

北京故宫西华门城台防排水设计与保护研究

崔 瑾

（故宫博物院，北京，100009）

摘要 西华门始建于明永乐十八年（1420年）。万历二十二年（1594年），西华门城楼遭雷击焚毁。万历二十四年（1596年），西华门城楼重建工程竣工。现西华门城台及城楼主体架构均为明代遗构，具有极高的文物价值。按故宫博物院整体保护要求，2018年启动西华门保养维修工程勘察设计。工程于2019年4月1日开工，2020年11月13日竣工。重做防排水设计是其中一项重要的保护研究设计内容，城台地面排水不畅，雨水下渗是长期以来城台保护面临的主要问题。西华门原有东西马道，与东华门对称布置。1974年，在西华门两侧加建屏风楼，将东西两侧马道拆除，以混凝土砌筑的宇墙封堵，是造成目前城台排水不畅的主要原因之一。以往城台防水的传统做法是将城墙地面揭至砖垫层，以素白灰重新细堰地面，但效果并不理想。我们在重做排水设计的同时，将现代防水材料与传统材料做法相结合运用到西华门城台保护中，经过三个雨季，城台防水效果明显，有效地缓解了城台排水不畅的问题。实践证明，在传统做法实践没有收到良好效果的情况下，进行研究性保护探索是非常必要且有利于延长古建筑大修周期的。

关键词 西华门 城台 排水 卷材防水

1 建筑概况与历史沿革

西华门是紫禁城西门，始建于明永乐十八年（1420年）。紫禁城东侧有东华门，西侧有西华门，二者遥相呼应，是明永乐营建紫禁城时就已形成的格局。据《明实录》记载，明万历二十二年（1594年）六月，西华门城楼遭雷击焚毁：“六月乙酉，大雷雨，火，灾西华门楼。”^[1]万历二十四年（1596年）八月，西华门城楼重建工程竣工：“八月壬寅，西华门城楼工竣，命侍郎徐作祭告后土司工之神。”^[2]其后未查到重建和大规模维修的记录。

清代帝后游幸西苑、西郊诸园，多经西华门出紫禁城：

乾隆十六年十一月，王公、宗戚、京外文武各衙门大臣、官员、辇下绅士、耆老，自高粱桥至西华门，豫设彩棚、乐剧，恭祝圣寿。是月癸未，皇太后銮舆自畅春园回宫，皇帝御龙袍袞服，乘马前导。王公、大臣咸蟒袍、补服，满汉命妇咸采服，各于祝釐彩棚前夹道跪迎，皇太后颁赐赏赉各有差。^[3]

乾隆五十五年，八旬万寿。庚申，上自圆明园进宫，乘礼舆，大驾卤簿豫陈于西华

门内以至隆宗门祇候。^[4]

光绪十九年，慈禧皇太后七旬万寿，还宫日，由颐和园东宫门外彩殿乘辇，至西华门内咸安门外彩殿降辇，乘轿还宫。^[5]

1900年，八国联军进攻北京，慈禧太后、光绪帝一行自西华门出宫，仓皇逃走：“庚子七月二十一日，天未明，太后青衣徒步，泣而出。帝及后皆单衿从。至西华门外，乘骡车，妃及宫人皆委之以去。”^[5]

目前西华门城台及城楼主体架构均为明代遗构，具有极高的文物价值。西华门平面为矩形，红色城台，汉白玉须弥座。城台长50.2m，宽28m，城台当中辟3座券门，券洞外方内圆。城楼台基长43.5m，宽19.8m。黄琉璃瓦重檐庑殿顶，面阔5间，进深1间，四周出廊（图1）。

