

中国古代夯土城墙基础加固技术

李合群

〔关键词〕 夯土 基础槽 木桩 石板 城基

〔内容提要〕 中国古代城墙基础，多是先挖基槽，然后再填土夯筑，宋代以前多为素土，宋以后增加了砖瓦夯层，并出现了木桩、睡木、石板（块）等加固技术。木桩有竖立与横铺两种，主要是为了加强地基的承载力与整体性。石板或石块，可使基础更加坚固。这些加固措施，有时又相互配合，如木桩之上往往铺以石板，木桩有时打入夯土中，等等。这些城基加固技术，和现代建筑地下桩基、地下钢筋网等功能相似，只是材料不同。

〔中图分类号〕 K878.3 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1001-0483(2017)04-0036-06

DOI:10.16422/j.cnki.1001-0483.2017.04.008

中国古代城墙，作为城市的象征，具有御敌、防洪等功能，为历代所重视。城墙高大，对墙基要求高，为此，古人根据地质、水文、城高等状况，对其采取了夯筑、木桩、石材等加固措施。这些措施反映了当时的营造水平，也为今天的城墙维修、保护提供了历史依据。

一、夯筑基础

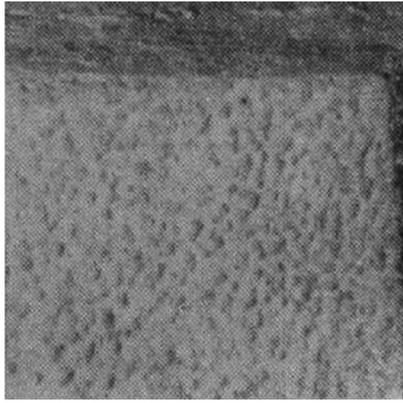
我国筑城历史悠久，据考古资料，早在仰韶文化时期即诞生了夯筑城墙。城墙多分为墙体与城基两部分。就城基而言，大概宋代以前多为素夯土，有时掺和一些碎陶片，宋代开始出现了素土与砖瓦层交替夯筑之现象，以进一步加固地基。城墙基槽多呈倒梯形，宽度一般小于城墙底部。夯具包括自然石块、木棍、铁具等。

目前发现最早的古城当为郑州西山古城址，距今5300~4800年。现存城墙残长约265、墙宽3~5、现高1.75~2.5米，全部埋在今地表以下。解剖得知，城基的构筑方法是先在拟建区段挖出倒梯形基槽，在槽内分段填土并分层夯筑，夯窝多呈“品”字形分布，当为3根一组的集束棍夯^①，具有一定的原始性。亦有用木棍与石块混合夯打城基的，如山东寿光边线

王城址。这是一处龙山文化时期的城址，距今约4000年，有内外两道城垣，现仅存城墙基槽。内、外城基槽的夯筑方法、夯层结构基本一致。夯痕多为规则的圆坑，当为木棍垂直夯打所致；另有不规则圆坑和长条状的夯窝，应用扁圆形卵石、自然石块及木棍横向敲打所致。夯窝表面多铺一层细砂，说明当时已出现加砂防粘的施工工艺^②。

上述先挖槽再夯筑的技术，从考古上看亦为商代城墙所沿用。如河南洛阳偃师商城，经解剖得知，其西墙基是先按城墙走向挖出基槽，而后逐层填土夯实。基槽口大底小，东西两壁不甚整齐，上口宽（东西）18.2~18.3米、底宽17.7米、深0.6~0.9米。西壁上残存垂直或斜向的工具痕迹5个，每个宽约8厘米。夯土高出基槽口后，夯层向城墙内外两侧拓展，成为墙体宽大而稳固的基部，其东西宽度为18.4~18.7米^③（图一，1）。还有郑州商城，其外城南墙基亦曾经过解剖。断面呈倒梯形，槽壁斜直。基槽口宽11~12.5、底宽10.2~11.5、深1.3~1.5米，打破生土。夯层明显，一般厚5~10厘米，夹杂有陶片，夯窝清楚。基槽以上的墙体，亦向外加宽^④。与此做法相似的还有河南新郑望京楼商代城址。它是先在生土层中按城墙走向挖出基槽，然后逐层填土

