
明代紫禁城环状河渠排水系统的形成与功能^{*}

The Formation and Function of Circular Drainage System of the Ming-Dynasty Forbidden City

张雅平 曹萍

Zhang Yaping Cao Ping

内容提要：

在我国古建筑保护研究领域中，地下排水系统因其变化较多、勘测困难等原因常常被忽视。紫禁城作为中国明清皇家的宫城，其排水系统虽然在历代均有改造或改建，但原有形制还是基本被保存下来，只有了解设计者建造整个排水系统之初的设计意图，才能更有效的对地下管网系统进行勘测和维修保养。本文以紫禁城内、外排水系统为研究对象，采用与现代排水系统管线布置原理相对比的方法，论述该排水系统的历史演变过程及其排水原理，并由此推测出建造者的设计理念。

关键词：

紫禁城 内外水系 排水系统 设计理念 演变 水力分析

ABSTRACT:

In the field of China's heritage architecture preservation, underground drainage system is often neglected because of its rich variety and the difficulty in surveying. The Forbidden City is the imperial palatial complex of the Ming (1368-1644) and the Qing (1644-1911) dynasties. Its original drainage system is basically kept intact in spite of repeated construction and renovation. Understanding the original design and conceptualization of the system is essential in the effectiveness of its surveying and maintenance. This article studies the internal and external drainage system of the Forbidden City and compares the layout with modern principle of the drainage arrangements, in an attempt to infer the design concept of the Forbidden City drainage system.

KEYWORDS:

the Forbidden City, internal and external water system, drainage system, design concept, evolution, hydraulic analysis

^{*} 本文由故宫博物院 2014 年度科研课题《紫禁城雨水系统初步研究》和《故宫养心殿研究性保护项目》资助。



图1 汉长安城引水渠道复原图

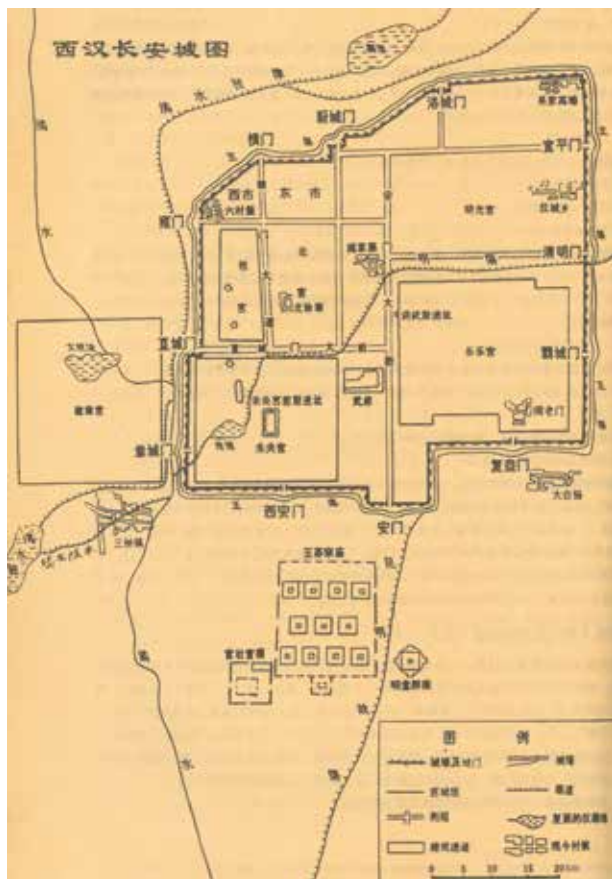


图2 西汉长安城图

城市的发展与水源的位置、水量的分布等自然资源状况是密不可分的，一个城市是否拥有适宜的自然资源是决定城市产生及发展的重要因素。在历史发展的长河中，城市大多是以自然河流为给水源头，在水源地周边建立形成并逐渐发展扩大的。随着时代的变迁，科学技术的发展，人工造渠并建设城市成为了可能，同样，城市排水系统也是城市建立后，同城市一起发展至今的。只要有城市的地方，就一定会有一套排水系统，任何一个城市的建成都离不开排水系统的建设，城市规模越大，排水系统就会越完善。

中国古代城市排水系统，大多是和周边水系相通的，周边水系既可以对城市排水系统起到调节水量的作用，又可以为城市排水系统提供出水渠道，对城市防涝起到重要作用。以汉长安城排水系统为例，在城外有宽8米，深约3米的城壕环绕，城内的大道旁都设有排水沟洫，排水管道、涵道、沟洫与濠池、明渠等干渠共同组成了一个完善的城市排水系统〔图1、图2〕¹。

