

珠江上的彩虹
GUANGZHOU XINGUANG BRIDGE

广州新光大桥

李跃 张健峰 卢汝生 罗甲生 等编著



人民交通出版社
China Communications Press

珠江上的彩虹

广州新光大桥

李跃 张健峰 卢汝生 罗甲生等 / 编著
郑皆连 / 主审



人民交通出版社

内 容 提 要

广州新光大桥是三跨“飞雁式”中承连续刚构钢箱桁系杆拱桥,跨越珠江沥滘水道(主航道),主跨跨度达428m,全长1 083.2m,是一座三跨钢桁拱与钢筋混凝土三角刚架结合的组合体系桥。新光大桥2007年1月建成时主跨跨径位列拱桥跨径全国第三,居世界第六位。大桥开创性地采用了大跨径拱桥主拱大节段整体垂直提升施工技术。

本书从独特的视角,以图文并茂的形式介绍了广州新光大桥方案设计的演变、施工图设计的特点、主要施工方法及业主对项目的管理,同时介绍了大桥的科研成果、施工监控、静动载试验情况等。本书通过大量珍贵照片直接、真实、生动地再现了大桥的建设过程,可供广大桥梁设计、施工、科研、工程建设管理人员和大、专院校学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

珠江上的彩虹——广州新光大桥/李跃等编著. —北京:
人民交通出版社, 2009.5

ISBN 978-7-114-07527-8

I. 广… II. 李… III. 公路桥: 拱桥—桥梁工程—广州市
IV. U448.14

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第205279号

书 名: 珠江上的彩虹——广州新光大桥

著 作 者: 李 跃 张健峰 卢汝生 罗甲生等

责任编辑: 张征宇 赵瑞琴

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市凯鑫彩色印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 22

字 数: 629千字

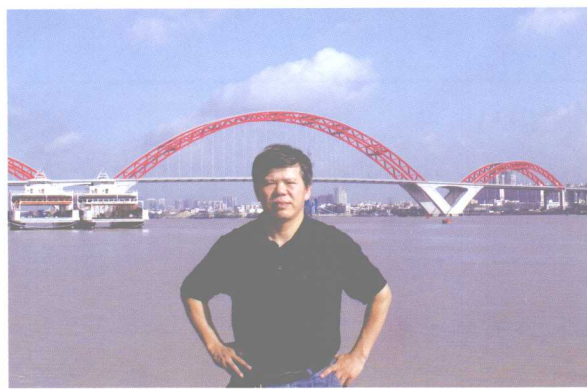
版 次: 2009年5月第1版

印 次: 2009年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07527-8

定 价: 280.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



李跃（新光大桥指挥长助理）



张健峰（新光大桥常务副指挥长、总工程师）



卢汝生（新光快速路有限公司首任董事长）



罗甲生（新光大桥指挥长）



郭欣（新光大桥指挥部高级工程师）

编写人员：李 跃 张健峰 卢汝生
罗甲生 郭 欣 张志田
主 审：郑皆连

广州新光大桥为三跨连续刚架钢箱桁系杆拱桥，跨越珠江主航道，主桥跨径组合 177m+428m+177m。桥面以下的钢筋混凝土箱型拱肋又与预应力混凝土系梁组成三角刚架，既减少了结构用钢量，降低了工程造价，又提高了结构整体刚度及抗船撞能力，巧妙地处理好了大跨与小跨结构的平衡，在相邻拱跨径悬殊情况下，仍能保持三角刚架及桥墩基础受力良好，结构体系新颖、传力流畅。对钢—混凝土连接及复杂节点，通过模型试验进行了深入研究验证，确保了结构施工及营运全过程的安全。

本工程最大创新是钢拱桁的安装，对处于浅水区的两边跨，采用低架拼装拱桁，原位整孔提升，对处于繁忙通航的主孔采用大节段异地拼装，船运就位水上提升，尤其是主孔中段尺寸达 $172\text{m} \times 30.1\text{m} \times 27.48\text{m}$ ，重量 2 850t。在珠江只能停航 3 天的条件下，从陆域滑移上船，在提升架间狭窄水域浮运定位，集中控制 30 多台各种工作姿态的千斤顶，连续提升 85m，实现无应力合龙，其提升构件尺寸、重量、高度居世界同类桥梁首位。另外，在大型钢筋混凝土斜腿悬臂施工，单层钢板桩围堰不用水下混凝土封底，实现干燥条件下施工桥墩混凝土承台等方面都有许多创造。

