



International Metro Transit
Exhibition & Forum
Beijing

北京国际城市轨道交通展览会
暨高峰论坛(2019)

轨道交通高架区间装配式U型梁 应用介绍

中铁二十三局集团轨道交通工程有限公司

汪永进 副总工程师





1

装配式U型梁的特点及优势

2

国内外应用介绍

3

科技创新





Metro Trans

01

装配式U梁特点及优势





城市轨道交通

城市轨道交通有两种敷设形式：地下线路和高架线路

高架线路比地下线路的建设成本和运营成本都低，我国目前大中型城市的市郊轨道均在向高架线路方向规划。

轨道交通高架桥作为一种城市内的交通结构，除了满足其本身的运载作用外，还需满足城市景观环境与噪声等要求，因此，慢慢形成了槽形梁结构，并在实践中经过逐渐优化后开发出U梁结构。



轨道交通地下线路



轨道交通高架线路



Metro Trans

传统高架现浇施工的弊病



交通影响



脚手架隐患



传统建造模式对城市既有交通和环境影响非常大!!!

传统脚手架施工方式容易造成坍塌事故!!!



环境污染



装配式U梁

装配式是以构件预制化生产、装配式施工为主的生产方式，它通过现代化的制造、运输、按照和科学管理来代替传统建筑业中分散的、低水平的、低效率的手工业生产方式，是实现建筑产品节能、环保、全生命周期价值最大化的可持续发展的新型建筑生产方法。

保证工程质量

装配式U梁在预制工厂生产，生产过程中可对温度、湿度等条件进行控制，构件的质量更容易得到保证。

降低安全隐患

装配式U梁运输到现场后，由专业安装队伍严格遵循流程进行装配，大大提高了工程质量并降低了安全隐患。

降低人力成本

装配式U梁由于采用预制工厂施工，现场装配施工，机械化程度高，减少现场施工及管理人员数量。节省了人工费，提高了劳动生产率。

提高生产效率

装配式U梁的构件由预制工厂批量采用钢模生产，减少脚手架和模板数量，尤其是生产形式较复杂的构件时，优势更为明显；同时省掉了相应的施工流程，大大提高了时间利用率。

节能环保，减少污染

装配式U梁循环经济特征显著，由于采用的钢模板可循环使用，节省了大量脚手架和模板作业，节约了木材资源。此外，由于构件在工厂生产，现场湿作业少，大大减少了噪声和烟尘，对环境影响较小。

装配式U梁的优势





时代背景

装配式U梁发展的驱动力

文明要求施工（环境、交通）日益提高

采用现场浇（砌）筑的方式，资源能源利用效率低，建筑垃圾排放量大，扬尘和噪声环境污染严重。资源能源过度消耗和浪费将无法扭转极大地制约中国经济社会的可持续发展。

设备保有量日益增加

当前我国工程机械保有量在672-728万台，未来新增需求空间较小，工程机械将进入存量时代

劳动力价格飞涨

人口老龄化的出现，以后重体力劳动越来越昂贵，成本也会越来越高。



装配式结构的研究与应用受到了政府部门的关注，2016年9月30日，国务院印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》，要求大力发展装配式混凝土建筑，不断提高装配式建筑在新建建筑中的比例。轨道交通高架桥梁作为建筑中的一种，实现装配式建造符合国家的方针政策。

国务院办公厅关于大力发展 装配式建筑的指导意见

国办发〔2016〕71号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

装配式建筑是用预制部品部件在工地装配而成的建筑。发展装配式建筑是建造方式的重大变革，是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平，有利于促进建筑业与信息化工业化深度融合、培育新产业新动能、推动化解过剩产能。近年来，我国积极探索发展装配式建筑，但建造方式大多仍以现场浇筑为主，装配式建筑比例和规模化程度较低，与发展绿色建筑的有关要求以及先进建造方式相比还有很大差距。为贯彻落实《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》和《政府工作报告》部署，大力发展装配式建筑，经国务院同意，现提出以下意见。





U梁结构型式分析

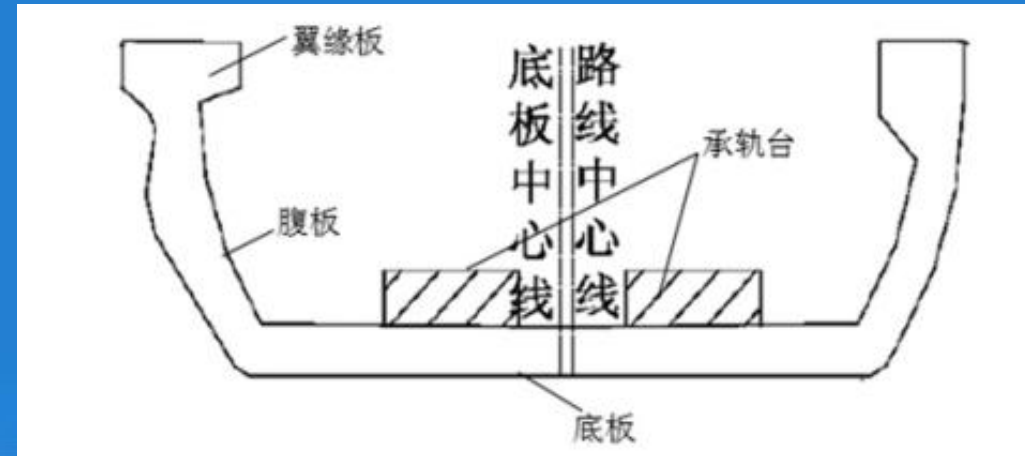
U梁是一种装配式桥梁结构，其横断面呈开口的“U”字形，其结构受力特点同国内常规的箱梁、T梁、 Π 梁区别较大，是一种复杂的空间梁板复合结构，在轮轨交通系统中具有较强的竞争力。其主要纵向承载力通过两侧主梁腹板传递，中间底板作为横向联系结构，将主梁腹板连成一个整体。槽型梁结构是U型梁结构发展的基础，预制法是U型梁的主要生产方式，而就目前来说，U型梁技术的发展和在我国处于一个正在推广的阶段。





U梁结构型式分析

U型梁结构呈下承式开口薄壁的形状，两侧的腹板、底部的底板和两侧腹板的顶部翼缘板共同组成了U字型的横截面，这段横截面通道就是梁体，两侧的腹板并不是对称的，一侧是等壁厚腹板，呈弯弧形，它顶部的翼缘板呈“7”字形，另一侧是不等壁厚腹板，中上部向外隆起，较为平滑，它顶部的翼缘板呈“T”字形，底板上表面是承轨台。





