

上海交通大学 2020 年度虚拟仿真实验教学
项目立项申报表

学 院 名 称	船舶海洋与建筑工程学院
实验项目名称	大型海洋平台结构与动力响应 仿真平台
所属课程名称	船舶与海洋工程导论
所属专业代码	
实验教学项目负责人姓名	李欣
实验教学项目负责人手机	13916459040
实验教学项目负责人邮箱	lixin@sjtu.edu.cn

教务处 制

二〇一九年十一月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 项目所属课程有多门的，填写最主要的一门，并在课程名称及代码后写“等”。如项目所属课程为拟新建实验课程的，代码处填写“拟新建”。
5. 涉密内容不填写，有可能涉密和不宜大范围公开的内容，请特别说明。
6. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况						
姓名	李欣	性别	女	出生年月	1975. 12	
学历	博士	学位	博士	电话	34207050-2072	
专业技术职务	研究员	行政职务		手机	13916459040	
院系	船舶海洋与建筑工程学院			电子邮箱	lixin@sjtu. edu. cn	
地址	上海市东川路 800 号			邮编	200240	
<p>教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。</p>						
<p>学术研究情况：近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行刊物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）</p>						
1-2 实验教学项目教学服务团队情况						
1-2-1 团队主要成员（5 人以内）						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	李欣	船建学院	研究员		项目总负责	
2	田新亮	船建学院	副教授		风机部分主讲	
3	卢文月	船建学院	助理研究员		海况环境主讲	
4	郭孝先	船建学院	助理研究员		海上作业主讲	
5	刘磊	船建学院	助理研究员		平台操作主讲	
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	张显涛	船建学院	助理教授		涡激运动主讲	
2	肖龙飞	船建学院	教授			
3	吕海宁	船建学院	副教授			
4	吴骁	船建学院	工程师		后台运行管理	
5	杨立军	船建学院	工程师		后台运行管理	

6	刘路平	船建学院	博士研究生		后台运行管理	
项目团队总人数： <u>11</u> （人） 高校人员数量： <u>11</u> （人） 企业人员数量： <u> </u> （人） <u> </u>						

注：1. 教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2. 教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

2-2 类别（请勾选）

新建项目

已建成项目的后期开发，且原项目为

上海市级 校级 未认定

2-3 实验目的

船舶与海洋工程专业研究对象为大型船舶与海洋装备，由于这些装备设施通常在远海作业，且有很多安全规范要求的限制，使得登上海洋平台非常的不易，常规教学中无法使学生直观了解所研究的对象。本项目可以使学生通过虚拟仿真的方法登上海洋平台，切实了解海洋平台等海上设施的各种装置、设备，达到认真的目的；同时结合在海上平台实际监测所获得的真实数据，实现人机交互，对所学到的知识与实际物理现象相结合，更好的掌握课本知识，更深入的了解所学专业，培养学生对本专业的热情。

1) 解决学生专业认知问题

船舶海洋工程专业是是一门专门研究船舶等海洋结构物的学科，包括船舶与海洋结构物设计制造、轮机工程、水声工程等专业方向。主要的研究对象为船舶和大型海洋装备，特别是近年来，在海洋强国和海洋战略指导下，我国对海洋的开发和利用正在大跨步的发展，各种类型的海洋开发装备不断发展，但由于大多数海洋开发装备作业地点在海上，仅在建造过程中能在船厂中看到，虽然本科生通常会在大三

阶段到船厂进行实习，但时间短，且真正能接触到海洋装备的机会少之又少。通过对海洋平台等装备的虚拟仿真课程，可以让学生用虚拟的方法实现在大型海洋平台上的行走和观看，了解各种设备的位置和性能，同时通过互动的方式加深对知识的巩固，还可以在短时间内接触到多种类型的装备，如海上油气平台、海上风电装备、海底采矿装备等等。

