

荣获国家知识产权局授予实用新型专利证书

无止贝雷桥

建造手册

WU ZHI QIAO FOOTBRIDGE CONSTRUCTION MANUAL:
BAILEY BRIDGE

無止橋 慈善基金 
Wu Zhi Qiao (Bridge to China) Charitable Foundation

无止贝雷桥

建造手册

参编及指导单位：

无止桥慈善基金项目委员会

同济大学无止桥团队

同济大学桥梁工程系吴迅教授

同济大学桥梁工程设计院

作者：

何祝崑 李国良 李有威 张振宇

李昂 王嘉祺 易道远 陈昭

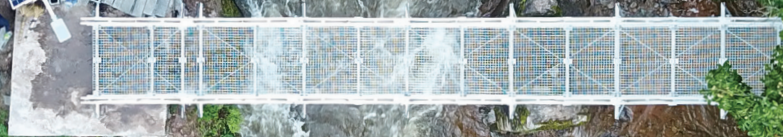
邱爽 陈贤俊 黄李观 劳天鹏

高展 应宇锋 王聪

设计与排版：

周浩宁 陈煌炜

2020年3月出版



序

无止桥慈善基金2007年成立至今，我见证了基金从一开始为村民设计网箱桥渡河，到近几年基金不断改良设计而建造的贝雷桥。正因著这道桥，两地村民得以相连，生活有了来往。同时，人与人之间有了互相理解、沟通和欣赏。我们搭建的是实体的桥梁，也搭通了人与人的心桥。

在此我特别感谢无止桥慈善基金项目委员会前主席何祝崑先生。何先生通过多年指导建设人行便桥公益项目，敏锐地发掘到传统军用型贝雷桥的优势，并将其技术原理改良、应用到无止桥在偏远山区建桥项目中。何先生及其团队包括李有威先生、李国良先生、李耀华先生、李亮华先生、陈翔先生及李德伟先生等一众项目委员及义工多年参与建桥公益项目，为了有效传递和分享建桥技术和实践经验，特指导本次无止贝雷桥建造手册的出版。同时，我衷心感谢同济大学桥梁系吴迅教授及昆明理工大学建筑学院黎南老师一如既往支持大学无止桥团队的发展，带领同学们共同研究和改良无止贝雷桥的设计方案。

无止贝雷桥建造手册的出版，有赖多年无私奉献的导师和大学志愿者共同努力的成果，汇聚多年香港及内地大学生跨院校合作的建桥经验和智慧，为协助服务内地偏远及有需要的村民建立人行便桥，及改善村里生活环境条件。值得可喜的是，就在手册即将定稿之际，由无止桥慈善基金和同济大学联合申请的《一种轻型装配式人行贝雷桥》获得国家知识产权局授予实用新型专利权。该专利的获得，为未来无止贝雷桥的推广提供了权威认证和技术保障，与手册出版起到相辅相成的作用。这手册见证了基金各参与者的「无止」求进步的精神，在项目发展技术上推进另一新的里程碑。我实在衷心感谢每一位为手册付出的大学生、志愿者、导师、社会人士、村民和赞助商。

桥无止，爱无限。盼这本手册能为更多有需要的地区和村民造福。



纪文凤女士 GBS, SBS, JP

无止桥慈善基金发起人及荣誉会长
第十二届全国政协委员
第十至十二届云南省政协委员



序

无止桥慈善基金不仅为相隔河道两岸的村民连接起来，更重要的是在共建心桥。过去十年，我有机会带领无止桥学生团队到国内进行农村服务，见证来自不同地区和专业的学生团队共建便桥、改善民生条件、体验农村智慧。我与学生生活在一起，一起睡在简陋床榻，一起吃乡的农家菜，一起修桥筑路，生活虽然比较艰苦朴素，却留下不少回忆。很多学生经过在偏远有需要的农村体验服务后，最能够体会到的是幸福不是必然，学生变得珍惜生命、更珍惜家人、更珍惜自己。

这本无止贝雷桥建造手册汇聚多年多届志愿者学生团队和社会专业人士共同研习实践后总结累积经验出来的成果。在此我感谢无止桥慈善基金项目委员会各位成员、参与无止桥项目的村民和各大学无止桥团队师生，及各赞助商的鼎力支持，希望无止贝雷桥的技术和经验能够得以推广，帮助更多有需要的村民渡河，搭建彼此之间的信任和心桥。

还记得有一次在甘肃建桥竣工以后，村民欢送我们之际，写下如此的对联：「架起的是桥梁，留下的是友谊。」

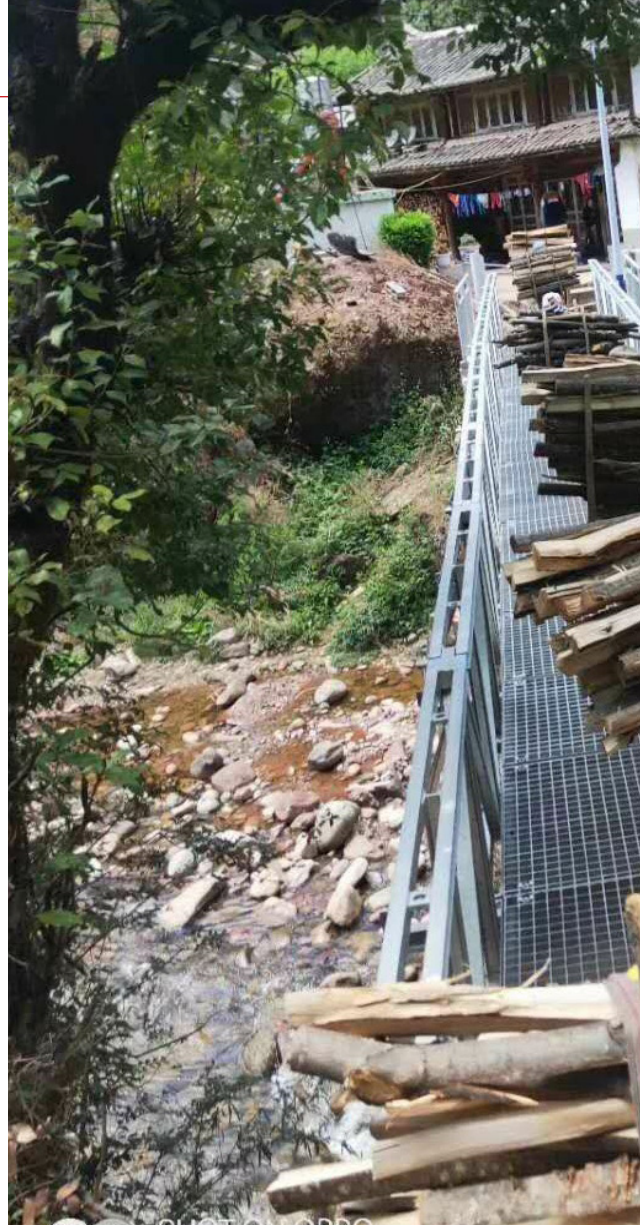


沈祖尧教授 SBS, JP

无止桥慈善基金主席

目录

无止桥宗旨	1
无止桥项目	2
1. 前言	3
2. 无止贝雷桥概述	16
2.1 贝雷桥背景介绍	16
2.2 贝雷钢桥直接应用于无止桥项目的特别用意	17
2.3 无止贝雷桥	18
2.4 小结	19
3. 无止贝雷桥设计总说明	20
3.1 无止贝雷桥适用范围	20
3.2 设计原则	23
3.2.1 设计基准期	23
3.2.2 一般要求	23
3.2.3 设计荷载	26
3.3 材料与性能	27
3.3.1 钢材	27
3.3.2 连接	28
3.4 参考文献	29
4. 无止贝雷桥设计	30
4.1 桁架设计	32





4.2 横梁及桥面板设计	34
4.2.1 横梁设计	34
4.2.2 限位角钢设计	35
4.2.3 桥面板设计	36
4.3 斜撑设计	38
4.4 抗风拉杆设计	40
4.5 无止贝雷桥结构设计图及门架设计图	42
4.6 无止贝雷桥构件加工	42
5. 无止贝雷桥施工要点	44
5.1 施工场地要求（平整耕地用作临时引道）	44
6. 无止贝雷桥项目示例(云南六主村)	46
6.1 项目概况	46
6.2 结构设计	48
6.2.1 贝雷片	48
6.2.2 横梁	49
6.2.3 斜撑	50
6.2.4 抗风拉杆	51
6.2.5 桥面板	52
6.3 结构施工	54
6.3.1 门架安装	54
6.3.2 贝雷片拼装	56

目录

6.3.3 桥架顶推	58
6.3.4 桥面板安装	62
6.3.5 其他内容	64
6.3.6 施工工具清单	64
6.4 桥梁施工安全管理	67
6.4.1 一般安全规定	67
6.4.2 高处作业安全规定	67
6.4.3 缆索安装施工安全规定	67
6.4.4 门架安装安全规定	68
6.4.5 安全监督	68
7. 无止贝雷桥检查和维护保养	70
8. 结语及鸣谢	72
9. 附录	78
附录A 无止贝雷桥施工工具清单	78
附录B 无止贝雷桥. 结构验算(桥宽1.5m)	84
附录C 无止贝雷桥. 设计图	84
附录D 无止贝雷桥. 顶推施工步骤图	84
附录E 导梁及门架设计图	84