U梁结构优势

槽型梁结构是城市轨道交通的 U 型梁结构发展的基础，但是不同于上承式梁传统的是，它拥有自身独特的特征：

降噪性高

车轨在 U 型梁内包裹着，使得行驶的列车在 U 型梁内已经形成了降噪结构，噪声在经过 U 型梁内的腹板反复反射后，其能量已经被减弱，因此，噪声就能够被有效的削弱。有相关数据表明，和传统的箱型梁相比较，U 型梁更有效且合理地降低列车的噪声。

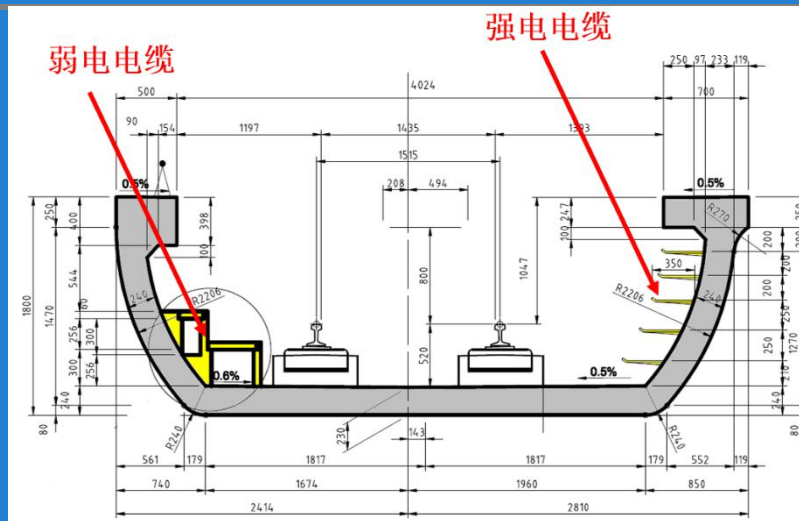




U梁结构优势

可利用率高

由于传统箱梁的桥面部分附属结构如中央疏散平台，电缆桥架，声屏障基础和栏杆等，因此需要一些特殊的施工和设计。然而，U型梁能够大大提升断面的空间利用率。断面的下部我们可以布置一些类似于电力电缆、信号、通信等管线，主梁翼缘可以当做紧急旅客疏散通道使用。





Metro Trans

U梁结构优势

安全性强

在 U 型梁的两侧有两个腹板，能够有效避免车辆脱轨时倾倒，使得行车更加安全。





U梁结构优势

建筑美观性好

作为一种下承式的结构梁，U型梁施工下的车站高度和线路标高都降低了很多，是箱型梁的1/3左右。U型梁用其美观的外形，优美的线条，使得整个建筑露出了车体的上部，而观感较差的桥面则被腹板和翼缘板遮盖住了，观感效果大大提升。





建设和运营成本低

U 型梁也因其独特的截面形式，能够有效降低建筑高度和截面面积，可以降低水泥和预应力束的使用，从而在施工周期和材料用量方面减少建设成本。

而且，U 型梁腹板本身具有阻隔车辆轮轨噪声，减低噪音往外扩散的功能，从而可减少声屏障的使用。所以，运营成本也大大降低了。





Metro Trans

02

国内外应用介绍





国外应用

U型梁是单线槽型梁经过截面优化后产生的结构形式。在国外，铁路桥梁领域是最早使用槽型梁的，其中最早的预应力混凝土槽型梁是罗什尔汉桥，它是1952年由英国建造的。在此之后，日本、澳大利亚等经济发达国家陆续在铁路桥梁中使用槽型梁这一形。目前U梁在美国、法国、荷兰、德国、比利时、澳大利亚、智利、沙特、印尼、阿联酋等地均有应用。

Santiago Line 5 – 6km



Santiago Line 4 – 7km



Delhi Line 3 – 22km



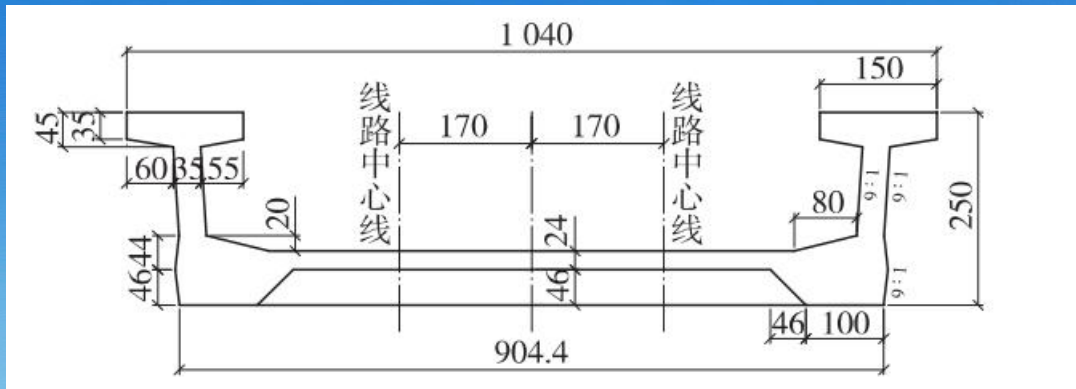
Dubai Rail – 65km





上海轨道交通6号线

2003年，上海首次在轨道交通6号线（五莲路站至博兴路站）首次在国内引入了后张法U梁设计。该段为噪声敏感区，是线路由高架转入地面敞开段的过渡段，采用建筑高度低的槽型梁结构，便于压低线路高程，改善高架线路纵断面，有效缩短敞口段坡道长度，且跨径变化不影响建筑高度，对降低高架区间及车站建筑高度也有一定作用。轨道交通车辆行驶于槽型梁两纵梁中间，轮轨噪声受到两侧纵梁阻隔，在一定程度上可减少噪声对周围环境的影响。