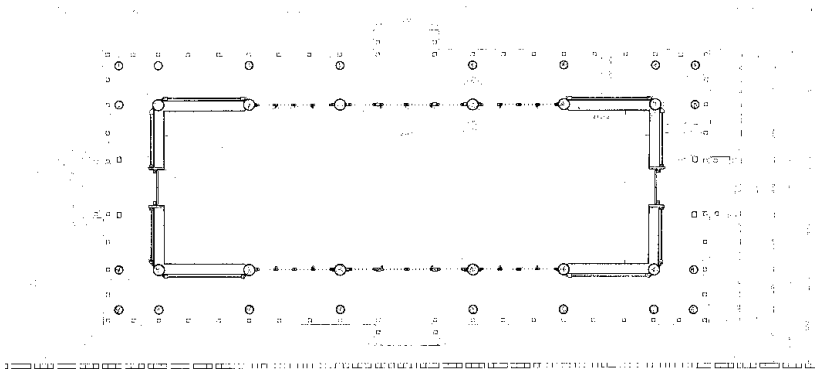


图1 西华门城楼平面图（中国营造学社测绘图）

西华门明间面阔9.51m，次间面阔6.51m，梢间面阔6.51m，廊间面阔2.86m，通面阔41.27m，山面明间进深11.95m，廊间进深2.86m，通进深17.67m。柱网由外围一周檐柱和里围金柱共同组成。从进深方向上看，共有四排圆柱，每排八根，在两山明间各增设两根方柱。檐柱径670mm，金柱径860mm，方柱径420mm。

西华门结构为七檩重檐庑殿形式。共设四排柱子，前后檐柱、前后金柱。上层檐为单翘重昂七踩鎏金斗拱。前后金柱柱头上承七架梁，其上为叠梁式结构：七架梁上设柁墩，柁墩上承五架梁，五架梁上再设柁墩，柁墩上承三架梁，三架梁中部承脊瓜柱。两金柱柱头间各间自上而下设上檐大额枋、承椽枋、花台枋、跨空枋。西华门下层檐为五踩鎏金花台科斗拱，前后檐柱以抱头梁、穿插枋与金柱连接。

结合历史档案和西华门城楼的大木构架特征来看，西华门城楼仍为万历二十四年重建时的遗存。可以肯定的是，西华门城台的建筑年代不可能晚于万历二十四年。而从明清历史档案来看，重建工程多为火灾破坏，而火灾一般破坏的是木结构建筑，砖结构的城台破坏的可能性不大。紫禁城的四座城门，是紫禁城的出入口，如果没有重大的政治变动等因素，不至于将城台拆除重建。因此，西华门城台很可能仍为明永乐十八年（1420年）始建时的遗物。

2 西华门马道的历史变迁

西华门城台表面距离地面9.8m，横断面呈梯形，两侧墙身为干摆做法砌筑，内填黏土逐层夯筑而成。

现西华门城台两侧并无马道，而是1975年添建的高6层的楼房。从绘制于1931年的中国营造学社测绘图中可以看出，当时西华门城台北南两侧各有马道，马道紧贴城墙向上，与东华门对称布置。马道，指建于城台内侧的坡道，表面为陡板砖砌筑，利用砖棱形成锯齿形礅磋，坡道和缓舒适，便于车马通行。西华门城台底面长51.3m，宽28m。马道总宽14.84m，长31.45m（包括平台）。马道入口距离城台墙面5.96m，坡道分为两段，第一段宽度为6.34m，从入口向城台外侧方向经宽6.9m的平台折返，第二段从平台向城台方向与城台地面连接，宽度为8.5m。与现存东华门马道位置、形制与规模非常接近（图2、图3）。

