

邢 强. 绿色剧场草坪改造关键技术研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 208–212.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.062

绿色剧场草坪改造关键技术研究

邢 强^{1,2}

(1. 上海交通大学农业生物学院, 上海 201240; 2. 上海辰山植物园, 上海 201602)

摘要: 低碳、生态、可持续发展是当今社会的主旋律,也是当今园林绿化的重要指导思想。本研究根据场地功能需求和所在地土壤、气候、水文等环境特点,通过合理的设计及土壤改良、地形改造、排灌系统安装等施工技术,探索资源节约型、环境友好型的现代园林模式,最终提高了绿色剧场草坪的整体景观性和功能性。另外,在硬件设施上最终形成了一套有效的雨水循环利用系统,使浇灌质量和效率分别提高 200 倍和 8.33 倍,排水速率提高 9 倍,水利用率达到 85%,节水 42.2%,既解决了区域浇灌、排水的难题,又延长了绿色剧场生命周期、实现对城市零排放等生态效益,在城市环境保护和生态建设方面,具有一定的推广示范效果。

关键词: 绿色剧场; 生态建设; 可持续利用; 土壤改良

中图分类号: S688.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0208-05

上海辰山植物园是经上海市人民政府批准,由上海市人民政府、中国科学院、国家林业局合作共建,融生物多样性保护、可持续利用示范、生态休闲、科普教育为一体,具有深厚科学内涵和优美园容景观的综合性植物园。自 2011 年正式开园以来,辰山植物园已累计接待游客 300 多万人次,肩负着服务民众、向社会民众传播生态文明理念的重要使命和责任。

绿色剧场作为辰山植物园核心景区的一部分,为增加植物园趣味性、提供游客休憩、进行科普活动而设置,不仅承载着历届辰山草地音乐会、“十一亲子音乐节”等大型主题品牌活动,而且位于中国最大的展览温室群出口、入口处,自然成为分散人流的主要场地。在国外有很多类似剧场,如新加坡

植物园的棕榈谷、美国费德勒斯剧场等,让人们突破了室内剧场的空间局限,与蓝天和大地融合在一起,尽情地围坐于草地上欣赏音乐。随着国内绿色剧场的兴起,人们对场地的景观、生态及活动需求与场地可持续利用性之间的矛盾也凸显出来,本研究拟通过一些关键技术的应用研究来解决以上矛盾,以期对其他类似项目提供参考。

1 项目介绍

1.1 原地分析

上海辰山植物园基地位于上海市松江区松江新城北侧、佘山山系中的辰山,占地 207 hm²,属北亚热带季风湿润气候区,年平均气温 15.6 ℃,年降水量 1 213 mm。辰山及其附近的松江地区水资源十分丰沛,平均年地表径流量 2.12 亿 m³,江潮径流 57.6 m³,客水径流 36.5 亿 m³,合计地表水总量达 8.9%~9.3%^[1]。

首先,因辰山地区曾为“泽多菰草”之地,成土母质多数为湖泊沉积物和河流相冲积物。土壤发育多潜育型水稻土,

收稿日期: 2015-07-09

基金项目: 上海市绿化和市容管理局科学技术攻关项目(编号: F132434)。

作者简介: 邢 强(1984—),男,山西晋中人,硕士研究生,工程师,主要从事景观草坪研究。Tel: (021) 37792288; E-mail: xingqiang0731@126.com。

为背景,“以壁为纸,以石为绘”,以“片石”的形式呈现出一幅立体的山水画,远远望去就像连绵不绝的山峦将新馆与拙政园相连,取得了极佳的艺术效果。

以贝聿铭先生的资历和声望,尚且认为传统园林的假山已经做到了极致,后人是无法超越的。在西方现代景观设计中,对日本园林用石艺术的借鉴,并非是在景观设计中亦步亦趋,照搬照抄,而是把枯山水的抽象、极简的特质加以表现。因此,笔者认为,对于新建园林、特别是现代风格的园林中,用石并不必拘泥于传统形式,而应顺应时代特征,和新环境相协调,中国的假山才会更具生命力。而对历史园林中留存的假山,是珍贵的文化遗产,应加以大力保护;历史假山的修复则应遵循修旧如旧的原则,保持其原真性。

参考文献:

[1] 黄春华, 王晓春, 方 惠, 等. “扬派叠石”设计理法探析[J]. 扬

州大学学报: 农业与生命科学版, 2011, 32(3): 89–94.

