果。因此，在研究制度的长期影响时，除了要考虑改革是否实施外，还需要深入探究改革方式不同带来的持续性影响。

在中国历史上，中央政府曾长期在西南边疆少数民族地区实行土司制管理，自明代开始进行改土归流改革，即废除土司制改为推行郡县制。李楠和林友宏 (2016) 使用西南三省府级数据进行研究，发现改流地区比未改流土司地区拥有更高的人口密度和人力资本积累，而且改流开始更早的地区拥有更高的长期经济发展水平。冯晨等 (2019) 的研究发现改土归流显著促进了长期人力资本积累，且随着改制时间越长这种影响不断扩大。

* 张潇杨、林建浩，中山大学岭南学院；罗挺威，中山大学粤港澳发展研究院（港澳珠江三角洲研究中心）。通信作者及地址：罗挺威，广东省广州市海珠区新港西路 135 号中山大学南校园，510275；电话：13246805805；E-mail: luotw6@mail.sysu.edu.cn。作者感谢国家社会科学基金重点项目 (22AZD121)、国家自然科学基金面上项目 (72273156、72073148) 的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见，文责自负。

这些研究为我们理解改土归流的社会经济影响提供了重要证据。然而,长期来看,西南所有地区都实施了改土归流,甚至可以说实施了相同的制度,为什么经济发展还有巨大的差异?除了改革时间,是否与不同的改革强度与方式有关?

首先,中央在推动改土归流的过程中,对不同地区的资源投入呈现明显的差异。改土归流并非仅是简单地更换地区上级长官的选任方式,各种改革措施如设置机构、编户齐民等的推行,会受到行政成本的制约(温春来,2004)。所以,同样进行了改革的不同地区,中央政府的财政支持具有显著异质性。在军事和行政上更为重要的地区,中央政府会有更多的投入。例如,在同一时间改流的思州、思南地区中,中央在重要性更高的镇远府建立了更多政治、军事与经济机构。^①为了深入挖掘改革过程中资源投入的差异,本文聚焦于普安驿路这一独特的历史背景。明朝期间,中央王朝把普安驿路^②(即滇黔驿道)当作内陆边防的生命线,并且在驿道两边建立了卫所,来保障驿道的军事功能(斯信强,2009)。普安驿路在建立之初主要是基于军事物资传送的考虑,这使得驿道较为笔直,较少考虑到地区的经济社会因素,因而也具有较强的外生性。更重要的是,中央在不同地区推行改革的资源投入强度取决于地区的行政重要性,而贵州省由于其特殊性,下辖地区的行政重要性是由普安驿路向两侧递减的。据此,本文选择在明代方才建省的贵州作为考察对象,创新性地以各县治到普安驿路的距离来刻画行政资源投入的强度,度量每个地区的改革资源投入强度,探究这一制度变革对经济发展的长期影响。

其次,各地土司在面对改土归流时采取了不同的态度,央地关系是影响改革的重要因素。在贵州的不同地区,改土归流推行的形式迥然不同。地方土司在面对中央制度推行时,有两种选择:一是让渡利益,达成合作,允许中央政府在辖区内设置一些机构与自己共同治理,但这些地区的改土归流反而可能用了更长时间;二是拒绝合作,这会引发地方与中央政府间的战争,通过短期军事运动可能更早实现改土归流。本文认为,地方的合作态度是影响改革长期绩效的重要因素。当地方选择合作时,中央可以完全专注于对地区的政治经济改造,甚至土司也会用自身的资源协助中央,形成改革的合力。虽然与中央合作的地区置县可能较晚,但中央集权化的改革或许早在央地合作中就逐渐启动。当地方选择拒绝合作时,战争和冲突不仅导致资源浪费,还可能实质上推迟了实际的改革,这些地区的改革往往是在战乱平息、设立流官县之后才开始的。

本文研究发现,相比改革启动时间,改革中的资源投入是更为重要的影响因素,距离滇黔驿道越近的县在当代的经济发展指标上的表现越好。基础设施完善与文化传播是改土归流影响后代经济发展的重要机制。此外,相比于选择抵抗,选择与中央合作的地区会获得更强的长期改革效益。本文的贡献主要体现在:第一,本文以中国明清时期改土归流这一地方政治制度变革为背景,探讨制度变革对经济社会发展的长期影响,尤其是聚焦改革中的资源投入强度,这一发现是对改土归流领域文献的有益补充(李楠和林友宏,2016;冯晨等,2019)。第二,本研究深入挖掘地方土司对中央政府推行改土归流变

① 详细证据请参考附录 I。限于篇幅,附录未在正文列示,感兴趣的读者可在《经济学》(季刊)官网(<https://ceq.ccer.pku.edu.cn>)下载。

② 元代曾经在今贵州省盘州市设置“普安路总管府”地方行政区,本文所提到的“普安路”并非这一行政区划,而是经由今天贵州通往云南的“普安驿路”。

革的不同态度和应对策略,发现重大改革中的央地合作更有利于获得长久的改革绩效,丰富了中央与地方关系的研究(Enikolopov and Zhuravskaya, 2007; Sng and Moriguchi, 2014; Boffa et al., 2016; Hao and Liu, 2020)。第三,在方法论上,本文采取贵州省内各县到滇黔驿道的距离来衡量改革的推行强度,较为外生地刻画不同地区在改土归流中面临的冲击,能够更精确地识别制度变革对经济发展的因果效应。

二、历史背景与识别策略

(一) 历史背景

古代中原王朝对边疆少数民族地区的统治,经历了羁縻制向郡县制的转变,即中央的统治方式由间接统治转变到直接统治。元明清三代,中央将边疆地方首领册封为土司,实行间接统治。土司制度由蒙元统治者开创,是羁縻州制的发展。明清时期,中央推行了大规模的改土归流运动,即废除地方的土司制度,实行与中原一致的郡县制度。中央在改土归流的地区建立了府、县等行政机构,并派遣流官担任行政长官。改土归流在改变政治制度的同时,在经济上进行编制户口、土地丈量、课收赋税等变革,在文化上则推行“变夷为夏”,让土著居民改姓名、变服饰、习汉语。这一过程在清末民初最终完成,中央对西南的统治最终转变为完全的直接统治。