紫禁城作为中国明清皇家的宫城，位于北京城正中心，它始建于明永乐四年（1406年），建成于明永乐十八年（1420年），至今已有近600年的历史，是世界上规模最大，保存最为完整的宫殿建筑群。紫禁城的排水方式也是采用排水系统与周边水系相结合的形式，它可以分为内部排水系统和外部排水系统两大部分。

紫禁城地平呈西北高东南地的地势走向，排水系统虽然在历代均有改造或改建，但原有形制还是基本被保存下来，并在今天仍旧承担着排水功能。作为宫殿建筑群，紫禁城在建设之初必定是经过精密的勘测及设计，之后才得以建成的，其排水系统

¹ 吴庆洲：《中国古城防洪研究》，中国建筑工业出版社，2009年，第59、60、62页。

则应属于城池建设之初优先进行建造的地下工程。紫禁城排水系统与紫禁城的建设乃至皇城建设都是息息相关的,所以对紫禁城排水系统的形成与功能的研究就显得更加重要了。紫禁城内、外排水系统不是一次建造而成的,而是经过历朝历代的改建逐渐形成的。外部排水系统是以水系的形式存在,这一水系最初形成于元代,在明代时经过较大的改造而形成现有形制,清代时基本延续了明代形制,没有太大的变化,所以现今紫禁城的排水系统依旧保留了明代排水系统的基本格局。

一 元大都排水体系初具规模

元大都的主要设计者刘秉忠把皇城的位置从一直以来的莲花池水系转移到高粱河水系。元大都的设计是最接近我国古代《周礼·考工记》中所记载的“匠人营国,方九里,旁三门,国中九经九纬,左祖右社,面朝后市”这一城市建设理念的。这种理想的的城市布局体现皇权至上的指导思想,元大都正是以这一设计理念为基础而建成的。排水系统的设计理念同城市建设的设计理念是相辅相成的,只有把城市建设的设计理念完全贯穿至排水系统设计理念之中,才能使建造出的排水系统更加完善,保证城

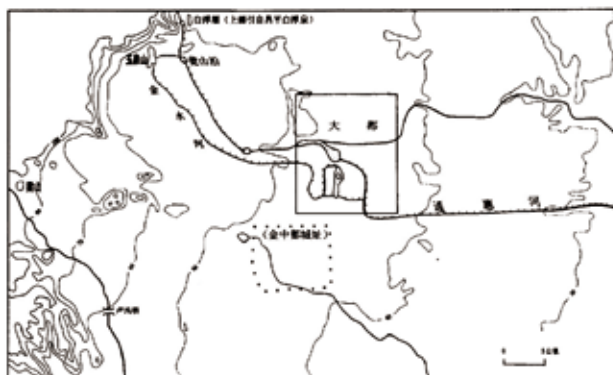


图3 元大都城址与新水源的利用

来自:侯仁之、邓辉:《北京城的起源与变迁》第90页,中国书店出版社,2001年。

市排水安全。之后,元代水利专家郭守敬又对北京城的水系进行了一系列的改造,他经过详细的勘测,开凿了一系列的人工渠道,使整个北京城水系更加完善了。至元代末期,北京城已然形成两大水系共同为元大都供水的格局〔图3〕:

1. 旧有金水河水系:从元大都初建时起,元朝皇室就把高粱河上游的主要水源—玉泉山诸泉之水据为专有,并修筑金水河将玉泉山水引至和义门(今西直门)之后流入官城,注入太液池,并其下游与通惠河相通。在元朝,金水河是一条单独流入城内的河渠,不得与其他水源相联通。在与其他水源相遇的地方,都要架槽引水,横过其上,称为“跨河跳槽”,而且定有“金水河濯手有禁”的规定,此时的玉泉山诸泉之水已被皇家宫苑完全占有,其他人是不能使用的。

2. 新的河渠通道:此水系为引白浮泉水西行,沿着西山脚下,流经沙河和清河谷地,之后转向东南注入瓮山泊(今昆明湖的前身)。又从瓮山泊将水东引从和义门以北水关流入大都城后汇入积水潭内。再由积水潭引水至万宁桥,沿皇城东墙外南下出丽正门东水关,转而东南与旧闸河相连,最终汇入通惠河。此水系即为郭守敬后期所设计并开凿的新的河渠通道,它的开凿为大都城开辟了前所未有的新水源。