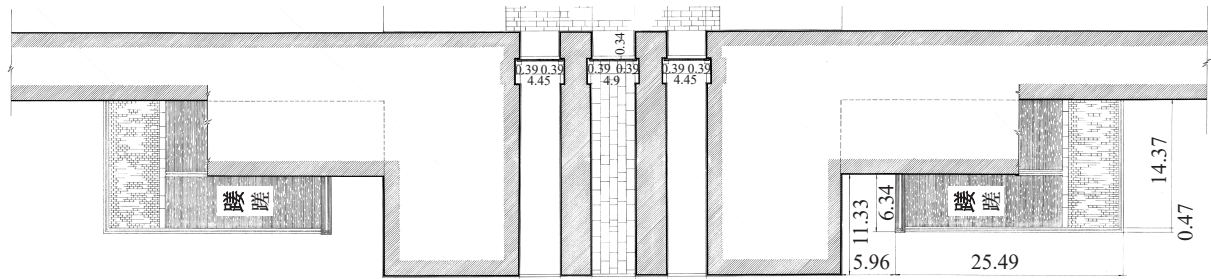


图2 西华门城台平面图（中国营造学社测绘图）

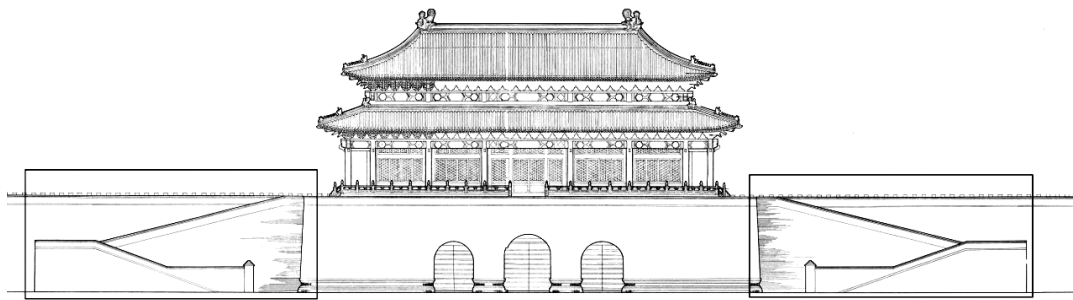


图3 西华门城台西立面图（中国营造学社测绘图）

1974年，在西华门城台北南两侧新建高度为6层的“屏风楼”。建“屏风楼”时，拆除了西华门两侧城墙的马道。“屏风楼”共有五栋，分布在西华门城台北南两侧。现最北3栋为中国第一历史档案馆使用，紧邻西华门两侧的两栋为部队驻地（图4）。



图4 西华门北侧屏风楼

2002年，故宫博物院启动了故宫古建筑大修工程。2003年，国家发改委批复了中国第一历史档案馆迁建工程立项，要求“中国第一历史档案馆迁出后，旧馆应拆除，尽快恢复明清故宫历史原貌”。

此次维修前勘察发现，西华门城台北侧下方的墙体有一部分是凸出两侧墙面的，就是原来马道上段下方基础的位置，是在1975年拆除马道时残留的部分（图5）。



图5 城台北侧原马道基础残留部分

城台南北两侧各有一段用混凝土砌筑的现代宇墙，与中国营造学社测绘图中所示的马道上段对应位置和宽度一致，是原马道登上城台的地方，原本没有宇墙，拆除马道后形成8米宽的缺口，用混凝土砌筑的现代宇墙封堵（图6）。

在混凝土宇墙与城台两侧城墙干摆宇墙交接位置，还有一段糙砌宇墙，这段宇墙的位置、长度与中国营造学社测绘图中所示马道内侧位置是对应的，应是拆除马道后补砌的（图7）。

入口两侧的宇墙角柱石，是西华门城台原有马道位置的最直接证据。原马道上段两侧的墙体与城台南北两侧宇墙在此处交接。此次保护并未拆除宇墙角柱石，保留了原有马道位置的历史信息，作为将来恢复西华门城台马道历史原貌的依据（图8、图9）。



图6 混凝土砌筑的现代宇墙



图7 城台北侧原马道位置糙砌宇墙



图8 原马道东侧宇墙角柱石



图9 原马道西侧宇墙角柱石

3 城台防排水现状及存在的问题

西华门城台的原形制与东华门相同：城台均为矩形平面，两侧设马道，城楼坐落在城台正中，

西华门城台南北长51.3m，东西宽28m。城楼台明南北长43.4m，东西宽19.8m。城台的前后两面无排水口，仅向两侧翼排水。目前城台南北两侧宇墙下各有排水口1个，对称布置在城台南北轴线的东侧。城楼前檐台明与宇墙之间地面的雨水流经南北两侧到达宇墙还要转向西17m才能到达排水口位置。雨季在城台转角处及排水口附近积水明显。维修前城台地面的抄平数据显示，城台东西两侧中部地面与两侧排水沟口低点位高差均为负值（东侧高差均值为-120mm，西侧高差均值为-110mm）。由于本该处于高点位的地面凹陷，雨后地表水不能及时排出，只能靠缓慢蒸发，很容易造成下渗（图10、图11）。



图10 城台南侧墙面图



图11 城台北侧墙面

城台地面为城砖铺墁，砖规格440mm×220mm；一封书散水，砖规格440mm×220mm；牙子砖规格440mm×110mm。此次修缮前地面杂草丛生，局部坑洼不平，地面隆起。墁地陡板砖破损率50%。牙子砖破损率80%。一封书散水砖破损率50%。特别是东北转角处地面破损率达100%。

