

铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材

QIAOSUIGONG

桥隧工



主编 边育生



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材

桥 隧 工

主 编 边育生

西南交通大学出版社

内 容 简 介

本书共分为十六章。第一章桥隧建筑物一般知识；第二章桥隧建筑物常用建筑材料；第三章桥隧建筑物基本组成；第四章桥隧检查；第五章桥隧建筑物常见病害检查；第六章安全知识；第七章桥隧作业维修；第八章桥隧作业机械；第九章测量的基本知识；第十章制图的基本知识；第十一章力的基础知识；第十二章桥梁检测；第十三章桥涵顶进；第十四章时速200 km 既有线提速桥涵设备维修；第十五章吊装作业；第十六章防洪抢险。

本书为铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材，主要用于桥隧工技师、高级技师技能培训，也可作为高级工岗位技能培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

桥隧工 / 边育生主编. —成都: 西南交通大学出版社,
2009.5

(铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材)

ISBN 978-7-5643-0210-8

I. 桥… II. 边… III. ①铁路桥—桥梁工程—职业技能
鉴定—教材②铁路隧道—隧道工程—职业技能鉴定—教
材 IV. U448.13 U459.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 027789 号

铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材

桥 隧 工

主 编 边育生

*

责任编辑 李 涛

特邀编辑 唐 飞

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 29.5

字数: 709 千字 印数: 1—4 000 册

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0210-8

定价: 58.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

教材编审委员会

主 任 阎 平

副主任 米志刚 彭 飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

于治学	王 玲	王军现	王秉春
王闽南	边育生	邓恩书	刘平平
刘志翔	刘金波	刘宝春	刘景明
安伟玲	成跃利	朱殿萍	许绍兴
许秀杰	宋金瑛	张小霜	张宏博
李 冬	李 捷	李占武	李石岩
李健全	李振华	李盛春	陈建辉
周 伟	姚 东	赵风云	赵寅辉
郝志义	钟 彤	高 航	夏耀宗
班大华	顾 杰	徐海洋	崔永侠
薛建忠	戴新来		

前 言

在现代企业中，高技能人才是提高企业核心竞争力、推动企业技术创新和科技成果转化的中坚力量。2003 年全国人才工作会议以来，高技能人才成长的宏观环境有了显著改善，“四个不唯”（不唯学历、不唯职称、不唯资历、不唯身份）的新人才观和重工作业绩及实践能力的选人用人标准得以确立，从而为高技能人才的成长疏通了道路。

目前，中国铁路建设迎来了发展的大好时机，按照铁道部和谐铁路建设的总体部署，加快推进铁路现代化建设，铁路企业更是迫切需要培养一支高水平、高技能的人才队伍。由此，铁道部制定了《铁路高技能人才工作实施办法》，为铁路高技能人才的培养、使用、培训指出了明确的方向。

为了加快铁路高技能人才的培养，认真落实铁道部《关于进一步加强铁路高技能人才工作实施意见》的精神，在北京铁路局的大力支持下，由北京铁路工人技师协会牵头，会同北京局各业务部门，组织了机、车、工、电、辆等方面的技术人员、技师、高级技师，针对生产现场的需要，根据人力资源和社会保障部颁布的国家职业标准，编纂了《铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材》。该系列教材涉及 54 个铁路特有工种及相关通用工种，全套教材共计 55 册。这是一套汇集了铁路运输各系统、各工种培训工作精华，集理论研讨、工作实践和事例分析于一体的系列工作丛书，该丛书必将对构建学习型企业、加强高技能人才队伍建设起到积极的推动作用。

由北京铁路局和北京铁路工人技师协会组织策划、西南交通大学出版社出版的这套丛书，与《铁路职业技能鉴定参考丛书》相辅相成，适用于铁路行业技师、高级技师考评和职业技能鉴定的培训，也能满足广大职工进一步学习铁路职业技能知识、提高职业技能水平的需要。衷心希望广大职工能够学好、用好这套教材，为铁路现代化建设做出新的更大贡献。