本书作者是大桥指挥部领导成员，经历了大桥建设的全过程，

研究了大桥建设的每一个重大决策，组织审查了每一项重大方案，跟踪了其结果，掌握了珍贵的第一手资料。在成功地组织参建各方完成了大桥建设后，强烈的事业心又驱使他们用了几年的时间完成了这本书的编写。本书客观地反映了大桥设计、施工、科研、监控、监理、业主管理的过程、取得的成果及经验，也不回避偶尔出现的曲折。本书文字简洁流畅，结论有大量计算数据、观测数据、科学实验作支撑，并配了许多珍贵的照片，阅读性强。这是一本难得的好书，特向桥梁工程从业者推荐。

中国工程院院士

郑智达

2008年9月2日



新光大桥是一座三跨“飞雁式”中承式连续刚构钢箱桁系杆拱桥。经过3年的建设，大桥已于2007年1月正式通车。建成时主跨跨径位列拱桥跨径全国第三，居世界第六位，拱桥建造技术达到了世界先进水平。

如今，每当我们看到川流不息的车流驶过三大拱组成的大桥，不禁心潮起伏。因为我们曾经与上千名大桥建设者一起参加了大桥的建设，在建桥工地度过了无数个难忘的日日夜夜，洒下了无数的汗水。

在大桥的建设过程中，设计、科研和管理人员进行了大量的设计、研究工作，经历了无数个不眠的夜晚，取得了丰硕的科研、设计成果。建桥人员历经种种困难，充分发挥了我国桥梁建设者的聪明才智，以自己的辛勤劳动和汗水为广州人民建设了又一跨江大桥，有力地促进了广州市的经济建设，留下了许多值得记载的事迹和珍贵的技术资料。

新光大桥桥型新颖、规模大、技术复杂，施工难度高，在设计、施工、管理模式等方面都有值得认真总结之处。早在大桥修建中期，公司曾经有过总结出书的计划，亦曾不止一次地开会研究做过布置。但由于工程建设任务繁重，大桥指挥部的几位主要人员工作都非常繁忙，无法静下心来，加上其他种种原因，计划一直未能付诸实施。时至今日大桥已建成近两年，广州新光快速路有限公司的人员也已几经变动，原定的通过公司组织实施的总结出书计划打了很大的折扣，仅仅内部出版了一小本论文集，无法比较深入、详细地介绍新光大桥更多的精彩画面。

本书的作者中有4人是当年新光大桥工程建设指挥部的主要成员。罗甲生是广州新光快速路有限公司的总经理兼新光大桥建设工程指挥部指挥长，张健峰教授级高工是新光大桥建设工程指挥部常务副指挥长兼总工程师，李跃高级工程师是指挥部助理，郭欣是指挥部高级工程师。我们都在大桥工程建设第一线的重要岗位上亲身经历了大桥建设的全过程，感触良多。基于工作需要，我们研究了大桥建设的每一个重大决策、审查了每一项重大方案，跟踪了其结果，掌握了珍贵的第一手资料。

新光大桥在修建过程中，在设计、施工、管理诸方面的创新、经验，是广大建桥人员共同创造的。我们有义不容辞的责任通过文字加以记录与总结，作为可贵的技术和精神财富保留下来。

对个人而言，一生要做成几件有意义的事并不容易。我们能遇到参与建设新光大桥这样的机会更是千载难逢。作为自己职业生涯中一段辉煌而难忘的经历，也应该写下一篇弥足珍贵的篇章。

因此，我们深深感到，无论于公于私，我们都有责任为总结新光大桥建设经验尽一份力量。

几年来，从策划、收集资料到动笔，作者所面临和要克服的困难是事先难以想象的。4人中的第一、第二作者于大桥竣工后已离开广州新光快速路有限公司，分赴番禺、武汉参加新的大型建设项目。前期资料的收集、梳理、印证，文稿的编写、打印、排版、校对均需要作者在繁忙的工作之余亲自动手完成。因此，在本书的内容选取上不可能非常系统而全面。我们只能选取最能代表和说明本桥特点的几个部分加以总结和阐述，而限于客观条件无法掌握（或无法准确掌握）和搜索到的资料只能忍痛割爱。