城台东西两侧磔墙和宇墙出现了不同程度的局部鼓闪、砖体缺失、破损、酥碱等病害。雨季，雨水可以通过砖体缝隙渗入城台内部（图12、图13）。



图12 磔墙残损现状



图13 宇墙残损现状

4 病害原因分析

西华门原有东西马道，与东华门对称布置。20世纪70年代，在西华门两侧加建屏风楼，将东西

两侧马道拆除，以混凝土砌筑的宇墙封堵，是造成目前城台排水不畅的主要原因之一。混凝土宇墙东西段长度为7m，南北段长4m，再转向东西段长1.6m并与城墙东侧砖砌宇墙交接。在城台两侧，在新砌筑的南北段4m长的宇墙下部各设置了1个排水沟口。城台南北中轴线以东的雨水只能通过这两个排水口将雨水排至地面，城台东侧的雨水以台明正中为分水线，分别向南北两侧经过21m，再向西转17m，才能到达距离最近的排水口，因地面高程受石活位置所限，高差较小，水流途径又过于狭长，还需经过一次转弯才能到达排水口，且因马道拆除后改为窄小的排水口排水，雨水不易排出。

城台东西两侧中部地面与两侧排水沟口低点位高差均为负值（东侧高差均值为-120mm，西侧高差均值为-110mm），这是长期以来城台的不均匀沉降及地面的局部变形所致，地面砖的缺失、破碎、酥碱造成地面局部坑洼不平，碎砖、积土堵塞雨水途径的通道。

地面砖体可以说是城台防水的第一道防线，起到至关重要的作用，现状地面杂草丛生、砖体缺失、破碎、酥碱造成雨水下渗造成了防水的第一道防线失效，雨水直接进入下方灰土垫层，雨量大时会继续下渗至城台内部。

5 西华门保养维修工程设计



图14 施工中的西华门

按故宫博物院整体保护规划要求，2018年启动西华门保养维修工程勘察设计工作。工程于2019年4月1日开工，2020年11月13日竣工。城台重做防排水，是此次工程的一项重要内容（图14）。

5.1 排水区域划分与高程设计

5.1.1 增设排水口

在现代建筑给排水设计中，雨水口或雨水管的间距应根据其排水能力、屋面和檐沟坡度等因素综合决定，一般不宜大于24m。而西华门城台

东西方向是进出紫禁城的通道，原状即不设排水口，西华门城台东西向的地面长度达到42m，以建筑明间中线为分水线，水流分别向南北两侧流经21m，再加上折向西10m的距离才能达到城台马道东端的位置。而拆除马道后，现有城台两侧排水口设在原马道西端的位置，因此两排水口的间距长达76m。可见，如果按现代建筑给排水设计规范要求，西华门城台的排水口间距是远远不符合要求的。如果我们在城台的正面和背面增设排水口，会对历史原貌造成较大破坏，并且在进出城门的位置附近设排水口也会形成很大安全隐患。最终我们将增设的排水口设在城台两侧，原马道与城台地面相交位置的东端，这样不仅增加了排水口数量，增大水流速度，还将水流路线缩短了14m。

5.1.2 调整排水坡度

新铺埧地面的高程设计是排水设计的重中之重。难点在于城台地面露明的部位位于城楼的四

周，均为狭长的区域。在进行高程设计时，受到古建筑台明位置的制约，不能随意改变建筑本体台明及踏跺的高程。排水坡度的设计受石材位置的制约，不同于现代建筑平屋顶设计。而西华门城台从建成起，历经几百年的沉降变形，地面出现不同程度的起伏。台明四角的高程均不一致，又不能在石材和漫地砖之间出现错台我们只能根据现状在对整个城台及与两侧城墙地面进行整体设计的同时，对四周的排水坡度进行因地制宜的调整。例如，在现有条件下，为满足排水坡度的要求，我们采取了在局部加大石材与漫地砖之间的散水坡度，适当降低排水口附近高程，对地面砖进行局部打磨等措施。

5.2 防水层设计

整修垫层砖，缺失处用老砖补配灌浆。如破损严重，重新铺漫。其上做 3 : 7 灰土找坡，再上找平层，找平层上铺粘双面自粘高分子防水卷材，再上保护层。4 : 6 掺灰泥漫面层砖，卷材入墙嵌填密封膏，钉压固定密封胶密封。

5.3 排水沟构造设计

针对城台墙体收分较大，而原有排水沟嘴过短，造成雨水直接落在城台墙体的坡面上，直接渗入城台内部的问题。此次设计按西华门两侧城墙排水沟嘴形制，在城台两侧排水沟口增设青白石排水沟嘴，考虑悬挑结构的稳定性，沟口挑出不宜过长，因此在沟嘴处又增设了长度为60cm的铜板围制水槽，设两根铜板带与青白石排水沟嘴连接固定，增加了排水沟口长度。