《桥隧工》是该套丛书中的一册，主要介绍了桥隧工所必须掌握的相关知识。

本书由边育生任主编，成跃利、刘金波、薛建忠任副主编。参加编写的还有：夏耀宗、王月波、彭兴江、冯德军、徐亚平。高航、王玲、徐海洋、陈建辉、夏耀宗等对全书进行了审阅。

本书难免存在疏漏与不足，敬请广大读者批评指正。

北京铁路工人技师协会
2009 年 2 月

目 录

第一章 桥隧建筑物一般知识	1
第一节 桥隧建筑物的组成与分类	1
第二节 限 界	5
第三节 荷 载	8
第二章 桥隧建筑物常用建筑材料	10
第一节 木 材	10
第二节 石 料	11
第三节 水 泥	12
第四节 砂 浆	16
第五节 钢 筋	18
第六节 混凝土	32
第七节 钢筋混凝土冬期施工	53
第三章 桥隧建筑物基本组成	57
第一节 桥 面	57
第二节 桥跨结构	63
第三节 支 座	67
第四节 墩台及基础的构造	71
第五节 桥梁的附属设备	72
第六节 涵 洞	75
第七节 防水层	76
第八节 隧 道	77
第九节 轨道几何尺寸	80
第四章 桥隧检查	83
第一节 检查制度	83
第二节 大维修验收标准	83
第三节 铁路桥隧建筑物状态评定标准	99
第四节 经常保养	111
第五章 桥隧建筑物常见病害检查	115
第一节 桥面检查	115

第二节	钢结构检查与处理	116
第三节	圯工梁拱裂纹检查	122
第四节	墩台及支座的常见病害检查	124
第五节	涵渠病害检查	126
第六节	隧道病害检查	127
第六章	安全知识	138
第一节	施工安全及防护	138
第二节	材料装卸及堆放	147
第三节	人身安全	149
第四节	电气化及自动闭塞区段作业安全	152
第五节	安全用电常识	152
第七章	桥隧维修作业	155
第一节	桥面维修作业	155
第二节	桥跨作业	166
第三节	圯工梁拱及墩台作业	170
第四节	钢结构涂装维修	185
第五节	钢结构病害处理	195
第六节	支座保养与病害整治	202
第七节	换 梁	204
第八节	隧道、涵渠作业	215
第八章	桥隧作业机械	258
第一节	机械基础	258
第二节	电 动 机	264
第三节	空气压缩机	267
第四节	其他常用机械设备	270
第九章	测量的基本知识	276
第一节	水准测量	276
第二节	角度测量	281
第三节	桥梁墩台位置测定	284
第十章	制图的基本知识	287
第一节	投影知识	287
第二节	制图工具	289
第三节	制图的基本程序及注意事项	297
第四节	基本制图标准	298
第五节	字 体	300

第十一章	力的基础知识	301
第一节	力的概念	301
第二节	构件的变形及强度	308
第十二章	桥梁检测	317
第一节	梁跨挠度测量	317
第二节	梁墩振动测试	322
第三节	水文观测	325
第十三章	桥涵顶进	336
第一节	顶进前的工作	337
第二节	机具设备及安装	368
第三节	顶进组织及工艺	380
第四节	各种顶进法	388
第十四章	时速 200 km 既有线提速桥涵设备维修	424
第十五章	吊装作业	435
第一节	常用吊装机具的用途、性能与使用方法	435
第二节	吊装作业的基本方法	450
第十六章	防洪抢险	456
参考文献		461