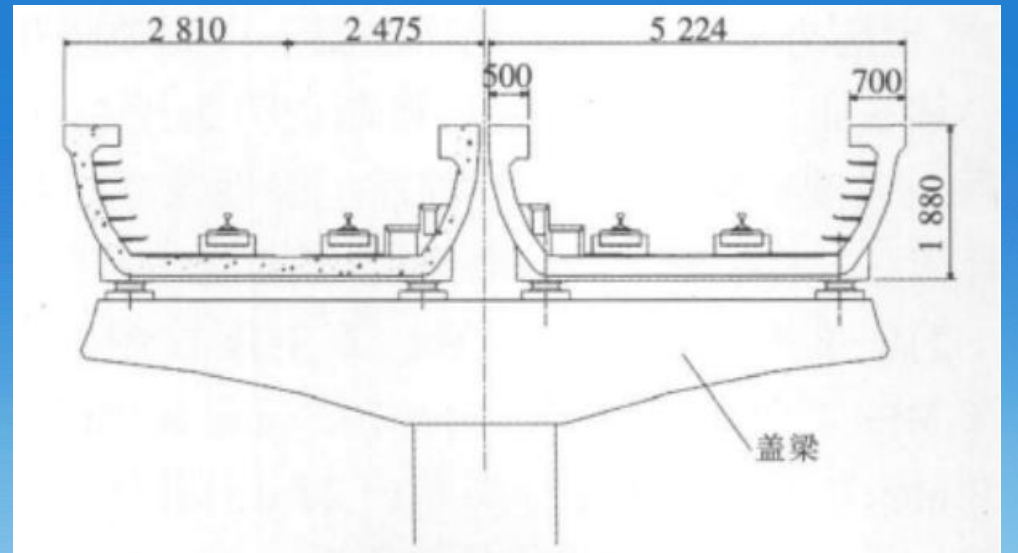


上海轨道交通8号线

2006年,由上海城建设计院与赛思达(上海)有限公司合作设计,对U型梁的断面形式进行了优化,上海市轨道交通8号线南延段区间高架上部结构首次采用了30m标准跨的薄壁U形梁。是国内首次应用新型型断面的桥梁结构,该U梁最大特色是将腹板设计成弧面,厚度仅为24cm,腹板与道床板相交处也作了平滑过渡处理,采用预制架设法施工。单片梁质量155t。桥墩为T形墩,墩帽上双线,2009年建成通车,现运行状况良好。



上海轨道交通8号线南延伸段高架

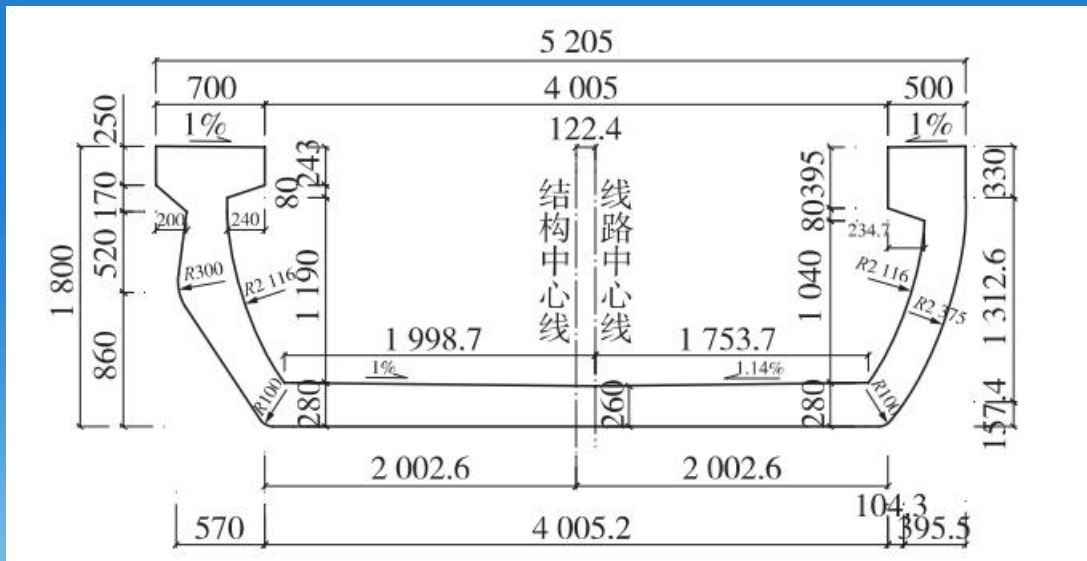




南京地铁2号线

2010年年通车的南京地铁2号线东延线，首次采用了25m跨度简支U型梁结构，为满足结构景观线型要求，U形梁的腹板被设计为折叠线型，线路的美观性能得到了提高。

这种结构形式是我国自主研发的，两侧的翼缘板，一侧为“7”字形，一侧为“T”字形。翼缘板则一侧等厚，一侧为了增加刚度而加厚。采用弧形腹板，这样可以有效解决腹板与底板相交处负弯矩较大且应力集中的问题，能提高结构抗裂性能。

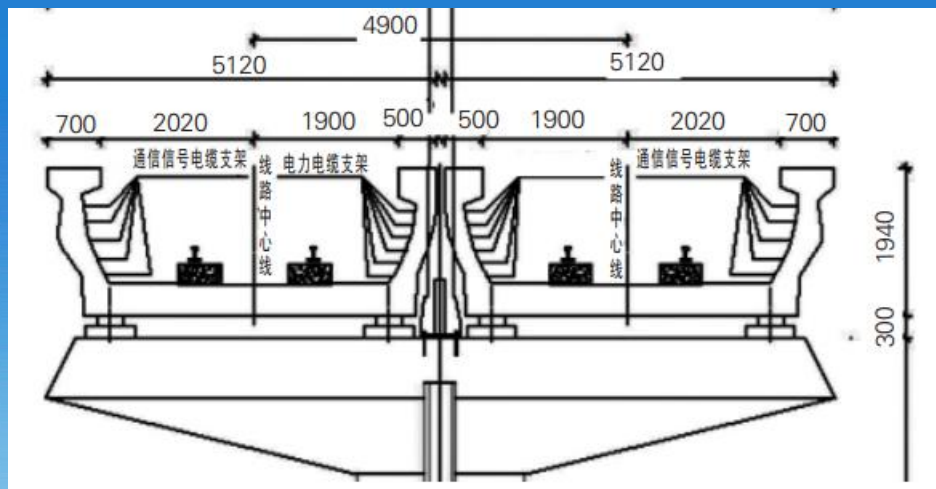
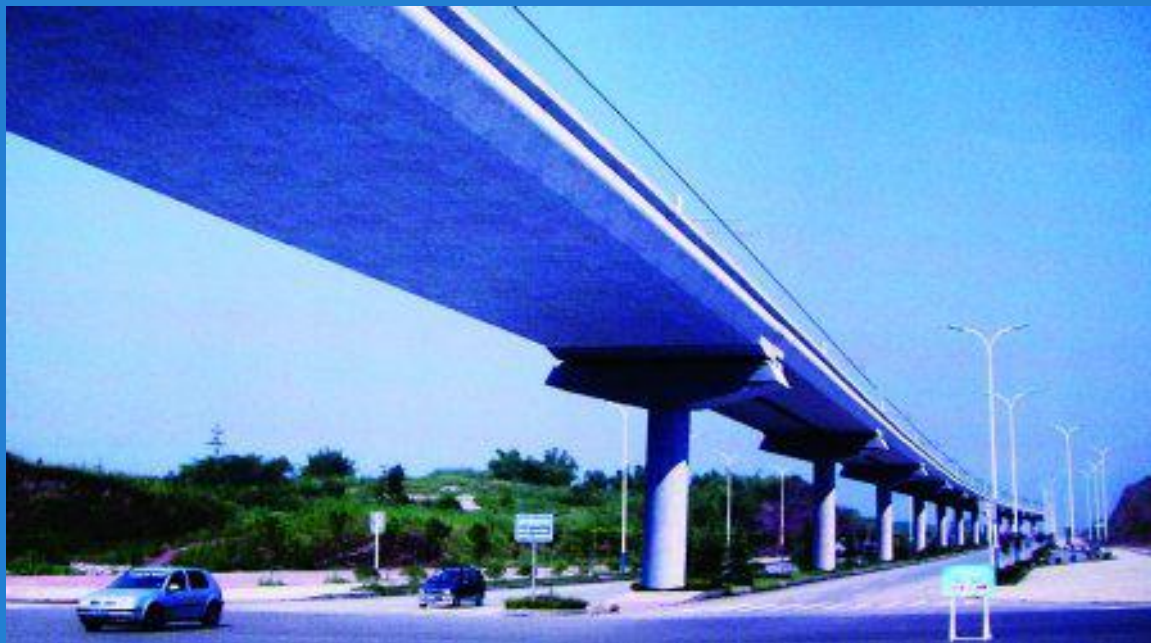




