

# Brief Talking about Design Considerations of Steel Footbridge

Huiping Lan

Anhui Urban Construction Design Institute Corp., Ltd., Hefei Anhui  
Email: [huipinglan@126.com](mailto:huipinglan@126.com)

Received: May 9<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 22<sup>nd</sup>, 2018; published: May 29<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In order to make the detail design of footbridge more reasonable and perfect, based on a number of steel footbridge examples of works, a number of footbridge design considerations which are usually easy to ignore is proposed in this paper according to the author personal experience, such as pipeline avoidance, stairway support arrangement, railing and canopy design, durability of steel structure, lateral stiffness of pedestrian suspension bridge etc. Corresponding conclusions and recommendations of this paper can be used as reference for other engineering design.

## Keywords

Footbridge, Pipeline Avoidance, Stairway Support Arrangement, Railing and Canopy Design, Durability of Steel Structure, Lateral Stiffness of Pedestrian Suspension Bridge

---

# 浅谈钢结构人行桥设计注意事项

兰辉萍

安徽省城建设计研究总院股份有限公司, 安徽 合肥  
Email: [huipinglan@126.com](mailto:huipinglan@126.com)

收稿日期: 2018年5月9日; 录用日期: 2018年5月22日; 发布日期: 2018年5月29日

---

## 摘 要

为使人行桥细部设计更趋合理、完善, 本文基于多个钢结构人行桥工程实例, 根据个人从业经历和心得, 针对容易被忽视的方面, 提出人行桥设计管线避让、梯道支座布置、栏杆及雨棚设计、钢结构耐久性、人行悬索桥横向刚度等相关注意事项, 可供参考。

## 关键词

人行桥, 管线避让, 梯道支座布置, 栏杆及雨棚设计, 钢结构耐久性, 人行悬索桥横向刚度

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

人行桥作为一种交通设施, 在各种桥梁设施中占有一定比重, 比如城市人行天桥、公园人行桥、跨越沟谷或水库的人行悬索桥等。钢结构在人行桥的应用中越来越广泛, 本文结合几个钢结构人行桥工程实例, 结合本人从业经历和相关心得, 简要分析人行桥设计的一些相关注意事项, 供参考。

## 2. 注意事项一: 管线避让

城市人行天桥, 如果未与道路同步建设, 天桥基础容易与管线位置出现冲突。城镇道路沿线通常布置有众多市政管线, 如强电管沟、给水管、污水管、雨水管、燃气管、热力管以及其它各种弱电管等等。当桥梁位置选定后, 应首先调查上述管线位置、埋深等情况, 桥梁基础布置时优先避让重要管线, 当客观条件限制无法避让时, 应及时提出问题并与相关管理单位进行沟通、对接, 商讨协调管线能否局部改迁调整, 若管线无法改迁, 则只能调整桥位或采取特殊措施予以避让, 本文结合具体工程实例简要介绍天桥基础避让管线的相关措施。

某天桥呈“工”字型布置, 南、北两侧梯道布置于道路人行道, 北侧人行道相对空旷, 主桥基础和梯道布置相对方便, 南侧人行道紧贴小区围墙, 人行道范围布置有强电管沟、自来水管、燃气管。由于桥位已确定且无法调整, 经汇报对接后桥梁按南侧人行道自来水管和燃气管局部改迁方案进行设计出图, 桥梁施工时, 由于种种原因管线不予改迁, 需调整桥梁基础。

由于各管道之间空间十分局促, 根据现场多次调查复核和汇报沟通, 最终本桥南梯道基础采用两道墙式基础, 墙式基础高度以进入原状土不小于 0.5 米进行控制, 墙式基础长度根据基底受力和基底土层地基承载力综合确定, 盖梁搁置并固结于墙式基础上形成骑跨式结构。为确保管线安全, 两道墙式基础采用人工开挖施工, 如图 1、图 2 所示。