中央政权对于贵州的重视,实际上是出于治滇的战略需求。1258年,忽必烈在南下遇阻后选择“幹腹之谋”,命将领兀良合台绕道青藏攻灭云南的大理政权。从此,蒙元对南宋形成南北夹击之势,进而取得了战争的胜利。这次军事行动使得中国的内陆边防思想为之改写。明初,明太祖吸取了宋亡的教训,派遣沐英、蓝玉消灭云南梁王政权。明廷让沐英世代镇守云南,同时建立行省,对云南实施直接的管控。然而,云南距离中原十分遥远,又有崇山峻岭的阻隔,这为中央政权的统治带来了许多不便。元朝以前,内地入滇一般途经川西。元世祖至元年间(1290年)开辟“普安驿路”,经由如今的贵州地区通往云南。但是,元朝统治者并不重视经济文化的开发,仅将此路视为军事通道。

明代中央王朝始终把滇黔驿道当作内陆边防的生命线(斯信强,2009)。然而普安路在先前分属云南、四川、湖广三省,又在各省的边缘地区,难以得到有效管理。^①明代驿路交通网络遍布全国,但云南作为当时的边缘地区,与中原的联系仰赖普安驿路。中央非常重视对云南的稳固统治,迫切需要设立一个新的行政机构来统一管理这条交通路线。1413年,明成祖废除思州、思南土司,设立贵州布政使司。设贵州省,目的就是控制入滇通道(安介生和姜建国,2017)。

不同于蒙元的粗放统治,明清两代将贵州的土司渐渐废除而改为流官治理。中央政府建立了一系列州县与卫所,殖民屯垦、移风易俗。贵州的改土归流呈现自上而下的趋势,前期的改土归流运动基本针对较大的土司,如废除思州田氏、播州杨氏等,在地方建

^① 明代许多学者对贵州驿道的重要性做出了论述,如(明)郭子章《黔记》:“我朝因云南而从此借一线之路,以通往来。”所以,进一步加强行政管控也是必要的,如(清)顾祖禹《读史方輿纪要》:“惟是滇南北上,必假道兹土,故疆理制置,不容不亟焉”。

立府级行政机构;后期则深入基层,建立县一级行政机构。其中有通过和平方式进行的,但也不乏平播战争、开拓苗疆等以战争形式进行的。自明代至 20 世纪初,以全省设县为标志,贵州改土归流逐渐完成。得益于改土归流,在地方官府的推动下,明清时期贵州地区发生了深刻的经济社会变革,极大地促进了贵州地区经济社会的发展。^①

(二) 识别策略

在经济学文献中(李楠和林友宏,2016;冯晨等,2019),对于改土归流共有三种测量方法:一是把是否实施改土归流作为解释制度差异的虚拟变量;二是使用土司统治或流官统治的持续时间;三是某个辖区内实施改土归流的区域占比。然而,这些做法不适用于本文对制度变革长期影响的研究,一方面是因为当前所有地区均已完成该改革;另一方面,本文认为,相比完成改革的时间,改流地区之间改革强度或者说资源投入的差异更为重要。在没有各地改土归流改革投入数据的情况下,本文提出贵州各县治与普安驿路的距离与行政资源投入有明显的相关性,可以作为各地改土归流变革强度差异的代理变量。

1. 普安驿路与改土归流改革投入强度的地区差异

基于前文所论证,本文选取各县到普安驿路的距离作为核心解释变量的度量方法。这一做法的背后考量是贵州的建立与开发都是围绕着普安驿路展开的。这样的开发策略,一方面从“成本-收益”角度来看,更符合中央政府的经济考量;另一方面则是因为建省初期维护贵州统治的难度较大,围绕驿道进行开发更具可行性。

首先,基于投入产出比的考虑,中央政府在不同地区的行政资源投入是有差异性的。领土的投入产出比,对于传统农耕帝国在扩张和管制的选择上有重要的影响。当所管辖的领土赋税收入低于管制成本时,统治者甚至会选择放弃领土或转为羁縻,著名的例子有汉朝放弃朝鲜和明朝放弃越南。同样的,改土归流并不是一个单纯的政治选择,其背后有经济因素的深刻考量。设置流官意味着行政经费的大量增加,建设衙门官舍亦需许多花费,而贵州财政一向极为紧张(温春来,2004)。即便设置了流官,后续的行政投入也是一笔值得斟酌的款项。本文在附录I中以镇远府为例,对改流地区的内部差异进行了讨论。

其次,普安路对于贵州建省和开发具有特殊的意义,在驿路附近建立政治机构具有可行性与必要性,驿路自身的维护也需要行政资源的投入。贵州建省初期,土司势力强大,各类机构在建立时几乎都被土司包围,政令不出城,而省内除了土司辖区便是未经编户齐民的少数民族聚居区,行政管制几乎是从零开始建立。因此,需要驿路来保障军政机构间的联系,而驿路的畅通也仰赖军政机构的保护,所以地方机构常常设立在驿路附近。对交通安全越重要的地区,中央越会倾向于投入更多资源以进行政治上的变革。^②此外,为了保障交通安全,朝廷还在云贵地区的驿路上设置了哨、铺、堡、关、卡等行政和

^① 有关贵州地区明清时期官府推动下的社会经济变革的详细描述请见附录Ⅱ。

^② 这一事实在明初政府文件中就能够得到体现。例如,当时主政西南的张统将朱元璋下达军政事务的敕谕汇编为《云南机务钞黄》,其中解释了讨伐云南前在滇黔驿道附近设立卫所机构的缘由:“军势排在路上,有事会各卫官军剿捕;若分守诸处,深入万山,蛮人生变,顷刻道路不通,好生不便。”本文收集了明代朝廷在普安路沿线与非沿线地区所设立的府级治所与卫所等公署的具体信息,详情请参考附录Ⅲ。