重庆轨道交通1号线

2012年建成通车的重庆轨道交通一号线工程在中梁山以西高架区间在国内首次建设并应用30m跨U型梁、连续盆式梁、大U型梁等U型结构形式，使U型梁在国内城市轨道交通领域的应用得到进一步推广。

其采用的U型梁系统也进行了优化改进，U型梁为开口薄壁U型梁，建筑底板高度只有26厘米，大约为箱型梁建筑高度的六分之一，采用带折线的外形，视觉上减小了结构的体量，再加上大量减少了声屏障的使用，U型梁在视觉上降低了对城市景观的影响。





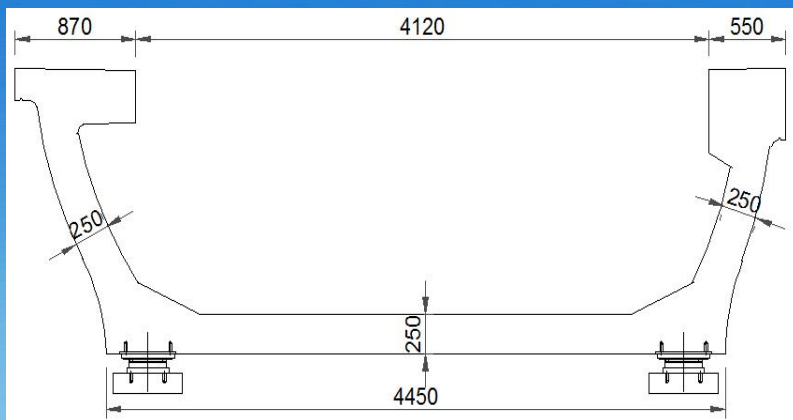
Metro Trans

上海轨道交通16号线

2014 年底，上海轨道交通 16 号线全线完工，并获轨道交通工程序列詹天佑奖。中铁二十三局集团轨道公司承担了该线路 1421 片 U 形梁的预制和运输任务。该工程生产的 U 梁采用大吨位先张工艺，先张预应力总吨位约 1700 吨，是国内首条引进法国的城市轨道交通先张法预应力薄壁梁。



上海轨道交通16号线





优点

我公司投资与上海耐斯特液压公司合作研发“预应力同步控制系统”，实现了“应力”、“应变”的“智能化双控”工艺，提高了张拉精度；研发的模块化液压自动控制模型，实现了不同梁型、不同线型、不同梁长的U形梁的预制施工。

相对于后张法施工来说，先张法施工技术难度大但工序集中，工序周期缩短，其预应力受力体系合理，结构整体性好，质量可控，耐久性好，线路平顺性易控制，单片梁体成本较低。

上海轨道交通16号线预制U梁最大跨度35米，满足不了跨路、跨河大跨度要求，故采用现浇连续梁桥。为了全线景观统一协调，现浇连续梁采用现浇箱梁再后浇弧形栏板。但现浇和二次浇注栏板，工期较长，跨路跨河连续梁桥往往成为关键节点，影响全线贯通节点。上海轨道交通17号线高架区间采用简支U梁，跨路跨河采用悬臂拼装节段U梁。

缺点





Metro Trans

上海轨道交通17号线

2017年底建成通车的上海轨道交通17号线，是世界首例在城市轨道交通领域成功采用“双U+箱型”复合变截面节段梁方法施工，引领城市桥梁设计与施工技术从实用向美观跨越。



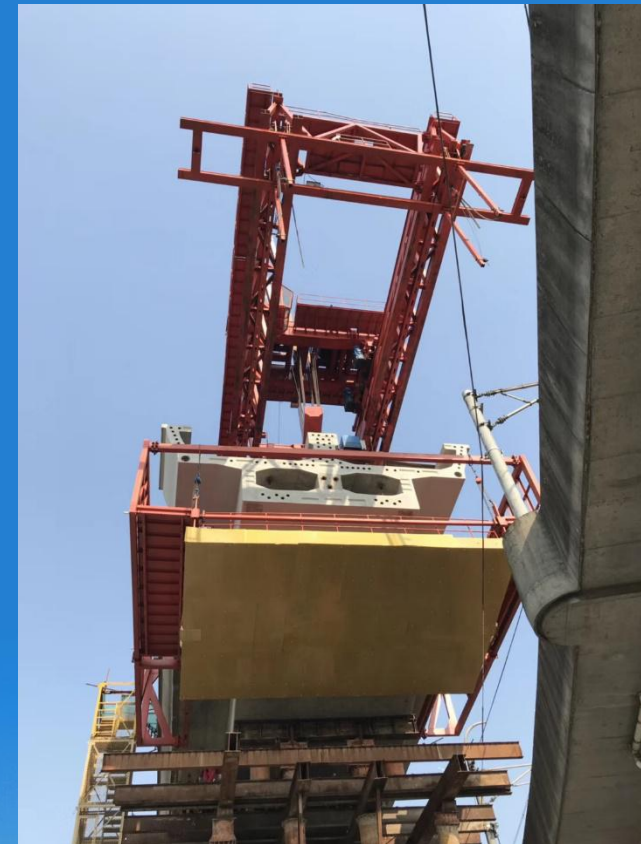
节段梁施工



Metro Trans

上海轨道交通17号线

其高架标准结构采用单线U型梁，在跨越横向道路或河流等节点时，采用变截面箱-U组合梁衔接方案，以及预制节段悬拼技术，使高架区间结构融为一体，提升了高架区间节点桥梁的景观效果。