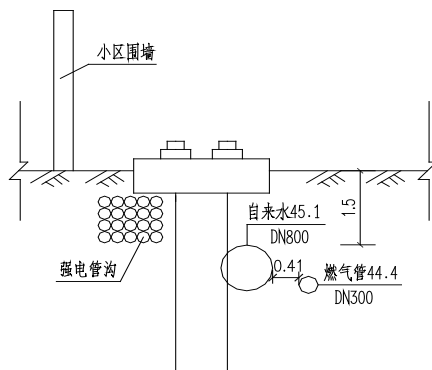
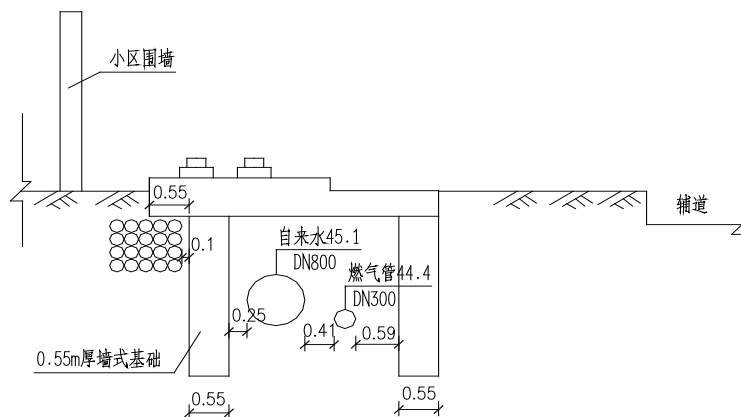


Figure 1. Pipeline migration plan of designing (m)

图 1. 设计管线迁移方案(米)



**Figure 2.** Pipeline no migration and adjustment of stairway foundation plan (m)

**图 2.** 管线不迁移调整梯道基础方案(米)

### 3. 注意事项二：梯道支座布置

对于天桥设计(见文献[1][2]),通常主桥关注度最高,梯道或梯坡道(以下仅提梯道,梯坡道与梯道相类似)设计次之,其中梯道或梯坡道的支座布置往往容易被忽略。本文将对梯道支座布置进行简要分析。

对于一字型布置的人行桥,梯道与主桥轴线重合或平行,当主桥与梯道固结连接时,梯道落地端两支座恒载工况下支反力对称于结构轴线,恒载工况支反力大小理论上相同或相差不大。某天桥为一字型布置,主桥及两侧梯道均采用单孔布置,两侧梯道与主桥焊接连接,由于两侧梯道轴线与主桥轴线重合,恒载工况下,梯道落地端两支座反力对称且大小相同(活载偏心布置时其支反力将会有出入),如图3所示。

当人行桥采用工字型布置时,梯道通常与主桥轴线垂直布置,当梯道与主桥固结时,主桥的变形或下挠往往使得梯道产生一定的扭转,从而导致梯道同一断面内、外支座支反力不同或悬殊很大,甚至可能出现负反力、即支座脱空现象。某天桥为工字型布置,主桥采用两孔布置,4个梯道与主桥垂直布置、均采用单孔设计且与主桥焊接连接,恒载工况下,梯道落地端两支座反力采用对称布置时内侧支座受压、外侧支座出现负反力,如图4所示。通过设置梯道支座预偏心,避免支座出现负反力并尽可能减小支反力差值。上述梯道落地端支座如采用对称于梯道结构中心线布置时,一个支座受压、另一支座脱空,导致支座受力悬殊,容易导致梯道落地端支座出现病害,影响结构受力乃至安全。

本文通过上述两示例旨在说明不同的桥型布置,梯道的支座反力有较大出入,在天桥结构设计时,梯道支反力建议按照设计如实布置进行模拟计算,不可简单认为梯道落地端两支座反力对称相等,必要时需根据支反力差值大小设置一定预偏心以使两支座反力尽量相等或差值在可控范围,杜绝支座脱空现象发生,当负反力现象无法避免时,应设置抗拉支座。

### 4. 注意事项三：桥梁栏杆、雨棚等附属设计

人行桥通常景观要求较高,栏杆往往是景观方面关注的一个重点,为此栏杆设计通常会考虑一定外观造型,如图5为一栏杆示例,立柱对应为弧形空腔、内部安装灯饰,在主桥范围,主桥纵坡可以忽略不计当作平直段考虑,当在梯道范围时,由于梯道坡度较大,如图6所示,主桥弧形栏杆立柱在梯道斜坡段需按阴影区域进行调整,由于立柱为弧形空间结构,调整后为异型空间结构,放样、号料和加工比较困难,外观亦难以达到预期效果。因而对于异型非常规栏杆,需注意主桥和梯道范围区别设计,梯道范围应考虑坡度的影响,统筹考虑,防止后续返工。