5.4 工艺做法要求

5.4.1 城台地面铺漫的工艺做法要求

原砖能使用者尽可能保留并用于本工程。拆除地面砖应轻拿轻放，避免好砖继续破损，统一集中码放整齐。漫地面砖必须找中、冲趟。地面现状有小找的部位，施工中应进行调整，避免出现小找。砖料加工要求尺寸准确，要砍出转头肋，砖看面磨光磨平，不得有花羊皮，包灰尺寸符合验评标准。

地面铺漫要求坐浆，挂油灰、串浆，灰浆要饱满，缝严平正。钻生饱满、均匀、待干后铲除油皮，表面光亮洁净。旧砖铺漫要求，表面平整，尽量做到十字缝，坐浆铺漫，灌浆饱满，缝子用麻刀灰加少许烟子调色，进行勾缝，表面压实，不得有翘边、毛茬。

5.4.2 磉墙、宇墙砌筑的工艺做法要求

磉墙按原形制做法砌筑。跺口砖拆除前逐一进行编号，按原位摆砌。拆除旧砖尽可能保留使用，轻拿轻放，避免好砖继续破损。干摆砖摆砌平整，后口灌浆灰浆饱满，每两层抹一次馅。缝严平直。旧砖用老浆灰锁口，摆砌后用砖药打点严实。

不同位置宇墙做法要求：①宇墙现为干摆做法的，按原形制、原做法原砖原位砌筑。拆除旧砖轻拿轻放，尽可能保留使用。干摆砖摆砌平整，后口灌浆灰浆饱满，每两层抹一次馅。缝严平直。旧砖用老浆灰锁口，摆砌后用砖要打点严实。②宇墙现为糙砌做法的，按城墙现有干摆做法重新砌