节段梁施工

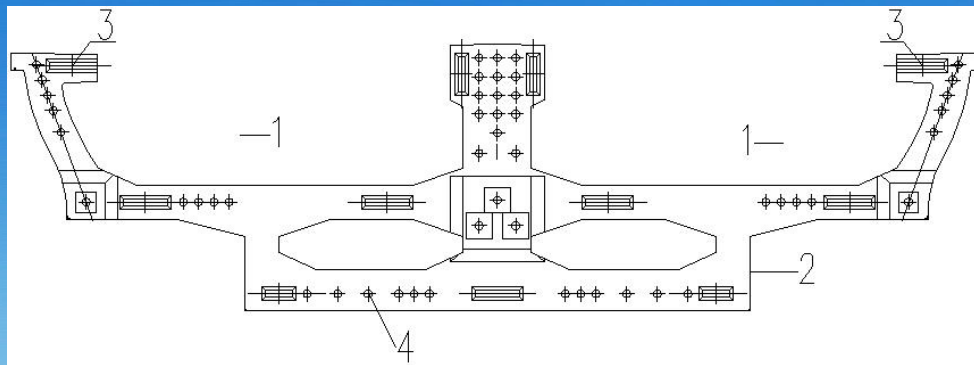
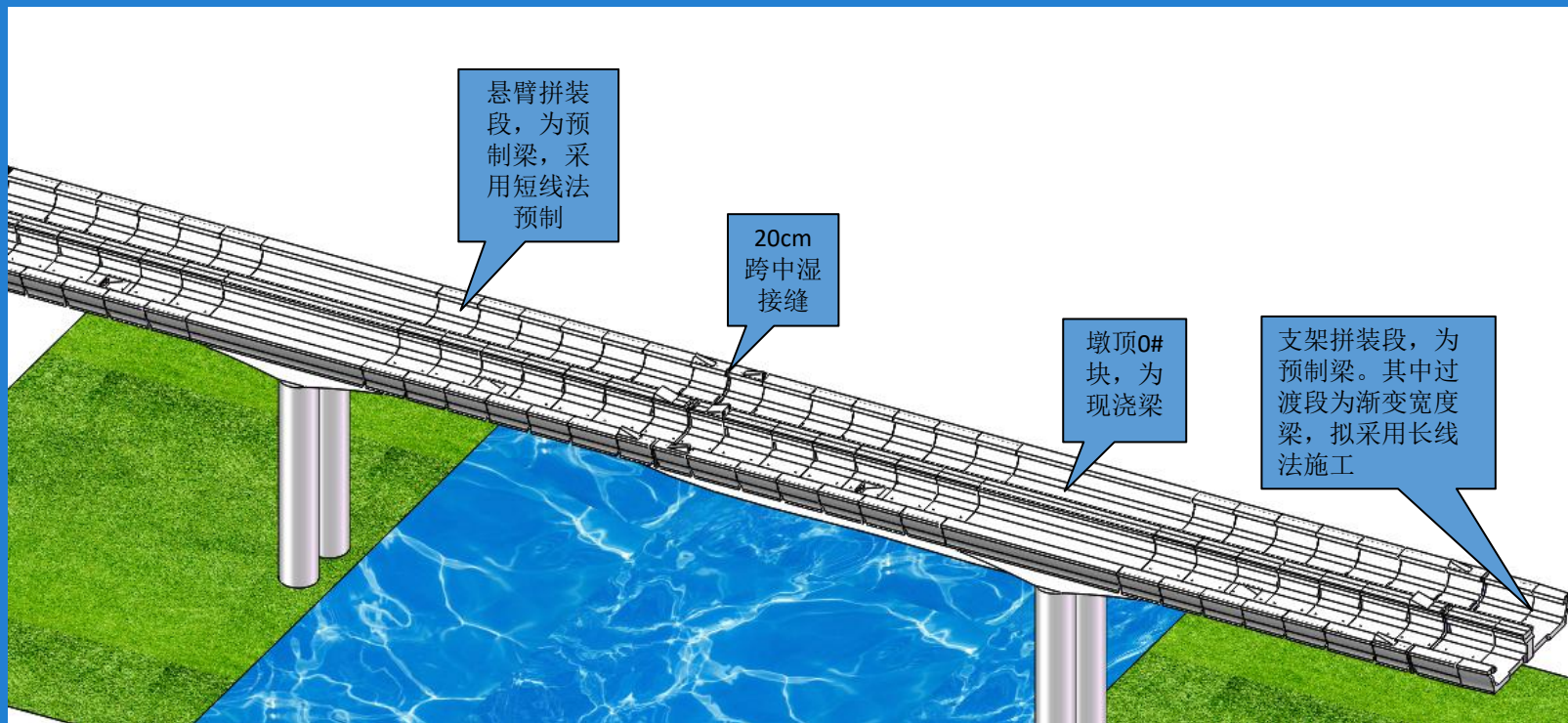


上海轨道交通17号线

Metro Trans

我公司承担着433片U梁以及632片节段梁的生产和运输工作。上海轨道交通17号线，对于主跨为50-70m的节点桥梁，采用节段拼装技术施工。节段拼装连续梁墩顶截面采用U型与箱型结合截面，上部U型截面构造，下部单箱双室箱型截面构造，主要由箱梁顶板（即节段U梁底板）、箱梁底板、箱梁腹板、节段U梁顶板、节段U梁腹板和中腹板组成。

节段梁拼装的方式施工不但克服了现浇梁满堂支架施工长时间占用社会交通资源和挂篮法安全质量隐患大、工期长的通病，还契合了当前工厂化、标准化的经营理念，“双U+箱型”更是上海轨道交通的创举！安全环保，外型美观，与上海城市发展相得益彰。