宗旨

无止桥

无止桥慈善基金于2007年在香港成立之注册慈善团体(编号：91/8739)，旨在鼓励香港和内地大学生运用环保理念，义务为国内有需要和偏远的农村设计和修建便桥及村庄设施，藉以：

1. 促进香港和内地的沟通、了解与融和
2. 改善内地偏远贫困农村的生活环境和质素
3. 启发社会尊重、欣赏和保护地方文化、传统和环境，提倡可持续理念
4. 提供大学生服务学习的机会，亲身为村民带来实质改变

项目

无止桥

无止桥慈善基金（简称：无止桥）通过建立人行便桥、绿色环保建筑、学生体验学习及小区民生改善项目，促进乡村可持续发展及民生得到改善，同时，香港和内地学生得以互相连接共建心桥。学生在参与项目的过程中，加深对内地的了解，并培养对社会及生命的热诚及承担。

项目的工作主要由属专业人士的志愿者以及内地和香港两地大学职员和大学生组成的工作队伍共同完成。在建设便桥、生态民居和其他小型村落设施时，项目注重环保建筑理念，尽可能就地取材，选取耐用的物料，发掘和改良民间智慧。过程中，志愿团队和当地村民紧密合作，向村民传授使用的建筑技术和物料知识，让他们日后能进行维修和保护的工作。

无止桥项目由多家大学共同参与，给予学生踏足偏远乡村、了解和欣赏农村文化与生活的机会，并为有需要的村民提供重要的基础设施。更重要的是，让学生通过体验服务来学习反思，在人文服务里，承载着爱、关怀与友谊的「心桥」也随项目建立起来。

无止桥慈善基金今年踏入第十三周年，截至现在，无止桥已组织超过25个大学团队，完成超过60个项目，包括52座便桥、3个村庄建设示范、3个村民活动中心建设及一系列的民生改善项目，参与的志愿者达4,000人次，受惠村民达65,000。

前言

无止桥历年来带领学生开展无止建桥和民生项目，鼓励香港和内地大学生运用环保理念，义务为国内有需要和偏远的农村设计和修建便桥及村庄设施。基金为大学生提供了一个完善外展服务学习平台，尤其是工程系同学和志愿者可身体力行为村民带来实质改变，与内地同学和山区村民通过建桥和民生项目，如环保建筑，环保太阳能路灯，卫生厕所，小路铺盖，焚化炉建设，垃圾分类，电路装置等等配套设施，形成了学生志愿者和村民之间的互动，从而让学生了解自己，充实自我，增强自信，从建桥和民生项目中更学会和体验珍惜，知足和感恩的重要性和乐趣性。



无止贝雷桥源起:

无止桥初期项目侧重漫水行人便桥的兴建,以网箱为笼,积石为趺,钢架为梁,竹板为面的结构,其实用性有所限制,只适用于平坦河床,水深不过2米的河溪,常年可适用百分之九十的日子,如河水高过桥面,即年均有数十天不能安全使用。

经历多年建桥项目经验,有鉴于网箱桥的自身限制,不能适用于复杂崎岖的山区,无止桥项目委员会决心要设计一种适应性更高,能造福落后地区的行人便桥。

无止贝雷桥发展史:

起源于2010年,无止桥在云南绿春县埃洞村开展首条20米钢结构桁架桥的建造,当时的建桥数据参考取材于英国援助在斯里兰卡乡村的建桥项目。但是该项目架设工程主要靠当地建筑队施工,桥架重量超越四吨,同学参与的程度则有所限制。

由该次起,无止桥项目委员会不断探索改良版本,设计一条可全由基金专业义工和工程学系学生主导架设的轻便组装桥。目的是减低架设风险,降低项目成本,避免各院校五花八门的设计。

2015年,项目委员会主席何祝崑先生提出将二战发展出来的贝雷桥简化缩减作为基金建桥项目使用,当时委托了建桥表现出色,敢于接受挑战的同济大学无止桥团队及重庆交通大学无止桥团队去作探讨性研究方案。

无止桥提出的方案要求是,单一组件不能超过120公斤,以方便配合六位同学或村民人力搬运和抬举装配,以避免有任何身体损伤。

根据过往建桥项目纪录,最轻组件是毛寺村280公斤,结果要12-16位村民和同学才能举起安放,以后的项目单一组件都超越此重量。最脱节是2014年位于甘肃省三岔村的项目,当时的桥架重达900公斤,结果要由路过甘肃省救援队出动吊重机帮助架设。





无止贝雷桥的立项设计，其中要点是不需要重型机械架设，取消了搭建临时工作台架来承托桥架的安装，这样减少了木材的使用和消耗，同时减轻了建造成本约百分之二十，更避免了因缺乏工作经验的同学在河上临时平台架上工作时的意外和风险，使建桥项目更容易、更安全和更快捷完成，而同学可参于建桥项目的程度亦大大提高。

经过过往几年累计六个项目十座便桥建设的考验和经验，项目委员成员何祝崑先生、李国良先生、李有威先生、李耀华先生等人和同济大学无止桥团队经过无数次的改良才确定现今的设计版本。标准桥架一跨是16米长，主体由8片2米组件和横梁合并而成，最重一片组件重约110公斤，桥架净重二公吨多，行人载重安全系数超越10以上。再者，国内因保育政策出台，山区一般都禁止伐木，很多老旧木桥均缺乏保养修葺，刚好我们设计的无止贝雷桥可补上这缺口的用途。

首座无止贝雷桥架设于2016年在重庆市彭水县润溪乡麻池村落成。其后，2016年四川南充市黄龙场村项目，2017年贵州雪山镇谢家村项目二期，2017年云南文山州八嘎乡六主村项目，2018年云南丽江市黎明乡黎光村的河上组、河下组及吾吉后项目，直到2019年黎明乡美乐村及广西百色市中停村项目，完成了10次无止贝雷桥的建设实践，本操作手册是经过多次改良而成的版本。

设计和建造无止贝雷桥以“安全第一、人力为主、确保安全、持续使用、引进科技、融汇先进技术”为前期主要考虑的特点。经过多年来项目委员和大学团队的努力，实地操作及更新改良，基金从最初建立网箱桥到现在的无止贝雷桥，其实用和效率进入了更高的台阶，也体验了“无止境”的不断改良理念和求进步的精神。

以下是2016-2019年度无止贝雷桥建设照片：

1. 2016年重庆市彭水县润溪乡麻池村项目：



2. 2016年四川南充市黄龙场村项目：



3. 2017年贵州雪山镇谢家村项目二期(河沙坝桥点):



4. 2017年贵州雪山镇谢家村项目二期(木桥桥点):



5. 2017年云南文山州八嘎乡六主村项目:



6. 2018年云南丽江市黎明乡黎光村河上组项目:



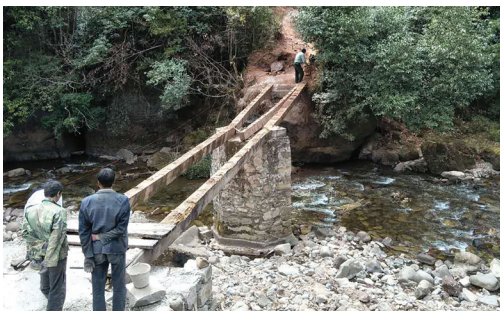




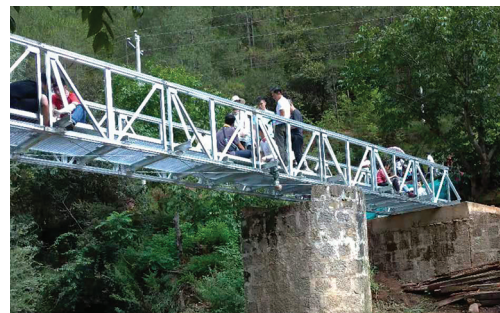
7. 2018年云南丽江市黎明乡黎光村河下组项目:



8. 2018年云南丽江市黎明乡黎光村吾吉后项目:



9. 2019年云南丽江市黎明乡美乐村项目:



10. 2019年广西百色市乐业县中停村项目:





概述

无止贝雷桥



*

2.1 贝雷桥背景介绍

最初的贝雷军用钢桥是由英国的唐纳德·贝雷(Donald Coleman Bailey, 1901-1985)在第二次世界大战初期设计,其设计理念是以最少种类的单元构件拼装成适用于不同荷载、不同跨径的桥梁。贝雷钢桥只需利用一般的中型卡车即可进行运输,并且不需要熟练工人进行拼装。第二次世界大战期间,这种军用钢桥被大量用于欧洲及远东战场。

*图片来源: The history of the bailey bridge <https://www.strijdbewijs.nl/hinder/baileybridge.htm>

2.2 贝雷钢桥直接应用于无止桥项目的特别用意

无止桥项目通常包含民生和桥梁两部分内容,相较于一般的道路交通桥梁建设项目,具有其特殊性:

1 建设规模:

无止桥的规模为造价低的小型桥,是便于村民日常出行的人行便桥。

无止桥作为农村人行便桥,禁止机动车及各种农用机械通行,其设计荷载较常规桥梁要小得多,通常取 3kN/m^2 。

2 参加人员:

无止桥建造人员以香港和内地的大学生为主,还包括专业技术人员、社会各界志愿者及当地村民。

3 建桥目的:

无止桥慈善基金旨在通过项目实施,促进香港和内地的沟通、了解和融合;改善内地偏远、贫困农村的生活环境和素质;启发社会尊重、欣赏和保护地方文化、传统和环境,提出可持续理念;提供大学生服务学习的机会,亲身为村民带来实质改变。实用和效率进入了更高的台阶,也体验了“无止境”的不断改良理念和求进步的精神。

2.3 无止贝雷桥

经过多年探讨和不同大学合作经验，成功将贝雷桥的优点，选材优化用于无止桥项目应用，具有重大意义。无止桥慈善基金委托同济大学的老师和无止桥团队开展了贝雷桥方案的轻型化设计。桥架方案设计综合考虑了功能需求、自然条件、技术可行性、交通（材料运输）、项目造价、志愿者参与度等。2016年4月，无止桥慈善基金首座轻型人行贝雷桥（以下简称无止贝雷桥）在麻池村落成。

由于设计荷载较小，因此，通过重新设计贝雷片构件来减轻重量，以满足经济性、运输、施工、参与度等各方面要求。经过重新设计的贝雷片，在保证安全的前提下，冲破了上述标准贝雷桥的局限性，将其应用于无止桥项目具有独特的优势。

1 轻型化设计：

无止贝雷桥的设计以标准贝雷片结构构造为基础，设计单一贝雷片最重不多于120公斤，长度2米。重量减轻的同时可降低桥梁造价及消耗资源，使得无止桥的建设具有经济性及可持续性。

2 运输方便：

无止桥项目的桥点多位处山区，道路崎岖，运输条件差，一般需人力将工具材料等二次运输到桥位所在地。无止贝雷桥组件可散装运输、现场拼装，同时，贝雷片重量减小，便于人力二次搬运。

3 施工难度适中：

无止贝雷桥的主要组件都经过了简约、轻量和标准化，主要是避免要使用重型施工机械，这样降低了专业技术的要求，志愿者参与施工程度得以提高并充分显现无止桥活动的价值。

4 耐久性好：

无止贝雷桥构件均采用开口型材，避免雨水、灰尘等积累，提高结构耐久性。通过整体结构镀锌的方法，构件进一步提高结构耐久性，同时避免使用一般防腐蚀防锈油漆对河水带来污染。

5 跨越能力强：

无止贝雷桥相对比无止网箱便桥跨越能力大，可减少桥墩数量，避免河道开挖，减少桥墩对河道的挤压，保护桥点地貌。

2.4 小结

无止贝雷桥最大程度继承了贝雷钢桥的特点，但任何桥式方案都具有其自身的特点和局限性，无止贝雷桥也不例外。因此，在无止桥设计时应充分考虑偏远乡村的环境条件和功能需求，评估设计方案是否能发挥最大效益以达到建桥目的。



设计总说明

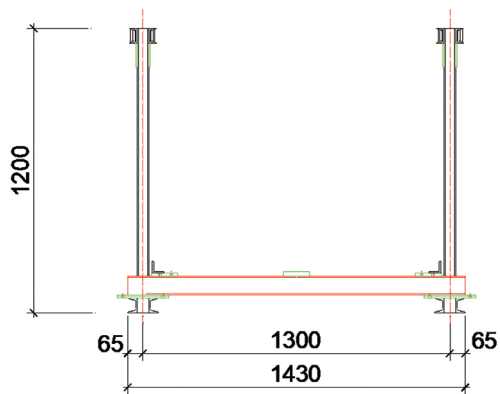
无止贝雷桥

3.1 无止贝雷桥适用范围

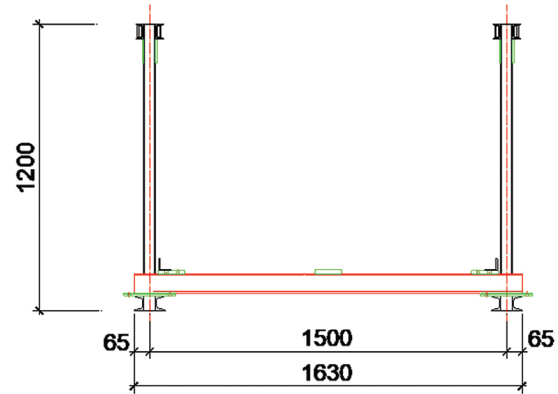
无止贝雷桥是一种轻型人行便桥，它是一种装配式钢桥：由主要受力构件贝雷架、次要受力构件钢横梁、桥面板以及其他相关支撑构件及连接螺栓、销钉拼装而成；具有结构简单、预制组件标准化、成本可控、只需依靠人力及小型机械进行施工，施工速度快等优点。无止贝雷桥可作为人行联通便桥适用于各类农村地区、山区。

无止贝雷桥作为农村便桥，原则上仅为人及常见农用牲畜提供通行，不适用于机动车及各类农用机械通过。目前在已设计采用的无止贝雷桥的方案中，横向两榀贝雷架中心距具有1300mm以及1500mm两种规格（净宽分别为1250mm及1450mm）。如图3.1，后者宽度规格更适用有牲畜通行需求的地区。无止贝雷桥净宽原则上不宜大于1500mm，以防止机动车、农用机械的违规上桥使用行为，做出超越它安全的荷载情况。

图3.1 无止贝雷桥两种宽度规格 (单位:mm):



(a) 1300mm规格



(b) 1500mm规格





3.2 设计原则

3.2.1 设计基准期

无止贝雷桥设计作为农村人行便桥，在没有滥用超荷载情况下，桥主体结构及相关构件在恒常维护中可提供不少於10年的正常使用期。

3.2.2 一般要求

无止贝雷桥设计与施工应注意以下要求[参考文献1-6]:

1. 无止贝雷桥桥底标高应当距离近10~20年最高水位线高度以上至少500mm，防止夏季丰水期洪水冲下的枯木、山石破坏桥梁结构；
2. 无止贝雷桥梁单跨不宜大于16米（8节），以保证结构的稳定性满足要求；
3. 无止贝雷桥桥面净宽不宜大于1.5米，以确保桥梁结构仅用作人畜通行；
4. 无止贝雷桥桥面板需考虑防滑、人畜通行便利、安装方便等因素，根据实际使用需求进行设计选择，桥面板结构不纳入计算模型考虑；
5. 结构设计计算可按照梁单元进行建模分析，可不考虑节点的铰接或者半刚性影响，因而结构在满跨恒+活荷载标准值作用下最大挠度限值，偏于安全地取为单跨的1/500；
6. 进行屈曲稳定验算时，整体结构第一阶屈曲活荷载的极限荷载系数不得小于4.0；

7. 受压构件(含可能受压的斜撑)长细比不得大于100,其他构件最大长细比不得大于130;
8. 结构竖向振动频率应大于3Hz,保证人行舒适性;
9. 贝雷架及横梁等受力构件应采用通用热轧型钢截面,以保证截面强度、韧性以及局部稳定性;
10. 工厂构件施工应严格按照规范操作,焊缝应满足设计要求,完工后应对钢材切割、焊接而产生的毛边、焊渣进行打磨修整处理;
11. 所有孔眼、套筒在加工完毕并检验合格后,应立即加涂工业凡士林或者固体润滑油,桁架销钉和螺栓应涂防锈油,其他构件则应采用喷砂丸除锈、并进行表层镀锌或者无机富锌涂料处理,增加结构钢材防锈能力;
12. 各构件上孔眼必须先焊后钻,各孔壁需与杆件表面垂直并形成圆柱孔,孔壁光洁度需满足设计施工要求,结构连接采用的螺栓、螺母、垫圈以及销钉均应满足国家标准;
13. 贝雷桥架拼装过程中,抗风拉杆需要通过调节花篮螺栓至完全拉紧状态;
14. 杆件因施工局部弯曲轴线出现偏差,偏差值不得超出如下范围:
 - (1) 各受力构件(贝雷架与横梁)型钢截面杆件为各杆件长度的1/1000;横梁在立面与平面上的偏差绝对值均不得超过2mm;
 - (2) 桥面板平面偏差不得超过长度的1/1000,并在立面上偏差不得超过2mm;
 - (3) 斜撑与抗风拉杆为杆件长度的1.5/1000;





15. 桥台或桥墩设计与施工应满足以下要求:

- (1) 纵向受力钢筋直径不应小于12mm, 净距不应小于50mm, 且不应大于350mm, 全部纵向钢筋配筋率不宜超过5%;
- (2) 箍筋应做成闭合式, 其直径不得小于8mm; 墩台角部宜配置角筋;
- (3) 箍筋间距不得大于纵向受力钢筋直径的15倍, 且不大于400mm;
- (4) 混凝土强度等级不应低于C20;
- (5) 桥点河流流量大水速急时, 可在桥上游侧酌情配置分水尖与防护设施;
- (6) 如墩台仅有一个方向的受力钢筋, 在垂直受力筋方向应设置直径不小于12mm, 间距不大于250mm的构造筋;
- (7) 桥台桥墩基础设计与构造细节应满足相关地基基础设计规范要求;

其他详细请参阅技术指标附录B:无止贝雷桥结构验算(桥宽1500mm)



3.2.3 设计荷载

无止贝雷桥结构设计计算过程中主要考虑竖向恒荷载与活荷载的组合作用，风荷载作为水平荷载，一般通过抗风拉杆作为构造构件承受荷载，不考虑地震荷载以及风荷载对于结构的竖向作用。由于本手册贝雷桥结构仅用作人行便桥，荷载组合中活荷载仅考虑桥面人行荷载[参考文献7]。