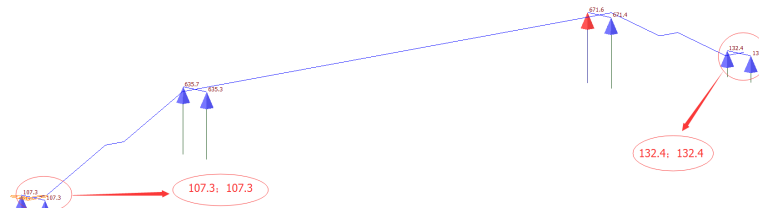


Figure 3. Example of the dead load reaction force at the landing end of the One-shaped footbridge stairway (kN)

图 3. 一字型天桥梯道落地端恒载支反力示例(kN)

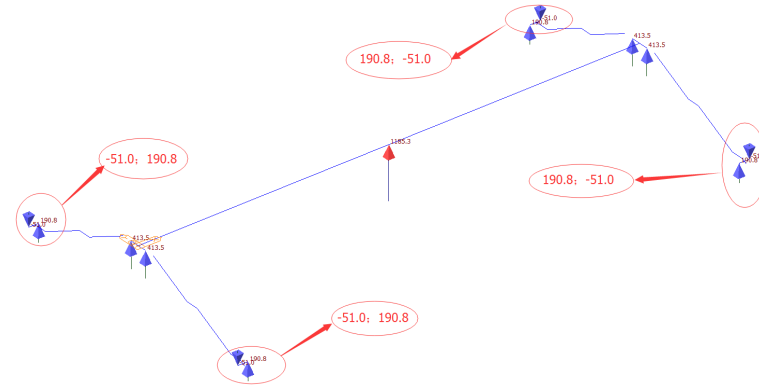


Figure 4. Example of the dead load reaction force at the landing end of the I-shaped footbridge stairway (kN)

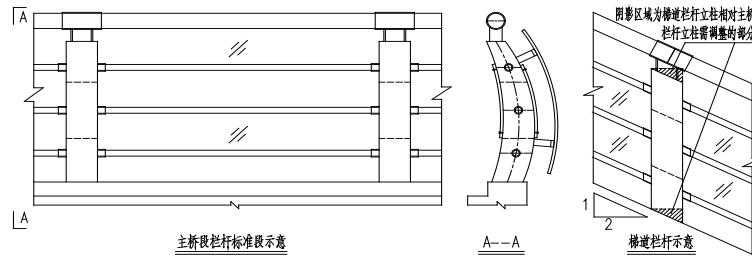
图 4. 工字型天桥梯道落地端恒载支反力示例(kN)



Figure 5. Railing example

图 5. 栏杆示例

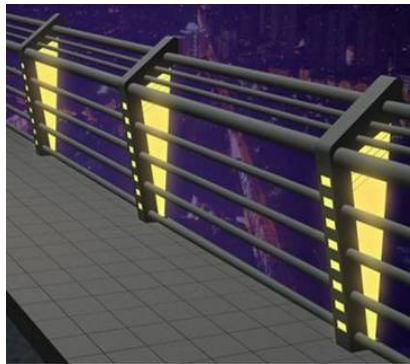
文献[3]不建议采用横线条栏杆, 实际桥梁栏杆中横线条栏杆存在不少, 对于横线条栏杆, 当确实需要采用时, 应从栏杆构造着手, 设置倾斜型式或加设横向障碍, 适当加大栏杆高度, 增加攀爬难度, 增设提醒警示标牌, 防止行人攀爬。图 5、图 7~图 8 所示栏杆对应为构造处理过的横线条栏杆。