2) 解决学生对专业物理现象理解

船舶与海洋工程专业与其他专业的最大不同在于，所研究的对象有水的作用，所处的环境中风、浪、流的作用，因此有许多特殊的物理现象需要深入理解，如六个自由度的运动、波浪砰击、涡激运动、涡激振动等问题，通常只能通过想象来理解；通过虚拟仿真的手段，可以让学生更轻松的理解各种与专业相关的物理现象，身临其境的体验各种特殊状态，并通过交互的方式来加深对专业知识的理解，加强与实际工程的结合。

3) 实地感受海上作业现场

海上各种装备的作业现场有很多种类型，如拖航状态、安装状态、钻井状态、生产状态、生存状态等，且不同的装备状态也多种多样，常规的学习很难全面的深入了解，通过仿真的手段，将某些特定的作业场景还原，不仅可以深入了解各种过程的物理原理，还可以通过在海上实际监测获得的真是数据，了解每个操作环节是如何根据数据进行现场判断和决定的，可以培养学生的全局观。

4) 培养学生的专业热情

船舶与海洋工程专业是个相对小众的专业，行业也比较窄，更加需要培养学生的专业热情和专业情怀，通过虚拟仿真的手段，让学生加深专业理解和增强专业兴趣，使学生了解到本专业的重要性、前沿性，培养学生为祖国海洋事业贡献力量的专业精神。

2-4 实验课时

- (1) 实验所属课程所占课时： 32 个课时
- (2) 该实验项目所占课时： 2 个课时

2-5 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量： 7 （个）

一、 海上油气平台的安全问题

1) 前往海洋平台的主要方式

人员登陆/离开正在海上作业的海洋平台一般有两种方式：直升机和吊笼。

直升机：具有行驶速度快、方便快捷等特点，但直升机行驶距离有限，飞行受天气影响大，对于救生要求高，且成本较高。

吊笼：人员通过船舶到达平台附近，通过平台上的吊笼登陆/离开平台。

吊笼成本低、方便快捷、每次可以有较多人员登离；但是吊笼需要有船只配合，在恶劣天气条件下，船舶和平台相对运动较为明显时，存在一定的危险性。（第三视角）

平台六自由度运动

~~海洋平台在复杂的海洋环境条件作用下存在六自由度运动：纵荡、横荡、垂荡、横摇、纵摇、艏摇。在较为恶劣的海洋环境条件下，平台运动较为剧烈，对于使用直升机、吊笼方式登离平台均存在一定的影响。同时，采用吊笼方式登离平台~~

时，涉及到两船旁靠，需要考虑到平台和船只的相对运动。

A-虚拟环境

虚拟对话框、虚拟海洋平台、虚拟海洋环境条件、虚拟吊笼和直升机

B-预设参数:

登离方式: 直升机、吊笼、舷梯

环境条件: 风 (速度、方向)、浪 (波高、周期、方向)、流 (流速、方向)

平台运动: 六自由度运动 (自己输入或根据风浪流条件计算得出)

3) 海上平台火灾逃生演练

海上平台作业事故多发，在火灾、H2S 泄露等事故发生时，有效地保护个人安全是来到海上平台的必要条件，进行火灾、弃船逃生演练可以帮助学生辨识平台上各类安全标识的含义，对平台紧急状态逃生流程有正确的认识。

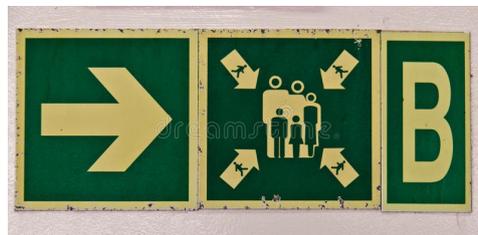
1. 选择，并进入所处的位置（甲板、居住舱室、驾驶台），可以自由行走。
2. 提醒注意观察防毒面罩、救生衣的存储位置，以及紧急状态时的逃生路线，紧急集合地点图。
3. 学习、辨识各种紧急标志