大都排水系统在元代时就已经初具规模,内外排水系统的形成基本上落实了当时的城市排水理念,也为明代紫禁城排水系统的建造创造了条件。

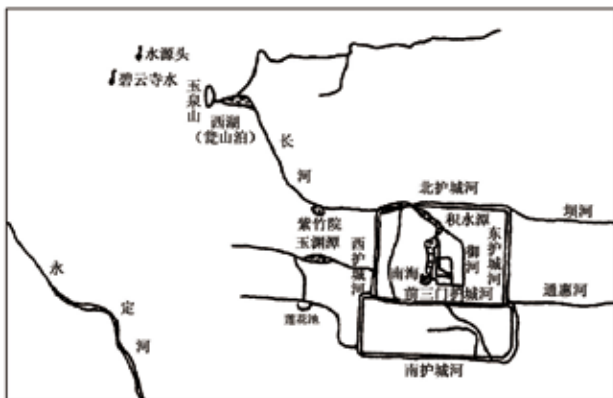


图4 明紫禁城位置略图

侯仁之、邓辉：《北京城的起源与变迁》第99页，中国书店出版社，2001年。

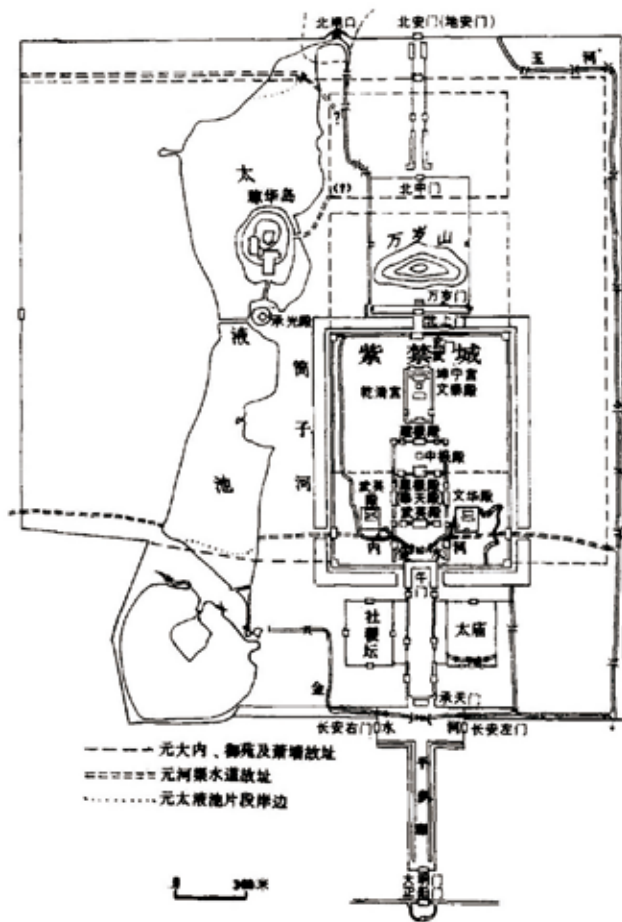


图5 明代北京水系示意图

刘树芳：《北京城市变迁与水资源开发的关系》，第82页，《北京社会科学》2003年第2期。

二 明代紫禁城排水系统的建成

明代紫禁城排水系统的设计大体上延续了前朝相关的设计理念，大致可以归纳为：内部采用“以疏为主”的分散式排水方式，外部采用“汇集排放”的集中式排水方式，同时，内外结合，形成了完善的紫禁城排水系统。

明洪武元年（1368年），明军攻占元大都城，但并没有在北京建都的想法，直至明成祖朱棣继位后，才开始决定建都北京。明永乐四年（1406年）开始兴建宫殿，直至明永乐十八年（1420年）才基本上竣工，前后延续了十五年之久。明代没有直接采用元大都城池，而是在元大都城池的基础上建造了一座新的皇城。明代北京城以皇家宫城—紫禁城为中心，宫城正南门为午门，东为东华门，西为西华门，北为神武门。整个紫禁城南北方向长960米，东西方向长760米，城墙上的四角均建有角楼，宫城城墙外有护城河围绕。紫禁城之外还有一道皇城，南为天安门，北为地安门，东西为东、西皇城根，太液池也被围在了皇城之中。明北京城的布局也是遵循《周礼·考工记》中王城图的设计理念建造而成的〔图4〕，紫禁城的排水系统同建筑一样，也是在明代迁都北京时建造而成的。虽然紫禁城排水系统是先于城市建设的地下工程，但这套排水系统依循了王城设计理念的核心思想，并把王城设计理念与排水系统设计理念相结合，最终建造出一套专门为紫禁城提供排水服务的系统。

明代北京城的水系，是在元大都原有水系的基础上进行了一系列的改造而建成的，改造后的水系主要是为新宫城服务的。紫禁城内外水系的改变，主要有以下三大变化〔图5〕：

1. 护城河：明代建造紫禁城时，为了满足防御及用水需求，在宫城外开凿了护城河，护城河围绕整个宫城四周。护城河距紫禁城城墙20米，河宽52米，水深约5米。其水源来自西郊玉泉山，经积水潭、后海、