[2] 朱良志. 枯山水与假山[J]. 明日风尚, 2007(8): 56.

[3] 王晓春, 周晓峰. 论中国古典园林中的“虚”与“实”[J]. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2004(2): 58–61.

[4] 陈志华. 外国建筑史[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.

[5] 王航兵. 中国明清私家园林与日本枯山水庭院风格差异原因初探[J]. 中国园林, 2002(5): 70–72.

[6] 宗白华. 中国艺术意境之诞生(艺境)[M]. 北京: 北京大学出版社, 1987.

[7] 孙筱祥. 文人写意山水派园林的艺术境界(江苏园林名胜)[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982.

[8] 刘若晏. 颐和园[M]. 北京: 国际文化出版公司, 1996.

[9] 雫雪艳. 日本人的美意识与无常思想[J]. 日本学刊, 2008(4): 109–118.

[10] 王 铎. 白居易的造园活动及其园林思想[J]. 武汉城市建设学院学报, 1990, 7(4): 1–7.

其中绝大部分为青紫泥或青紫土土属,造成本底土壤质地黏重、含沙量低、透水通气性差,EC 含量总体偏低的内在缺陷;加上植物园建设时期使用大型机械碾压,大量调运碱性客土,导致了绿色剧场土壤理化性质进一步退化,植物长势较差^[2]。根据土壤测试数据得知,在土壤物理性质方面,非毛管孔隙度(NCP)均值为 3.85%,这和绿化种植土要求的非毛管孔隙度(NCP,大于 5%)有一定差距^[3],毛管孔隙度(CP)均值为 42.66%,NCP/CP 值平均为 0.09,这和理想土壤结构中两者比值相差很多。另外,土壤黏粒含量非常高,平均为 36.18%,粉沙粒为 59.54%,而含沙量平均仅为 4.28%,与一般种植土壤沙粒大于 45%的要求相比,质地很差。土壤密度平均 1.43 t/m³,远高于标准,影响植物根系生长。在土壤化学性质方面,土壤有机质、EC 值和土壤酸碱性均不达标,有机质含量平均为 13.59 g/kg,EC 值平均为 0.14 mS/cm,土壤 pH 值基本大于 8.0,均值为 8.32,大于标准限值(表 1)。

表 1 绿色剧场土壤基本性质

参数	实测值	绿化种植土要求
容重(t/m ³)	1.43 *	<1.35
非毛管孔隙度(%)	3.85 **	>5
毛管孔隙度(%)	42.66	
非毛管孔隙度/毛管孔隙度	0.09 *	1
总孔隙度(%)	46.51	
黏粒(%)	36.18	
沙粒(%)	4.28 ***	>45
粉沙粒(%)	59.54	
密度(mg/m ³)	1.60 *	<1.30
EC(mS/cm)	0.14 ***	0.5~2.5
有机质(g/kg)	13.59 *	15~60
pH 值	8.32 *	6.5~8.0
质量含水率(%)	22.31	
饱和持水量(%)	33.63	
田间持水量(%)	30.51	
土壤饱和导水率(mm/h)	3.52 ***	20~100 ^[4]

注: * 不良, ** 较差, *** 极差。

其次,绿色剧场还存在排水、浇灌难题,也加剧了草坪的生长不良。一方面,由于原剧场地形过平和土壤渗透性较差引起地表大量积水和土壤不耐干旱;另一方面,该区域浇灌和排水设施不完善,加剧草坪及其他植物生长不良。其中,排水上主要依靠深 25 cm、长 200 m 的明沟排出温室周边区域近 5.5 万 m² 的汇水量,排水效率低下,排水所需时间较长,严重影响对场地的使用需求,也严重威胁着 3 个展览温室的安全。在浇灌设施上,主要依靠便携式水泵从内湖取水,沿 400 m 水管浇灌,不仅影响浇灌质量和浇灌效率,而且严重影响了作为世界一流植物园的景观面貌。

最后,经多年自然沉降和集中活动踩踏,绿色剧场的层层台地造型轮廓已变形,棱线和版块坍塌、表面凹凸不平,严重影响了大型活动开展和游客日常休憩。

1.2 项目简述

为满足游客对绿色剧场各种功能需求,特别对绿色剧场重新改造,设计上采用了“为生态而设计”思想,突出低碳环保、可持续利用的理念,风格上采用古希腊剧场的扇形观众席及镜框式舞台形式(图 1)。整个工程自 2014 年 11 月初动