**Figure 6.** Comparison diagram of main bridge and stairway railing  
**图 6.** 主桥与梯道栏杆对比示意图



**Figure 7.** Horizontal railing example 1  
**图 7.** 横线条栏杆示例一



**Figure 8.** Horizontal railing example 2  
**图 8.** 横线条栏杆示例二

天桥增设雨棚是人性化的一个体现，对于梯道雨棚，建议采用单一坡度，在梯道休息平台处不弯折设置。如雨棚结构在梯道休息平台弯折布置，增加雨棚纵梁分段和立柱数量、增加与雨棚立柱及横梁接头大样，对于异型雨棚，弯折段放样施工困难较大，可能导致施工期间增加返工修改工作量。如图 9、图 10 所示，雨棚在梯道范围设计采用单一坡度，雨棚结构外观简洁，有利于后期加工、放样。梯道平台



Figure 9. Canopy example 1  
图 9. 雨棚示例一



Figure 10. Canopy example 2  
图 10. 雨棚示例二

处雨棚设弯折段，对雨棚整体外观不一定有改善效果，梯道单坡雨棚与设弯折段雨棚对比如图 11 所示。

### 5. 注意事项四：钢结构耐久性

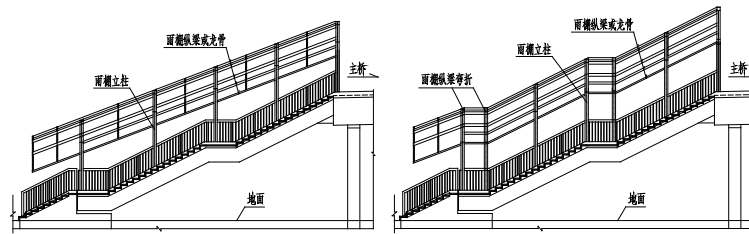
钢结构人行桥应从设计方案、总体布置着手对耐久性予以重视，防止钢结构积水、避免触碰地面、结合桥位所处环境类别合理选择切实可靠的长效型防腐体系、重点强调施工单位须严格按照规范要求进行操作，坚持过程控制，严控防腐涂装的每一道工艺环节，确保防腐涂装效果达到设计要求。

图 12 对应为某天桥梯道落地端接触地面，局部钢板严重锈蚀、油漆剥落；如该梯道落地端距离地面保持约 50 厘米左右距离，如图 13 所示，其钢板锈蚀程度或许不会这么严重。图 14 对应某座建设开通约 6 年左右的天桥，主要钢结构出现大面积钢板锈蚀、油漆剥落现象，这种情况不排除有施工方面的因素；从设计角度来说，是否选择了合理可行的防腐涂装体系值得关注，应以此为鉴，在钢结构设计时将防腐设计作为一项重点内容专题描述，不可轻描淡写、一笔带过。

### 6. 注意事项五：人行悬索桥横向刚度

人行或非机动车悬索桥在景区、农村等地兴建越来越多，此类悬索桥一般通行净宽不超过 2.5 米、跨度不超过 200 米，桥面系通常采用便于施工架设的简易预制结构，桥面系较为轻巧，吊杆与主缆通常布置于同一铅垂平面。对于上述类型的悬索桥，由于吊杆相对密集，其竖向刚度往往比横向刚度大。竖向刚度在满足相关规范对挠度变形等要求后，行人通行使用一般不会有明显的不舒适感觉；横向刚度往往较小，如果不采取措施加强横向刚度，容易造成横向明显晃动，给行人舒适度带来极大影响，甚至给行人带来恐惧心理，影响桥梁通行效果和使用效率。

增加上述悬索桥横向刚度最直接有效的措施是增设抗风索，抗风索的设置可查阅文献[4][5]等，不另赘述，本文主要提及两个辅助措施以适当增加横向刚度。



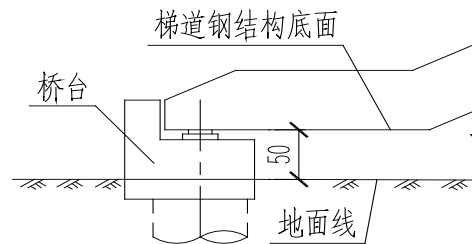
**Figure 11.** Comparison diagram between the single slope and the bend at the platform of the stairway canopy