什刹海、北海入濠涧，向东经景山西墙下，流入紫禁城西北角注入护城河。明代时护城河有两个出水口，分别位于护城河的西南角和东南角。护城河西南角的出水口，把护城河水经社稷坛引入外金水河，护城河东南角的出水口，经太庙与外金水河相接后一并汇入御河。

2. 内金水河：内金水河是明代建造紫禁城时开凿的一条贯穿紫禁城内部的河渠。它自紫禁城的西北角暗渠引护城水入城，然后傍着西墙向南流，绕行太和门外广场，最后由东南角暗渠注入护城河。

3. 外金水河：在元代，已有金水河水注入太液池之后汇入通惠河，并且金水河为皇家专属用水，不得与其他水源相接。到了明代，为避免河道所经途中所造成的“跨河跳槽”带来的一系列不利影响，所以金水河改道，并且其上游河段被废弃。

经过一系列的改建，明北京城水系的大致格局为：太液池、通惠河部分河段被围在城内，因此通州至北京城内的漕运通道被截断，元代的金水河被废弃，同时在太液池南部开凿南海，此时玉泉山水引入瓮山泊的水源为明北京城的唯一水源，形成了由元代的金水河水源直接供应宫城变成由长河水系供应宫城的水系变化。此时，紫禁城周边水系布局已经基本形成，与此同时建造的紫禁城排水系统也与之有机相连，成为一体。

三 紫禁城排水系统的功能划分

河湖水系是水资源的载体，水系的整体连通对于优化水资源配置格局、提高供用水保障能力、分洪减峰、增强防御、抵御水旱灾害、修复改善水生态环境等都具有十分重要的意义。把明清紫禁城水系简化后可以发现，紫禁城及周边水系，形成了一个较大且完整的环状系统，几大河流起到蓄水和排洪的作用，河流中连接管渠的布置形势与现代雨水系统中的环状管网布置形式十分类似。依据现代设计理念，雨水管渠往往被建成为多个各自独立的排水系统来排除雨水，各系统之间互不连通。但根据实际经验，由于雨水渠道各系统的集水时间和汇水面积均不相同，因而高峰流量不会同时发生，各系统的排水能力也就各不相同。为了充分发挥各个排水系统的排水能力，减少地面积水时间，如果在相邻的两系统之间的适当地点设置连通管渠将雨水管渠建成环状管网，通过连通管渠可相互调剂各系统内的水量，达到改善排水状况的目的。紫禁城内外水系，经过明代的改建形成了现有紫禁城河道系统的基本格局，即是以积水潭和太液池为主要水源，护城河、内金水河和外金水河水系相互连通，形成环形水带，水流实现了科学循环。

1. 内金水河与紫禁城排水系统

紫禁城排水系统主要用于排放紫禁城内的降水，它是保障紫禁城内不积水的重要环节。内金水河贯穿紫禁城西北角至东南角，它是整个紫禁城内雨水排放的最终出处。当发生较大洪水时，关闭内金水河上游闸门，切断内金水河水源，此时内金水河实际上是被“断流”的，内金水河只用于排除紫禁城内的水量。同样，如果发生内涝时，因紫禁城内雨水皆由内金水河排出，此时仅需关闭内金水河上游水闸，开启下游水闸，以保证紫禁城内部雨水的顺利排出。因此，内金水河的主要作用是防涝排洪，其次内金水河还兼并消防用水、景观用水等功能。