工,历时 3 个月,完成 12 000 m² 改造面积,形成 7 层台地、总落差 3.5 m 的剧场造型,按步骤完成了场地清理、土方造型、排灌系统安装、土壤改良项目,并配合复层群落式植物种植^[5],将不同科属和不同根系深度的草坪、地被、乔灌木组建群落,形成新的生态系统,而且可容纳音乐会 5 000 多名观众,充分发挥了其景观、生态和休闲等功能。

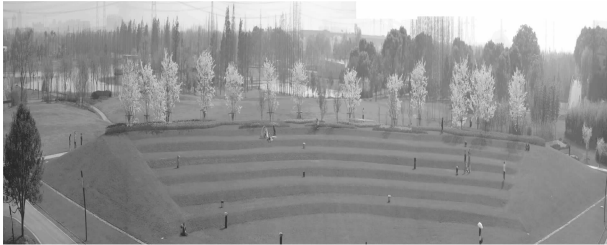


图 1 绿色剧场实景照

2 施工关键技术

2.1 施工总体布置

绿色剧场改造施工包括土方、造型、排水、喷灌、植树种草 5 大部分,总体施工采取先地下后地上、先竖向后水平、先粗后精的原则,根据工期和工程质量要求,制定以下工艺流程(图 2),并采用关键技术来突破项目难点,解决区域存在的主要问题是改造任务的核心。

2.2 施工关键技术

植物园以植物引种、保育、科研、科普为使命,植物健康生长依靠 2 个核心条件:便捷、洁净的水源和深厚且发育良好的土层^[6],绿色剧场草坪改造围绕创造较好的土壤和水源条件 2 个中心任务,希望通过土壤改良、排灌系统安装、地形塑造等措施,为绿色剧场植物生长创造良好的生境,也使场地具有抗踩踏、排水迅速、透气性能好等特点。

2.2.1 土壤改良 绿色剧场作为植物园核心功能区,场地质量的好坏直接影响游客的舒适度和活动保障度。虽然后期管理因素会影响场地质量,但最重要的影响因子是土壤。绿色剧场的土壤除了要满足草坪草的基本需求外,还需要有抗碾压、排水快、透气良好的重要功能。

绿色剧场的土壤改良采用美国高尔夫协会于 2004 年修订的果岭建造规范标准,以《上海辰山植物园工程土壤理化性状分析报告》(上海市地质调查研究院,2005)为依据,并参照《绿化工程种植土质量验收标准》(DB31/T 769—2013)、《园林绿化栽植土质量标准》(DG/TJ 08 - 231—2013 J 12562—2014)等,对草坪根系种植层的物理性质和化学性质进行改善,使根系能正常生长。

针对土壤现状特征,采用土壤完全改良的新方法,主控根系层的基质厚度和配方^[7]。首先,通过翻耕,清除基底原土中的建筑垃圾。再者,因草坪根系主要分布在 0~25 cm 土壤层以内,种植土壤层采用 USGA 果岭 2 层建植标准。第一层为粗沙层,厚度 10 cm,粒径 0.5~1.0 mm,保证绿色剧场场地平整、排水畅通;第二层为根际混合层,土壤改良配方按照“8 份沙+1 份原土+1 份泥炭+有机肥+土壤结构改良剂”进行体积配比^[8],在充分压实后铺设厚度达到 25 cm^[9-11]要求。在材料选择上,重视使用标准,原土必须引进表层的、质地为壤土或沙壤土的材料,禁止用深层的、黏质的土壤,其他改良