〔作者简介〕 李合群，男，1965年生，河南大学土木建筑学院教授、考古学博士生导师，邮编475000。



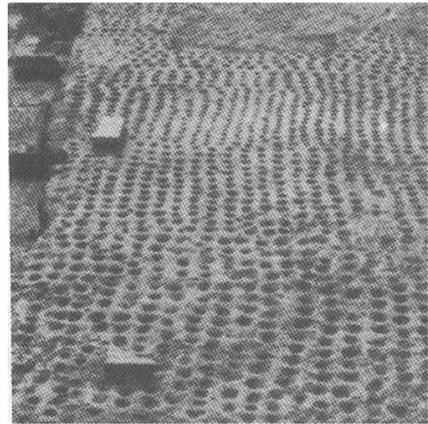
1



2



3



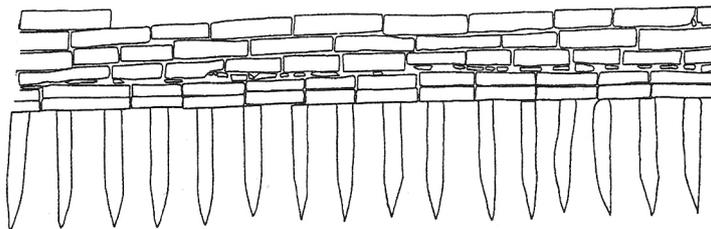
4



5



6



7



8

图一 中国古代夯土城墙基础加固

1. 偃师商城西墙夯窝 2. 望京楼北墙探沟(南—北) 3. 纪南城基底部瓦砾层 4. 北宋东京内城北墙夯窝 5. 南京明故宫城墙基下的木桩 6. 临安外城东墙基外的木桩 7. 宁波市舶司外围墙下的木桩 8. 畅春园大宫门西砖墩下地丁

夯实。基槽口大底小，上口宽 8.8、底宽 7.75、深 0.55 米，两壁规整。但是，当墙体高出基槽时，不是向外扩展，而是向中心收缩，并逐层向上夯筑，至现存城墙夯土顶部，城墙宽度为 8.2 米^⑤（图一，2）。

此外，亦有不挖基槽而直接在城墙底部铺垫瓦砾层的。如战国楚都纪南城（湖北省荆州市），其城垣虽是依岗地地势所建，但城垣底部却为平坦的红砂生土层，表明在修建城垣时对原地面进行过平整。因为生土层较坚硬，没有夯打，其上直接铺设一层瓦砾，主要是大块碎板瓦和筒瓦，用以加强地面强度，便于在其上进行夯筑城墙^⑥（图一，3）。

汉长安城未央宫宫墙亦为夯土墙，包括墙体与墙基两部分。筑基之前也是先挖出基槽，直到生土，深 0.9~1.5、宽 8 米。槽壁垂直，槽内填土并逐层夯筑，宫墙底部与基槽同宽^⑦。这与以前基槽呈倒梯形不同，可能是为了对应上面直立的墙体。

上述的基槽夯土为回填土，而到了宋代，从文献上看已经出现了城墙基槽换土法。如宋代宁都县（今江西宁都县），“土城卑恶，盍改作乎。率僚佐，选隅总，畚新土，杵实基，周匝七百余丈，悉甃之”^⑧。即挖去城基旧土，填筑新土并夯实，城基上再砌砖，并且，宋代对地基也有了进一步的认识。如《营造法式》即对基槽要求“凡开基址，须相视地脉虚实，其深不过一丈，浅止于五尺或四尺”^⑨，即应提前做好地形地貌与土质的勘测工作。

关于宋代城墙基槽的夯土技术，《营造法式》亦有记载，“用碎砖瓦札（碓）等，每土三分内添碎砖瓦等一分”，又“筑基之制，每方一尺，用土二担，隔层用碎砖瓦及石札等亦二担。每次布土厚五寸，先打六杵，次打四杵，次打两杵。以上并各打平土头，然后碎用杵碾，蹶平，再攒杵扇扑，重细碾蹶。每布土厚五寸，筑实厚三寸。每布碎砖瓦石札等厚三寸，筑实厚一寸五分”^⑩。这里既讲了筑基时土、碎砖瓦石的配比，还有具体的夯筑方法及尺寸要求。