其中恒载包括结构自重以及桥面板自重，恒载中结构自重在软件计算模型中可直接取自重，考虑到实际结构中螺栓销钉、节点板、阴阳头的存在，结构自重系数可偏于安全地取1.2；桥面板自重可按照桥面板体积计算得到，钢材容重取 78.5kN/m^3 ，桥面板自重可转化为均布线荷载或者集中荷载作用在结构的横梁上。桥面活荷载为桥面人群荷载，取 3kN/m^2 ，按照桥面净宽计算等效为均布线荷载作用在结构的横梁。

由于双跨贝雷桥也可偏于安全地采用单跨简支梁模型进行计算分析，因而荷载组合只需考虑桥面满载的标准组合与基本组合，即：

1. 基本组合： $1.2 \times \text{自重荷载} + 1.2 \times \text{桥面板荷载} + 1.4 \times \text{满跨人行荷载}$
2. 标准组合： $1 \times \text{自重荷载} + 1 \times \text{桥面板荷载} + 1 \times \text{满跨人行荷载}$

其中荷载的基本组合用于整体结构与连接节点、焊缝的强度、承载力验算，以及构件的稳定验算，而荷载的标准组合则用于结构的刚度（挠度）验算。整体结构的稳定分析采用极限荷载系数法，即计算结构发生屈曲失稳时的荷载系数=最小人群荷载（已经减去结构恒荷载）/设计采用的人群荷载。

3.3 材料与性能

3.3.1 钢材

贝雷桥架所用钢材宜选用Q235钢、Q345钢，其质量应分别符合现行《碳素结构钢》(GB/T700)和《低合金高强度结构钢》(GB/T1591)，钢材等级的选择需要考虑桥点当地冬季最低气温，建议钢材等级选择B及以上。

钢材的强度设计值应根据钢材的不同厚度按照表3.1采用。

表3.1 钢材强度设计值 (MPa)

钢材		抗拉抗压抗弯 f_d	抗剪 f_{vd}	端面承压 f_{cd}
牌号	厚度(mm)			
Q235钢	≤ 16	190	110	280
	16~40	180	105	
	40~100	170	100	
Q345钢	≤ 16	275	160	355
	16~40	270	155	
	40~63	260	150	
	63~80	250	145	
	80~100	245	140	

结构完工后结构钢表面需进行无机富锌涂料处理，采用富锌涂料质量需符合现行《富锌底漆》(HG/T 3668)，并配合合适的中间漆、面漆，其质量需符合现行规范，如《环氧云铁中间漆》(HG/T 4340)、《溶剂型聚氨酯涂料(双组份)》(HG/T 2454)等，涂料的选用和搭配需保证涂料对于结构防腐年限达到10年以上。

3.3.2 连接

贝雷架连接销钉宜采用优质碳素结构钢锻制或者轧制钢材，其材质应符合现行《优质碳素结构钢》(GB/T699)。

本手册贝雷桥螺栓连接不作为主要受力构件，可采用普通螺栓，普通螺栓应符合现行《六角头螺栓C级》(GB/T5780)和《六角头螺栓》(GB/T5782)，也可采用高强螺栓代替。螺栓规格需与构件开孔尺寸对应。

焊接材料应与主体钢材相匹配，对于手工焊接采用的焊条应符合现行《碳钢焊条》(GB/T5117)或者《低合金钢焊条》(GB/T5118)；自动焊和半自动焊的焊丝和焊剂应符合现行《熔化焊用钢丝》(GB/T14957)、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》(GB/T8110)、《碳钢药芯焊丝》(GB/T10045)、《低合金钢药芯焊丝》(GB/T17493)、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》(GB/T5293)或《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》(GB/T12470)的规定。焊接施工需满足现行《钢结构焊接规范》(GB50661)规定，焊缝需通过外观检测，对应钢材牌号的焊缝强度设计值应按照表3.2规定采用。

表3.2 焊缝的强度设计值 (MPa)：

钢材		对接焊缝			角焊缝 f_{fd}
牌号	厚度(mm)	抗压 $f_{cd,w}$	抗拉 $f_{td,w}$	抗剪 $f_{vd,w}$	
Q235钢	≤16	190	160	110	140
	16~40	180	155	105	
	40~100	170	145	100	
Q345钢	≤16	275	235	160	175
	16~40	270	230	155	
	40~63	260	220	150	
	63~80	250	215	145	
	80~100	245	210	140	

3.4 参考文献

1. 中交公路规划设计院有限公司. 公路钢结构桥梁设计规范 (JTG D64-2015) [S]. 人民交通出版社, 2015.
2. 中华人民共和国住房和城乡建设部. 工程结构可靠性设计统一标准 (GB50153-2008) [S]. 中国建筑工业出版社, 2014.
3. 张振宇, 陈德伟. 轻型贝雷桥——重庆市麻池村无止桥设计[J]. 科技、经济、市场, 2016(6):30-31.
4. 张振宇, 陈德伟. 重庆市麻池村轻型贝雷桥理论与实测挠度差异分析[J]. 海峡科技与产业, 2016(8):115-116.
5. 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢结构设计规范 (GB50017-2003) [S]. 中国计划出版社, 2003.
6. 中华人民共和国交通部. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 (JTG D62-2004) [S]. 人民交通出版社, 2004.
7. 中交公路规划设计院. 公路桥涵设计通用规范 (JTGD60-2015) [S]. 人民交通出版社, 2015.

设计

无止贝雷桥

贝雷桥主要由桁架体系组成，每节桁架由两片贝雷片构成，中间通过横梁与拉杆连接，并在两侧设有斜撑增加侧向稳定性。







4.1 桁架设计

贝雷片的上下弦杆均采用两根C6.3型号的槽钢组成，两根槽钢之间间距为50mm，上下弦杆中心线间距1137mm。中部直腹杆为两根C5型号的槽钢对焊后插入上下弦杆的双槽钢间隙之中（弦杆的槽钢间隙50mm正好与竖杆C5型钢尺寸契合），并在上下两端与弦杆连接处与其焊接。两端的竖腹杆则采用单根C5型号槽钢，同样与上下弦杆焊接。斜腹杆采用单根C5型号槽钢，形状为v型，与两端竖腹杆用节点板焊接，与下弦杆直接焊接。相邻两个贝雷片之间通过阴阳头连接。图4.1.1-图4.1.3为桁架具体构造及尺寸图，图4.1.4为无止贝雷桥实物图。

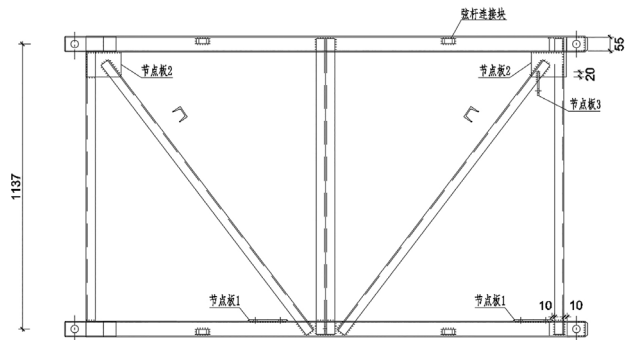


图4.1.1 贝雷片立面图(单位:mm)

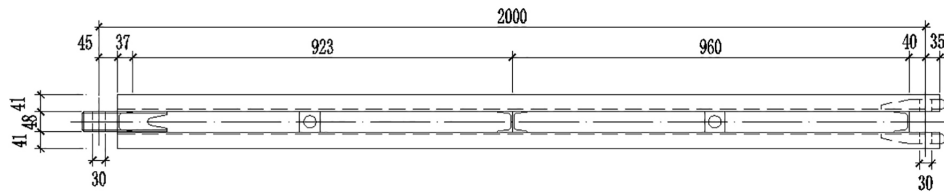


图4.1.2 弦杆平面图(单位: mm)

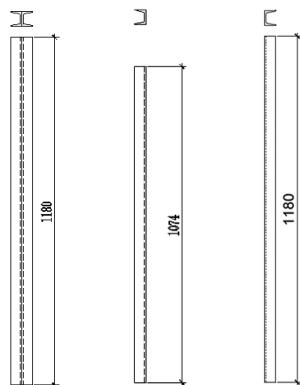


图4.1.3 竖杆详图(单位:mm)

(a)中竖杆, (b)阳头竖杆, (c)阴头竖杆



图4.1.4 无止贝雷桥实物图

4.2 横梁及桥面板设计

横梁与桥面板的作用为将人群荷载传递到主桁结构上。

4.2.1 横梁设计

横梁有两种类型，一种是短横梁，通过主桁下弦杆上的两个节点板利用螺栓连接，长度与下弦杆最外侧边缘距离相同。长横梁除了传递荷载以外，还满足与平面外斜撑连接的构造要求，于是比短横梁长620mm，其也是通过节点板与螺栓与下弦杆相连。长短横梁均为8号工字钢，受力上更为均匀，由于构造需求，第一节贝雷片需要多设这一根长横梁。长短横梁具体尺寸如图4.2.1-4.2.4所示（所示示例为1500mm宽贝雷桥，具体节点板号等细部构造参照图纸）：