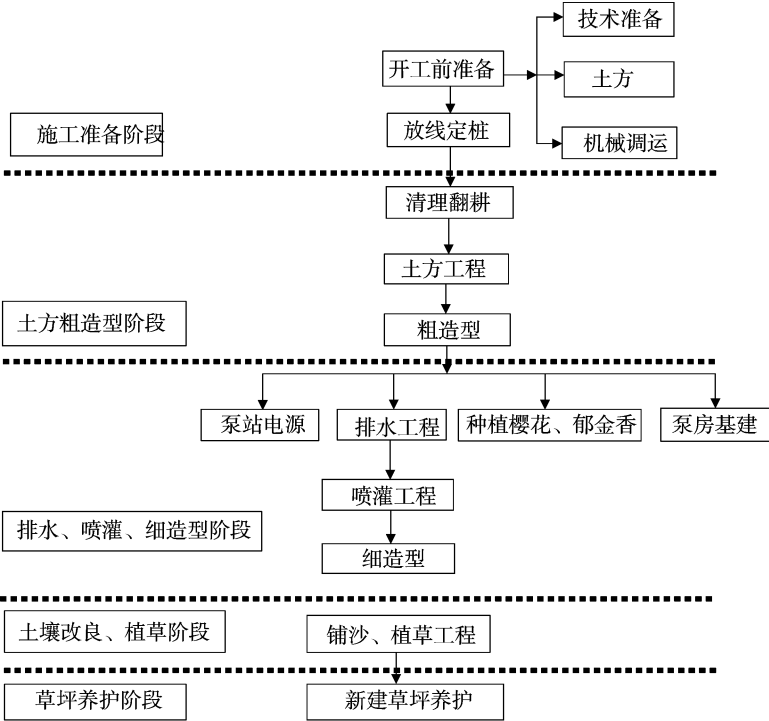


图2 施工总流程

材料需符合相关标准要求。根际层建植用沙粒径大小对排水速率及孔隙度影响最大,要保证土壤的饱和导水率大于100 mm/h,沙的粒径范围应不小于0.1 mm,但是,如果粒径过大,又会对土壤孔隙度及表面稳定性产生负面影响,Kunze等^[12]比较不同粒径沙及不同配方基质对草坪根系和地上部分生长的影响,结果表明0.25~0.50 mm 基质地下生物量较高,而0.5~1.0 mm 基质地上生物量较高。因此,具体沙粒大小和分配,参照表2中坪床用沙粒径要求。

表2 USGA 坪床用沙粒径标准

粒径大小(mm)	推荐量(以质量计)
<0.25	<25%
0.5~1.0(粗沙)	>60%
0.25~0.5(中沙)	
1.0<粒径<2	<10%

施工后,按上海绿化工程土壤质量验收标准,重点测试pH值、EC值、有机质、土壤容重等项指标,结果(表3)表明土壤的团粒结构增加,土壤肥力、耐践踏能力提高,既满足了植物生长需求,又利于土壤自渗排水。

表3 土壤理化性质改造前后对比

指标	改良前	改良后	标准值
pH 值	8.2	7.0	6.5~7.5
EC 值(mS/cm)	0.14	1.2	0.5~2.5
有机质(g/kg)	<15	16	15~60
土壤饱和导水率(mm/h)	3.52	98	25~500
土壤容重(t/m ³)	1.43	1.21	<1.35
质地(沙粒含量)(%)	4.28	51.7	>45
水解性氮(mg/kg)	58	42	40~150
有效磷(mg/kg)	30.87	23	8~40
速(有)效钾(mg/kg)	213.36	104	60~250

2.2.2 排灌系统安装 绿色剧场作为主要游客集散地,对场地植物景观和休闲活动功能需求较高。因此,围绕植物园建设的另一核心条件:便捷、洁净的水源^[13],在土壤改良的基础上,选择较好的水源并配备一套有效的浇灌、排水系统来提高排灌效率和质量,促进草坪草正常生长,也是改造的初衷。

浇灌系统总体改造中,采用了 Henter 全自动控制系统,重新布置了浇灌管网(图3),主要工作包括:泵站基建、开挖管沟、安装管道、管道冲洗、安装喷头、保压试验、回填、试喷等流程(图4)。其核心工作分为泵站的选址及形式、电缆铺设和喷灌系统安装3部分,前2项工作在充分调查园区电力系统、其他泵站系统、园区水系设计数据以及景观要求后,综合考虑景观用水的洁净度和电缆铺设便捷度及成本,最终决定将浇灌泵站选在东湖边上,以地下泵坑形式取水,通过浇灌设备的沙石过滤器、自动冲洗叠片过滤器层层过滤,将水质从劣Ⅴ类提高到Ⅲ类景观水以上。

浇灌系统安装中,对关键的管道过路和水流对管道冲击进行有效处理,其中管道过路分别用钢管作套管,埋深1 m,防止沉降损坏管道。在易受水冲击的主管各点,如弯头、三通、变径、堵头、检修阀等位置安装混凝土镇墩以平衡冲击力。为检查设计和安装质量是否达到使用要求,也为正常运行做好准备,在安装结束后立即进行管道保压试验,具体采用分阶段试压,压力控制在工作压力的1.15倍以上,试压时间为8 h。最后,在草坪种植结束时安装喷头,安装高度以保证修剪草机可以从喷头上安全通过为准(需有6 mm净空间)。