第一章 桥隧建筑物一般知识

第一节 桥隧建筑物的组成与分类

桥隧建筑物是桥梁、隧道、涵洞、明渠、天桥、地道、跨线桥、调节河流建筑物等的总称。

一、桥梁的组成与分类

(一) 桥梁的组成

桥梁由上部结构、下部结构、防护设备及调节河流建筑物组成（见图 1.1）。

上部结构：桥面、桥跨结构（梁拱）、支座。

下部结构：桥墩、桥台及基础。

防护设备及调节河流建筑物：护锥、护岸、护基、护底、导流堤、丁坝、梨形堤等。

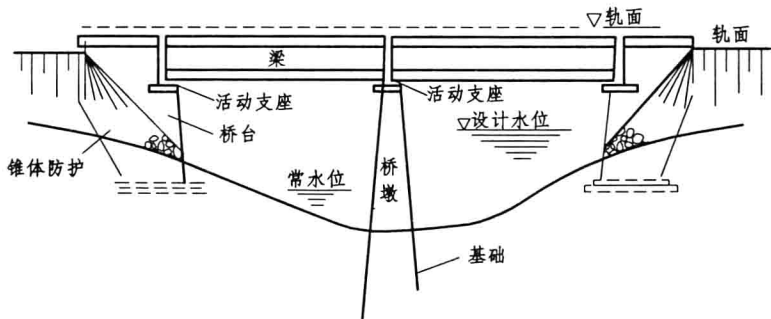


图 1.1 桥梁结构图

(二) 桥梁的分类

1. 按桥梁长度分类

- (1) 特大桥：桥长 500 m 以上。
- (2) 大桥：桥长 100 m 以上至 500 m。
- (3) 中桥：桥长 20 m 以上至 100 m。
- (4) 小桥：桥长 20 m 及以下。

2. 按梁拱材料分类

- (1) 钢桥：梁拱材料为钢材。
- (2) 圬工桥：梁拱材料为石、砖、混凝土等圬工材料。
- (3) 混合桥：梁拱材料有两种及两种以上。
- (4) 木桥：梁拱材料为木材。

3. 按桥面位置分类

- (1) 上承式桥：桥面位于桥跨的顶部 [见图 1.2(a)]。
- (2) 中承式桥：桥面位于桥跨的中部 [见图 1.2(b)]。

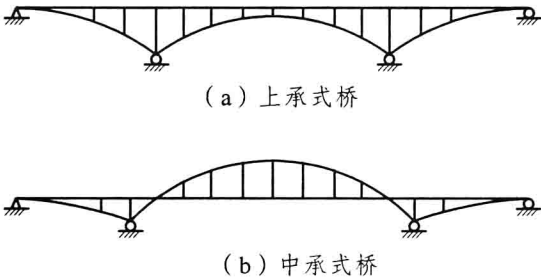


图 1.2 上承式、中承式桥

- (3) 下承式桥：桥面位于两主梁（桁架或板梁）或两拱肋之间。

下承式桥又分为穿式桥和半穿式桥。桥面上方有横向联结系者称为穿式桥 [见图 1.3(a)]，桥面上方无横向联结系者称为半穿式桥 [见图 1.3(b)]。

4. 按桥跨结构承受荷载的特征分类

- (1) 梁桥：桥跨结构通过仅能传递垂直反力和水平反力的支座支承在墩台上，分为简支梁桥、连续梁桥、悬臂梁桥三种。

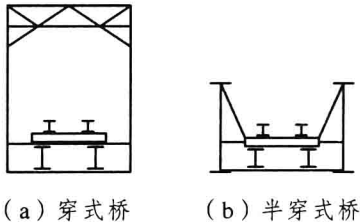


图 1.3 下承式桥

- (2) 拱桥：桥跨结构为拱。拱桥又可按结构形式不同分为无铰拱、双铰拱、三铰拱；按有无外推力分为推力拱、无推力拱。
- (3) 刚构桥：墩台（支柱）与桥跨连成刚性整体结构。
- (4) 箱形桥（或称框构桥）：桥跨为闭合刚性结构。
- (5) 悬索桥：桥跨结构的承载部分主要由柔性的链或悬索构成。
- (6) 斜拉桥：斜拉索在垂直荷载下承受拉力并传至高出桥面的塔柱上。
- (7) 综合体系桥：桥跨同时由几个体系特征结构相互联系结合而成，如结合梁等。