尽管如此，我们还是倾尽全力将我们认为有价值的资料汇集成册，应该讲还是比较清楚地反映了大桥建设的主要方面，特别是第三章大桥施工及第四章工程实施阶段业主管理部分。前者包含了大桥主拱垂直提升的全过程描述，其中的绝大部分现场照片是几位作者亲自拍摄、长期积累的结果。第四章是我们在大桥工程建设指挥部三年工作的心得总结，我们希望这些经验、教训对于桥梁界同行多少有一点借鉴作用。

本书编写分工如下：

李跃编写第一、二、三、四章，并对全书各章加工，完成第一稿；张健峰编写第一、二、三、四章，并对全书第一稿加工，完成第二稿；卢汝生、罗甲生编写第四章（部分）及第五、六章；郭欣编写第四章（部分）、第七章、附录，拍摄、整理了全书部分照片；张志田（特约）编写第八章。

本书审稿人郑皆连院士作为新光大桥业主专家组组长，自始至终都十分关心大桥的建设，在百忙之中抽时间多次主持了新光大桥设计、施工方案专家评审会，为新光大桥建设花费了许多心血，给我们提出了宝贵的建议，对本书的编写也提出了重要的修改建议。

另外特别要提及的是，在大桥方案设计和施工前期担任广州市新光快速路有限公司董事长的卢汝生同志大桥桥型的选取、设计—施工总承包工程管理模式运用、大桥建设资金的筹措、推动工程的进展倾注了大量的心血。可以说如果没有卢汝生同志的努力，大桥建设不会有那么顺利。

我们愿以此书奉献给所有参与和关心新光大桥建设的人们，作为对在南国那骄阳似火的日子里大家付出的辛勤汗水和心血的永远纪念。作为新光大桥建设的历史资料，此书也值得桥梁工程建设管理人员参考。

编著者

2008年7月24日

目 录

Mulu

第一章 概况	1	第四章 工程实施阶段业主管理	128
第一节 桥位自然地理概况	6	第一节 业主的组织管理	128
第二节 桥位工程地质与水文条件	7	第二节 管理目标	131
第三节 新光大桥的设计标准及专业 技术指标	10	第三节 工程管理模式	134
第四节 参建单位	10	第四节 抓住工程建设的主要矛盾	134
第五节 全桥主要工程数量清单	11	第五节 建立完善的质保与安全 体系	135
第二章 工程设计	13	第六节 业主的质量管理工作	135
第一节 初步方案设计	13	第七节 进度管理工作	142
第二节 初步设计阶段	17	第八节 投资管理	151
第三节 施工图设计阶段	18	第九节 业主对监理的管理	152
第三章 大桥施工	35	第十节 安全及文明施工管理	154
第一节 桩基础施工	37	第十一节 经验、教训与体会	159
第二节 主墩承台钢板桩围堰施工	40	第五章 材料及工程质量检测	166
第三节 主墩承台及拱座施工	46	第一节 检测项目概况	166
第四节 主墩三角刚架施工	52	第二节 基础部位质量检测情况	167
第五节 其他墩台施工	61	第三节 全桥材料抽样试验情况	168
第六节 主桥钢结构制造	63	第四节 全桥混凝土构件抗压强度控制 概况	170
第七节 基于实时控制网络的拱肋 液压同步提升系统	78	第五节 钢结构安装质量检验实况	170
第八节 边跨拱肋的组拼及整体提升	85	第六章 施工监控	172
第九节 主跨主拱肋边段组拼、上船、 浮运、提升架设	95	第一节 第三方监控	172
第十节 新光大桥主跨主拱中段大段 整体提升架设	102	第二节 5、6号桥墩承台钢板桩围堰 监测	204
第十一节 桥面系施工	123	第三节 5、6号墩承台大体积混凝土 施工温度监控	209
第十二节 引桥上部结构及桥面系 施工	125	第四节 承包商委托的施工监控	211

第七章 静动荷载试验	214	第三节 三角刚架局部应力研究	254
第一节 概述	214	第四节 主拱钢—混过渡段连接节点研究	261
第二节 动载试验内容与方法	223	第五节 边拱肋与预应力混凝土系杆过渡区研究	266
第三节 边拱试验结果	224	第六节 新光大桥施工及成桥抗风研究	276
第四节 主拱试验结果	236	第七节 大桥地震响应仿真分析	291
第五节 北岸三角刚架静载试验结果	244	附录 记录历史 凝固的瞬间	320
第六节 静、动载试验结果总结	246	后记	338
第八章 科学研究	250	参考文献	340
第一节 科研综述	250		
第二节 主桥空间结构分析	251		