这种城墙筑基中夯土与砖瓦层交替叠压之法，在考古中亦曾得到印证。如洛阳北宋时期的定鼎门遗址，其中西门道的发掘结果表明：先挖出长条形基槽，再往基槽内填垫一层厚约

10 厘米的瓦片，而后再在瓦片层上填垫一层厚约 10 厘米的夯土，层层交替夯实^⑪。还有北宋东京（今河南开封）内城北墙。经解剖发现，基槽内铺有一层厚约 16 厘米的砖瓦层，下面为灰褐色夯土层，再下面因水位高而未发掘（图一，4）。而内城的東西墙一直到距今地表 11.4 米深处，还有厚约 40 厘米的砖瓦层，其下即为生土^⑫。也许是开封地下水位高、水质松软，故墙基砖瓦层厚达 40 厘米，以提高其承载力。

二、城基的木桩加固

我国古代城基除了夯筑之外，亦有用木桩加固的。木桩之功能，或者直接传承建筑荷载到下面坚硬的岩层上，或者利用垂直木桩本身的桩尖阻力，均是为了提高基础承载力，减少沉降。木桩以竖立为主，亦有横铺的，称做睡木或筏木基础。木桩之上，往往还铺有石块或砖层，以共同加固城基。但是，有关木桩加固城基的史料较少，目前发现的主要是考古资料。如南京明代故宫宫城，系填湖而成，土质松软。对宫城南墙的解剖发现，墙基下面排列着密集的满堂乱桩，在 1 平方米的范围内，曾挖出 9~11 根；在长约 15 米的一段城基底部，木桩达 1700 根，多为杉木，直径一般为 16~18 厘米，最粗者达 36 厘米，下端削成三角形尖头，上端留有反复夯击之痕迹。有的木桩上还刻有“一丈五尺”“后宫”等字样。木桩间距一般为 8~12 厘米，最密处 2~4 厘米。每根长度一般为 3~6 米，最长达 15 米。从其长度上来看，这些应是端承桩，即下部一直打到坚硬的砂层或岩层上，以直接传承城墙荷载。木桩之上，城门铺以条石，其它墙体则为砖砌^⑬（图一，5）。

又如宁波唐代明州罗城，1993 年曾发现并解剖了一段唐、宋、元时期的古城墙。其中唐代城墙属于明州（唐代宁波城）罗城，外包以砖，因临奉化江岸，在墙基外打了成排的木桩，直径小者 10 厘米，大者 25 厘米以上，直接打入生土层。桩间距最大者不足 10 厘米，小的紧挨着。在木桩中还夹着 1 厘米厚的木板，伸入地层^⑭，这是为了固定墙基，以免其向河岸滑移。又如浙江宁波宋代市舶司的外围墙，它是在唐代夯土包砖城墙上加宽而成。为了加固墙

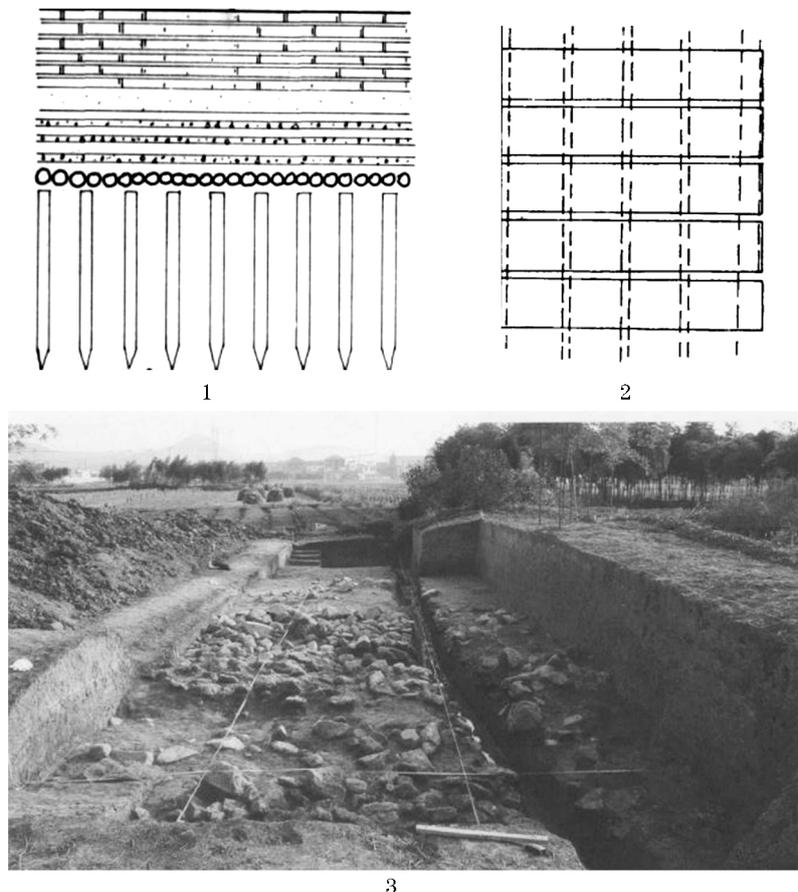
基,在旧墙体外侧打了成排的木桩(称为排桩)。木桩直径多在15厘米左右,下端削尖。行距10~20厘米、间距40~50厘米,其上再铺石条^⑮(图一,7),这主要是为了加固宋代新筑之墙体,以加强其与内侧唐代墙体的整体性。至于唐代墙基之下是否也有木桩加固,未见发掘资料。