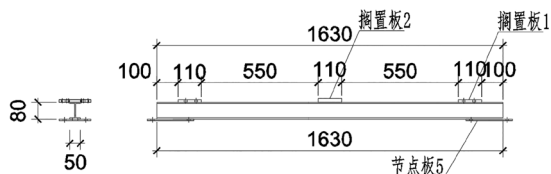


图4.2.1 短横梁立面图(单位:mm)

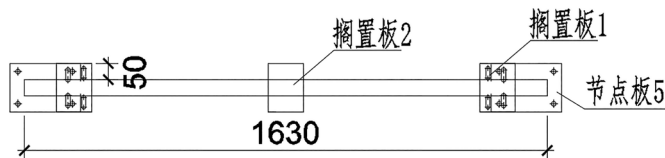


图4.2.2 短横梁平面图(单位:mm)

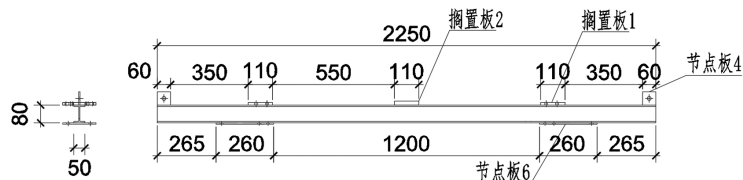


图4.2.3 长横梁立面图(单位:mm)

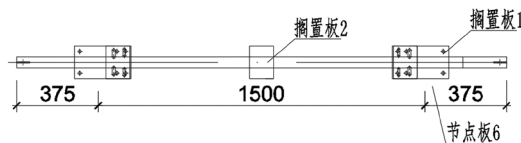


图4.2.4 长横梁平面图(单位:mm)

4.2.2 限位角钢设计

限位角钢主要作用为限制桥面板横向位移, 防止桥面板从贝雷桥上滑落, 并使得桥面板边缘受力更均匀。限位角钢采用L5角钢, 在底部与长横梁、短横梁通过高强螺栓相固定, 桥面板直接搁置在角钢上。限位角钢上预留的螺栓孔道为长圆孔, 这样可以方便螺栓固定, 避免螺栓孔位和桥面板扁钢冲突的情况。限位角钢主要尺寸如图4.2.5所示(所示示例为1500mm宽贝雷桥):

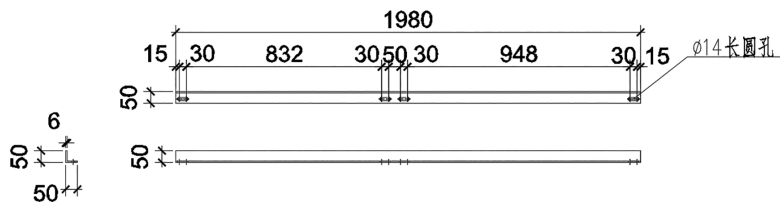


图4.2.5 限位角钢尺寸示意图(单位:mm)

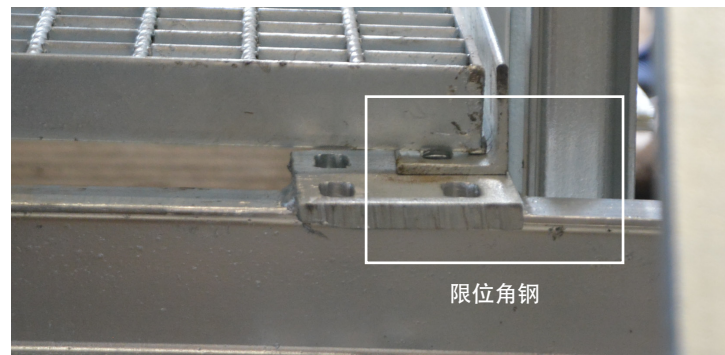


图4.2.6 限位角钢实物图

4.2.3 桥面板设计

桥面板采用格栅板，通过M夹码与横梁上的搁置板连接固定。格栅板为扁钢与麻花钢相互焊接形成，沿横桥向为扁钢，均为5mm厚。沿纵桥向除了两端外，其余为Φ6麻花钢，两端为与沿横桥两端相同规格的扁钢。格栅板有两种规格，一号格栅板要比二号格栅板长，具体尺寸间距如下图4.2.7与4.2.8所示（所示示例为1500mm宽贝雷桥桥面板），图4.2.9及4.2.10为第一节与第二节贝雷片立面图和平面图：

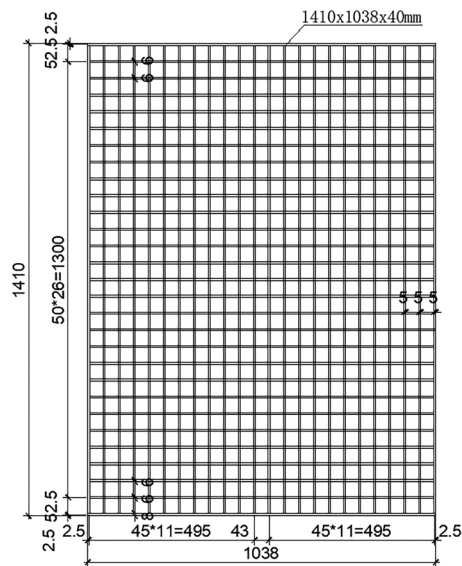


图4.2.7 一号格栅板(单位:mm)

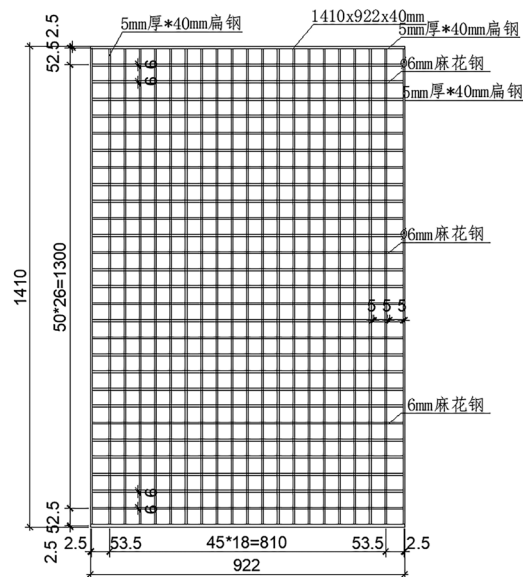


图4.2.8 二号格栅板(单位:mm)

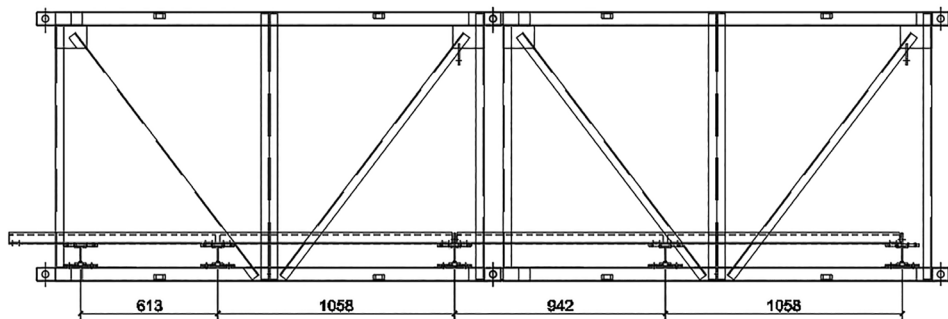


图4.2.9 横梁、限位角钢与格栅板架设后立面图(第一节与第二节)(单位:mm)

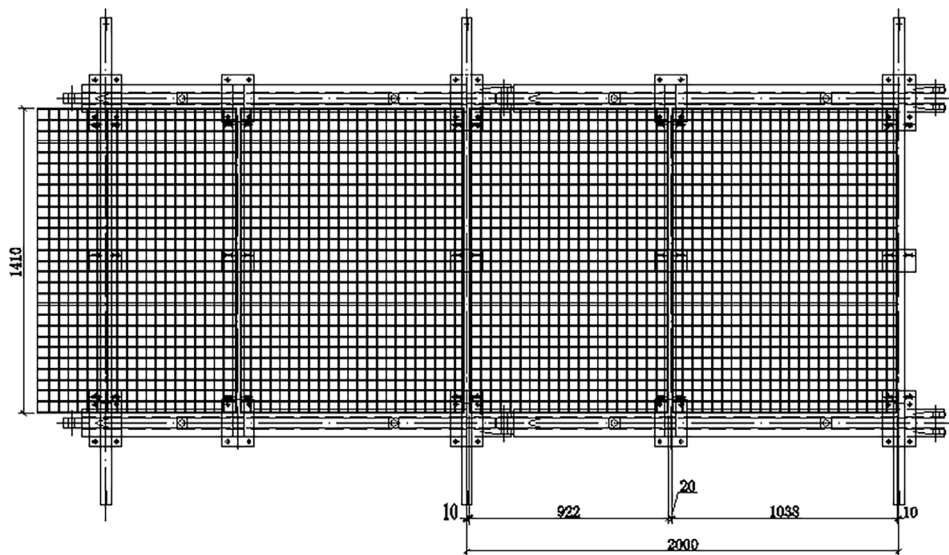


图4.2.10 横梁与格栅板架设后平面图(第一节与第二节)(单位:mm)