对于第7层种植地被花卉和乔灌木处,喷头布置设计中不辐射该区域,但设置快速取水阀进行可控的人工应急补水。

另外,在排水方面,绿色剧场地势低洼,排水一直存在问题。具体根据以下暴雨强度公式计算该区域雨量大小,展览温室周边区汇水面积约为5.5万 m²,径流量约810 L/s,绿色

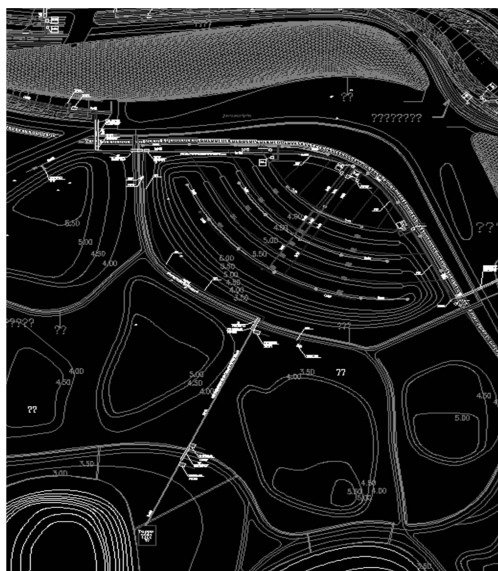


图3 排灌系统竣工图

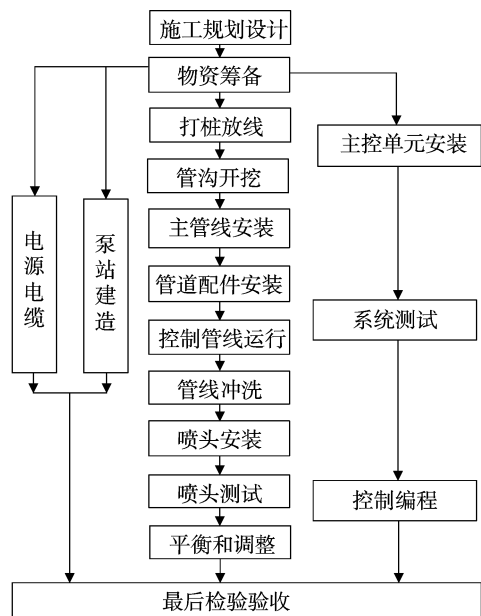


图4 喷灌工程施工流程

剧场 1.2 万 m^2 , 径流量约 180 L/s 。

$$q = \frac{5\,544(p^{0.3} - 0.42)}{(t + 10 + 7\lg P)^{0.82 + 0.071\lg P \odot}}$$

式中:室外暴雨重现期 $P=1$ 年,综合径流系数为 0.29。

根据区域径流量大小,设计、施工中将绿色剧场排水分为地面排水和管道排水 2 部分。地面排水主要通过塑造地形,最终形成绿色剧场内弧形坡面 25%、平面 1% ~ 2% 的自然排水坡度,不仅使地表水自然排出,而且在大地形上纠正了绿色剧场东南高、西北低的原状,从而改变雨水反势汇集到西北角,再通过排水速率极低的现有明沟排出的现象,加快了排水速度。

地下排水则根据绿色剧场扇形造型,仿生银杏叶片叉状叶脉的排列方式和排列结构,按照地下盲排施工流程(图5),安装地下有孔排水管,将多余水分及时排走。地下排水管网

分为干管排水和支管排水两级网络;干管排水主要设置 3 条由西北到东南方向的直径为 160 mm 的排水管,沿着最大水流方向布置,相对于最终地平的最小埋深为 1.0 m,坡度不小于 2% ~ 3%;支管排水则采用直径 110 mm 的 PE 有孔波纹管,管沟深度和宽度皆为 30 cm,沟底坡度不小于 0.5%,布设间距为 4.5 m,支管末端与干管连接。检修井间距 45 m,每个井底设置 300 mm 沉沙槽,由排水干管串联,排水终端安装强排泵,设置自动排水。最后,所有排水管沟的回填均经过分层填土,利用打夯机充分碾压及浇筑沉降处理,回填后管沟处密实度达到 80% ~ 85% 之间。