(三) 桥梁各部位尺寸的规定（见图 1.4）

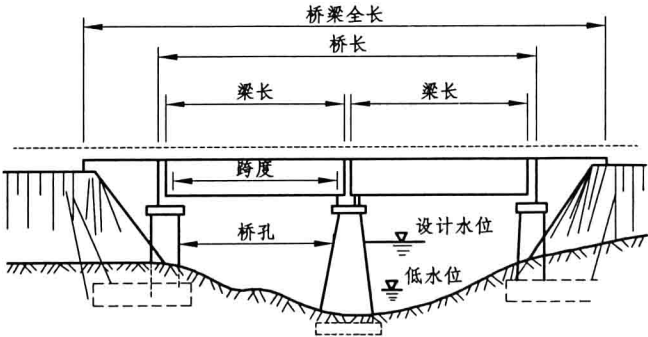


图 1.4 桥梁各部位尺寸示意图

1. 跨 度

(1) 简支梁、连续梁、悬臂梁、斜拉桥、悬索桥和双铰拱的跨度为各孔两端支座中心之间的距离。

(2) 无铰拱桥、刚构桥和箱形梁的跨度为其净孔。

2. 梁的全长（梁长）

(1) 钢桁梁为沿纵梁（下承）或上弦（上承）的全梁长度。

(2) 板梁、工字钢梁为上边的长度。

(3) 圬工梁为两端外边至外边的长度。

(4) 连续梁为相连各孔的总长。

(5) 悬臂梁为锚固跨加悬臂的总长。

(6) 轨束梁或工字钢束梁各为轨束或工字钢束的实际长度。

3. 梁的净跨度（净孔）

梁的净跨度是指沿计算水位量出的相邻墩台边缘之间的距离。

4. 桥梁长度（桥长）

(1) 梁桥是指桥台挡砟前墙之间的长度。

(2) 拱桥是指拱上侧墙与桥台侧墙间两伸缩缝外端之间的长度。

(3) 刚架桥（或框构桥）是指刚架（或框构）顺跨度方向外侧间的长度。

5. 桥梁全长

桥梁全长是指两桥台边墙外端（包括托盘及基础）间的距离，两边墙不相等时以短边计；曲线桥的桥梁全长为中心线上墩台之间各段折线之和。

6. 桥孔总长

桥孔总长是指桥梁排水宽度，即桥梁各孔净跨度的总和。斜桥为各两墩（台）间垂直距离之和；拱桥为各孔起拱线处净长之和。当锥体填土突出桥台之外时，则改沿计算水位与低水位之间的中线来量度。