救生衣存储标志



防毒面具



紧急集合地点指示

MES	EES	LSS	FES	PSS	WSS	MSS
 MES004 (ISO 7010-E033) Door slides right to open	 EES004 (ISO 7010-E012) Safety shower	 LSS004 (ISO 7010-E039) Davit-launched lifeboat	 FES004 (ISO 7010-F005) Fire alarm call point	 PSS004 (ISO 7010-P004) No thoroughfare	 WSS004 (ISO 7010-W004) Warning: Laser beam	 MSS004 (ISO 7010-M004) Wear eye protection
 MES005 (ISO 7010-E034) Door slides left to open	 EES005 (ISO 7010-E013) Stretcher	 LSS005 (ISO 7010-E040) Lifebuoy	 FES005 (ISO 7010-F008) Fixed fire extinguishing battery	 PSS005 (ISO 7010-P005) Not drinking water	 WSS005 (ISO 7010-W005) Warning: Non-ionizing radiation	 MSS005 (ISO 7010-M005) Connect an earth terminal to the ground

Safety Packages - Offshore



4. 平台发出紧急情况警报，听懂并判别：

- 弃船：汽笛 7 短 1 长；
- 失火：短声汽笛 1 分钟；
- 船舶破损进水：汽笛 2 长 1 短；
- 人员落水：汽笛 3 长声；
- 解除警报：汽笛 1 长声；

5. 平台发生火灾并准备弃船，穿上救生衣，带好防毒面具，根据指示前往 Muster Station，期间穿过火灾区域，浓烟区域。

选择 1：正确的时间赶到 Muster Station，清点人数后登上救生艇，然后离开平台



选择 2：穿着救生衣，在舷侧跳海

在海上和同伴组成一个圆圈，并登上救生艇，或登上救生直升机



二、 油气平台设备认知

- 1) 外观上认知半潜式平台，如甲板、立柱、浮箱、锚链、推进器、立管等；
- 2) 在平台甲板上行走，认知平台上的甲板装备，包括直升机平台、钻井井架、隔水管、立管、升沉补偿装置、锚机、驾驶舱、生活区、火炬塔等；
- 3) 在平台内部行走，认知平台内部结构，包括油舱、压载舱、水舱、机舱、泵舱、锚链舱等；
- 4) 认知中控室的作用，海洋平台的控制中心，可以直接获得海上的风、浪、流环境条件，监测海洋平台的运动姿态，操纵海洋平台的动力定位系统，控制海洋平台行驶的速度和方向。认知中控室的各种仪器仪表盘。
- 5) 剖开平台结构，认知结构内部构造。
- 6) 海洋环境条件认知，包括风、浪、流、潮、水深、海底等参数的不同，感受海洋环境条件的不同。

三、 平台定位系统

海洋平台在作业时，运动姿态需要控制在一定的范围内，一般采用锚泊或者动力定位的方式进行。锚泊系统成本较低、技术难度较小，但是安装或起锚时间长；动力定位通过各螺旋桨配合工作，能根据海洋环境条件实时计算平台受力，实现推力分配，实现海洋平台定位，其技术难度大、成本高，但是方便快捷，效果较好。

锚泊定位主要通过各种锚链组合来连接平台和海底,并将平台固定在一定范围内工作,具体不同的锚链,定位能力也不同,可让学生通过交互选择锚链参数,确定定位能力,了解锚泊定位的物理原理。

动力定位系统是新一代钻井平台的关键装备,其工作原理就是根据实时位置偏移进行推力分配,以抵抗风、海流等低频载荷对平台平衡位置的影响。课程通过虚拟技术重现平台偏移、信号测量、推力分配、平台重平衡的过程

1、虚拟环境

虚拟海洋平台、虚拟监测系统、虚拟操船系统、虚拟海洋环境条件

2、预设参数:

系泊方式选择:锚泊、动力定位

环境条件:风、浪、流

平台运动:六自由度运动

运行情况监测:海洋环境、平台运动、螺旋桨转速和角度等

模拟操船:航行方向、速度

四、机舱内部概览

知识点:

1、机舱内的设备

机舱内的主要设备包括:主机、轴系、发电机、锅炉、管系、基座、通道装置等。需要了解各个设备的外观、尺寸、安装位置和实现的功能。

2、机舱进入

通过电梯进入机舱需要向平台响应的部门进行电话报备,包括位置、人数、时间等;通过电梯进入机舱内需要遵守相应的操作规范,了解应急处理方法;进入机舱后需要在地面划分的安全区域内行走;开启和关闭水密门的过程中需要严格遵守操作规范,注意警报。

1、虚拟环境

虚拟海洋平台、虚拟机舱

2、预设参数

机舱内漫游：主机、发电机、动力定位装置、管系等

船用电梯乘坐

水密门的开启和关闭

五、 环境波浪与平台动力响应原理

海洋平台自由漂浮于水面，受波浪、风、海流等环境影响剧烈，平台在水中几何构型往往比较复杂，其在波浪作用下的运动响应原理的理解往往较为困难。本课程拟结合虚拟仿真技术，让学生能够容易的理解平台六自由度运动。同时，平台自身属性、设计要点以及外界波浪激励之间遵循怎样避免共振的基本原理。通过简单的响应曲线以及波浪激励参数直观的展示不同波浪参数下平台的运动状态。

传统的设计观念是下层甲板具有足够的高度以保证波浪打不到甲板。但增加平台初始气隙的花费相当的高，而且甲板的高度也受到自身重量和稳定性因素的制约，并不能无限制的增大。因此在极端波浪来袭前，需要通过调整压载水对平台的吃水进行调整，增大干舷的同时避免剧烈的垂向运动。

六自由度运动的概念：自由运动的平台可分解为纵荡、横荡、垂荡、横摇、纵摇和首摇六个自由度的运动。是以平移轴或转动轴顺序进行命名的。

波浪参数对平台运动的影响：平台不同载况下会对不同周期、幅值的波浪产生不同的运动响应，通过复杂的水动力学运算可以获得平台六自由度的运动响应曲线，因此在各种参数的环境波浪作用下可以获得其准确的运动响应状态

入射波浪、平台辐射、绕射波浪的概念：入射波浪是指未受扰动的环境波浪，绕射波浪是指平台存在不动的情况下，波浪作用与结构上并发生反射现象；辐射波浪指的是环境波浪不存在情况下由于平台自身运动产生的激励波浪。

平台载况调整与环境机理原理：在不同环境条件下，平台的气隙响应有着不同的要求。极端波浪中，需要通过调整压载水对平台的吃水进行调整，增大干舷的同时避免剧烈的垂向运动。

六、 半潜式钻井平台的涡激运动现象

半潜式平台主要有立柱、浮筒以及甲板组成，立柱之间用浮筒连接在一起，甲板和浮筒之间由立柱连接（提供半潜平台整体图，标出不同组成部分）。平台在工作的时候，其浮筒全部没入水中，立柱部分没入水中，共同为平台提供浮力（图：展示平台工作时的水面以下和以上状态）。半潜式平台会通过锚链限制在工作附近的海域，在这种限制下可以发生一定范围内的运动（展示锚链布置，并适当展示平台可以在一定范围内运动）

半潜式钻井平台在海上作业时不可避免的面临波浪和海流的作用，其中波浪的本质也是水质点的振荡运动，可以认为是一种近似的振荡水流（展示波浪传播下的水质点运动以及海中海流运动）。

当流体以特定的流速状态流过柱状结构物，由于流体的粘性以及柱体自身的几何特征，柱体表面的流体会发生分离，柱体周围可能会产生有时间间隔的涡，发生不连续的漩涡脱落，流场尾部区域流场形成间隔分布的漩涡序列，即卡门涡街（提供一个卡门涡街的演示动画，包括圆柱和方柱）。这种柱体周围非连续性产生和脱落会导致柱体表面的压力不对称，进而会形成一个随时间变化的合力，当柱体不是完全固定的情况下，合力的作用会激发柱体发生运动，这种现象称之为涡激运动现象（展示随涡脱产生的合力变化）。