还有以排桩保护墙体的。如南宋临安(今浙江杭州)外城墙,经解剖发现,其东墙基主体部分宽9.7、残高2米。墙体是用石块和粉砂土填筑而成,东侧用石块包砌,石块外围再打入一排直径15~20厘米排列整齐的松木桩。城基的东边还有一道宽6米的护基,由石块和黄黏土堆砌而成,外侧亦用一排长2米、直径15~20厘米的松木桩。这两道木桩主要是为了阻止城墙石块基础外移^⑯(图一,6)。

城门之下亦有用木桩加固者,以支撑其巨大荷载。如北京清代畅春园大宫门遗址,其南侧6.3米处对称分布有两个砖墩,东西相距

16.2米,规格相同,平面均呈长方形,南北长2.7、东西宽2.1米。其中西侧砖墩现高1.35米,下面铺有石条及砖层,再下面即打有地丁^⑰(图一,8)。又有故宫西华门墩台基础,墩台须弥座下为六层砖砌体,下面铺设一层灰土,再下即为碎砖黏土层,其下即圆木筏基础,木筏之下的粉砂层内又打有木桩。桩直径约0.2、长2.1米^⑱(图二,1),这是木筏加木桩之实例,其承重效果更好。又如明代南京午门地基下面亦打有木桩,桩之上有一层厚约2米的夯土层,其上即为厚约0.3米的石板层^⑲。这种木桩加石板之做法,具有减少地基沉降与增加沉降均匀性之双重功能。

更有将木桩层层横铺形成睡木(木筏)基础者,以加强城基整体性与牢固性。如明代南京皇宫西墙,解剖发现墙基下部铺有一层垫木,厚约80厘米,以圆木上下平铺两层。上层纵向平铺,下层横向平铺,分布密集。圆木直径30~40厘米,露在城外的一段长150厘米,其余



图二 中国古代夯土城墙基础加固

1. 故宫西华门墩台基础 2. 明代南京皇宫墙底垫木示意图 3. 良渚古城南城墙基石块

插入城墙最底层条石下。圆木外层每隔 50 厘米左右,以直径约 30 厘米的圆木打桩,以防止其内平铺之木向外滑动。这些圆木木质坚韧,至今保存完好。其下为厚约 80 厘米的碎砖瓦石层,作为城墙地基铺垫^{②①}(图二,2)。这种睡木基础亦见诸史料,如在修筑明代嘉州城(今四川乐山)时,曾“掘地深八尺。万杵齐下。砌石厚凡八尺以附于上。编木为栅,以附于石。栅之外,仍卫以土石。自栅而上,东城高凡十有四尺,南城高凡十有六尺。厚则以渐而杀”^{②②},即编木桩为栅,与石层共同构成坚固的城基。

事实上,除了加固城基之外,木桩还用于加固城墙本身。据《营造法式》记载“每城身長七尺五寸,栽永定柱,长视城高,径一尺至一尺二寸。”^{②③}这种墙体内立永定柱之法,还曾用于长城之中。如宋人周密说“长城之旁居人,以积雨后或有得竖木于城土中。识者谓名黄芦木,乃当时用以为城干用者,性极坚劲,不畏水湿而耐久。至今一二千年犹有如楹大者。”^{②④}这种永定柱,像夯土中的龙骨一样,会大大增加夯土城体的直立性与坚固性。