军事机构。^①这类机构及其带来的军户和移民,既为行政的扩张提供了军事和劳动力的支持,同时又兼并了大量土地,使得编户、赋税等基层经济制度得以推行。

2. 普安驿路作为识别策略的外生性条件

西南各省都有改土归流的相似历史,而本文专门选取贵州省作为考察对象,是因为贵州省建立的原因相对外生。具体而言,一方面,“贵州建省”这一事件是由于中央政府统治云南的外部需求;另一方面,从识别策略角度而言,贵州因驿道而建省,而驿道也是由于外部原因人为建立,并非其本身具有得天独厚的交通条件。

普安驿路的建立是出于军事目的而不是经济目的,县治与驿路的距离这一核心解释变量具有较强的外生性。如前文论述,贵州原先是完全实施羁縻统治的区域,甚至在明初建省时,中央的势力范围仅限于几座城池之内。在本文考察的年代以前,几乎不存在任何具有先发优势的地区。早年中原与云南的通道都是从四川出发,从青藏高原东部进入云南,贵州通道的开发则是在忽必烈攻灭大理之后。陈庆江(2003)论述了历史上内地通往云南路径的变化,双方行政中心的位置显著影响了双方对驿路取位的选择。历史上入滇通道的开发与废弃,直接取决于双方行政中心的变化。

明初政府选择普安驿路作为主要通道,主要因其与明平云南之战有很强的关联性,而并非在贵州地区内具备更好的交通条件。明朝军队由沅州(今沅陵)出发,经后来普安驿路的路线进攻云南。选择这样的路线,是因为沅州地区早就建立了郡县制体制,且在元朝就建立了直通武昌的驿道。相比之下,当时的湘西其他地区还是土司管制,明政府对此缺乏掌控力,也缺乏作为大规模军队出发点的交通条件。而普安驿路的驿站^②几乎是随着明平云南之战同时建立,其作为关键军事通道的职能就此确立。总而言之,普安驿路的两个端点的选择,是由当时贵州以外的政治条件所决定的。

此外,普安驿路选址在地理与水文特征上并未具有明显优势。对于识别策略的一个潜在威胁在于,虽然不是主观选择经济社会条件更好的地方建设驿道,但驿道所穿过的地区客观上与其他地区在地形、水文、气候等方面可能存在明显差异。对此,本文进行了逐一考察与技术性处理。首先,驿路经过地区在水文上并没有显著优势。尽管贵州水系发达,但并没有与任何驿路重叠或贯穿东西的主干河流。而且,在本文考察的贵州省80个县级单位中,75个县级单位有水系流经。其次,贵州省西部为海拔较高的高原地区,东部为海拔较低的平原地区,而东西走向的普安路两边的地形分布较为对称,且局部地区的地形在很大程度上决定了气候,因而驿路的影响不大可能会受到地形和气候的干扰。最后,为了最大程度地减小地理环境差异的干扰,本文将在回归模型中对各县的海拔、土壤潜力、崎岖度等地理因素进行控制。

^① 正德《云南志》记载“各道路每十里或二三十里各设哨戍以守之。大哨五十人,小哨或二三十人。俱以指挥千百户等官主之。官及各哨兵俱连家小住劄。”而仅据万历《贵州通志》记载,贵州省内驿路上有铺265个和哨320个。

^② 本文收集了明代贵州地区的所有驿站信息,详见附录Ⅳ。

三、改革强度的长期影响

(一) 实证模型与数据

本文的实证模型设定如下:

$$y_i = \alpha + \beta_1 time_i + \beta_2 distance_i + X_i' \gamma + \varepsilon_i, \quad (1)$$

其中,被解释变量 y_i 代表第 i 个县的某项发展指标,具体包括人均 GDP、人口密度和平均受教育年限等三个指标。考虑到一些不可观测的因素可能会对某一年份经济发展产生干扰,本文的人均 GDP 采用 2011—2020 年十年的平均值,数据来源于贵州省历年统计年鉴。人口密度与平均受教育年限均来自第七次全国人口普查(2020)的调查结果。

核心解释变量 $time_i$ 为 i 县置县持续时间,参照李楠和林友宏(2016)的方法,本文考察了每一个县改土归流至 2020 年的持续时间。县作为古代最低一级行政单位,各县的置县时间会影响地区接受中央直接管理和财政支持的持续时间。本文通过《明史》《清史稿》《贵州通志》和《土官底簿》等史料得到了各县精确的置县时间数据^①。

另一核心解释变量 $distance_i$ 为 i 县治到普安路最近驿站的直线距离,本文选取该距离作为制度推行强度的代理变量。本文基于 Berman and Zhang(2017)的明朝驿路数据,得到了明朝在贵州设立的 29 个驿站的经纬度位置。县治位置的数据则来源于 CHGIS V.6。本文使用 1990 年的县域行政区划,共考察了 80 个县级单位。^② 最后,本文计算出各县治距普安路中最近驿站的距离。

X_i 为多种可能影响经济发展水平的控制变量。首先,本文使用了 Bielenstein(1987)对 1522 年中国登记人口的统计,用以控制改革前的明代人口水平。其次,本文还控制了地区是否曾经为府级治所、是否建省时就隶属贵州以及当代是否为民族自治地方三个与地区行政管理差异相关的虚拟变量。最后,一系列地理条件也会对地区发展水平产生影响,需要加以控制:^③ 海拔高度。本文通过计算区域内的高程的平均值,得到县域海拔指标,数据来源于 ASTER GDEM 数据库^④。^⑤ 崎岖度。本文在 ASTER GDEM 数据的基础上运用 Riley et al.(1999)的方法计算得到。^⑥ 土壤潜力。本文的土壤潜力数据来源于全球高分辨率土壤剖面数据库^⑦。^⑧ 矿产资源。明清时期西南地区的发展与当地的矿业有很大的关系。为此,本文利用《贵州省历史地图集》中的清末贵州矿业分布地图(包含煤矿、铁矿、铅锌矿等主要矿种),构建了历史矿业发展程度的代理变量^⑨。

① 许多县在唐代有过记录,但其实是实行间接管理的羁縻州县。历史上中途曾经废除后又再度设立的县,本文只考察最后一次设立直到今天的持续时间。

② 在县治位置的考察方面,1911 年以前所设立的县级单位,经纬度位置以 1911 年的县治驻地为准;1911 年以后拆分设立的县级单位,经纬度位置则以如今县级人民政府驻地为准。