筑。③字墙现为现代混凝土做法的。按城墙现有干摆做法重新砌筑。添配干摆砖、扣脊瓦、兀脊砖（图15～图19）。

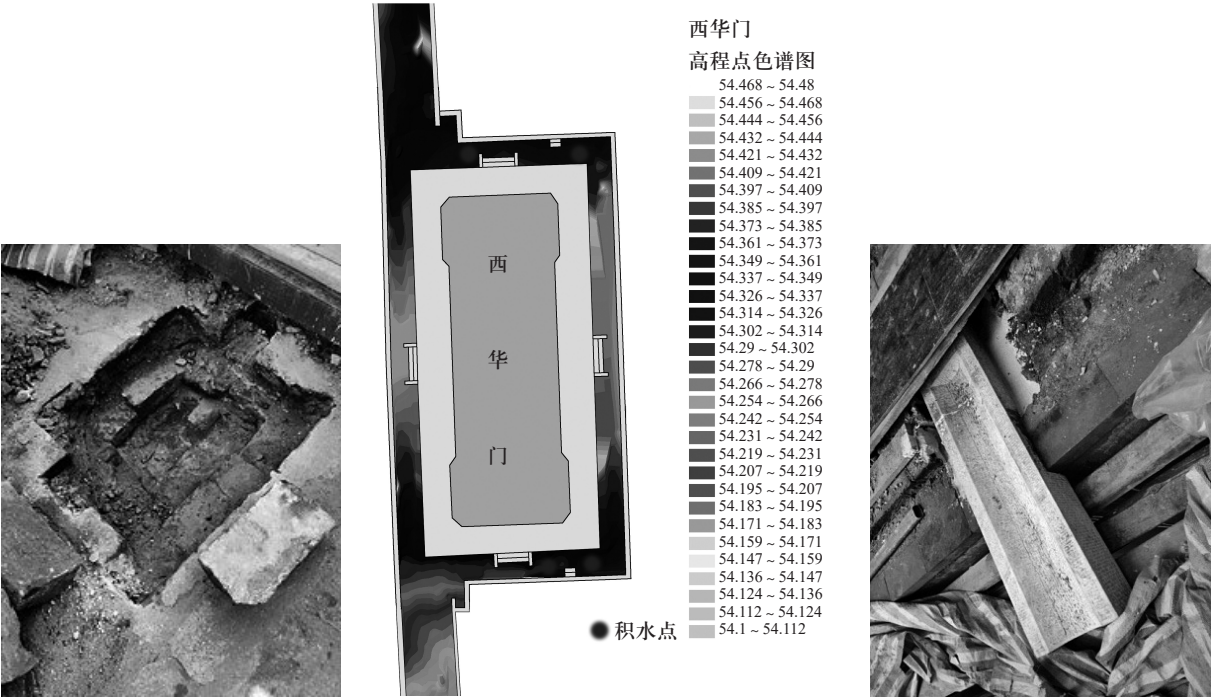


图15 城台地面构造探查点

图16 城台地面积水现状图

图17 增设排水口



图18 防水卷材铺粘

图19 磗墙砌筑

6 探索与展望

以往城台防水的传统做法是将城墙地面揭至砖垫层，以素白灰重新细墁地面，但防水效果并不理想。由于城台内部结构的长期变形，砖体的残坏，灰浆失效等原因，在不扰动城台内部结构的前提下，仅通过传统做法很难解决长期以来城台防排水出现的严重问题。

作为一项保护研究设计，我们在不破坏城台内部结构的前提下，增设一道现代防水层，利用现代防水材料的优势，延长古建筑的大修周期。这道现代防水层与城台面层砖相结合作为城台防水的

第一层保护，对城台防水起到至关重要的作用。

防水卷材按主要组成材料主要分为沥青防水卷材、高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材。按胎体的不同成分又可分为无胎体卷材、纸胎卷材、玻璃纤维胎卷材、玻璃布胎卷材和聚乙烯胎卷材等。在防水材料的选择上，西华门城台选用的是双面自粘聚合物改性沥青防水卷材。这种防水卷材是以聚酯纤维无纺布为胎基，弹性体（SBS）改性沥青做浸渍和涂盖材料，上表面涂自粘橡胶沥青并附可剥离的涂硅隔离材料制成的一种双面自粘防水卷材。

双面自粘聚合物改性沥青防水卷材相对于以往一般沥青防水卷材优势明显：

1）双面自粘聚合物改性沥青防水卷材采用冷施工方法，不用动明火，保证古建筑施工的安全性。且无刺激气味，不会造成污染，节能、环保。施工方便简单。双面自粘防水卷材因不需要其他的黏接剂，不需要加热熔化，只需要揭除隔离层就可以牢固地粘在基层上，因此施工方便，明显提高了施工效率。

2）有效防止串水。传统的防水卷材一旦防水层出现破损，水就会沿着防水卷材流串，而双面自粘聚合物改性沥青防水卷材以很强的黏接性与其上的保护层刚柔结合，从根本上解决了串水问题。

3）具有较好的温度稳定性。双面自粘聚合物改性沥青防水卷材以SBS改性沥青做涂覆材料，耐高温性能好。

4）具有良好的黏接性能。确保防水层的整体性。卷材接缝采用自身黏接，长期处于黏弹状态，寿命和卷材本身寿命一致。

5）高延伸性能。很好地适应基层的变形和开裂，可以预防建筑物基层干缩开裂、沉降开裂和温差应力开裂等变形而引起的渗漏。与以往传统的防水卷材相比，还有一点非常优越的性能，我们称为“自愈功能”，是指在遇到小的穿刺破损时，可以自然愈合，保持良好的防水性能。

6）具有较好的耐腐蚀性，和优良的耐老化性能。

以往，我们在紫禁城城门采用传统做法维修，经过长期监测，渗漏依然发生，近年来，我们尝试涂刷柔性防水涂料，采用现代卷材防水等方法。双面自粘聚合物改性沥青防水卷材是在现代建筑中应用成熟的防水材料，我们将其与古建构造、材料做法相结合运用到西华门城台保护中，经过三个雨季，城台墙面已经没有明显渗出水迹，证明城台防水效果明显，能够有效缓解城台渗水问题，保护建筑本体安全。

在传统做法实践没有收到良好效果的情况下，如果一味遵循传统做法，很可能会缩短古建筑的大修周期甚至会减少古建筑的寿命，进行研究性保护探索是非常必要的。

参 考 文 献

[1] 赵其昌. 明实录北京史料（第四册）[M]. 北京：北京古籍出版社，1995：239.
[2] 赵其昌. 明实录北京史料（第四册）[M]. 北京：北京古籍出版社，1995：259.
[3] 章乃炜，王嵩人. 清宫述闻（初续编合编本）[M]. 北京：紫禁城出版社，2009：255.
[4] 章乃炜，王嵩人. 清宫述闻（初续编合编本）[M]. 北京：紫禁城出版社，2009：256.
[5] 章乃炜，王嵩人. 清宫述闻（初续编合编本）[M]. 北京：紫禁城出版社，2009：257.