第一章

概 况

Gaikuang

随着广州市经济建设的发展,老城区受土地面积的严重制约,面临着向周边拓展的需要,新光大桥正是为了保证广州市的南拓规划而实施的广州新光快速路上的一个重大项目。

新光大桥跨越珠江沥滘水道(主航道),按城市快速路标准进行设计,主跨跨径达 428m,全桥长 1 083.2m,主桥为 177m+428m+177m 的三跨“飞雁式”中承连续刚构钢箱桁系杆拱桥。大桥 2007 年 1 月建成时主跨跨径仅次于上海卢浦大桥及重庆巫山大桥,位列拱桥跨度全国第三,居世界第六位。新光大桥是一座个性鲜明、气势磅礴、时代气息强烈的大桥。她在三跨连续拱桥的结构体系方面有所创新,“三跨连续刚构钢拱桥”设计已申请国家发明专利,新光大桥是继广州丫髻沙大桥、上海卢浦大桥之后国内拱桥建设的又一座特大型拱桥,在我国桥梁史上占据了一席之地。

新光大桥主桥主跨为柔性系杆的系杆拱,两端与三角刚架主墩固结,主跨桥面系采用钢纵横梁与混凝土面板组合结构;边跨拱肋与预应力混凝土刚性系杆组成系杆拱,边跨桥面系采用预应力混凝土纵横梁结构。大桥按六车道设计,主桥宽度:净 $2 \times 12\text{m}$ 车行道,净 $2 \times 3\text{m}$ 人行道,主桥全宽 37.62m,设计荷载为汽车—超 20 级,挂车—120 级,人群荷载 4.0kN/m^2 ,通航净高大于 34m。

新光大桥桥型新颖,规模宏大、技术复杂,施工难度大。主拱施工在我国首次采用了低位拼装、大节段整体浮运、液压整体垂直提升技术。其中,168m 长、重量 2 850t 的主拱中段整体提升 85.6m 的高度,56h 内一次提升到位,双接头合龙,在拱肋的大段垂直整体提升及合龙思路等方面具有重大创新和突破,创特大型拱桥施工拱肋大节段整体提升规模(提升重量 $\times$ 提升高度)的世界纪录,总结出了一整套特大跨度拱桥拱肋组拼、上船、浮运、垂直提升技术,形成了完整的新工法,已申请发明专利。

大桥每个三角刚架主墩由两片三角刚架组成,单个主墩的混凝土用量为 $5\,700\text{m}^3$ 。分别采用了支架加对拉拉杆及劲性骨架加对拉拉杆的施工方法施工两岸的三角刚架,实施规模及难度居国内第一。

科研方面开展的“三跨连续刚构钢桁拱桥关键技术”科研课题被建设部列为 2005 年科技开发项目。全桥完成了抗震、抗风科研等多个子课题,关键的钢—混结合节点的处理均经过了科研试验验证,进行了拱肋钢结构与三角刚架连接处的模型试验和大尺寸三角刚架主墩的模型试验。

新光大桥由广州市新光快速路有限公司投资建设,四川省交通厅公路规划勘察设计研究院完成方案设计和初步设计,贵州省桥梁工程总公司—铁道专业设计院联合体、以施工图设计—施工总承包的方式承建主体工程,中铁山桥集团有限公司完成钢结构制造分包,四川铁科建设监理公司承担了施工监理任务。



图1-1 腾飞在珠江上的大雁（摄于2006年11月30日，通车前）

广州新光大桥历经 36 个月建设，于 2007 年 1 月 20 日正式通车。全桥桥面总面积约 $33\,600\text{m}^2$ ，共浇筑混凝土 10 万余立方米，钢筋、钢绞线用量达 1.5 万吨，主桥钢结构总用量约为 $13\,850\text{t}$ 。临时结构钢材用量约 1.5 万吨。大桥主体工程造价约 4.5 亿元。大桥雄姿如图 1-1～图 1-8 所示。



图1-2 红桥、绿地、碧水与蓝天
（摄于2006年11月30日，通车前）



图1-3 冬日晴朗的天空和宁静的珠江水流陪伴着新光大桥
(摄于2007年11月29日)