③ ASTER GDEM 是美国航空航天局喷气推进实验室(JPL)和日本经济产业省(METI)的科学团队使用 Terra 卫星上的 ASTER 传感器产生 30 米分辨率的高程数据。

④ 该数据库由哥伦比亚大学国际气候与社会研究所(IRI)、密歇根州立大学和国际食物政策研究所(IFPRI)在 2015 年合作研发。

⑤ 本文在附录中对变量所涉及数据和史料的收集方法进行了补充说明,详见附录 V。

（二）基准模型回归结果

表1考察了置县持续时间对人均GDP、人口密度以及平均受教育年限的影响,其中第(1)、(3)和(5)列为不加控制变量的回归结果,第(2)、(4)和(6)列为控制了古代的经济社会特征以及区域地理特征的回归结果。结果显示,置县持续时间对地方当代发展的影响并不显著,更早设立县级行政机构的地方,并没有比更晚设立县级行政机构的地方发展得更好。这意味着,以置县持续时间来衡量改土归流程度时,这项改革对后代所起到的作用似乎不大。这一方面可能源于置县时间难以反映出实际的改革力度;另一方面也反映了,对于贵州这样先前长期不受中央直接管制的地区,改土归流可能是一个更长期而复杂的变革过程。因而,改革最终完成的时间可能并不重要,中央对改革的资源投入才是更为关键的。需要寻找新的变量,从改革投入力度这一视角来考察贵州改土归流的影响。

表1 置县持续时间与地方当代发展

	ln 人均 GDP		ln 人口密度		平均受教育年限	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
置县持续时间	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.001)	-0.001 (0.000)	0.001 (0.001)	0.000 (0.001)
明代人口		0.003 (0.011)		0.015 (0.016)		0.067** (0.033)
平均海拔		-0.000 (0.000)		0.000*** (0.000)		-0.000* (0.000)
土壤潜力		0.128 (0.102)		0.389*** (0.098)		0.549*** (0.175)
崎岖度		-0.000 (0.000)		-0.000 (0.001)		-0.001 (0.001)
民族自治地方		-0.119 (0.097)		-0.406*** (0.103)		-0.241 (0.164)
府级治所		0.050 (0.123)		0.181 (0.155)		0.526* (0.280)
明代隶属		-0.021 (0.115)		0.137 (0.104)		-0.068 (0.148)
矿业资源		0.015 (0.016)		0.025 (0.015)		0.018 (0.032)
样本量	80	80	80	80	80	80
R ²	0.002	0.104	0.011	0.531	0.029	0.378

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%的水平下显著,括号内为异方差稳健标准误,下同。

为了更准确地衡量不同地区改土归流的改革强度,本文选取普安路这一古代贵州极其重要的军事驿道,以各县治到普安路驿站的最近距离来度量改土归流。本文在表 2 中引入了普安路距离,结果显示,无论是否加入控制变量,普安路距离的系数均显著为负。这说明距离普安路越近的县,其人均 GDP、人口密度和平均受教育年限越高。以第(2)、(4)和(6)列为例来探讨这一系数的经济意义:县治每靠近普安路 100 km,该县人均 GDP 会提升约 24.5%,人口密度会提升约 19.6%,而平均受教育年限会提升约 0.37 年。^①这一结果支持本文的研究假说,改土归流是复杂的由上至下的政治资源分配体系,而普安路是资源分配过程的核心环节和重要载体,在贵州地区的改土归流中扮演着关键的历史角色。本文选取普安路来衡量改土归流,这一做法本质上更加贴近当时的历史环境。

表 2 离普安路距离与地方当代发展

	ln 人均 GDP		ln 人口密度		平均受教育年限	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
普安路距离	-0.153** (0.070)	-0.245*** (0.063)	-0.220** (0.105)	-0.196* (0.107)	-0.247* (0.149)	-0.370** (0.169)
置县持续时间		-0.000 (0.000)		-0.001 (0.000)		0.000 (0.001)
明代人口		0.005 (0.011)		0.016 (0.016)		0.070** (0.030)
平均海拔		-0.000 (0.000)		0.000*** (0.000)		-0.000** (0.000)
土壤潜力		0.101 (0.093)		0.367*** (0.100)		0.508*** (0.171)
崎岖度		0.000 (0.000)		-0.000 (0.001)		-0.001 (0.001)
民族自治地方		-0.172* (0.097)		-0.448*** (0.112)		-0.321* (0.180)
府级治所		0.066 (0.108)		0.194 (0.152)		0.551** (0.270)
明代隶属		-0.175 (0.117)		0.014 (0.117)		-0.301 (0.183)
矿业资源		0.009 (0.018)		0.020 (0.017)		0.009 (0.035)

① 本文在附录中通过构造分类变量考察了到普安路的不同距离区间对地方当代发展的影响,发现当距离小于 100 km 时,普安路的影响才逐渐显现出来,并且随着距离普安路越近,影响的强度在不断提高。详细证据请见附录 VI。

(续表)

	ln 人均 GDP		ln 人口密度		平均受教育年限	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
样本量	80	80	80	80	80	80
R ²	0.062	0.203	0.050	0.556	0.033	0.424

在基准回归的基础上,本文进行了一系列的稳健性检验,包括探索改革的短期效应、更换核心解释变量的度量方法、剔除特殊样本、排除交通条件这一替代解释以及考虑空间自相关问题;为了进一步增强结论的稳健性,本文还采用工具变量法来缓解潜在的内生性问题,并通过构建府级面板数据进行双重差分估计。经过以上检验,本文的基准结果依然稳健。^①

四、改革中地方不同应对策略的影响

本文基准回归从中央政府的视角出发,使用了“到普安驿路的距离”作为中央政府对地方改革投入的代理变量,发现国家的重视与投入强度对地方的长期改革效益产生了直接的影响。然而,如前文所示,在使用驿路距离衡量政治重要性之后,“置县持续时间”的回归系数并不显著为负。本文认为这一结果可能是改革过程的异质性带来的。制度的推行不是简单地从无到有的跳跃,改革时间难以完全反映改革过程。地方土司也有别于郡县官僚体制下的官员,他们是中央的附庸而非下辖机构,有着更强的自主裁量权。改土归流不仅是中央单方面强化其统治的过程,也是一种央地博弈的过程。地方土司面临中央政府的逐步干涉与控制,既可以采取合作、退让的策略以求生存,也可以采取不合作、抵抗的策略以保障自己的独立性。因此,除了已经得到验证的中央政府投入的效应之外,地方的应对策略也可能会促进或妨害国家能力的形成,进而对改革的最终成果产生影响。本部分进一步探讨了地方政府在改革中的应对策略对改革效益的异质性影响。