同外部相比，紫禁城内部则采用了完全不同的排水原则。内部排水系统更多的是采用“以疏为主”的理念，

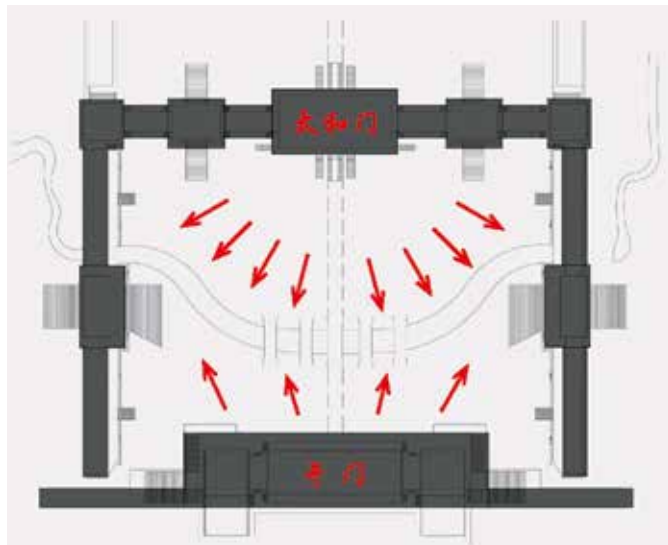


图6 太和门外广场排水系统

张雅平:《紫禁城太和门广场排水系统研究》,第51页,第2016年第1期《古建园林杂志》。

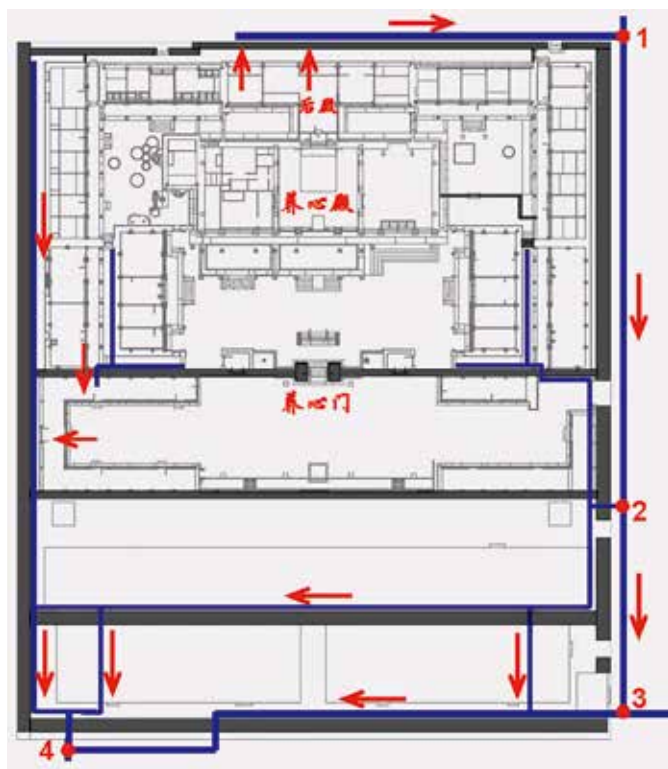


图7 养心殿区排水系统(红点为汇水点)

各个区域的雨水就近排放,尽量不通过唯一的管道排放。不同的位置,雨水排放的方法也不一致,在沿内金水河的一些区域里(如太和门外广场)〔图6〕,大多采用沿内金水河河岸设置了多处雨水口,直接将雨水排放至内金水河的形式。而在没有内金水河通过的区域,则是采用将雨水分流排放至区域外的主雨水管沟之中,之后一并排出形式(如养心殿区域)〔图7〕。

2. 护城河

内金水河出入口处均设有水闸,水闸主要起到对紫禁城内水量调节的作用。当雨水量较小的时候,开启内金水河上游水闸,引护城水入紫禁城,适当关闭下游水闸,减少水量流出。同样,当系统内水量或降雨量较大时,关闭内金水河上游水闸,开启下游水闸,起到泄洪的作用。同时紫禁城周边又有城墙维护,也能起到较好的抗洪效果,这样就能保证内金水河中过量河水排出紫禁城。所以,护城河在皇城水系中所起到的作用主要是调节紫禁城内部雨水量。并且护城河还兼具防御作用,由此可见,护城河的开凿是明代宫城设计中一个必要且巧妙的环节。

3. 外金水河

对于皇城环状水系来说,当外界洪水来临时,外金水河因其位于紫禁城外,可以把太液池的池水直接排除至下游水系,较好的起到了泄洪的作用。可见,外金水河在水系中的主要作用是泄洪。

4. 太液池、积水潭

太液池相当于紫禁城边上的一个天然蓄水池,不仅起到美化环境的作用,也起到了调节紫禁城内外河渠水量的作用。并且太液池和积水潭贯通循环,积水潭和太液池均为北京城水系积蓄了水量,也对长河水系的水量起到了一个缓冲的作用,使下游紫禁城内的河渠水量更加平稳。

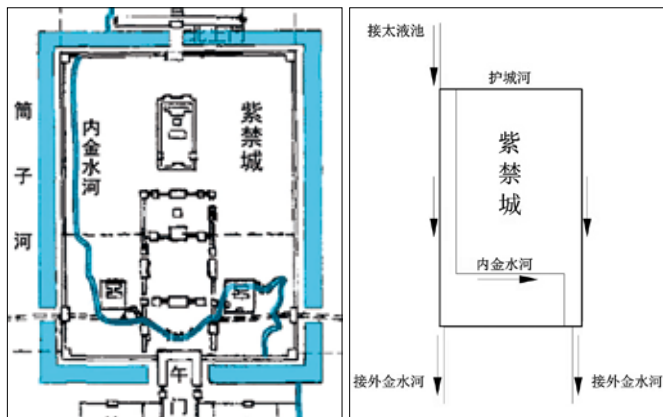


图8 明代紫禁城河渠平面图(左)及简化图(右)



图9 明代皇城河渠平面图(左)及简化图(右)