异变高段异形截面节段梁



Metro Trans

上海地铁8号线三期

2016年开工建设的上海地铁8号线三期（上海地铁浦江线）为上海首条胶轮路轨全自动无人驾驶APM线（旅客自动运输系统）。由中铁二十三局集团轨道交通工程有限公司承担了整条线路约170片U梁和一座跨度75米桥的节段梁生产任务。U梁长25米，采用先张法预应力工艺。该梁型与16号线梁型相比，几何结构大体一致，主要差别为梁体宽度变窄422毫米。





其他应用情况



上海地铁迪士尼专线



上海地铁11号线





Metro Trans

其他应用情况



青岛地铁11号线



深圳地铁6号线



其他应用情况



宁波的机场南延伸





Metro Trans

03

科技创新





先张法优点及应用

先张法的优点

相对于后张法施工来说，先张法施工技术难度大但工序集中，工序周期缩短，其预应力受力体系合理，结构整体性好，质量可控，耐久性好，线路平顺性易控制，单片梁体成本较低。

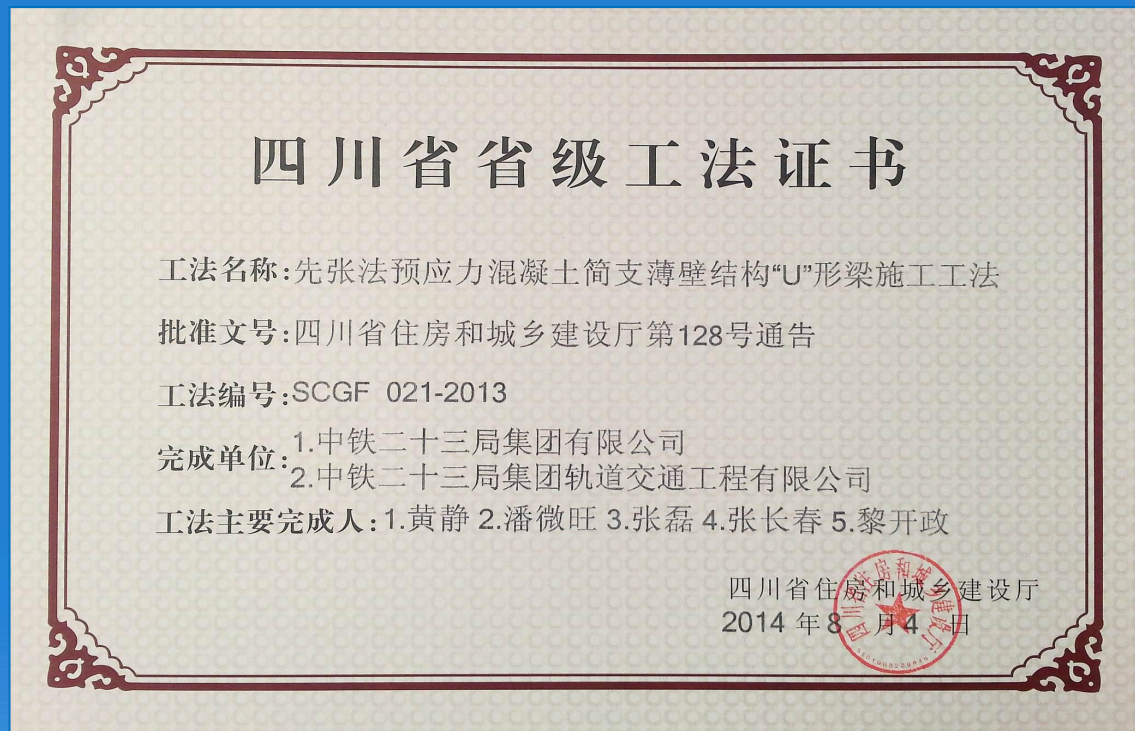
轨道公司的U形梁生产工艺取得了一项国家级工法和16项国家专利，其中有2项发明专利，于2010年开始运用于上海轨道交通11号线、16号线、17号线、8号线、迪士尼专线和青岛蓝色硅谷线、深圳地铁6号线工程。其生产的节段梁获上海市科学技术奖三等奖，取得2项国家发明专利，2016年开始运用于上海轨道交通17号线、天津轨道交通R4线工程。