(一) 改土归流中地方的应对策略

本文观察到,在贵州的不同地区,改土归流推行的形式迥然不同。例如,水东、水西和金筑长官司,长期和朝廷保持良好关系,都在绝嗣之后将政权直接移交给朝廷派遣的流官。这些地区在改流前就已经高度汉化,改流前编户齐民等制度也早已实施^②。相反,在播州宣慰司和苗疆地区,中央在通过战争消灭土司势力后,进行了大规模的政治运动,建立了诸如“苗疆六厅”等全新的行政机构^③。地区的行政长官从土官转为流官,只是整个制度转变中的一步。不同地区的制度推行存在不同形式,在一些地区是长期逐步进行

① 有关本文稳健性检验和工具变量估计的内容详见附录Ⅶ,基于府级面板数据进行的双重差分估计详见附录Ⅷ。

② 如嘉靖《贵州通志》记载,在中央政府的指导下,部分土司“土官知以户口为重,而加意抚绥百姓;知以册籍为据,随分管理矣。”

③ 详情可见(清)鄂辉《钦定平苗纪略》。

的,而在一些地区则是通过短期军事运动而实现的。

本文认为这种区别是由地方行为决定的。地方土司在面对中央制度推行时,有两种选择:其一是让渡利益,达成合作,比如允许政府在辖区内设置一些机构与自己共同管理地方事务;其二则是拒绝合作,这会引发与中央政府间的战争。当地方选择合作时,中央可以完全专注于对地区的政治经济改造,甚至土司也会用自身的行政资源协助中央,形成改革的合力。与中央合作的地区置县可能较晚,但中央集权化的改革或许早在央地合作中就逐渐启动;而拒绝合作地区的改革,却往往是在战乱平息、设立流官县之后才开始的。同时,拒绝合作带来的战争也会影响地方的发展(林鑫和李楠,2014;Schaff, 2022; Chen et al., 2024),进而导致改革效益的降低。

水东宋氏土司是地方选择合作的一个例子。贵阳原本是宋氏土司辖地,但在 1413 年,明朝决定在贵阳设置省府时,宋氏土司并没有反对,反而积极参与了贵阳的建设。早在明初的 1393 年,宋钦就出资协助在贵阳新建贵州宣慰司学。宋钦之孙宋斌则是主动拥抱中原文化的典型代表。^① 宋钦和宋斌两任土司还先后支持了明朝在贵阳设置贵州都指挥使司、承宣布政使司和提刑按察使司等机构。1476 年,宋昂任宣慰使时,甚至主动向明朝申请对部分地区改土归流,出让了富庶的程番等 13 个长官司而设立程番府,也就是今天的惠水县。宋氏土司最后在 1630 年才因为绝嗣被革除,这一时间甚至晚于所有地区的平均改流时间 1618 年。

一个相反的例子是明朝的播州土司,其管理着以遵义为核心的大片地区,原先远远比贵州其他地区富庶,也得到了更多的中原文化熏陶(裴一璞和张文,2014)。在万历年间,时任土司杨应龙因不服中央司法管制而发动叛乱,中央政府随即与之展开了长达十年的“平播战争”。因其战事规模巨大,这场战争也被列为“万历三大征”之一。由于战争持续时间长且极为惨烈,战后该地区的经济社会遭受了极为严重的破坏^②,人口大约下降至战前的 10%—20%(谭其骧,1982)。同时,整个西南地区的财政也因此面临巨大冲击^③。虽然战后中央政府对该地实施了改土归流,但大量的资金被使用在了战争的善后工作上(刘利平,2012)。随着人口的大规模下降和大量行政资源的浪费,播州与中央政府可谓两败俱伤。

一个重要的事实是,行政变革在一些地区早已开始,但由于土司的合作态度,中央并没有选择革除其长官的世袭职位。这一方面解释了改流时间为什么不能很好地衡量制度变革^④;另一方面则带来了一个新的研究视角:地方土司对中央制度推行的应对策略,是否会影响制度推行产生的效益? 贵州地区元代原有的六个府级土司机构,即顺元、思州、播州三个宣慰司和乌撒、普安、普定三个土府,这六个地区的行政变革路径可以分为“合作-土流共治-改流”或“叛乱-战争-改流”。例如,水东和水西土司是顺元宣慰司的两

① 见民国《开阳县治稿》:“斌颇读书,喜近文士,每恨士酋家习弄兵,不晓书札。严督诸子向学,以振俗陋。”

② 见(明)李化龙《平播全书》:“遗业田土,多无主人,册籍不存,疆界莫考。复业之民,往往冒认领占,原少报多,原瘠报肥,甚至一人占田一二千亩,尚有异省流徙,假播籍而希冒占者。”

③ 见(明)谈迁《国榷》卷 78:“三省财力耗费以巨亿计,楚、蜀之间绎骚甚矣。”

④ 本文通过对比合作地区与非合作地区的置县时间,发现合作地区普遍比非合作地区的置县时间更晚。详细证据请参考附录 IX。

个共治土司,如前文所述,他们都选择与中央合作,并最后分别于1630和1698年因为绝嗣而改流;而播州土司则掀起了大规模的叛变,在万历时期与明廷爆发了“平播战争”,中央动用20多万军队后才得以平定,并在辖地全境进行改流^①。本文将进行前一种路径的顺元、乌撒、普定标定为“合作地区”,后一种的播州、思州、普安则标定为“不合作地区”。进而,本文利用这一设定,对上述假设进行实证分析。需要指出的是,“合作”并不是绝对的,例如水西土司在明末也曾参与过叛乱,但很快得到招抚,土司的职位也得以保全。本文区分合作与否的标准在于制度变革的路径。