为了便于规格化加工,第一节贝雷片的2号格栅板要长于主桁端部,美观上稍有欠缺,但不会影响结构安全与使用。



4.3 斜撑设计

斜撑主要作用为防止贝雷桥出现横向屈曲，使结构更稳定。斜撑采用L5角钢，在底部与长横梁通过节点板与高强螺栓相连，顶部也是通过节点板与螺栓和主桁相连。主要尺寸如下图4.3.1与图4.3.2所示（所示示例为1500mm宽无止贝雷桥）：

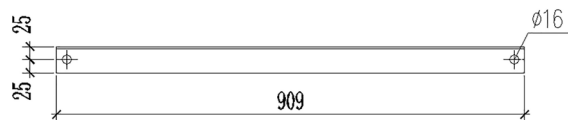


图4.3.1 斜撑详图(单位:mm)

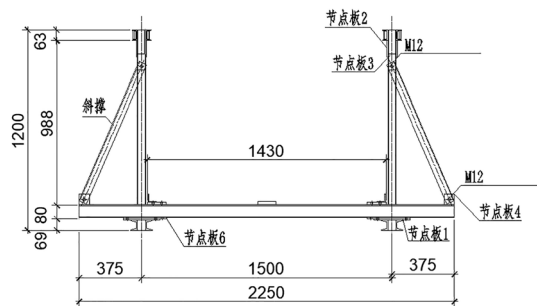


图4.3.2 带斜撑断面图(单位:mm)



4.4 抗风拉杆设计

抗风拉杆主要用来抵抗横向荷载，例如风荷载等。每节抗风拉杆由两根钢结构圆杆构成X型，两端有钩子与长横梁上的搁置板相连，中间用花篮螺栓调节拉杆长度，具体尺寸如下图4.4.1与图4.4.2所示（所示示例为1500m宽无止贝雷桥）：

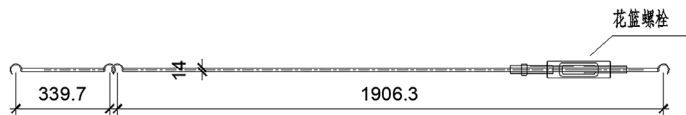


图4.4.1 抗风拉杆详图(单位:mm)

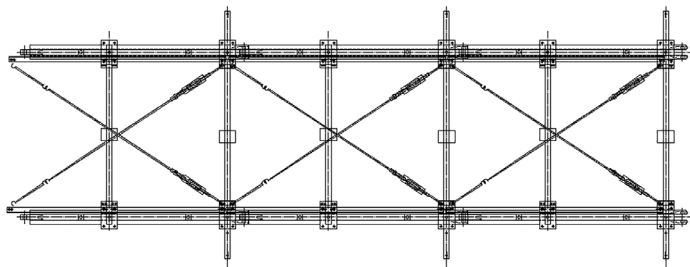


图4.4.2 带抗风拉杆结构平面图







4.5 无止贝雷桥结构设计图及门架设计图

关于无止贝雷桥的结构设计及门架设计,可参考本手册附录 C《无止贝雷桥结构设计图》及附录 E《导梁及门架图》。

4.6 无止贝雷桥构件加工

贝雷桥构件属于预制拼装构件,需要保证足够的精度和焊接质量,在加工完成后需要对构件进行预拼装,确保构件能够在现场快速拼接成功。最后,贝雷桥构件需进行镀锌防腐处理,建议选择具有相关加工经验和施工资质的公司制作贝雷桥构件。



施工要点

无止贝雷桥

5.1施工场地要求（平整耕地用作临时引道）

施工场地选取首要考虑的因素是施工方便。确定桥址时，建议选取两岸地基稳定，河道笔直，且至少一侧具有足够纵深的平整土地的地方（为贝雷片的拼装和顶推提供场地），并平整两侧耕地以用作临时引道。

如图5.1.1所示，橙色线框区域显示出项目主体施工时，贝雷桥拼装及顶推侧施工场地的位置和大小长度如桥的跨度（长度）一样，是一处比较理想的作业位置。如遇两边桥台附近没有如上述那长度来作拼装场地，最少也包括桥台架要有4000mm长*2000mm宽的平台空间以便能容纳2片贝雷桥片的装拼。



图5.1.1顶推侧施工场地地形示意图



图5.1.2

在规划顶推侧施工场地时，场地宽度需大于贝雷桥结构最大宽度，理想场地长度（指该侧桥台至场地末端的距离）是大于桥跨的 $\frac{2}{3}$ ，以满足结构安装需要。

项目示例

无止贝雷桥

云南六主村

6.1 项目概况

示范项目位于云南省文山州砚山县八嘎乡六主村。桥梁采用无止贝雷桥结构型式，两跨连续通过河道，单跨径16米，总长32米，桥面总宽为1430mm，人行宽度1250mm，桥高1200mm，单片贝雷片约重110公斤，整桥重约6.3吨，贝雷片腹杆充当栏杆扶手。下部结构材料为钢筋混凝土，两端设置桥台，中间设置桥墩。桥台处设有长约28米永久混凝土引道连接桥梁两端，在施工中也起到施工平台的作用。整体建设预期效果如图6.1.1所示。

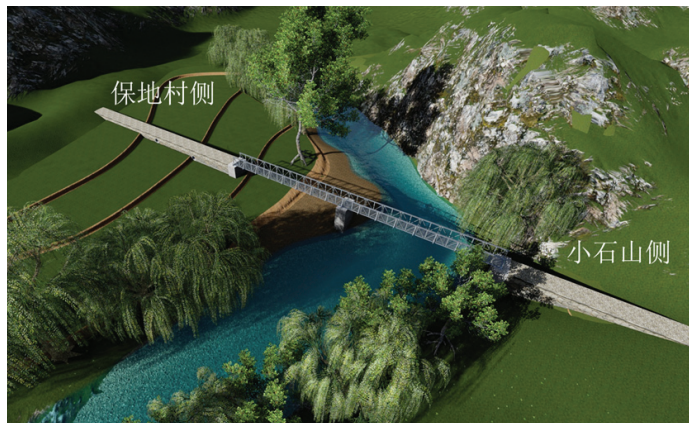


图6.1.1 桥梁整体渲染图



图6.1.2 建成后的实际图

该项目于2017年2月立项，由香港特区政府民政事务局赞助，无止桥慈善基金支持，得到云南省各级政府、六主村村委会的协助。在村民的热情帮助下，来自同济大学、昆明理工大学、香港中文大学、香港理工大学、清华大学、香港教育大学的60余位志愿者共同努力下，于2017年8月建成一座32米的无止贝雷桥及28米的引道，最终建成后如图6.1.2所示。



6.2 结构设计

6.2.1 贝雷片

贝雷片是整个贝雷桥最为核心和关键的部分，贝雷片是将上弦杆、下弦杆、直腹杆、斜腹杆、节点板等整合成为一个整体。本项目中单片贝雷片重约110公斤，在运输不方便的农村，单片贝雷片可以进行人工进行短距离搬运，利用推车等辅助工具可以进行稍长距离搬运。贝雷片一般运输到距离施工现场较近位置处叠合堆放，如图6.2.1所示，这样方便贝雷桥拼装，短途运输可以通过人工实现。



图6.2.1 贝雷片堆放示意图

6.2.2 横梁

如图6.2.2所示，横梁为贝雷桥关键构件之一，除具有承托桥面板的作用之外，还有连接两片贝雷片，稳定整个结构的作用。横梁分为长横梁与短横梁，长横梁端部需要连接支撑，底部需要连接抗风拉杆，上部承托桥面板。横梁运输到现场之后需要分类摆放好，因横梁属于较小构件，如若施工场地处无人员看护，建议横梁另行存放，不建议直接放置于施工现场。待贝雷桥拼装开始之后，再将横梁运往现场。



图6.2.2 横梁

6.2.3 斜撑

斜撑构件为角钢两端开孔，起到增加整个结构稳定性的作用，如图6.2.3所示。斜撑构件同样也属于较小构件，建议另行存放，待贝雷桥拼装开始之后，再将斜撑运往现场。支撑开孔比螺栓直径需要稍大，因加工及拼装误差累积，支撑往往难以对准螺栓孔，所以需要通过增大开孔直径来消减误差，减少拼装难度。根据无止桥项目经验，开孔直径建议比螺栓直径大4mm。



图6.2.3 安装后的斜撑

6.2.4 抗风拉杆

抗风拉杆是贝雷桥重要构件之一。抗风拉杆不仅有抵抗横向荷载的作用，也有保证桥梁整体稳定性的作用，图6.2.4为安装后的抗风拉杆。抗风拉杆利用花篮螺栓实现抗风拉杆的长短调节，可以先用钩子钩在长横梁底部的节点板上，然后收紧花篮螺栓，再用独立螺母收紧压死花篮，以防松脱，这样拼装起来十分方便快捷，同时，可以更好的调节每节桥宽度。抗风拉杆同样也属于较小构件，建议另行存放，待贝雷桥拼装开始之后，再将抗风拉杆运往现场。



图6.2.4 安装后的抗风拉杆

6.2.5 桥面板

桥面板如采用花纹钢板，泥或雪巴往往会积在花纹钢板上，造成桥面湿滑。经过二次改良，方案采用格栅板作为桥面板，格栅板不容易积泥和冰雪，雨水可以冲刷桥面板，且刚度也能够满足条件，是一种比较理想的农村便桥桥面板。格栅板采用M型夹码与横梁连接，如图6.2.5所示，横梁上的搁置板开长圆孔，避免出现加工误差导致格栅板无法固定的问题。桥面板一般运输到距离施工现场较近位置处分类叠合堆放，这样方便安装桥面板，短途运输可以通过人工实现。安装后的格栅板整体效果如图6.2.6所示，格栅板与贝雷桥配合在农村中使用，美观且适宜。