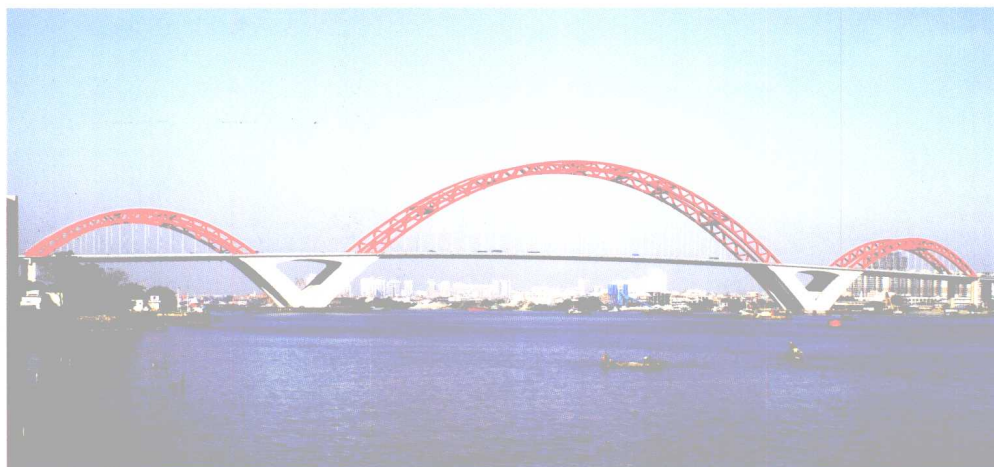


图1-4 夏日的骄阳、蓝天里变幻莫测的白云和匆匆流水给新光大桥添加了火一样的激情 (摄于2008年7月5日)



图1-5 冬日夕阳下的新光大桥（摄于2007年11月28日）

图1-6 夏日夕阳下的新光大桥（摄于2008年8月9日）





图1-7 流光溢彩的新光大桥及美丽的夜景（摄于2007年11月28日）

图1-8 新光大桥即将通车前（摄于2007年1月5日）



新光大桥的建设管理采用了施工图设计—施工总承包的管理模式,引入了多重设计审查制度,积极采用新技术,重视完善安全管理,充分利用社会专家资源,采用了多种行之有效的现代工程项目管理方法、工具,有效地实施了管理,降低了工程成本,明显缩短了工期,保证了优良的工程质量,整个建设期3年时间未发生任何重伤、死亡工伤事故,安全生产取得了好成绩。该桥荣获了广东省优秀市政工程奖。

第一节 桥位自然地理概况

新光快速路一期工程起于广州市海珠区新岗东路与石榴岗路交叉处,终点位于番禺区市桥镇光明北路的北桥头,全长约15 412m,线位兼顾原海珠区规划的江海大道及番禺区规划的番禺大道线位,同时考虑作为地铁三号线配套设施。新光大桥为新光快速路上跨越珠江主航道的一座桥梁,本桥上游2 500m处有洛溪大桥,下游1 500m处有番禺大桥。珠江北岸桥位附近布满了码头、混凝土搅拌站、船厂、民居,同时受路线东面南洲自来水厂、西面河涌入江口限制,桥位的选择范围很小。南岸则

为大片农田,但路线东面规划有地铁车辆段,选择性稍大。大桥地理位置如图1-9~图1-13所示。桥址夏季炎热,冬季温和,平均气温 $>20^{\circ}\text{C}$ 的月份长达8个月,历年年平均气温 21.8°C ,月平均最高气温 28.3°C ,月平均最低气温 13.4°C ,极端最高气温 38.7°C ,极端最低气温 0°C 。年平均降水量1 702.5mm,年最大降水量2 516.7mm,年最小降水量1 158.5mm。常风向N,出现频率16%。次常风向SE,出现频率10%。强风向NE,最大风速22m/s,瞬时极大风速达35.4m/s。多年月平均相对湿度变化不大,秋冬季节稍干燥,月平均相对湿度在68%~72%之间。