四 紫禁城排水系统水力模型分析

1. 紫禁城河渠系统

通过前文论述,明代已形成紫禁城外有护城河,内有内金水河,且护城河与内金水河上下游均有联通的河渠系统。把此系统简化后,可以更加清晰地看出各河渠间的相互关系〔图8〕。护城河与内金水河形成一个水系调蓄循环系统,环状水系由紫禁城西北口引入的太液池池水,之后围绕紫禁城形成护城河,护城河依据地势分成东西两路,整个护城河具有两个出水口,一个位于紫禁城西南角,之后汇入外金水河;另外一个出水口位于紫禁城东南角,向南流出,最终汇入外金水河。护城河围绕在紫禁城外,又从紫禁城护城河西北角将水引入内金水河,从紫禁城东南角流出再次汇入护城河。对于紫禁城环状水系来说,护城河自成环状系统,而内金水河在理论上相当于环状水系的连通管,起到调节护城河水量的作用。

2. 皇城河渠系统

同样,把明代皇城内河渠系统简化后,更加有利于分析紫禁城内、外排水系统的联通关系〔图9〕。从图中可以看出,太液池、护城河、内金水河与外金水河共同组成了皇城内的环状水系系统。皇城内,形成了以太液池为蓄水池,护城河北段、东段及外金水河共同组成的大环形水系。在这个系统中,太液池、护城河、外金水河形成了一个较大的环形水系,水源来自上游的积水潭,出水汇入御河,护城河西段和南段在水系中起到连通管渠的作用,主要用来调节环形水系中的水量。

然而,内金水河并没有被直接引入到这个大循环水系中。从水利角度来讲,环形水系统更有利于水的流动性,且水量稳定。理想状态的皇城内大环形水系统应如环状图10所示,内金水河直接从太液池引水入紫禁城,这样护城河、内金水河、外金水河三部分均加入到了皇城水系的循环系统中。这样的水系连接方式则更有利于紫禁城内金水河中水的流动性,也可以更好的保证其水量充足,满足宫内用水需求。但是皇城水系采用了内金水河从护城河引入,并最终汇入到护城河内的方式开凿内金水河,即图11中的连接方式。此时内金水河与整个环形水系为间接连接,这种连接方式虽然影响了内金水河作为河渠本身的特性,但是从其另外一个功能上来说则是非常巧妙。