7. 桥梁高度

桥梁高度是指桥面的轨底至河床最低点的距离。

8. 桥下净空高度

桥下净空高度是指桥跨结构的底部到计算水位（通航河流则为计算航行水位）的距离；跨线桥的桥下净空高度为桥跨结构底部至其下铁路线路轨顶或公路路面的高度。

9. 温度跨度

温度跨度是指梁跨受温度影响而伸长或缩短的区段长度（见图 1.5）。

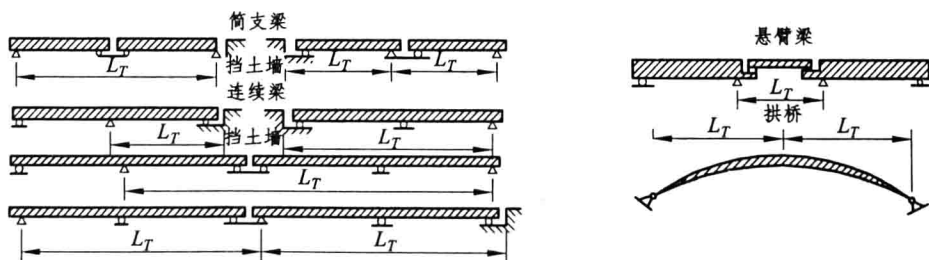


图 1.5 温度跨度

L_T ——温度跨度

二、隧道的组成与分类

1. 隧道的组成

隧道的组成包括主体建筑物和附属设备两部分。主体建筑物由洞身和洞门组成；附属设备包括避车洞和防排水设施，长大隧道还有专门的通风及照明设备。

2. 隧道的分类

隧道按长度不同分为以下几种：

- (1) 特长隧道：全长 10 000 m 以上。
- (2) 长隧道：全长 3 000 m 以上至 10 000 m。
- (3) 中隧道：全长 500 m 以上至 3 000 m。
- (4) 短隧道：全长 500 m 及以下。

注：隧道长度是指进出口洞门端墙墙面之间的距离，即以端墙面与内轨顶面的交线同线路中线的交点计算。计算时，双线隧道以下行线为准；位于车站上的隧道以正线为准。

三、涵渠的组成与分类

涵洞、明渠、渡槽、倒虹吸管统称为涵渠。

涵洞由洞身、基础、进出口建筑物（即端墙、翼墙等）以及附属设备组成（见图 1.6）。

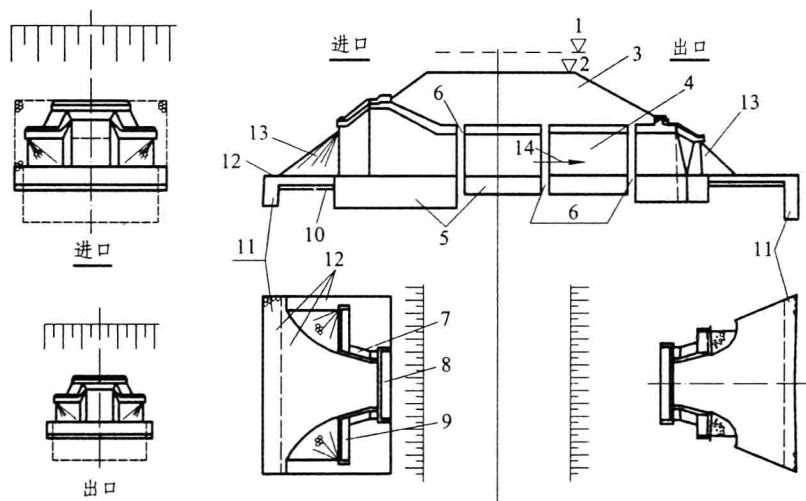


图 1.6 涵洞的组成部分

- 1—轨底；2—路肩；3—路堤；4—洞身；5—基础；6—沉降缝；7—翼墙；8—端墙；9—一字墙；
10—碎石垫层；11—垂裙；12—沟床铺砌；13—锥体护坡；14—流向

(一) 涵洞的分类

- (1) 按结构形式分：拱涵、圆涵、框构涵、盖板箱涵等。
- (2) 按水力特性分：有压涵、无压涵。
- (3) 按孔数分：单孔、双孔、多孔等。

(二) 涵洞有关尺寸的规定

1. 涵洞的净孔

- (1) 拱涵为起拱线间的水平距离。

- (2) 框构涵为涵内水平距离。
- (3) 圆涵为内径（卵形或扁圆形的为水平方向最大距离）。
- (4) 盖板箱涵为墩台间净距。

2. 涵洞的全长

- (1) 涵洞的全长即涵洞的轴长，包括端墙在内。
- (2) 框构涵和盖板箱涵的全长为边墙间横向宽度，以长边计。
- (3) 各式涵洞的最大长度应视其净高（或内径） h 而定：