(二) 实证检验

为了检验地方合作策略对改土归流长期经济效应的影响,本文进一步设定以下实证模型:

$$y_i = \alpha + \beta_1 distance_i + \beta_2 cp_i + \beta_3 distance_i \times cp_i + X_i \gamma + \epsilon_i, \quad (2)$$

其中, y_i 和 $distance_i$ 定义与前文相同; cp_i 为代表该县属于合作地区或不合作地区的虚拟变量,合作地区为1,不合作地区为0; $distance_i$ 和 cp_i 的交互项用以刻画地方应对策略对制度推行的调节作用; X_i 为与模型(1)相同的控制变量集合。

表3报告了模型(2)的回归结果,交互项系数均显著为负,说明地方选择合作策略能够进一步提升制度改革的长期效益。具体而言,与不合作地区相比,选择合作的地区每靠近普安路100 km,人均GDP会上升约28.9%,而人口密度会上升约53.9%,平均受教育年限上升约0.568年。总而言之,改土归流改革对地区发展具有积极的意义,而选择与中央政府合作的地区能够获得更大的长期效益。本文还利用更早期的人口数据进一步考察了地方应对策略的短期影响,同时也利用府级面板数据对地方策略的交互效应进行了三重差分估计,结果均保持一致。^②

表3 地方应对策略的影响

	ln 人均 GDP	ln 人口密度	平均受教育年限
	(1)	(2)	(3)
普安路距离	-0.140** (0.067)	-0.026 (0.106)	-0.195 (0.174)
是否合作	0.216* (0.118)	0.276 (0.170)	0.272 (0.242)
普安路距离×是否合作	-0.289* (0.171)	-0.539** (0.212)	-0.568* (0.312)
控制变量	是	是	是
样本量	80	80	80
R ²	0.239	0.597	0.448

① 详情可见(明)李化龙《平播全书》。

② 详细证据分别请见附录X和附录VIII。

这一结论可能有助于更加深入地理解中国古代的政治面貌。中国具有较强的大一统观念,中国的政治体制经常是“中央政府垄断制”,中央与地方之间是一种典型的“委托-代理”关系(容志,2009)。这使得以往的研究对中央在西南地区的制度改革的视角都集中于中央政府,关注中央政府在什么时候下达改土归流的政令,而忽视了在整个制度转变过程中地方政府的作用。尤其是西南地区并不同于长期受到直辖管理的内地,其地方政治势力具有较完整的权力。中央政府在西南地区改革行政制度时,地方政府的不同应对策略能够造成很大的影响。西南地区行政制度的转变也并非凭借着顷刻间更换首长就得以完成的改革,其中更包含了长期央地博弈的过程。类似地,Hao and Liu(2020)研究发现了清代火耗归公改革中中央打破对地方承诺带来的负面效应,也指出了央地关系在古代制度改革中的影响。基于本部分的实证结果,本文认为央地关系的视角在研究制度变革的影响时是不可忽视的。

五、机制解释

本部分将尝试解释中央政府在贵州地区的政治制度改革能够为地方带来长期发展效益的影响机制。西南地区的政治制度变革并不只局限于地方官员任命方式的变化。推行改土归流,主要有消除地方割据势力、巩固国防、从西南各省获得更多经济利益和以汉族的传统观念影响西南各民族的四重目标(李世愉,1984)。政治制度变革意味着中央更具备介入地方事务的权力,使中央政府得以运用国家能力在地方进行基础设施建设、推广先进的文化和技术,在政治、经济和文化全方位推行变革。

首先,国家能力的一个重要体现便是地方基础设施建设。通过基础设施建设促进经济整合,这是影响长期经济发展的重要因素。距离普安驿路更近的地方,政治上的重要性更强,新制度能够提供更强的行政能力,也更便于接受更多行政资源,获得更多的基础设施建设投资。类似的研究例如,Jaworski and Kitchens(2019)研究了美国偏远的阿拉巴契亚区域基础设施建设对于地方发展的影响;Dell and Olken(2020)则研究了荷兰殖民者对爪哇岛的开发,发现历史上的基础设施投资会对当地经济具有长期影响。古代的基础设施建设促进了地区的开发,能够给地方带来更好的初始发展条件,为地方发展提供先发优势,进而影响地方当代的发展水平。

其次,制度改革同时伴随着文化传播的过程,先进文化对地区发展产生了长期影响。中原文化是相对先进的,其中蕴含着许多利于发展的因素,比如重视文教、提倡努力、集体主义等。而文化相对于制度而言是长期稳定的,既有的文化观念会对当前的发展带来显著的影响。过往有许多研究证实了中国传统文化的长期影响,例如,徐细雄和李万利(2019)的研究发现了儒家文化对企业创新能力的促进作用;赵子乐和林建浩(2019)的研究则发现了东南沿海三种不同的族群文化对企业创新影响的差异。制度变革带来的文化变革,是影响贵州地区发展的重要因素。改土归流并不能一下子根除旧制度,新秩序是在与旧制度妥协和互动中建立起来的,科举教化、文化交融在塑造新秩序时起到重要作用(温春来,2008)。

在水系发达的贵州,桥梁和渡口是明清政府改善贵州交通条件的重要工程项目,也是治水工程实施成功的体现,可以用来体现地方的基础设施建设水平。而关口则是古代政府在修建道路后为管理交通设立的检查、卫戍设施。以上两种公共工程可以体现地区基础设施情况。儒学一般由官府修建,用以培养当地的政治文化精英;同时明清两代中央政府为了统一民众思想,在西南地区大量建设佛道寺院。所以,儒学和寺庙的数量可以考察政府在地区的文化传播行为。本文手动统计了民国《贵州通志》^①中的《建置志》《秩祀志》和《学校志》等章节所记载各县桥渡、关口、儒学以及寺庙的数量。如果国家能力是解释改土归流对后代影响的机制,那距离普安路越近的地方,其桥渡、关口、儒学和寺庙的数量应该会更多,并且在选择与中央政府合作的地区,这一关系更为明显。