**图 11.** 梯道雨棚单坡与平台处弯折对比示意图



**Figure 12.** Corrosion of steel plate on landing stairway

**图 12.** 落地梯道钢板锈蚀



**Figure 13.** Recommended stairway flooring arrangement (cm)

**图 13.** 建议梯道落地布置方式(厘米)



**Figure 14.** Large area of steel plate rust and paint peeling

**图 14.** 钢板大面积锈蚀、油漆剥落

1) 采用整体式栏杆

上述悬索桥吊杆通常布置较为密集，可在吊杆之间设置整体式栏杆，适当增加桥梁横向刚度，少用或不用绳索、铁链等简易柔性栏杆，如图 15、图 16 所示。

2) 采用整体式桥面板

对于上述悬索桥，在吊杆之间设置整体式桥面板，有利于增加桥梁整体性，改善和加强桥梁横向刚



Figure 15. Example of integral railing  
图 15. 整体式栏杆示例



Figure 16. Example of an iron chain and rope flexible railing  
图 16. 铁链、绳索柔性栏杆示例

度，少用或不用分散式桥面板结构，如图 17、图 18 所示，其中图 18 对应的桥梁在开通运营 5~6 年后的维护中已将条块状木板桥面调整为钢板桥面。

### 3) 案例分析

如图 19 所示，整体式栏杆假定 3 根纵向钢管均采用内直径为  $d$ 、外直径为  $D$  的圆管，单根钢管横向刚度主要参数  $EI = E\pi(D^4 - d^4)/64$ ，对于铁链、绳索等柔性栏杆，其横向主要刚度可忽略不计，即可近似为 0，两者横向刚度比值接近无穷大，计算如下： $3E\pi(D^4 - d^4)/64 \div (1/\infty) = \infty$ 。根据上述定性分析结果可知整体式栏杆与柔性栏杆横向刚度基本没有可比性，两者横向刚度相差太大，从提高改善桥梁结构横向刚度考虑，整体式栏杆值得推广。

如图 20 所示，桥面板宽  $B$ ，其横向刚度主要参数  $EI = EhB^3/12$  (式中  $E$  为材料弹性模量， $I$  为惯性矩， $h$  为桥面板厚度)，采用钢桥面板时， $E_{\text{钢}} = 2.06 \times 10^5$  (MPa) (见[6] [7])， $h = 8$  毫米(按某实际工程取值)，采用木桥面板时， $E_{\text{木}} = 1.0 \times 10^4$  (MPa) (见[8])， $h = 50$  毫米(按某实际工程取值)， $E_{\text{钢}}I_{\text{钢}}/E_{\text{木}}I_{\text{木}} = 3.3$ 。基于上述定性分析结果可知当桥宽一定时钢桥面板与木板两者横向刚度差别较大。钢桥面板自身横向刚度较大，且顺桥向可以焊接为整体，有利于改善桥梁结构整体横向刚度，较分散式木板有明显优势，在柔性吊桥中可推广使用。

## 7. 结语

本文基于多个工程实例，列举了人行桥设计部分注意事项，总结概括如下。

1) 管线避让：人行桥基础与管线位置出现冲突时，可优先考虑通过调整桥位或基础位置避让管线，当桥位或基础位置受限无法调整时，在满足结构受力安全的情况下尽可能减少基础数量，同时考虑将相关管线局部改迁调整，当情况制约管线无法改迁时，需首先对管线进行精确调查，包括管材、管径、壁厚、管线种类、埋深、精确位置等，根据管线调查资料，采取非常规的基础布置形式，比如本文实例中采用的人工开挖骑跨式墙形基础、人工挖孔短桩等。