① $h=1.0$ m，长度不宜超过 15 m。

② $h=1.25$ m，长度不宜超过 25 m。

③ $h\geq 1.5$ m，长度不受限制。

④ 当采用 0.75 m 孔径用于无淤积地区的灌溉涵，长度不宜超过 10 m；当 $h\geq 1.0$ m 时，长度不宜超过 15 m。

第二节 限 界

限界是按国家规定的铁路建筑物及其他任何设备不得侵入的轮廓尺寸线，目的在于确保铁路机车车辆和超限装载货物安全运行。

一、建筑接近限界

建筑接近限界是一个与线路中心线垂直的横断面。

1. 直线建筑接近限界

直线建筑接近限界（见图 1.7）的高度由钢轨顶面算起，横向尺寸由线路中心线算起。

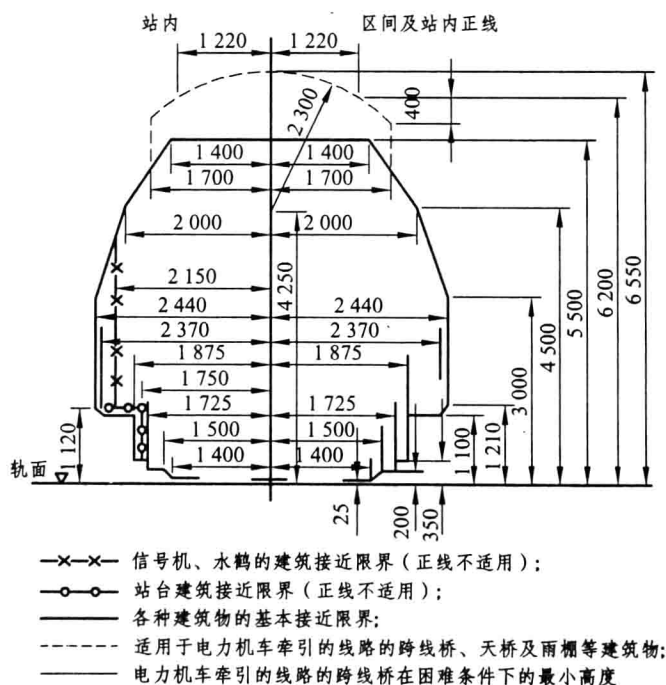


图 1.7 直线建筑接近限界（单位：mm）

建筑接近限界半宽为 2 440 mm。这是由于最大级超限货物装载的限界半宽为 2 225 mm，加上货物横向移动量 170.5 mm，再加安全量 44.5 mm 而得出的，即

$$\text{建筑接近限界半宽} = 2\,225 + 170.5 + 44.5 = 2\,440\text{ mm}$$

建筑接近限界高度为 5 500 mm。这是由于最大级超限货物装载的限界高度为 5 300 mm，加上货物向上振动偏移量 46.5 mm，再加安全量 153.5 mm 而得出的，即