应用





先张法U梁国家级工法



先张法U梁四川省省级工法

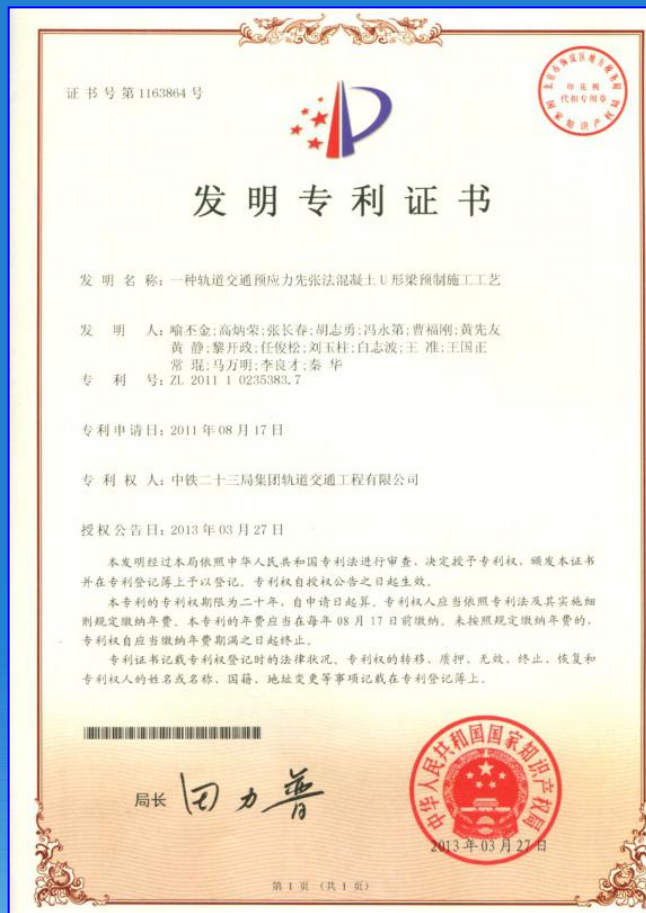


Metro Trans

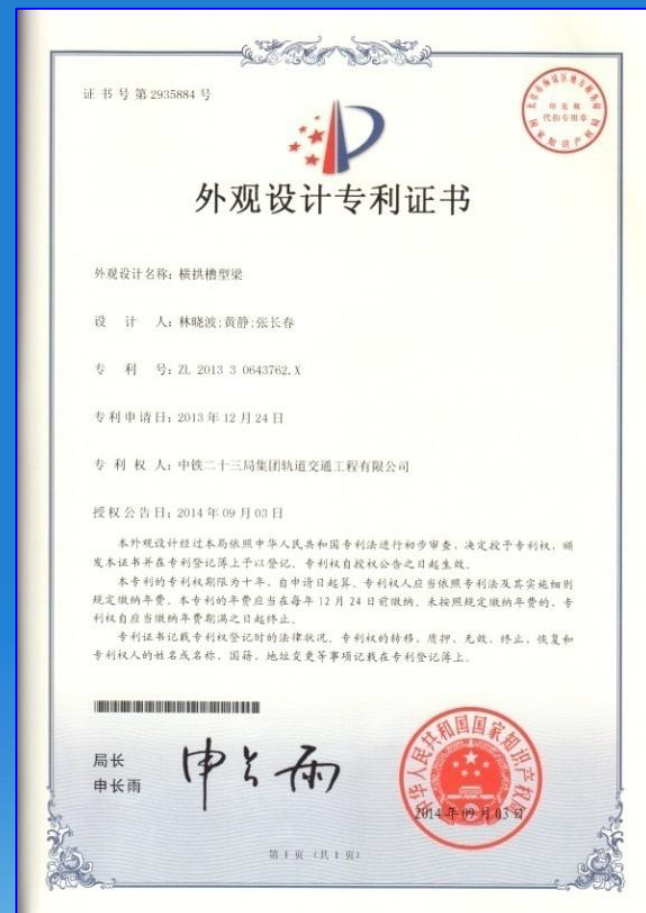
专利



先张法U梁张拉台座



先张法U梁施工工艺



横拱槽形梁外观



Metro Trans

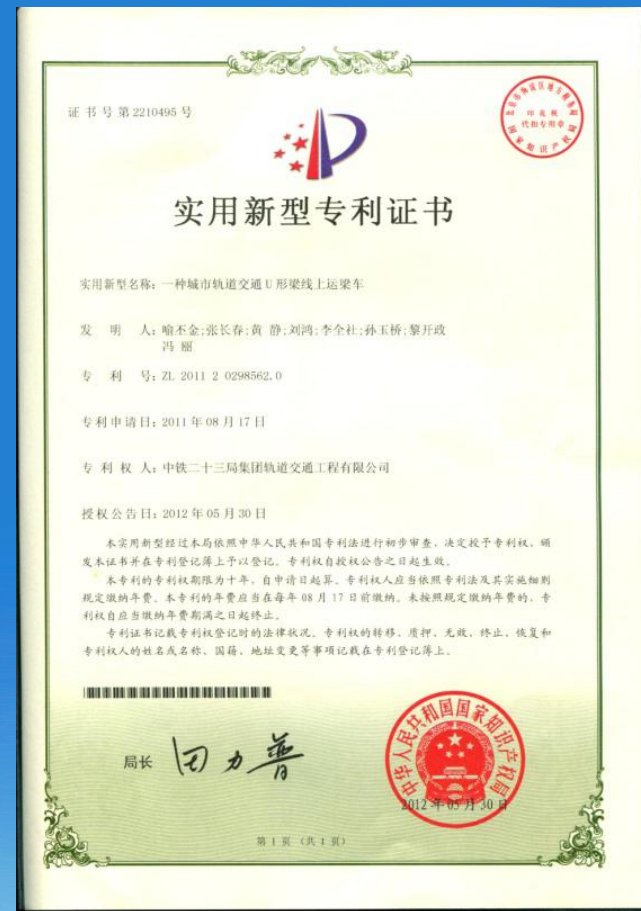
专利



先张法U梁张拉台座



先张法U梁同步张拉系统



U梁线上运梁车

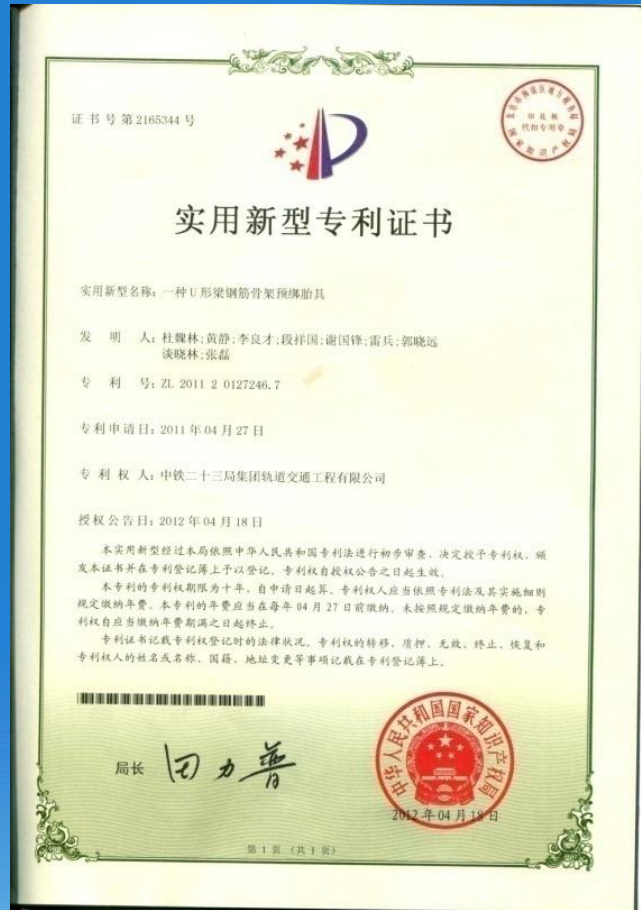


Metro Trans

专利



升降式滴水槽成形系统



U梁钢筋骨架预绑平台



辐射式蒸汽养护系统



Metro Trans

创新成果奖

荣誉证书

《城市轨道交通先张预应力混凝土筒支薄壁 U 形梁施工工艺研究》
荣获 2012 年度中国施工企业管理协会科学技术奖科技创新成果

一 等 奖

主要完成单位：中铁二十三局集团有限公司、中铁二十三局集团轨道交通工程有限公司
主要完成人：喻丕金、张长春、尹华、胡志勇、黄静、常琨、潘微旺、任平、陈幼林、林晓波、
段祥国、尹东辉、王红、刘延龙、霍莉