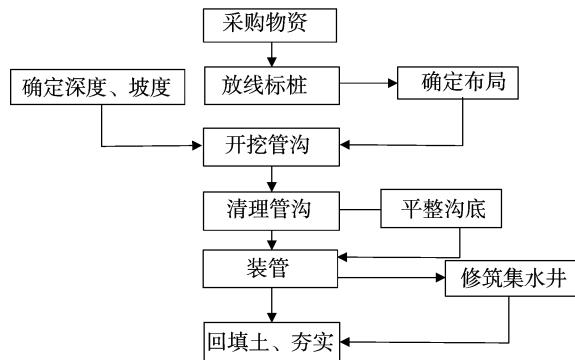


图5 地下盲排施工流程

在绿色剧场排水设计时还考虑了有效的雨水收集利用,主要通过地面明沟和地下盲管将多余水分就近排放到植物园现有水体,补充浇灌水源,既实现了雨水循环利用,又达到了对城市的零排放的目标,践行了可持续利用的理念。另外,在提高浇灌水质、排灌效率和改善植物生长土壤环境的同时,大大减少了长期养护中的碳排放,进一步提升了园区生态功能(表4)。

表 4 排灌系统改造前后对比

指标	原有排灌	排灌现状	效能比
浇灌质量 (过滤精度)	30 000 μm	150 μm	200 倍
浇灌效率	15 t/h	125 t/h	8.33 倍
碳排放量 (CO ₂ 量)	18.675 kg	15.82 kg	减排 15.3%
日均用水量	18 t	10.4 t	节水 42.2%
排水速率	40 min (100 mm/d)	5 ~ 6 h (100 mm/d)	9 倍
景观质量	视觉感官差, 噪音大	视觉感官好	明显

2.2.3 地形改造 绿色剧场改造主要是通过重新塑造地形来满足草地音乐会场地需求和草坪生长需求。施工中以尊重原来的地形构造和地表肌理为前提,采用资源节约型、环境友好型的生态设计手法^[14],做到尽量减少改造工程对生态环境的二次破坏和污染。

地形改造施工分粗造型和细造型 2 个阶段。粗造型以表面不积水为宗旨,在 3 500 m³ 土方基本到位的基础上,依照地形图(图 6),对绿色剧场轮廓造型,塑造出各平层间的 25 度角弧形缓坡及宽 2.5 m 的台地,最终呈 7 层平台剧场锥形,层层落差(50 ± 10) cm,每层平台形成 1% ~ 2% 表排坡度,形成自然排水走向。施工中重点对基底层适当碾压,保证粗造型不会坍塌,也便于喷灌系统依势安装。