贵州地区虽然在明朝以前并没有受到中央政府的集权管制,但是仍然会受到中原文化的影响与熏陶。因此,为了排除潜在干扰,本文在机制分析部分进一步控制了地区在明代以前的学校数量和寺庙数量^②。表4展示了机制分析的回归结果。其中,Panel A为基础设施建设的回归结果,Panel B为文化传播的回归结果。第(1)、(3)、(5)和(7)列显示,普安路距离对地区桥渡、关口、儒学和寺庙的数量具有显著的负向影响,说明距离普安路越近的地方,其基础设施建设更完备、文化传播也更深入。换言之,改土归流确实增强了国家能力。第(2)、(4)、(6)和(8)列显示,普安路距离与是否合作的交互项皆显著为负,表明在选择与中央合作的地方,改土归流对基础设施建设与文化传播的影响更大。由此可见,对于选择与中央合作的地方,中央政府会投入更多的经济资源对其进行改造,国家能力得到进一步增强;对于选择与中央抗争的地方,中央政府在本地投入的资源相对较少,更为重要的是,由抗争而引发的战争,极大地破坏和阻碍了基础设施建设和文化传播,国家能力也由此遭到损坏。总体而言,改土归流能够有效地促进国家能力建设,而与中央政府保持良好的合作关系,能够更好地发挥改土归流制度的良性影响。

表4 制度变革影响当代地方发展的作用途径分析

Panel A:基础设施建设	桥渡数量		关口数量	
	(1)	(2)	(3)	(4)
普安路距离	-8.055*** (2.871)	-1.524 (2.531)	-9.597** (3.636)	-0.579 (3.272)
是否合作		11.587** (4.968)		15.652** (6.597)
普安路距离×是否合作		-18.654** (7.372)		-26.055** (10.094)

① 民国《贵州通志》由任可澄、杨思元等于民国8年(1919)开始编修,而前一部《贵州通志》则要上溯到乾隆年间,所以选取民国版是合适的。

② 本文提取了所有府级方志中提到的明朝以前建立的学校和寺庙信息,包括《大明一统志》《贵州宣慰司志》《播州宣慰使司志》《程番府志》等。

(续表)				
Panel A: 基础设施建设	桥渡数量		关口数量	
	(1)	(2)	(3)	(4)
明以前学校数量	5.849 (5.175)	1.514 (5.843)	4.820 (4.832)	-1.192 (5.854)
明以前寺庙数量	-0.117 (1.008)	0.043 (1.013)	0.019 (1.171)	0.197 (1.113)
控制变量	是	是	是	是
样本量	80	80	80	80
R ²	0.276	0.385	0.251	0.383
Panel B: 文化传播	儒学数量		寺庙数量	
	(5)	(6)	(7)	(8)
普安路距离	-0.268*** (0.076)	-0.119 (0.096)	-1.184*** (0.373)	-0.409 (0.390)
是否合作		0.273 * (0.150)		1.150 (0.750)
普安路距离×是否合作		-0.421** (0.175)		-2.408** (1.133)
明以前学校数量	0.040 (0.087)	-0.059 (0.100)	2.462*** (0.894)	1.931** (0.823)
明以前寺庙数量	0.012 (0.029)	0.017 (0.030)	-0.168 (0.147)	-0.177 (0.135)
控制变量	是	是	是	是
样本量	80	80	80	80
R ²	0.394	0.441	0.505	0.571

六、结论与启示

历史制度变革对当代社会经济发展的影响是持久不衰的,探讨其中的改革方式及其作用机制具有重要的学术价值。本文聚焦于普安驿路这一新的视角,发现了与前人研究不一样的结论。同时,通过对改革中的资源投入强度与央地关系这两个核心要素进行深入分析,本文有助于理解制度变迁如何通过资源分配和权力再分配来推动经济社会的持续发展。在量化历史研究中,研究者常常面临数据和史料缺失的困境,这使得他们难以全面而准确地刻画历史变革中多重因素交织的复杂动态过程。从这一视角来看,本文从普安驿路视角开展的研究工作,不仅拓展了研究视野,也为后续学者应对类似困境、深入

探索历史变革的复杂机制提供了具有启发性的思路与方法。

从历史来看,强大的中央集权制国家对落后地区的征服与整合固然带来了冲突,但却显著地促进了当地经济社会的长期发展。先进的中原式制度带来了先进的生产方式和公共物品的提供,亦在少数民族地区传播了更有利于经济发展的文化、习俗与信仰,从而为地区的长期发展提供了正面的影响。历史是现实的一面“镜子”。本文的研究表明,历史制度变革为我们理解当代经济发展以及如何推动经济发展提供了良好的参照。一方面,国家能力是经济发展的重要推动力。促进国家能力的提升、增强政府威信是新时代中国实现经济发展的力量源泉。另一方面,理解经济发展的背后逻辑进而推动经济发展,需要从文化中探寻“软性”的力量。推动构建新时代中国特色社会主义文化体系、增强文化自信,方能实现经济社会的持续发展。