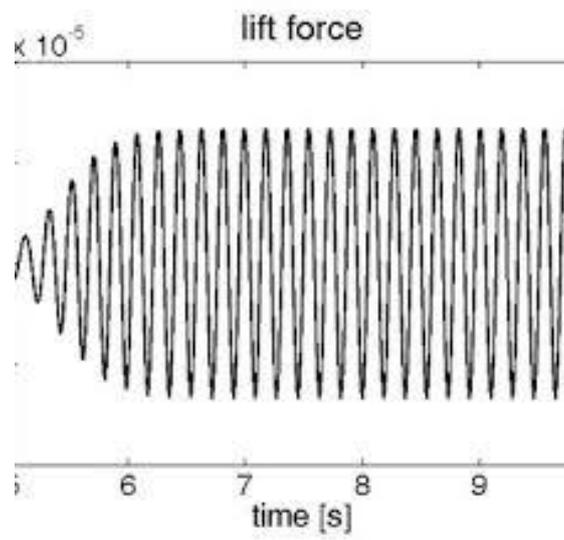
半潜式平台的立柱是柱状结构，周围会产生漩涡脱落，因此在波浪和海流比较恶劣的情况下会产生涡激运动现象（整体展示平台的涡激运动现象）。

半潜式钻井平台的涡激运动现象对于钻井和油气开采有不利影响，平台在波浪和海流诱导下的涡激运动会引起钻井立管和锚链的持续性振动，引发结构疲劳现象；如果涡激运动的幅值很大，不利于钻井作业和油气开采（提供一些基于三维平台模型的状态示意图）。因此，该现象引起了海洋工程领域工业届和学术界的广泛关注和持续的研究。

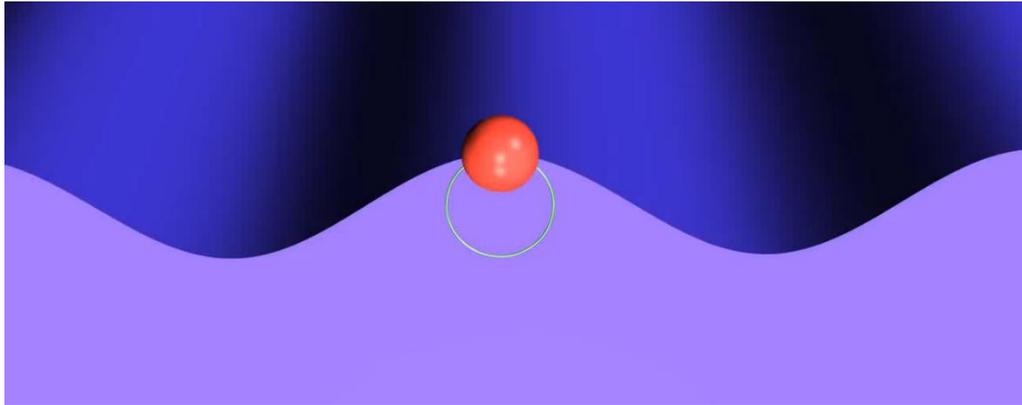
交互式设计构想：(1) 对于单个圆柱，可以选择不同流速，然后给出不同的涡脱形态和对应的合力的变化；(2) 对于半潜式平台，选取海流和海况，给出不同的涡激运动的示意图，并在一定程度上显示对平台作业不利影响等级。



固定圆柱下的卡门涡街



卡门涡街下的圆柱的垂直流速方向的受力



波浪传播过程中水质点的运动轨迹

七、大型浮式风力发电机虚拟交互认知

大型海上浮式风力发电机是新兴的特种海洋工程装备，是一种极具发展前景的战略新装备。但是，由于其非常高的技术复杂度，国内尚没有实际的工程应用方案。国际上，真正用于发电的浮式风力机也并不多。鉴于此，需要借助虚拟仿真技术，使学生可以在教室或实验室内了解和熟悉海上浮式风力发电机的动力学特性，以充分掌握大型海上浮式风力机的相关技术特点，填补传统理论教学的不足。为此，设计如下5个虚拟学习场景：