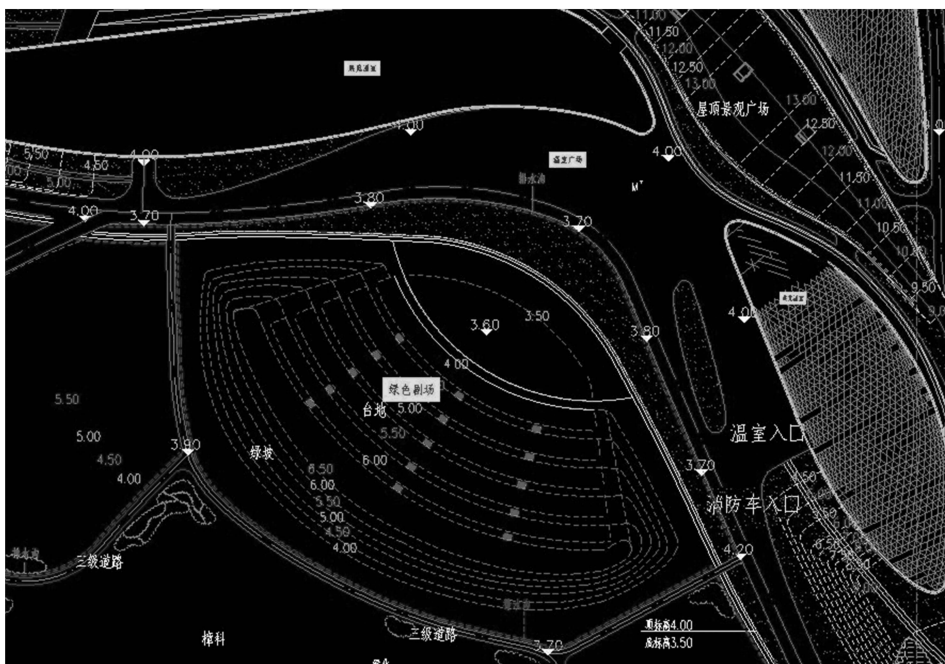


图6 绿色剧场设计地形图

细造型阶段主要包括2方面内容:一方面是通过机械开槽,在所有棱线的上下2个平面、坡面交接处嵌入草坪保护垫,以保持8条棱线和各层台地的造型稳定;另一方面,在完成排水、喷灌等单项工程施工的基础上,对场地进行微地形平整修复并铺设种植层土壤,使场地达到草坪建植要求。

3 结语

为改善生态环境,国家将“生态文明建设”定为国家战略,随着城市化进程的加快,作为缔造者和从业者,如何应用一些关键技术建造出一种可持续发展的低碳园林是我们肩负的责任。本项目将低碳、生态、可持续利用理念贯彻应用到绿色剧场草坪改造及后期养护当中,在水资源有效利用、节能减排等方面有了显著提高。

合理的草坪场地根系土壤层既要满足活动本身对场地质量的要求,同时还要满足草坪草正常生长的要求。但是在实际中,各种指标之间很难达到平衡,如快速排水需求与保水保肥功能。另外,在施工方法和程序上还存在一些欠缺,排灌系统设计中再利用水过滤技术的考虑还不够完善,造成排水口有富营养化的迹象;地形塑造中抵制土壤紧实与增加坪床稳定性、所需土壤紧实度与草坪正常生长所需的土壤NCP/CP比值间存在矛盾等,类似的细节问题还需要进一步探究。

一些新技术和新材料的应用,如排灌仿生技术、地基层造型加固技术及煅烧土和硅藻土的使用等。这些新技术、新材料是20世纪末以来户外游憩和运动场地草坪发展的热点,也是提高和改善场地草坪质量和使用功能的新途径,然而我国在此方面的研究成果极少,有待加强。

参考文献:

- [1] 彭贵平,胡真. 传统与现代、科学与艺术的完美融合——上海辰山植物园规划设计方案[J]. 上海建设科技,2006(4):24-27.
- [2] 伍海兵,方海兰,彭红玲,等. 典型新建绿地上海辰山植物园的土

- 壤物理性质分析[J]. 水土保持学报,2012,26(6):85-90.
- [3] 上海市绿化和市容管理局,上海市园林科学研究所,上海市绿化工程管理局,等. CJ/T 340—2011 绿化种植土壤[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [4] 王进臣,鲁挺,刘存琦,等. 果岭草坪质量评价及改良建议[J]. 草业科学,2008,25(8):126-130.
- [5] 赵彩君,刘晓明. 城市绿地系统对于低碳城市的作用[J]. 中国园林,2010,19(6):23-26.
- [6] 胡永红. 植物园建设的几个要点[J]. 中国园林,2014(11):88-91.
- [7] 尹少华,卢欣石,韩烈保. 高尔夫球场果岭根系基质配方研究进展[J]. 中国草地学报,2006,28(6):91-96.
- [8] Lunt O R. Minimizing compaction in putting green[J]. USGA Journal and Turf Management,1956,10(11):25-30.
- [9] Gibbs R J, Liu C, Yang M H, et al. Effect of rootzone composition and cultivation/aeration treatment on the physical and root growth performance of golf greens under New Zealand conditions[J]. International Turfgrass Society Research Journal,2001(9):506-517.
- [10] Gibbs R J, Liu C, Yang M H, Wrigley M P. Effect of rootzone composition and cultivation/aeration treatment on surface characteristics of golf greens under New Zealand conditions[J]. Journal of Turfgrass Science,2000,76:37-52.
- [11] Baker S W, Richards C W, Cook A. Rootzone composition and the performance of golf greens. IV. Changes in botanical composition over four years from grass establishment[J]. Journal of Turfgrass Science,1997,73:30-32.
- [12] Kunze R J, Ferguson M H, Page J B. The effects of compaction on golf green[J]. USGA Journal and Turf Management,1957,11(11):24-27.
- [13] 胡永红. 绿色城市建设中关键园艺技术的探索[J]. 园林,2013(12):18-19.
- [14] 克里斯朵夫·瓦伦丁,丁一巨. 上海辰山植物园规划设计[J]. 中国园林,2010(1):4-10.