参考文献

- [1] Acemoglu, D., S. Johnson, P. Querubin, and J. A. Robinson, “When Does Policy Reform Work? The Case of Central Bank Independence”, *Brookings Papers on Economic Activity*, 2008, 2008(1), 351-417.
- [2] Acemoglu, D., S. Johnson, and J. A. Robinson, “The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation”, *The American Economic Review*, 2001, 91(5), 1369-1401.
- [3] Acemoglu, D., S. Johnson, and J. A. Robinson, “Reversal of Fortune: Geography and Institutions in the Making of the Modern World Income Distribution”, *The Quarterly Journal of Economics*, 2002, 117(4), 1231-1294.
- [4] 安介生、姜建国,“明清云贵地区的交通建设及其原因探析”,《社会科学》,2017年第2期,第132—138页。
- [5] Berman, L., and W. Zhang, “V6 Ming Dynasty Courier Routes and Stations”, *Harvard Dataverse*, 2017.
- [6] Bhalotra, S., R. Brulé, and S. Roy, “Women’s Inheritance Rights Reform and the Preference for Sons in India”, *Journal of Development Economics*, 2018, 146(9), 1-15.
- [7] Bielenstein, H., “Chinese Historical Demography A. D. 2-1982”, *Museum of Far Eastern Antiquities Bulletin*, 1987.
- [8] Boffa, F., A. Piolatto, and G. A. M. Ponzetto, “Political Centralization and Government Accountability”, *The Quarterly Journal of Economics*, 2016, 131(1), 381-422.
- [9] 陈庆江,“元代云南通四川、湖广驿路的变迁”,《中国历史地理论丛》,2003年第2期,第143—150+162页。
- [10] Chen, Z., P. Turchin, and W. Wang, “War and the Origins of Chinese Civilization”, *Available at SSRN*, 2024.
- [11] Dell, M., N. Lane, and P. Querubin, “The Historical State, Local Collective Action, and Economic Development in Vietnam”, *Econometrica*, 2018, 86(6), 2083-2121.
- [12] Dell, M., and B. A. Olken, “The Development Effects of the Extractive Colonial Economy: The Dutch Cultivation System in Java”, *The Review of Economic Studies*, 2020, 87(1), 164-203.
- [13] Enikolopov, R., and E. Zhuravskaya, “Decentralization and Political Institutions”, *Journal of Public Economics*, 2007, 91(11), 2261-2290.
- [14] 冯晨、陈舒、白彩全,“长期人力资本积累的历史根源:制度差异、儒家文化传播与国家能力塑造”,《经济研究》,2019年第5期,第146—163页。
- [15] Fenske, J., and N. Kala, “1807: Economic Shocks, Conflict and the Slave Trade”, *Journal of Development Economics*, 2017, 126, 66-76.

- [16] Hao, Y., and K. Z. Liu, "Taxation, Fiscal Capacity, and Credible Commitment in Eighteenth-Century China: The Effects of the Formalization and Centralization of Informal Surtaxes", *The Economic History Review*, 2020, 73(4), 914-939.
- [17] Hartwell, R., "Hartwell China Historical GIS", *Harvard Dataverse*, 2015, <https://doi.org/10.7910/DVN/29302> (V2).
- [18] Iyer, L., "Direct Versus Indirect Colonial Rule in India: Long-Term Consequences", *The Review of Economics and Statistics*, 2010, 92(4), 693-713.
- [19] Jaworski, T., and C. T. Kitchens, "National Policy for Regional Development: Historical Evidence From Appalachian Highways", *The Review of Economics and Statistics*, 2019, 101(5), 777-790.
- [20] 李楠、林友宏, "管治方式转变与经济发展——基于清代西南地区‘改土归流’历史经验的考察", 《经济研究》, 2016 年第 7 期, 第 173—188 页。
- [21] 李世愉, "试论清雍正朝改土归流的原因和目的", 《北京大学学报(哲学社会科学版)》, 1984 年第 3 期, 第 67—74 页。
- [22] 林鑫、李楠, "近代太平天国战争对经济发展的长期影响", 《经济资料译丛》, 2014 年第 2 期, 第 62—67 页。
- [23] 刘利平, "明代‘播州之役’军费考", 《中国边疆史地研究》, 2012 年第 3 期, 第 102—114 页。
- [24] Palsson, C., "Small Farms, Large Transaction Costs: Haiti's Missing Sugar", *The Journal of Economic History*, 2021, 81(2), 513-548.
- [25] 裴一璞、张文, "拒绝边缘: 宋代播州杨氏的华夏认同", 《中国边疆史地研究》, 2014 年第 1 期, 第 123—129 页。
- [26] Riley, S. J., S. D. Degloria, and S. D. Elliot, "A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity", 1999.
- [27] 容志, "中国央地政府间关系的国内外争论: 研究范式与评估", 《中共浙江省委党校学报》, 2009 年第 3 期, 第 47—53 页。
- [28] Schaff, F., "Warfare and Economic Inequality: Evidence from Preindustrial Germany (c. 1400-1800)", *Explorations in Economic History*, 2022, 101495.
- [29] 斯信强, "七百年滇黔驿道考", 《贵州文史丛刊》, 2009 年第 4 期, 第 34—37 页。
- [30] Sng, T., and C. Moriguchi, "Asia's Little Divergence: State Capacity in China and Japan Before 1850", *Journal of Economic Growth*, 2014, 19(4), 439-470.
- [31] 谭其骧, "播州杨保考", 《贵州民族学院学报(社会科学版)》, 1982 年第 1 期, 第 1—23 页。
- [32] 温春来, "行政成本、汉夷风俗与改土归流——明代贵州贵阳府与新贵县设置始末", 《中山大学学报(社会科学版)》, 2004 年第 5 期, 第 85—89+126 页。
- [33] 温春来, 《从异域到旧疆: 宋至清贵州西北部地区的制度开发与认同》。北京: 生活·读书·新知三联书店, 2008 年。
- [34] 徐细雄、李万利, "儒家传统与企业创新: 文化的力量", 《金融研究》, 2019 年第 9 期, 第 112—130 页。
- [35] 赵子乐、林建浩, "海洋文化与企业创新——基于东南沿海三大商帮的实证研究", 《经济研究》, 2019 年第 2 期, 第 68—83 页。

Constructing State Capacity: A Study on the Guizhou's Centralization Reform in Imperial China

ZHANG Xiaoyang LUO Tingwei* LIN Jianhao

(Sun Yat-sen University)

Abstract: We take the “reform of changing indigenous governance to bureaucratic administration” in Guizhou during the Ming and Qing dynasties as an example to explore the impact of resource input intensity and central-local relations in reform on the long-term effects of reform. Using the distance from each county to the Dian-Qian post road as a proxy variable for resource input intensity, we find that the closer a region is to the post road, the higher its contemporary development level. Compared to resisting the central government, adopting a coping strategy of cooperation and compromise with the central government will enable local areas to obtain higher long-term reform benefits. We also verify through bridges, ferries, and Confucian academies during the Ming and Qing dynasties that national capacity and cultural dissemination are the mechanisms through which institutional reforms produce long-term impacts.

Keywords: institutional reform; central-local relationship; economic development

JEL Classification: N45, N95, P21

* Corresponding Author: LUO Tingwei, South Campus, Sun Yat-sen University, No. 135 Xingang West Road, Haizhu District, Guangzhou, Guangdong 510275; Tel: 86-13246805805; E-mail: luotw6@mail.sysu.edu.cn.