场景1: 大型浮式风力发电机构造虚拟交互认知

本场景采用做试卷方式来完成。首先播放一组介绍大型漂浮式风力发电机构造的视频（约10分钟），然后通过选择题（单选和多选）的方式，考核学生对风力发电机基本构造的了解和掌握情况。可以根据学生回答情况进行打分和重新学习等操作。

场景2: 大型浮式风力发电机能量俘获原理虚拟交互认知

本场景通过在虚拟交互程序中植入多种翼型气动特性的数据库，使得学生通过调整不同的翼型、攻角、流速等参数，获取翼型结构的气动特征。在此基础上，建立风机模型，使学生掌握由外部输入风到叶片旋转驱动发电机发电的过程。

场景3: 大型浮式风力发电机输出功率虚拟交互认知

大型浮式风力发电机的发电功率会受到多种因素的影响。本场景通过让学生

在虚拟交互界面中调节环境风速和风场分布、风机六自由度运动幅度和频率、风机叶片数量和大小、风机叶片桨距角，获得实时电力输出，由此深入掌握浮式风机的气动特性。

场景 4: 大型浮式风力发电机基础形式优化虚拟交互认知

~~本场景通过让学生在交互界面中选择几类典型的风机基础形式，并自主调节基础质量、惯量、重心等参数，并通过程序内嵌的水动力求解程序，获得风机基础的性能数据。由此，让学生深入掌握浮式风机基础设计的要点。~~

场景 5: 大型浮式风力发电机风场布置优化虚拟交互认知

海上风场中风机群的整体发电功率是风场经济性的重要指标，但是涉及复杂的气动力学原理，无法通过简单推算获得。为此，本场景通过让学生调整给定风场中风机阵列的布置方式，获得风场的能量输出结果。由此让学生充分了解和掌握风场设计的基本思路和要领。

2-6 预计实验仪器设备（装置或软件等）

2-7 预计实验材料（或预设参数等）

2-8 实验教学方法(举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果)

2-9 预计实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

(1) 实验方法描述：

(2) 学生交互性操作步骤说明：

2-10 建设方式（自主研发/校企合作研发）（如果有，请注明合作企业名称）

2-11 预计实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果：是 否
- (2) 实验结果与结论要求：实验报告 心得体会 其他_____
- (3) 其他描述：

2-12 预期考核要求

2-13 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求
船舶与海洋工程专业本科二年级学生
- (2) 基本知识和能力要求等
学习完成流体力学、船舶原理等专业课程。

3. 实验教学项目支撑条件描述

3-1 有效链接网址

	Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等)	
	项目品质 (如: 单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)	
管理 平台	开发语言 (如: JAVA、.Net、PHP 等)	
	开发工具 (如: Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等)	
	采用的数据库 (如: HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等)	

5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。)

- (1) 实验方案设计思路:
- (2) 教学方法:
- (3) 评价体系:
- (4) 传统教学的延伸与拓展:

6. 项目预算

预算类别	金额 (元)
设备费	
业务费	
劳务费	
差旅费/会议费	
人员劳务费 (含专家咨询费)	
其他	

总计	
院系是否配套经费	<input checked="" type="radio"/> 是 金额：_____ <input checked="" type="radio"/> 否

7. 诚信承诺

本人已认真填写并检查以上材料，保证内容真实有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

8. 申报院系意见

同意 不同意 申报，并承诺（可选填，比如提供配套经费）：

主管院系领导（签字）：

（院系公章）

年 月 日

9. 教务处意见

同意不同意 立项。

不同意原因：

参照专家组评审意见

其他：

负责人（签字）：

（公章）

年 月 日