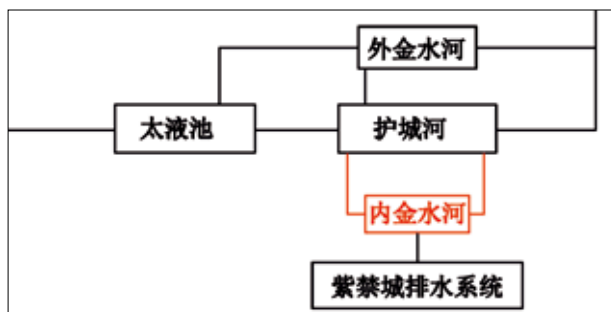


图 10 明代皇城环状水系假想图

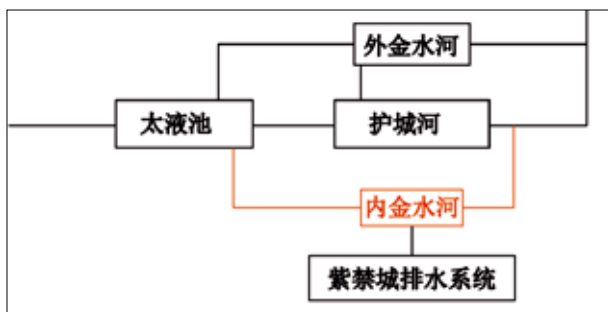


图 11 明代皇城环状水系现状图

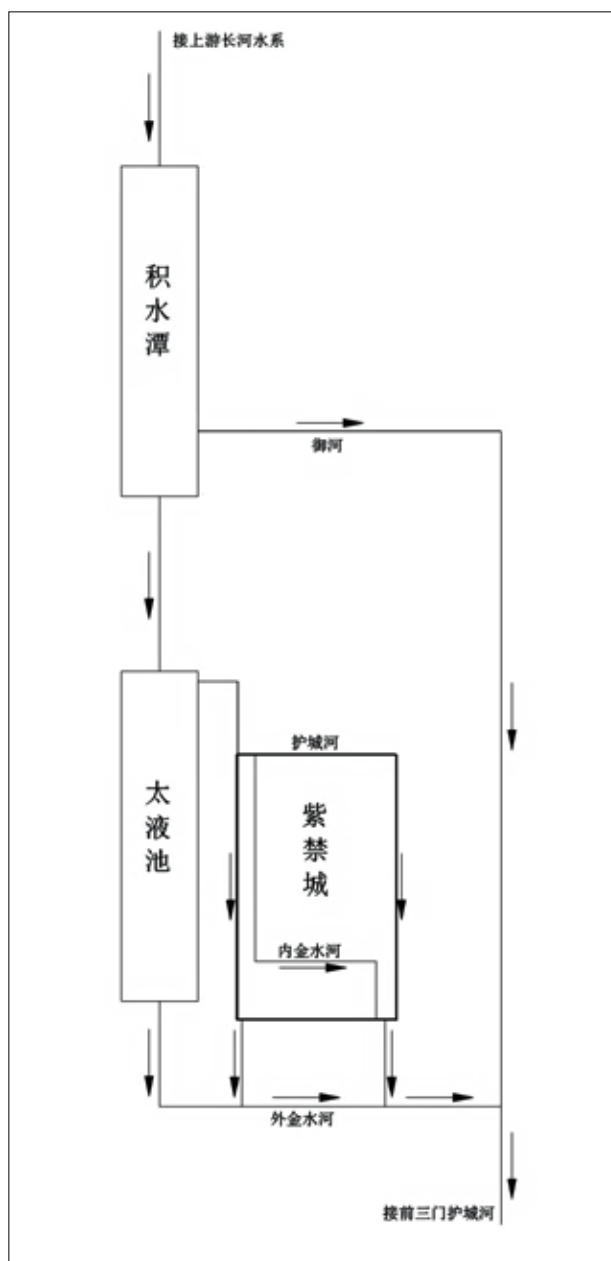


图 12 明代北京城内城河渠简化图

《明宫史》中记载：“(内金水河) 凡内廷暗沟出水，皆汇此河。”¹由此可见，紫禁城内雨水排放的唯一的途径就是排入内金水河，再由内金水河排至护城河，这样的排水方式有效地保护了内金水河和紫禁城排水系统的安全性和可靠性。内金水河因为仅与护城河直接连接，与整个环形水系为间接连接，在内金水河进水口和出水口处均设有水闸，由水闸控制水流的进入和排出，减弱了外部水系变化对内金水河的影响。如果突降暴雨而水量暴增时，因内金水河在环状水系之外，所受影响则不是十分明显，所以内金水河最主要的作用是紫禁城内的排水和泄洪渠道，正是因为这个原因，才有了内金水河被排除出皇城环状水系之外的设计。但是这种设计也存在弊端，当旱季水量减弱时，则会发生内金水河会较先干涸的状况。为了避免这种状况的发生，设计者采用调节内金水河进水口及出水口处水闸的开启，来实现调节内金水河内水量的目的，从而有效的保证了内金水河水量的稳定性。因此可以看出原设计者对于皇城内环状水系的规划和设计是经过深思熟虑的。