图1-9 新光大桥地理位置

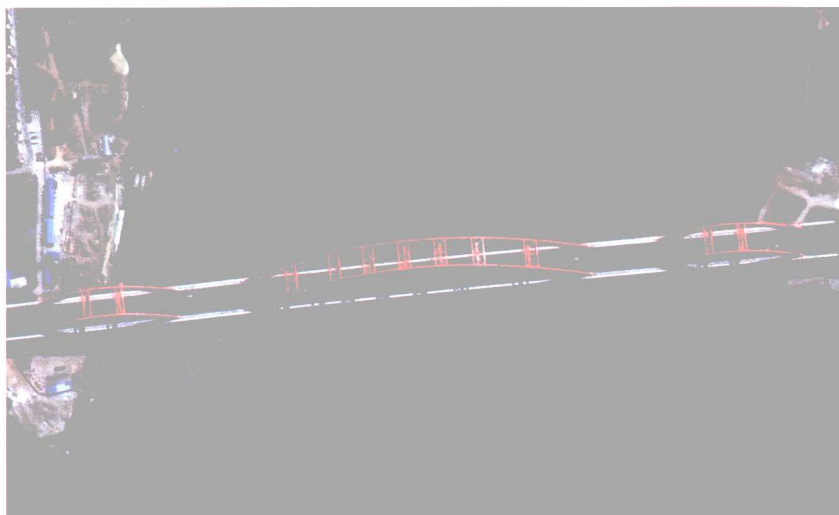


图1-10 新光大桥卫星鸟瞰图



图1-11 新光大桥桥位全景原始照片



图1-12 南岸桥址原始地貌



图1-13 北岸桥址原始河岸

第二节 桥位工程地质与水文条件

根据钻探资料,场地的岩土层按其成因分类主要有:第四系人工填土层、耕植层(Q4ml)、第四系全新统海陆交互相沉积层(Q4mc)、第四系全新统一上更新统冲积层(Q3—Q4al)、残积层(Qel)及白垩系下统白鹤洞组猴岗段(K1bl)基岩。新光大桥工程场地的地面脉动卓越周期为0.31~0.38s。场地的建筑场地类别为II类,基本烈度为VII度。场地的饱和砂土层、细砂层在VII度地震作用下,可能会出现砂土液化现象。

桥址区位于珠江三角洲河网区,地势开阔低平,桥址场区的岩层裂隙较发育。场地地下水主要为孔隙水,主要赋存和运移于第四系的淤泥质粉砂层(②3层)和冲积砂层(③1、③3、③4层)中。场区冲积砂层分布较广,厚度大,透水性良好,含丰富的地下水,接受大气降水和周边河流及地表水体的渗入补给,地下水稳定水位埋深一般为0.00~3.00m。

珠江水位主要受西、北江洪水和潮汐的影响,据浮标厂水文站近51年的潮位统计资料,最高潮水位为1998年的7.53m,高潮平均潮位5.78m,低潮平均潮位4.40m。

新光大桥布设了2个工程地震钻孔,场地的地震钻孔未发现断裂构造发育。近场区的广州—从化断裂带、瘦狗岭断裂带、广州—三水断裂带、白坭—沙湾断裂带以及狮子洋断裂带,历史上沿断裂带曾发生过多地破坏性地震或有感地震,在未来仍存在发生中强地震的可能性,但断裂带均距该工程较远,不会造成直接的影响。具有代表性的大桥5号、6号主墩的地质钻孔布置图,如图1-14,柱状图,如图1-15、图1-16所示。

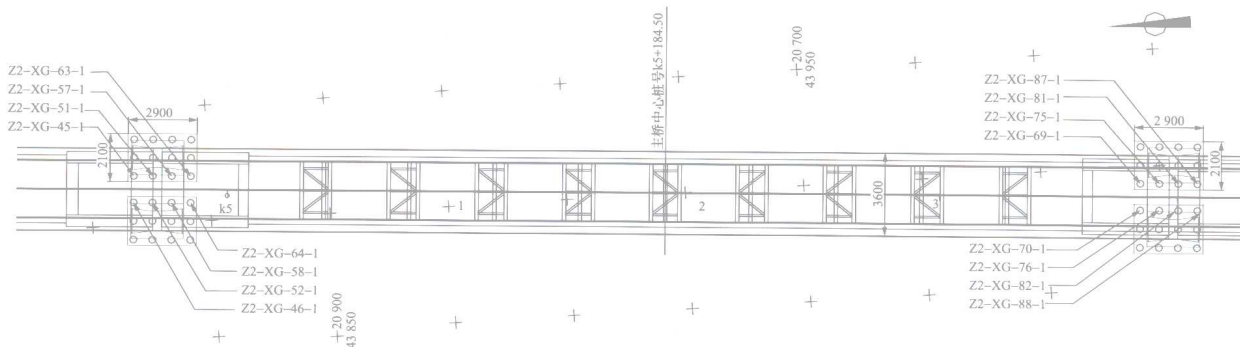


图1-14 新光大桥5号、6号主墩地质钻孔布置图(图中基础布置为方案设计图,与施工图略有不同)