Figure 17. Example of an integral steel bridge deck

图 17. 整体式钢桥面板示例



Figure 18. Example of a dispersed bridge deck

图 18. 分散式桥面板示例

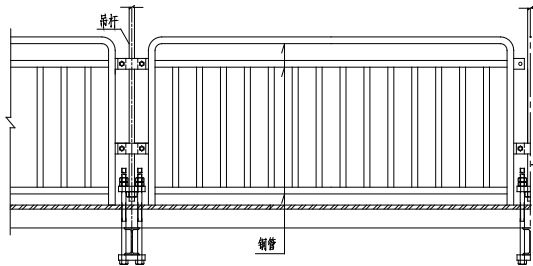


Figure 19. Integral railing

图 19. 整体式栏杆示意

2) 梯道支座布置: 梯道结构与主桥固结可适当增加主桥刚度、改善主桥自振性能(见[1]), 在条件许可时建议梯道与主桥焊接。当梯道与主桥焊接时, 需关注梯道落地端支座设置, 不可习惯性采用对称布置, 否则容易导致两支座受力悬殊甚至支座出现脱空。具体设计时需将梯道结构与主桥共同建模, 结合支座位置设置支撑, 根据计算结果, 通过调整偏心使梯道支座受力尽量均衡, 必要时可设置抗拉支座。

3) 桥梁栏杆设计: 文献[3]不建议采用横线条栏杆, 当桥梁栏杆根据景观需要采用横线条形式时, 需结合栏杆形式尽可能采取必要的措施减少或杜绝行人攀爬栏杆, 比如构造处理向桥面倾斜、加大栏杆高度, 增设提醒警示标牌等。异型栏杆设计需注意主桥和梯坡道的区别。

桥梁雨棚设计: 梯道加设雨棚时建议雨棚结构在覆盖梯道范围采用单一斜坡, 在梯道休息平台部位不予弯折以方便施工, 使雨棚形式外观简洁。

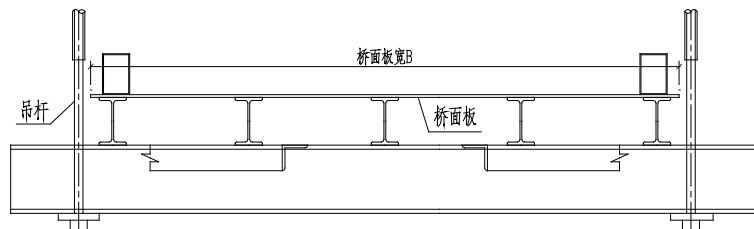


Figure 20. Layout of the bridge deck  
图 20. 桥面板布置示意

4) 钢结构耐久性: 钢结构人行桥设计时应将其耐久性与受力分析置于同等重要地位, 从总体布置和防腐涂装等措施上同步考虑, 梯道落地端距离地面建议不小于 0.5 米; 防腐涂装结合桥位环境类别, 可参照文献[9]选择要求高于实际环境类别的长效型防腐涂装, 并强调和叮嘱施工单位须严格按照施工规范要求操作执行, 确保防腐涂装达到设计要求。

5) 人行悬索桥刚度: 小型人行悬索桥通常采用吊杆与主缆位于同一铅垂面布置, 竖向刚度相对容易控制, 竖向挠度满足规范要求后竖向刚度通常可满足要求; 横桥向刚度往往不易控制, 横桥向刚度不足容易引起桥梁晃动, 对行人舒适性产生不利影响, 严重时将导致行人心里恐慌, 影响桥梁通行效果和使用效率。加大横桥向刚度直接有效的措施是索面两侧设置抗风索, 同时可通过设置整体式栏杆和钢桥面板等辅助措施适当改善桥梁整体横向刚度。

上述注意事项供参考, 具体设计时需结合实际情况统筹综合考虑, 不可盲目照搬。

## 参考文献

- [1] 兰辉萍, 蔡国记. 钢结构人行天桥计算综合研究与分析[J]. 特种结构, 2010(2): 88-92.
- [2] 兰辉萍, 李德建. 大型环向人行天桥的设计分析[J]. 钢结构, 2009(12): 18-24.
- [3] CJJ69-95. 城市人行天桥与人行地道技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [4] 赵长军, 陈代平, 秦肖, 等. 山区农村人行索桁桥设计与施工手册[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2015.
- [5] 徐君兰. 桥梁计算示例丛书——悬索桥(第二版) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [6] JTJ D64-2015. 公路钢结构桥梁设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [7] GB50017-2003. 钢结构设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [8] GB50005-2003. 木结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [9] JT/T 722-2008. 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjce@hanspub.org](mailto:hjce@hanspub.org)