3. 北京城内城河渠系统

明代北京城内河渠系统如图 12 所示。从图中可以看出，整个内城中水系发展形成一个更大的环状水系。环状水系由长河水系引水注入积水潭，之后

1 刘若愚：《明宫史》，（内金水河）凡内廷暗沟出水，皆汇此河。

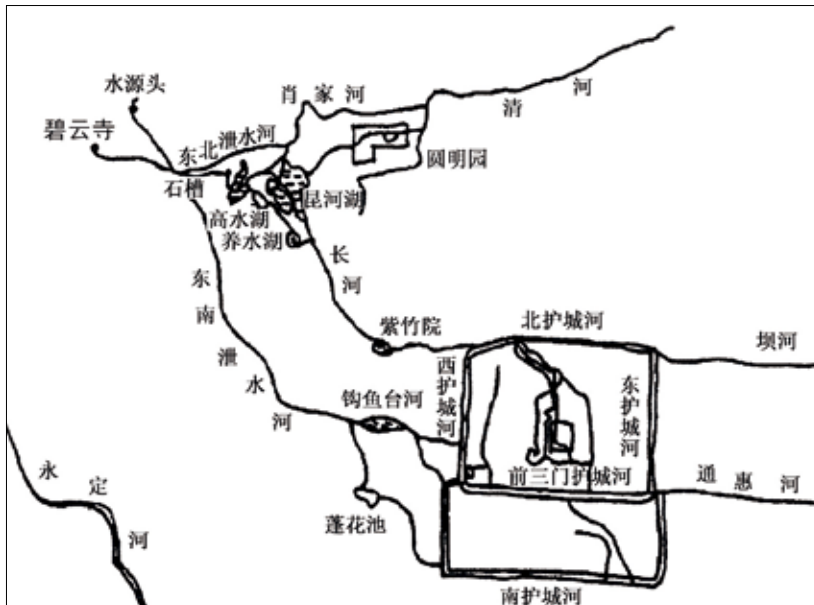


图 13 清代北京水系示意图
刘树芳:《北京城市变迁与水资源开发的关系》,第83页,《北京社会科学》2003年第2期。

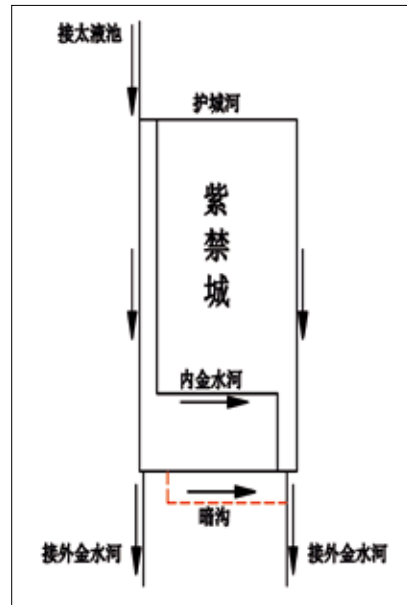


图 14 清代紫禁城河渠简化图

一路引水入太液池,一路分成御河向东流出,之后转向南,最终汇入前三门护城河水中。这个环状系统既为整个水系统中水量的稳定性作出了贡献,又为紫禁城排水系统提供了一条新的泄洪渠道。

五 清代紫禁城排水系统的延续与改进

清朝统治北京后,并没有效仿明朝拆除城池重新修建宫城,而是保留了明朝北京城的建筑格局。

在紫禁城内,也只是对建筑物作了一些重修、改建以及少量的添建等。同样,紫禁城的排水系统整体格局也同建筑一样被延续使用下来。所以在清代,紫禁城内外排水系统也未有很大改变,仅在乾隆时期对护城河有过一次改建〔图 13〕,乾隆二十六年(1761 年)奏销档中记载¹:

……遵旨敬修,太庙戟门前筒子河拆做石桥,并将西阙门外御河水由午门前从东阙门外引至太庙,成做暗沟,以及拆砌大墙铺墁地面甬路散水,拆盖朝房二间等……

由于清代时紫禁城及水系未有很大改变,改建后的紫禁城河渠系统简化图如图 14、图 15 所示。这条雨

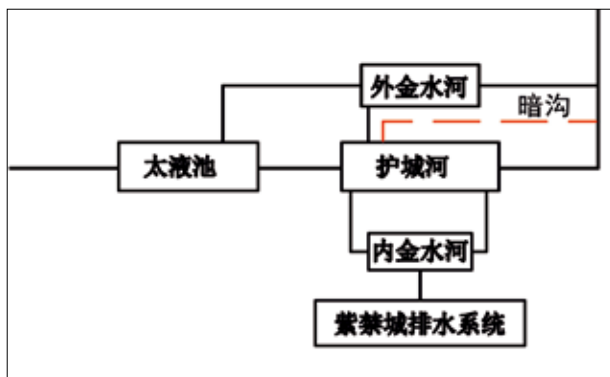


图 15 清代皇城环状水系系统图

¹ 引自奏销档 255-220。

水暗沟的添建，为护城河的南段增加了一个排水出口，此排水出口的设置原因，推测有三种可能：

1. 暗沟的添建主要起到调节护城河水系水量的作用。如乾隆时期，护城河水量增大，护城河南段的两个出口不能完全满足水量迅速排出，所以增加一条排水途径。
2. 因为出水口位于护城河南段两侧，在护城河南段居中部分可能比较容易出现死水区。这样此段河流河水的流动性性较差，很难进行循环，导致环境的恶化，影响美观。所以在南段护城河中增设一条出水暗沟，增加水的流动性，使南段护城河水流动起来。
3. 为太庙用水提供水源。

六 结 语

随着现代化城市的快速发展，很多城市格局被大量改造，地下排水系统作为城市的一个组成部分，也随着城市格局的变化被逐渐改造。排水系统虽然屡被改建，但因其属于地下工程且耗资巨大，往往很难被完全清除并重新修建，大多是在原有排水系统之上进行改建，也正是因为这个原因，很多城市的排水系统都留有不同时期的历史痕迹，北京城排水系统的演变也是遵从了这一历史规律。由于紫禁城被改建成为现代化的博物馆，所以它的排水系统也被幸运的保存下来。

紫禁城内外排水系统经过元代、明代、清代的建造与改建，已经成为一套比较完善的排水系统，而今天的紫禁城排水系统仍旧保留了明代排水系统的原有形式，这一历经将近六百年的地下历史遗产，仍旧在延续着它最初的使用功能，保证紫禁城的雨水顺利排放。虽然紫禁城排水系统是一套独立在建筑体系之外的系统，但它的设计理念同紫禁城建筑的设计理念又是相辅相成、密不可分的。紫禁城排水系统研究是紫禁城建筑研究中的重要部分，对这套系统的深度理解、价值认知、保护修缮、日常管理等都值得我们继续研究。

[作者单位：故宫博物院古建部、
北京北排水务设计研究院有限公司]