三、石质墙基

除了上述的木桩之外,根据地质条件与就地取材之方便,古代亦有用石材加固城基者。铺设石材(石板或石块),主要是为了加强地基的整体性,减少不均匀沉降。这种做法早在史前良渚文化时期(距今约 5300—4500 年)已出现。如在浙江杭州瓶窑镇即曾经清理出一座良渚文化古城址。城址范围南北长约 1500~1900、东西宽约 1500~1700 米。在营造墙体之前,先在生土上铺垫一层青胶泥,再铺垫石块,石块上又堆筑黄土,从而形成城墙基础,宽达 40~60 米^{②⑤}(图二,3)。

此为史前城址散乱石块奠基之例,唐宋时期还有城基垒石之记载。如唐代歙州(今安徽歙县)曾在旧城上筑新城,“遂谕以城之旧址,浮而斯濫,今当发深一仞,抉去砂石,实以精壤,重加镇筑,然后广其宿基,增诸石版。必使坚永,侔于铁壁”^{②⑥}。可见,这是在城墙旧基上挖出“一仞”(约 184 厘米)深的基槽,并

铺设石板,进行夯筑,基础坚固如铁。还有唐天复二年(902 年),王审知修筑福州城,“周圆二十六里四千八百丈,基凿于地,十有五尺。杵土胎(积)石而上,上高二十尺,厚十有七尺”^{②⑦}。这是在“十有五尺”(约为今 4.6 米)的基槽内夯土垒石之记载。又如宋代真州(今江苏仪征),在宝庆元年(1125 年)“盖因其旧植木为幹,非徒积土以为高,磬石为址,非徒累砖以为固”^{②⑧},亦曾用石块加固城基。而嘉州古城(今四川乐山),宋代以来皆为石城。如淳熙四年(1177 年),范成大路过嘉州,曾见到“城累大石为之,以备涨湍,虽庳而坚”^{②⑨},即城垣石筑以防洪水。明代正德八年(1513 年),嘉州城经历了一次大修“掘地深八尺,万杵齐下,砌石厚八尺以附于上,编木为栅以附于石,栅之外仍卫以土石,自栅而上东城高凡十有四尺,南城高凡十有六尺,厚则以渐而杀……凡石必方整,合石必以灰,一石不如意者,虽累数十石其上,必易。”^{②⑩}基槽深达八尺(约合 2.48 米),槽内砌以石块,并以石灰黏合,石块上又铺以木栅,想必城基十分坚固。

明代南京城墙城基亦曾用石条加固。据史料记载“城根脚挖阔七尺,深约六尺,以见老土(即生土)为止,打实坚。筑荒石四层,上用石六层,每层厚一尺。中用丁钩条石,而以荒石填之,灌以灰浆。”^{②⑪}这段史料意思有些模糊,大概是说在六尺深的基槽内,垒砌有荒石、石板(块),并用丁钩条石与灰浆联结,以求城基之牢固。还有河南洛阳一处明代城墙东北角,为半圆形马面。清理结果表明,筑墙基之前,先在原生土上挖出深约 1 米的基槽,槽内铺以大型石条作为基石。城墙基石为平铺法,马面基石则为竖铺。基石一般长 0.6~1.24、宽 0.4~0.5、厚 0.2~0.5 米,排列密集。基石之上,墙体外侧包砖,内侧为夯土,夯层厚 0.1~0.12 米^{②⑫}。

西安明清城墙外侧包砖下部城基,亦曾用石条加固。当地文物部门曾对南墙进行解剖,得知其是在隋唐皇城南墙基础上外扩而成。在外扩前,先在拟外扩部位挖槽,槽南北宽 4 米,槽内填以三合土并夯实,共五层,层厚 15~17 厘米,三合土之上并行平铺两排花岗岩石条,石条厚 0.3、宽 0.36 米,石条内平砌大砖三层,

从而形成断面为长方形的砖石墙基^⑫。

三、小结

综上所述,古人营造城墙之外,一般是先挖基础槽,并进行夯筑。宋代以前,可能是因为城墙为土筑,墙体底面积大,所以对地基要求不是太高,一般只是素土夯筑即可。至宋代以后,墙体普遍外包以砖,底面积变小,而高