$$\text{建筑接近限界高度} = 5\,300 + 46.5 + 153.5 = 5\,500\text{ mm}$$

进行桥隧维修时，施工机械和脚手架等均不得侵入建筑接近限界（曲线上为按规定加宽后限界），以保证行车和人员安全。

2. 曲线上建筑接近限界

在曲线上建筑接近限界内、外侧都需要进行加宽。其曲线内侧加宽值计算公式为

$$W_1 = \frac{40\,500}{R} + \frac{H}{1\,500} h \tag{1.1}$$

曲线外侧加宽值计算公式为

$$W_2 = \frac{44\,000}{R} \tag{1.2}$$

式中 R ——曲线半径 (m)；
 H ——自轨面算起的机车车辆或列车装载高度 (mm)；
 h ——外轨超高 (mm)。

二、桥梁建筑限界

桥梁建筑限界（见图 1.8）较建筑接近限界稍大，在两者之间可以安装照明、通信及信号设备。新建及修复、改建桥梁的净空均应满足桥梁建筑限界的要求。

位于曲线上的下承式桁梁及半穿式梁，其横断面的净空需要加宽的数值，除与前述曲线半径、外轨超高和车辆长度有关外，还与梁长有关。

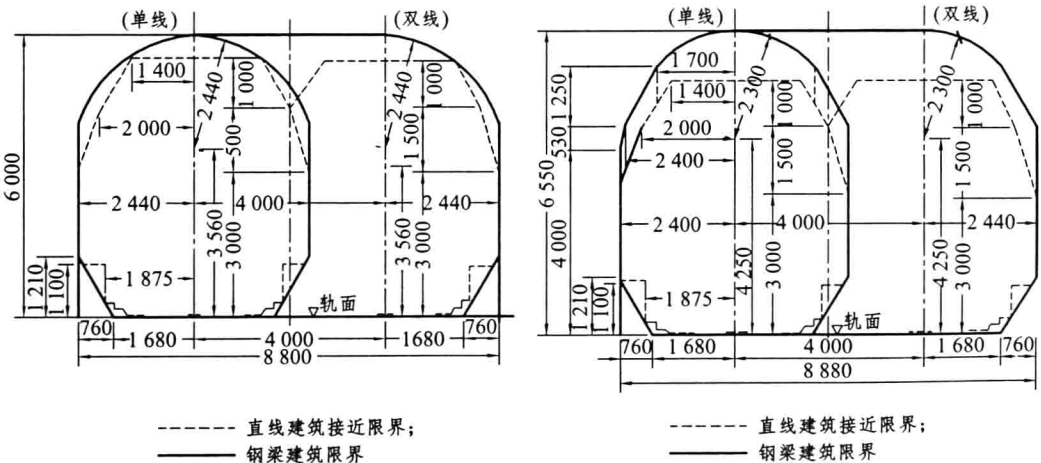


图 1.8 桥梁建筑限界（单位：mm）

1. 单线内外侧加宽量 (mm)

以电力牵引限界考虑时:

$$W_{\text{内}} = \frac{1\,000L_z}{8R} + \frac{40\,500}{R} + 3.03h - 0.045\left(\frac{h}{15}\right)^2 \quad (1.3)$$

$$W_{\text{外}} = \frac{44\,000}{R} \quad (1.4)$$

式中 L_z ——梁长 (m);

R ——曲线半径 (m);

h ——外轨超高 (mm);

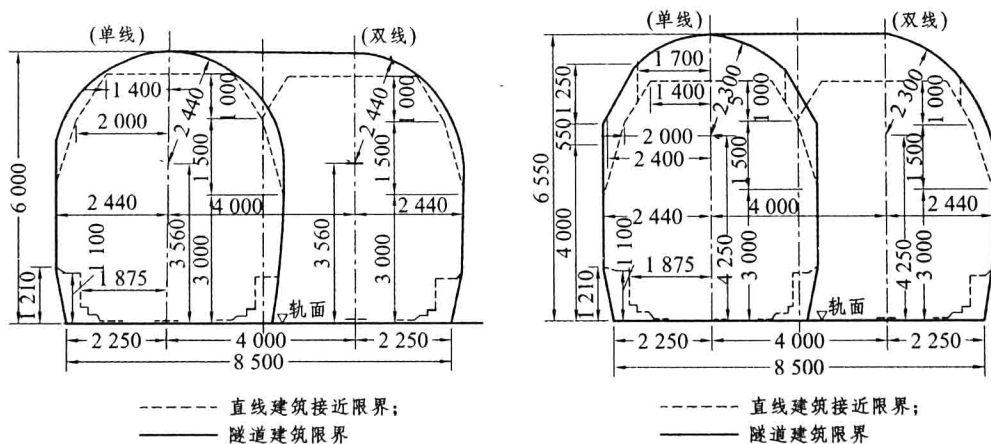
$3.03h - 0.045(h/15)^2$ ——轨面上 4.55 m 处的偏移量, 电力牵引时用以代替“建筑接近限界”中的 $(H/1\,500)h$ 。