图 6.2.5



图6.2.6 安装后的格栅板



6.3 结构施工

6.3.1 门架安装

门架作为桥架顶推施工的借力及安全保护装置至关重要，门架的设计需要依托于桥墩与桥台的尺寸，即两者需要相互配合。其安装步骤如下所述，安装过程如图6.3.1所示：

1. 开孔
2. 安装竖杆
3. 安装斜杆
4. 安装横梁



图6.3.1 门架安装示意



6.3.2 贝雷片拼装

1. 贝雷片对接:



图6.3.2 贝雷片对接



图6.3.3 阴阳头节点对接

2. 销钉连接:



图6.3.4 安装销钉

3. 长、短横梁安装:

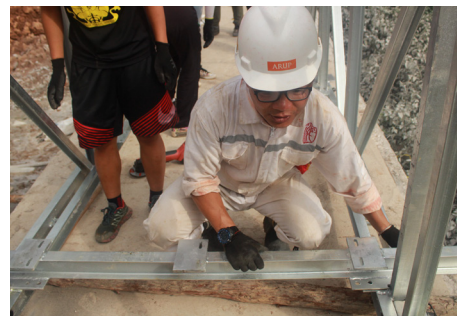


图6.3.5 放置长横梁



图6.3.6 拧紧螺栓

4. 斜撑安装:



图6.3.7 安装斜撑

5. 抗风拉杆安装:



图6.3.8 安装抗风拉杆

6.3.3 桥架顶推

六主村无止桥一共由16对贝雷片(32米)拼装而成,当拼装到第7对时,开始顶推工作,之后在保证未顶推贝雷片自重大于已顶推贝雷片自重的条件下,每拼装几个节段顶推一段距离。

由于本次桥梁跨径布置为16米+16米,并且顶推场地为新修水泥路,平整引道长度超过20米,所以在顶推至12米时,桥架前段导梁可到达中间桥墩,顶推方向是从保地村侧顶推到小石山侧。在桥架顶推过程中,钢缆对桥架进行辅助悬挂,通过手拉葫芦连接将桥架悬挂在空中,桥架底稍高于对岸桥墩面。由于本项目在设计跨径布置时已经考虑在不设置钢缆的情况下如何防止顶推过程中的倾覆问题,所以钢缆悬吊桥架只是一个辅助的安全措施,但从现场实际情来看,钢缆也起到了很好的安全保障作用。待桥顶推到门架下面,用滑轮、手拉葫芦将钢缆与贝雷连起来,这样可以将贝雷桥的一部分重量通过钢缆分担给门架,在顶推过程中,还能利用门架牵引贝雷桥向前推进和调整贝雷桥位置;另外,顶推结束时,还可以利用滑轮、手拉葫芦将贝雷桥吊起取出滚轮。

在中间桥墩、小石山一侧桥台上同样安装有一个门架,用于牵引和吊起贝雷桥。从力学角度讲,此时对岸的牵引绳是斜向的,既有水平牵引的力存在,同时也对悬在半空中的桥有一个向上的作用力,以消除桥的倾覆力矩。

导梁可以起到减少贝雷桥悬臂长度,尽早支承到桥墩及桥台的作用,一般在拼装完成2~3个节段即可开始安装导梁。导梁直接安装在第一节段贝雷片前,通过销钉及螺栓分别与贝雷片的上下弦连接,如图6.3.9所示为导梁安装过程。

图6.3.9 安装导梁



现场顶推过程如图6.3.10所示, 详细顶推步骤见附录D《无止贝雷桥顶推施工步骤图》。



图6.3.10 无止贝雷桥顶推过程

顶推过程可采用推拉双重方式,如图6.3.11所示,在桥架前段可以利用门架、手拉葫芦、安全带等拉住导梁中间横梁,利用手拉葫芦收紧铰链,将桥架拉到桥墩及桥台处。

六主项目采用 $16+16=32$ 米两跨连续过河,顶推至中间桥墩后,中间桥墩起到支点作用,在接下来的顶推过程中不需要准备多余的贝雷片或者其他重物压重,可以节约工程费用和缩短工期;另外滚轮的引进使得顶推阻力减小很多。充分的设计考虑和施工准备使得六主无止桥在三天半的时间内顺利完工。



图6.3.11 在中间桥墩利于进行牵引

6.3.4 桥面板安装

桥面板虽然只需要两个人就可以将其抬上桥梁，但由于桥面板宽度大，安装空间小，所以需要4人协同安装桥面板。将桥面板放置在对应贝雷片上后，四人负责对齐自己所在位置的桥面板螺栓孔，将螺栓插入螺栓孔但不拧紧螺栓，在另外一名同学的统一调整后，确保桥面板平齐后，再逐一拧紧螺栓，如图6.3.12为桥面板安装过程。



图6.3.12 安装桥面板



6.3.5 其他内容

1. 螺栓检查及补防锈漆

如图6.3.13所示检查螺栓，本项工作的内容就是重新拧紧螺栓，检查贝雷片之间的连接，检查贝雷片与长横梁之间的连接，检查贝雷片与短横梁之间的连接，检查贝雷片与斜撑之间的连接，检查桥面板与所有横梁的连接等，并对销钉、螺栓和在施工过程中造成的桥表面镀锌有磨损的地方进行补漆工作。如图6.3.14为桥架磨损处补漆。



图6.3.13 螺栓检查



图6.3.14 补防锈漆

2. 安装支座,主桥就位

利用门架吊起桥架;拆除所有滚轮和其他支撑物,安放支座;将桥架落在支座上,主桥就位。同时在桥台上贝雷桥下弦杆外侧打膨胀螺栓限制桥梁的横向位移,防止桥梁坠落。

3. 拆除门架、清理现场、完成施工

拆除门架上的安全绳,并拆除门架;清点现场各种施工材料和施工工具(包括木板、贝雷片以及各种工具);清理现场环境,打扫各类垃圾并尽量恢复之前的地形地貌。图6.3.15为完成各项清理工作后桥梁结构的竣工示意图。

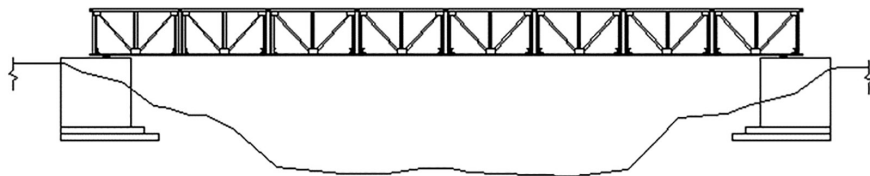


图6.3.15 贝雷桥施工完成示意图

6.3.6 施工工具清单

关于无止贝雷桥所需用的施工工具,详见附录A《施工工具清单》。

6.4 桥梁施工安全管理

6.4.1 一般安全规定

- 1、参与施工的支持工作人员,要有适当工地工作专业培训。
- 2、施工人员应熟知并遵循各项安全技术操作规程。
- 3、参与者进入施工现场必须使用个人安全保护用品,尤在有危害和高处坠落下的工作环境。
- 4、施工前应对施工现场、机具设备及安全防护设施等开展全面检查,确认符合安全标准和系数,方可施工。

6.4.2 高处作业安全规定

选择合适工作人员,培训如何使用高空工作个人用具。工地需做足防坠措施,实时安全督导。

6.4.3 缆索安装施工安全规定

- 1、设立统一指挥系统,并组织参加吊装人员开展安全教育,对施工难度、危险性较大的作业项目要先作专门培训。
- 2、吊装前应做严密的准备工作,要由指定的安全监督对机具设施开展全面检查,确保符合安全作业方可施工。
- 3、禁止人员在桥点下方工作或走动,以避免有任何物件下坠而受伤。



6.4.4 门架安装安全规定

- 1、门架安装完成后, 应该检查螺栓紧固情况, 以及钢材焊接情况。
- 2、门架拆除时, 应制定安全技术措施。

6.4.5 安全监督

- 1、施工现场每边桥台应当配置一位安全督导员, 安全督导员负责监察桥台上工作安全。
- 2、建桥工地上, 设置一位总工程师监督, 负责审核所有安全措施, 符合要求后, 可开始工作。



无止贝雷桥 检查和维护保养

检查与养护			
桥梁构件	检查项目	养护方式	频率
桥墩台以及支座	1. 桥墩台是否有裂缝。 2. 护坡是否破损。	1. 若发现细小裂缝, 则用水泥砂浆填补, 防止内部钢筋受腐蚀。 2. 护坡若破损, 应该及时用片石加水泥砂浆填补。	每月一次
	支座变形或者破损是否严重。	若比较严重, 则应该立即更换支座 (最好请专业人士更换)。	
贝雷片	钢材是否锈蚀。	1. 保持主梁的干燥, 经常清理桥面, 保持桥面卫生。 2. 打磨锈蚀部位, 涂刷防锈漆。	每月一次
	钢材构件是否完整。	需及时上报, 向政府反馈主梁及其他构件的缺失情况。	
	钢材是否明显变形或者位移。	先暂停使用并及时上报, 向专业人员寻求帮助。	