度及压强变大,对基础的坚固与整体性要求变大。于是增加砖瓦夯层,并出现了木桩、睡木、石质等加固措施,尤其是在地质松软地区。这些加固措施,和现代建筑地下桩基、地下钢筋网等功能相似,只是材料不同。

基金项目:本文为国家社科《北宋东京城遗址考古资料整理与综合研究》项目,项目编号16BKG014。

注 释:

- ① 国家文物局考古领队培训班《郑州西山仰韶时代城址的发掘》,《文物》1999年第7期。
- ② 朱正昌《东文物丛书·遗址》,友谊出版社2002年,第103~104页。
- ③ 中国社会科学院考古研究所洛阳汉魏故城工作队《偃师商城的初步勘探和发掘》,《考古》1984年第6期。
- ④ 河南省文物考古研究所《郑州商城外郭城的调查与试掘》,《考古》2004年第3期。
- ⑤ 郑州市文物考古研究院《望京楼二里岗文化城址初步勘探和发掘简报》,《中国国家博物馆馆刊》2011年第10期。
- ⑥ 湖北省文物考古研究所《荆州纪南城烽火台遗址及其西隅城垣试掘简报》,《江汉考古》2014年第2期。
- ⑦ 中国社会科学院考古研究所《汉长安城未央宫》,中国大百科全书出版社1996年,第7页。
- ⑧⑨ 曾枣庄《全宋文》,上海辞书出版社2006年,卷7601《宁都县新筑城记》,第272页;卷6844《真州新翼城记》,第128页。
- ⑩⑪ 李诫《营造法式》卷3《筑基》,人民出版社2006年,第20页。
- ⑫ 中国社会科学院考古研究所洛阳工作站《定鼎门遗址发掘报告》,《考古学报》2004年第1期。
- ⑬ 丘刚《北宋东京内城的初步勘探与测试》,《文物》1996年第5期。
- ⑭ 杨新华《南京明故宫》,南京出版社2009年,第50~51页。
- ⑮ 林士民《再现昔日的文明——东方大港宁波考古研究》,上海三联书店2005年,第102页。
- ⑯ 宁波市文物考古研究所《浙江宁波市舶司遗址发掘简报》,《浙东文化》2000年第1期。
- ⑰ 唐俊杰、杜正贤《南宋临安城考古》,杭州出版社2008年,第47~48页。
- ⑱ 宋大川《北京考古工作报告(2000—2009建筑遗址卷)》,上海古籍出版社2011年,第2页。
- ⑲ 白丽娟《浅谈故宫古建筑基础》,《故宫博物院院刊》1993年第3期。
- ⑳ 南京文物研究所《南京午门》,大象出版社2009年,第52页。
- ㉑ 王志高《从考古发现看明代南京城墙》,《南方文物》1998年第1期。
- ㉒ 陈梦雷《古今图书集成·考工典》第27卷《城池部》,华中科技大学出版社2008年,第28页。
- ㉓ 周密《癸辛杂识续集上·黄芦城干》,上海古籍出版社2012年,第91页。
- ㉔ 浙江省文物考古研究所《杭州市余杭区良渚古城遗址2006~2007年的发掘》,《考古》2008年第7期。
- ㉕ 周绍良《全唐文新编(第四部第四册·歙州重筑新城记)》,吉林文史出版社1999年,第10937页。
- ㉖ 黄滔《黄御史集》卷5《灵山塑北方毗沙门天王碑》,文渊阁四库全书本,第12页。
- ㉗ 范成大《吴船录》,中华书局1985年,第7页。
- ㉘ (清)陈梦雷、蒋廷锡等编《钦定古今图书集成·经济汇编考工典》卷27《城池部》,华中科技大学出版社2008年,第28页。
- ㉙ 侯宗海《光绪江浦埤乘》卷5《建置上》,江苏古籍出版社1991年,第64页。
- ㉚ 洛阳文物工作队《洛阳老城明代城墙东北角马面建筑的初步发掘》,《考古与文物》2000年第1期。
- ㉛ 西安市文物局、陕西省古建筑设计研究所联合考古调查组:《含光门段明城断面考古调查报告》,《文博》2006年第3期。

(责任编辑、校对 孙琳)