2. 复线中心距加宽量 (mm)

$$W_{\text{中}} = \frac{84\,500}{R} \quad (1.5)$$

三、隧道建筑限界

1. 区间直线隧道建筑限界轮廓 (见图 1.9)



(a) 隧限—1 (蒸汽及内燃牵引区段)

(b) 隧限—2 (电力牵引区段)

图 1.9 区间直线隧道建筑限界轮廓 (单位: mm)

2. 区间曲线上隧道限界加宽

(1) 单线曲线内外侧加宽办法与建筑接近限界相同。

(2) 双线区间隧道, 在曲线上的线间距加宽一般为

$$W = \frac{84\,500}{R} \quad (1.6)$$

四、桥隧建筑限界管理

有关部门应切实掌握管内桥隧、立交桥、天桥、渡槽及其他建筑物的精确实测断面和各部分距离线路中心线的尺寸。按照《铁路桥隧建筑物大修维修规则》规定，重要线路的桥隧限界每 5 年、其他线路的桥隧限界每 10 年检查一次。

1. 桥隧限界的检查方法

桥隧限界的检查常用的是检查架法。检查架法是将检查架垂直装设在车辆前部转向架中心线上，量出限界不足处的部位及具体尺寸。此外隧道限界检查也用摄影法，即车上装有固定摄影机，可以在行车条件下，对固定焦距处显示隧道内轮廓的光带，定时一个个地拍照，经过冲洗，判读换算出隧道断面的实际尺寸或找出区段的最小综合断面尺寸。

2. 绘制综合最小限界图

根据上述检查所测的数据绘制桥隧综合限界图，铁路局应绘制管内各区段桥隧综合最小限界图。

桥隧限界不足时，应有计划地进行改善。如既有桥隧实际建筑限界能满足下列要求之一时，可暂缓扩大。

- (1) 实际建筑限界超过最大级超限货物装载限界，并有 70 mm 以上的净距时。
- (2) 复线区段，有一条线路桥隧界能满足要求时。

第三节 荷 载

桥涵承受的荷载分为主要荷载（主力）、附加荷载（附加力）和特殊荷载三类。

一、主要荷载

主要荷载是正常的、经常发生的或时常重复出现的，包括恒载和活载。

恒载一般指结构自重、土压力、静水压力及浮力、预加应力等。其大小和作用点一般是固定不变的，故称恒载。

活载主要指列车重力以及列车运动引起的荷载，一般包括列车重力、冲击力、离心力、人行道荷载等。我国铁路部门对各种机车车辆进行了综合研究，制订了全路通用的标准荷载——“中华人民共和国铁路标准活载”，即“中-活载”，包括特种活载和普通活载（见图 1.10）。

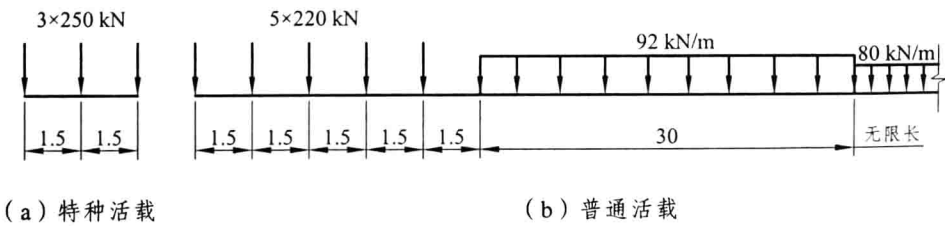


图 1.10 中-活载

二、附加荷载

附加荷载是偶然作用的荷载，其最大值并不经常出现，而各种附加力同时出现最大值的机会就更少。附加荷载包括列车的制动力或牵引力、横向摇摆力、风力、流水压力、冰压力、因温度变化而产生的附加力以及冻胀力等。

三、特殊荷载

特殊荷载是特殊情况下作用的荷载，往往是暂时的或灾害性的，如船只或排筏的撞击力、地震力和施工荷载等。