检查与养护

桥梁构件	检查项目	养护方式	频率
螺栓	螺栓及连接情况。	检查螺栓是否松动, 是否脱落, 贝雷桥连接处是否松动。若存在松动或者脱落, 应该及时拧紧或者更换。	每月一次
桥面板	桥面板是否缺失。	先暂停使用并及时安装新桥面板。	随行观察
	桥面板是否破损严重。	及时更换新桥面板。	
桥梁引道	桥梁引道是否有破损开裂, 路基是否有冲蚀。	若发现小裂缝或破损, 由村委会自行修补; 若发生较大破损, 应该及时联系设计方, 商讨解决方案。	随行观察

注意: 1. 每次洪峰之后, 必须对无止贝雷桥进行上述检查, 需要修补或更换构件时, 应及时处理; 2. 无止贝雷桥墩台和主梁发生严重变形和破坏时, 应禁止通行, 并及时上报桥梁后期管理维护部门; 3. 禁止车辆通行; 4. 严禁偷盗、破坏、拆卸无止贝雷桥各个部件; 5. 当发生自然灾害时, 如地震、洪水等, 无止贝雷桥严禁通行。

结语及鸣谢

手册的编写凝聚了大家的心血与汗水，无止桥慈善基金在此恳切表达我们的期望和谢意。无止贝雷桥是取材自比较成熟的车行贝雷桥基础上做出修改、论证、实践形成的人行桥方案。这种轻型便桥架设速度快、安全、轻巧、美观，十分适合应用在交通不便的山区。新方案的成熟总是艰辛的，荣幸得到业界专家、前辈、无止桥慈善基金项目委员会、同济大学无止桥团队、镇江长城重工公司以及其他大学无止桥团队的共同努力，手册得以顺利出版，现一并再作致谢。

首先，本手册要特别感谢无止桥慈善基金项目委员会主席何祝崑先生。何先生是无止桥慈善基金发起人之一，通过多年指导建设人行便桥公益项目，何先生敏锐的发掘到传统军用型贝雷桥的优势，并将其改造、应用到无止桥在偏远山区建桥项目的巨大空间。在何先生的发起下，及李有威先生、李国良先生、李耀华先生、李亮华先生及李德伟先生等一众项目委员的参与下，无止桥慈善基金于2016年的重庆麻池村建桥项目中，首次设计并顺利建造一座无止贝雷桥。在之后的三期项目中，基金项目委员会委员通过不断实践及改良，对设计方案不断优化，为最终结构设计定型做出了巨大贡献。

基金亦十分感谢同济大学设计院的支持与帮助。在无止贝雷桥方案成形的过程中转化项目概念为实践性的研究，再通过同学们的设计模拟测试，为无止贝雷桥的安全性以及耐久性做出确认，使方案能够落实。

基金更感谢同济大学桥梁系吴迅教授。吴迅教授作为同济大学无止桥团队的指导老师，带领同学们共同研究讨论人行贝雷桥的方案。吴教授结合自己丰富的工程经验和专业知识，为无止贝雷桥的改进提出了建设性建议，为无止贝雷桥以及本手册的面世提供了很大帮助。与此同时，我们还要感谢同济大学桥梁系的吴培峰老师，吴培峰老师作为同济大学无止桥团队的另一位指导老师，积极在学院以及学校层面为学生打造一个可以发挥才能的平台和培训学生团队义务工作，为大学无止桥团队的发展以及手册的面世发挥了很大贡献。

我们还要感谢镇江长城重工公司，为我们的无止贝雷桥提出许多中肯的建议，使学生能在其工厂进行实体组装测试，并能将无止贝雷桥得以进一步的优化，进而批量生产。基金会亦感谢同济大学无止桥团队的张振宇、刘畅、王嘉祺、李昂、邱爽、陈贤俊、黄李观、陈昭、易道远、劳天鹏、高展、王聪、应宇锋等同学。他们参与了本手册的编撰工作，其中大部分成员都曾参与第一代、二代无止贝雷桥的设计优化工作，并带领团队参与到钢桥厂实习、无止贝雷桥施工工地等活动。

我们还要感谢参与到无止贝雷桥建设项目中的所有无止桥大学团队师生，师生们在亲身参与人行贝雷桥的施工活动中，摸索出了一系列无止贝雷桥施工的经验，并在一次次项目中对设计及施工提出优化建议，使得无止贝雷桥的总体设计及使用更趋完善。

无止桥慈善基金再次感谢历届无止贝雷桥项目的赞助人士和机构，大家的爱心善举，不仅为香港学生提供外展服务、更协助他们一次次了解内地农村，与内地大学学生团队服务内地偏远山区少数民族村民的宝贵机会。通过资助基金无止贝雷桥项目，不但培养了大批实践人才，也为无止贝雷桥的设计及完善提供了一次又一次的机会。在此代表基金特别鸣谢：

- 陈张敏聪慈善基金有限公司历年资助无止桥项目；
- 香港离岛扶轮社资助2016年重庆麻池村无止贝雷桥项目；
- 莫华升先生资助2016年四川黄龙场村无止贝雷桥项目；
- 九龙仓集团有限公司资助2017年贵州谢家村无止贝雷桥项目；
- 香港民政事务局资助2017年云南六主村无止贝雷桥项目；
- 九龙仓集团有限公司资助2018年云南黎光村河上河下无止贝雷桥项目；
- 香港民政事务局资助2018年云南黎光村吾吉后无止贝雷桥项目；
- 九龙仓集团有限公司资助2019年云南美乐村无止贝雷桥项目；
- 香港民政事务局资助2019年广西中停村无止贝雷桥项目。

我们期望这手册为后续参与者和同学能提供借鉴，做出不断完善，提升同学们的工匠精神，大家共同进步，为服务社会再次作出贡献。

无止桥慈善基金编辑委员会











附录

附录A 无止贝雷桥施工工具清单

序号	名称	用途	图片
1	手拉葫芦	牵引贝雷片	
2	承重吊带	配合手拉葫芦使用	
3	承重吊带扣	牵引贝雷桥	



序号	名称	用途	图片
4	手套	志愿者使用	
5	套筒扳手 (M16/M12)	拼装门架、 桥架、导梁、 M夹等	
6	固定扳手	拼装门架、 桥架、导梁、 M夹等	



序号	名称	用途	图片
7	防锈油漆	螺丝防锈	
8	电钻+钻头(M-16/M-20)	安装门架	
9	对讲机	志愿者使用	

序号	名称	用途	图片
10	安全带	保护志愿者	
11	安全带扣	配合安全带使用	
12	安全带滑轮	配合安全带使用	

附录

序号	名称	用途	图片
13	门架	牵引贝雷片	
14	导梁	辅助桥架伸延安全	
15	千斤顶	顶升贝雷桥	

序号	名称	用途	图片
16	滚轮	牵引贝雷片	
17	滑轮扣	连接钢缆和葫芦	
18	帐篷	盛放施工器具	




序号	名称	用途	图片
19	警戒带	划分施工区域	
20	撬棍	辅助拼装贝雷片	
21	手锤	安装连接销钉	

序号	名称	用途	图片
22	16mm钢缆线	牵引贝雷桥及保护志愿者	
23	钢绞线扣	扣住钢缆线	
24	油漆刷	刷润滑油	

附录

序号	名称	用途	图片
25	润滑油	辅助销钉安装	
26	施工警示牌	安全文明施工	
27	米尺	丈量场地大小	

序号	名称	用途	图片
28	卷尺	测量	
29	安全帽	志愿者使用	
30	磨机	现场打磨 贝雷片阴阳头	

序号	名称	用途	图片
31	花篮螺栓	拧紧抗风拉杆, 另多配一粒右牙丝母用作固定花篮用	
32	锉刀	打磨阴阳头销钉孔	
33	M20和M16	膨胀螺栓	

序号	名称	用途	图片
34	M夹螺栓扳手	拧M夹螺栓	

注: 以上工具仅根据无止桥慈善基金以往项目经验摘录, 具体施工工具需根据实际情况合理选择。

附录B 无止贝雷桥. 结构验算 (桥宽1500mm)

附录C 无止贝雷桥. 设计图

附录D 无止贝雷桥. 顶推施工步骤图

附录E 导梁及门架设计图

<https://www.bridgetochina.org.hk/sc/resource/publication>

读者可登入无止桥网站<https://www.bridgetochina.org.hk/>, 下载手册供参考用。如中、英文版本有任何抵触或歧义, 应以中文版本为准。
如有查询, 欢迎联系无止桥慈善基金办事处(+852) 27424668, 或电邮至 info@bridgetochina.org.hk 进行查询及交流。



主要合作伙伴



镇江长城重工科技有限公司
长城海工装备(江苏)有限公司
ZHENJIANG GREAT WALL GROUP CO.,LTD.

出版赞助



证书号第 9848347 号



实用新型专利证书

实用新型名称：一种轻型装配式人行贝雷桥

发 明 人：王嘉祺;吴迅;李昂;易道远;劳天鹏;孙硕;黄李观

专 利 号：ZL 2019 2 0341251.4

专利申请日：2019 年 03 月 18 日

专 利 权 人：同济大学;无止桥慈善基金有限公司

地 址：200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

授权公告日：2019 年 12 月 31 日

授权公告号：CN 209873541 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见背面



无止贝雷桥

建造手册