二〇一三年十月

中国施工企业管理协会

荣誉证书

中铁二十三局集团轨道交通工程有限公司
16号线“U”梁预制QC小组

《先张法预应力混凝土“U”型梁预应力施工同步控制技术研发》荣获
2012年上海市工程建设优秀质量管理小组成果

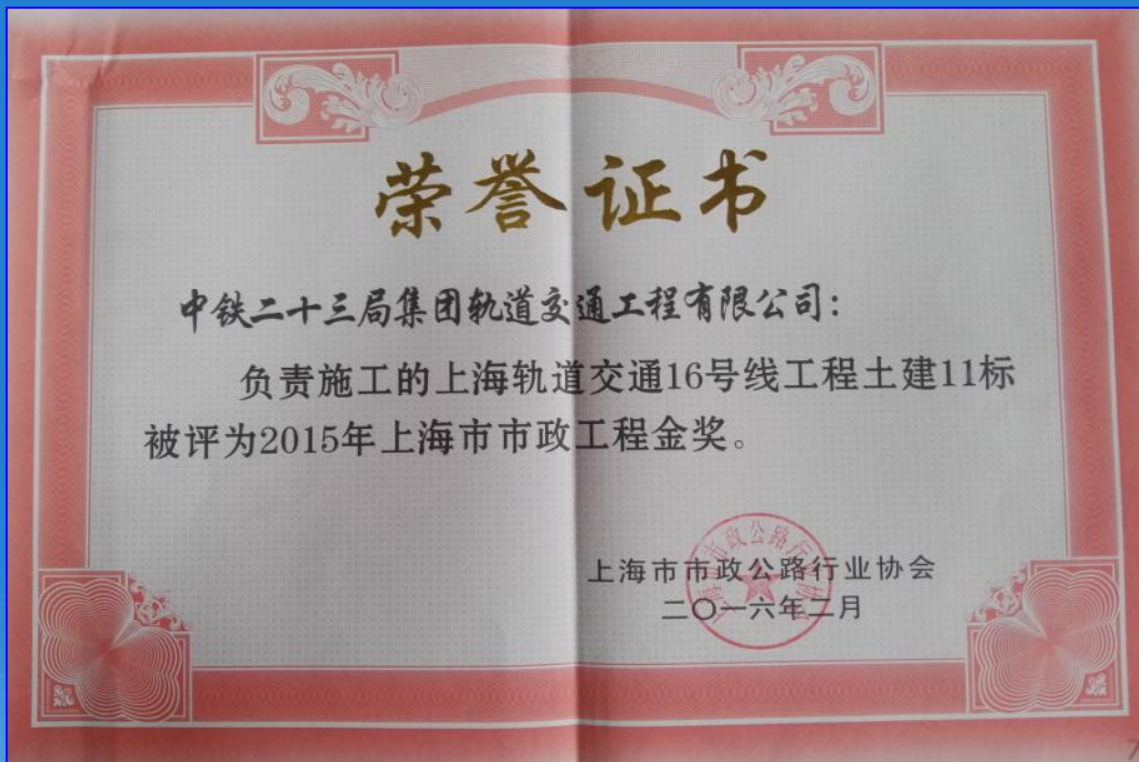
一 等 奖

上海市工程建设质量管理协会
二〇一二年四月





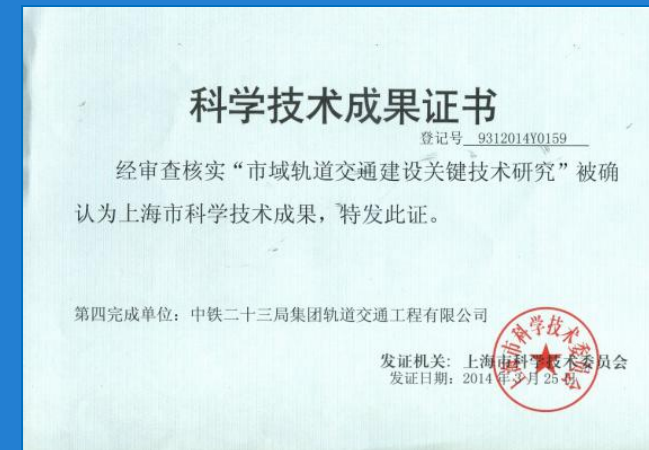
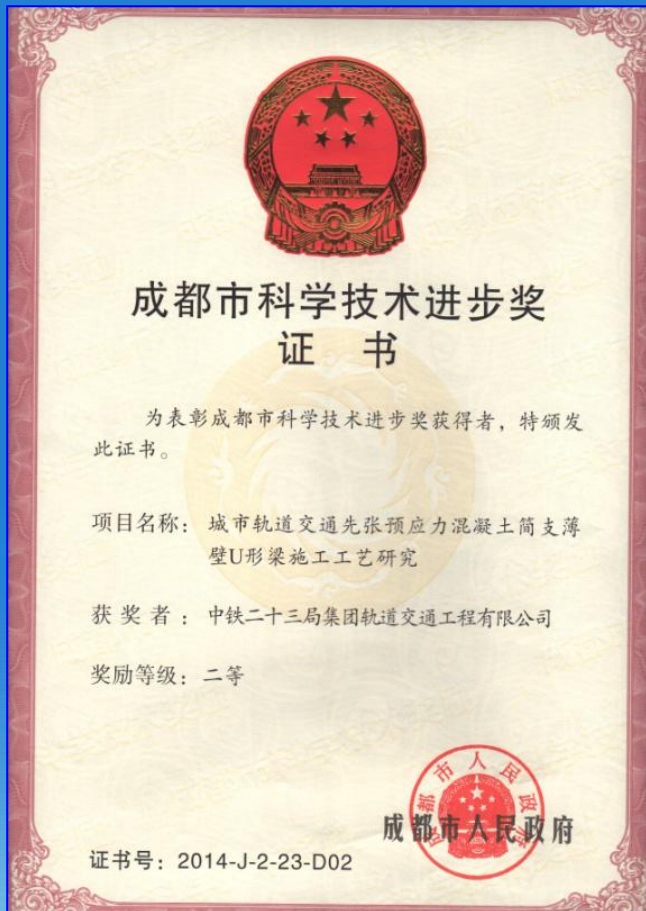
上海市市政工程奖





Metro Trans

科学技术进步奖





Metro Trans

谢谢！
THANKS !

